

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2010**

**Bc. Kristýna JEŘÁBKOVÁ**

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta ekonomicko-správní**

**Vliv pasivních domů na prosazování zásad  
udržitelného rozvoje**

**Bc. Kristýna Jeřábková**

**Diplomová práce**

**2010**

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav veřejné správy a práva  
Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna JEŘÁBKOVÁ**  
Studijní program: **N6202 Hospodářská politika a správa**  
Studijní obor: **Ekonomika veřejného sektoru**

Název tématu: **Vliv pasivních domů na prosazování zásad udržitelného rozvoje**

### **Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

- definice pasivního domu
- význam pasivních domů pro udržitelný rozvoj
- metodika - srovnání standardních a pasivních domů
- analýza a výsledky

Rozsah grafických prací: —  
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- HAZUCHA, J., BÁRTA, J.: Pasivní domy 2008. Centrum pasivního domu: 2008, 384 s. ISBN 978-80-254-2848-1  
HAZUCHA, J., BÁRTA, J.: Pasivní domy 2007. Centrum pasivního domu: 2008, 384 s. ISBN 978-80-254-0126-2  
KRAMER, M., BRAUWEILER, J., HELLING, K.: Internationales Umweltmanagement II. C.H.Beck, 2005. 421s. ISBN 80-7179-920-3  
MEZŘICKÝ, V.: Environmentální politika a udržitelný rozvoj. Praha: Portál, 2005, 208 s. ISBN 80-7367-003-8

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav veřejné správy a práva

Datum zadání diplomové práce: 29. června 2009

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2010



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



Ing. Robert Baťa, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 30. června 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30.4.2010

Kristýna Jeřábková

## **SOUHRN**

Diplomová práce se zabývá vlivem pasivních domů na prosazování zásad udržitelného rozvoje. Poskytuje základní informace o pasivních domech a o udržitelném rozvoji. Metodou porovnání standardních domů s domy pasivními naznačuje hlavní výhody a nevýhody obou druhů staveb. A zároveň odpovídá na otázku, zda lze stavět dle zásad trvale udržitelného rozvoje.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

pasivní dům, trvale udržitelný rozvoj, spotřeba energie, obnovitelné zdroje, posuzování vlivu na životní prostředí (EIA), životní cyklus produktu, ekologická stopa

## **TITLE**

Environmental Assessment of Passive Houses

## **ABSTRACT**

The graduation thesis is concerned with influence of the passive houses on the enforcement of the principles of the sustainable development. The thesis provides information about passive houses and about sustainable development. By the comparison method of the standard and passive houses the thesis indicates the main advantages and disadvantages of the both types of houses. Simultaneously the thesis answers the question if it is possible to build-up according to the principles of the sustainable development.

## **KEYWORDS**

passive houses, sustainable development, energy consumption, renewable resources, Environmental impact assessment (EIA), product life cycle, ecological footprint

# OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	HISTORIE PASIVNÍCH DOMŮ .....	9
3	UDRŽITELNÝ ROZVOJ.....	10
3.1	Zásady udržitelného rozvoje .....	11
3.2	Definice udržitelného rozvoje .....	13
3.3	Koncepce udržitelného rozvoje .....	13
3.3.1	Posuzování vlivu na životní prostředí.....	14
3.3.2	Životní cyklus produktu .....	14
3.3.3	Ekologická stopa.....	15
3.4	Výstavba dle zásad udržitelného rozvoje .....	16
4	DEFINICE PASIVNÍHO DOMU.....	18
4.1	Definice pasivního domu .....	18
4.2	Definice dle normy ČSN 73 0540 .....	18
4.3	Definice dle technických normalizačních informací .....	19
4.4	Základní znaky pasivního domu.....	20
5	VÝZNAM PASIVNÍHO DOMU PRO UDRŽITELNÝ ROZVOJ.....	21
5.1	Proč stavět pasivní dům?.....	21
5.2	Využití obnovitelných zdrojů .....	22
5.2.1	Stavební materiály .....	22
5.2.2	Solární energie.....	24
5.3	Energetická náročnost pasivního domu .....	27
5.3.1	Nároky na tvar budovy.....	27
5.3.2	Měrná spotřeba tepla.....	30
5.4	Svázané (šedé) energie.....	31
5.5	Klimatické podmínky a umístění pasivního domu .....	38
5.5.1	Průměrná roční teplota.....	38
5.5.2	Průměrný roční úhrn slunečního záření .....	39
5.5.3	Umístění domu .....	39
5.6	Přednosti pasivního domu .....	41
5.6.1	Stavební materiály .....	41
5.6.2	Tepelná pohoda .....	41

5.6.3	Okna místo radiátoru .....	42
5.6.4	Chytré větrání .....	43
5.6.5	Vzduchotěsný dům .....	46
6	SOUČASNÁ PRAXE VÝSTAVBY PASIVNÍCH DOMŮ .....	47
6.1	Nejčastější chyby a vady při stavbě domu v pasivním standardu .....	47
6.1.1	Izolace .....	47
6.1.2	Tepelné mosty .....	48
6.1.3	Vzduchotěsnost obálky domu .....	49
7	EKONOMICKÁ STRÁNKA PASIVNÍCH DOMŮ .....	52
7.1	Cena pasivních domů .....	52
7.2	Finanční podpory .....	52
7.2.1	Program Zelená úsporám .....	52
7.2.2	Podpora soukromého sektoru .....	54
8	POROVNÁNÍ STANDARDNÍCH A PASIVNÍCH DOMŮ .....	56
8.1	Metodika .....	56
8.1.1	Výchozí situace .....	56
8.1.2	Výběr a popis vhodných základních technických parametrů .....	57
8.1.3	Stanovení významových vah vybraných technických parametrů .....	65
8.1.4	Způsob stanovení výsledku .....	66
8.2	Srovnání standardních a pasivních domů - analýza .....	67
8.2.1	Vstupní data .....	67
8.3	Zpracování vstupních dat .....	71
8.3.1	Hodnocení pasivního domu .....	71
8.3.2	Hodnocení standardního domu .....	72
8.4	Vyhodnocení výsledků .....	73
9	ZÁVĚR .....	74
	SEZNAM LITERATURY .....	75
	SEZNAM TABULEK .....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	79
	SEZNAM GRAFŮ .....	80
	SEZNAM POUŽITÝCH FYZIKÁLNÍCH JEDNOTEK .....	81
	SEZNAM PŘÍLOH .....	82



# 1 ÚVOD

Pasivní domy jsou novým fenoménem moderního stavitelství. Jsou úzce spojovány s pojmem trvale udržitelný rozvoj, který proniká do všech sfér našeho života.

Zajímáme se o pasivní domy více z hlediska novodobého trendu nebo si uvědomujeme i jeho praktické využití? Nebo si snad začínáme uvědomovat, že zdražování energií je již neúnosné? Přemýšlíme o budoucnosti a chceme zde zanechat Zemi i pro další generace? Přispívají pasivní domy k prosazování zásad trvale udržitelného rozvoje?

Tato práce se zabývá vlivem pasivních domů na prosazování zásad trvale udržitelného rozvoje. Budou porovnány jednotlivé parametry dvou kategorií domů, standardních a pasivních a poté vyhodnoceny zásadní odlišnosti.

Cílem práce je navrhnout metodiku, která by hodnotila zejména vliv pasivních domů na prosazování zásad udržitelného rozvoje.

## 2 HISTORIE PASIVNÍCH DOMŮ

První koncepce pasivního domu byla představena v roce 1988. Na Univerzitě Lund, ve Švédsku, se diskutovalo o pokročilejších technikách v oblasti energetických úspor při investiční výstavbě domů, díky kterým lze dosáhnout významného snížení provozních nákladů na energie.

Německá spolková země Hesensko zafinancovala v roce 1990 výzkumný projekt „Pasivní domy“. Po vytvoření vědeckotechnických základů byl postaven první pasivní řadový dům, který je obývaný od roku 1991. Výsledky poukázaly na možnost stavět obytné budovy bez potřeby klasického otopného systému, za současného zachování výborné tepelné pohody (tepelně užitkové vlastnosti interiérů budovy).

V roce 1995 přezkoumali odborníci úspěšnost postupů v rámci tohoto projektu a zaměřili se na jejich širší využití ve stavební praxi.

V roce 1996 zahájilo v Německu svoji činnost „Profesní sdružení levných pasivních domů“. Sdružení vneslo do projektů ideu ventilace stavby, kdy je potřeba čerstvý vzduch přivádět pomocí ventilačního zařízení do každého obytného prostoru. Základem koncepce pasivního domu je tedy dobrá tepelná izolace a kvalitně ventilovaný obytný prostor.

V roce 1997 jsou realizovány sídlištní projekty a následuje rychlý rozvoj této technologie v Rakousku, Německu a Švýcarsku.

Prognóza hovoří o 60-ti tisících nových pasivních domech do roku 2010.<sup>1</sup>

Cílem práce je zjistit jaký vliv mají pasivní domy na dodržování zásad udržitelného rozvoje. Proto bude v následující kapitole definován udržitelný rozvoj, jeho zásady a koncepce.

---

<sup>1</sup> Centrum pasivního domu. *Co je pasivní dům* [on-line]. c2006-2009, Poslední aktualizace 10.12.2009. Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=historie>>

### 3 UDRŽITELNÝ ROZVOJ

Strategie udržitelného rozvoje je úzce spjata s pozitivním lidským postojem k přírodě a ke zvyšující se obavě o životní prostředí. Hlavní myšlenka udržitelného rozvoje se opírá o tato témata:

- ochrana přírody
- rozvoj tropické ekologické vědy
- rostoucí obavy o budoucnost lidstva
- obava z celosvětové ekologické krize
- obava o životní prostředí (prezentována na konferenci OSN ve Stockholmu v roce 1972)<sup>2</sup>

Obavy o globální rozsah environmentálních škod na Stockholmské konferenci vyústily v založení Programu OSN na ochranu životního prostředí (UNEP) v Nairobi. Cílem bylo mít pod kontrolou environmentální škody, jejich odstraňování a stanovování jednotlivých limitů omezujících škodlivé vlivy lidských činností na biosféru. Činnost UNEPu je zaměřena na hodnocení vlivů na životní prostředí, shromažďování informací o životním prostředí a jeho změnách a na mezinárodní spolupráci v oblasti rozhodování ve prospěch životního prostředí.<sup>3</sup>

V dalších podkapitolách budou autorem popsány vytvořené zásady udržitelného rozvoje a jeho definice. Zásady a definice jsou nutné pro vytvoření koncepce udržitelného rozvoje, zajišťují jeho naplnění a na jejich základě vznikají další dokumenty, nástroje a definice souvisejících procesů, které přispívají k trvalé udržitelnosti (např. Posuzování vlivu na životní prostředí, životní cyklus produktu nebo ekologická stopa).

---

<sup>2</sup> GANGULY, P., *Trvale udržitelný rozvoj* Ostrava: Vysoká škola Báňská 1997 106s ISBN 80-7078-473-3

<sup>3</sup> ČNK UNEP *Program OSN pro životní prostředí* [online] Poslední aktualizace 2.2.2010 Dostupné na WWW: <<http://www.unep.cz/unep.php>>

### 3.1 Zásady udržitelného rozvoje

Prvně byly zásady udržitelného rozvoje stanoveny Světovou komisí OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED) v roce 1992, a to ve zprávě nazvané „Naše společná budoucnost“ (Our common future).

#### **V této zprávě je popsán udržitelný rozvoj takto:**

(Trvale) udržitelný rozvoj je takový způsob rozvoje, který neomezuje možnosti budoucích generací, aby mohly uspokojit své budoucí potřeby.<sup>4</sup>

Nejdůležitějším výstupem konference bylo schválení dokumentu „Agenda 21“, který popisuje zásady trvale udržitelného rozvoje ve všech oblastech lidského konání.

#### **V rámci deklarace konference v Rio de Janeiro, v roce 1992, bylo přijato následujících 27 zásad:**

1. Lidé mají právo na zdravý život, který je v souladu s přírodou.
2. Jednotlivé státy mají právo užívat své vlastní zdroje, a to v souladu s politikou ochrany životního prostředí. Zároveň jsou zodpovědné za to, aby svou činností nepoškozovaly životní prostředí jiných států.
3. Právo na rozvoj musí odpovídat dnešním potřebám a zároveň potřebám budoucím.
4. Ochrana životního prostředí musí být nedílnou součástí procesu rozvoje, jen tak lze dosáhnout trvale udržitelného rozvoje.
5. Významným předpokladem pro trvale udržitelný rozvoj je spolupráce na odstranění chudoby a zmenšování rozdílů životní úrovně.
6. Rozvojovým zemím je potřeba věnovat mimořádnou pozornost.
7. Spolupráce států se musí odehrávat na globální úrovni.
8. Pro dosažení trvale udržitelného rozvoje je třeba se vyvarovat všech nežádoucích modelů výroby či spotřeby a zavádět účinná demografická opatření.
9. Je potřeba klást důraz na mezinárodní spolupráci, na výměnu technologických a vědeckých poznatků, rozšiřování technologií, a to jak nových, tak inovovaných.
10. Každý občan musí mít přístup k informacím týkajících se životního prostředí.  
A musí mít možnost podílet se na rozhodovacím procesu.
11. Je potřeba vytvořit účinnou legislativu – ekologické normy, limity, vyhlášky.

---

<sup>4</sup> Klub UNESCO Kroměříž *Co je udržitelný rozvoj* [online] Poslední aktualizace 21.9.2009. Dostupné z WWW: < [http://www.unesco-kromeriz.cz/udrzitelny\\_rozvoj/udrzitelny\\_rozvoj\\_obr.pdf](http://www.unesco-kromeriz.cz/udrzitelny_rozvoj/udrzitelny_rozvoj_obr.pdf) >

12. Zájmem všech je vytvoření mezinárodního řádu, který povede k ekonomickému růstu a trvale udržitelnému rozvoji.
13. Státy musí mít vlastní právní systém, který bude řešit závazky a náhrady poskytované obětem různých ekologických škod.
14. Rozvíjet mezinárodní spolupráci s cílem zamezení či omezení přenosu aktivit a látek, které mohou způsobovat ekologické škody nebo škodí lidskému zdraví.
15. Je potřeba aplikovat preventivní přístupy.
16. Využívat ekonomických nástrojů a dodržovat pravidlo, že náklady za znečištění nese znečišťovatel.
17. Aplikovat hodnocení vlivu činností na životní prostředí (EIA).
18. Okamžitá informovanost v případě jakékoliv přírodní katastrofy, která přesahuje rámec jednoho státu.
19. Informovat o aktivitách, které mohou mít přeshraniční charakter.
20. Uplatnění žen, které sehrávají velkou roli v péči o životní prostředí a jeho rozvoj.
21. Nepotlačit schopnosti a odvahu mladých lidí.
22. Uznání a podpora domorodého obyvatelstva a jejich zapojení do úsilí o dosažení trvale udržitelného rozvoje.
23. Chránit životní prostředí a přírodní zdroje utlačovaných a ovládaných národů.
24. I v případě ozbrojených konfliktů je nutné respektovat mezinárodní právo, které zajišťuje ochranu životního prostředí.
25. Mír, rozvoj a ochrana životního prostředí jsou neoddělitelné a vzájemně závislé.
26. Řešit spory týkající se životního prostředí zejména mírovou cestou a vhodnými prostředky
27. Spolupráce na plnění zásad uvedených v Deklaraci<sup>5</sup>.

Zásady udržitelného rozvoje jsou předpokladem pro naplnění samotných definic udržitelného rozvoje.

---

<sup>5</sup> GANGULY, P. *Trvale udržitelný rozvoj* Ostrava: Vysoká škola Báňská, 1997 107s. ISBN 80-7078-473-3

## 3.2 Definice udržitelného rozvoje

Existuje dlouhá řada definic udržitelného rozvoje. K objasnění problematiky byly vybrány tři následující definice.

### Obecná definice udržitelného rozvoje

Udržitelný rozvoj lze chápat jako takový způsob rozvoje, který umožňuje uspokojit potřeby přítomnosti bez oslabení možnosti naplňovat potřeby budoucích generací.<sup>6</sup>

### Definice dle českého ekologa

Jednu z definic stanovil i náš významný český ekolog – Doc. Ing. Josef Vavroušek CSc. Podle něj se (trvale) udržitelný rozvoj zaměřuje na dosažení harmonie mezi člověkem a přírodou.

### Definice dle amerického přírodovědce

Americký přírodovědec Aldo Leopold chápe pojem udržitelnosti takto – „Privilegium vlastnit Zemi zahrnuje nejen odpovědnost zlepšovat ji při jejím využívání, ale také předat ji našim potomkům. V zájmu svého vlastního přežití musí dnes člověk myslet v širokých ekologických souvislostech“.<sup>7</sup>

## 3.3 Koncepce udržitelného rozvoje

Co se týká energetické spotřeby, tak většina z nás žije nad ekologické možnosti přírodních zdrojů. Udržitelný rozvoj prosazuje hodnoty, které nepřesahují ekologicky přijatelnou úroveň spotřeby.

K trvale udržitelnému rozvoji může dojít za předpokladu, že je demografický vývoj v souladu s produkčním potenciálem ekosystému.

Ještě v nedávné době neměla lidská činnost tak velký rozsah a důsledky zásahů do přírody byly omezené. Z pohledu dneška jsou však rozsahy i účinky zásahů do přírody mnohem drastičtější a mnohem více ohrožují životní prostředí – a to lokálně i globálně. Minimálním požadavkem je, aby trvale udržitelný rozvoj neohrožoval přírodní systémy. Samozřejmě, že hospodářský růst a rozvoj vyvolá jejich změny.

---

<sup>6</sup> Klub UNESCO Kroměříž *Co je udržitelný rozvoj* [online] Poslední aktualizace 21.9.2009. Dostupné z WWW: < [http://www.unesco-kromeriz.cz/udrzitelny\\_rozvoj/udrzitelny\\_rozvoj\\_obr.pdf](http://www.unesco-kromeriz.cz/udrzitelny_rozvoj/udrzitelny_rozvoj_obr.pdf) >

<sup>7</sup> MEZŘICKÝ, V. *Environmentální politika a udržitelný rozvoj* 1.vyd. Praha:Portál 2005 208s ISBN 80-7367-003-8

Pro využívání energie a materiálů platí určité limity. Projevují se víceméně jako rostoucí náklady než jako náhlé ztráty základny zdrojů.

