

# PASIVNÍ RODINNÝ DŮM

## PROČ A JAK STAVĚT



MOJMÍR HUDEC

- PROČ STAVĚT PASIVNÍ DŮM
- STAVEBNÍ KONSTRUKCE
- EKOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

# Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

*Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.*





Copyright © Grada Publishing, a.s.

Za podporu při vydání této knihy děkujeme firmám SAINT-GOBAIN ORSIL s.r.o.,  
Českomoravský beton, a. s. a panu Mgr. Stanislavu Palečkovi  
a panu Ing. arch. Lubomíru Korčákoví.

## **Pasivní rodinný dům**

**Proč a jak stavět**

**Mojmír Hudec**

Vydala Grada Publishing, a.s.  
U Průhonu 22, Praha 7  
obchod@grada.cz, www.grada.cz  
tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400  
jako svou 3440. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá  
Sazba Květa Chudomelková  
Fotografie na obálce z archivu autora  
Fotografie v knize z archivu autora  
Počet stran 112  
První vydání, Praha 2008  
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.  
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2008  
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2008

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami  
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-247-2555-0 (tištěná verze)  
ISBN 978-80-247-6481-8 (elektronická verze ve formátu PDF)  
© Grada Publishing, a.s. 2011

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| Předmluva.....                                    | 7         |
| Úvod.....   | 9         |
| <b>1 Historie nízkonergetického stavění .....</b> | <b>10</b> |
| 1.1 Americké začátky .....                        | 10        |
| 1.2 Evropské pokračování.....                     | 12        |
| <b>2 Proč stavět pasivní dům .....</b>            | <b>14</b> |
| 2.1 Výhody a principy pasivního domu .....        | 14        |
| 2.2 Vysvětlení pojmů .....                        | 16        |
| 2.3 Kvalita vnitřního prostředí .....             | 17        |
| 2.4 Těsnost budovy .....                          | 18        |
| 2.5 Rekonstrukce podle pasivního standardu .....  | 21        |
| <b>3 Jak začít a pokračovat .....</b>             | <b>24</b> |
| 3.1 Stavební záměr.....                           | 24        |
| 3.2 Pozemek a umístění stavby.....                | 25        |
| 3.3 Zásady navrhování.....                        | 25        |
| 3.4 Jaký konstrukční systém zvolit? .....         | 26        |
| 3.5 Tvar stavby.....                              | 27        |
| 3.6 Studie a projekt.....                         | 29        |
| 3.7 Stavba domu na klíč .....                     | 30        |
| 3.8 Svépomocná výstavba .....                     | 30        |
| 3.9 Dozor na stavbě .....                         | 31        |
| 3.10 Náklady na pasivní dům .....                 | 31        |
| <b>4 Stavební konstrukce .....</b>                | <b>33</b> |
| 4.1 Základy.....                                  | 33        |
| 4.2 Podlaha na terénu.....                        | 34        |
| 4.3 Obvodové stěny.....                           | 34        |
| 4.4 Střecha.....                                  | 38        |
| 4.5 Izolace .....                                 | 39        |
| 4.6 Výplně otvorů .....                           | 44        |
| 4.7 Stínění.....                                  | 47        |
| 4.8 Tepelné mosty .....                           | 50        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Technologická část pasivního domu .....</b> | <b>51</b>  |
| 5.1      | Řízené větrání s rekuperací .....              | 51         |
| 5.2      | Zemní výměník .....                            | 56         |
| 5.3      | Dotápění.....                                  | 58         |
| 5.4      | Ohřev teplé vody.....                          | 61         |
| 5.5      | Solární kolektory .....                        | 64         |
| 5.6      | Fotovoltaické kolektory.....                   | 67         |
| 5.7      | Řešení vnitřních sítí .....                    | 71         |
| <b>6</b> | <b>Prokázání pasivního standardu .....</b>     | <b>73</b>  |
| 6.1      | Způsoby výpočtů .....                          | 73         |
| 6.2      | Energetický štítek .....                       | 75         |
| 6.3      | Tlaková zkouška Blower-door test .....         | 76         |
| <b>7</b> | <b>Ekologická řešení pasivního domu .....</b>  | <b>78</b>  |
| 7.1      | Ekologický celostní přístup.....               | 78         |
| 7.2      | Ekologický životní styl .....                  | 79         |
| 7.3      | Ekologické stavební materiály .....            | 79         |
| 7.4      | Ekologické vytápění.....                       | 82         |
| 7.5      | Úsporné elektrospotřebiče.....                 | 83         |
| 7.6      | Hospodaření s vodou .....                      | 84         |
| 7.6      | Kompostovací záchody .....                     | 86         |
| 7.8      | Kořenové čistírny.....                         | 87         |
| 7.9      | Přírodní jezírka .....                         | 88         |
| 7.10     | Zelené střechy .....                           | 90         |
| <b>8</b> | <b>Příklady staveb .....</b>                   | <b>92</b>  |
| 8.1      | Pasivní dům u Boskovic .....                   | 92         |
| 8.2      | Pasivní dům v Kníničkách u Brna .....          | 94         |
| 8.3      | Pasivní dům v Bílovicích .....                 | 97         |
| 8.4      | Pasivní dům v Ivanovicích u Brna.....          | 99         |
| 8.4      | Pasivní dům v Šebetově .....                   | 101        |
|          | <b>Závěr .....</b>                             | <b>103</b> |
|          | <b>Literatura .....</b>                        | <b>105</b> |
|          | <b>Rejstřík .....</b>                          | <b>107</b> |

