

Zásady výstavby pasivních domů

Pasivní dům spotřebuje ve srovnání s běžnou stavbou zhruba desetkrát méně tepla na vytápění – méně než 15 kWh/m².rok. Díky tomu se pasivní dům obejde bez klasické topné soustavy – po většinu roku si vystačí s tepelnými zisky od osob, spotřebičů, z dopadajícího slunečního záření, s teplem z odpadního vzduchu apod. Přitom zde nejde o žádné „kosmické“ technologie, ale pouze o do důsledku dovedené použití známých konstrukčních postupů a technologií. V některých zemích, jako např. v Německu či Rakousku, se pasivní domy stávají standardem pro výstavbu.

Pasivní dům má několik základních znaků:

- dobrý architektonický návrh
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků
- prosklené plochy jsou orientovány na jih
- špičkové zasklení
- nadstandardní tepelné izolace a vzduchotěsnost domu
- důsledné řešení tepelných mostů
- regulace vytápění využívající tepelné zisky
- strojní větrání s rekuperací tepla
- klasický topný systém může zcela chybět
- spotřeba tepla na vytápění je max. 15 kWh/m².rok



Pasivní dům nemusí vypadat výstředně. Foto: EkoWATT

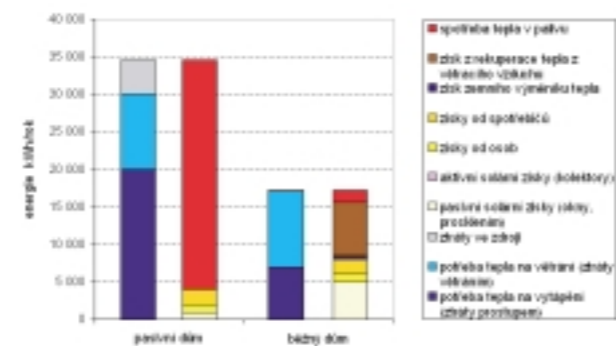
Kromě toho je důležité, aby jednotlivé komponenty domu byly vyvážené, vzájemně spolupracovaly a dům byl vyladěn na potřeby jeho obyvatel. Základní podmínkou úspěchu při výstavbě pasivního domu je **pečlivá příprava projektu**. Dům by měl být projektován týmem speci-

alistů – zadávat projekt postupně různým profesím není ideální. Po dokončení projektu bychom si měli nechat výpočtem doložit tzv. měrnou spotřebu tepla na vytápění (nesmí přesáhnout 15 kWh/m².rok) – ideální je výpočet nezávislým odborníkem podle normy ČSN EN 832, která dává nejméně optimální výsledky. Dále je dobré nechat si zpracovat celkovou **optimalizaci projektu domu** z hlediska investičních a provozních nákladů, která nám zajistí, že výsledné úspory energií a nákladů na provoz dosáhneme efektivním způsobem a za přijatelných investičních nákladů.

Spotřeba a náklady

Nízká spotřeba tepla nemusí nutně znamenat také nízké provozní náklady. V domě platíme nejen za teplo, ale také za ohřev vody a elektřinu pro domácnost. Spotřeba energie pro ohřev vody je v pasivním domě zhruba stejná, jako spotřeba energie na vytápění. Pokud se soustředíme jen na parametr 15 kWh/m².rok, který se týká právě jen vytápění, může nám uniknout možnost snížit spotřebu energie pro ohřev vody, například solárním systémem.

Protože různá paliva mají různou cenu, nestačí porovnávat jen kilowatthodiny spotřeby, ale i náklady. Přitom třeba volba zdroje tepla má vliv i na náklady na domácnost – při topení elektřinou lze využít levnější proud i pro pračku, myčku a další domácí spotřebiče.

