



Obr. 6 O kvalitní vnitřní prostředí a neustálý přísun čerstvého vzduchu se stará větrací jednotka. Díky vysoce účinnému rekuperačnímu výměníku je vzduch ohříván na teplotu blízkou pokojové i v nejteplejších mrazech. Dohřát je pak potřeba jen zbylých pár stupňů.

Aby fungoval systém perfektně, je nutné jej správně navrhnout a provést. Vhodné je rozdělení budovy na tři zóny – přívod vzduchu (obytné místnosti), transport vzduchu (chodby, schodiště) a odtah odpadního vzduchu (koupelna, WC, kuchyň). Rozvody by měly být co nejpřímější a nejkratší s ohledem na tlakové ztráty i možnost případného čištění. Větrací rozvody lze za určitých okolností použít i pro tzv. teplovzdušné vytápění, tj. vytápění pomocí ohřátého vzduchu. Pasivní dům má totiž tak nízké ztráty, že je lze pokrýt i ohřátým vzduchem.

## ZDROJE TEPLA, PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Pasivní dům má natolik nízké tepelné ztráty, že zdrojem tepla může být v podstatě cokoliv. Jak potvrdily výpočty i praktické zkušenosti, jsou i během nejchladnějšího období tepelné ztráty v rozmezí 10 až 15 W/m<sup>2</sup>. Pro vytápění místnosti o ploše 15 m<sup>2</sup> pak stačí výkon zdroje přibližně 200 W, tedy výkon odpovídající dvěma stowattovým žárovkám. Je to tak málo, že v celoroční bilanci je významnější příprava teplé vody než vytápění. Výhodou je radikálně nižší potřebný výkon zdroje tepla a i otopné soustavy.

Dle místních podmínek a přání investora lze u pasivního domu využít více možností zdrojů tepla. Přímo elektricky - je možné dosáhnout nejnižší pořizovací náklady, avšak za cenu vyšších provozních nákladů s nejistým dalším vývojem cen. Často se používá kotel na pevná paliva (např. pelety nebo kusové dřevo) či plynový kotel ve spojení se zásobníkem tepla. Solární kolektory mohou tvořit vhodný doplněk levného zdroje tepla pro ohřev teplé vody. Také miniaturní tepelná čerpadla, která jsou dnes na trhu, tvoří velice zajímavý zdroj s levnými provozními náklady. Vzhledem k tomu, že potřebný topný výkon pro dohřev vzduchu je výrazně nižší než výkon potřebný k ohřevu vody, dimenzuje se zdroj tepla současně na základě požadavků na přípravu teplé vody a kompenzaci tepelných ztrát. Zásobník teplé vody je zpravidla využit na 100 % pouze několikrát během dne, a proto pro většinu času může být využit pro

dohřev vzduchu. Integrovaný zásobník tepla, který se nejčastěji používá, spojuje více možností dohromady. Připojení více zdrojů v průběhu celého roku – solárních kolektorů, krbových kamínků, plynového kotle, tedy funkci akumulací nádrže, a současně více odběrů – topení nebo teplovzdušné vytápění, teplovodní žebřík, ohřev teplé vody a jiné.

Pro přípravu teplé vody lze použít kromě klasických způsobů i celou řadu alternativních zdrojů energie včetně zdrojů obnovitelných, jako např. solární energii, biomasu a jiné. Použití obnovitelných zdrojů výrazně snižuje spotřebu primární energie a závislost na dodávkách energie a je proto v pasivních domech ideálním řešením.

## SPOTŘEBIČE

Při velmi nízké spotřebě energie k vytápění a přípravě teplé vody roste podíl spotřebičů na celkové energetické náročnosti budov. Díky moderním úsporným spotřebičům lze spotřebu elektřiny výrazně snížit. Je ovšem nutné dodržet základní principy při výběru a plánování spotřebičů:

- nejdůležitější je výběr vhodných spotřebičů (s třídou účinnosti A+ a lepší), to samé platí při výběru domovní techniky (čerpadla, ventilátory)
- použití úsporných zářivek k osvětlení (úspora 70–80 %) při plánování dávat pozor na zařízení, které neustále spotřebovávají elektřinu (i když v malém množství) – domovní telefon, bezdrátový telefon, spotřebiče v pohotovostním režimu
- v případě efektivního zdroje tepla na ohřev vody pak připojení myčky nádobí a pračky na přívod teplé vody snižuje spotřebu elektřiny potřebné k ohřevu vody ve spotřebiči

## VYPLATÍ SE POSTAVIT PASIVNÍ DŮM?

Nejčastější otázkou nakonec bývá: „A o kolik je ten pasivní dům dražší?“ Pasivní dům je dražší díky použití kvalitnějších komponent a větší preciznosti jak ve fázi návrhu, tak při samotné realizaci. Vícenáklady se však pohybují jen mezi 5 až 15 % oproti běžným stavbám. Zbytečně drahé pasivní domy jsou většinou dílem projektantů, kteří z ne zkušenosti navrhnou složitá řešení. Ověření projektanti, kteří jsou certifikováni a vzdělávají se, jsou schopni navrhnout jednoduché a levné řešení.

