



Centrum pasivního domu
www.pasivnidomy.cz

PASIVNÍ DOMY ZÁKLADNÍ PRINCIPY

Co je to pasivní dům?

Pasivní domy jsou budovy zajišťující příjemné vnitřní prostředí v létě i v zimě bez použití klasického topného systému. Oproti stávajícím budovám, které jsou spíše tepelnými zářiči, spotřebují o 85 – 90 % méně energie. V porovnání s novostavbami splňujícími současné národní normy a předpisy činí tato úspora až tři čtvrtiny.

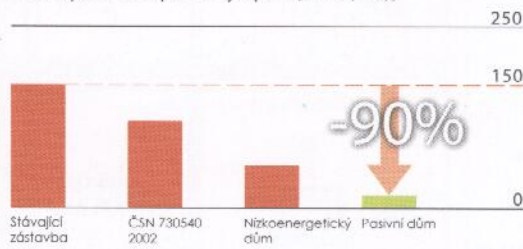
Pasivní dům nevyužívá různé nákladné a technicky náročné zařízení, které neřeší snižování potřeb dodávané energie, ale jen efektivnější proměnu. Naopak koncepce pasivního domu stojí na principech, které mají za úlohu snížit závislost objektu na dodávkách energie. Po snížení tepelných ztrát je možné výrazně snížit výkon zdroje i celkový objem technologií. Zmenšení energetické náročnosti pasivních domů by nebylo možné bez **mimořádně kvalitního zařezání**, které současně v době vzrůstajících nároků na kvalitu bydlení přináší výtečnou tepelnou pohodu prostředí. **Větrací systém se zpětným ziskem tepla** neustále zajišťuje čistý čerstvý vzduch v celém domě, aniž by vznikal průvan a velké tepelné ztráty. Díky **vzduchotěsné obálce budovy, vyloučení tepelných mostů** a neustálému větrání pak zůstávají konstrukce suché a bezporuchové. 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 tyto zisky „neutíkají ven“ a po většinu roku postačují k zajištění příjemné teploty v místnostech. Vše dohromady zvyšuje kvalitu bydlení a hodnotu nemovitosti.



Obr. 1 Větší prosklení, tvar kvádrů, pultová střecha – to je nejčastější vzhled pasivních domů. Architektura je zde ovlivněna tvarovou kompaktností a jednoduchostí řešených detailů. Není to ovšem pravidlem. Pasivní domy ale mohou být k nepoznání od běžných domů. Na obrázku je příklad domu z Rakouska.

Z porovnání potřeby energie na vytápění (obr. 2) jsou patrné rozdíly mezi nízkoenergetickou a pasivní výstavbou a stávajícími domy. Prvním krokem směrem k pasivnímu domu jsou domy nízkoenergetické. Hraniční hodnota měrné spotřeby tepla na vytápění pro dosažení tohoto standardu je 50 kWh/(m²a). U nízkoenergetických domů je stále ještě nutný klasický vytápěcí systém, který ve spolupráci s větracím zařízením zajišťuje optimální vnitřní prostředí. Nutností obou systémů současně se však navyšuje cena domu. Pasivní domy jsou budovy s měrnou spotřebou menší než 15 kWh/(m²a). Není to však jediný požadavek. Velký nárok je kladen na neprůvzdušnost budovy a rovněž celkové množství primární energie spojené s provozem budovy nesmí překročit 120 kWh/(m²a). U primární energie se započítávají ztráty v rozvodné síti a energie která musela být k její výrobě spotřebována. Je-li zdrojem energie elektrina násobí se spotřeba oproti obnovitelným zdrojům až čtyřikrát.

Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]



Obr. 2 Pasivní dům se chlubí desetkrát nižší spotřebou energie na vytápění oproti stávající zástavbě. Kromě úspory nákladů poskytuje taky nebývalý komfort.

Pasivní dům má mnoho výhod...

