

# Pasivní domy

## Základy návrhu, principy

### Co je to pasivní dům?

Pasivní domy jsou budovy zajišťující příjemné vnitřní prostředí v létě i v zimě bez použití klasického vytápěcího systému. Oproti stávajícím budovám, které jsou spíše tepelnými zářiči, spotřebují o 85 - 90% méně energie. V porovnání s novostavbami splňujícími současně národní normy a předpisy činí tato úspora až tři čtvrtiny. Pasivní dům nevyužívá různé nákladné a technicky náročné zařízení, které mají za úlohu snížit závislost objektu na dodávkách. Právě naopak koncepce pasivního domu stojí na **mimořádně kvalitním zateplení**, které současně v době vzrůstajících nároků na kvalitu bydlení přináší výtečnou tepelnou pohodu prostředí. Větrací systém neustále zajišťuje čistý čerstvý vzduch v celém domě, aniž by vznikala průvan. Díky **vzduchotěsné obálce budovy bez tepelných mostů** a díky neustálému větrání 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.

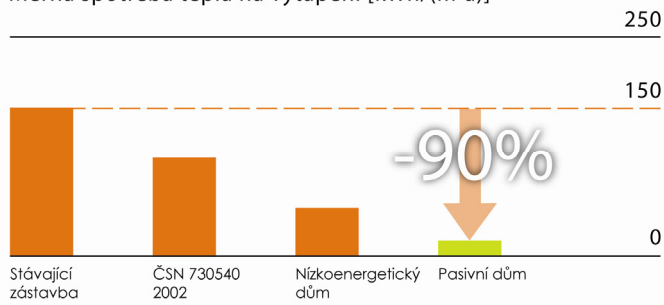


**Obr.1** Větší prosklení, tvar krychle, rovná střecha – to je nejčastější vzhled pasivních domů. Architektura je zde ovlivněna tvarovou kompaktností a jednoduchostí řešených detailů. Není to ovšem pravidlem. Pasivní domy lze stavět i na nepoznání od běžných domů. Na obrázku je příklad domu z Rakouska.

Z porovnání potřeby energie na vytápění na 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/(m<sup>2</sup>a). U nízkoenergetických domů je stále ještě nutný klasický vytápěcí systém, který ve spolupráci s větracím zařízením zajišťuje optimální vnitřní klima. Nutností obou systémů současně se však navyšuje cena domu. Pasivní domy jsou budovy s měrnou spotřebou menší než ≤ 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). 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/(m<sup>2</sup>a). U primární energie se započítávají ztráty v rozvodné síti a energie která musela být

k její výrobě spotřebována. Je-li zdrojem energie elektřina násobí se spotřeba oproti obnovitelným zdrojům až čtyřikrát.

Měrná spotřeba tepla na vytápění [kWh/(m<sup>2</sup>a)]



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

### 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

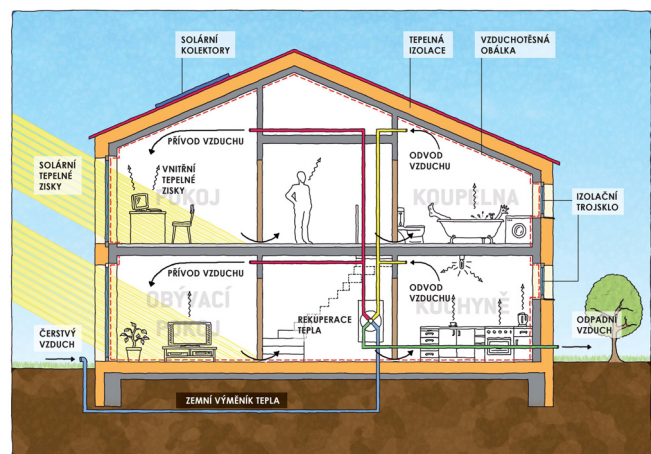
## Koncepce a základní principy

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. Optimalizací 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 známé:

- 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 nezastíněná 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 dokonalejší a efektivnější systém. Pasivní energetické zisky jsou vně budovy udržovány díky izolaci a kvalitním oknům jako v termosce. Neustálý přísun čerstvého vzduchu obstarává řízené komfortní větrání s rekuperací tepla.

U projektů lze provést výpočet parametrů pasivního domu programem Passivhaus Projektierung Paket (PHPP), který je spolu s jinými dokumentacemi a měřeními nezbytný pro udělení certifikátu u Passivhaus Institutu v Rakousku a Německu.

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.

### Izolace obvodových konstrukcí

Všechny neprůhledné obvodové konstrukce by měly být izolovány tak, aby součinitel prostupu tepla  $U$  byl nižší než **0,15 W/(m<sup>2</sup>K)**. U našich sousedů v Německu a Rakousku však již většina nově postavených pasivních domů běžně dosahuje hodnotu  $U \leq 0,10$  W/(m<sup>2</sup>K).

Typů obvodových konstrukcí vhodných pro pasivní domy je více: masivní konstrukce zděná nebo betonová (méně vhodné jsou keramické bloky, které při malé tloušťce neplní dobře ani statickou ani izolační schopnost), dřevostavby lze rozdělit například na fošnové a panelové. Výhodou masivních konstrukcí je větší schopnost akumulace tepla, u dřevostaveb zase menší tloušťka stěn a rychlejší průběh výstavby s menší pracností.

