

# Stavby pro třetí tisíciletí — pohodlné, levné a trvanlivé

Ekologická poradna Veronica

23. října 2000

## Obsah

1.	Úvod . . . . .	1
2.	Utěsnění . . . . .	2
3.	Stěny . . . . .	3
4.	Střecha . . . . .	5
5.	Větrání a vlhkost . . . . .	6
6.	Okna . . . . .	9
7.	Ohřívání podloží budovy . . . . .	11
8.	Voda . . . . .	12
9.	Ohřívání a chlazení . . . . .	12
10.	Užívání budovy . . . . .	13
11.	Příloha: Jak funguje okno . . . . .	14

## 1. Úvod

Staví-li se dnes budova, pak je to zpravidla postaru: tak, jak si všichni zúčastnění zvykli od té doby, co se to učili od starších generací. Budova tedy chrání své obyvatele proti dešti a větru. Pokud se do ní dodává ohromné množství paliva (či horké vody rourami, hůře pak elektřinou), pak je obyvatelná i v zimě, ale zpravidla dost nepříjemná. I kromě topení potřebuje hodně elektřiny, a také vody (přitéká pitná, odtéká nevypitá a špinavá).

Je to budovatelská extrapolace architektury tradiční. Ve starých obytných domech bylo v zimě zima, až na malou vytápěnou část. Ta se ostatně vytápěla i v létě, neb se v ní vařilo a peklo. Používalo se k tomu ale dřevo, a voda byla z místních zdrojů.

Dnešní budovy volají po nové rozvaze, jak docílit jejich pohodlnosti. Má-li se udržovat velký rozdíl teplot uvnitř a venku, je vhodné, aby v zimě vzduch zevnitř neodtékal teplý a aby plášť budovy nevedl snadno teplo ven. Když se v mraze oblékáme, nevezmeme si jen nepromokavý plášť (dobrou ochranu proti větru a dešti), ani na cestu termofór, ale dostatečnou vrstvu oblečení, tedy tepelné izolace. Izolujeme se tak dobře, aby náš metabolismus udržel teplé i končetiny. Pokud chceme v mraze spát, tak se izolujeme více — bazální metabolismus je pomalejší, než když se přes den pohybujeme nebo i jen přemýšlíme. Rychle si povšimneme, kde je izolace přerušená nebo kudy na nás táhne studený vzduch, a věc napravíme. Bez velkého uvažování se staráme o své pohodlí. Vnitřek budovy ale nevnímáme jako své tělo, a nenapadne nás, že budova je vlastně jen velký příšlášť.

Thustá tepelná izolace budovy přitom není nijak drahá a dokonalé utěsnění je dokonce velmi levné — jen vyžaduje pečlivost a téměř nikdo není zvyklý je provádět. Na rozdíl od našeho oblečení může být izolace budovy sebevětší a nikdy nevadí, právě naopak. Těsná a izolovaná budova vydrží staletí, a to téměř bez údržby.

## 2. Utěsnění

Budova má být těsná, aby ohřátý vnitřní vzduch neproudil ven, když to není zrovna potřeba kvůli větrání.

V budově mohou být otvory, na které zapomínáme a které jsou tak velké, že by se jimi protáhla kočka. Těmi je potřeba začít. Mohou to být rozbitá okénka ve sklepe, a určitě to jsou komíny a větrací odtahy. Pokud nehoří kamna nebo průtokový plynový ohříváč (natož krb), musejí být v zimě komíny zavřené. Totéž platí pro odtah nad vařičem. K uzavření může sloužit co nejtěsnější ručně ovládaná klapka (lze ji ovládat tak, aby se spotřebič s uzavřenou klapkou nedal spustit), u automaticky startujících spotřebičů musí být i klapka ovládaná automaticky (existují drahé klapky reagující pomocí bimetalu nebo elektronického čidla na horko).

Ostatně, pro každý spotřebič s komínem musí být zajištěn nejen odvod spalin, ale i přívod vzduchu — u dobře utěsněné budovy je nutné při spuštění spotřebiče otevřít i ten. Dobrá kamna mají samostatný uzavíraný přívod zvenčí. Je ale možné použít i přívod, který lze nechat stále otevřený — komín ze sklepa, pokud se nad ústím do místnosti přeruší.

Není-li budova zděná (to platí i pro půdu), mohou být drobné skuliny téměř kdekoli. Být tam samozřejmě nemají, neboť teplá část budovy (nejlépe včetně vnitřní zdi) má být obklopena parozábranou. Jiné skuliny mohou být

kolem zárubní „otvorových výplní“, tedy oken a dveří. Je nanejvýš nutné je utěsnit, a to tak, aby utěsnění bylo spojené s parozábranou (nebo alespoň tak, aby množství páry, která pak může proniknout ven difuzí, bylo zanedbatelné). Utěsnění stálých skulin ve stavbě (správně vůbec nemají vzniknout) není nutné jen vzhledem k tepelným ztrátám, ale i proto, že vlhkost z unikajícího teplého vzduchu kondenzuje ve stavební konstrukci a tím ji velmi rychle ničí. Kvalitní utěsnění poskytují tekuté tmely tuhnoucí ve skulinách (silikonový nebo z pěnového polyuretanu).

Jiný problém je těsnění mezi vzájemně pohyblivými částmi budovy, tedy hlavně oken a dveří. Tam je nutné užít pružných těsnících proužků — gumových profilů nebo trvale pružných a neprodyšných pěnových. Pokud dveře dosedají k prahu, je možné umístit proužek na ně. Mají-li být ale bezbariérové, tedy bez prahu, lze škvíru pod nimi utěsnit speciálním širším pruhem odolným proti otěru (dlouho vydrží například i pruh podlahové krytiny „Jekor“). Utěsněné musejí být i dveře mezi teplými a chladnějšími částmi budovy.