- › vyšší komfort bydlení
- › extrémně nízké náklady na vytápění
- › stálý přívod čerstvého vzduchu – bez průvanu
- › minimalizace teplotních rozdílů v místnosti
- › příjemné teploty v zimě i v létě
- › kvalitní ochrana konstrukcí

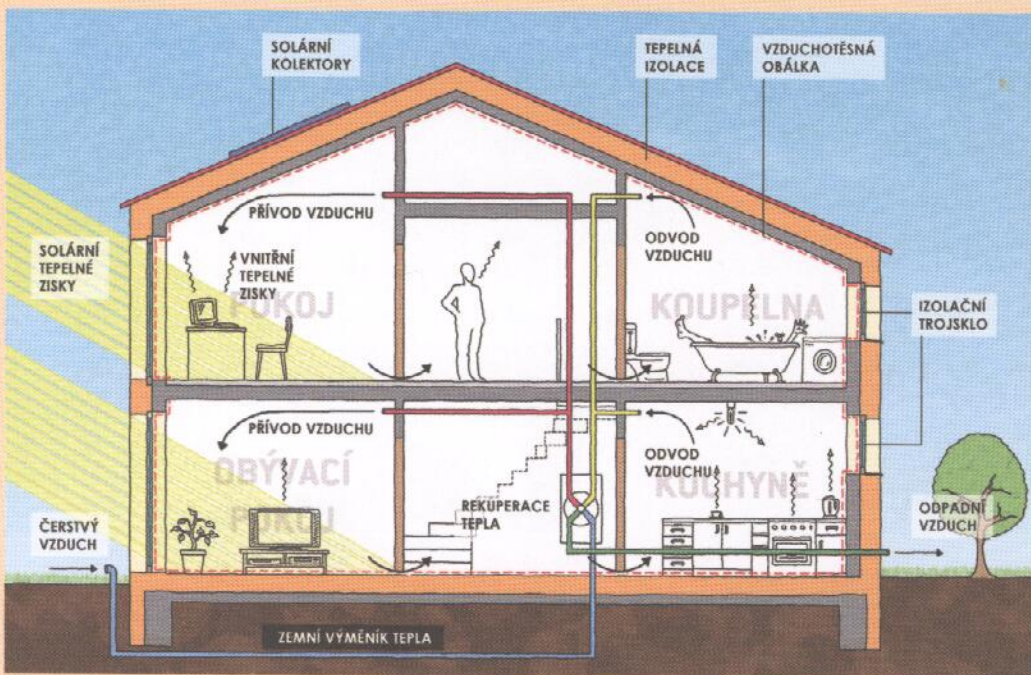
Koncepce a základní principy

Při návrhu a realizaci pasivního domu je důležitá **optimalizace základních prvků** – tvar budovy, orientace vzhledem ke světovým stranám, obvodové stěny, výplně otvorů, návrh řízeného větrání. Vhodným návrhem těchto prvků lze dosáhnout stavu, kdy konvenční vytápěcí systém není nutný.

Postup při navrhování pasivního domu

Základní principy při navrhování konceptu, které již od počátku definují možnou energetickou náročnost budov a můžou v konečném důsledku ovlivnit i cenu pasivního domu, jsou všeobecně známy:

- » kompaktní tvar budovy – co nejnižší poměr ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy A/V (ideální tvar je koule, ovšem z hlediska využití v praxi pak krychle nebo kvádr)
- » omezení volně stojících budov, upřednostňování řadové a blokové výstavby (lze spolu využívat i nákladné technické zařízení)
- » pokud možno jižní orientace budovy nezaslíněná okolní zástavbou – zvýšení pasivních zisků
- » omezení složitých tvarů v konstrukci budovy, které i při realizaci mohou vytvářet komplikované detaily a geometrické tepelné mosty.



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

Respektováním těchto zásad spolu s velmi kvalitní tepelnou izolací obvodového pláště budovy a utěsněním objektu lze výrazně snížit tepelné ztráty prostupem, čímž lze dosáhnout stavu, kdy lze úplně nahradit klasickou vytápěcí soustavu teplovzdušným vytápěním. Tyto budovy pak vystačí s pasivními zisky tepla a řízeným větráním s velice účinnou rekuperací, popřípadě dohřevem vzduchu v nejchladnějších měsících roku. Je-li plášť dobře

izolován, převládají ve vnitřních prostorech vysoké povrchové teploty konstrukcí a je tak zajištěn vysoký komfort bydlení.