Obnovitelné zdroje není třeba ničit, pokud je využíváme způsobem, který nepřekročí možnosti jejich regenerace a přirozeného růstu.

Naproti tomu, neobnovitelné zdroje se postupným čerpáním zmenšují a nebudou tak dostupné pro příští generace. Neznamená to však, že tyto zdroje nelze i nadále využívat.<sup>8</sup>

### **3.3.1 Posuzování vlivu na životní prostředí**

Posuzování vlivu na životní prostředí, z anglického „Environmental Impact Assesment“ (EIA), je proces (metodika), který komplexně a systematicky zjišťuje environmentální vlivy projektů nebo záměrů (např. plány využití ploch nebo plány výstavby) na životní prostředí.

Jednotlivé vlivy jsou ve studii EIA hodnoceny ve fázích před, během a po realizaci záměru nebo projektu.

V České republice je posuzování vlivu na životní prostředí upraveno zákonem č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.<sup>9</sup>

Vlivy na životní prostředí lze pozorovat také během životního cyklu veškerých produktů, tedy i obytných domů.

### **3.3.2 Životní cyklus produktu**

Během celého životního cyklu produktu se projevují jednotlivé vlivy na životní prostředí. Životní cyklus produktu nazýváme Life Cycle Assessment (LCA).

Vlivy jsou způsobeny samotnou výrobou, použitím produktu a následně i jeho likvidací, respektive recyklací, je-li možná.

Působením člověkem vyvolaných procesů (výroba energie, doprava, průmysl, atd.) se do životního prostředí uvolňují organické a anorganické látky, které jsou pro něj zátěží. Zátěž se pohybuje od zátěže lokální přes regionální až po zátěž globální.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Katedra managementu, inovací a projektů *Udržitelný rozvoj* [online] Poslední aktualizace 25.7.2001 Dostupné z WWW: <[http://kip.zcu.cz/kursy/svt/svt\\_www/7\\_soubory/7\\_1\\_2.html](http://kip.zcu.cz/kursy/svt/svt_www/7_soubory/7_1_2.html)>

<sup>9</sup> KRAMER, M., BRAUWEILER, J., HELLING, K., et al. *Internationales Umweltmanagement – Band 2 Umweltmanagementinstrumente und systeme* 1.vyd. Wiesbaden:Gabler 2003 463s. ISBN 3-409-12318-0

### 3.3.3 Ekologická stopa

Trvale udržitelného rozvoje se týká i koncept ekologické stopy (ES). Tímto konceptem lze sledovat vliv na životní prostředí a můžeme ho považovat za nástroj pro počítání stávajících ekologických zdrojů.

Jeden z autorů konceptu (William Rees) popisuje ekologickou stopu takto: Jak velkou rozlohu je potřeba k souvislému zajištění zdrojů, které využíváme a zároveň ke zneškodnění odpadů, které přitom produkujeme? Ekologická stopa je měřítkem našeho udržitelného životního stylu. Mluvíme pouze o stopě, kterou zanechává náš životní styl (vyjádřenou v globálních hektarech na osobu).

Existují dva základní způsoby výpočtu ekologické stopy. Jeden řeší zdroje odebrané z přírody, ze kterých vyrábíme spotřební předměty. Druhý výpočet se zabývá jednotlivými kategoriemi spotřeby ve formě hotových výrobků. Oba však mají za cíl převést lidskou spotřebu na velikost využívané plochy.

Prostřednictvím kalkulace ekologické stopy lze:

- stanovit kvantitativně spotřebu zdrojů a produkci odpadů
- převést zdroje a odpady na odpovídající plochu (orná půda, pastviny, lesy, vodní plochy apod.)
- rozdílné plochy vyjádřit ve stejných jednotkách za předpokladu, že je setřídíme podle produkce biomasy
- navzájem sčítat jednotlivé hektary, které nám vytvoří celkovou poptávku po přírodních zdrojích
- porovnat celkovou poptávku s přírodní nabídkou ekologických služeb.<sup>11</sup>

Životní cyklus produktu nebo výpočet ekologické stopy ukazuje, jak dané produkty, zdroje nebo náš životní styl zatěžují naše okolí. Je nutné se ptát, zda je možné stavět dle zásad udržitelného rozvoje.

---

<sup>10</sup> KRAMER, M., BRAUWEILER, J., HELLING, K., et al. *Internationales Umweltmanagement – Band 2 Umweltmanagementinstrumente und systeme* 1.vyd. Wiesbaden:Gabler 2003 463s. ISBN 3-409-12318-0

<sup>11</sup> Hra o zemi *Co je ekologická stopa* [online] c2007 Poslední aktualizace 23.1.2010 Dostupné z WWW: <<http://hraozemi.cz/ekostopa>>



### 3.4 Výstavba dle zásad udržitelného rozvoje

Výstavba výrazně zatěžuje životní prostředí. Je to dáno zejména nároky na materiály a energetické zdroje, čerpání přírodních surovin a znečišťování životního prostředí, a to jak během samotné realizace, tak i ve všech fázích existence budov.

V celém životním cyklu spotřebovávají budovy přibližně 40% celosvětové spotřeby energie a zároveň jsou zodpovědné přibližně za 30% celosvětově vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub>. Zároveň budovy vytvářejí za dobu svého životního cyklu asi 40% odpadů. Celý stavební průmysl spotřebuje přibližně 80% celkových energií.<sup>12</sup>

V dnešní době si lze ale vybrat, zda stavět standardní rodinné domy nebo domy, které respektují filozofii trvale udržitelného rozvoje.

Trvale udržitelné stavebnictví zvyšuje energetickou efektivnost staveb, snižuje množství emisí, snaží se efektivně využívat materiály a snižovat odpady v celém životním cyklu budov a klade důraz na snížení provozních nákladů.<sup>13</sup>

Na prosazování zásad trvale udržitelného rozvoje ve stavebnictví mají také vliv:

- zastoupení místních zdrojů
- kvalitativní parametry budovy
- existence lokální ekonomiky
- dostupnost lidských zdrojů
- samotný stavební proces
- adaptibilita stavby na místní prostředí
- současní uživatelé dbající i o uspokojování potřeb budoucích
- prodloužení LCA budovy
- efektivita při zastavování území a jeho využití
- lokální urbanistický vývoj
- poskytnutí relevantních informací
- poskytnutí kvalitních služeb
- nebo využití vedlejších produktů

---

<sup>12</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

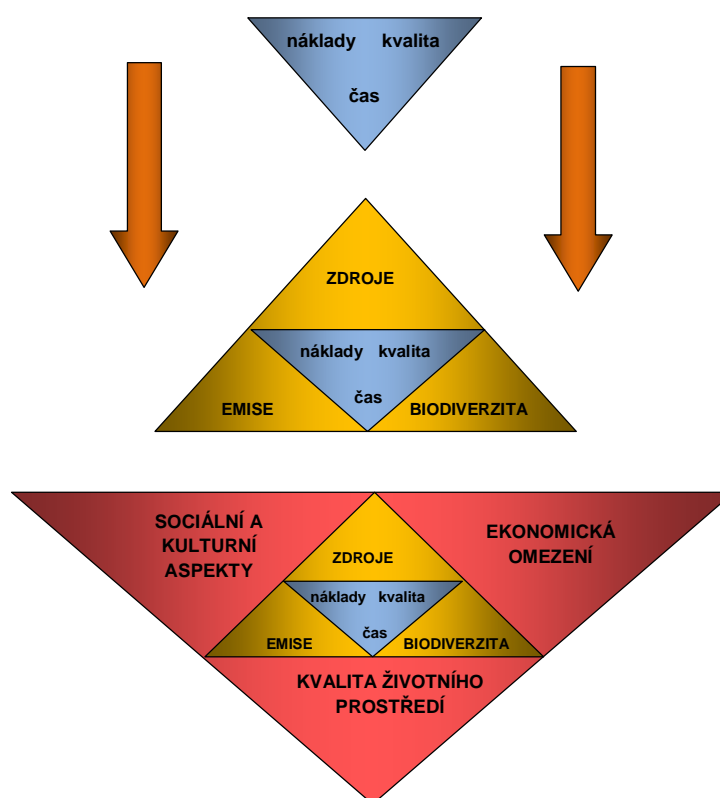
<sup>13</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

I v rámci udržitelné výstavby lze definovat tři základní pilíře udržitelnosti:

- 1) kvalitativní parametry životního prostředí
- 2) ekonomicky efektivní výstavba
- 3) související sociální a kulturní aspekty

Primárně je stavební proces zaměřený zejména na pořizovací náklady, kvalitu provedení a čas potřebný k výstavbě. Až poté se začne proces zabývat dopady na životní prostředí, jako je omezená dostupnost zdrojů, množství emisí provázející výstavbu a vliv na biodiverzitu. Na úplném konci stavební proces zahrnuje i o globální souvislosti jako jsou sociálně-kulturní aspekty, kvalita životního prostředí a ekonomické souvislosti.<sup>14</sup>

Obrázek č. 1 ilustruje stavební proces v rámci tří pilířů udržitelnosti (životní prostředí, ekonomika a sociálně kulturní parametry).



**Obrázek č. 1: Pojetí stavebního procesu v globálních souvislostech<sup>15</sup>**

<sup>14</sup> TZBinfo *Hodnocení staveb na základě užítku* [online] c2001-2010 Poslední aktualizace 2.11.2009 Dostupné na WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6013>>

<sup>15</sup> Tzbinfo *Hodnocení staveb na základě užítku* [online] c2001-2010 Poslední aktualizace 2.11.2009 Dostupné na WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6013>>

## 4 DEFINICE PASIVNÍHO DOMU

Definice pasivního domu existuje hodně. Víceméně všechny se shodují, že základním předpokladem je měrná spotřeba tepla do 15 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### 4.1 Definice pasivního domu

Pasivní dům je budova s komfortním vnitřním prostředím jak v zimním, tak v letním období. Vzhledem k nízkým tepelným ztrátám nepotřebuje budova standardní vytápěcí systémy. Díky správně vyřešené izolaci jsou tepelné ztráty pasivního domu sníženy natolik, že postačí minimální množství tepla k udržení teploty v jednotlivých místnostech. Výborná tepelná izolace dokáže udržet i při nízkých teplotách povrchovou teplotu vnitřních stěn a oken cca 20°C.<sup>16</sup>

### 4.2 Definice dle normy ČSN 73 0540

Technická norma ČSN 73 0540 popisuje pasivní dům takto. Pasivní domy jsou budovy s roční měrnou spotřebou tepla na vytápění, která nepřesahuje 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Takto nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití standardní otopné soustavy, a to pouze:

- se systémem nuceného větrání, obsahujícím účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu (rekuperací)
- a s malým zařízením pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot (součást systému nuceného větrání)

Dále musí být dosaženo daných teplot vnitřního vzduchu po provozní přestávce v přiměřené (a v projektové dokumentaci uvedené) době. U těchto budov nemá celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev teplé užitkové vody a elektrické energie pro spotřebiče) překračovat hodnotu 120 kWh/(m<sup>2</sup>a).<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Medmax systém *Co je pasivní dům* [online] Poslední aktualizace 22.1.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.tvujdum.cz/dum-stavba/rodinne-domy/pasivni-dum-jak-by-mel-fungovat.aspx>>

<sup>17</sup> Centrum pasivního domu. *Co je pasivní dům?* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 10.12.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=definice-rozdeleni-podle-energeticke-narocnosti>>

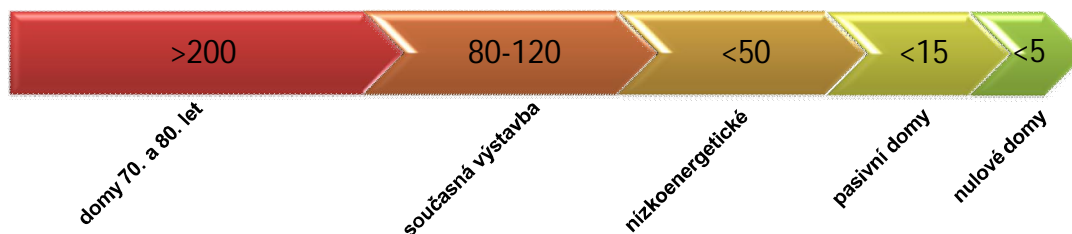
Norma dělí budovy s nízkou energetickou náročností obecně na domy nízkoenergetické a pasivní. Hraniční hodnotou pro nízkoenergetický dům je 50 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Je také možné dohledat termín nulový dům (dům s nulovou potřebou energie). Těchto parametrů je většinou dosaženo navýšením plochy fotovoltaických panelů. Jsou to domy s potřebou tepla méně než 5 kWh/(m<sup>2</sup>a).

*Tabulka č. 1: Přehled typů výstavby, dle roční měrné potřeby tepla na vytápění*

Typ výstavby	Roční měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m <sup>2</sup> a)
Domy 70. a 80. let	> 200
Současná výstavba	80-140
Nízkoenergetické domy	≤ 50
Pasivní domy	≤ 15
Nulové domy s přebytkem tepla	< 5

Zdroj: <http://www.pasivnidomy.cz>, úprava autor



*Graf č. 1: Měrná potřeba tepla na vytápění (v kWh/m<sup>2</sup>a)*

### 4.3 Definice dle technických normalizačních informací

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví vydal v roce 2009 Technickou normalizační informaci (TNI) 73 0329, která zmiňuje pasivní dům jako objekt, který má roční potřebu tepla na vytápění v hodnotě maximálně 20 kWh/m<sup>2</sup>a celkové podlahové plochy – toto platí pro rodinné domy.

Jiná TNI 73 0330, z června roku 2009 uvádí, že pro bytové domy, tzn. pro domy s více než třemi byty, platí hodnota 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Abychom dosáhli těchto nízkých hodnot je potřeba počítat s řízeným větráním spojeným s rekuperací tepla.

Dalším významným parametrem dle TNI je součinitel prostupu tepla, který by neměl přesahovat hodnotu 0,22 W/(m<sup>2</sup>K).

Pasivní dům musí být navržen takovým způsobem, aby v letním období nejvyšší teplota uvnitř nepřesáhla 27°C.<sup>18</sup>

Uvedené definice nastiňují základní charakteristiky pasivního domu, které jsou rozšířeny v následující kapitole.

#### 4.4 Základní znaky pasivního domu

Pasivní dům má několik základních znaků:

- dobrý architektonický návrh (podporující žádané energetické vlastnosti)
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků
- prosklené plochy jsou orientovány na jih
- špičkové zasklení (tepelně-izolační parametry)
- nadstandardní tepelné izolace a vzduchotěsnost domu
- důsledné řešení tepelných mostů
- regulace vytápění využívající tepelné zisky (primární – přímé solární zisky prostupem okny, sekundární – nepřímé, získané z teplovodních solárních kolektorů nebo tepelné zisky ze spotřebičů, osvětlení a obyvatel domu.)
- strojní větrání s rekuperací tepla
- klasický otopný systém může zcela chybět
- spotřeba tepla na vytápění je maximálně 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)<sup>19</sup>

Pasivní dům poskytuje komfort, pohodu vnitřního prostředí, příjemnou teplotu v letních dnech i zimních mrazech, stále čerstvý vzduch, a to bez okenního větrání či standardních otopných systémů. To vše díky nízkým energetickým ztrátám i energetickým ziskům z okolního prostředí.

---

<sup>18</sup> Tvůj dům *Pasivní dům: Jak by měl fungovat?* [online] c1998-2009 Poslední aktualizace 3.9.2009. Dostupné z WWW: <<http://www.tvujdum.cz/dum-stavba/rodinne-domy/pasivni-dum-jak-by-mel-fungovat.aspx>>

<sup>19</sup> Stavby nízkoenergetických a pasivních domů *Pasivní domy* [online] c2008 Poslední aktualizace 10.8.2008 Dostupné z WWW: <<http://babor.cz/pasivni.htm>>

## 5 VÝZNAM PASIVNÍHO DOMU PRO UDRŽITELNÝ ROZVOJ

Domy navržené v pasivním standardu jsou navrhovány s ohledem na co nejmenší potřeby energie, jak při jejich stavbě, tak v průběhu celého jejich života. Pro životní prostředí má také význam využívání obnovitelných zdrojů při stavbě budovy a jejich využití na tvorbu energie, potřebnou pro život v domě.

### 5.1 Proč stavět pasivní dům?

Život v pasivním domě znamená úsporu nákladů na vytápění, ale nejen to. Lze se zbavit i některých zdravotních problémů. Filtrace vstupujícího vzduchu zajišťuje zbavení se škodlivých nečistot a prachu, které v něm bývají obsaženy, zejména v exponovaných průmyslových aglomeracích.

Velkou část energií, které za svůj život spotřebujeme, souvisí s bydlením. I přesto je většinou považujeme za náklady na bydlení. Pasivní dům přináší extrémně nízké náklady na vytápění. Tepelné zisky ze slunce, od lidí a z elektrických spotřebičů vytopí pohodlně celý dům, a to po většinu roku.

Pasivní dům spotřebuje za rok maximálně 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), což je zanedbatelná spotřeba ve srovnání se standardním rodinným domem, který spotřebuje kolem 200 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Náklady, za které postavíme pasivní dům, by se nemusely lišit od nákladů na běžnou novostavbu (viz. Ekonomická stránka pasivních domů – kapitola č. 7). Při stavbě jsou použity jednoduché principy a technologie, které ušetří energie a významně zvýší komfort bydlení. Zaručují stálý přívod čerstvého vzduchu, udržují příjemné teploty v zimě i v létě a nevytváří teplotní rozdíly v jednotlivých místnostech.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

## 5.2 Využití obnovitelných zdrojů

Konstrukce a správné užívání pasivního domu nám umožňuje využívat obnovitelné zdroje, zejména solární teplovodní kolektory pro ohřev vody, fotovoltaické články pro výrobu elektrického proudu eventuálně kotel na biomasu, jako dodatečný zdroj tepla.<sup>21</sup>

Pro samotné konstrukce domů v pasivním standardu se ukázalo použití dřeva jako velmi vhodné a také efektivní. Dřevo je jedním z mála plně obnovitelných stavebních materiálů a je tedy splněn požadavek na stavbu s velmi nízkou spotřebou energie v jejím životním cyklu.<sup>22</sup>

V tomto směru jsou pasivní domy přínosem pro udržitelný rozvoj, protože využívají přírodní a obnovitelné zdroje energie a materiálů ve větší míře než současné stavby. Během svého životního cyklu využívají méně energie na svůj provoz a po ukončení životního cyklu je zde možnost recyklace použitého materiálu.