# Předmluva

Jsme na prahu energetické krize, která se projevuje navyšováním cen uhlí, ropy a zemního plynu. Tento trend má mnoho příčin. Vyplyvá nejen ze stále složitějších poměrů doprovázejících těžbu, ale i z nestabilních politických podmínek regionů, v nichž se zdroje vyskytují. V zemích závislých na importu nerostných surovin zákonitě vznikají situace, které vedou k šetření a snižování spotřeby. Přízpůsobují se tomu všechny oblasti lidské činnosti, architekturu a stavitelství nevyjímaje. Nově nastolené poměry zaměstnávají nejen architekty a inženýry, ale s velkým zájmem je sledují odborníci z jiných oborů a také veřejnost. Reakcí je výstavba energeticky úsporných domů, které z hlediska tepelné ochrany vykazují lepší vlastnosti, než jsou aktuální normové požadavky.

Po vzoru našich jižních a západních sousedů vznikly i v České republice předpoklady, aby po nasmělých začátcích vyrostly kvalitní moderní domy a soubory objektů. Charakterizuje je minimální spotřeba tepla a alternativní způsoby získávání energie. Příkladem jsou pasivní stavby, které využívají tepelné účinky slunečního záření, zhodnocují vnitřní zdroje tepla a řízeným větráním s rekuperací přispívají k vytváření zdravého obytného a pracovního prostředí.

Pro budoucí stavebníky je přitom klíčovou postavou architekt. S důvěrou se na něj obracejí a očekávají, že prostředky vložené do přípravy díla budou účelně zhodnoceny. Architekt a klient společně hledají optimální cestu k tvorbě nového obytného nebo pracovního prostředí. Autor knihy je vynikajícím odborníkem, který dokáže vytvořit kvalitní architektonický koncept a propojit jej s technickým zázemím. Jeho dlouholeté zkušenosti v oblasti navrhování energeticky úsporných staveb sahají do počátku posledního decennia dvacátého století. Tehdy ve Svitavách (1991 až 1993) společně se Stanislavem Hrazdírou realizovali nízkoenergetický penzion pro důchodce. Použili u něj pasivní i aktivní systémy solárního vytápění, které v době výstavby byly v naší zemi zcela originálním řešením. Následovala realizace nízkoenergetických domů v Lažánkách (2003), Jedovnicích (2008) a v Kuřimi (2005). Posléze pasivní domy v Boskovicích (2003), Rajhradě (2003) a Brně-Bystrci (2005). Brněnských Ivanovicích (2006), Bílovicích (2007), Hustopečích (2007)

a další. Kromě jejich nesporné energetické úspornosti je pro ně příznačné, že se jedná o kvalitní architektonická díla.

Charakteristické pro návrhy Mojmíra Hudce je také skutečnost, že architekturu nechápe jako izolovaný útvar. Respektuje, že je součástí přírody, kterou svou existencí doplňuje a dlouhodobě ovlivňuje. Šetrně zachází se stavebními materiály, z nichž používá především hmoty, které při výrobě, zabudování i při odstranění v nejmenší možné míře a s energetickou šetrností zatěžují životní prostředí. S oblibou pracuje s přírodními surovinami – především se dřevem, slámou, nepálenou hlínou. Stranou nenechává ani ekologické aspekty řešení. Je to zřejmé i z této publikace, kdy jedna z kapitol je věnována ekologickému pojetí pasivního domu.