U kompletních projektů je nutné provést podrobný výpočet energetické bilance pasivních domů, který je spolu s jinými dokumentacemi a měřeními nezbytný pro certifikaci. Takový výpočet může současně pomoci optimalizovat použité prvky a řešení.

Izolace obvodových konstrukcí

Všechny neprůhledné obvodové konstrukce by měly být izolovány natolik, aby splňovali požadavek na součinitel prostupu tepla $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Kvůli určité rezervě jsou však doporučovány ještě nižší hodnoty $U = 0,10 - 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{a})$. V praxi je to zabezpečeno vrstvou 25 - 40 cm izolace, dle zvolené konstrukce.

Typů obvodových konstrukcí vhodných pro pasivní domy je více. Masivní konstrukce můžou být zděné nebo betonové. 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.

Jako tepelnou izolaci je možné bez větších problémů použít běžně dostupné klasické materiály (minerální vlny, polystyren, izolace na bázi PUR pěny), ale také přírodní izolace jako celulózu, dřevovláknité desky. lněné a konopné izolace, slámu nebo ovčí vlnu. V současné době je dostupná i vakuová izolace s podstatně

nižšími hodnotami tepelné vodivosti, jejímu masivnímu rozšíření však brání vysoká cena.

Výplně otvorů

Velice významnou částí pasivního domu jsou výplně otvorů – okna a dveře. Jejich velikost, rozmístění, vlastnosti i napojení na neprůhlednou konstrukci mají zásadní vliv na celý dům – na jeho estetické, funkční i energetické vlastnosti. V každém případě ztráty výplněmi otvorů musí být také velmi nízké. Pro dosažení hodnoty součinitele prostupu tepla osazeného okna $U_{W,eff} < 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ musí být splněny následovní podmínky:

- » zasklení $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ – použity kvalitní izolační trojskla vyplněné inertním plynem
- » omezeny tepelné mosty v místě osazení skla do rámu a okna do stěny – řeší se umístěním okna do vrstvy izolace
- » roční energetická bilance zasklení $U_g - 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot g < 0$ – součet solárních zisků za celý rok by měl být vyšší než tepelné ztráty zasklením

Okna v pasivním domě slouží nejen jako izolace ale taky jako sluneční kolektor. Pasivní solární zisky jsou významným příspěvkem k pokrytí potřeby tepla na vytápění. Proto je důležitá vhodná orientace prosklených ploch – ideální je jižní orientace. Kvalita zasklení je v pasivním domě důležitější než množství prosklené plochy.

Úspory energie díky pasivním solárním ziskům okny výrazně rostou až do 40 % prosklené plochy v jižní fasádě. Další zvětšování oken dále nevede k významným úsporám, spíš naopak a navíc kvůli přebytkům slunečního tepla dochází k přehřívání interiéru. Tu je zapotřebí vhodně zastínit prosklení stínícími prvky (obr. 4) nebo venkovními žaluziemi.



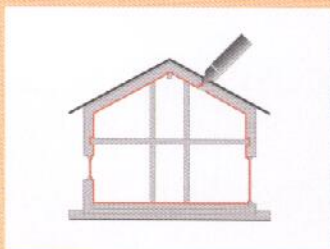
Obr. 4 Ochranu proti přehřívání interiéru v létě zabezpečuje stínění. Nejjednodušší je zvětšený přesah střechy – horizontální stínění. Další možností jsou nastavitelné venkovní žaluzie.