### 5.2.1 Stavební materiály

Při stavbě pasivních domů hrají velkou roli obnovitelné materiály, ze kterých stavíme. Mezi tradiční přírodní materiály patří zejména kámen, dřevo a hlína. V souvislosti se zásadami udržitelného rozvoje roste význam těchto obnovitelných materiálů, zejména jde o šetření energie během samotné stavby a její využívání v budoucnu. Stále častěji se v souvislosti s přírodními materiály versus materiály zatěžujícími životní prostředí objevují pojmy jako životní cyklus budov nebo svázaná (šedá) energie výrobků dodaná během jejich výroby, dopravy a použití na stavbě.

Přednostmi přírodních materiálů jsou:

- menší potřeba energie při jejich zpracování než u uměle vyráběných materiálů
- při využití lokálních materiálů se snižují náklady na dopravu
- nepochybně příznivý vliv na zdraví člověka
- nenáročná recyklace a snadný návrat zpět do přírody po ukončení životního cyklu budovy<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Centrum pasivních domů *Základní principy* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 31.1.2007 Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/principy/zakladni-principy.html?chapter=poradne-uteseno>>

<sup>22</sup> BÁRTA, J. *Pasivní domy 2006* 2.vyd Brno: Centrum pasivního domu 2007 405s. ISBN

<sup>23</sup> TZB info *Přírodní materiály – obnovitelné zdroje surovin I* [online] c2001-2010 Poslední aktualizace 2.7.2007 Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4215&h=24&th=56>>

Dřevo představuje obnovitelný surovinový zdroj velkého potenciálu. Ve stále větší míře se setkáváme s materiály na jeho bázi, jako jsou: štěpkové deskové materiály, tepelné izolace na bázi dřeva nebo dřevovláknité materiály. Tyto výrobky mají výborné mechanicko-fyzikální vlastnosti, tepelně technické vlastnosti, jednoduchou zpracovatelnost a zejména úplnou recyklovatelnost na konci životního cyklu.

Dřevo a materiály na jeho bázi se využívají zejména v těchto oblastech stavebnictví:

- pro konstrukční účely (trámy, nosníky, fošny, latě, dřevovláknité, dřevotřískové OSB desky a podobně)
- pro doplňkové a kompletační konstrukce (výplně okenních a dveřních otvorů, nášlapné vrstvy podlah nebo obklady fasád)
- jako surovina pro výrobu dalších stavebních materiálů (tepelné a akustické izolace ve formě desek nebo rohoží)
- výrobky z celulózy a papíru (nosné vrstvy hydroizolací, separační vrstvy nebo formy ztraceného bednění, tepelné foukané izolace)<sup>24</sup>

Novým trendem v použití přírodní izolace jsou slaměné balíky. Je to velmi levný a přírodní materiál, který lze použít i pro pasivní domy po splnění určitých podmínek. Základní podmínkou je malá vlhkost při sběru balíků. Balíky by měly být co nejsušší. Ideálním případem je mít slaměné balíky z loňské sklizně, které budou skladovány pod střechou a mohou dosychat. Jednou z největších výhod slaměných balíků je cena. Mají výborné izolační vlastnosti a stejně jako dřevo produkují minimum CO<sub>2</sub>.<sup>25</sup>

Pro výrobu izolace lze také použít technické konopí, z něhož se vyrábí zejména tvrzené desky pro akustické izolace podlah.

Z rákosu se vyrábí tepelné izolace pod omítky. Rákos se vyznačuje větší pevností a delší trvanlivostí než výše zmiňovaná sláma.

Existují i další materiály rostlinného původu, které využíváme při stavbě – například juta jako výztužná tkanina omítek či stabilizace zemních svahů. Nebo korek, který používáme jako tepelnou a akustickou izolaci nebo podlahovou krytinu.

---

<sup>24</sup> Stavebnictví *Stavební materiály na bázi obnovitelných zdrojů surovin* [online] Poslední aktualizace 12/2007 Dostupné na WWW: <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/stavebnimaterialy-na-bazi-obnovitelných-zdroju-surovin> N498>

<sup>25</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J. *Pasivní domy 2007* 1.vyd Brno: Centrum pasivního domu 2007 339s ISBN 978-80-254-0126-2



Ovčí vlna se vyznačuje vysokou hygroskopií (až 30%) – je to schopnost látek pohlcovat a udržovat vlhkost. Je tedy vhodná například pro výrobu tepelně izolačních rohoží, jako výrobků schopných vyrovnávat vlhkostní výkyvy v interiérech.

Jako stavební materiály využíváme i přírodní jíly, zeminy a kameniva. Nejsou přímo z obnovitelných zdrojů, ale jejich dostupnost je široká a zdroje jsou téměř neomezené.

Výhodou jejich zpracování je:

- minimální potřeba energie pro vlastní zpracování
- využití lokálních zdrojů surovin
- na konci životního cyklu materiálů není nutná náročná recyklace, protože při zpracování nedochází k zásadní chemické přeměně materiálu.<sup>26</sup>

Využitím obnovitelných zdrojů se nerozumí pouze materiály pro výstavbu domu, ale také energie získávaná z obnovitelných zdrojů, kterou lze využít pro dodatečný ohřev či vytápění.

### 5.2.2 Solární energie

S provozem a eventuálním vytápěním domu souvisí velmi úzce získávání solární energie ze slunce. Solární zisky využíváme buď k ohřívání interiérů při prostupu okny, nebo jejich využitím v různých solárních systémech.

Pasivní solární zisky jsou pro provoz pasivního domu klíčové. Následující vzorec ukazuje, že je zde dán prostor určité kreativitě při využití solárních zisků.

$$\text{pasivní solární zisky} = \text{dopadající solární energie} \times \text{propustnost zasklení} \times \text{stupeň využití zisků}$$

Teoretické množství solární energie jakož i propustnost slunečního záření pro různé druhy zasklení u nás stanovuje norma ČSN 73 0540 3.

Pro stanovení množství solárních zisků je vhodné použít klimatická data pro konkrétní lokalitu. Množství sluneční energie stále kolísá. V posledních letech je množství slunečního svitu o 6% vyšší ve srovnání s dlouhodobým průměrem.

<sup>26</sup> Stavebnictví *Stavební materiály na bázi obnovitelných zdrojů surovin* [online] Poslední aktualizace 12/2007 Dostupné na WWW: <<http://www.casopisstavbnictvi.cz/stavebnimaterialy-na-bazi-obnovitelných-zdroju-surovin> N498>

Množství sluneční energie se na území ČR značně liší. Rozdíly jsou způsobeny především dobou slunečního svitu. Naproti tomu rozdíly dané zeměpisnou šířkou jsou spíše zanedbatelné.

Významným faktorem, týkající se slunečního svitu, je stupeň znečištění atmosféry.<sup>27</sup>

Údaj o ročním úhrnu slunečního záření je důležitý pro výpočty budoucí energetické bilance fotovoltaického systému. Lze se takto dopočítat i návratnosti investice.<sup>28</sup>

Sluneční energii lze využít dvojím způsobem:

- pasivně – to znamená přes okna, zimní zahrady, zasklené lodžie či transparentní střechy
- aktivně – pomocí technických zařízení, která nám přemění sluneční záření na energii buď tepelnou (fototermální solární kolektory) nebo elektrickou (fotovoltaické solární panely)

#### 5.2.2.1 Fototermální solární kolektory

Solární kolektory pracují na principu fototermální konverze, to znamená, že mění sluneční záření na tepelnou energii, kterou odevzdává teplotonosné kapalině. Kapalina jde potrubím do zásobníku, kde ohřívá vodu. Nejčastěji se využívá dvouokruhový solární systém s nuceným oběhem. Cirkulaci vody zde zajišťuje čerpadlo.

Dobře naprojektovaný solární systém dokáže ušetřit velkou část nákladů na přípravu teplé užitkové vody (TUV). Samozřejmě však záleží na dostupnosti slunečního svitu. V letním období využíváme sluneční energii na ohřev TUV téměř plnohodnotně, ale v období přechodném slouží většinou jen k přehřátí teplé vody.

U solárního systému pro vytápění je důležité zamezit ztrátám, proto musí být budova i solární systém důsledně zaizolován. Mimo zásobník TUV je zde nainstalován další tepelný zásobník a náhradní zdroj tepla stálého výkonu.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J. *Pasivní domy 2007* 1.vyd Brno:Centrum pasivního domu 2007 339s ISBN 978-80-254-0126-2

<sup>28</sup> Isofen Energy *Fotovoltaika v podmínkách České republiky* [online] c2009 Poslední aktualizace 10.1.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.isofenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>>

<sup>29</sup> Solární energie info *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] Poslední aktualizace 28.2.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.solarni-energie.info/solarni-systemy.php>>

### 5.2.2.2 Fotovoltaické solární kolektory

Tyto kolektory slouží k přímé výrobě elektřiny. Přeměňují sluneční záření na elektrickou energii pomocí fotovoltaického jevu, kdy při dopadu slunečního záření na fotovoltaický článek dochází k uvolňování elektronů, což vyprodukuje napětí přibližně 0,6 – 0,7 V. Vzniklé volné elektrické náboje jsou jako elektrická energie odváděna z fotovoltaického článku přes regulátor buď do akumulátoru, ke spotřebiči nebo do rozvodné sítě.<sup>30</sup>

Obecně při konstrukci jak fototermálních solárních kolektorů, tak fotovoltaických solárních kolektorů je nutné mít na paměti průměrné hodnoty slunečního svitu v dané lokalitě, účinnost jednotlivých zařízení a celkovou spotřebu veškerých zařízení, které budou připojeny k systému.

Využití sluneční energie má za následek redukci skleníkových plynů a tím pádem omezení vzniku skleníkového efektu. Snižování spotřeby energie je nezbytné pro další budoucnost země a dalších generací.

Pasivní domy se principiálně snaží o co nejnižší energetické nároky. Vzhledem k velmi malé negativní energetické bilanci pasivního domu a k nepříliš velkému měrnému výkonu solárních systémů se jeví využití solárních systémů jako velmi vhodné pro tento typ výstavby.

Ekonomicky výhodné bude, pokud část energie ze solárního systému bude pokrývat ohřev užitkové vody a další část vytápění. Vhodně navržený solární systém tak dokáže pokrýt až 100% chybějících tepelných energií, a to navíc z obnovitelných zdrojů. Rozsah systému lze přizpůsobit potřebám prakticky jakéhokoliv objektu. To je důvodem, proč je podíl solární energie na spotřebě celkové energie stále vyšší, zejména v segmentu výstavby nízkoenergetických a pasivních domů.

Dalším ekonomickým přínosem je podpora ze stran institucí EU, které pobízí členské státy ke zvýšení výroby energie z obnovitelných zdrojů energie.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Solární energie info *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] Poslední aktualizace 28.2.2010  
Dostupné z WWW: <<http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>>

<sup>31</sup> ISŠ Technická Mělník *Solární systémy Ecosolaris* [online] c2008 Poslední aktualizace 10.1.2010  
Dostupné z WWW: <<http://www.isstechn.cz/objekty/solArni-systEmy-ekosolaris-cast1.pdf>>

### 5.3 Energetická náročnost pasivního domu

Potřeba energie je u pasivních domů nižší až o 90% oproti současné výstavbě. Pasivní dům používá pro vytápění obytných prostor větrací systém s rekuperací a dohřevem, který zajišťuje přívod teplého vzduchu nebo systém cirkulačního teplovzdušného vytápění s řízeným větráním a rekuperací.

Běžná údržba domu záleží na návrhu a správném provedení domu. Vzhledem k tomu, že se pasivní domy staví jednoduše (bez zbytečných nároků na tvarovou členitost), lze předpokládat, že náklady na běžnou údržbu budou též menší než u standardních staveb.<sup>32</sup>

Pro snížení energetické náročnosti existují různá pravidla a doporučení. Týkají se zejména samotného konstrukčního řešení. Jde o rozdělení obalových konstrukcí podle akumulačních schopností, požadavky na řešení střechy, jako jsou tepelná izolace a její další návaznost, eliminace tepelných mostů nebo vodotěsnost. U tepelných izolací se zabýváme správnou tloušťkou tepelné izolace a jejími fyzikálními vlastnostmi.

Nejslabším článkem domu jsou otvorové výplně (okna, dveře, kouřovody), které se podílejí na tepelných ztrátách budovy. V současné době je požadován u oken součinitel prostupu tepla (U) přibližně  $1,2 \text{ W/m}^2$ . Vyjadřuje, kolik tepla prochází oknem při rozdílu teplot  $1^\circ\text{C}$ . Je dán kvalitou rámu, skla i způsobem zastavění a vyjadřuje celkovou tepelně izolační schopnost okna.<sup>33</sup>

#### 5.3.1 Nároky na tvar budovy

Samotný návrh domu je ovlivněný orientací stavebního pozemku vůči světovým stranám. Osazení objektu do terénu, tvar budovy a její objem nebo velikost povrchu ovlivňují také klimatické a topografické podmínky. Ty také určují vliv na snížení energetické náročnosti domu.

Energetické úspory lze tedy získat již jen správným urbanistickým a architektonickým řešením, které umí správně využít pasivní sluneční energii.<sup>34</sup> Standardní domy často nesplňují základní energetické vlastnosti, a to jen díky tvaru budovy a zejména její členitosti. Čím více je budova členitá, tím vyšší má tepelné ztráty.

---

<sup>32</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

<sup>33</sup> *Archiweb Pasivní domy II.*[online] c1997-2010 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.archiweb.cz/salon.php?action=show&id=995&type=10>>

<sup>34</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J. *Pasivní domy 2007* 1vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2007 339s. ISBN 978-80-254-0126-2

Pokud by záleželo pouze na tvaru, ideálním tvarem domu by byla koule. Bydlení v kouli by bylo však problematické, proto se nejlepším tvarem jeví kvádr nebo hranol.<sup>35</sup>

Pro výstavbu pasivního domu se doporučuje dodržovat určitá pravidla. Hlavním pravidlem je tvořit dům s úmyslem dosažení pasivního standardu. To znamená, aby cíl dosažení pasivního standardu byl ústřední myšlenkou již od fáze návrhu koncepce domu, přes architektonický, stavebně-technický návrh až po vlastní realizaci a dokončení stavby v kvalitě odpovídající tomuto standardu.

Bylo by však mylné se domnívat, že úspory energie, ekologické myšlení či další parametry ústí pouze v jeden správný tvar či velikost pasivního domu.

V současné době již existují v pasivním standardu snad všechny typy výstaveb. Nemusí nutně sloužit pouze k bydlení, ale lze vystavět mateřské školy, vysokoškolské koleje nebo kancelářské budovy.

Základem hospodárného návrhu je tvarová kompaktnost, která přispívá ke snížení potřeby tepla na vytápění. Vyhláška č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách, zmiňuje vliv menšího faktoru tvaru  $A/V$ . Kde hodnota  $A$  vyjadřuje plochu ochlazovaných konstrukcí a hodnota  $V$  vyjadřuje objem budovy. Vzájemný poměr energetických vlastností podle tvaru objektu ukazuje tabulka.

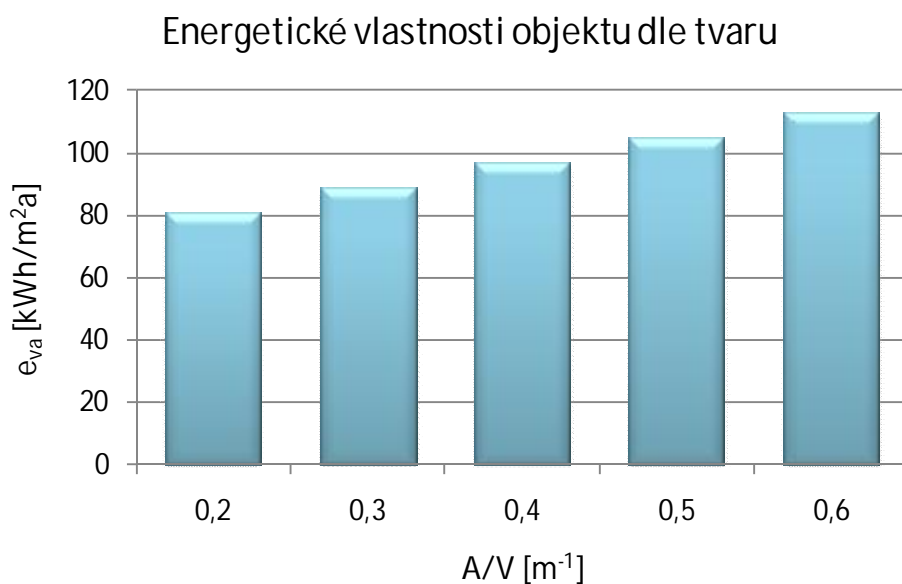
**Tabulka č. 2: Změna energetických vlastností objektu dle tvaru.**

$A/V [m^{-1}]$	$e_{va} [kWh/m^2 a]$
0,2	80,6
0,3	88,8
0,4	96,9
0,5	105
0,6	113,1

**Zdroj:** <http://www.pasivnidomy.cz>

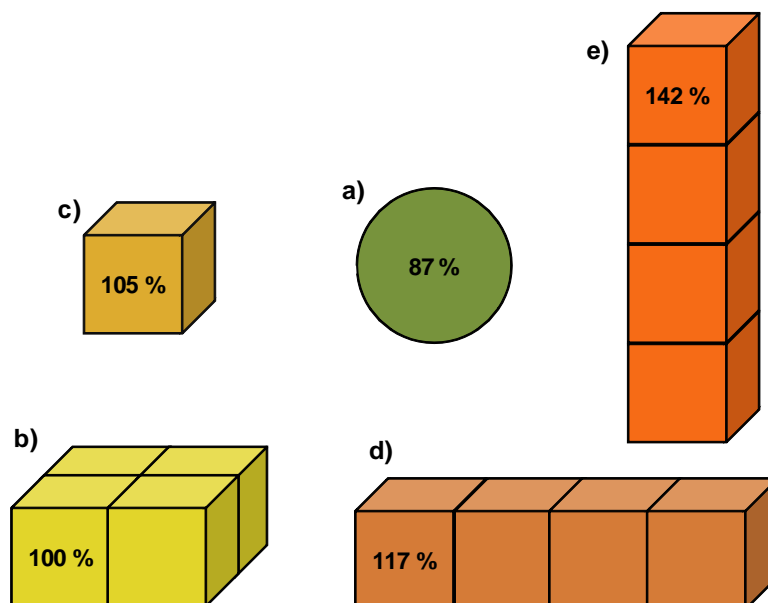
Kompaktní budova má co nejmenší poměr  $A/V$  a co nejmenší povrch, kterým je teplo předáváno okolí. Poměr hodnot je zobrazen v grafu č. 2.

