

Mojmír Hudec | Blanka Johannisová | Tomáš Mansbart

Pasivní domy

z přírodních
materiálů

Mojmír Hudec | Blanka Johanisová | Tomáš Mansbart

Pasivní

domy

**z přírodních
materiálů**



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**.

Mojmír Hudec, Blanka Johanisová, Tomáš Mansbart

Pasivní domy z přírodních materiálů

TIRÁŽ TIŠTĚNÉ VERZE:

Vydala Grada Publishing, a. s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 5041. publikaci

Odpovědná redaktorka Pavlína Zelníčková

Sazba JoshuaCreative, s. r. o.

Fotografie na obálce z archivu autorů

Fotografie a ilustrace v textu z archivu autorů (není-li uvedeno jinak)

Počet stran 160

První vydání, Praha 2013

Vytiskla Tiskárna PROTISK, s. r. o., České Budějovice

© Grada Publishing, a. s., 2013

Cover Design © Grada Publishing, a. s., 2013

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

ISBN 978-80-247-4243-4

ELEKTRONICKÉ PUBLIKACE:

ISBN 978-80-247-7939-3 (elektronická verze ve formátu PDF)

ISBN 978-80-247-7940-9 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Obsah

Předmluva	7
Úvod.....	8
1 Cesta k pasivnímu domu.....	9
1.1 Trvale udržitelný rozvoj.....	9
1.2 Směřování evropského vývoje – směrnice EPBD II	10
1.3 Základní principy pasivního domu	11
1.4 Správný návrh pasivního domu	13
1.5 Certifikace kvality domu	20
1.6 Inteligentní budovy	21
2 Filozofická východiska	22
2.1 Celostní architektura	22
2.2 Baubiologie	23
2.3 Permakultura.....	23
2.4 Feng-šuej.....	25
2.5 Vastu	26
2.6 Bioarchitektura.....	27
2.7 Aplikace filozofických východisek při výstavbě	28
3 Kvalita vnitřního prostředí	29
3.1 Syndrom nemocných budov	29
3.2 Právní nárok na zdravé prostředí	30
3.3 Vnitřní mikroklima	31
3.4 Hluk.....	35
3.5 Škodliviny	35
3.6 Světelná složka vnitřního prostředí.....	41
3.7 Záření	41
3.8 Iontová koncentrace	45
4 Jaké používat přírodní materiály	46
4.1 Dřevo a výrobky z něj	47
4.2 Sláma	51
4.3 Hlína.....	53
4.4 Konopí a len.....	54
4.5 Ovčí vlna	56
4.6 Okrajové materiály	56
4.7 Minerální anorganické materiály	58
4.8 Recykláty.....	59
4.9 Syntetické izolační materiály	63

5	Vhodné stavební konstrukce	65
5.1	Základy.....	65
5.2	Podlaha u terénu.....	69
5.3	Nosné konstrukce	70
5.4	Střecha.....	79
5.5	Okna a vstupní dveře.....	83
5.6	Stínění	90
5.7	Příčky.....	92
6	Vzduchotěsnost domu.....	93
6.1	Vzduchotěsná rovina domu	93
6.2	Vzduchotěsné spoje konstrukcí	95
6.3	Kontrola vzduchotěsnosti Blower-door testem	97
7	Vhodné technologické vybavení	99
7.1	Rekuperace vzduchu.....	99
7.2	Vytápění	105
7.3	Ohřev teplé vody.....	108
7.4	Solární systémy	109
7.5	Fotovoltaika	112
7.6	Tepelná čerpadla	116
8	Hospodaření s energií a vodou	120
8.1	Hospodaření s elektrickou energií	120
8.2	Hospodaření s pitnou vodou.....	120
8.3	Hospodaření s užitkovou vodou.....	123
8.4	Hospodaření s odpadní vodou.....	124
9	Zeleň a voda u domů z přírodních materiálů	130
9.1	Zelené střechy.....	130
9.2	Vertikální zelené fasády	134
9.3	Přírodní jezírka	134
10	Příklady staveb	137
	Příloha	149
	Slovníček pojmů a veličin používaných v knize	150
	Literatura.....	153
	Rejstřík	155

Poděkování patří kolegům, kteří svými podněty a návrhy přispěli ke kvalitnímu zpracování – Davidu Eyerovi, Oldřichu Hozmanovi, Stanislavu Palečkovi, Jitce Dostálové a Martinu Kolaříkovi.

Zvláště děkuji Juraji Hazuchovi za připomínky a lektorování této knihy.

Předmluva

„Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si ji vypůjčujeme od našich dětí.“ (Antoine de Saint-Exupéry)

Vývoj v pozemním stavitelství je mimo jiné charakterizován zvyšujícími se požadavky na tepelnou ochranu budov. Výsledkem jsou neustále se zpřísňující požadavky na tepelně-technické vlastnosti materiálů a výrobků. Požadavky na pasivní domy se však stále výrazně zpřísňují, a je tedy nezbytné hledat a vyvíjet nová řešení a výrobky, které splňují ty nejnáročnější předpisy, ale současně jsou cenově dostupné pro koncového zákazníka.