Neprůvzdušnost

V pasivním domě je zapotřebí dosáhnout vysokou neprůvzdušnost. Malými otvory a netěsnostmi v konstrukcích může unikat teplo, a současně vzniká nebezpečí že vnitřní vlhkost bude kondenzovat na konstrukcích a může značně ovlivnit jejich životnost. Proto už ve fázi projektování je nezbytné navrhnout spojitou vzduchotěsnou obálku kolem celého objektu bez zbytečného přerušení. Při realizaci je zase důležitá detailní stavební dokumentace a důkladný stavební dozor.

U masivních staveb je zajištěna vzduchotěsnost stěn vrstvou omítky bez prasklin. Stejně důležité je důkladně zkontrolovat utěsnění oken. Pouhé vyplnění spár PUR pěnou nestačí a místa styků různých konstrukcí, nejen oken, je nutné utěsnit speciální páskou nebo fólií. U dřevostaveb plní funkci vzduchotěsnicí vrstvy konstrukční desky, např. OSB desky z lisovaných štěpek. Spojují se trvale plastickým tmelem a přelepením speciálními páskami. Tyto desky současně plní funkci parobrzdy. Jako vzduchotěsnicí vrstvu lze použít i kvalitně provedenou parotěsnicí fólii. Styky jsou opět precizně přelepovány páskami.

Ke kontrole, zdali je stavba správně utěsněná, slouží speciální měřicí zařízení provádějící tzv. test neprůvzdušnosti. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný v dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádí spousta měření. Výsledkem je množství vyměněného vzduchu za hodinu. Tato hodnota by u pasivních domů měla být menší než 0,6/h. To znamená, že při tlakovém 50 Pa by se přes netěsnosti nemělo za hodinu vyměnit více než 60 % celého objemu vzduchu v objektu.



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

Větrání

Po splnění předcházejících principů se pasivní dům neobejde bez kvalitního větrání. Pro pasivní dům je přirozené větrání v zimním období nevhodné kvůli značným a nekontrolovatelným tepelným ztrátám. K distribuci čerstvého vzduchu se tedy používá nucené větrání s instalovanou jednotkou pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu (rekuperaci). Zařízení pro dohřev čerstvého vzduchu (teplovzdušné vytápění), nebo otopný systém je využíván v období nízkých venkovních teplot.



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 nejtěžších mrazech. Dohřát je pak potřeba jen zbylých pár stupňů.

Systém má řadu výhod:

- » množství vzduchu je relativně přesně dávkováno, prakticky není nutné větrat okna a nevzniká průvan
- » vzduch v interiéru je neustále čistěn průchodem přes filtry vzduchotechnické jednotky – je tím zajištěna nezávadnost přiváděného vzduchu
- » vzduch z míst s produkcí škodlivin (WC, koupelna, digestoř) po průchodu výměníkem tepla budovu ihned opouští
- » vysoký účinek rekuperačního výměníku tepla – minimálně 75 %
- » minimální teplotní rozdíly v místnostech, vzduch rovnoměrně prochází celým prostorem – v jednom místě je vzduch nasáván na jiném vyfukován
- » malá rychlost proudění vzduchu (proti horkým radiátorům), řádově centimetry za vteřinu, což je hluboko pod hranici vnímání.

Pro správnou funkci musí být systém nuceného větrání navržen i proveden bezvadně. Doporučuje se 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 možnosti případného čištění. Pro přívod čerstvého vzduchu do budovy se osvědčilo předhřívání (v létě ochlazování) vzduchu v zemním registru. Zemní registr je zjednodušeně potrubí (případně soustava potrubí) uložené v zemi, kterým se přivádí čerstvý vzduch do vzduchotechnické jednotky. Využívá relativně stabilní teploty zeminy v nezamrzlé hloubce (nejčastěji okolo 2 m). V zimě slouží zemní registr jako protimrazová ochrana jednotky a šetří teplo na dohřev větracího vzduchu a v létě při vysokých venkovních teplotách funguje jako přirozená klimatizace.