<sup>35</sup> Centrum pasivního domu *Technické a dispoziční řešení* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 20.2.2009 Dostupné na WWW: < <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/architektura/technicke-a-dispozicni-reseni.html?chapter=tvarove-reseni-krychle-kvadr-nebo-neco-jineho> >



**Graf č. 2: Energetické vlastnosti objektu dle tvaru**

Následující obrázek ukazuje možné tvary budov a jejich vliv na tepelné ztráty objektů. Velikost ochlazovaných ploch při stejném objemu objektů je uvedena v procentech. Bližší popis tvarů je uveden v textu níže.



**Obrázek č. 2: Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty<sup>36</sup>**

<sup>36</sup> Centrum pasivních domů *Tvarové řešení – krychle, kvádr nebo něco jiného?* [online] c2006-2009  
Poslední aktualizace 20.2.2009 Dostupné na WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni->

Ideálním tvarem budovy, vzhledem k nejmenší při stejném objemu, je již zmiňovaná koule. Potřebu energie na vytápění ovlivňují plochy vnějších ochlazovaných konstrukcí. Pasivní dům by tedy měl mít minimum vnějších ploch v poměru ke svému objemu. Veškerá zalomení fasády, balkony nebo zapuštění lodžie tuto plochu zvětšují a tím pádem zvětšují i tepelné ztráty budovy.

### **Jednotlivé tvary objektů:**

- a) **dům ve tvaru koule** – vůči objemu má nižší velikost ochlazovaných ploch, ale byla zde již zmíněna problematičnost bydlení v kouli.
- b) **řadový dům (do čtverce)** – základním tvarem jsou čtyři jednotky poskládané do čtverce. Přepážky mezi jednotkami nejsou ochlazovanými plochami, tudíž se zmenšila velikost ochlazovaných ploch vůči objemu jednotek.
- c) **rodinný dům** – je samostatně stojící jednotkou, kde velikost ochlazovaných ploch je téměř rovna velikosti objemu domu.
- d) **řadový dům** – i zde nejsou přepážky mezi jednotkami ochlazovanými plochami. V nevýhodné pozici jsou však obě krajní jednotky, které mají vůči jednotkám uprostřed větší velikost ochlazovaných ploch.
- e) **věžový dům** – ochlazovaná plocha je téměř stejná jako u řadového domu. Ve větší výšce však působí další vlivy, jako jsou rychlost proudění vzduchu nebo nižší průměrné teploty

Obecně řečeno je výhodnější postavit vícebytový dům (řadový dům) - lépe splňuje kritéria energetické náročnosti, namísto stejného počtu samostatně stojících domů.

### **5.3.2 Měrná spotřeba tepla**

Parametr, který je nejznámější a nejzmiňovanější. I když není jediným, který ovlivňuje, v jakém energetickém standardu bude dům v konečném provedení. Měrná potřeba tepla na vytápění ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) vyjadřuje potřebu tepla v kWh na  $1\text{m}^2$  vytápěné plochy budovy za rok.

Pro připomenutí jsou zde znovu uvedeny měrné spotřeby tepla pro jednotlivé typy domů. Pro pasivní dům je hranicí  $15\text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Nízkoenergetický dům se pohybuje pod

hranicí 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Současná stavba má měrnou spotřebu tepla v rozmezí od 80 do 140 kWh/m<sup>2</sup>a. Podrobněji viz. kapitola 4.2.

## 5.4 Svázané (šedé) energie

Do 19. století bylo využíváno především obnovitelných zdrojů paliv a energie (to znamená biomasa, voda, vítr, sluneční záření a práce zvířat a lidí). Spotřeba energie byla tedy velmi nízká a téměř bezodpadová.

V roce 1850 se fosilní paliva a vodní energie podílely 11,5% na spotřebě veškeré energie světa. V roce 1910 to bylo 69% a dnes jsme dosáhli již 89%. Je zde zřejmý posun od obnovitelných k neobnovitelným zdrojům a dochází tím tak k jejich vyčerpávání.

Svázanou energii lze stanovit jako součet veškerých energií potřebných k přípravě produktu (výrobek, energie) – zahrnuje všechny dílčí procesy, to znamená těžbu surovin pro výrobu, zpracování surovin, dopravu, výrobu produktu a distribuci.

Pokud se řeší ochrana životního prostředí tak zde není dostačující pouze informace o spotřebě energie měřené na vstupu do budovy. Významným parametrem je také množství primární energie, to znamená energie, která se musí přeměnit, aby se získalo potřebné množství konečné energie na provoz budovy. Sem lze zahrnout procesy jako přeměnu energie v elektrárnách, náklady na distribuci energie a ostatní vyvolané energetické náklady.

Běžné elektrárny mají účinnost kolem 30%. Zjednodušeně se dá říci, že na 1 kWh konečné energie připadá přibližně 3 kWh primární energie. Pokud dále započítáme ztráty při přenosu energie i ztráty z výstavby a údržby přenosových zařízení, číslo se ještě zvýší. Tyto nepříznivé poměry konečné a primární energie by nás měly motivovat k co nejefektivnějšímu využití elektrické energie, to znamená redukci spotřeby.

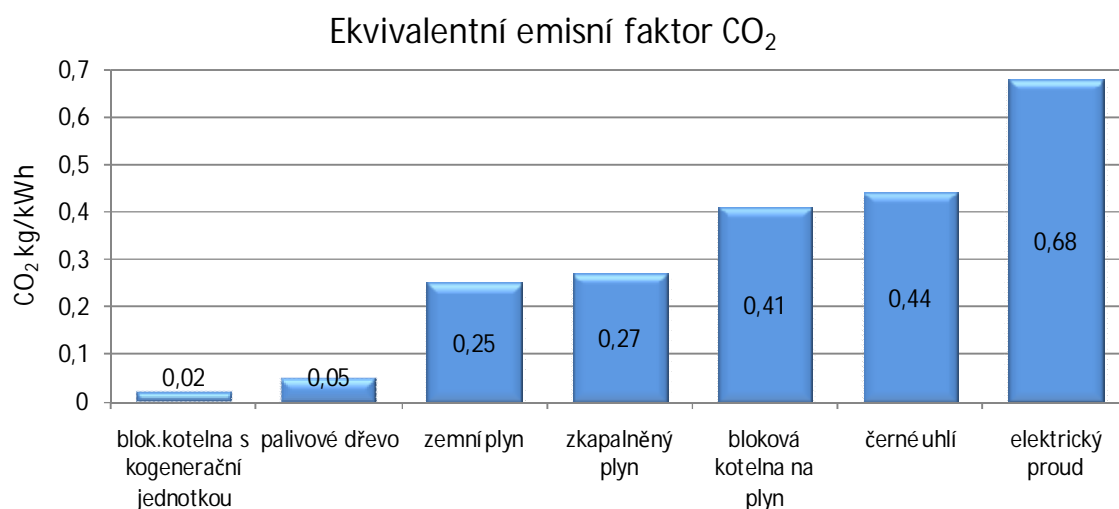
Následující tabulka ukazuje orientační hodnoty základního faktoru energetické přeměny  $P_F$  a ekvivalentní emise CO<sub>2</sub>. Faktor energetické přeměny odpovídá použití energetických systémů a jejich podílu na jednotlivých energetických spotřebách.



Tabulka č. 3: Základní faktor energetické přeměny a ekvivalentní emise CO<sub>2</sub><sup>37</sup>

Energetické médium	F <sub>p</sub> [-]	Ekvivalentní emisní faktor CO <sub>2</sub> [kg/kWh]
zemní plyn	1,1	0,25
zkapalněný plyn	1,1	0,27
černé uhlí	1,1	0,44
palivové dřevo	0,2	0,05
centrální zásobování teplem (bloková kotelna na plyn)	1,5	0,41
centrální zásobování teplem (bloková kotelna na plyn s kogenerační jednotkou 70%)	0,7	0,02
elektrický proud (mix v síti)	2,7 – 3,0	0,68

Z tabulky lze vyčíst, že nejlepším energetickým médiem je palivové dřevo, následované centrálním zásobováním teplem, kdy bloková kotelna na plyn je vybavena kogenerační jednotkou s účinností 70%. Proces kogenerace znamená společnou výrobu elektřiny a tepla, která znamená zvýšení účinnosti využití energie paliv. Přehledněji viz. graf č. 3.



Graf č. 3: Ekvivalentní emisní faktor CO<sub>2</sub>

V další tabulce jsou pro přehlednost seřazeny jednotlivé typy elektráren dle jejich schopnosti přeměnit účinně energii.

<sup>37</sup> TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy Principy a příklady* 1.vyd Praha:Grada Publishing 2005 200s ISBN 80-247-1101-X

Tabulka č. 4: Účinnost přeměny energie elektráren

Typ elektrárny	Účinnost přeměny energie (v %)
tepelná elektrárna	50
větrná elektrárna	≤ 45
vodní elektrárna	≤ 40
uhelná elektrárna	30-40
jaderná elektrárna	30
solární elektrárna	8 - 15

Zdroj: vlastní

Systémy, které využívají obnovitelné zdroje, nedisponují nulovým faktorem energetické přeměny. Vždy je tu přítomen podíl energie neobnovitelného původu, například elektřina na pohon čerpadel či vliv dopravy.

Veškeré stavební objekty a konstrukce vykazují emise CO<sub>2</sub> a s tím související svázanou produkci CO<sub>2</sub> a svázanou spotřebu energie.

### Produkce emisí CO<sub>2</sub>

V současné době se sleduje produkce ekvivalentních emisí CO<sub>2</sub>, která souvisí s volbou energetického systému.<sup>38</sup>

Stavební průmysl patří mezi významné znečišťovatele životního prostředí. V rámci EU spotřebovává přibližně 70% celkové energie, produkuje 30% emisí CO<sub>2</sub> a 40% veškerých odpadů.<sup>39</sup>

Tabulka č. 5 zobrazuje CO<sub>2</sub> uvolněné do ovzduší během těžby, výroby a dopravy uvedených stavebních materiálů. V případě minusových hodnot jde o CO<sub>2</sub>, které je vázané ve hmotě. Například u dřeva, které má pasivní bilanci CO<sub>2</sub>. Během svého života více CO<sub>2</sub> absorbuje, než jako stavební výrobek vygeneruje.

<sup>38</sup> TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy Principy a příklady* 1. vyd Praha: Grada Publishing 2005 200s ISBN 80-247-1101-X

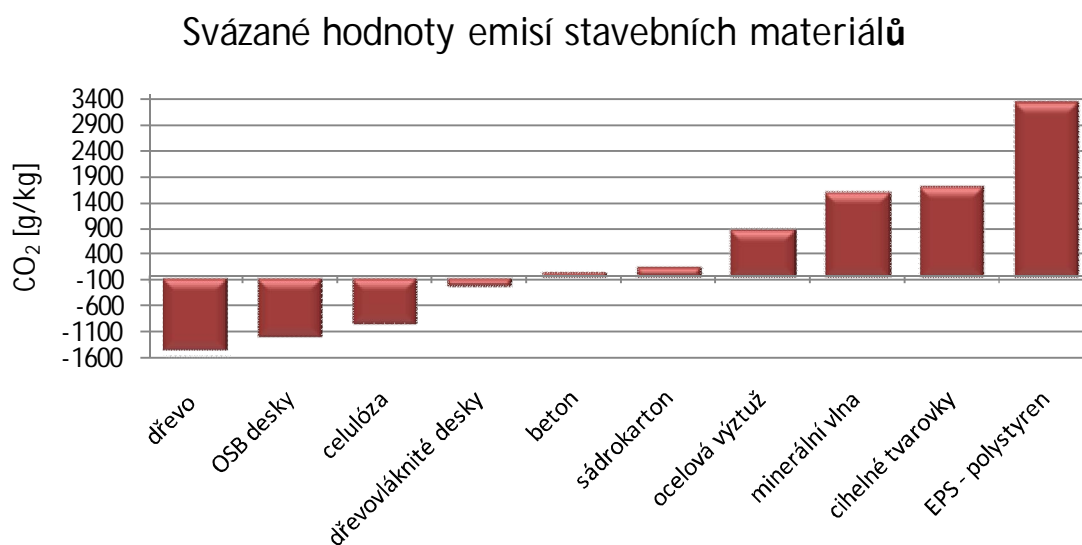
<sup>39</sup> TZB info *Svázané hodnoty energie a emisí CO<sub>2</sub> v systémech TZB* [online] c2001-2010 Poslední aktualizace 1.5.2006 Dostupné z WWW: < <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3250> >

Tabulka č. 5: Svázané hodnoty energie a emisí CO<sub>2</sub> stavebních materiálů

materiál	jednotka	kg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> [g/kg]
beton	m <sup>3</sup>	2200	103
celulóza	m <sup>3</sup>	45	-907
cihelné tvarovky	m <sup>3</sup>	850	1760
dřevo	m <sup>3</sup>	500	-1409
dřevovláknité desky	m <sup>3</sup>	250	-183
EPS (pěnový polystyren)	m <sup>3</sup>	15	3350
minerální vlna	m <sup>3</sup>	40	1640
ocel.výztuž	t	7800	935
OSB desky	m <sup>3</sup>	650	-1168
sádrokarton	m <sup>3</sup>	900	200

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz>

Pro větší názornost je uveden graf, který vychází z tabulky svázaných hodnot emisí CO<sub>2</sub> stavebních materiálů.



Graf č. 4: Svázané hodnoty emisí stavebních materiálů

Graf názorně ukazuje, že nejvíce emisí CO<sub>2</sub> na kilogram při své výrobě uvolňuje polystyren.

Následující tabulka ukazuje celkovou spotřebu paliva, tepla a energie na výrobu základních produktů použitých při výstavbě domu. Tyto údaje budou použity při srovnání energetické náročnosti výstavby standardního a pasivního domu.

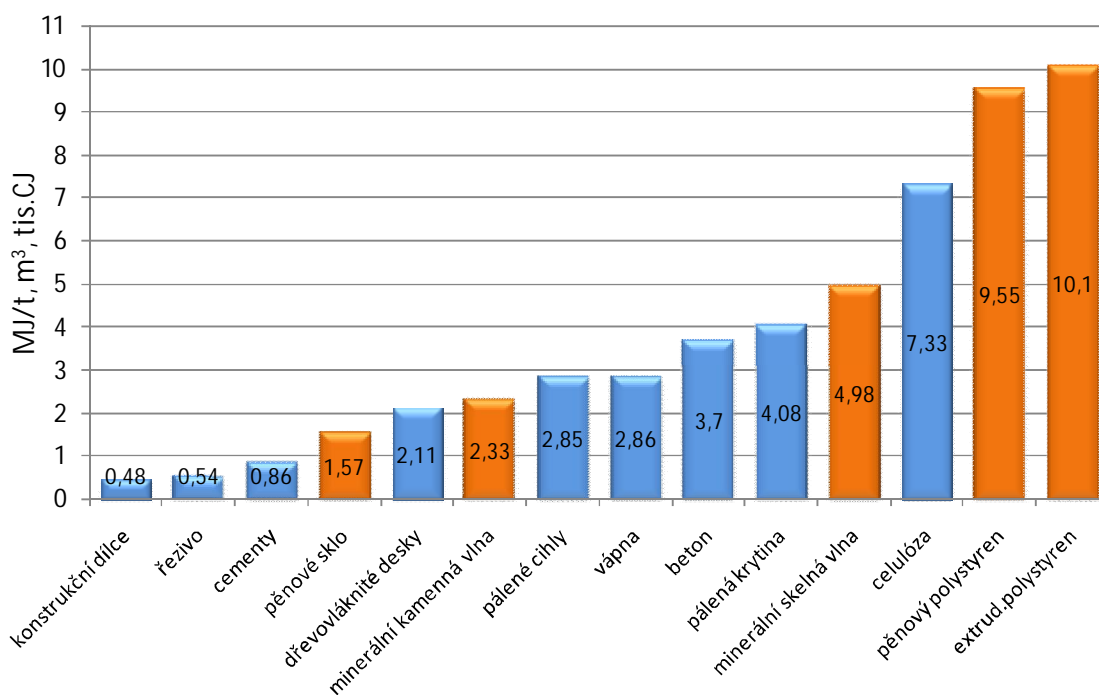
*Tabulka č. 6: Spotřeba paliv, tepla a elektrické energie na výrobu produktů*

Název produktu	Spotřeba celkem
Extrudovaný polystyren (XPS)	10,10 GJ/t
Pěnový polystyren	9,85 GJ/t
Celulóza	7,03 GJ/t
Minerální skelná vlna	4,98 GJ/t
Krytina pálená	4,08 GJ/t
Beton	3,70 GJ/t
Krytina Eternit	2,89 GJ/t
Vápna	2,86 GJ/t
Cihly pálené	2,85 GJ/tis.CJ
Minerální kamenná vlna	2,33 GJ/t
Desky dřevovláknité	2,11 GJ/ m <sup>3</sup>
Pěnové sklo	1,57 GJ/t
Cementy	0,86 GJ/t
Řezivo jehličnaté a listnaté	0,54 GJ/m <sup>3</sup>
Dílce stavebně konstrukční, beton. a želez.	0,48 GJ/m <sup>3</sup>

Zdroj: <http://www.czso.cz>

Pro větší názornost jsou data z tabulky zobrazena v následujícím grafu č. 5

## Celková spotřeba energie na výrobu stavebních materiálů



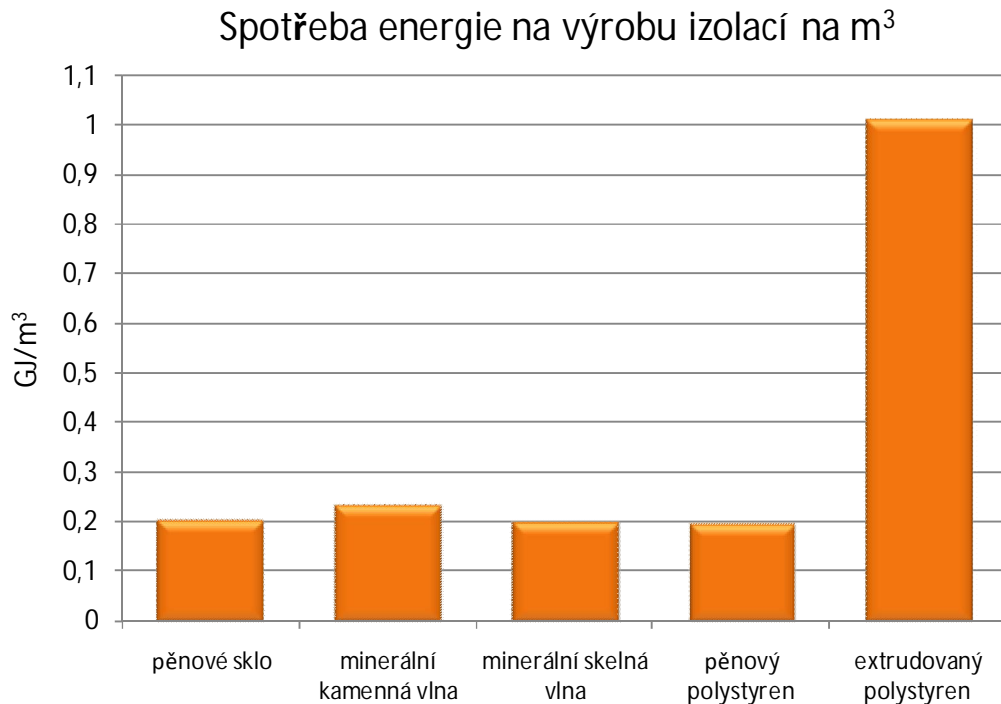
**Graf č. 5: Spotřeba paliv, tepla a elektrické energie na výrobu stavebních produktů**

Po znázornění dat z tabulky pomocí grafu, je patrné, že nejvyšší spotřebu energií na svou výrobu má extrudovaný polystyren.