„A vyplatí se pořídit si pasivní dům, i když je dražší?“ Dům se nestaví na pět ani deset let a každý, kdo si umí spočítat dva a dva a myslí alespoň trochu do budoucna, přijde na to, že tu jiná možnost není. Vše směřuje k energetickým úsporám a připočteme-li k tomu fakt, že pasivní dům poskytuje vysoce komfortní a zdravé bydlení, lze říci, že se určitě vyplatí. Díky povinnosti dokladovat tzv. Průkaz energetické náročnosti budov při stavbě, prodeji i pronájmu se domy na trhu nemovitostí budou prodávat i podle toho, jakou mají spotřebu energie a co uživatelé poskytují. Je zřejmé, že pasivní dům si udrží svou cenu mnohem déle než běžný dům. A nakonec také nabízí jistotu a nezávislost do doby, kdy není jasné, jak se budou vyvíjet ceny energií, i když je pravděpodobné, že stále porostou.



## ZÁVĚR

Výstavba nebo rekonstrukce budov na úrovni pasivního standardu není omezena jenom na rodinné domy. Možností je hodně a v některých případech jsou větší stavby vhodnější než rodinné domy. Školy, nemocnice, administrativní budovy i bytové domy jsou pro pasivní standard jako stvořené, neboť mají velkou výhodu v tvarové kompaktnosti, jednoduchosti a množství vnitřních zdrojů tepla (lidí nebo techniky). Praxe v sousedním Rakousku, Německu a už i u nás ukázala, že lze s úspěchem rekonstruovat stavby na pasivní a stavět nové nejrůznější způsoby.

### Základní pojmy

<b>Energetická bilance</b>	Rozdíl mezi energetickými vstupy (dodanou energií, zisky) a výstupy (ztrátami) domu za výpočtové období (měsíc, rok)
<b>Měrná potřeba tepla na vytápění</b>	Základní ukazatel pro hodnocení pasivního domu. Říká, kolik tepla potřebuje dům za jeden rok, a pro snadnější porovnání se přepočítává na jeden metr čtvereční energeticky vtažené plochy.
<b>Tepelná ztráta</b>	Teplu, které z vytápěného prostoru uniká přes obvodové konstrukce a větráním. Je to zároveň množství tepla, který musí být do domu dodáno, aby byla zajištěna tepelná pohoda i v zimě.
<b>Tepelné zisky</b>	Teplu, které vytápěný prostor získává jinou cestou než otopnou soustavou, tzn. slunečním zářením a tepelnými zisky z vnitřních zdrojů, jako jsou například elektrické spotřebiče a uživatelé (metabolické teplo).
<b>Součinitel prostupu tepla U</b>	Udává množství tepla, které projde konstrukcí o ploše jeden metr čtvereční při rozdílu venkovních a vnitřních teplot jeden stupeň Celsia. Udává kvalitu tepelných vlastností konstrukce – čím je hodnota U nižší, tím lepší izolační vlastnosti konstrukce má.
<b>Primární energie</b>	Když k energii připočteme energii z neobnovitelných zdrojů nutnou k její výrobě a distribuci, dostáváme skutečnou neboli primární energii. Například u vytápění elektřinou po započtení neefektivní výroby a ztrát při distribuci je primární energie až třikrát vyšší. Obnovitelné zdroje mají z hlediska zátěže životního prostředí koeficienty primární energie o mnoho nižší. Podobně je možné určit množství šedé energie (zabudované energie), tedy veškeré energie spotřebované při výrobě určitého materiálu.
<b>Rekuperace</b>	Zpětné získávání tepla z ohřátého odpadního vzduchu. Teplý vzduch není bez užítka odveden otevřeným oknem ven, ale v rekuperačním výměníku odevzdá většinu svého tepla přiváděnému čerstvému vzduchu.
<b>Zemní výměník tepla</b>	Systém potrubí v zemi, který slouží pro předehřátí vzduchu v zimě a ochlazení v létě. Potrubí výměníku musí být zakopána minimálně v hloubce 1,5 m, kde je již stálá teplota po celý rok.