Většina energie, kterou naše společnost spotřebovává, pochází z neobnovitelných zdrojů (cca 85 %). Téměř čtyřicet procent veškeré energie v Evropě spotřebovávají budovy. Hlavní důraz na úsporu energií v budovách se tak jeví nejen jako ekonomičtější, ale také jako dlouhodobě udržitelnější. To vše umožňují pasivní domy, které spotřebovávají o 85–90 % méně energie než běžné stavby. Průměrný pasivní dům má potenciál ročně ušetřit více než čtyři tuny emisí CO₂ oproti současným novostavbám a až osm tun emisí CO₂ oproti stávajícím budovám.

Pasivní domy se od svého počátku na konci osmdesátých let minulého století neustále rozvíjejí a po prvních stavbách přišel prudký rozvoj v letech devadesátých. V současnosti jsou postaveny desetitisíce pasivních domů v Evropské unii, přičemž primát drží Německo. Zde koncept vznikl a postupně se odtud rozšiřuje.

Nejviditelnější zemí je ale Rakousko, kde je díky politické a finanční podpoře nejdynamičtější růst počtu pasivních domů. V roce 2011 je téměř celá jedna třetina novostaveb postavena v pasivním standardu.

Zatímco země EU se energetickými úsporami v budovách zabývají již přes dvě desítky let, v naší zemi stojí koncept velmi nízké energetické spotřeby v oboru stavebnictví (pod 15 kWh/(m².a) stále na okraji. Přes výrazně rostoucí trend výstavby pasivních domů, kdy každým rokem je postaven dvojnásobek domů roku předchozího, se počet pasivních staveb pohybuje pouze ve stovkách (oproti tomu v Německu a Rakousku v řádu desetitisíců).

Na tento trend reaguje i Evropský parlament, který na počátku roku 2009 vyzval Evropskou komisi, aby „... všechny nové budovy vyžadující vytápění či chlazení byly od roku 2011 postaveny podle norem pro pasivní domy...“. Nově schválená směrnice Evropské komise o energetické náročnosti budov (Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU) vyžaduje od roku 2020 všechny novostavby jako téměř energeticky nulové a výrazně zpřísňuje požadavky na renovace budov. Prvním krokem k energeticky téměř nulovému domu je výrazné snížení potřeby energie na vytápění a chlazení, což je v souladu s principy pasivního domu. Tyto principy je vhodné uplatňovat u novostaveb bytových a rodinných domů i staveb občanské vybavenosti, stejně jako při změnách staveb.

Jan Bárta, Centrum pasivního domu

Úvod

Rostoucí zájem o pasivní a nízkoenergetické domy a současně o stavění z přírodních materiálů mě inspiroval k napsání této knihy. Pokládám kombinaci přírodních materiálů s principy nízkoenergetické výstavby za optimální. Kniha nechce propagovat stále oblíbenější slaměné domy, ale materiály, které jsou „udržitelné“, a nevyhýbá se ani moderním umělým materiálům, bez nichž se dnes i výstavba přírodních domů těžko obejde. Kniha je určena všem zájemcům, kteří se zajímají o nízkoenergetické stavění a chtějí změnit svoje myšlení i z hlediska trvale udržitelné výstavby. Je také určena architektům, pro něž tento přerod bude náročný, ale věřím v jejich osvětlený přístup.

Kniha není vyčerpávajícím návodem, jak postavit pasivní nebo nízkoenergetický dům podle těchto hledisek, spíše se snaží postihnout všechny dostupné souvislosti, možnosti, materiály a technologie. Publikace ukazuje stav roku 2012 – tento obor se však rychle rozvíjí, a je proto nutné stále sledovat nové poznatky.

Co je důvodem obliby přírodních materiálů? Ten, kdo strávil nějakou dobu v přírodním domě, to ví a může dlouho vyprávět o svých pocitech. Spokojení uživatelé takových domů jsou tou nejlepší reklamou pro jejich širší využívání. Zdravotní nezávadnost, schopnost vytvářet zdravé vnitřní prostředí, nízká energetická náročnost při výrobě, snadná dostupnost, obnovitelnost, bezodpadová technologie výroby, snadná recyklovatelnost a likvidace,

to jsou silné argumenty. Dá se předpokládat, že v budoucnu budou mít nejen stavebníci větší nároky na stavění ze zdravých materiálů, ale i legislativa bude čím dál tím více omezovat energetickou náročnost budov, znečišťování životního prostředí, plýtvání zdroji a výrobu materiálů s vysokou hodnotou svázaných emisí nutných k jejich výrobě.