V případě izolačních materiálů, kterých se používá na stavbě domu přibližně stejný objem, má každý izolační materiál jinou hustotu a tedy i jinou hmotnost na  $m^3$ . Pak jsou tedy hodnoty uvedené v tabulce č. 6, u materiálů, které se používají v objemových množstvích, částečně zavádějící. K odstranění této nepřesnosti jsou z grafu č. 5 vybrány izolační materiály (vyznačeno oranžovou barvou) u kterých je přepočítána spotřeba energie z váhových jednotek (t) na objemové ( $m^3$ ).

Pro výpočet jsou použity tyto objemové hmotnosti: kamenná vlna a extrudovaný polystyren  $100 \text{ kg/m}^3$ , skelná vlna  $40 \text{ kg/m}^3$ , pěnový polystyren  $20 \text{ kg/m}^3$  a pěnové sklo  $130 \text{ kg/m}^3$ .

Přepočítané hodnoty izolačních materiálů jsou znázorněny v grafu č. 6.



**Graf č. 6: Porovnání svázané energie u izolací<sup>40</sup>**

Po přepočtu spotřeby energie na m<sup>3</sup> je na tom minerální kamenná vlna hůře než pěnový polystyren. Jejím kladem je však výroba z přírodních materiálů.

Hodnocení různých konstrukčních variant domů prokazují environmentální efektivnost dřevostaveb s izolací na bázi celulózy. Dřevostavby na rozdíl od ostatních konstrukcí váží CO<sub>2</sub> do hmoty budovy. U běžné cihelné výstavby se jedná až o 110 t CO<sub>2</sub>, které jsou zátěží při výstavbě a provozu domu.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Šetrné budovy *Porovnání tradičních izolačních materiálů z hlediska environmentálního dopadu* [online] Poslední aktualizace 11.4.2010 Dostupné z WWW:

<<http://www.setrnebudovy.cz/component/content/article/34>>

<sup>41</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno: Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

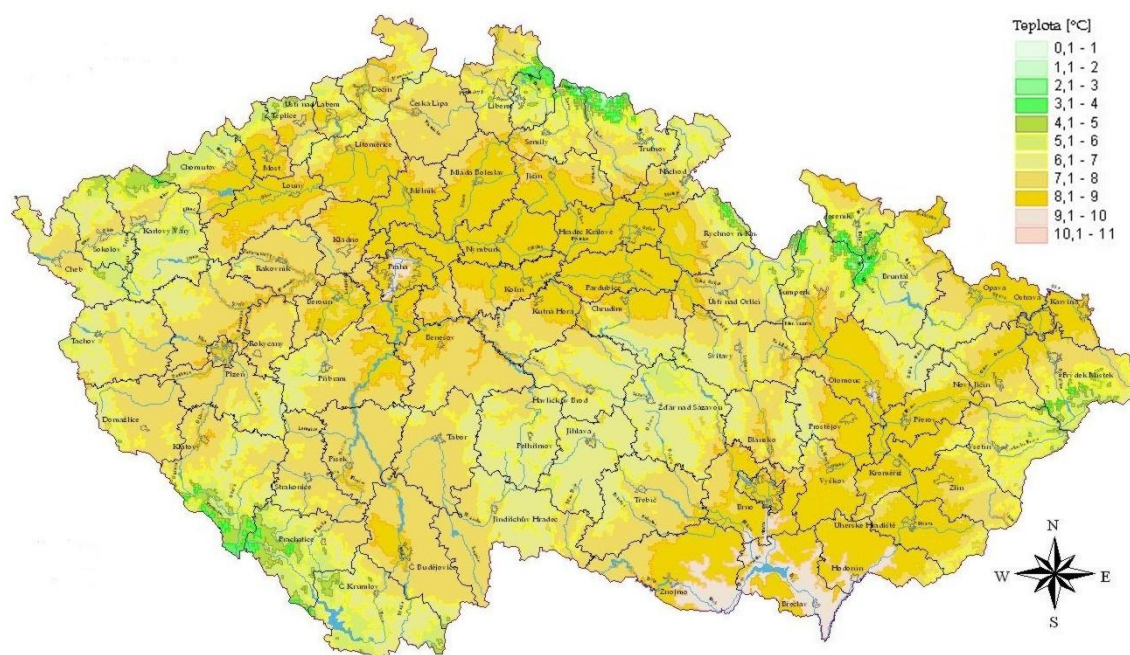
## 5.5 Klimatické podmínky a umístění pasivního domu

Pasivní domy se k nám rozšířily zejména z německy mluvících zemí, které jsou lídry v oblasti prosazování staveb v pasivním standardu. Protože v těchto zemích panují lokálně odlišné klimatické podmínky, je potřeba upravit přístupy k řešení pasivních domů s ohledem na místní klimatické podmínky. Například maxima slunečního svitu v České republice odpovídají minimálním hodnotám slunečního svitu v sousedním Rakousku. I přesto je klima pro budování pasivních domů v České republice vhodné. Zima zde není tak extrémní jako na severu Evropy a navíc zde nemusíme řešit aktivní chlazení, na rozdíl od teplotně nadprůměrné jižní Evropy.

Protože se v ČR zvyšuje počet nízkoenergetických a pasivních domů je nutné zpřesnit výpočtová hodnocení těchto domů a doplnit do budoucna klasifikační postupy.<sup>42</sup>

### 5.5.1 Průměrná roční teplota

Na mapě České republiky (obrázek č.3) jsou znázorněny průměrné teploty za období 40-ti let. Nejvyšší průměrné teploty jsou na jihu Moravy.



Obrázek č. 3: Roční úhrn průměrné teploty vzduchu (°C)<sup>43</sup>

<sup>42</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

<sup>43</sup> Český hydrometeorologický ústav *Atlas podnebí* [online] c2005 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: < <http://www.chmu.cz/meteo/ok/tr6190w.jpg>>



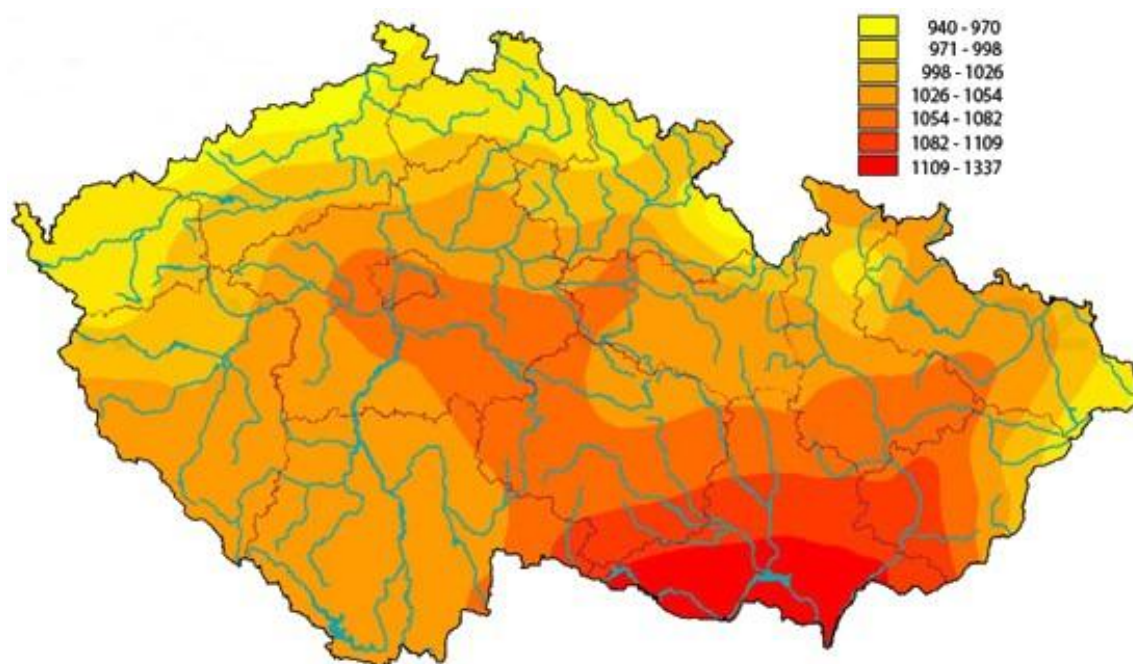
### 5.5.2 Průměrný roční úhrn slunečního záření

Sluneční záření, které dopadá na Zemi, je možné rozdělit na dvě složky:

- a) přímé záření
- b) rozptýlené (difúzní) záření (vznikající rozptylem paprsků v atmosféře)

Na Zemi dopadne ročně 20 000 krát více energie, než je lidstvo schopné spotřebovat.

V České republice dopadne na 1 m<sup>2</sup> kolem 950-1340 kWh sluneční energie ročně. Z toho asi 75% v letním období.<sup>44</sup>



Obrázek č. 4: Roční úhrn průměrného slunečního záření (kWh/m<sup>2</sup>)<sup>45</sup>

### 5.5.3 Umístění domu

Kromě sledování teplotních průměrů a průměrů slunečního svitu je nutné věnovat pozornost samotnému umístění domu.

Mezi rozhodující faktory umístění domu na pozemku patří:

- nadmořská výška (její nárůst o 100 m způsobí pokles teploty vzduchu přibližně o 0,5°C)

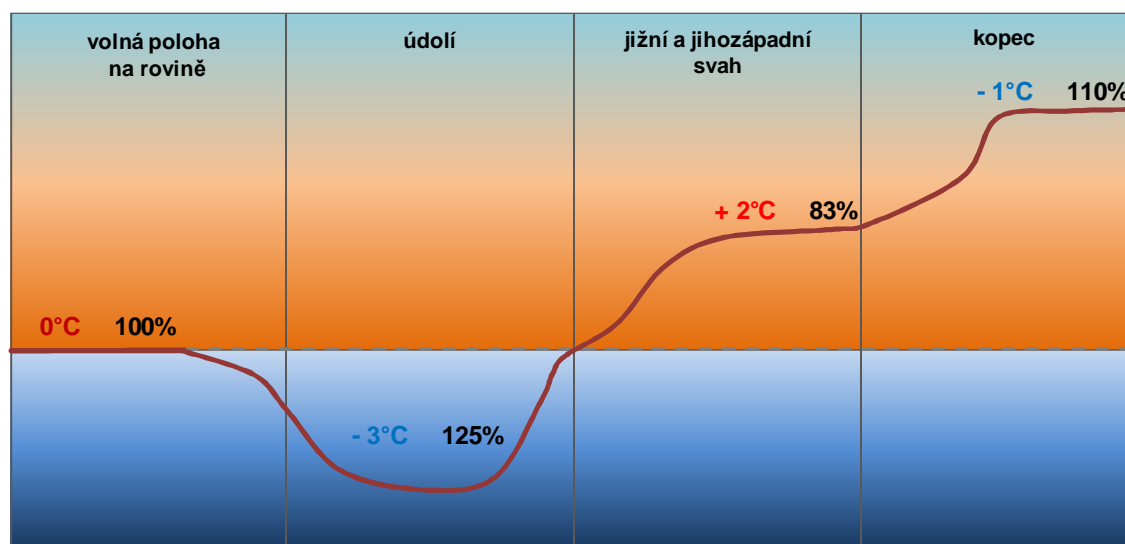
<sup>44</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J. *Pasivní domy 2007* 1. vyd Brno: Centrum pasivního domu 2007 339s ISBN 978-80-254-0126-2

<sup>45</sup> Český hydrometeorologický ústav *Atlas podnebí* [online] c2005 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: < <http://www.chmu.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html> >



- orientace pozemku ke světovým stranám (zejména směr svahu, jižně orientované svahy přijímají o 10 až 30% slunečního svitu více než severní svahy)
- tvar terénu (v údolích a na nechráněných kopcích jsou nižší teploty vzduchu než na jižních a jihozápadních svazích)
- povětrnostní podmínky (vliv větru lze eliminovat kvalitní tepelnou izolací a vzduchotěsností obvodové konstrukce)
- hustota okolní zástavby (teplota vnějšího vzduchu v husté zástavbě je přibližně o 5 až 10°C vyšší než na volné ploše)
- vegetace (zejména její hustota a druh, zadržuje vláhu a ovlivňuje vlhkost, teplotu a sílu proudění vzduchu)
- vodní toky a plochy (zmírňují teplotní výkyvy díky své tepelně akumulaci schopnosti)<sup>46</sup>

Na obrázku č. 5 vidíme vliv jednotlivých poloh v terénu na tepelné ztráty.



Obrázek č. 5: Vliv polohy domu v terénu na tepelné ztráty<sup>47</sup>

Dům by tedy neměl být stíněn a hlavní fasáda s největší prosklenou plochou by měla být orientovaná směrem ke sluneční straně, to znamená od jihovýchodu přes jih až po jihozápad. Dům by neměl být vystavován návětrným místům v kopci nebo naopak v údolí, kde je chladněji a je zde omezen sluneční svit během dne.

Pokud pasivní dům vhodně umístíme, v plné míře se projeví jeho přednosti.

<sup>46</sup> Archiweb *Pasivní domy III.* [online] c1997-2010 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.archiweb.cz/salon.php?type=10&action=show&id=1204>>

<sup>47</sup> AUGUSTA, P., a kol. *Velká kniha o energii* Praha: L.A. Consulting Agency 2001 377s ISBN 80-238-6578-1

## 5.6 Přednosti pasivního domu

V několika dalších oblastech, uvedených dále, bude zodpovězena úvodní položená otázka „Proč stavět pasivní dům?“ V každé tematické oblasti budou shrnuty základní rozdíly pasivních a standardních domů a uvedeny přednosti pasivních domů.

### 5.6.1 Stavební materiály

Při stavbě pasivních domů mají přednost obnovitelné zdroje pro výrobu stavebních materiálů. Takové materiály, při jejichž výrobě je spotřebováno co nejméně energie a uvolněno co nejméně emisí CO<sub>2</sub>. Přednost zde mají zejména dřevo jako konstrukční prvek a další stavební materiály na bázi dřeva, celulózy či dalších přírodních materiálů, které nevyžadují ke své přípravě zvýšené množství energie, jako např. kamenná vlna (hlavním procesem výroby je tavení čediče při teplotě 1 500°C)

Naproti tomu mají standardní domy ve velké většině konstrukci z pálených cihelných materiálů nebo z pórobetonu a jako izolace slouží polystyren. Tyto stavební materiály vykazují velké množství spotřebované energie na svou výrobu.

Stavební materiály použité při výstavbě pasivních domů vykazují méně vypouštěných emisí CO<sub>2</sub> a méně spotřebované energie potřebné na jejich výrobu. V tomto ohledu pasivní domy zatěžují méně životní prostředí, a to jak při výstavbě, tak po celou dobu jeho života. Výjimkou jsou izolace, které jsou energeticky náročné, co se týká jejich výroby.

### 5.6.2 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda vyjadřuje stav prostředí, který je člověku příjemný. Existují doporučené hodnoty teploty. Je to cca 15°C přes noc, 17°- 20°C přes den a 22°C večer.

Norma ČSN 06 0210 uvádí doporučené teploty v jednotlivých místnostech:

- |                               |         |
|-------------------------------|---------|
| - neobývané (chodba, předsíň) | 15°C    |
| - ložnice                     | 18°C    |
| - obývané (pokoj, kuchyň)     | 20-22°C |
| - koupelna                    | 24°C    |

Zvýšením teploty o pouhý 1°C zvýšíme spotřebu paliva a náklady na vytápění vzrostou přibližně o 5-6%.