Odborná činnost Mojmíra Hudce je bohatá i v oblasti publikační, přednáškové a popularizační. Pravidelně se zúčastňuje a aktivně vystupuje na konferencích věnovaných energetickým úsporám v architektuře. Řadu let je externím spolupracovníkem Fakulty architektury Vysokého učení technického v Brně.

Kniha má ambice stát se dobrým průvodcem pro všechny, kteří se rozhodnou pasivní domy poznat. Může také posloužit zájemcům k orientaci v oblasti dostupného a energeticky šetrného způsobu výstavby, chápaného jako příspěvek udržitelného rozvoje. Svě čtenáře najde i mezi nejmladšími odborníky, kterými jsou studenti středních a vysokých škol.

Doc. Ing. Josef Chybík, CSc.

Fakulta architektury

Vysokého učení technického v Brně



# Úvod

Kniha je určena široké veřejnosti, ale zejména pro stavebníky rodinných domů. Seznámí nás s tím, co to je pasivní dům a proč ho stavět. Provede nás základními principy a funkcemi pasivního domu. Stavebník tak může lépe kontrolovat celý proces výstavby svého domu a pomůže mu úsporněji a ekologicky žít. Kniha nechce zatěžovat stavebníka nezáživnou teorií nebo pronikat do hlubších odborných podrobností. Poslouží i jako základní informace studentům a začínajícím projektantům, kteří se chtějí problematice pasivních domů hlouběji věnovat.

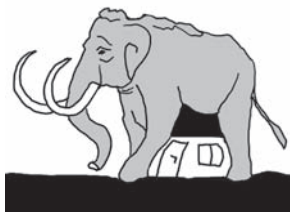
Určitě některého z vás napadlo, zda by se dal postavit energeticky soběstačný dům. Dům, který nepotřebuje přípojky a nevyžaduje placení měsíčních poplatků za elektřinu, vodu a plyn.

Tento model domu již v historii existoval, byl to klasický venkovský statek, který byl nezávislý a fungoval na principech permakultury - trvale udržitelného vývoje. Vyprodukoval dostatek potravin, topilo se dřevem, pouze elektrická energie byla nahrazována silou zvířat a svícemi na svícení. Model je historicky překonaný, dovede si ještě někdo dnes představit život bez elektrické energie?

Ale energeticky soběstačný dům je už možné postavit při zachování současného standardu bydlení (soběstačnost ve výrobě potravin dnes nevyžadujeme). Prakticky jediným zdrojem energie je sluneční energie, kterou můžeme využít jak na tepelné zisky okenními otvory, tak na ohřev teplé vody a současně i na přímou výrobu elektrické energie prostřednictvím nových technologií solárních článků. Soběstačnost ale něco stojí. Má to zejména smysl, když stavíme dům daleko od osídlení, nebo když přípojky vycházejí již neúměrně drahé. Těchto lokalit je v naší husté zástavbě minimum, proto je ekonomičtější využít připojení na stávající infrastrukturu.

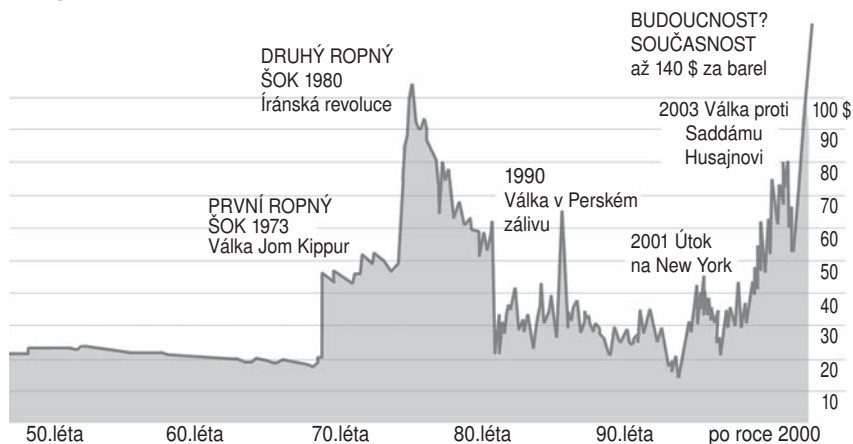
Vzhledem k neustále vzrůstajícím cenám energií je však velmi rozumné se snažit, aby nová výstavba spotřebovala co nejméně energie. Dnešní vývoj techniky již umožňuje, aby nové stavby vyprodukovaly více energie, než samy spotřebují. Takzvané „plusové“ domy jsou proto výzvou budoucnosti.