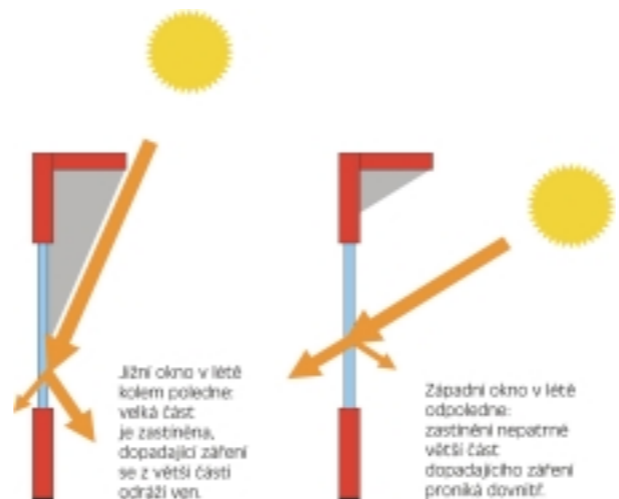


Energetické potřeby a jejich krytí – platí se jen za červený sloupec. Zdroj: EkoWATT

Volba místa

Pro pasivní dům jsou velmi významné solární zisky, které dopadnou do interiéru jižním prosklením. Často je prosklená více než polovina celé jižní stěny domu. Pozemek by tedy měl na této straně poskytovat dost soukromí a současně nesmí být stíněn (lesem, okolní zástavbou).

Orientovat prosklení na východ či západ je nevhodné. Letní slunce má i nízko nad obzorem dost síly, takže by i ráno a večer dům přehřívalo. Jižní zasklení lze před vysokým sluncem snáze zastínit (např. markýzou) a paprsky dopadající pod ostrým úhlem se z větší části odrážejí ven. Podobně nejsou příliš vhodná šikmá střešní okna, kterými vlivem sklonu proniká více slunečního záření a lze je obtížně zastínit. V létě pak hrozí přehřívání interiéru. **Vhodná není ani severní orientace oken**, neboť významně zvyšuje ztráty tepla.



Jižní a západní zasklení. © EkoWATT

Tvar a dispozice domu

Pasivní dům by měl mít, pokud možno, kompaktní tvar. Jednoduchý tvar je výhodný i z hlediska eliminace tepelných mostů, kterými z domu odchází teplo. U složitějších tvarů vzniká kvůli statickému domu více detailů, které tvoří tepelné mosty a jejichž řešení bývá velmi obtížné.

Nevytápěné prostory (garáž, sklad, komora aj.) se někdy umísťují na severní stranu domu, aby vytvářely jakousi nárazníkovou zónu. Příčky k těmto prostorům však musí být izolovány skoro stejně dobře jako venkovní stěny; efekt je tedy nevelký. Někdy je součástí domu zimní zahrada, která při správném návrhu a užívání funguje jako solární kolektor. Pokud se ale používá nevhodně (např. se vytápí otevřeným ohněm z domu), může působit jako chladič a zvyšovat spotřebu domu.

Izolace

Nedá se říci, že nějaký konstrukční systém je pro pasivní dům ideální. Důležité je, aby stěna dobře izolovala – a to i v místě tepelných mostů, kterým se nelze zcela vyhnout.

Pro dosažení součinitele prostupu tepla $U = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ by bylo nutno použít 5 m silnou cihlovou zeď. Je tedy zřejmé, že bez opravdových izolací v síle min. 20 cm se neobejdeme. Materiálové možnosti jsou široké – lze použít polystyren, minerální nebo skelnou vatu, ovčí vlnu, slámu, celulózoové vložky atp. Konstrukce musí být navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti. Nebo, pokud k ní dojde, aby se vlhkost mohla opět volně odpařit.

součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]	běžné novostavby (ČSN 73 0540-2)		NED	PAD
	požad.	dop.	doporučené	
obvodové stěny – těžké	0,38	0,25	0,19	0,15
obvodové stěny – lehké	0,30	0,20	0,15	0,12
střecha plochá n. šikmá do 45 °	0,24	0,16	0,12	0,12
podlaha nad exteriérem	0,24	0,16	0,12	0,12
podlaha na terénu	0,45	0,30	0,20	0,15
okna	1,70	1,20	0,80	0,80

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkooenergetický a pasivní dům.

Tepelné mosty

Vzhledem k mimořádným izolačním schopnostem použitých konstrukcí mají na spotřebu tepla relativně velký vliv **tepelné vazby** (místa, kde se stýkají dvě konstrukce a tvoří kout) a **tepelné mosty** (místa, kde je konstrukce či izolace zeslabena, obvykle nosným prvkem). Tepelná ztráta těmito místy může dosahovat i několik desítek procent celkové tepelné ztráty prostupem tepla.