Tepelnou pohodou nerozumíme jen teplotu vzduchu, ale zároveň i relativní vlhkost, která odpovídá dané teplotě a také zajištění přívodu čerstvého vzduchu (tzv. rychlost proudění).<sup>48</sup>

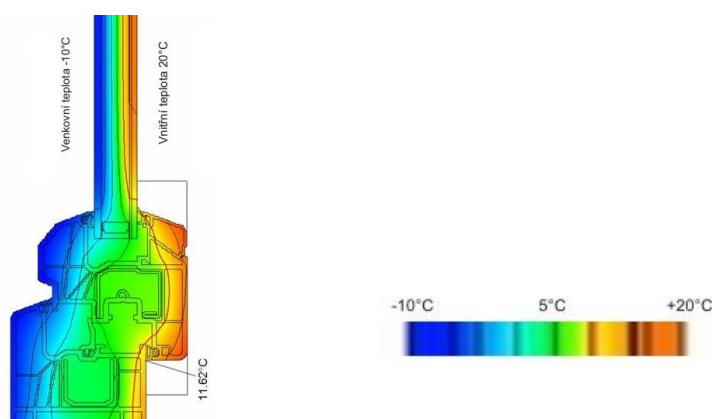
Norma ČSN 73 0540-3 stanoví relativní vlhkost vnitřního vzduchu ( $\varphi$ ) u obývaných místností na 50%, stejně tak u kuchyně a vytápěných vedlejších místností (chodby, předsíně).

K navození příjemného klimatu a vyrovnané energetické bilance napomáhají i okna. Tato okna by měla účinně snižovat energetické ztráty při vytápění domu. Je obecně známo, že okna jsou z hlediska tepelně-izolačních vlastností nejslabším článkem v plášti budov. Kvalitně zvolenými okny lze zabránit pronikání chladu do domu a takové okno pak dokáže vytvořit příjemný prostor i v blízkosti oken.

### 5.6.3 Okna místo radiátoru

Použití vhodných typů oken s vynikajícími tepelně-technickými vlastnostmi rámu i zasklení nám pomůže pokrýt velkou část tepla na vytápění. Taková okna využívají princip tepelných zisků ze slunce a současně principu izolace zevnitř ven (okna orientována jižním směrem). Okna nám tak přivádějí do domu více tepla, než kolik ho přes okna uniká. Zároveň je možné ve stejném objektu použít okna, která jsou izolační v obou směrech (okna orientována na sever).

Funkci toků tepelných zisků a ztrát okny znázorňuje níže uvedený obrázek č. 6.



Obrázek č. 6: Funkce izolačního okna s trojsklem<sup>49</sup>

<sup>48</sup> DUFKA, J. *Vytápění domů a bytů* 2.vyd. Praha:Grada Publishing 2006 100s ISBN 80-247-0642-3

<sup>49</sup> DEGPLAST *Nízkoenergetické a pasivní domy* [online] c1994-2010 Poslední aktualizace 10.4.2010 Dostupné z WWW: < <http://www.decplast.cz/okna-pro-nizkoenergeticke-a-pasivni-domy>>

Normálními okny uniká z domu 25 až 30% energie. Při stále se zvyšujících nákladech na vytápění je nutné uchovávat energii v domě a zbytečně s ní neplýtvat. K tomu slouží izolační okna s trojsklem. Tato okna mají mezeru mezi skly vyplněnou inertním plynem, nejčastěji argonem nebo kryptonem. Výhodou vyšší tepelné izolace je menší ochlazování interiérové části skla a tím se zároveň snižuje riziko rosení okna.

Pokud je venkovní teplota  $-10^{\circ}\text{C}$ , okno s izolačním trojsklem má na povrchu vnitřního-interiérového skla teplotu  $17^{\circ}\text{C}$ , což se od pokojové teploty  $20^{\circ}\text{C}$  téměř neliší (viz. obrázek č. 6). V případě okna s izolačním dvojsklem by teplota povrchu vnitřní-interiérové okenní tabule byla pouze  $8^{\circ}\text{C}$ .

Proto je důležité instalovat v pasivním domě zejména okna s izolačním trojsklem. Cena oken je samozřejmě vyšší než u dvojskel běžně používaných u standardních domů, ale je to investice s dlouhou životností a krátkou návratností. Navíc cenový rozdíl není nijak dramatický.

#### **5.6.4 Chytré větrání**

Je známé, že větráním uniká z domu velké množství tepla. V pasivním domě není potřeba větrat díky automatickému větracímu systému se zpětným získáváním tepla (rekuperací). Tyto tepelné ztráty jsou tak minimalizovány. Jediným limitem pro výměnu části vzduchu (a tedy malé tepelné ztráty) se tak stává hygienické hledisko pro výměnu vzduchu, určené normou ČSN 73 0540-2. Základním požadavkem je zajistit vyhovující hodnoty teploty, vlhkosti vzduchu, obsahu kyslíku a mikrobiální nezávadnosti.

##### **5.6.4.1 Rekuperační jednotky**

Na rozdíl od prostého větrání okny však systém rekuperace nevypouští vnitřní ohřátý vzduch přímo, ale přes tepelný výměník, kde se zachytí podstatná část jeho tepelné energie a ta se předává čerstvě nasávanému vzduchu. U pasivních domů se používají rekuperační výměníky s minimální účinností 80%, kde se přiváděný vzduch ohřívá na pokojovou teplotu. Odpadní a čerstvý vzduch jsou odděleny teplosměnnou plochou, přes kterou si teplo předávají a tudíž není jejich kvalita nijak ovlivněna. Tak je jednak omezena tepelná ztráta jednou ohřátého média a zároveň omezena potřeba dohřívát vstupní vzduch na požadovanou teplotu.

To se týká zejména zimního období s potřebou pokrýt negativní energetickou bilanci pasivního domu. Výhodou uvedeného systému však je, že dokáže pracovat i s opačným teplotním gradientem v letním období a naopak vstupní vzduch ochlazovat.

Větrací jednotku lze umístit do technické místnosti, do sklepa, podkroví či do podhledu stropu. Rozvody pro přívod a odtaž vzduchu jsou vedeny v podlaze, stěnách nebo podhledu stropu. Systém řízeného větrání bývá často doplněn o zemní výměník tepla<sup>50</sup>

#### 5.6.4.2 Zemní výměníky

Účinnost výše uvedených systémů je (pro snížení energetické náročnosti) doplňována pomocnými prostorovými objekty, umístěnými mimo dům, které mají za úkol alespoň částečně vyrovnat tepelný rozdíl teplot venkovních a teplot uvnitř interiérů.

Jedná se především o zemní výměník tepla (ZVT). ZVT zabezpečuje v létě předchlazení nasávaného vzduchu a v zimě jeho předehřátí. Rozlišujeme vzduchový nebo kapalinový zemní výměník (princip funkce je stejný u obou typů).

Princip zemního výměníku tepla spočívá ve využití relativně stálé teploty zeminy v určité hloubce. V období, kdy má vstupující vzduch vyšší teplotu než je teplota zeminy, je procházející vzduch ochlazován. A naopak, pokud je jeho teplota nižší, než je teplota zeminy, je ohříván.

Účinnost je tím vyšší, čím více je odebíraného tepla z odváděného vzduchu. To znamená, jak silně umí zemní výměník tepla odpadní vzduch ochladit a předehřát vstupující chladný vzduch. Pro zimní předehřátí vzduchu je nejlepší hloubka v rozmezí 1,5 až 2,5 m, kde je přes zimu asi +5°C.<sup>51</sup>

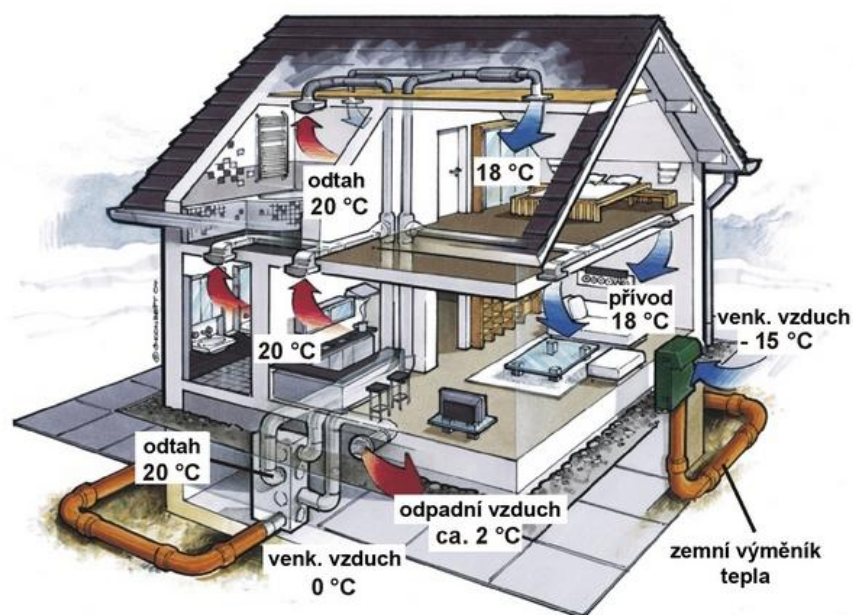
Standardní domy v převážné většině tuto techniku nevyužívají. Jako zdroj vytápění mají otopný systém, který tvoří obvykle kotel a topná tělesa. Zdrojem energie pro vytápění je zejména elektřina, zemní plyn, palivové dřevo a hnědé uhlí.

---

<sup>50</sup> Centrum pasivních domů *Větrání a teplovzdušné vytápění* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 19.5.2009 Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/vetrani-a-teplovzduzne-vytapeni.html>>

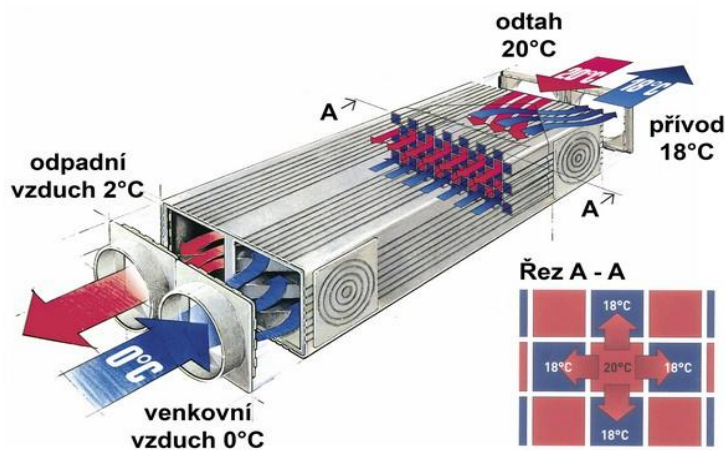
<sup>51</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J. *Pasivní domy 2007* 1 vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2007 339s. ISBN 978-80-254-0126-2

Ukázka větracího systému s rekuperační jednotkou, rozvodu vzduchu v interiéru a zemního výměníku je na následujícím obrázku č. 7.



Obrázek č. 7: Větrací systém v rodinném domě<sup>52</sup>

Na obrázku č. 8 je rekuperační výměník tepla, který provádí téměř dokonalou výměnu tepla mezi čerstvým nasávaným vzduchem a ohřátým odpadním vzduchem. Tento protiproudý kanálový výměník dosahuje účinnosti až 95%.



Obrázek č. 8: Rekuperační výměník tepla<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Centrum pasivních domů *Větrání a teplovzdušné vytápění* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 19.5.2009 Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitni-prostredi-domu/vetrani-a-teplvzduusne-vytapeni.html>>

<sup>53</sup> Centrum pasivních domů *Větrání a teplovzdušné vytápění* [online] c2006-2009 Poslední aktualizace 19.5.2009 Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitni-prostredi-domu/vetrani-a-teplvzduusne-vytapeni.html>>

Mezi výhody konceptu pasivního domu s automatickým větracím systémem a rekuperační jednotkou lze zařadit:

- pokrytí potřeby tepla pro celý objekt
- hygienická výměna vzduchu
- úspora až 90% nákladů na větrání
- nemožnost vzniku plísní
- možnost integrace solárních vzduchových systémů
- využití veškerých energetických zisků z provozu domácnosti
- dokonalá cirkulace vzduchu
- vyloučení rizik, která souvisí s rozvodem teplovodního topení
- účinné předchlazení interiéru
- využití solárních zisků z oken a okamžitý přenos do ostatních místností
- individuální řízený přívod vzduchu do každé místnosti
- instalace zemního výměníku tepla nahrazuje drahé strojní klimatizační zařízení<sup>54</sup>

U standardního domu dochází k větrání nejčastěji okny, což vede k vysokým tepelným ztrátám a neúčinnému krátkodobému větrání.

### **5.6.5 Vzduchotěsný dům**

V pasivním domě musí být vše dokonale utěsněno. Jen tak se zabrání únikům tepla a zajistí se správné fungování větracího systému s rekuperací.

Zajistit vzduchotěsnost lze použitím vzduchotěsnicí vrstvy. Nejčastěji používanými materiály jsou fólie nebo konstrukční desky z lisovaných štěpek či dřevovláken. K zajištění vzduchotěsnosti těchto materiálů je dále třeba je spojit speciálními páskami, které vzduchotěsnost zajistí i ve spojích těchto materiálů.

U pasivního domu je nutná až extrémní vzduchotěsnost. Výměna vzduchu neprobíhá okny, ale pomocí větracího systému s rekuperací.

Standardní domy se naproti tomu vyznačují vysokou průvzdušností domu. Při větrání okny ve standardním domě ztrácí požadavek na vzduchotěsnost smysl.

---

<sup>54</sup> Atrea *Větrání a teplovzdušné vytápění rodinných domů* [online]c1998-2010 Poslední aktualizace 10/2009 Dostupné z WWW: <<http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-vetrani-a-teplovzdušne-vytapeni-rodinnych-domu-a-bytu>>

## 6 SOUČASNÁ PRAXE VÝSTAVBY PASIVNÍCH DOMŮ

Stavba pasivních domů klade vysoké nároky na přesnost a pečlivost provedených prací. Základem je návrh stavby od architekta, který má dostatek zkušeností a zejména znalostí co se týká pasivních staveb.

### 6.1 Nejčastější chyby a vady při stavbě domu v pasivním standardu

Stavební konstrukce, jako jsou obvodové stěny, střecha nebo podlaha nad terénem, by měly být navrženy tak, aby splňovaly vysokou tepelnou ochranu a zejména dosáhly součinitele prostupu tepla konstrukce  $U \leq 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Je tedy nutné zabývat se již v projektu výpočtem bilance zkondenzované páry.

Dále je nutné vybrat správný izolační materiál a zejména jeho vrstvení. Difúzně otevřená konstrukce vyžaduje řešení vrstev sendviče tak, aby difúzní odpor směrem ven klesal a tepelně izolační schopnost byla zároveň co nejvyšší.

Častou chybou je vkládání tepelné izolace mezi OSB desky nebo pokud je fasáda tvořena pouze polystyrenem s nanesenou omítkovinou. Difúzní pára a vztlínající vlhko způsobují snížení povrchové teploty konstrukce a vznik plísní.

Jak bylo již na začátku zmíněno, velkou roli hraje kvalita odvedené práce. Dostatečná tloušťka izolace nemá význam, pokud se nevyvarujeme vzniku tepelných mostů.<sup>55</sup>

#### 6.1.1 Izolace

Při stavbě pasivního domu musíme klást důraz na zateplení účinnou izolací. Je nutné dodržet řadu technických parametrů, jako jsou například součinitel tepelné vodivosti nebo technologie provedení. U pasivního domu je nutné mimo stěny zateplit i podlahu a střechu, protože cílem je snížení celkových tepelných ztrát budovy.

Nejčastěji používanou izolací u pasivních domů je extrudovaný polystyren (XPS). Oproti běžnému polystyrenu se vyznačuje uzavřenou strukturou bez mezer. Díky tomu má XPS velmi dobré parametry v pevnosti v tlaku, má minimální nasákavost a stálejší hodnotu součinitele tepelné vodivosti.

---

<sup>55</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1



Další hojně používanou izolací je minerální vlna. Má nízký difúzní odpor a vysokou paropropustnost.

S výborně zatepleným pasivním domem souvisí i osazení kvalitními okny s vysokým tepelným odporem a izolačními schopnostmi.

Zateplení pasivního domu je tedy náročné na kvalitu provedení a výběr správných materiálů.

### **6.1.2 Tepelné mosty**

Tepelné mosty jsou místa, kudy uniká více tepelné energie, než je tomu u okolních konstrukcí.

Tepelný most může být systémový, nahodilý nebo se jedná o tepelnou vazbu. V praxi se tepelný most projevuje teplejším místem v exteriéru nebo naopak chladnějším místem v interiéru.

Mezi systémové tepelné mosty patří ty, které se pravidelně opakují – jsou to například krokve, mezi kterými je tepelná izolace nebo různé příčky tvarovek, které slouží pro prolití betonem.

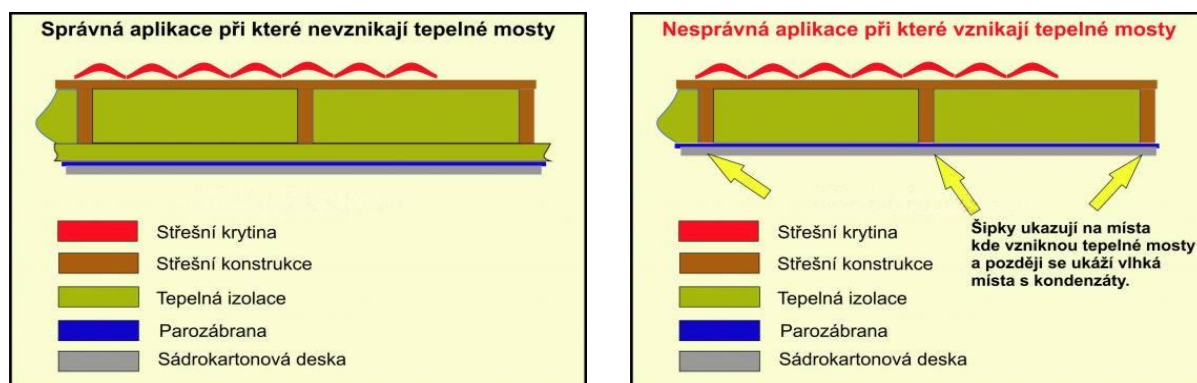
Nahodilé tepelné mosty se pravidelně neopakují – mohou to být různé ztužující věnce, nosné konstrukce nebo niky pro hydranty, měření plynu či elektřiny nebo průchody konstrukcí, kterými přichází tepelně vodivý materiál.