# 1 Historie nízkonergetického stavění



## 1.1 Americké začátky

Začneme jedním zajímavým scénářem a důvodem, proč musíme mluvit o úsporách energie.

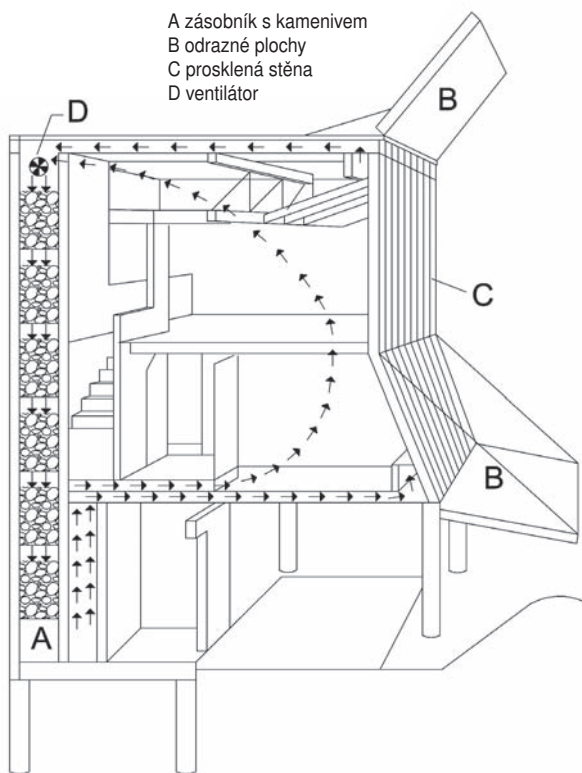


Obr. 1.1 Vývoj ceny ropy

Všimněme si na uvedeném grafu přímé souvislosti ceny ropy na velkých válečných konfliktech. První ropná krize nastala při napadení Izraele Egyptem spolu s dalšími arabskými státy v době největšího židovského svátku Jom Kippur. Druhá ropná krize přišla při válce s Iránem. Na grafu vidíte i pohyb cen vzhůru při každém větším mezinárodním konfliktu. Nabízí se otázka zda může nárůst ceny ropy působit i obráceně? Může vyvolat válečný konflikt? Co způsobuje současný prudký nárůst cen v tomto relativně historicky klidnějším období? Je to silný nárůst spotřeby v Číně a podobných státech? Začíná se projevovat vyčerpávání ložisek? Nestačí

se budovat nové těžební kapacity? Nehrozí světu celosvětový konflikt – boj o energetické zdroje? Jsou to velmi znepokojivé otázky. Hledání nových zdrojů energie a současné hledání úspor podstatně ovlivní vývoj naší civilizace.

Díky prvním ropným krizím v sedmdesátých letech vděčí svému rozmachu i nízkoenergetická a solární architektura. Svět si tehdy poprvé silně uvědomil svoji životní závislost na ropě a energii. USA, jako největší světový spotřebitel energie a ropy, byly zasaženy ropnou krizí nejvíce. Začal se zvyšovat tlak na úspory energie. V té době také definitivně odzvonilo silničním křižníkům s velkou spotřebou pohonných hmot. Úspory ve spotřebě energie se začaly hledat i v jiných oblastech. Ve stavebnictví, které je jedním z největších spotřebitelů energie, začala experimentální výstavba úsporných domů, zaměřených na využití solární energie. Vzniklo množství staveb, které využívaly sluneční energii pomocí velkých ploch



**Obr. 1.2** Americký nízkoenergetický dům první generace – lyžařská chata ve Vermontu, USA

slunečních kolektorů, solárních skleníků a prosklených stěn. Byly používány velké zásobníky, ve kterých se akumulovalo teplo získané z těchto mohutných jímacích zařízení. Tyto nízkoenergetické domy první generace byly charakteristické tím, že kladly důraz na velký zdroj tepla, izolační schopnosti stavby ale zůstaly podceněny. Postupně se od těchto staveb upustilo pro velkou investiční náročnost. Tento vývoj však vedl k celkovému zlepšení izolačních vlastností běžné výstavby. V amerických podmínkách je ale stále používán mohutný zdroj tepla, obvykle velké tepelné čerpadlo typu vzduch – vzduch, neboť se současně využívají i na chlazení budovy.