Švédské stavební předpisy vyžadují, aby těsnost budovy byla skutečně ověřena. V budově se otevřou všechny vnitřní dveře a místo vstupních dveří se natěsno připevní ventilátor. Ten vytvoří v budově podtlak (50 Pa, tedy odpovídající pěti milimetrům vodního sloupce) a pro jeho udržování musí pak stačit odtok vzduchu nepřesahující  $0,8 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  pro obytné budovy a o polovinu více pro ostatní.<sup>1</sup> Teprve pak může být budova uznána za vyhovující. Je to ale těsnost minimální — u kvalitní budovy by měla být třikrát lepší. Jde o zkoušku jednoduchou, a proto na ni trvejte, pokud jste si stavbu objednali u někoho jiného.

### 3. Stěny

Jako izolační materiál lze použít ledacos, co obsahuje více než devatenáct dvacetin vzduchu, jen ten vzduch nesmí v izolaci proudit. Izoluje přitom onen vzduch. Tenké stěny (membrány) či vlákna bránící jeho proudění vedou teplo řádově více. Všechny lehké izolační materiály mají součinitel tepelné vodivosti asi čtyři setiny wattu na metr a kelvin.

Těžší materiály jsou jen konstrukční, jejich izolační vlastnosti jsou zanedbatelné. Na teplé straně od tepelné izolace je ale užitečná jejich tepelná kapacita. Duté cihly nebo lehké tvárnice mohou šetřit práci nebo materiál,

---

<sup>1</sup>Pro domek o obytné ploše sto metrů čtverečních tedy nemá přesáhnout osmdesát litrů za sekundu, anebo přibližně jeden objem budovy za hodinu. Odpovídající výkon ventilátoru je jen čtyři wattů (příkon bohužel desítky wattů).

ale za tepelnou izolaci se považovat nedají, přestože vedou teplo hůře než kámen. Jejich snížená tepelná vodivost může někdy být i nevýhodná.

Jak má tedy správně vypadat stěna budovy? Postupně obsahuje:

- Vnitřní zeď. Nejlepším materiálem pro ni je zřejmě nepálená hlína, pokud se dům nebude napouštět vodou. O vnitřní zeď se opírají stropy a krov.
- Parozábrana. Není nutná, pokud je difúzní odpor vnitřní zdi desetinásobný proti odporu dalších vnějších vrstev. Jinak jde nejspíše o polyetylenovou fólii s dostatečnými přesahy na spojích.
- Izolace. Má být tlustá alespoň čtvrt metru, aneb s měrnou tepelnou propustností menší než šestina wattu na čtvereční metr a kelvin. S vnitřní zdí musí být celoplošně v kontaktu, aby mezi nimi nemohl proudit vzduch. Při užití tuhé izolace a hrbaté vnitřní zdi je nutno mezi ně umístit poddajný materiál, který po přitlačení bloku izolace na zeď proudění vzduchu vyloučí (nejspíše vláknitý izolační materiál).
- Pršiplášť. Ochrana izolace proti dešti, větru a případně mechanické přiřívání izolace u vnitřní zdi. Například:

- Tenká zeď, pospojovaná s vnitřní zdí občasnými spojkami (např. hranolky tvrdého dřeva s čepy na koncích), aby byla pevná.
- Jen pokryv tuhé izolace, asi tenká omítka.
- Obklad připevněný k dřevěnému roštu, v němž je umístěna izolace. Rošt nemá izolaci moc zhoršovat — v izolačním materiálu je dřevo tepelným můstkem.

Obklad z modřínových desek vydrží bez impregnace a údržby přes padesát let. Jiným obkladovým materiálem mohou být tenké desky z *recyklovaného* plastu odolného slunci a mrazu (vlastně tlusté tuhé fólie). Obklady z čerstvého plastu ani z hliníku nedoporučuji. To raději poněkud těžší zavěšené obklady z cementu vyztuženého vlákny.

Obklad má být natolik těsný, že přes něj dovnitř neprolezou vosy.<sup>2</sup> Nesmí ale zcela zamezit difuzi — to by se mohlo stát u velkých plastových plátů, které k sobě velmi dokonale přiléhají.

---

<sup>2</sup> To také zajistí, že pod ním nad ránem nebude kondenzovat voda — to se jinak může stát hlavně v případě střech, není-li krytina dřevěná.

Zvláštním případem, kdy může být vnitřní zeď nahrazena jen ochrannou vrstvou plnicí i funkci parozábrany, je pevná tepelná izolace. Z takovou se dá u považovat už i nejlehčí (tím spíše těžší) pěnový polystyrén čtvrtmetrové tloušťky, pokud se o něj bude opírat jen krov a půda se nebude využívat. Jiným takovým případem je zeď z balíků lisované slámy. Sláma sice není izolační materiál, jak je popsán výše, ale při tloušťce tři čtvrtě metru už izoluje dost slušně, a pevnost má také postačující [5]. Jen jen potřeba ji z obou stran omítnout, aby do ní neměl přístup vzduch (nemůže pak hořet a nebydlí v ní myši). Je ale nutné, aby vnitřní omítka měla mnohem větší difúzní odpor než vnější. Hodí se navíc, aby byla několik centimetrů tlustá, kvůli vyrovnávání teploty a vlhkosti v interiéru.