### Doporučená a použitá literatura a normy

- 1 BÁRTA, J.: *Základní principy konceptu pasivního domu*, Sborník z mezinárodní konference *Pasivní domy 2005*, Centrum pasivního domu, Brno, 2005
- 2 TYWONIAK, J.: *Nizkoenergetické domy*, Grada, 2005
- 3 CIHLÁŘ, J.: *Pasivní domy*, Centrum pasivního domu, Brno, 2007
- 4 Kolektiv autorů: *Aktiv für mehr Behaglichkeit: Das Passivhaus*, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2005
- 5 FEIST, W.: *Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser*, Passivhaus Institut, Darmstadt 2005



☎ [poradna@pasivnidomy.cz](mailto:poradna@pasivnidomy.cz) | +420 773 071 444 | [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

finanční podpora

Vydalo:  
Centrum pasivního domu  
Údolní 33, 602 00 Brno  
Autor textů: Juraj Hazucha  
© 2013 Centrum pasivního domu



Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu podpora úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 – Program EFEKT.



# ZÁKLADNÍ PRINCIPY

### Radíme a vzděláváme

**Centrum pasivního domu je neziskovým sdružením právnických i fyzických osob, které vzniklo za účelem podpory a propagace standardu pasivního domu a za účelem zajištění kvality pasivních domů. Členy sdružení jsou jako podporující členové architekti, projektanti, stavební firmy, výrobci stavebních materiálů a prvků, a všichni ostatní odborníci se zájmem o pasivní domy. Podporující členové se podílí na realizaci aktivit sdružení, zejména svými odbornými znalostmi a zkušenostmi, aktivně spolupracuje s ostatními členy.**

### Co je to pasivní dům?

**Termín pasivní dům se používá pro mezinárodně uznávaný standard budov s velmi nízkou spotřebou energie a vysokým komfortem bydlení. Pasivní domy jsou současně základem pro téměř nulové domy, které budou povinné od roku 2020 podle Evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 2). Oproti stávajícím budovám, které jsou spíše tepelnými zářiči, spotřebovují pasivní domy desetkrát méně energie na vytápění. V porovnání s novostavbami splňujícími současně platné normy činí tato úspora až 85 %. Na komfort a kvalitu vnitřního prostředí to však nemá vliv. Právě naopak! Výborné tepelné pohody a neustálé čerstvého vzduchu bez průvanu si můžete užívat bez problémů i při zvyšujících se cenách energie.**

Jakým způsobem je toho dosaženo? Lidé si často myslí, že pasivní dům je příliš složitý, založený na nákladných a technicky náročných zařízeních. Naopak, koncepce pasivního domu je velmi jednoduchá. Jde o to nepustit skoro žádné teplo ven a přitom co nejefektivněji využít tepelné zisky, které jsou k dispozici. Tím lze dosáhnout výrazného snížení výkonu zdroje tepla, objemu technologií i celkové závislosti objektu na dodávkách energie. Jednoduše řečeno, malé tepelné ztráty pasivního domu lze pokrýt prakticky čimkoliv. Radikální snížení potřeby tepla na vytápění u pasivních domů by nebylo možné bez mimořádné kvalitního zateplení bez tepelných mostů. V době vrůstajících nároků na kvalitu bydlení přinášejí precizně izolované konstrukce na rozdíl od běžných staveb s chladnějšími vnitřními povrchy výtečnou tepelnou pohodu prostředí. Okna s izolovanými rámy a trojitým zasklením jsou v pasivním domě jakýmsi „radiátorem“, který se výrazně podílí na vytápění domácnosti. Okna je proto důležité správně navrhnout.

### Pasivní dům má mnoho výhod:

- vyšší komfort bydlení
- extrémně nízké náklady na vytápění
- stálý přívod čerstvého vzduchu bez průvanu
- žádné teplotní rozdíly v místnosti
- příjemné teploty v zimě i v létě
- kvalitní ochrana konstrukcí
- vyšší cena na trhu nemovitostí



Obr. 1 Větší prosklení, tvar krychle, rovná střecha – to je nejčastější vzhled pasivních domů. Architektura je zde ovlivněna tvarovou kompaktností a jednoduchostí řešených detailů. Není to ovšem pravidlem. Pasivní domy lze stavět i tak, že jsou od běžných domů k nerozeznání. Autor návrhu, fotografie: Aleš Brožánek



Srdcem domu je řízené větrání se zpětným ziskem tepla tzv. rekuperací, které se stará o čerstvý vzduch v obyvatelských místnostech. Znečištěný vzduch se odvádí z míst jako kuchyně, koupelna či WC. To vše bez toho, aby vznikal průvan a zbytečné tepelné ztráty větráním. Má-li správně fungovat větrací jednotka a hlavně rekuperace tepla, nesmí se větrat „neřízeně“ netěsnostmi v konstrukcích. Následkem mohou být nejen větší tepelné ztráty, ale v místě netěsnosti může dojít k poškození konstrukce. Vzduchotěsnost je jednou z hlavních podmínek pasivního domu. Kontroluje se v průběhu výstavby tlakovou zkouškou, tzv. Blower-door testem, což je také určitou zárukou kvality provedení stavby.

Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní – teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Díky velmi kvalitní izolaci a dalším prvkům tyto zisky „neutíkají ven“ a po většinu roku postačují k zajištění příjemné teploty v místnostech. Vše dohromady zvyšuje kvalitu bydlení a hodnotu nemovitosti.

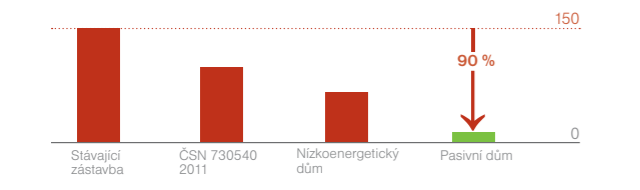
Z porovnání potřeby energie na vytápění (obr. 2) jsou patrné rozdíly mezi různými standardy, v kterých jsou budovy u nás stavěny. Nezbytným vývojeovým stupněm k pasivnímu domu byly domy nízkoenergetické. Hraniční hodnota měrné potřeby tepla na vytápění pro dosažení tohoto standardu je 50 kWh/(m²a). Nízkoenergetický dům obsahuje v podstatě stejné komponenty jako pasivní dům, pouze v menší míře. Na rozdíl od pasivního domu potřebuje větší zdroj tepla a rozsáhlejší otopný systém, čímž se ve výsledku vyrovnávají investiční náklady, ale provozní zůstávají o poznání vyšší než u domu pasivního.

Pasivní domy musí splňovat několik požadavků:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění** je maximálně 15 kWh/(m²a),
- neprůvzdušnost obálky budovy**  $n_{50}$  ověřená tlakovou zkouškou nesmí překročit hodnotu 0,6<sup>1</sup>, což znamená, že při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu,
- celková potřeba primární energie** spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh/(m²a). Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při výrobě určitého zdroje i se ztrátami při distribuci, a tudíž nám dává komplexnější pohled na spotřebu dle zvoleného zdroje. Použijeme-li jako zdroj například elektřinu, musíme díky neefektivní výrobě při výpočtu primární energie vynásobit výsledek třemi. V konečném důsledku to vyjadřuje i vyšší provozních nákladů ve vztahu k použitému zdroji energie.

Pro optimalizaci návrhu a hodnocení energetické bilance pasivních domů je celoevropsky nejčastěji používán návrhový nástroj PHPP (Passive House Planning Package), který pracuje s dostatečnou přesností potřebnou pro pasivní domy. Jde o jednoduchý návrhový nástroj, který umožňuje architektům a projektantům spolehlivě vy počítat energetickou bilanci a optimalizovat jejich návrhy.

**Měrná spotřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]**



Obr. 2 Pasivní dům se chlubí desetkrát nižší potřebou energie na vytápění oproti stávající zástavbě. Kromě šetření našich nákladů poskytuje také nebyvalý komfort.

## POSTUP PŘI NAVRHOVÁNÍ PASIVNÍHO DOMU

Základní kámen pasivního domu tkví v promyšleném návrhu. Použití sebelepších prvků samo o sobě pasivní dům nezajistí. Vyladěním projektu v počáteční fázi můžeme ovlivnit cenu domu, provoz i jeho funkčnost za co nejmenší peníze. Je zde proto nezbytná optimalizace všech prvků, jako jsou tvar a velikost budovy, orientace vzhledem ke světovým stranám, vnitřní dispozice, konstrukční řešení, velikosti a umístění oken a návrh větrání a vytápění. Nedodržení základních zásad návrhu - kompaktní tvar či orientace prosklení - může zbytečně zmařit snahu o dosažení pasivního standardu. V některých případech lze kompenzovat lehké porušení těchto zásad navýšením kvality ostatních prvků, to se však projeví většinou na ceně stavby. Je nesmyslem vše podřídít pouze energetické náročnosti, jde však o to vytěžit z daného pozemku a zadání investora co nejvíce s ohledem na perfektní funkčnost domu a současně maximální snížení potřeby energie. Navrhování objektů v pasivním standardu by mělo být samozřejmostí stejně, jako se do auta navrhují bezpečnostní prvky.