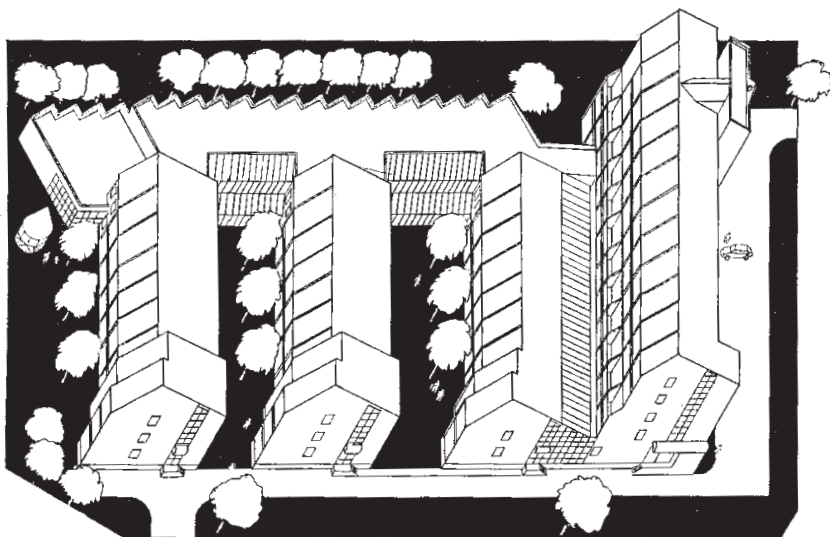
## 1.2 Evropské pokračování

Ropné krize zasáhly také Evropu, i když s menšími následky. Trend nízkoenergetické výstavby se zde ale dále rozvíjel. Evropské stavebnictví je založeno na jiných principech než americké s převládajícími dřevostavbami. Výstavba klade vyšší důraz na tradiční materiály a kvalitní detail, počítá se také s podstatně vyšší životností staveb. V Evropě se trend úsporných staveb postupně vyvinul do nízkoenergetických staveb druhé generace. Tyto domy se již vyznačovaly zvýšenou tepelnou izolací, kvalitními a těsnými okny. Začalo se navrhovat tepelné zónování vnitřních prostor. Energetická bilance se často vylepšovala solárními skleníky. Architekti začali používat nové aktivní technologie, které jsou dnes již běžně dostupné – řízené větrání s rekuperací, tepelná čerpadla, solární kolektory pro ohřev teplé vody, teplovzdušné kolektory. Zkoušeli také nové typy izolací, např. transparentní izolace.

Postupující vývoj nízkoenergetických domů vyústil do „teorie pasivního domu“, tedy domu, který si vystačí na vytápění s pasivními zisky, tj. se zisky ze slunečního záření a z vnitřního provozu domu. Tuto teorii definoval Dr. W. Feist, stavbou prvního pasivního domu v roce 1991 v Německu v Darmstadtu.

Výzkumem a dalším vývojem pasivních domů se pod vedením Dr. Wolfganga Feista zabývá v největší míře Passivhaus Institut v německém Darmstadtu. Odhaduje se, že do roku 2010 bude jen v Německu stát 60 tisíc pasivních domů.

V naší zemi vzniklo v roce 2006 občanské sdružení Centrum pasivního domu se sídlem v Brně. Toto sdružení poskytuje poradenskou činnost stavebníkům, požádá semináře a konference. Vznikla i síť center pasivního domu, na která se mohou zájemci obrátit.