#### 4. Střecha

Shora může být budova izolovaná různými způsoby. Pokud má půdu, která se nebude obývat, je nejsnazší izolovat podlahu půdy. Izolace se obvykle doporučuje tlustší než v případě zdí, ale ve skutečnosti k tomu není důvod. Čtvrtmetrová tloušťka může stačit, není-li zcela přerušována dřevěnými trámy, které vedou teplo příliš dobře (nad trámy patří alespoň pět centimetrů dobrého izolačního materiálu). Samozřejmě, že izolace musí být od teplého stropu oddělena parozábranou (polyetylenovou fólií).

Pokud půdu nemá, protože její střecha je jen málo skloněná, je to podobné, pouze izolační vrstva musí být shora ještě kryta tak, aby do ní nezatékala voda. K tomu se dosud užívají fólie z chlorovaných uhlovodíků (PVC), žádoucí je ale používat fólie bez obsahu chlóru (polyolefinové). Shora musí být fólie chráněná proti slunci a mechanickému poškození. Nejlépe se k tomu hodí hlína porostlá suchomilnou vegetací. Taková střecha vydrží staletí.

Obytná půda vyžaduje umístění izolace do krovu. V tomto případě se hodí použít *tepelnou izolaci alespoň ze dvou různých vrstev*, kde vnější polovina izolace bude tvořena vláknitým materiálem a vnitřní polovina bude plnit funkci parozábrany (bude klást mnohokrát vyšší odpor difuzi vodní páry než vnější část izolace a krytina nad ní). To lze docílit například tak, že vnitřní polovina izolace (dokonale kryjící i krokve) je tvořena pěnovým polystyrénem.

Pokud obytné podkroví nemá dost zdí, které vyrovnávají vlhkost vnitřního vzduchu (viz dále), je možné pro regulaci vlhkosti využít vnitřní třetinu (u koupelen jen pětinu) izolace, vytvoří-li se z některého biologického materiálu. Vlhkost dokonale vyrovnávají izolace z ovčí vlny [7] — parozábrana u nich může být umístěna až za prvními čtyřmi až osmi centimetry jejich tloušťky. Pravidlo, že alespoň dvě třetiny izolace musí ležet vně parozábrany,

je ale potřeba dodržet i pod krokviemi, které vedou teplo pětkrát lépe než izolační materiály. Vnitřní vrstvu vlny vyrovnávající vlhkost může proto být vhodné pod krokviemi ztenčit či přerušit.

Šikmá střecha s izolovaným krovem volá po tom, aby v ní byl zabudován kolektor na solární ohřev vody slunečním zářením. Vyžaduje to vlastně jen, aby část krytiny byla skleněná, a pod ní byl umístěn absorber slunečního záření. Podaří-li se umístit zásobník ohřáté vody výše než absorber, může taková soustava pracovat bez čerpadla a elektroniky, být levná a bezporuchová (viz např. [6]).

## 5. Větrání a vlhkost

Cílem větrání je udržování čistého vnitřního vzduchu — tím se myslí vzduch příjemné vlhkosti, bez nepříjemného zápachu, a ovšem také s nízkou koncentrací oxidu uhličitého (který necítíme), nemluvě o zbytečných škodlivinách. Větrat je potřeba tím více, čím více nežádoucích látek se uvnitř budovy uvolňuje. Jiné zdroje než osoby je důležité vyloučit; pokud někdo v budově kouří, čistý vnitřní vzduch zajistit nelze. Hrubý údaj o základní potřebě větrání je, že na každou přítomnou osobu by mělo přijít zvenčí osm krychlových metrů vzduchu za hodinu (ve spánku stačí polovina, při hodině tělocviku je potřeba alespoň trojnásobek).

Existuje rozšířená, ale úplně *mylná* představa, že škvíry v budově a difuze skrz zdi zajišťují významnou část větrání budov.

Difuze přes zeď nehraje při udržování dobré kvality vnitřního vzduchu vůbec žádnou roli a pro zdi je velmi škodlivá. Není-li difuzní odpor na vnitřní straně tepelného spádu výrazně větší než na vnější straně, kondenzuje ve zdi voda. Oponuje-li tomu někdo slovy, že „zeď musí dýchat“, pak v tomto ohledu budovám ještě nerozumí. Vlhké vnitřní zdi (nejde-li o spodní či dešťovou vodu zvenčí) dávají najevo, že nejsou zvenčí tepelně izolovány — vlhkost z vnitřního vzduchu kondenzuje rovnou na jejich chladné vnitřní ploše.

I když vodní pára nemá nikde ve zdi kondenzovat, neznamená to, že zdi vodu neobsahují. Množství vody obsažené v povrchové vrstvě zdi (nebo před parozábranou) je závislé na relativní vlhkosti vzduchu v místnosti a na absorpční schopnosti materiálu zdi. Čím více vodní páry umí povrch zdi pohltit a zase vydat, tím lépe se v obydlí udržuje příjemná stálá vlhkost. V mrazivých dnech to bez zásoby vody v povrchové vrstvě zdi (či krovu) téměř není možné. V suchém vzduchu se pak více odpařuje vlhkost z pokožky a pokožka se tím ochlazuje. Vlhčí vzduch je nejen příjemnější, ale teplota v místnosti může být až o dva stupně nižší, aniž by lidem bylo chladněji.