Tepelnými vazbami nazýváme styky dvou odlišných konstrukcí. V tomto místě není tepelná izolace zeslabena nebo přerušena jinou konstrukcí. Dochází zde ke styku různých konstrukcí, například napojení stěny na okno, napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu a podobně.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Energy consulting *Tepelné vazby a tepelné mosty* [online] Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.e-c.cz/index.php?page=tmesty>>

Obrázky níže ukazují nejprve správnou aplikaci bez tepelných mostů a poté nesprávnou aplikaci, která způsobuje vznik tepelných mostů.



Obrázek č. 9 : Správná a nesprávná aplikace<sup>57</sup>

### 6.1.3 Vzduchotěsnost obálky domu

Dříve byla vzduchotěsnost vnímána jako problém týkající se pouze okenních spár a styků obvodových dílců budov. V současné době se však řeší vzduchotěsnost obálky budovy jako celku. Vzduchotěsnost přispívá ke zlepšení energetických vlastností budovy a ke kvalitě vnitřního prostředí budovy.

Požadavky na vzduchotěsnost jsou formulovány v technických normalizačních informacích TNI 73 0329 a 73 0330. Vzduchotěsnost bývá v normách označována jako průvzdušnost. Jde o schopnost budovy propouštět vzduch, kdy vysoká propustnost vzduchu znamená špatnou úroveň vzduchotěsnosti a naopak.

V obálce budovy existují dvě skupiny otvorů – záměrné a nezáměrné. Záměrnými otvory jsou netěsnosti některých stavebních prvků, například komínů. Nezáměrnými (nežádoucími) otvory jsou netěsnosti způsobující proudění vzduchu mimo rozvody větracího systému. Tyto netěsnosti by měly být eliminovány již v samotném návrhu a v průběhu stavby budovy.

Pro měření vzduchotěsnosti se nejčastěji používá tak zvaná metoda tlakového spádu pomocí zařízení Blower door. Odtud plyne název Blower door test. Pravidla a požadavky na měření jsou uvedena v ČSN EN 13829 a TNI 73 0330.

<sup>57</sup> Tepelná izolace *Tepelné mosty?* [online] c2006-2010 Poslední aktualizace 9.11.2007 Dostupné z WWW: <<http://www.tepelna-izolace.cz/tepelne-mosty.html>>

Samotný test spočívá v opakovaném měření průtoku vzduchu skrz obálku budovy, a to při odlišných úrovních tlaku. Do vstupních dveří budovy se do speciálního rámu a vzduchotěsné plachty osadí ventilátor, který uměle vyvolává tlakový rozdíl změnou otáček. Při každém tlakovém rozdílu se měří průtok vzduchu ventilátorem. Zařízení je řízeno počítačem, to znamená, že měření je zcela automatické. Měří se jednou při přetlaku a jednou při podtlaku. Naměřené hodnoty se zanesou do grafu a regresními metodami se určí parametry, které se dosadí do rovnice proudění.<sup>58</sup>

Obrázek č. 10 ukazuje osazení ventilátoru v rámu se speciální vzduchotěsnou fólií a diagnostika, který provádí test obálky budovy přetlakem (respektive podtlakem).



**Obrázek č. 10: Blower door test<sup>59</sup>**

Nejpoužívanější je průtok vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa,  $n_{50}$  – kde:

$$n_{50} = V_{50}/V$$

$V_{50}$  = objemový tok vzduchu skrz obálku budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa v  $m^3/h$

$V$  = objem vnitřního vzduchu v  $m^3$

<sup>58</sup> Časopis stavebnictví *Měření vzduchotěsnosti budov v rámci programu Zelená úsporám* [online] c2007 Poslední aktualizace 08/2009 Dostupné z WWW:

<<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=2596>>

<sup>59</sup> TZB info *Blower door test průvzdušnosti budov – detekční metody* [online] c2001-2010 Poslední aktualizace 19.2.2007 Dostupné na WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=3896&t=2>>

Tabulka č. 7 : Požadované hodnoty průvzdušnosti

stávající stavby	současné novostavby	nízkoenergetický dům		pasivní dům
		nucené větrání	rekuperační	rekuperační
$> 7 \text{ h}^{-1}$	$< 4,5 \text{ h}^{-1}$	$< 1,5 \text{ h}^{-1}$	$< 1,0 \text{ h}^{-1}$	$< 0,6 \text{ h}^{-1}$

Zdroj: www.tzb-info.cz

V tabulce č. 7 jsou zobrazeny požadované hodnoty průvzdušnosti obálky budovy u různých typů budov.

### 6.1.3.1 Zajištění vzduchotěsnosti

Vzduchotěsnost obálky budovy zajišťujeme natažením speciální fólie nebo konstrukčními deskami z lisovaných štěpek nebo dřevovláken. Velkou nevýhodou fólie je její náchylnost na protržení, jak při její instalaci, tak při vzájemném napojování a lepení speciálními páskami.

Pro splnění limitu  $n_{50}$  je nutné s vysokou pečlivostí provést veškeré detaily napojení nebo utěsnění veškerých spár. K tomu je nutné využívat k tomuto účelu určených výrobků. Současný trh nabízí mnoho prostředků pro lepení a napojování, které jsou vyvinuty speciálně pro účel splnění vzduchotěsnosti obálky budovy.

Parotěsné lepicí pásky s vysokým difúzním odporem se používají na lepení parozábran z plastových fólií nebo k přelepování styků mezi deskami. Existují i speciální pásky pro napojení plastových fólií na jiné konstrukční prvky, například na okna.

Při realizaci stavby z dřevěného masivu, který zajišťuje přesné napojení panelů a zakrytí spár, není nutné používat parotěsnou fólii. Tento způsob výstavby je velkou výhodou, protože již 2% narušení parotěsné fólie znamená její nulovou funkčnost.

Stejně jako ve všech oblastech týkajících se stavby pasivního domu, i u vzduchotěsnosti je kladen důraz na kvalitně odvedenou práci. Vzduchotěsnost budovy napomáhá práci rekuperačních jednotek nebo zemních výměníků. Spolu s kvalitním zateplením a kvalitními izolačními okny zajistí minimální tepelné ztráty domu.

## 7 EKONOMICKÁ STRÁNKA PASIVNÍCH DOMŮ

Každá stavba je většinou největší investicí v našem životě. A to je dostatečným důvodem k zamyšlení, jak a co stavět. Pasivní dům nabízí do budoucna značné úspory v potřebě energií.

### 7.1 Cena pasivních domů

Panuje názor, že pasivní domy jsou dražší než současná výstavba. Udává se, že je cena navýšena zhruba o 10%. Příklady z praxe již ukazují, že se dají postavit pasivní domy za srovnatelnou cenu jako standardní výstavba a někdy i levněji.

Cenu stavby ovlivňují především tyto faktory:

- perfektní spolupráce klienta, architekta a realizační firmy
- chytré technické řešení a kvalitní zadání stavby
- optimalizace použitých materiálů
- kvalitní podklady pro přípravu a následné provedení stavby
- efektivnost v průběhu stavby<sup>60</sup>

Klíčem k naplnění nízké ceny pasivního domu je pečlivé dodržování výše uvedených faktorů a zejména spolupráce mezi subjekty, které se podílejí na stavbě pasivního domu.

### 7.2 Finanční podpory

Mimo perfektní spolupráce a dodržování klíčových faktorů k dosažení co nejnižší ceny pasivního domu nám mohou pomoci různé programy a dotace, které zvýhodňují nízkoenergetickou a pasivní výstavbu.

#### 7.2.1 Program Zelená úsporám

V rámci Ministerstva životního prostředí vznikl program Zelená úsporám. Program administruje Státní fond životního prostředí ČR. Program je zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje domácností v rodinných a bytových domech.

---

<sup>60</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1

## **Program podporuje opatření v těchto oblastech:**

### **Oblast A** – úspora energie na vytápění

Jde o opatření vedoucí k úsporám energie na vytápění, a to buď celkovým nebo dílčím zateplením domů.

### **Oblast B** – Výstavba domů v pasivním energetickém standardu

Program podporuje výstavbu domů splňujících pasivní energetický standard. Při splnění pasivního energetického standardu je poskytnuta podpora ve výši 250.000,- na rodinný dům. Tato částka je částkou maximální a nesmí přesáhnout samotné investiční náklady. V rámci této oblasti poskytuje program Zelená úsporám podporu na zpracování projektů a výpočtů, které jsou nezbytně nutné pro realizaci pasivního energetického standardu.

### **Oblast C** – využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody

V této oblasti program podporuje výměnu neekologických zdrojů vytápění za zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla. Dále podporuje instalaci solárních kolektorů.

Podrobnosti o výši dotace a veškerých parametrech požadovaných pro její dosažení jsou uvedeny ve směrnici Ministerstva pro životní prostředí č. 9/2009 a jejích přílohách.<sup>61</sup>

O podporu může požádat vlastník a stavebník rodinného nebo bytového domu, který je využíván k bydlení nebo je poskytován k bydlení třetím osobám.

Do roku 2012 by měl program Zelená úsporám přinést:

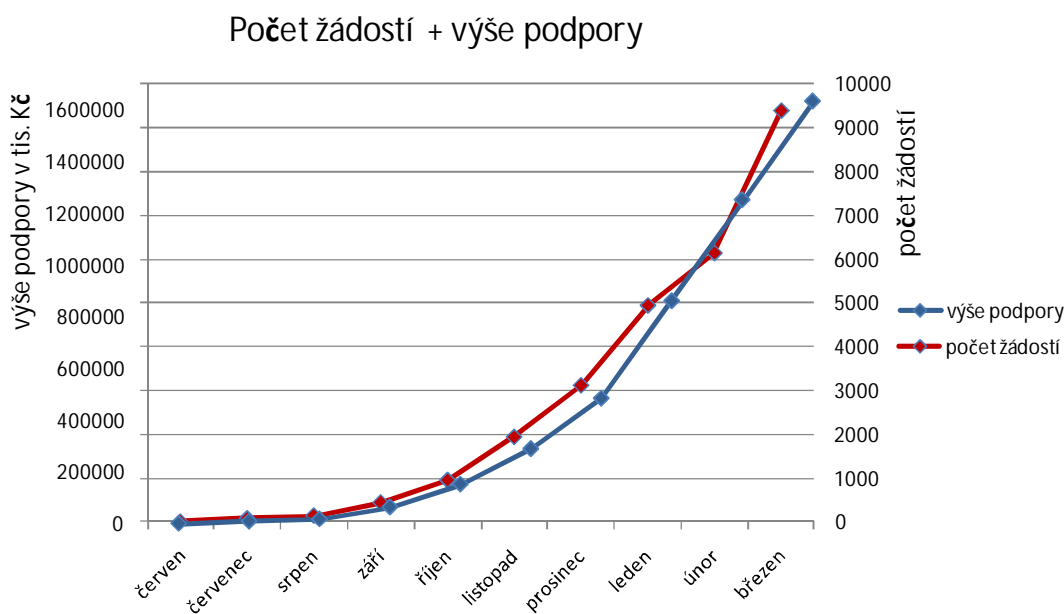
- snížení emisí CO<sub>2</sub> o 1,1 milion tuny
- úsporu tepla na vytápění v celkové hodnotě 6,3 PJ
- zvýšení použití obnovitelných zdrojů k výrobě tepla (zvýšení o 3,7 PJ)
- snížení znečištění ovzduší prachovými částicemi o 2,2 milionu kg
- a zlepšení podmínek bydlení přibližně pro 250 000 domácností, které využijí podporu z tohoto programu<sup>62</sup>

---

<sup>61</sup> Zelená úsporám *Na co je možné žádat* [online] c2009 Poslední aktualizace 15.2.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.zelenausporam.cz/sekce/501/na-co-je-mozne-zadat/>>

<sup>62</sup> KKH *Zelená úsporám* [online] c2007 Poslední aktualizace 19.4.2010 Dostupné z WWW: <<http://www.kkh.cz/akce-zelena-usporam/>>

První žádost na podporu z programu Zelená úsporám byla podána 13.5.2009. Od té doby roste počet žádostí exponenciálně, což znázorňuje graf č. 7:



*Graf č. 7: Vývoj počtu žádostí a výše podpory*

## 7.2.2 Podpora soukromého sektoru

Český trh nabízí podporu i ze soukromého sektoru. Protože je dotace z programu Zelená úsporám vyplácena až po realizaci stavby či opatření, nabízí banky produkty, které zajistí potřebné zafinancování realizace nebo koupě zařízení.

### 7.2.2.1 Komerční banka

Komerční banka nabízí EKO úvěr se zvýhodněnou úrokovou sazbou. Jedná se o účelový úvěr, který lze využít na tepelnou izolaci, kotel na biomasu, solární články, tepelná čerpadla a výstavbu energeticky pasivních domů.

### 7.2.2.2 Raiffeisen Bank

Raiffeisen Bank poskytuje účelovou Zelenou půjčku. Hlavní výhodou je poskytnutí až 1 000 000 Kč bez zajištění, snížená úroková sazba a není potřeba ručit nemovitostí. Zelená půjčka je poskytnuta na všechny oblasti programu Zelená úsporám (od úspor na energie přes stavbu domu v energeticky pasivním standardu až po nákup tepelných čerpadel nebo solárních kolektorů).

### **7.2.2.3 LBBW Bank**

LBBW Bank nabízí zvýhodněný hypoteční úvěr IQ hypotéka Energie. Hypotéku lze použít na výstavbu nemovitosti v energeticky pasivním standardu a na rekonstrukce a stavební úpravy. Úvěr musí být zajištěn zástavním právem k nemovitosti. Výhodami jsou nízké úrokové sazby, dlouhodobá splatnost úvěru nebo nulové poplatky za předčasné splacení nebo za zpracování úvěru.

### **7.2.2.4 Volksbank**

Volksbank nabízí Zelený úvěr, který je určený na investice pro projekty v rámci programu Zelená úsporám. Lze je použít především na komplexní nebo částečné zateplení nemovitosti, výstavbu pasivního domu nebo na tepelné čerpadlo a kotle na biomasu. Ze Zeleného úvěru je navíc možné realizovat například zateplení nemovitosti svépomocí, výměnu radiátorů a jakýchkoliv kotlů nebo zasklení balkónů.

### **7.2.2.5 Poštovní spořitelna**

Poštovní spořitelna nabízí produkt s názvem Zelené bydlení. Na menší investiční záměry jako je zateplení a výměna oken nebo nahrazení neekologických zdrojů vytápění, poskytuje úvěr s výhodnou úrokovou sazbou. Na výstavbu pasivního domu poskytuje hypoteční úvěr.

Český trh tedy nabízí výraznější podporu pouze v rámci programu Zelená úsporám. Banky tohoto programu využily a nabízejí produkty k překlenutí doby, než bude dotace z programu proplacena.



## 8 POROVNÁNÍ STANDARDNÍCH A PASIVNÍCH DOMŮ

Protože cílem práce je zjistit, zda pasivní domy přispívají k dodržování zásad udržitelného rozvoje, je nutné se zabývat technickými parametry pasivních domů a možnostmi využití obnovitelných zdrojů. Porovnávají budou samostatně stojící rodinné domy (tedy nikoliv řadové domy, věžové domy), a to z důvodu jejich rozšířenosti a tedy dostupnosti dat o těchto domech.

Pro porovnání technických parametrů a demonstraci přínosů pasivních domů jsou vybrány současné standardní domy.

### 8.1 Metodika

#### 8.1.1 Výchozí situace

Metodika pro srovnávání standardních a pasivních domů neexistuje. V odborných textech se srovnání omezuje v podstatě jen na grafické znázornění (či tabulky) tepelných ztrát a měrné potřeby tepla vycházející z technických norem. Vzhledem k rozmanitosti použitelných stavebních technologií, kterými je možné dosáhnout standardu pasivního domu, neexistují ani srovnávací studie, grafy, tabulky pro porovnávání investičních nákladů u pasivních a standardních domů.

Proto bude pro tuto práci navržena jednoduchá metodika, pomocí které by mělo být možné, alespoň v základních parametrech, popsat a vyhodnotit zásadní rozdíly posuzovaných staveb.

Smyslem je dosáhnout srovnatelných výsledků na základě určeného postupu a snadno dosažitelných vstupních dat jako protiváhy k běžně používaným, jakkoliv odborným tvrzením, odhadům, zkušenostem.

Pro tvorbu metodiky je zvolen následující postup:

- výběr a popis vhodných základních technických parametrů
- stanovení významových vah vybraných technických parametrů
- popis metodiky a způsobu stanovení výsledku

### **8.1.2 Výběr a popis vhodných základních technických parametrů**

Pro srovnání jednotlivých domů jsou zvoleny parametry, vyjadřující jednotlivé charakteristiky domů a charakteristiky související s trvale udržitelným rozvojem. Vybrány jsou technické parametry, které jsou běžné dostupné.

Jako hlavní parametry pro tuto metodiku budou zvoleny:

- nároky na tvar budovy
- měrná spotřeba tepla
- systém výměny vzduchu
- svázané energie
- využití obnovitelných zdrojů

#### **8.1.2.1 Nároky na tvar budovy**

Tento parametr je vybrán z toho důvodu, že tvar budovy ovlivňuje energetickou náročnost domu (viz. kapitola 5.3.1). Aby budova měla co nejlepší energetické parametry, je nutné postavit ji tvarově co nejjednodušeji.

Faktor tvaru budovy by měl být co nejmenší. Ideálním tvarem, který má nejmenší ochlazovaný povrch při stejném objemu, je koule. Takový tvar je však v praxi těžko dosažitelný a málo praktický na obývání, proto je v současném stavebnictví vhodným tvarem kvádr nebo krychle, bez výčnělků, balkonů, kde vznikají zbytečně tepelné mosty a dochází tak k úniku tepla.