Obr. 1.3 Sluneční penzion Svitavy – koncepce



Obr. 1.4 Sluneční penzion ve Svitavách – západní fasáda

## 2 Proč stavět pasivní dům



### 2.1 Výhody a principy pasivního domu

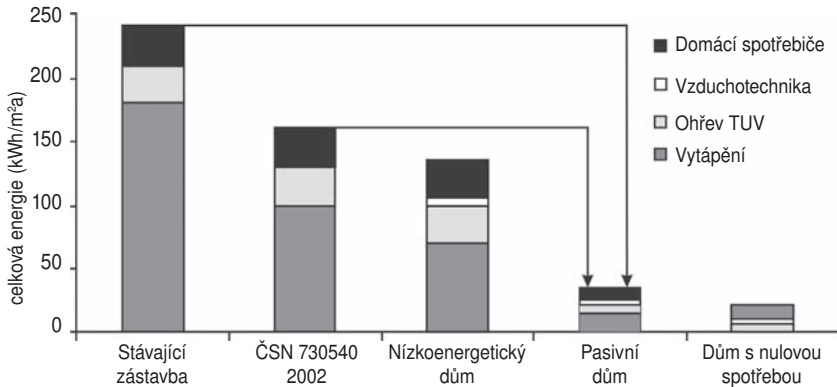
Název „pasivní dům“ vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků. Pasivní dům je stavba, která se vytopí téměř sama pomocí slunečního záření a vnitřních tepelných zisků – spotřebičů, osob apod. Pasivní dům spotřebuje ve srovnání s běžnou stavbou zhruba desetkrát méně tepla na vytápění, to je méně než 15 kWh/m<sup>2</sup> rok. Díky tomu se pasivní dům obejde bez klasické topné soustavy, stačí pouze malý zdroj, který pokryje zbytkovou potřebu tepla.

Vysoký stupeň zateplení s sebou přináší výbornou tepelnou pohodu. Větrací systém se zpětným získáváním odpadního tepla neustále zajišťuje čistý čerstvý vzduch v celém domě. Díky vzduchotěsné obálce budovy bez tepelných mostů a nepřetržitému větrání zůstávají konstrukce suché a bezporuchové.

Základní znaky pasivního domu:

- dobrý návrh s orientací hlavní prosklené fasády k jihu;
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků;
- špičková izolační okna;
- vynikající tepelné izolace a vzduchotěsnost domu;
- důsledné řešení tepelných mostů;
- řízené větrání s rekuperací tepla;
- chybějící klasický topný systém.

Velmi nízká spotřeba tepla nemusí nutně znamenat také nízké provozní náklady. V domě platíme také za ohřev teplé vody a za elektřinu pro domácnost. Spotřeba energie pro ohřev vody je v pasivním domě zhruba stejná jako spotřeba energie na vytápění. Je proto snaha snížit tuto spotřebu například solárním systémem. Spotřebu elektrické energie můžeme snížit úspornými elektrickými spotřebiči.

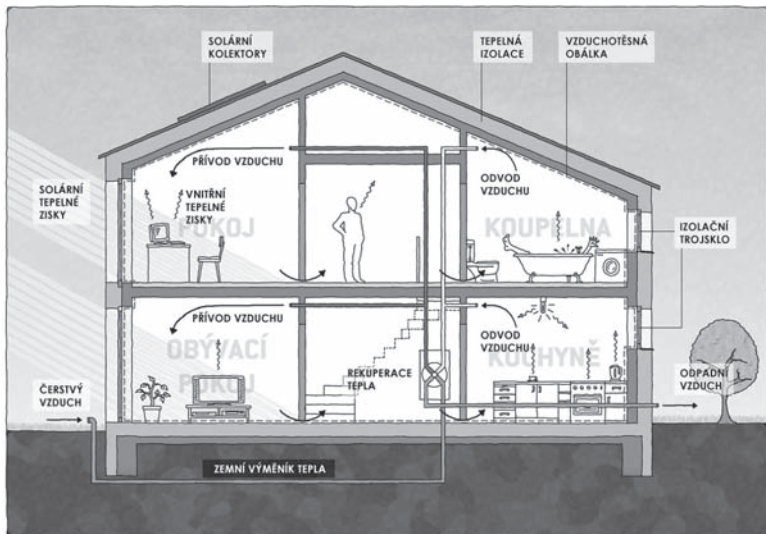


**Obr. 2.1** Srovnání měrné spotřeby energie jednotlivých typů staveb (Passivhaus Institut)

### Kritéria pasivního domu

Pro pasivní domy byla stanovena tato kritéria (hodnoty určené pro středoevropské klimatické podmínky):

- měrná spotřeba tepla na vytápění  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ;
- maximální topný výkon  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ ;
- součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí s  $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- okna s hodnotou  $U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  a se sklem o hodnotě  $g \geq 50 \%$ ;
- celková neprůvzdušnost nesmí přesáhnout 0,6 násobek výměny vzduchu za hodinu;
- se součinitelem vzduchové neprůvzdušnosti  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ ;
- vzduchotechnická jednotka s rekuperací s účinností vyšší než 75 %;
- celková roční spotřeba primární energie (na topení, ohřev TUV, větrání a elektrické spotřebiče) nesmí překročit  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .



Obr. 2.2 Základní schéma pasivního domu

## 2.2 Vysvětlení pojmů

Tab. 1.1 Nejčastější jednotky, se kterými se budeme setkávat

| název                            | symbol    | jednotka                  | vysvětlení  | souvislost    |
|----------------------------------|-----------|---------------------------|---|---------------|
| Souč. tepelné vodivosti          | $\lambda$ | W/(m.K)                   | Schopnost látky (materiálu) vést teplo  |               |
| Tloušťka vrstvy                  | $d$       | m                         |   |               |
| Tepelný odpor                    | $R$       | m <sup>2</sup> .K/W       | Schopnost materiálu o určité tloušťce zadržet teplo   | $R=d/\lambda$ |
| Součinitel prostupu tepla        | $U$       | W/(m <sup>2</sup> K)      | Schopnost materiálu o určité tloušťce vést teplo (čím menší je hodnota $U$ , tím méně tepla projde) | $U=1/R$       |
| Roční spotřeba tepla             | $Q$       | kWh/rok                   |   |               |
| Měrná spotřeba tepla na vytápění | $E_v$     | kWh/(m <sup>2</sup> .rok) | Roční spotřeba tepla vztážená na jeden metr čtvereční podlahové plochy                              |               |



## 2.3 Kvalita vnitřního prostředí

Pasivní domy mají velkou výhodu ve vynikající kvalitě vnitřního prostředí a tím i komfortu bydlení, především díky svým výborným tepelně-izolačním vlastnostem a řízenému větrání. Které složky vnitřního prostředí pasivní dům pozitivně ovlivňuje?

### Teplota vzduchu

U pasivních domů je, díky kvalitní izolační obálce, povrchová teplota stěn téměř shodná s teplotou vzduchu v místnosti. Nemůže proto dojít k žádné kondenzaci na konstrukcích a nedochází k nepříjemnému efektu chladného sálání stěn. Udržování nastavené teploty je automaticky regulováno.

### Vlhkost vzduchu

Optimální relativní vlhkost vzduchu je v rozmezí 35–50 %. Relativní vlhkost kolísá v průběhu roku, v topném období se snižuje. Také pokud zvýšíme teplotu v místnosti, relativní vlhkost se sníží. Větrání má odpovídat předepsané intenzitě (tj. 25 m<sup>3</sup>/hod. na osobu), při příliš velké intenzitě větrání v zimním období vlhkost vzduchu silně klesá. Při poklesu relativní vlhkosti pod 30 % dochází k vysychání sliznic a nepříjemnému pocitu a zvyšuje se riziko nemoci z nachlazení. Při vlhkosti vyšší než 60 % se zvyšuje počet různých mikroorganismů a plísní, může dojít i ke kondenzaci vodních par.

### Mikroorganismy

Zásluhou řízeného větrání prochází vzduch přes filtry vzduchotechniky, kde se zachytí jak prachové částice, tak většina mikroorganismů.

### Prach

Díky kvalitní filtraci je účinnost zachytávání prашných částic velmi vysoká. Prostředí pasivních domů je tak velmi vhodné pro osoby s astmatem a alergií.

### Pachy a plyny

Mimo běžných odérů spojených s provozem domácnosti a pobytu lidí vzniká v interiéru množství dalších plynů, zejména CO<sub>2</sub>, formaldehydu, oxidů síry a dusíku. Tyto plyny jsou ve vyšších koncentracích škodlivé a způsobují únavu, sníženou koncentraci a zdravotní problémy.

Nejúčinnější způsob snížení koncentrace těchto škodlivin je průběžné větrání s přívodem čerstvého vzduchu řízeným větráním.

## 2.4 Těsnost budovy

### Nutnost vzduchotěsné obálky

Aby pasivní dům fungoval tak, jak má, je nezbytné zajistit potřebnou vzduchotěsnost obálky domu – je to jedna z hlavních zásad pasivního domu. Nepotřebnému „větrání“ spárami a netěsnostmi se snažíme vyhnout a nahradit je větracím systémem s vysoce účinnou rekuperací tepla. Zajištění vzduchotěsnosti vyžaduje profesionální přístup. Špatný návrh nebo nedbalost mohou způsobit tepelné ztráty a kondenzaci vody v konstrukcích a následný vznik poruch.