Venkovní vzduch v mraze obsahuje třeba jen dva gramy vody v krychlovém metru a když se uvnitř ohřeje, jeho relativní vlhkost může klesnout na pouhých deset procent. Příjemná vlhkost je ale alespoň 40, lépe 50 %, a v kubickém metru vzduchu je tedy potřeba mít alespoň osm gramů vody. Většinu rozdílu dodáváme postupně dýcháním (za hodinu vydýchá jedna osoba v průměru 40 g vody, tedy jeden litr za den), zbytek mohou dodávat příležitostné zdroje, jako je sprchování a vaření. Je ale potřeba, aby se pára při nich rychle uvolněná někde uschovala. K tomu musí mít první centimetr zdi malý difúzní odpor a dobrou absorpční schopnost. Daleko nejlepší je v tomto ohledu nepálená hlína. Když v mraze vyvětráme, dokáže vlhkost rychle zvýšit téměř na původní úroveň.

Zeď tedy nevětrá, jen vyrovnává výkyvy vnitřních podmínek, a jde jen o pár vnitřních centimetrů zdi, ne o celou její tloušťku. Difuzi do této vrstvičky by neměla zpomalovat cementová omítka, nátěr či plastová tapeta (tedy přece jenom „dýchání zdi“, ale jen v tomto jasně vymezeném smyslu). Na zpomalení výkyvů teplot se hodí velká hmotnost a tepelná vodivost zdi (tedy hutný beton lépe než hlína či dokonce duté lehčené cihly). Pro vyrovnávání vnitřního klimatu může být užitečné postavit různé zdi z různých materiálů, volnost je přitom hlavně u zdi uvnitř budovy.

A jak je to s větráním škvírami? Že je škodlivé pro budovu, to už víme. Kromě toho neutěsněné škvíry větrají takřka vždy špatně. Pokud jsou teploty venku a uvnitř podobné a nefouká silný vítr, nevětrají téměř vůbec. Je-li v místnosti hodně lidí, může tehdy pro dostatečné větrání sotva stačit mít všechna okna dokořán. Naopak za mrazu může být větrání škvírami zbytečně velké i při trvalém pobytu osob. Pokud jsou ale lidé přes den (či naopak přes noc a přes víkend) pryč a není potřeba větrat vůbec, bývá větrání škvírami velmi přehnané, což znamená velké ztráty energie, a také velmi suchý vzduch, vedoucí až k dýchacím potížím. Je-li venku na nule a uvnitř v teple je vlhkost pod čtyřicet procent, je to jednoznačná známka nadměrného větrání.

Dokonalé automatické větrání lze zajistit jen pomocí soustavy, která mechanicky vyměňuje potřebné množství vzduchu — nejlépe podle měřené koncentrace oxidu uhličitého. Jinak je v době, když se v budově chráníme před venkovním chladem, jen jediný způsob vyhovujícího větrání ručního: několikrát za den dokořán otevřít protilehlá okna a vyvětrat průvanem. Může stačit jedna minuta. Pokud průvan nenastane, pak otevřít oken více (důležitý je rozdíl výšek nejvyšších a nejnižších otvorů) a větrat poněkud déle, hlavně při malém rozdílu teplot. Indikací potřeby větrání je pocit člověka, který přijde zvenčí. Lze se řídit také přesným vlhkoměrem: jsou-li jediným

zdrojem přidané vlhkosti přítomní lidé a venku je mráz, neměla by vlhkost vzduchu v místnosti překročit padesát procent.

U starých, dodatečně utěsněných budov je ještě jedna možnost, jak větrat. Spočívá v tom, že zajistíme kontrolovaný odtah vzduchu ven. Dovnitř se vzduch dostane buď zbylými stálými škvírami, nebo záměrně otevřenými štěrbinami či otvory (např. komínem ze sklepa, viz výše). Ven jde vzduch buď řednictvím ventilátoru (který nesmí rušit hlukem), za chladného počasí ale může stačit *tah komína*, bu. (pokud venku není mráz a komín netáhne dostatečně, vyvětráme např. jednou denně i otevřením oken dokořán). Podstatné je, že větrání můžeme vypnout uzavřením odtahu – když odjždíme na dva dny pryč nebo když nám vlhkoměr nebo nos prozradí, že už je vyvětráno.

Za chladného počasí má takové větrání vážnou vadu: vzduch přitéká studený a v některých místech může být jeho vinou sedícím osobám zima. Čelit tomu lze vhodnou volbou a počtem míst přítoku, za silného mrazu to ale nemusí stačit. Existuje naštěstí dokonalé řešení, použitelné u všech novostaveb a rekonstrukcí, při nichž se ošetřují základy – *vzduch do budovy přivádět přes podzemní potrubí*, kde se v zimě důkladně předeheřeje a v letních vedrech naopak ochladí. K tomu je ovšem potřeba doplnit i rozvod čerstvého vzduchu po budově s dostatkem vyústění. Takové levné větrací zařízení se stalo v posledních letech dvacátého století samozřejmostí u všech budov, které se snaží o nízkou spotřebu energie.

U důkladně izolované budovy bývá větráním způsobena většina ztrát energie, i při nasávání přes podzemní potrubí to může být skoro polovina. Zabránit se tomu dá jen tak, že se vzduch ven vypouští ochlazený a teplo z něj se předává vzduchu, který jde dovnitř. Ztráty energie větráním tak lze dále snížit asi pětkrát, a čerstvý vzduch přitékající do budovy je i v mrazech jen o stupeň chladnější. Docílit se toho dá protiproudým výměníkem teplot. V malém jej znáte z chemické laboratoře, pro účely větrání se takové výměníky na trhu objevily až koncem devadesátých let (místo protiproudého výměníku se dá užít tepelné čerpadlo, to je ale řádově dražší). Je k tomu také potřeba, větrá-li se budova a nejen například každá učebna zvlášť, mít v budově i potrubí (mohou to být záměrné dutiny ve zdech a stropěch) pro sběr znečištěného vzduchu a jeho přívod k výměníku, neluž o rozvodu čistého ohřátého vzduchu. Každá nová (ovšemže těsná) budova by takovou větrací soustavu měla zahrnovat — znamená mnohem vyšší komfort a do deseti let se zaplatí úsporami energie. Měly by ji vyžadovat stavební i hygienické předpisy.