Přestože je princip jednoduchý, dobře navrhnout a postavit pasivní dům vyžaduje mnoho znalostí a kvalitně odvedenou práci. Zkušený architekt a projektant zde hrají klíčovou roli. Do detailu dořešená projektová dokumentace také zjednoduší ocenění zakázky a realizaci na stavbě. Vyloučí se tím zbytečné prostroje na stavbě a nevhodné kompromisy vycházející z nedostatečných podkladů.

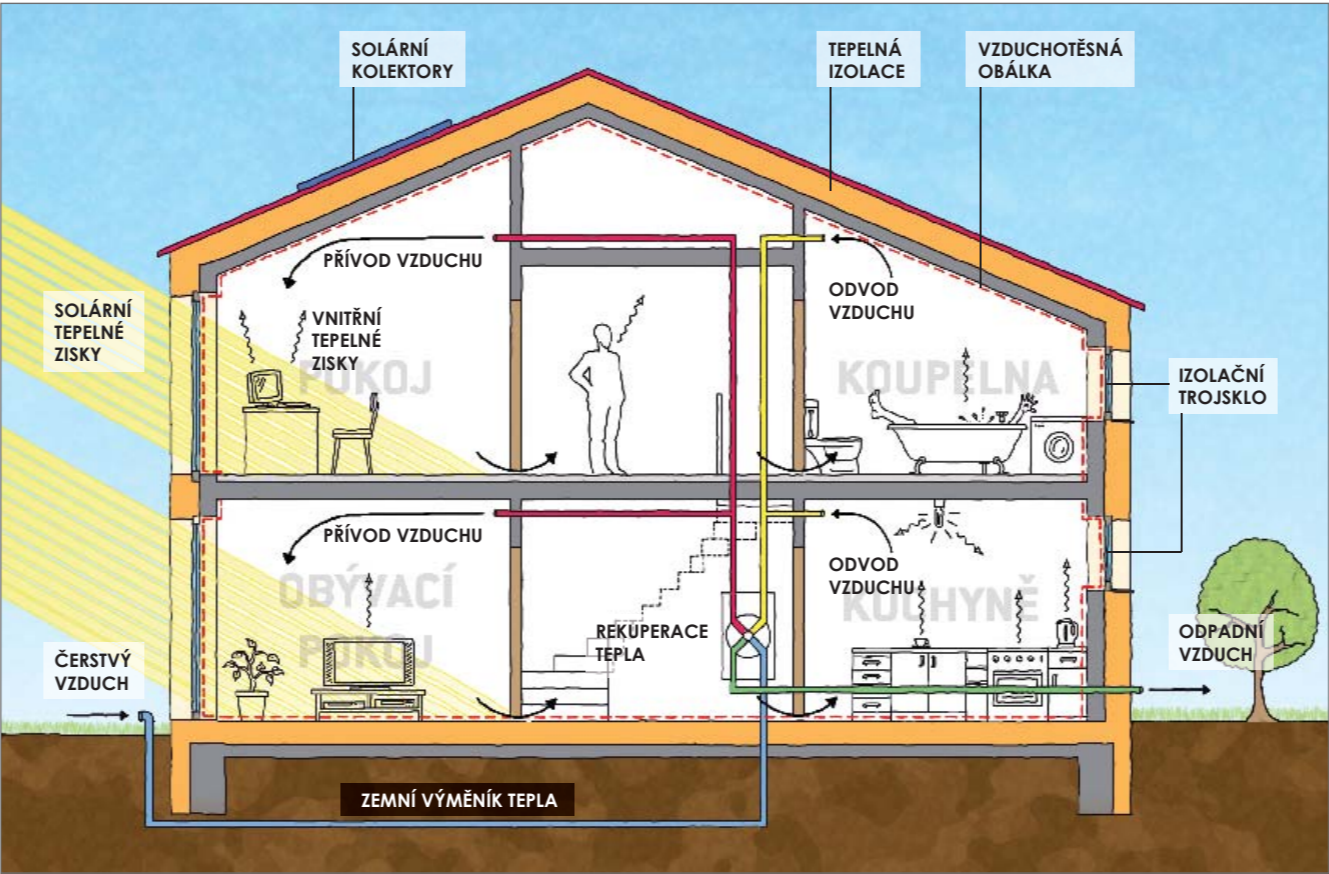
Kvalita realizace je přímo úměrná kvalitě projektu. Řemeslník či mistr podle nedostatečného projektu (např. projektu pro stavební povolení) pasivní dům nepostaví. Je nezbytné mít minimálně dokumentaci ve fázi pro provedení stavby, která obsahuje všechny potřebné detaily nutné pro bezproblémové provedení, a současně zajistit kontrolu kvality při realizaci důsledným dozorem projektanta nebo technickým dozorem investora.