Proto je třeba věnovat velkou pozornost konstrukčnímu řešení detailů a zejména dbát na **održování technologických postupů při stavbě**. Důležité je například správné napojení tepelné izolace a okenních rámu, izolace pásu zdi nad terénem, napojení izolace svislých stěn a střechy, izolace krokví atd. Při větších tloušťkách izolace se běžně stává, že tepelnými mosty uniká srovnatelné množství tepla jako zbytkem konstrukce. Pokud tedy tepelné mosty nevyřešíme, nemělo by smysl přidávat další a další izolaci.

Okna a prosklení

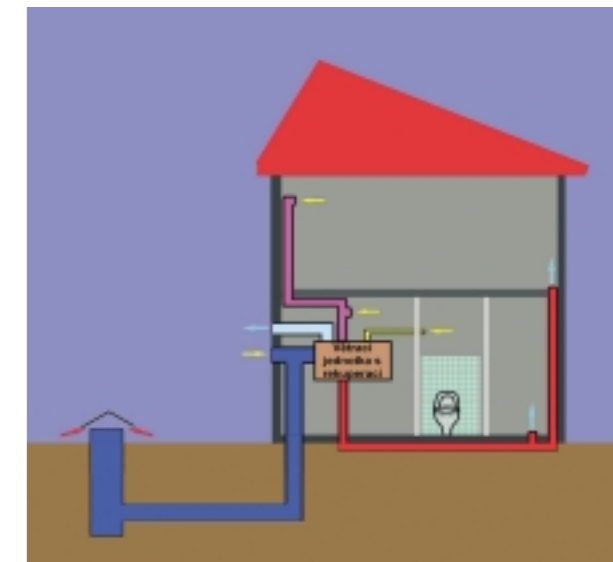
Pro zasklení se používají trojskla nebo systém, kde je prostřední sklo nahrazeno fólií. Součinitel prostupu tepla je zde 0,6 až 0,8 W/m².K. To je až dvakrát lepší, než u nejkvalitnějších oken s izolačním dvojsklem. Běžný okenní rám také izoluje hůře než trojsklo, proto se používají dřevěné i plastové rámy doplněné izolací (obvykle polyuretanovou). Vždy je třeba sledovat součinitel prostupu okna pro celé okno, ne jen pro vlastní zasklení, jak jej uvádí někteří výrobci. Vliv na kvalitu okna má i distanční rámeček mezi skly – používají se nerezové nebo plastové, které jsou výrazně lepší než dříve používané hliníkové.

Vzhledem k tomu, že jedním ze základních požadavků je těsnost domu, a také kvůli využití nuceného (strojního) větrání, nemusí být všechna okna otevíravá. To jednak snižuje jejich cenu, a jednak zvětší plochu prosklení (pevný rám je užší). Z psychologických důvodů i pro případ výpadku vzduchotechniky se však v každé místnosti nechává nejméně jedno okno otevíravé. Také je nutno zvážit možnost mytí a čištění oken.

Větrání

Pasivní dům se bez řízeného větrání neobejde. Stěnami a okny zde uniká už jen velmi málo tepla, většina spotřeby tak připadá na ohřev větracího vzduchu. Snížit tuto spotřebu pomáhá tzv. rekuperace tepla – teplý odváděný vzduch předá ve výměníku teplo chladnému přiváděnému vzduchu. Využit tak lze až 80 % tepla odpadního vzduchu. Rekuperace může být nahrazena tepelným čerpadlem, které odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch, případně vodu pro vytápěcí systém. Výhodou je vyšší účinnost, nevýhodou vyšší cena.

Pro větrání rodinných domů a bytů dosud neexistují závazné předpisy. Obvykle se větrání navrhuje tak, aby se splnil požadavek intenzity výměny vzduchu 0,3 až 0,5 objemu obytných místností za hodinu, respektive aby přívod čerstvého vzduchu byl 30 až 50 m³/h na osobu. V době, kdy v domě nikdo není, by měla být intenzita větrání cca 0,1 objemu za hodinu kvůli odvodu vlhkosti a případných škodlivin (např. těkavé látky uvolňující se z nábytku). Dostatek čerstvého vzduchu dělá bydlení příjemným a uživatelé je vesměs vysoce oceňován.