Doplňkové zdroje tepla, příprava teplé vody

Roční spotřeba tepla na vytápění u pasivního domu není nulová, ale je dostatečně nízká i na použití teplovzdušného vytápění. Jak potvrdily dynamické simulace a praktické zkušenosti, i během nejchladnějšího období by neměly tepelné ztráty překročit 10 W/m². Pro vytápění místnosti o ploše 20 m² pak stačí výkon zdroje 200 W, tedy výkon odpovídající dvěma stovatovým žárovkám. Pro dohřev vzduchu u vzduchotechnických jednotek se nejčastěji používá nízkoteplotní teplovodní ohřivač připojený k zásobníku tepla. Vzhledem k tomu že potřebný topný výkon pro dohřev vzduchu je výrazně nižší než výkon potřebný k ohřevu vody, se zdroj tepla dimenzuje současně na základě požadavků na přípravu teplé vody a 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, křbových kamínek, plynového kotle, tedy funkci akumulární 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 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 na vytápění a přípravu teplé vody roste podíl spotřebičů na celkové energetické náročnosti budov. Díky moderním úsporným spotřebičům lze spotřebu elektřiny výrazně snížit. Je ovšem nutno dodržet základní principy při výběru a plánování spotřebičů:

- » nejdůležitější je výběr vhodných spotřebičů (s třídou účinnosti A, A+), to stejné platí při výběru domovní techniky (čerpadla, ventilátory)
- » použití úsporných zářivek na 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 Stand-by režimu
- » v případě efektivního zdroje tepla na ohřev vody připojení myčky nádobí a pračky na přívod teplé vody – snižuje spotřebu elektřiny na ohřev vody ve spotřebiči

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 mají velkou výhodu v počtu vnitřních zdrojů tepla (lidí nebo techniky) a také v možnosti použít obnovitelné zdroje energie, kterým by při jednotlivé výstavbě bránila vysoká nákladnost i návratnost. Praxe v sousedním Rakousku a Německu ukázala, že lze s úspěchem rekonstruovat stavby na pasivní a stavět nové nejruznějšími způsoby. Od high – tech řešení s použitím nejnovějších poznatků vědy až po cenově optimalizované kompromisní varianty. Závisí to jen na našem postoji, dobré vůli a schopnosti vidět do budoucna, kde nejjednodušším způsobem, jak se vyvarovat vyčerpání přírodních zdrojů je snížit jejich spotřebu. A navíc je ještě možné bydlet velmi kvalitně.

ZÁKLADNÍ POJMY

Energetická bilance

» Rozdíl mezi energetickými vstupy a výstupy (ztrátami) domu za výpočtové období (měsíc, rok).

Měrná potřeba na vytápění

» Základní ukazatel pro hodnocení pasivního domu. Říká kolik tepla spotřebuje dům za jeden rok a pro snadnější porovnání se přepočítává na jeden metr čtvereční plochy.

Tepelná ztráta

» Tepla 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.

Tepelné zisky

» Tepla, 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).

Součinitel prostupu tepla U

» Udává množství tepla, které projde konstrukcí o ploše jeden metr čtvereční při rozdílu venkovních a vnitřních teplot jeden stupeň Celsia.

Primární energie

» Když k spotřebované energii připočteme množství energie k její výrobě spotřebované, dostáváme skutečnou anebo primární energii. Například u vytápění elektřinou po započtení ztrát v rozvodné síti je primární energie až třikrát vyšší, než když použijeme obnovitelné zdroje. Podobně je možné určit množství šedé energie (zabudované energie), tedy veškeré energie spotřebované při výrobě určitého materiálu.

Rekuperace

» Zpětné získávání tepla z ohřátého odpadního vzduchu. Teplý vzduch není tedy bez užitku odveden otevřeným oknem ven, ale v rekuperačním výměníku odevzdá většinu svého tepla přiváděnému čerstvému vzduchu.

Zemní výměník tepla

» 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 Pasivní
- [2] TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické 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

Vydal

Centrum pasivního domu
Údolní 33, 602 00 Brno
www.pasivnidomy.cz
Autor textů: Juraj Hazucha
Fotografie: Jan Bárta, Centrum pasivního domu
© 2007 Centrum pasivního domu