## KONCEPCE A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Již prvotní úvahy o tvaru budovy a dispozici definují budoucí energetickou náročnost budovy a ovlivňují v konečném důsledku i cenu pasivního domu. Následující všeobecné známé zásady u pasivních domů nabývají na důležitosti:

- kompaktní tvar budovy – nejzásadnější z parametrů, snaha o dosažení co nejnižšího poměru ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy A/V; ideální tvar je koule, ovšem z hlediska využití v praxi pak krychle nebo dispozičně vhodnější kvádr
- pokud možno jižní orientace budovy nezastíněná okolní zástavbou, která zabezpečí dostatek solárních zisků
- omezení složitých tvarů v konstrukci budovy, které při realizaci mohou vytvářet komplikované detaily, tepelné mosty a celkově prodražují stavbu
- vnitřní dispozice s ohledem na světové strany, využití slunečních zisků a optimalizaci délky rozvodů větrání, topení a teplé vody

Panelové domy, školy či administrativní budovy jsou pro energetické úspory takřka stvořené. Díky kompaktnosti tvaru je mnohem jednodušší postavit je v pasivním standardu než samostatně stojící rodinné domy.



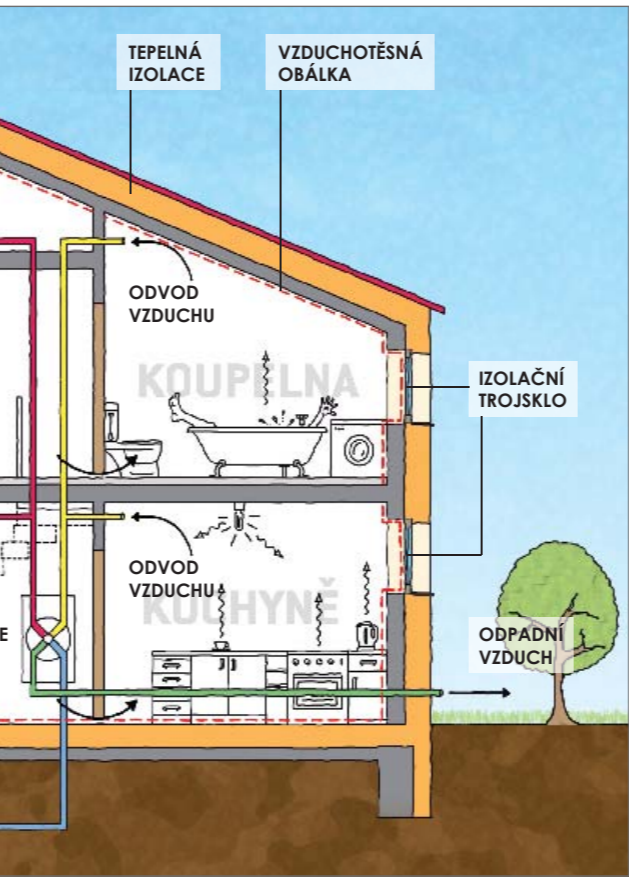
Obr. 3 V pasivním domě všechny prvky vytvářejí dokonaleý a efektivní systém. Pasivní energetické zisky jsou uvnitř budovy udržovány díky izolaci a kvalitním oknům jako v termosce. Neustálý přísun čerstvého vzduchu obstarává řízené komfortní větrání s rekuperací tepla.

## IZOLACE KONSTRUKCÍ

Celá obálka domu musí být dobře izolovaná, z pohledu současné běžné výstavby až extrémně. Přesná tloušťka izolace se určuje výpočtem, běžně se však pohybuje kolem 30 cm izolace u stěn, v konstrukci střechy pak může být až 40 cm. Stejně dobře je nutné izolovat i podlahu k zemině nebo suterénu. Aby izolace účinně fungovala, musí být provedena bez přerušení, spár a zbytečných prostupů, které by vytvářely tepelné mosty. Na tloušťce izolace se nevyplácí šetřit, protože izolace samotná je levná a na ceně stavby se navýšení její tloušťky projeví minimálně. Je to dáno tím, že všechny ostatní položky, jako jsou omítka, barva, lepidla, stavba lešení a práce s tím spojená, zůstávají stejné.