Prál bych si, aby úspěšné aplikace těchto materiálů ve stavbách odbouraly některé zažité předsudky či neopodstatněnou averzi vůči jejich používání ve stavebnictví. Jsem přesvědčen, že domy z těchto materiálů jsou plnohodnotnou alternativou pro každého stavebníka, nikoliv jen slepou odbočkou v kategorii experimentální výstavby. Ukazuje se, že jsou stejně vhodné i pro stavbu domů s nejprísnejšími nároky na energetickou potřebu.

Mojmír Hudec

1 Cesta k pasivnímu domu

Trvale udržitelný rozvoj, ekologické, zelené, nízkoenergetické, pasivní, nulové, aktivní, plusové domy, směrnice Evropské unie o budovách s téměř nulovou spotřebou energie – to vše jsou pojmy na společné cestě k snížení energetické náročnosti budov a zmenšení ekologické stopy našich staveb při současném zvýšení komfortu. Co si pod těmito pojmy představit?

1.1 Trvale udržitelný rozvoj

„Ukazuje se, že tématem k diskusi není rozvoj, ale spíše udržitelnost.“ (Wolfgang Feist)

Trvale udržitelný rozvoj je často skloňovaným pojmem stejně jako ochrana životního prostředí nebo ekologie. Ve stavebnictví se pak používá termín „trvale udržitelná výstavba“. Asi nejvýstižnější definici použila v roce 1987 předsedkyně Světové komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED) H. Brundtlandová: *„Udržitelný rozvoj zajišťuje potřeby současnosti, aniž by omezoval možnosti uspokojit potřeby budoucích generací.“*

Podrobně se tímto tématem zabývá také kniha Dennise Meadowse *Meze růstu*. Přesvědčivě v ní vysvětluje, že slepý rozvoj zejména

Obr. 1.1

Solární ulice Gleisdorf

Obr. 1.2

Solar City, Linec

Obr. 1.3

Institut v Gutau, Rakousko



1.1



1.2



1.3

špatných produktů ve špatné dynamice nutně narazí na omezení. Předpokládáme-li trvalý meziroční nárůst počtu obyvatel, kteří potřebují stále více energie na zlepšení životního stylu, větší prostor pro život, více zastavěné krajiny atp., pak se nabízí otázka: Kam až to může dospět? Také chápat rozvoj čistě jako ekonomický růst vyjádřený procentem HDP by bylo mylné; je to číslo pro ekonomy, které nic nevypovídá o kvalitě života. Představte si hromadnou nehodu na dálnici D1, která způsobí škody na majetku a životní tragédii spoustě lidem, ovšem HDP ve chvíli, kdy je zaměstnáno množství lidí od lékařů, policie po úklid silnice a opravy aut, samozřejmě roste! Měřítka kvality života stojí naštěstí na jiných, výrazně odlišných hodnotách. Rozvoj je žádoucí například v oblasti kreativity, umění, vědy a poznání apod. Tam, kde rozvoj pomáhá odstraňovat chyby způsobené nezodpovědným jednáním, dokonce nikdy nebude dost rychlý. Jak správně prohlásil psycholog a sociolog Erich Fromm, hranice rozumu neexistují! Udržitelnost můžeme charakterizovat také jako to, co lze v dohledné budoucnosti vykonávat na celém světě, aniž by došlo k nevratným škodám. Zásahům do přírody se naše početná populace určitě nevyhne, ale jak zasahovat, a neublížit? V tomto ohledu bychom měli sledovat zejména dva zásadní faktory:

- čerpání zdrojů,
- zatížení životního prostředí.

Čerpání zdrojů souvisí s trendem snižování nároků na energie nutné k provozu budov. Není to jenom potřeba energie na vytápění, ale celková potřeba na ohřev teplé vody, klimatizaci, elektrické přístroje. Kromě

snižování nároků na energie bychom měli zejména snižovat závislost na neobnovitelných zdrojích energie a uvažovat o jejím postupném nahrazování energií z obnovitelných zdrojů.

Zatížení životního prostředí souvisí přímo s emisemi, které budovy a společnost produkují – pasivní domy budou v tomto kritériu opět mnohem lepší.

Pasivní dům však sám o sobě nevyřeší problémy sociální ani mnohem komplexnější otázky urbanistického uspořádání. Jako příklad uveďme rozlehlé kolonie rodinných domů kolem měst – satelitní městečka bez fungující infrastruktury, kam je nutné dojíždět desítky kilometrů z centra, s čímž jsou spojeny další nároky na energie.

Jaká jsou hodnotící kritéria pro udržitelnou výstavbu:

- vliv na životní prostředí,
- čerpání zdrojů,
- použití materiálů,
- náklady a výnosy životního cyklu,
- zdraví, pohodlí a spokojenost uživatelů,
- funkčnost,
- přístupnost,
- kvalita a míra složitosti procesů.