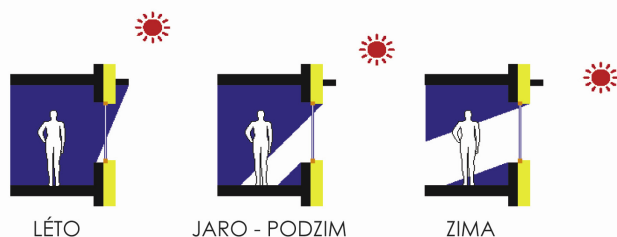
Jako tepelnou izolaci je možné bez větších problémů použít běžně dostupné klasické materiály (minerální vlny, polystyren, izolace na bázi PUR pěny) ale také přírodní izolace jako celulózu, dřevovláknité desky, lněné a konopné izolace, slámu nebo ovčí vlnu. V současné době je dostupná i vakuová izolace 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  $U_g < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – 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, navíc kvůli přebytkům slunečního tepla dochází k přehřívání interiéru. Tu je zapotřebí si vhodně zastínit prosklení horizontálním stíněním nebo venkovními žaluziemi.



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

## Vzduchotěsnost

V pasivním domě je zapotřebí dosáhnout úplnou vzduchotěsnost. 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 vhodné přelepit těsnící páskou nebo fólií.

U dřevostaveb plní funkci vzduchotěsníci vrstvy např. OSB desky (z lisovaných štěpek) pero+drážka, utěsněné trvale plastickým tmelem a přelepené speciálními páskami. Tyto kon-

strukční desky také fungují jako parobrzda. Jako vzduchotěsníci vrstvu lze použít i speciální vzduchotěsníci fólii instalovanou po celé ploše vnitřního objemu budovy. Styky jsou opět přelepeny páskami.

Ke kontrole, zdali je stavba správně utěsněná, slouží speciální měřicí zařízení provádějící tzv. Blower Door test. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný v dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádí spousta měření, výsledkem kterých je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu  $n_{50}$ . Hodnota  $n_{50}$  musí být menší než  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . To znamená že při stejném tlaku 50 Pa by se objem vzduchu v celém objektu neměl vyměnit netěsnostmi více než 0,6krát za hodinu.

## 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 (rekuperací) a přídavným zařízením pro dohřev čerstvého vzduchu (teplovzdušné vytápění) v období velmi nízkých venkovních teplot.

Systém má řadu výhod:

- množství vzduchu je relativně přesně dávkováno, prakticky není nutné větrat okny, nevzniká průvan
- vzduch v interiéru je pravidelně čištěn průchodem přes výměnné filtry vzduchotechnické jednotky – je tím zajištěna bezzávadnost 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 několik centimetrů za vteřinu, co 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 měli být co nejpřímější a nejkratší s ohledem na tlakové ztráty i cenu potrubí. 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 nezámrazné hloubce (nejčastěji okolo 2m). V zimě slouží zemní registr jako protimrazová ochrana jednotky a šetří teplo na dohřevu 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 na použití teplovzdušného vytápění. Jak potvrdily dynamické simulace a praktické zkušenosti i během nejchladnějšího období nepřekročí maximální potřebný příkon  $10 \text{ W/m}^2$ . Pro vytápění místnosti o ploše  $20 \text{ m}^2$  stačí příkon  $200 \text{ W}$ , tedy příkon odpovídající dvěma stovátovým žárovkám. Pro dohřev vzduchu u vzduchotechnických jednotek se nejčastěji používá nízkoteplotní teplovodní ohřivač připojený např. ke zařízení na přípravu teplé užitkové vody. Vzhledem k tomu že potřebný topný výkon pro dohřev vzduchu je výrazně nižší než výkon potřebný k ohřevu vody, dimenzuje se zdroj tepla na základě požadavků na přípravu teplé vody a dohřev vzduchu může být vedlejším produktem. 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 umožňuje propojení více možností v průběhu celého roku – funkce akumulární nádrže, připojení solárních kolektorů, křbových kamínek např. na peletky, teplovodní ohřivač pro teplovzdušné vytápění, topný řebřík 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 vhodným 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 samé 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 Standby 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. Tyto zdroje energie lze pak využít i pro zásobování rodinných domů v okolí i kvůli 100 % využití a kratší návratnosti. Praxe v sousedním Rakousku a Německu ovšem ukázala, že lze rekonstruovat stavby na pasivní a stavět nové nejrůznějšími 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 budoucnosti, kde nejjednodušším způsobem, jak se vyvarovat vyčerpání přírodních zdrojů je snížit jejich spotřebu. A navíc ještě bydlet ve vysokém kvalitativním standardu.

## Doporučená a použitá literatura

- [1] TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické domy. Grada, 2005
- [2] CIHLÁŘ, J.: Pasivní domy. Centrum pasivního domu, Brno, 2007
- [3] TRNKA L., Pasivní dům - zkušenosti z Rakouska a české začátky, Veronica, Brno, 2004
- [4] ISOVER: Multi-Komfortní dům ISOVER – postaveno pro budoucnost, Saint – Gobain Orsil, 2007
- [6] Kalksandstein, Vápenopískové nízkoenergetické a pasivní domy, Kalksandstein, 2007
- [7] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

Vydal:

Centrum pasivního domu, Údolní 33, 602 00 Brno, [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

Autoři textů: Jiří Cihlár, Juraj Hazucha,

© 2007 Centrum pasivního domu. Všechna práva vyhrazena

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracován v rámci

Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.