V horkých dnech je vhodné protiproudý výměník obejít a nasávat rovnou z podzemního potrubí vzduch chladnější než je vzduch v budově. V zimě



pak stejné potrubí, které vzduch předejde nad bod mrazu, brání zamrznutí výměníku. Tam, kde podzemní potrubí chybí, je potřeba výměník za tuhých mrazů hlídat a v provozu jej ponechávat i za veder (budovu ovšem nechladí, jen umožňuje větrání i přes den).

## 6. Okna

Okna, i zcela těsná, jsou slabými místy izolace budovy. Tradičně proto bývala malá. Nověji se na jihu zvětšila, kvůli světlu a výhledu. Na jihu proto, že noční ochlazování jižních místností je i v zimě a při použití obyčejných oken zčásti vyrovnáno slunečním ohřevem za pěkných dní.

Není-li ale temné nebe, může část zimního dne znamenat tepelný zisk i v oknech orientovaných na sever, hlavně když je sníh. Problémem je dlouhá noc, během níž se severními okny ztratí mnohem více, než se přes den získalo.

Noční ztráty lze snížit tím, že se funkce oken od večera do rána (téměř) zruší. Nejlépe pomocí tlustých vnějších okenic. Tradiční okenice chránily proti slunci a proti vloupání, nové energetické okenice by měly obsahovat izolační vrstvu tlustou alespoň pět, lépe patnáct centimetrů. Aby se ale tak dobrá izolace plně využila, musí být splněna podmínka, že okenice bude utěsněná, aby se chladný vzduch zvenčí nedostal až na plochu okna. Je jasné, že takové okenice mohou být i výtečnou zvukovou izolací.<sup>3</sup>

Skromnou alternativou izolačních okenic je těsná tabule polystyrénu (nejlépe potažená látkou), která se vkládá do okna zevnitř. Použít ji ale lze dobře jen tehdy, když je ji kam odkládat.

Je ale možné, aby i samotné průhledné okno izolovalo mnohem lépe, než je dosud běžné (podrobněji o tom viz přílohu).

U starých budov je možné doplnit třetí sklo, a to rozhodně takové, které má na jedné straně infračervenou emisivitu sniženou na jednu čtvrtinu (na 0.2, zatímco obyčejné sklo ji má 0.85). Toho lze totiž docílit odolnou (tvrdou) vrstvou, takže lze pak se sklem zacházet docela obyčejně. Jako obyčejné i vypadá, vrstva je neviditelná, lze ji ale spolehlivě odhalit podle toho, že je elektricky vodivá. Že na skle je, prozrazuje nálepka na oné straně. Lze si to ověřit tak, že necítíte chlad, když před obličejem máte sklo sice chladné, ale otočené onou odraznou (pro infračervené záření, které vyzařujete) vrstvou k sobě. Doplnění skla s tvrdou vrstvou nízké emisivity sníží prostup tepla oknem ven na polovinu. Použít takové sklo místo starého se vyplatí i v každém

---

<sup>3</sup>Nevýhodou okenic je, že pak bývá uvnitř úplná tma, a není ani vidět, je-li noc či den. Napravit to lze tak, že část plochy okenice bude tvořena průsvitnou či průhlednou izolací, nebo že některé malé okno zůstane bez okenice.

případě, když se jedno ze dvou starých skel okna rozbije. Nové sklo se vždy instaluje odraznou (ale téměř neviditelnou) vrstvou ke druhému ze skel.

U nových okenních sendvičů, na věky dokonale těsných, se užívá lepších „měkkých“ vrstev s emisivitou jen 0.1 a dutiny se plní levným argonem. Má-li být okno tenké, stojí za použití dražší krypton s ještě nižší tepelnou vodivostí. Kvalitní trojitě okno obsahuje dvě skla s měkkou vrstvou nízké emisivity, a případně i třetí sklo má na straně obrácené do místnosti tvrdou vrstvu omezující zářivý přenos. Mluví se pak o *superoknech*, která místo obvyklých téměř tří wattů na čtvereční metr a kelvin propouštějí jen pět až šest desetin  $W/(m^2 \cdot K)$ .

Není žádný důvod, proč by nová budova měla být opatřena jinými okny než superokny. Cena ráků (mohu doporučit jen dřevěné) a prací je tak vysoká, že mnohem lepší okenní sendvič nezdraží okna ani na dvojnásobek. Superokna umožňují používat v hojně míře denní světlo i na severní straně domu, aniž by bylo v zimě u oken chladno. Naopak, i v celodenní bilanci znamenají okna energetický přínos, s výjimkou velmi pošmourných mrazivých dní.

Pokud jde o denní osvětlení, nejlépe jej poskytnou vysoké světlíky opatřené velmi bílým nátěrem. Jejich výška by měla být taková, že přímé sluneční světlo neprochází přímo na zem či na pracovní plochy. Nahoře můžou být zakryty plexisklovou kopulí a tepelnou izolaci může poskytnout vodorovně uložené superokno.