Při stavbě pasivního domu lze použít všechny běžně dostupné typy konstrukčních systémů, které však musí zabezpečit dostatečný odpor prostupu tepla (doporučované hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce).

Typ konstrukce	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U konstrukcí [W/(m².K)]	Hodnota U konstrukcí pro pasivní domy [W/(m².K)]
<b>Obvodová stěna</b>	0,30	0,10–0,15
<b>Střecha</b>	0,24	0,08–0,12
<b>Podlaha na terénu</b>	0,45	0,12–0,15
<b>Okna</b>	1,5	0,8



Obr. 3 V pasivním domě všechny prvky vytvářejí dokonaleý a efektivní systém. Pasivní energetické zisky jsou uvnitř budovy udržovány díky izolaci a kvalitním oknům jako v termosce. Neustálý přísun čerstvého vzduchu obstarává řízené komfortní větrání s rekuperací tepla.

Typů obvodových konstrukcí vhodných pro pasivní domy je více: masivní konstrukce zděná nebo betonová, dřevostavby lze rozdělit například na prefabrikované a montované. Výhodou masivních konstrukcí je větší schopnost akumulace tepla, u dřevostaveb zase menší tloušťka stěn a také rychlejší průběh výstavby s menší pracností. Obecná zásada však platí pro všechny konstrukční systémy: tloušťka konstrukce by měla být co nejmenší při dosažení požadovaných izolačních vlastností. U zděných staveb je proto výhodnější používat co nejtěncí nosnou stěnu a k ní přidat dostatečnou tloušťku izolace. Tato základní volba materiálu stěn značně ovlivní ekonomii stavby. Každý díky tenčí konstrukci stěny ušetřený metr čtvereční zastavěné plochy je výraznou úsporou nákladů. Z výše uvedených důvodů není ekonomicky výhodné použití zdiva z keramických či pórobetonových tvárnic o tloušťce větší než 30 cm. I když je i tímto způsobem možné postavit pasivní dům, po zateplení je výsledná tloušťka stěny zbytečně velká a samotný systém je cenově neefektivní. Stěny z pevných materiálů jako vápenopískové bloky nebo beton umožňují dosáhnout subtilní nosné konstrukce o tloušťce i pod 20 cm a po přidání vnějšího zateplení nepřesáhne celková tloušťka stěny 50 cm.

Jako tepelnou izolaci je možné bez větších problémů použít všechny běžně dostupné izolační materiály ( polystyren, minerální vlna) nebo jejich přírodní alternativy (foukaná celulóza, dřevovláknité desky, lněné a konopné izolace, sláma nebo ovčí vlna). V současné době je dostupná i vakuová izolace s podstatně nižšími hodnotami tepelné vodivosti, která se však díky vyšší ceně používá spíše jen na specifické části stavby.

## VÝPLNĚ OTVORŮ

Okna u pasivních domů musí splňovat kromě funkčních a estetických požadavků také požadavky energetické. Jelikož jsou okna běžně pětikrát tepelně slabší nežli obvodové konstrukce, tvoří u pasivního domu nejslabší prvek. Na druhé straně jsou zdrojem solárních zisků, a proto při optimalizovaném návrhu jsou okna v topné sezóně celkově zisková – tedy zisky jsou větší než ztráty. Aby tomu tak mohlo být, musí okna pro pasivní domy splňovat několik podmínek:

- U<sub>w</sub> hodnota celého okna včetně rámu menší než 0,80 W/(m²K)
- zasklení s trojskly vyplněné vzácným plynem, běžně dosahuje hodnotu U<sub>g</sub> < 0,6 W/(m²K) s vysokou propustností slunečního záření nad 50 %
- minimalizovány tepelné mosty v místě osazení okna do stěny – řeší se umístěním okna do vrstvy tepelné izolace a použitím kvalitních izolovaných rámu

Okna v pasivním domě slouží takřka jako sluneční kolektor. Pasivní solární zisky tvoří významný příspěvek k pokrytí potřeby tepla na vytápění, až více než třetinový. Proto je důležitá vhodná orientace, velikost a kvalita prosklení. Ideální je jižní případně jihovýchodní či jihozápadní orientace hlavní prosklené plochy, v ostatních fasádách by pak mělo být oken co nejméně. Častou otázkou je vhodná plocha zasklení. Úspory energie díky solárním ziskům okny rostou přibližně do 30–40 % prosklené plochy v jižní fasádě. Další zvětšování oken již nevede k významným úsporám, spíš naopak, a navíc kvůli přebytkům slunečního tepla dochází k výraznému přehřívání interiéru. K dosažení potřebného letního komfortu je u velkých prosklených ploch zapotřebí zvolit vhodné stínění, například horizontální přesahy (obr. 4) nebo venkovními žaluziemi, které jsou samozřejmě finančně náročnější.