Strojní větrání – schéma. © EkoWATT



Seminární centrum v Hostětíně je jedním z prvních pasivních domů u nás. Foto: EkoWATT

Určitým problémem je, že v zimě klesá v místnostech vlhkost vzduchu. Venkovní vzduch má totiž v zimě nízký obsah vlhkosti. Většina běžných domů tento problém nemá, protože jejich obyvatelé v zimě prostě nevětrají – i za cenu horší kvality vzduchu. Jedním z možných řešení je použít výměník, který dokáže kromě rekuperace tepla vzduch také zvlhčovat. Další možností je použít vnitřní omítky či příčky z nepálené hlíny, která dobře vyrovnává vlhkostní rozdíly. Zvlhčování vzduchu přímo ve vzduchotechnickém zařízení, jaké je běžné ve velkých budovách, se v rodinných domech zatím neprosadilo.

Vytápění

V mnoha pasivních domech nejsou žádné radiátory. Teplo se dodáváno větracím systémem. Přiváděný vzduch se dohřívá ve výměníku napojeném na kotel (nebo akumulční nádrž). Díky tomu odpadá část investičních nákladů (na klasický topný systém). Pokud ale chceme v pasivním domě použít třeba interiérová kamna, narazíme na problém s přebytkem tepla. Nejsou-li právě venku velké mrazy, stačí domu jen malý výkon. Zejména u lehkých staveb pak musíme zdroj tepla „škrtnout“ aby se dům nepřehřál. Jedním z řešení je akumulací nádrž, do níž se odvádí část výkonu kamen. Nádrž může být doplňkově ohřívána i solárním systémem.

Kontrola kvality

Navrhnout a postavit pasivní dům není nic jednoduchého. Na českém trhu je bohužel málo renomovaných dodavatelů s dostatečnými zkušenostmi. Proto je důležité kontrolovat kvalitu domu již od návrhu. Hned první problém je v tom, že v ČR neexistuje obecně závazný postup výpočtu. Leckterý dům tak sice splňuje kritérium nízké spotřeby, ale jen na papíře, díky kreativnímu výpočetnímu postupu.

Pokud ve stavební dokumentaci nejsou detaily řešení tepelných mostů, je to vážný důvod k pochybnostem. Některé firmy nabízejí typová řešení typických detailů (např. osazení oken). Skutečná situace na stavbě (např. osazení do terénu) je ale složitější. Proto je dobré mít detaily vyřešené přímo pro konkrétní dům.

I nejlepší projekt může zkazit špatně provedená výstavba. Nekvalitní práce může způsobit škody, které se jen těžko odstraňují, a které se navíc mohou projevit až po letech. Průběžná kontrola kvality stavebních prací je tedy zcela nezbytná – na staveništi by neměl chybět odborný a na dodavateli nezávislý stavební dozor. Autorský dozor projektanta nestačí – ten nemůže být na staveništi denně. Rovněž je dobré předem vytipovat náročnější etapy výstavby (např. provedení parotěsné zábrany), u nichž by stavební dozor neměl chybět v žádném případě. Výstavba pasivních domů je v ČR v počátcích, určitě tedy nelze spoléhat na oblíbená řešení typu „takhle se to dělá běžně“.

Těsnost budovy

Aby pasivní dům fungoval tak, jak má, je nezbytné zajistit potřebnou vzduchotěsnost obálky domu. Pokud do domu „táhne“ skulinami kolem oken nebo dokonce ve stěnách (slabina dřevostaveb), je vzduchotechnika a rekuperační výměník téměř k ničemu. Teplo nám totiž nekontrolovaně utíká. Netěsnosti jsou současně místem, kudy se do konstrukce dostává vlhkost z vnitřního vzduchu. Zkondenzovaná vlhkost stavbě škodí, nejvíce ohrožuje dřevo, které může být napadeno dřevokaznými houbami.

Těsnost budovy se proto kontroluje tzv. blower-door testem, kdy se všechny otvory uzavrou a dům se „napumpuje“ pomocí ventilátoru osazeného vykle ve vstupních dveřích. Podle toho, kolik vzduchu musí ventilátor dodat za určitého



Blower-door test. Foto: Ekologický institut Veronica



Zimní zahrada kombinovaná se solárními kolektory je důležitá pro snížení spotřeby. Foto: EkoWATT

tlakového rozdílu, se zjistí těsnost. Požadavek pro pasivní domy je těsnost $n_{50,N} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že za rozdílu tlaků 50 Pa (odpovídá zhruba stavu, kdy na dům fouká vítr rychlostí 30 km/h) se veškerý vzduch v budově vymění za 0,6 hodiny. Test je vhodné provádět dvakrát. Poprvé když je dokončena hrubá stavba a provedena parotěsná vrstva. V této fázi je ještě poměrně snadné najít a opravit netěsnosti. Druhý test se provádí po dokončení stavby, před předáním zákazníkovi. Zde už by bylo na opravy pozdě. Požadavek na těsnost budovy je dobré zakotvit ve smlouvě s dodavatelem – pokud nebude dům dost těsný, lze požadovat slevu, nebo naopak při dosažení lepších hodnot vyplatit prémii.