1.2 Směřování evropského vývoje – směrnice EPBD II

Vývoj civilizace spolu se zhoršováním životního prostředí, vyčerpáváním přírodních zdrojů a ekonomickou krizí vyvolávají poptávku po šetrných budovách. Evropský vývoj směřuje jednoznačně k nízkoenergetickým domům.

V posledních dvaceti letech bylo postupně realizováno několik evropských projektů, které byly zaměřeny na rozvoj a propagaci nízkoenergetického stavění. Byl to například projekt CEPHEUS, v němž bylo v letech 1999 až 2001 v pěti evropských zemích postaveno a sledováno 221 bytů v pasivním standardu a který prokázal, že pasivní domy a byty mohou být realizovány s ekonomicky pozitivním výsledkem. Dále to byl program INTELIGENT ENERGY – EUROPE z let 2003 až 2006 a program PASS_NET, jehož cílem bylo rozšířit pasivní standard výstavby v evropských zemích. Za zmínku stojí projekt BUILD UP. Jde o celoevropský portál zaměřený na „efektivní energetická řešení pro lepší budovy“. V loňském roce skončil program IDEAL EPBD, který probíhal v letech 2008 až 2011 a měl zvýšit povědomí společnosti o energetických průkazech budov a jejich smyslu. Současné také probíhalo více projektů komerčních firem (SOLTAG, ACTIVE HOUSE apod.).

Evropská unie vyjádřila svůj zájem na tom, kolik energie budovy spotřebují, jednoznačným způsobem i v závazné legislativě Směrnicí Evropského parlamentu a Rady o energetické náročnosti budov 2002/91/EC (*Energy Performance of Buildings Directive*), takzvanou EPBD. V ní obsažené požadavky byly transponovány do národních legislativ a staly se součástí závazných dokumentů pro povolování a výstavbu budov. U nás byla do národní legislativy zavedena zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláškami č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, č. 277/2007 Sb., o kontrole

klimatizačních systémů, a č. 276/2007 Sb., o kontrole účinnosti kotlů.

V roce 2010 byla vydána revize a směrnice byla podstatně přepsána. Vznikla směrnice 2010/31/EU, takzvaná EPBD II, s účinností od 9. 7. 2010. Nyní jsme v procesu její implementace do našeho právního systému. Proběhla již revize normy ČSN 73 0540-2, která věnuje vyšší pozornost požadavkům na nízkoenergetické a pasivní budovy.

Evropská unie správně stanovila, že příkladem pro chování celé společnosti musí být samotné členské státy, a přísnější požadavky obsažené v EPBD II budou nejdříve uplatněny na veřejné budovy. Základním závazkem, jež směrnice ukládá státům, je upravit místní legislativu tak, aby bylo od roku 2020 možné stavět a rekonstruovat budovy jen způsobem, který zajistí, že bude jejich spotřeba energie pro provoz „blízká nule“.

1.3 Základní principy pasivního domu

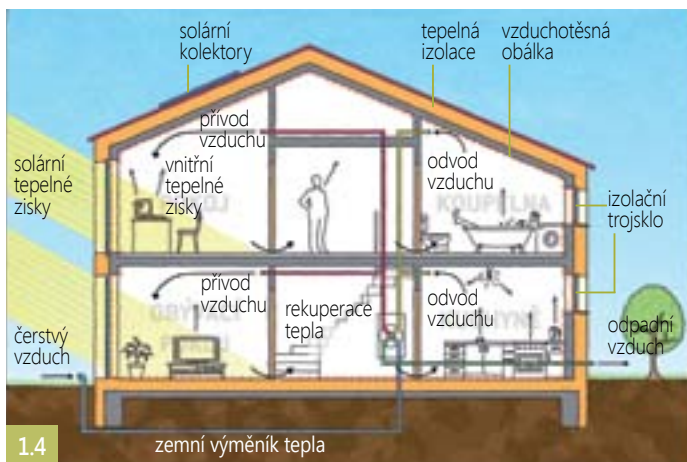
Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a vnitřní zisky z tepla vyzařovaného lidmi a spotřebiči. Díky kvalitní izolaci a dalším prvkům tyto zisky „neutíkají ven“ a po většinu roku postačují k zajištění dostatečné teploty v místnostech. Nezbytným vývojovým stupněm k pasivnímu domu byly domy nízkoenergetické. Hraniční hodnota měrné potřeby tepla na vytápění u těchto domů je 50 kWh/(m²·a). U nízkoenergetických domů

Pasivní domy musejí splňovat několik požadavků:

- měrná potřeba tepla na vytápění objektu je maximálně $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,
- neprůvzdušnost obálky budovy n_{50} , ověřená tlakovou zkouškou, nesmí překročit hodnotu $0,6 \text{ h}^{-1}$, kdy při přetlaku a podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit ne-