Posledním problémem, který se u oken zmiňuje u nás většinou zbytečně (nejsme na jihu USA), je letní přehřívání prostor, které nejsou obráceny k severu. U jižních oken je může omezit pouhý převis nad oknem, bránící přímému slunečnímu záření, u východních a hlavně západních se mohou uplatnit listnaté stromy a vždy se hodí žaluzie. Pokud těsní nebo pokud je jejich povrch oboustranně aluminiový, mohou žaluzie významně snížit také noční zimní ztráty. Místo vnějších žaluzií lze použít vnitřní nebo meziokenní rolety z fólie pokryté alumiнием, propouštějící jen velmi málo světla. Ty jsou též levnou a výbornou možností velkého zvýšení izolační schopnosti oken, hlavně když dobře přiléhají k rámu či k zárubním. Pro příjemné rozptýlené osvětlení se hodí kromě žaluzií i průsvitné (ale neprůhledné) bílé rolety.

Je-li teplota uvnitř již stejně vysoká jako venku, je účinné prostě otevření oken dokořán. Ukazuje se, že mírné povívání větru u otevřených oken činí i dost vysokou teplotu dobře snesitelnou.

## 7. Ohřívání podloží budovy

Zatímco v létě je slunce a tepla až až, v zimě je ho nedostatek. To přirozeně vede k přání, energii z léta na zimu nějak uskladnit. Každého hned napadne obrovská cisterna s ohřátou vodou – tu je ale rozumné použít, jen když je opravdu velmi levná. Jinak vím jen o jednom řešení použitelném docela běžně, které rozdíl mezi sezónami vyrovnává.

Dá se uplatnit tehdy, když pod budovou neproudí spodní voda, nebo když je hlouběji než tři metry (lépe však deset). Tehdy lze během několika let ohřát podloží domu na teplotu měnící se od konce září do začátku března od pětadvaceti do devatenácti stupňů, a pak zase zpátky. Smíříme-li se s tím, že teplota v přízemním či jednopatrovém domě během zimy bude postupně klesat, není pak nutno vůbec topit. Co unikne stěnami a neposkytne slunce přes superokna, přijde z teplé neizolované podlahy. Vlastně izolované, řadou metrů teplé zeminy.

Aby to fungovalo, je potřeba podloží v teplém půlroce ohřívát. Poslouží k tomu hlavně sluneční záření dopadající na dobře vodivou podlahu. Místnosti, tepelně spojené s podložím, se ani za horkých dní nikdy nepřehřejí. Kromě toho se užije ještě pár desítek metrů polyetylénových hadiček, uložených alespoň půl metru hluboko a několik metrů od sebe — bude jimi proudit horká voda, letní přebytek ze slunečních kolektorů. Že je hadiček málo, nevadí, protože teplotní spád mezi nimi a okolní zeminou je veliký, třicet až padesát stupňů.

Kromě toho je potřeba zabránit velkému zimnímu úniku tepla z podloží do mrazivého okolí. Výhodný je co největší půdorys budovy, která musí být navíc po obvodu pod zemí důkladně izolovaná. Izolaci je výhodné provést tak, aby se tím zvětšil půdorys budovy: totiž neizolovat svisle dolů, ale jen mírně šikmo od budovy pryč. Tím se také (s užitím nepropustné fólie) zabrání ochlazování podloží prosakující dešťovou vodou. Izolace, asi čtvrtmetrová vrstva těžšího pěnového polystyrénu, tak může jít do dálky až pěti metrů a hloubky půldruhého metru.

Velmi teplým podložím budovy ale nelze vést potrubí, ve kterém se má v zimě ohřívát a v létě chladit čerstvý vzduch. V takovém případě musí vést jinde, např. vně od spodního konce šikmé tepelné izolace.

Budovy, pod nimiž teplé podloží nelze vytvořit, je ovšem nutné odspodu tepelně izolovat. Tepelný most tvořený základovou zdí se dobře přeruší bloky pěnového skla (to je izolace i proti vlhkosti; pevnost pěnového skla v tlaku je až 1 MPa), zvenčí lze základy obložit parozábranou a některým z pěnových materiálů. Chladný sklep může mít tepelnou izolaci na stropě, teplé nejnižší

podlaží ovšem na zemi (některý z tuhých pěnových materiálů překrytý tvrdou vrstvou).

## 8. Voda

Na budovu spadne za rok hodně vody, která nemusí hned odtéci pryč. Místo toho ji lze při každém dešti zachytit a postupně užívat. Nejvítanější je dešťová voda na praní a zalévání pokojových květin.<sup>4</sup>

U nové budovy se hodí na zásobník dešťové vody pamatovat rovnou při stavbě — na každých deset čtverečních metrů střechy by měl připadat alespoň jeden kubický metr objemu nádrže. Zásobník lze užívat i ke shromáždění letních přebytků ze slunečních kolektorů. Na vstupu do zásobníku by měl být odlučovač nečistot. K zásobníku patří rozvod užitkové vody, a ta se pak užívá i na další účely: na máchání a na splachování toalet. Na ty se totiž vody spotřebuje nejvíce.

Další poznámky se týkají možnosti užívání dešťové vody i u dnešních budov, bez nutnosti jejich rekonstrukce. Jednoduchým způsobem sběru dešťové vody je barel (sud) postavený pod rýnou. Případná mastnota odteče po hladině z přeplněného barelu pryč, kal naopak sedne na dno. Z barelu můžeme nabírat čistou vodu konví. Asi dvě konve stačí nalít do pračky (podle velikosti) před spuštěním programu (jde-li o pračku automatickou). Ta pak už nebude napouštět tvrdou vodu.

Aby sud v zimě nezamrzl, je možné jej buď postavit těsně ke zdi a zvenčí dobře zaizolovat, nebo lépe, máme-li možnost zavést rýnu do suterénní místnosti s kanálem na zemi, umístit barel tam.