### Základní požadavky na neprůvzdušnost

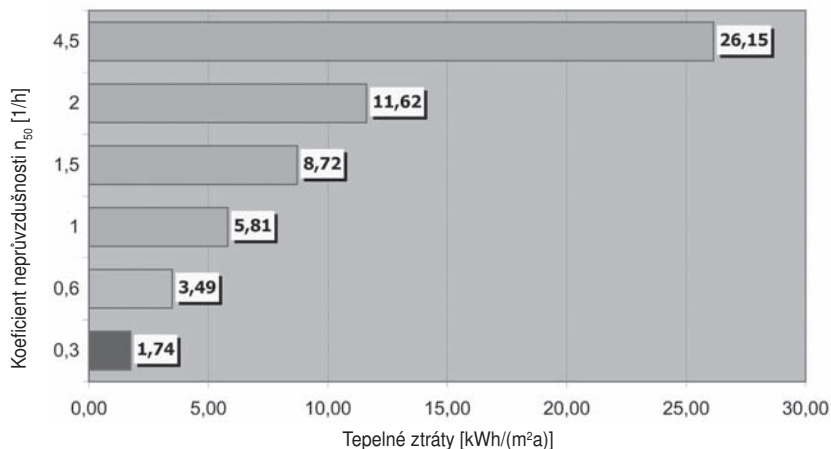
Celkovou průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako hodnotu  $n_{50}$  celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Čím menší je tato hodnota, tím větší je vzduchotěsnost stavby. Pro pasivní dům s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je hraniční hodnota  $n_{50, N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Při tlaku 50 Pa (což odpovídá rychlosti větru 9 m/s) se v budově za jednu hodinu nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu budovy.

### Souvislost neprůvzdušnosti se ztrátami tepla

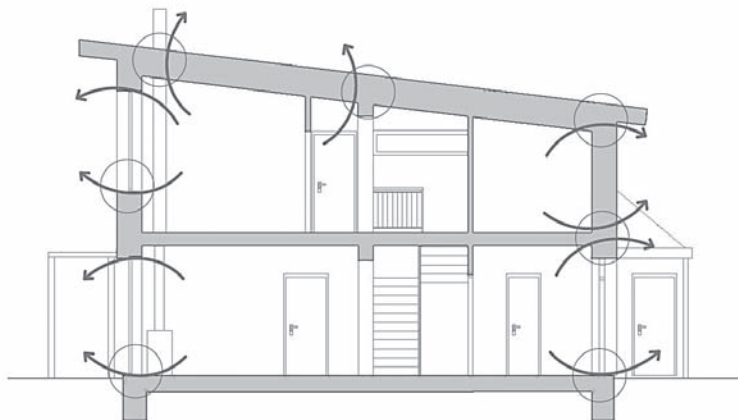
Čím je vyšší průvzdušnost, tím jsou vyšší tepelné ztráty. Podle přibližných výpočtů jsou tepelné ztráty způsobené hraniční průvzdušností v pasivních domech ( $n_{50, N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ ) přibližně  $3,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , což je při celkové měrné potřebě tepla na vytápění  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  podstatná část. Zajímavé je porovnání s běžnou budovou. Ta má při přirozeném větrání hodnotu  $n_{50, N} = 4,5 \text{ h}^{-1}$ , což znamená roční ztrátu infiltrací přibližně  $26 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . To je více než 1,5 násobek měrné potřeby tepla na vytápění u pasivních domů!

### Škodlivá vlhkost v konstrukci

Teplý vzduch, který proudí netěsnostmi z interiéru do exteriéru, působí jako nositel nežádoucí vlhkosti. V konstrukci se tyto páry hromadí zpravidla do nasákových materiálů. Za určitých podmínek pak může dojít ke kondenzaci. Tyto podmínky



**Obr. 2.3** Vliv celkové průvzdušnosti obálky na potřebu tepla na vytápění (Centrum pasivního domu)



**Obr. 2.4.** Nejčastější místa netěsností (Centrum pasivního domu)

často znamenají vznik plísní a dřevokazných hub, které mohou způsobit rozsáhlé škody, zejména u konstrukcí z přírodních materiálů. U provlhlých tepelně izolačních materiálů se navíc radikálně snižuje izolační schopnost.