Schéma principu pasivního domu (zdroj: CPD)

Výstupní tabulka z programu PHPP



Priloge 10: Izračunavanje potrebne plohe

Temperatura potrebne plohe: $1.44 \cdot 10^4$

Problema	Rešavanje	Rezultat	Tipična
Maksimalna površina po gnojnoj jedinici	1.4	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$
Temperatura potrebna za proizvodnju	0.8	0.8×10^4	0.8×10^4
Maksimalna površina proizvodnje energije (FC, ekološki, ekološki, ekološki, ekološki)		$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$
Maksimalna površina proizvodnje energije (FC, ekološki, ekološki, ekološki, ekološki)		$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$
Maksimalna površina proizvodnje energije (Ekološki ekološki ekološki ekološki)		$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$
Temperatura potrebna za proizvodnju		1.4×10^4	1.4×10^4
Temperatura potrebna za proizvodnju		1.4	1.4
Maksimalna površina po gnojnoj jedinici		$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$	$1.4 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}$
Temperatura potrebna za proizvodnju		1.4×10^4	1.4×10^4

- celkové množství primární energie spojené s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh/(m²·a). Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při výrobě i se všemi ztrátami až ke spotřebiči, a tím nám dává komplexnější pohled na spotřebu dle zvoleného zdroje. Použijeme-li jako zdroj například přímotop, musíme při výpočtu primární energie vynásobit výsledek třemi.

Jaké jsou hlavní výhody pasivního domu:

- vyšší komfort bydlení, extrémně nízké náklady na vytápění, stálý přísuv čerstvého vzduchu, kvalitní vnitřní prostředí,
- žádné teplotní rozdíly v místnosti, příjemné teploty v zimě i v létě, kvalitní ochrana

konstrukcí a dosahovaná vyšší
cena na trhu nemovitostí.

1.3.1. Dvojí hodnocení pasivního domu

V současné době se používá na hodnocení pasivních domů dvojí metodika – TNI a PHPP. Jaké jsou rozdíly?

Hodnocení dle TNI

Technická normalizační informace se používá pro zjednodušené hodnocení energetické náročnosti domů.

TNI 73 0329:2010(1) zavádí jednotný postup pro klasifikaci a srovnání staveb. Jsou zde stanoveny okrajové podmínky výpočtu – standardní klimata,

pausaální započtení vnitřních tepelných zisků a výměny vzduchu podle počtu osob a započtení tepelných mostů a vazeb formou přírážek. Tato dekladační metodika byla použita i pro dotační program Zelená úsporám.

Hodnocení dle PHPP (Passive House Planning Package)

Jedná se o návrhový nástroj, který byl vytvořen pro výpočet a následnou optimalizaci energetické bilance pasivních domů. Byl vytvořen *Passivhaus Institutem* v Darmstadtu (PHI). Program je nastaven na budovy s velmi nízkou potřebou energie. Hodnotící kritéria a okrajové podmínky se částečně liší od metodiky TNI. V okrajových podmínkách se počítá s místními klimatickými daty a přesnými vstupy. Je ho možno použít i pro návrh systému vytápění a ohřevu teplé vody nebo k určení přehřívání.

Protože oba systémy budou určitě dále souběžně existovat ještě několik let, je dobré znát rozdíly při hodnocení těmito metodikami. Lze předpokládat, že pro různé dotační programy se bude používat metodika podle TNI, která umožňuje porovnání domů, a metodika podle PHPP bude aplikována na skutečné hodnocení domu v konkrétní lokalitě. Byla prováděna různá porovnání dosažených hodnot podle PHPP a TNI u více staveb. Většina domů pohybujících se podle TNI na hranici měrné potřeby tepla na vytápění kolem $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ vycházela podle PHPP kolem $25\text{--}30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tedy tyto domy se pohybují ve skutečnosti v oblasti lepších nízkoenergetických domů. Tyto rozdíly by měl projektant stavebníkovi umět vysvětlit. Lze předpokládat, že bude převážně používána hranice pro

pasivní dům podle TNI, tedy $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Dosažení hranice podle PHPP pak bude především snahou důsledného stavebníka a doložením umu zkušeného projektanta. Současně bude dosažená hodnota podle PHPP ukazovat přesně skutečnou hodnotu v konkrétní lokalitě. Hranici $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ bude také důsledně používat *Centrum pasivního domu* (CPD) při certifikaci pasivních domů.

A jaký je závěr, co tedy používat? Pokud vás nějaká budoucí dotace donutí užít metodiku TNI, určitě se vyplatí provést další optimalizaci domu výpočtem podle PHPP, který ukáže slabá místa návrhu a možnosti dalšího zlepšení. Budete-li dům navrhovat přímo podle PHPP na hranici $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a tuto hranici těsně nesplníte, buďte ubezpečeni, že i tak máte vysoce kvalitní dům. Tato hranice je poměrně obtížně splnitelná a také téměř nesplnitelná u přízemních bungalovů (nevýhodný poměr A/V) nebo u menších staveb (je to dáno metodikou výpočtu, který znevýhodňuje malé stavby).