Velký zásobník je možné vytvořit ve sklepní místnosti, například ji pevně přepažit, vyložit polystyrénem a velkým kusem tlustší plastové fólie. Lze užít i fóliových bazénů, které jsou na trhu.

## 9. Ohřívání a chlazení

K obému se hojně užívá elektřiny a alespoň v některých obdobích roku dost zbytečně.

V letním půlroce je nasnadě ohřívát vodu soustavou se slunečními kolektory a dostatečně velkým zásobníkem (alespoň sto litrů na čtvereční metr

---

<sup>4</sup>Je totiž ideálně měkká. Prací prášek pak nemusí (a nemá) obsahovat změkčovacla, a může se jej užít polovina nebo jen třetina. I tak se prádlo vypere lépe než ve tvrdé vodě s hojností prášku. A pokojové květiny zalévané dešťovou vodou nebudou chřadnout vlivem zasolení své půdy.

kolektoru) horké (či teplé) vody. Jde jen o to instalovat soustavu dostatečného výkonu, spolehlivosti a životnosti. Ušetřená elektřina náklady na soustavu zaplatí do pěti až dvaceti let (podle ceny soustavy a budoucích cen elektřiny), tím dříve, čím je větší spotřeba vody v měsících kolem letního slunovratu.

Solární ohřívání vody je vhodné kombinovat se zimním otopným systémem tak, aby užití elektřiny pro ohřev bylo téměř vyloučeno. Otopný systém (skromných rozměrů) by měl pokud možno užívat nefosilního paliva, čili nějaké formy dřeva. I u něj je přirozené topit (velkým výkonem) do zásobníku a teprve z něj odebírat teplo podle potřeby. Zásobníky by měly být dva, jeden (v zimě jen málo teplý, sloužící na předehrátí chladné vody) vyhříváný jen slunečními kolektory, a druhý (v létě nepoužívaný, v zimě teplý alespoň padesát stupňů) vyhříváný kotlem.

Pokud jde o chlazení, je nákladné čerpat teplo ze studeného prostoru chladničky do teplé místnosti. Mnohem lepší je čerpat je do studeného vnějšího prostředí. Pokud se kondenzátor chladničky či mrazničky umístí na venkovní severní stěnu domu, je to výhodné téměř po celý rok, s výjimkou teplých letních dnů. Za nich lze ale čerpat teplo ven v noci. Dobře izolované<sup>5</sup> chladničky a mrazničky se před den valně neohřejí.

## 10. Užívání budovy

Těsná a izolovaná budova s větráním neplýtvajícím energií je příjemná. Stěny mají takřka stejnou teplotu jako vnitřní vzduch, okna jsou jen o málo chladnější. Nikde v budově není chladno, i když teplota vzduchu nepřesahuje dvacet stupňů (jen v koupelnách apod. by mělo být tepleji) — stejně jako nám taková teplota vzduchu v místnosti vyhovuje v létě. Tím, že je celá budova dobře obyvatelná, může být menší, a přitom poskytovat stejné množství užitečného zimního prostoru (letní prostor se tak jako tak zvětšuje užíváním okolí budovy).

Vzduch s nízkou hladinou oxidu uhličitého (pod dvě promile objemu), s příjemnou vlhkostí mezi padesáti a šedesáti procenty a bez zápachu nevyvolává ospalost, a velmi záhy se v případě pracovního prostředí vyplatí díky vyšší výkonnosti.

Téměř odpadá potřeba topení, podle toho, kolik lidí budovu vyhřívá a jak svítí slunce. A zbylá potřeba za silných mrazů se snadno kryje malými otopnými tělesy, která nezabírají nejhezčí místo pod okny. V rodinném domě jistě stačí jediná kamna (či kotel) na dřevo, ohřívající současně i teplou vodu.

<sup>5</sup>tj. buďto tlustě, nebo s užitím „hi-tech“ izolací

Peníze, které se ušetří na otopné soustavě, už při stavbě zaplatí většinu přídatných nákladů na kvalitní okna. Velmi levný provoz uhradí pak zbytek za několik let.

Zátěž, kterou užívaná budova působí na životní prostředí, lze dále snižovat užíváním spotřebičů s menší spotřebou energie, sprch, praček a toalet s menší spotřebou vody, atd. To jsou ale dost známé záležitosti, nesouvisející obvykle těsně se samotným stavěním a upravováním budov.

Budova pro příští tisíciletí má alespoň dvojnásobnou životnost oproti dosud běžným budovám — venkovní zdi vydrží stejně dlouho jako vnitřní, a nejvýše dvakrát za sto let je potřeba opravit plášt. Spolu s levným provozem, který se ani pro nezaměstnaného nebo podnik v potížích nestane nadměrným břemenem, je to velmi dobrá investice, která efektivně bude dávat dobrý výnos mnoho desítek let.

## 11. Příloha: Jak funguje okno

Každá vrstva v okně je průhledná pro světlo (propouští přes 90 %) a pro infračervené záření s vlnovou délkou kratší než dva mikrometry (toho propouští asi 80 %), tedy pro elektromagnetické záření, kterým nás přes den zahřívá Slunce.

Vůči infračervenému záření vlnových délek pět až třicet mikrometrů, které vyzařují všechny předměty kolem nás i my samotní, se vrstva skla chová stejně jako vrstva tmavé lepenky. Takového záření většinu (85 %) pohltí a vůbec žádné nepropustí. Každá vrstva v okně tedy tvoří překážku zářivému přenosu energie zevnitř ven — jedno sklo jej sníží na polovinu, dvě na třetinu, atd.