Termovize

Kontrola stavby termovizní kamerou může odhalit místa, kde v konstrukci vznikly tepelné mosty. Někdy lze odhalit i rozsáhlejší netěsnosti, kterými uniká teplý vzduch. Nevýhodou je, že se měření provádí již na hotové stavbě, kdy je na opravy většinou pozdě. Měření musí probíhat v době nízkých venkovních teplot, tj. zhruba od října do dubna. Tepelné mosty se projeví vyšší povrchovou teplotou venkovních stěn (nebo naopak nízkou teplotou vnitřních stěn, pokud měříme uvnitř místnosti). Příliš výrazné tepelné mosty mohou být opět důvodem k požadování slevy z ceny stavby.

Předpisy

Od 1. ledna 2009 budou všechny novostavby povinné vybaveny tzv. **Průkazem energetické náročnosti budovy**. Stavebník nebo kupující by z něho měl – podobně jako z energetického štítku elektrospotřebiče – snadno poznat, jak je dům úsporný. Průkaz hodnotí nejen spotřebu tepla na vytápění, ale i na ohřev vody, větrání, chlazení a osvětlení.

Další pomůckou je tzv. **Energetický štítek obálky budovy**, který by měl být součástí projektové dokumenta-

ce stavby. Zde se ale hodnotí pouze konstrukce domu (ovlivňují jen část spotřeby tepla na vytápění). Pozor na zaměnu tohoto štítku s výše uvedeným průkazem – graficky jsou si velmi podobné.

Pasivní dům jako pojistka

Nízká spotřeba domu je určitou pojistkou vůči růstu cen energií. Obyvatelé pasivního domu snáze zaplatí i velmi drahou energii, neboť jí spotřebují málo. Pokud tedy stavíme dům na celý život, je pasivní, případně nízkoe-nergetický dům tím nejlepším důchodovým spořením.

Použitá a doporučená literatura

- [1] Srdečný, K.: Energeticky soběstačný dům. ERA, Brno, 2006, dotisk 2007.
- [2] Macholda, F., Srdečný, K.: Úspory energie v domě. Grada, Praha, 2004.
- [3] Počinková, M., Čuprová, D.: Úsporný dům, ERA, Brno, 2004.
- [4] Šubrt, R.: Tepelné izolace v otázkách a odpovědích. BEN, Praha, 2005.
- [5] Šála, J.: Zateplování budov. Grada 2000.
- [6] Nagy, E.: Nízkoenergetický ekologický dům. Jaga Group, 2002.
- [7] Ladener, H. a kol.: Jak pořídit ze staré stavby nízkoe-nergetický dům. HEL, 2001.
- [8] Haller, A., Humm, O., Voss, K.: Solární energie – využití při obnově budov. Grada, 2001.
- [9] kol.: Spotřebitelské otázky a odpovědi ekologických poraden, STEP, 2001.

Vydal:

EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábky 2	Žižkova 1 (budova PVT)
180 00 Praha 8	370 01 České Budějovice
tel.: +420 266 710 247	tel.: +420 389 608 211
fax: +420 266 710 248	fax: +420 389 608 213
e-mail: info@ekowatt.cz	
www.ekowatt.cz, www.energetika.cz	

Foto na titulní straně: výstavba pasivního domu; pasivní dům se zimní zahradou a solárními kolektory (Rakousko); Foto: EkoWATT
Texty: EkoWATT – Jiří Beranovský, Lenka Hudcová, Monika Kašparová, František Macholda, Karel Srdečný, Jan Truxa
Grafický návrh: Irena a Saša Mandič
Sazba a tisk: Sdružení MAC, spol. s r.o., © EkoWATT, 2007

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek České energetické agentury (EKIS ČEA). Seznam středisek je uveřejněn na: www.i-ekis.cz.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.

Publikace vyšla díky laskavé podpoře České energetické agentury.



Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie



Zásady výstavby pasivních domů