1.4 Správný návrh pasivního domu

1.4.1 Správný návrh koncepce budovy

V této fázi lze dosáhnout nejvíce úspor za nejmenší náklady. Nedodržení základních zásad návrhu, zejména jako je kompaktní tvar, orientace či prosklení, může lehce zmařit snahu o dosažení pasivního standardu. V některých případech lze kompenzovat malé porušení těchto zásad navýšením kvality ostatních

Tab. 1.1 Požadované hodnoty součinitelů prostupu tepla podle nové normy (zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011))

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pas. b. $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹	těžká: 0,25	0,18–0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18–0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15–0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15–0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15–0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹	těžká: 0,25	0,18–0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4,6}	0,45	0,30	0,22–0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30–0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38–0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38–0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶	0,85	0,60	0,45–0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³	1,05	0,70	0,50
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²	1,20	0,80–0,60
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40 ⁷	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LDP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ [m²/m²], kde je: A celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP) [m²]; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP [m²]	pro $f_w \leq 0,5$: 0,3 + 1,4 · f_w	0,2 + f_w	0,15 + 0,85 · f_w
	pro $f_w > 0,5$: 0,7 + 0,6 · f_w		
Kovový rám výplně otvoru	–	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru ⁵	–	1,30	0,90–0,70
Rám lehkého obvodového pláště	–	1,80	1,20

+

prvků, to se však negativně projeví na ceně stavby. Optimalizace jednotlivých prvků budovy je zásadní a bez ní není možné cíle dosáhnout. Zde hrají klíčovou roli zkušený architekt a projektant. Stavební firma podle nedostatečného projektu (často jen projektu pro stavební povolení) pasivní dům nepostaví, proto je nezbytné mít dokumentaci pro provedení stavby včetně nezbytných detailů s vyřešenými tepelnými mosty. Významným nástrojem kontroly kvality při realizaci je pak důsledný dozor projektanta a technický dozor stavebníka. Důležitou roli hrají i požadavky investora a jeho osvědčenost.

Co vše tedy ovlivňuje koncepci?

- Kompaktní tvar budovy – nejzásadnější z parametrů, snaha o dosažení co nejnižšího poměru ochlazovaných ploch konstrukcí k objemu budovy (poměr A/V). Ideálním tvarem je sice koule, ovšem z hlediska využití je nejvhodnější kvádr.
- Umístění na pozemku – omezení volně stojících domů, upřednostňování řadové

a blokové výstavby (možnost společně využívat i některá technická zařízení či zdroj je tepla).

- Kvalitní izolační obálka budovy.
- Pokud možno jižní orientace budovy, největší plocha oken směřuje na jih, omezeně na jihovýchod nebo jihozápad.
- Solární zisky nezastíněny okolní zástavbou, terénem či například nevhodně umístěnou pergolou.
- Řízené větrání s rekuperací tepla s použitím přiměřeného doplňkového zdroje tepla.
- Letní stínění proti přehřívání.
- Omezení složitých tvarů v konstrukci budovy, které mohou při realizaci vytvářet komplikované detaily, tepelné mosty apod.
- Správná vnitřní dispozice s ohledem na světové strany, správně navržené instalace, délky rozvodů větrání, topení a teplé vody, izolace rozvodů.

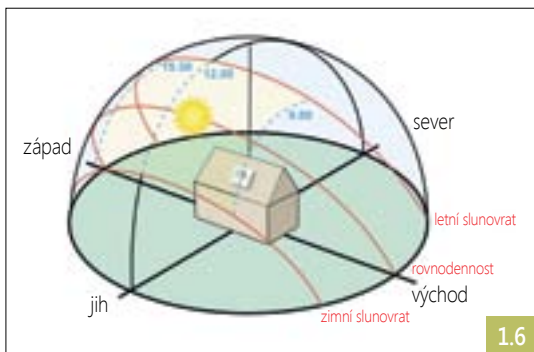
Poznámky k tabulce 1.1

- 1 Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31. 12. 2012 připouští hodnota 0,38 W/(m²·K).
- 2 Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota 1,70 W/(m²·K).
- 3 Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.
- 4 V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.
- 5 Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů vč. kovových, jako jsou například dřevohliníkové rámy.
- 6 Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.
- 7 Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota 1,50 W/(m²·K).

1.4.2 Správný výběr materiálů

Správný návrh materiálů dle principů trvalé udržitelné výstavby by měl být veden snahou šetřit neobnovitelnými materiály, používat konstrukce s dlouhou životností s možností rekonstrukcí a modernizací a používat materiály, jež umožňují dobrou recyklaci a likvidaci.