Zdůrazněme, že neprostupné jsou pro takové záření i všechny ostatní materiály, se kterými se běžně setkáváme. Valnou většinou jsou i podobně „temné“, jen čisté kovové plochy jsou „světlé“, tj. pohlcují jen malou část (např. desetinu) takového záření a valnou většinu odrážejí. Schopnost pohlcování je totožná se schopností vyzařování (emisivitou), a tak kovové plochy vyzařují při téže teplotě asi desetkrát méně energie než ostatní látky.

Kromě toho každá vrstva v okně brání také proudění vzduchu. V oblasti několika milimetrů kolem tabule skla vzduch téměř vůbec neproudí a uplatňuje se jeho velmi nízká tepelná vodivost. Okno s jedinou vrstvou skla (podobně jako dveře) má hlavní funkci právě v tom, že zabrání mohutné výměně vzduchu mezi vnitřkem a vnějškem budovy. S počtem dalších vrstev okna klesá přenos energie vzduchem podobně jako přenos zářivý. Oba způsoby se na celkovém úniku energie oknem podílejí zhruba stejně.

Okna se odedávna zdokonalovala přidáním vrstvy skla — jediné sklo bylo nahrazeno dvěma, dvojice skel trojicí. Konec dvacátého století přinesl ale i možnost zdokonalit okno nikoli přidáním ještě dalších vrstev skla, ale radikálním potlačením zářivé složky přenosu. Jak? Přidáním elektricky vodivé vrstvy. Dnešní technologie umožňují vytvořit vrstvy tak jemné, že zůstávají velmi dobře prostupné pro sluneční záření, a přitom se chovají jako zrcadlo pro dlouhovlnné infračervené záření. V dutině mezi skly, z nichž jedno je takovou dokonalou neviditelnou vrstvou opatřeno, se sníží zářivý přenos téměř osmkrát a stane se tak oproti přenosu vzduchem zanedbatelný.

Tehdy začne být naléhavé potlačit přenos energie vzduchem. Nahradit vzduch vakuem, jako je tomu mezi stěnami termosky, u normálních oken není možné<sup>6</sup>. Lze jej ale nahradit plynem s menší tepelnou vodivostí — buď velmi levným argonem, nebo u tenkých trojitých souvrství raději dražším kryptonem.

Tlustší kovová vrstva, propustná pro světlo buď málo nebo vůbec, se může uplatnit v noci. Může jít o roletu z tenké fólie pokovené aluminím, nebo o žaluzii z čistých hliníkových plechů (či pokovených plastových profilů). Taková přepážka téměř vyloučí zářivý přenos na obě strany od sebe. Pokud je navíc dost těsná, znemožní i přenos prouděním. U běžných oken se tak noční ztráty dají snížit téměř třikrát, ale i u nejdokonalějších oken se třemi povrstvenými skly klesnou ztráty ještě o třetinu.

## Reference

- [1] *Jan Hollan (ed.): Hospodaření s energií. IV. zvláštní číslo časopisu VERONICA, 1994. Vydává Regionální sdružení ČSOP Brno, Panská 9, 601 91 Brno.*
- [2] *Wolfgang Feist a Jobst Klien: Nízkoenergetický dům (úspory energie v bytové výstavbě budoucnosti). Nakladatelství HEL, Ostrava, 1994. Překlad z německého originálu vydaného v roce 1992 ing. Jiří Weniger. Do konce století vyšly v Německu čtyři další, upravené verze knihy.*
- [3] *Ernst Ulrich von Weizsäcker, Amory B. Lovins, L. Hunter Lovinsová: Faktor čtyři (Dvojnásobný blahobyt — poloviční spotřeba přírodních zdrojů) (Nová zpráva Římskému klubu). V roce 1996 vydalo*

---

<sup>6</sup>V tzv. vakuovaných dvojsklech je jen mírný podtlak, který jejich tepelnou vodivost nijak neovlivňuje, jen snižuje namáhání použitého lepidla

Ministerstvo životního prostředí České republiky ve spolupráci s PHARE oddělením ostravské univerzity a Centrem pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy (<http://www.czp.cuni.cz>, U kříže 8, 158 00 Praha 5 — tam lze knihu při osobní návštěvě získat). ISBN 80-85368-85-4. Překlad z němčiny Ing. Milan Petrák a Mgr. Šárka Crháková. Sazba a tisk Josef Kleinwächter.

- [4] *Jan Hollan: Faktor 4, Překročení mezí, Nízkoenergetický dům (Tři knižní recenze: jedna velká a dvě malé)*. Text má rozsah 9 kB.  
Viz např. [http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e\\_papers/faktor4/](http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/faktor4/)
- [5] *Dianna Lopey Barnett and William D. Browning: A Primer on Sustainable Building*. Rocky Mountain Institute, Snowmass, CO 81645, USA, 1995. 3.
- [6] **Stavební soustava na solární ohřev vody**. Ekologická poradna Veronica, 1998.  
Viz též [http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e\\_papers/solar/](http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/solar/) 4.
- [7] **Stavební izolace z ovčí vlny**. Ekologická poradna Veronica, 1998.  
Viz též [http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e\\_papers/vlna/](http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/vlna/) 4.

Jan Hollan,

tel. +420 (5) 43 23 90 96



Hvězdárna a planetárium M. Koperníka

41 32 12 87

Kraví hora 2

<http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan>

616 00 Brno

e-mail [hollan@ped.muni.cz](mailto:hollan@ped.muni.cz)

Ekologický institut Veronica,

e-mail [veronica@ecn.cz](mailto:veronica@ecn.cz)

Panská 9, 601 91 Brno

tel. (5) 42 21 83 51

<http://www.veronica.cz>

veronica