Obr. 4 Ochrana proti přehřívání interiéru v létě zabezpečuje stínění. Nejjednodušší je zvětšený přesah střechy – horizontální stínění. Další možností jsou nastavitelné venkovní žaluzie.

## NEPRŮVZDUŠNOST

Jednou z podmínek pasivního domu je vysoká míra těsnosti obálky. Není potřeba se bát, že dům nebude „dýchat“. Dům nemá dýchat přes konstrukce, potřebnou výměnu vzduchu má zabezpečovat dostatečné větrání. Malými otvory a netěsnostmi v obálce budovy uniká teplo současně s vlhkostí a vzniká nebezpečí, že vnitřní vlhkost bude kondenzovat uvnitř konstrukce a může ji poškodit. Netěsnost obálky současně ovlivňuje i efektivitu zpětného zisku tepla větracího systému, protože se vzduch vyměňuje netěsnostmi místo toho, aby procházel rekuperačním výměníkem. Proto už ve fázi projektování je nezbytné navrhnout v celém objektu spojitou vzduchotěsnou obálku bez zbytečného přerušení. Při realizaci je zase důležitá detailní stavební dokumentace a důkladný stavební dozor.



Obr. 5 Neprůvzdušnost zajišťuje spojitá vzduchotěsnicí vrstva, která musí být precizně vyhotovena. Kromě tepelných ztrát tato vrstva chrání konstrukce před vlivem vlhkosti, která se šíří přes netěsnosti.

U masivních staveb je vzduchotěsnost stěn zajištěna vrstvou omítky bez prasklin. U dřevostaveb plní funkci vzduchotěsnicí vrstvy desky – např. OSB (z lisovaných štěpek) nebo folie se spojí přeplepenými speciálními páskami. Stejně důležitá je důkladná kontrola utěsnění oken a všech napojení a prostupů konstrukcí. Pouhé vyplnění spár PUR pěnou nestačí, místa styků různých konstrukcí, nejen oken, je nutné utěsnit vhodnou páskou, tmelem nebo fólií.

Ke kontrole, zda je stavba správně utěsněná, se provádí tzv. zkouška těsnosti čili Blower-door test. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný v dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádějí měření, výsledkem kterých je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu  $n_{50}$ . Hodnota  $n_{50}$  musí být menší než 0,6 h<sup>-1</sup>. To znamená, že při stejném tlakovém rozdílu 50 Pa by se netěsnostmi nemělo za hodinu vyměnit více než 60 % celého objemu vzduchu v objektu. Zkouška se provádí v době, kdy je vzduchotěsná vrstva přístupná opravám, například před montáží snížených podhledů a podlah, aby bylo možné jednoduše najít a opravit chybná místa. V opačném případě je hledání a oprava netěsností složitě a neúměrně nákladné.

## VĚTRÁNÍ

Nedostatečné větrání obytných prostor bývá častým problémem. Uživatelům se nechce v zimním období pouštět dovnitř chladný vzduch nebo jim vadí průvan či hluk. U pasivního domu se stará o potřebnou výměnu vzduchu systém řízeného větrání se zpětným ziskem tepla z odpadního vzduchu (tzv. rekuperací). Rekuperace je zásadní pro vysoký komfort, neboť eliminuje tepelné ztráty a další nevýhody spojené s větráním okny. Lidem se při přetřstavě větrání často vybaví klimatizace, kde dochází mimo jiné k úpravě vzduchu, např. k jeho chlazení nebo vlhčení. U řízeného větrání je první vzduch jednoduše ohříván bez dalších úprav v rekuperačním výměníku odpadním teplým vzduchem s účinností až 90 %. Kromě toho má systém řadu výhod:

- vysoký komfort - díky rekuperaci tepla proudí do místnosti vzduch blízký teplotě místnosti a nevytváří se teplotní rozdíly
- stále čerstvý vzduch bez průvanu – dávkování je relativně přesné a odtah odpadního vzduchu z míst s produkcí škodlivin (WC, koupelna, digestoř) po průchodu výměníkem tepla budovu ihned opouští
- snížená prašnost – vzduch v interiéru je neustále čištěn průchodem přes filtry vzduchotechnické jednotky
- snížená hluchnost zvenku – není třeba větrat okny
- úspora energie - účinnost rekuperačního výměníku tepla minimálně 75 %