Mnoho materiálů je také možno nahradit za materiál „přírodě příznivější“, a snížit tak ekologickou zátěž stavby při zachování tepelně-technických parametrů budovy. Takovým materiálem je například dřevo, které je vhodné jak pro konstrukce, tak pro dřevovláknité izolace. Rozvinutím přírodě příznivých



1.6

Obr. 1.6

Schéma pohybu Slunce během roku

Obr. 1.7

Situace optimálního umístění stavby – orientace na jih a bez zastínění

Obr. 1.8

Ukázka diagramu zastínění okolními budovami (zdroj: J. Mohelníková)

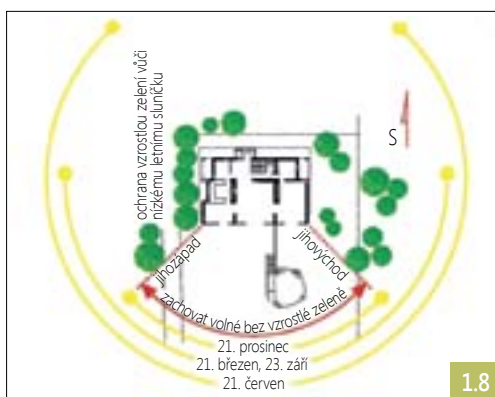
technologií, materiálů a postupů lze v budoucnu očekávat snížení ceny za tyto stavby. Současně tím ušetříme i emise CO_2 , které jsou při produkci přírodních materiálů minimální. Tyto environmentálně příznivé změny ve stavebnictví vedoucí k minimalizaci ekologické stopy by tak mohly podstatně ovlivnit stav životního prostředí i vývoj celé společnosti.

1.4.3 Správné umístění na pozemku

Stavba by měla být umístěna na pozemku tak, aby měla maximální solární zisky (zejména v zimním období), které se velkou měrou podílejí na vytápění budovy. Nejjednodušeji se dosáhnou orientací hlavní fasády na jih. Stavba by současně měla být umístěna tak, aby byla co nejméně zastíněna okolní výstavbou, stromy a terénem. V případě zastínění



1.7



1.8

stromy se pak nabízí možnost využít přítomnosti opadavých stromů ke stínění jižní fasády v létě, v zimním období opadání listů umožňuje její oslunění.

Málo projektantů také ví, že katastrální mapy nejsou orientovány přesně na sever (Křovákovo zobrazení). Odchylka narůstá směrem na západ a pohybuje se v rozmezí $9^\circ 30''$ na západním okraji ČR a $4^\circ 20''$ na východním okraji ČR. Ve výpočtu měrné potřeby tepla na vytápění to pak může udělat rozdíl až $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

Sluneční obal

Základní myšlenkou slunečního obalu je, že budova nevyužívá maximálně solární zisky jen pro sebe, ale umožňuje solární zisky i stavbám v okolí, tedy ctí jejich právo na slunce.

„Sluneční obal je prostorový regulativ vymezující maximální stavební objem na řešeném území, který nestíní okolí ve zvoleném časovém rozpětí.“ (Ralph Knowles)

Metoda slunečního obalu umožňuje definovat jednak vlastní stavbu a jednak i větší urbanistické celky a sídla. Výsledným efektem je, že všechny objekty pak mají zaručen optimální přístup sluneční energie. Tato metoda, již se zabývají na Fakultě architektury v Bratislavě, by pak umožnila daleko kvalitnější výstavbu nízkoenergetických sídel.

1.4.4 Správný návrh velikosti a tvaru budovy

Aby budova byla úsporná, musí mít kompaktní, tedy málo členitý tvar. Tvarová kompaktnost je základním pravidlem při navrhování pasivních domů. Poměr A/V je při návrhu zásadní. Optimální podíl ochlazovaných ploch konstrukcí (A) vůči objemu vnitřní vytápěné zóny (V) zmenšuje plochu konstrukcí, a tím i cenu stavby. Je to současně nejjednodušší způsob, jak omezit tepelné ztráty. Ideální tvar stavebního objektu je kvádr otočený delší stranou k jihu. Čím více je stavba členitá, tím více narůstá množství složitých detailů a tepelných mostů. Výhodnější je také zástavba řadovými nebo atriiovými domky namísto zástavby ze samostatných objektů. Kompaktní zástavba může mít současně i výhodu ve sdružování společných zdrojů vytápění, solárních soustav nebo fotovoltaických ploch.

Úspornost budovy ovlivňuje i tvar její střechy. Obecně platí, že z hlediska kompaktnosti budovy je výhodnější plochá nebo pultová střecha, která je obvykle i o něco levnější. Často je ale tvar střechy určen už v regulačních podmínkách vyžadovaných stavebním úřadem. U rodinných domů tak bývá nejčastěji vyžadována střecha sedlová.

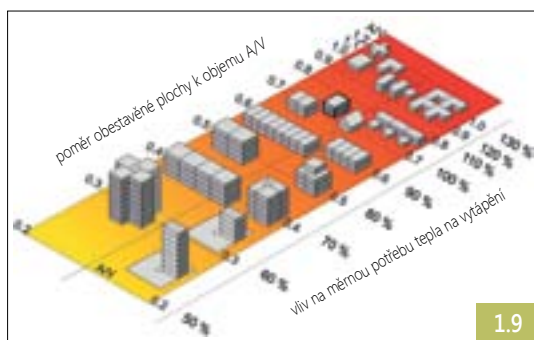
Důležitým parametrem je také přiměřenost velikosti stavby. Předimenzovaná stavba je dražší, neekologická a klade také zvýšené nároky na spotřebu energií během svého provozu. Většina mladých stavebníků podceňuje finanční náročnost stavby rodinného domu. Staví zbytečně velké domy, ve kterých pak bydlí menší počet osob, než na které jsou projektovány. Často to také vede k jejich dlouholetému zadlužení, a tím k omezení aktivního života a někdy až k osobním tragédiím spojeným s nemožností splácet úvěr.

1.4.5 Správný návrh dispozice a otvorů

Základní rozdělení prostoru v objektu je na vytápěné a nevytápěné prostory. Vytápěnou

Obr. 1.9

Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty (zdroj: CPD)





1.10

a nevytápěnou zónu je nutno oddělit kvalitní tepelnou obálkou. Pomocné provozy, sklady, garáže či dílna by pak měly být umístovány mimo tepelnou obálku budovy. Konstrukce těchto provozů by měly být stavebně odděleny tak, aby konstrukční prvky neprocházely přes tuto tepelnou obálku, a nevytvářely tak tepelné mosty.

Návrh energeticky úsporných dispozicí se příliš neliší od klasického navrhování, je ale kladen větší důraz na řešení otvorů z hlediska tepelných zisků a ztrát. Pro maximální solární zisky je nejvhodnější použít velké okenní otvory nebo prosklené stěny na jižní fasádě. Přiměřená velikost se pohybuje kolem 40 % plochy, při větším prosklení je náročnější letní stínění a v zimním období pak narůstají tepelné ztráty. Otvory na východní a západní straně mají být přiměřeně redukovány. Na severní straně je ideální okenní otvory úplně vypustit. V praxi ale musíme brát v potaz také lokalitu, specifické požadavky investora, směr zajímavých a nevhodných výhledů a podobně. Rozdílná je situace u administrativních budov, které mají často celoprosklené fasády, za nimiž je přímo vnitřní prostor. Tento typ budov má také poměrně vysoké vnitřní tepelné



1.11



1.12

Obr. 1.10

Optimální tvar rodinného domu s otevřením fasády na jih

Obr. 1.11

Celoprosklené budovy mají obecně velmi vysoké nároky na vytápění a údržbu

Obr. 1.12

Prosklená atria by měla být oddělena od ostatních prostor

zisky z provozu – z osvětlení, počítačů a velkého množství lidí. Při oslunění prosklené fasády dochází k intenzivnímu přehřívání zejména v letním období, což vyžaduje náročné chlazení. Může dojít až k takovým paradoxům, že budova vyžaduje na jedné straně chlazení a současně musí být na druhé straně vytápěna. Řešením může být například použití skleněné fasády jako předsazené a za ní umístit klasickou fasádu s okny, případně přímo přiznat okenní otvory na fasádě v kombinaci s plným pláštěm. Okenní otvory jsou pak navrhovány jen na potřebu denního osvětlení. Vnitřní atria administrativních budov by také měla být oddělena od kancelářských prostor po obvodu. Velmi důležité je správné stínění fasády, které výrazně napomáhá snížení tepelné zátěže. Dobře navržené administrativní budovy by se měly v našich podmínkách obejít téměř bez strojního chlazení.

1.4.6 Správný návrh detailů a řešení tepelných mostů

Mezi závažné poruchy stavebních konstrukcí patří tepelné mosty. Jedná se o taková místa konstrukce, kde je v důsledku nesprávného

návrhu, provedení nebo použití nevhodného materiálu umožněn výrazně větší prostup tepelné energie než v okolních konstrukcích. Tyto mosty způsobují větší tepelné ztráty

Obr. 1.13

Stínění oken pomocí slunolamu (zdroj: EkoWATT)

Obr. 1.14

Optimální stínění domu (zdroj: CPD)

Obr. 1.15

Ukázka řešení tepelného mostu u základů (zdroj: CPD)



1.13



1.14

řešení paty zdi doplněním o vodorovnou izolaci, $\gamma = -0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ při izolaci stěny EPS grafit 280 mm

1.15