#### Nároky na tvar budovy - kategorie

Budovy jsou rozděleny do 6 kategorií dle jejich tvaru: krychle s pultovou střechou, kvádr s pultovou střechou, kvádr se sedlovou střechou, kvádr se sedlovou střechou a 1 balkonem, kvádr se sedlovou střechou, 1 balkonem a výčnělky a kvádr se sedlovou střechou, více balkony a výčnělky.

Za výčnělky jsou považovány arkýře, lodžie nebo terasy. Každý výčnělek zvyšuje počet ochlazovaných ploch domu, způsobuje vznik tepelných mostů a dochází tak k únikům tepla.

*Tabulka č. 8: Bodové hodnocení parametru Nároky na tvar budovy*

<b>TVAR BUDOVOY (T)</b>	
<b>Tvar</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
Krychle s pultovou střechou	100 b.
Kvádr s pultovou střechou	90 b.
Kvádr se sedlovou střechou	80 b.
Kvádr se sedlovou střechou a 1 balkonem	60 b.
Kvádr se sedlovou střechou, 1 balkonem a výčnělky	30 b.
Kvádr se sedlovou střechou, více balkony a výčnělky	10 b.

Zdroj: vlastní

#### Nároky na tvar budovy – bodové ohodnocení

Dům ve tvaru krychle s pultovou střechou je hodnocen 100 body, protože je z hlediska nároků na tvar, tvarem téměř ideálním (jednoduchostí tvaru se blíží nejvíce kouli, která byla popsána jako ideální tvar). Kvádr s pultovou střechou je hodnocen 90-ti body, od krychle se výrazněji neliší. Kvádr se sedlovou střechou (která zvětšuje plochu ochlazovaných částí domu) je přiřazeno 80 bodů. Kvádr se sedlovou střechou a 1 balkonem je ohodnocen 60-ti body. Kvádr se sedlovou střechou a 1 balkonem a výčnělky je hodnocen 30-ti body. Balkony a výčnělky jsou z hlediska vzniku tepelných mostů nežádoucí, dochází k tepelným ztrátám. Nejmenší hodnocení má tedy dům ve tvaru kvádr se sedlovou střechou, více balkony a výčnělky (10 bodů), kde je nejtěžší tepelným ztrátám zamezit.

V přílohách č. 1 až 3 jsou zobrazeny jednotlivé tvary domů.

### 8.1.2.2 Měrná spotřeba tepla

Důležitým parametrem je měrná spotřeba tepla, která vyjadřuje spotřebu tepla v kWh na 1m<sup>2</sup> vytápěné plochy budovy za rok. Podle měrné spotřeby tepla se domy dělí na nulové, pasivní, nízkoenergetické, současnou výstavbu a starší výstavbu.

#### Měrná spotřeba tepla – kategorie

Pro pasivní dům je, podle normy ČSN 73 0540-2, horní hranicí měrné spotřeby tepla hodnota 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Horní hranice měrné spotřeby tepla nízkoenergetického domu je 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Současná stavba má měrnou spotřebu tepla v rozmezí od 80 do 140 kWh/m<sup>2</sup>a. a domy ze 70. a 80. let mají měrnou spotřebu tepla větší než 200 kWh/m<sup>2</sup>a.

Nulové domy s přebytkem tepla jsou v této práci zmíněny na okraj pro zajímavost. Těchto domů se vyskytuje ve světě velmi málo a tudíž nejsou k dispozici jejich parametry pro další porovnávání. Je známa pouze hodnota měrné spotřeby tepla, která je menší než 5 kWh/m<sup>2</sup>a.

*Tabulka č. 9: Bodové hodnocení parametru Měrná spotřeba tepla*

<b>MĚRNÁ SPOTŘEBA TEPLA (M)</b>		
<b>Typ domu</b>	<b>Měrná spotřeba tepla</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
Pasivní domy	≤ 15 kWh/m <sup>2</sup> a	100 b.
Nízkoenergetické domy	≤ 50 kWh/m <sup>2</sup> a	30 b.
Současná výstavba	80 – 140 kWh/m <sup>2</sup> a	20 b.
Domy 70. a 80. let	> 200 kWh/m <sup>2</sup> a	10 b.

Zdroj: vlastní

#### Měrná spotřeba tepla – bodové ohodnocení

Domy jsou rozděleny do čtyř kategorií podle měrné spotřeby tepla. Nejmenší měrnou spotřebu tepla mají pasivní domy, a proto jsou ohodnoceny 100 body. Ostatním kategoriím jsou přiděleny zaokrouhlené bodové hodnoty, vycházející z poměru měrné spotřeby tepla vůči hodnotě pasivních domů, které jsou hodnotou 15 kWh/m<sup>2</sup>a brány za nejlepší reálně dosažitelnou hodnotu a tedy 100%. Nízkoenergetické domy jsou hodnoceny 30-ti body. Současné výstavbě je přiřazena hodnota 20 bodů. A nejhůře jsou na tom domy ze 70. a 80. let, které jsou ohodnoceny 10-ti body.

### 8.1.2.3 Větrací systém

Větrací systém bude hodnocen, protože je důležitý pro výměnu vzduchu v domě.

Do větracího systému je zahrnuto větrání okny a nucená výměna vzduchu pomocí větracího systému s rekuperační jednotkou, v některých případech doplněnou o zemní výměník.

Správně by se mělo větrat každé dvě hodiny, aby se postupně obměnil vzduch v místnostech. Větrání okny však způsobuje značné tepelné ztráty, zvyšuje relativní vlhkost, podporuje růst plísní nebo může zvyšovat škodlivé látky v domě. Proto se u nízkoenergetických a pasivních domů používá pro výměnu vzduchu automatický větrací systém s rekuperační jednotkou, kdy vnitřní ohřátý vzduch předává přes tepelný výměník tepelnou energii čerstvě nasávanému vzduchu.

Intenzitu výměny vzduchu a návrhové veličiny řeší normy ČSN 73 0540-2 a 73 540-4.

#### Větrací systém - kategorie

Vzhledem k nárokům na výměnu čerstvého vzduchu, ale i potřebu hospodárného využívání interiérového tepla jsou nedílnou součástí rodinných pasivních domů automatické větrací jednotky s rekuperací odpadního tepla (již popsané v kapitole č. 5.6.4).

První kategorií je tedy větrací systém s rekuperací doplněný o zemní výměník. Tento systém je tepelně nejefektivnější a energeticky nejméně náročný. Druhou kategorií je větrací systém s rekuperací. Třetí kategorií je způsob větrání okny.

*Tabulka č. 10: Bodové hodnocení parametru Větrací systém*

<b>VĚTRACÍ SYSTÉM (V)</b>	
<b>Název systému</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
Větrací systém s rekuperací doplněný zemní výměníkem	100 b.
Větrací systém s rekuperací	80 b.
Větrání okny	20 b.

Zdroj: vlastní

## Větrací systém – bodové ohodnocení

Použití větracího systému s rekuperační jednotkou v domě doplněné zemním výměníkem je hodnoceno 100 body, protože se jedná o nejefektivnější systém z uvedených. Samostatný větrací systém s rekuperační jednotkou v domě je hodnocen 80-ti body a nejméně ohodnocené je větrání okny (20 bodů), které je sice lokálně účinné, avšak energeticky značně nevýhodné.

### **8.1.2.4 Svázané energie**

Svázaná energie je v této práci stanovena jako součet všech energií potřebných k přípravě stavby domu. Zahrnuje dílčí procesy, jako je těžba surovin na výrobu materiálů, zpracování surovin a dopravu na místo stavby.

U stavby a konstrukce je sledována svázaná produkce CO<sub>2</sub> a svázaná spotřeba energie. Budou použita data ze statického úřadu, konkrétně celkové spotřeby paliva, tepla a energie na výrobu základních produktů použitých při výstavbě domu.

Parametr byl vybrán, protože energetická náročnost výroby jednotlivých stavebních materiálů má vliv na životní prostředí a tedy se dotýká udržitelného rozvoje.

#### Svázaná energie - kategorie

Jako kategorie jsou použity vybrané produkty z tabulky uvedené v kapitole č. 5.4 - tabulka č. 6 „Spotřeba paliv, tepla a elektrické energie na výrobu produktů“. V tabulce jsou uvedeny základní stavební materiály a celková spotřeba energií nutná na jejich výrobu.

Tabulka je dělena na tři hlavní části – materiály pro nosnou konstrukci, izolaci a střešní krytinu, vzhledem k tomu, že význam každé ze tří částí není stejný. Předpokladem je, že pro zjednodušení je uvažován stejný objem jednotlivých stavebních prvků, uvedených v každé ze tří částí tabulky, pro dvojice dále posuzovaných domů.

Tabulka č. 11: Bodové hodnocení parametru Svázané energie

<b>SVÁZANÉ ENERGIE (S)</b>		
<b>Název produktu</b>	<b>Spotřeba celkem</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
<b>Nosná konstrukce (s<sub>1</sub>)</b>		
Řezivo	0,54 GJ/ m <sup>3</sup>	70 b.
Cihly pálené	2,85 GJ/tis.CJ	20 b.
Beton	3,70 GJ/t	15 b.
<b>Izolace (s<sub>2</sub>)</b>		
Minerální kamenná vlna	2,33 GJ/t	20 b.
Minerální skelná vlna	4,98 GJ/t	10 b.
Celulóza	7,03 GJ/t	7 b.
Pěnový polystyren	9,85 GJ/t	5 b.
Extrudovaný polystyren	10,10 GJ/t	5 b.
<b>Střešní krytina (s<sub>3</sub>)</b>		
Betonové tašky	2,13 GJ/t	10 b.
Krytina Eternit	2,89 GJ/t	6 b.
Krytina pálená	4,08 GJ/t	4 b.

Zdroj: vlastní

#### Svázané energie – bodové ohodnocení

Nejvyšší bodové ohodnocení je přiřazeno produktům s nejlepšími hodnotami svázané energie. Bodové hodnocení je vypočítanou a zaokrouhlenou hodnotou poměru jednotlivých materiálů k materiálu s nejlepší hodnotou v dané části, kde nejlepší hodnota tvoří 100%. Vzhledem k použitému objemu stavebních materiálů každé ze tří skupin (nosná konstrukce, izolace, střešní krytina), je přiřazeno každé z částí stavebních materiálů rozdílný počet udělitelných bodů v celkovém součtu 100 bodů následovně. Nosné konstrukci je přiřazeno 70 bodů, izolaci 20 bodů a střešní krytině 10 bodů.

Všechny tři části tabulky budou po sečtení tvořit 100% parametru Svázané energie.

### 8.1.2.5 Využití obnovitelných zdrojů

Udržitelnost ve stavebnictví se zabývá environmentálními, energetickými a klimatickými souvislostmi materiálů použitých při výstavbě. Parametr Využití obnovitelných zdrojů je vybrán z důvodu úzké souvislosti s udržitelností ve stavebnictví.

Současné materiály použité na stavební konstrukce, jako jsou železobeton, kovy, plasty a další syntetické výrobky, mají značný negativní vliv na dopad na životní prostředí. Jde zejména o samotnou těžbu a dopravu surovin na místo zpracování výrobků, energetická náročnost jejich zpracování, doprava na místo stavby a následně problémy s jejich odstraňováním. Tyto materiály nelze recyklovat bez negativních dopadů na životní prostředí.<sup>63</sup>

Do parametru Využití obnovitelných zdrojů jsou zahrnuty i zdroje obnovitelné energie a otopná soustava. Zdroje obnovitelné energie jsou zahrnuty proto, že mají pozitivní vliv na životní prostředí. Naopak otopná soustava proto, že má negativní vliv na životní prostředí, a to při spalování paliv, kdy se do ovzduší uvolňují životnímu prostředí nepříznivé emise v podobě nejen CO<sub>2</sub>, ale i CO, NO<sub>x</sub>, prachu a mnoha dalších látek.

#### Využití obnovitelných zdrojů – kategorie

Kategorie jsou opět rozděleny do třech částí a dle významu jsou ohodnoceny. První část budou představovat stavební materiály, které jsou při stavbě používány na skelet domu. Skelet budovy představuje objemově největší část domu, proto budou zejména hodnoceny materiály, které do skeletu vstupují větší částí (například dřevo, cihly, beton nebo železo).

Další dvě části jsou doplňkové.

Jednu z nich představují zdroje obnovitelné energie. V tomto případě to budou používané fotovoltaické a fototermální kolektory (podrobně popsány v kapitole 5.2.2).

Druhou doplňkovou částí je otopná soustava. Zde budu rozlišovat zdroje tepla jako je elektřina, zemní plyn, hnědé uhlí a palivové dřevo.

Tyto tři části tabulky tvoří 100% daného parametru, tedy Využití obnovitelných zdrojů.

---

<sup>63</sup> BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd. Brno:Centrum pasivního domu 2008 384s. ISBN 978-80-254-2848-1



Tabulka č. 12: Bodové hodnocení parametrů Využití obnovitelných zdrojů

<b>VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ (O)</b>	
<b>Název</b>	<b>Bodové ohodnocení</b>
<b>Materiály z obnovitelných zdrojů (o<sub>1</sub>)</b>	
Dřevo	80 b.
Hlína	75 b.
Kámen	75 b.
Sláma	75 b.
Cihly	30 b.
Beton	20 b.
Železo	10 b.
<b>Využití solární energie (o<sub>2</sub>)</b>	
Fototermální solární kolektory	10 b.
Fotovoltaické solární kolektory	10 b.
Fototermální a fotovoltaické solární kolektory	20 b.
<b>Otopná soustava (o<sub>3</sub>)</b>	
Dřevo	0 b.
Zemní plyn	- 6 b.
Hnědě uhlí	- 9 b.
Elektřina	- 10 b.

Zdroj: vlastní

#### Využití obnovitelných zdrojů – bodové ohodnocení

Části materiálů použitých na stavbu skeletu budovy je přiřazeno 80 bodů. Nejvíce bodů bude přiřazeno materiálu z obnovitelných zdrojů a ostatní materiály budou hodnoceny poměrem k této nejlepší dosažené hodnotě.

Část zdroje obnovitelné energie, resp. využití solární energie bude hodnocena celkově 20-ti body.

Část týkající se otopné soustavy je hodnocena 10-ti body. Body této části však budou hodnoceny jako negativní hodnota. Je to dáno tím, že pasivní domy klasické otopné soustavy nepoužívají a z pohledu využití obnovitelných zdrojů, což je hlavní pohled této kapitoly, je využívání klasického zdroje vytápění na převážně fosilní paliva negativní činností. Jednotlivé druhy vytápění bodově budou ohodnoceny dle jejich uvolňování

CO<sub>2</sub> na MWh výhřevnosti. V tomto ohledu je na tom nejhůře vytápění elektřinou, která dosahuje hodnoty 1,17 t CO<sub>2</sub>/MWh výhřevnosti. Hnědé uhlí má hodnotu 0,36 t CO<sub>2</sub>/MWh a zemní plyn 0,20 t CO<sub>2</sub>/MWh. Dřevo je považováno za CO<sub>2</sub> neutrální, protože množství uvolněného CO<sub>2</sub> odpovídá asimilačnímu procesu při jeho růstu. Proto má hodnotu 0 t CO<sub>2</sub>/MWh.

### 8.1.3 Stanovení významových vah vybraných technických parametrů

Dle významu a důležitosti bude každému parametru přidělena váha, tzn. numericky vyjádřená významnost toho kterého parametru.

Na konečném výsledku se bude každý parametr podílet určitým procentuálním poměrem.

Při stavbě domu jsou velmi důležité všechny fáze výstavby. Z hlediska zásad udržitelného rozvoje je ale zajímavé, zda oproti standardním domům dokáží pasivní domy využívat obnovitelné zdroje, kolik svázané energie se projeví při samotné stavbě a zda dokáží výrazně ušetřit na spotřebě tepla.

Z důvodu vlivu na zásady udržitelného rozvoje je největší význam dán parametrům měrné potřeby tepla, svázané energii a využití obnovitelných zdrojů.

Parametry:

1. Nároky na tvar budovy (T)	váha 20%
2. Měrná spotřeba tepla (M)	váha 35%
3. Větrací systém (V)	váha 5%
4. Svázané (šedé) energie (S)	váha 25%
5. Využití obnovitelných zdrojů (O)	váha 15%

Váhové rozdělení parametrů je znázorněno v grafu č. 8



*Graf č. 8: Grafické znázornění významových vah*

#### 8.1.4 Způsob stanovení výsledku

V předchozích kapitolách byly stanoveny jednotlivé hodnotící parametry, jejich bodové ohodnocení a byla stanovena jejich důležitost podle jejich vlivu na dodržování zásad udržitelného rozvoje. Na základě těchto údajů je možné přejít k matematickému vyjádření pomocí vzorce.

#### **Vzorec pro výpočet vlivu na dodržování zásad udržitelného rozvoje:**

Každý parametr je označen písmenem, které vstupuje do vzorce (viz. tabulky hodnocení parametrů). V případě rozdělení parametru do více kategorií, se tyto kategorie sčítají a za daný parametr se dosazuje jedno číslo. Každý parametr je poté ve vzorci vynásoben stanovenou vahou.

T = Nároky na tvar budovy

M = Měrná spotřeba tepla

V = Větrací systém

S = Svázané energie (rozděleno na tři podkategorie –  $s_1$ ,  $s_2$  a  $s_3$ )

O = Využití obnovitelných zdrojů (rozděleno na tři podkategorie –  $o_1$ ,  $o_2$  a  $o_3$ )

Vzorec:

$$V = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$O = o_1 + o_2 + o_3$$

Postup výpočtu:

Z tabulek bodového hodnocení jednotlivých parametrů bude vždy vybrán jeden konkrétní parametr a jeho bodová hodnota dosazena do vzorce a vynásobena příslušnou vahou.

Vyhodnocení výsledku:

Čím vyšší bude hodnota výpočtu, tím příznivější je vliv domu na zásady udržitelného rozvoje (dům má menší měrnou spotřebu tepla, menší spotřebu svázaných energií, využívá materiály z obnovitelných zdrojů, využívá větrací systém a splňuje nároky na tvar).

Maximum, kterého lze dosáhnout, je 100 bodů. Čím více se vypočtená hodnota blíží maximu, tím větší vliv má posuzovaný dům na zásady udržitelného rozvoje.

## **8.2 Srovnání standardních a pasivních domů - analýza**

Pro analýzu je použita vlastní metodika, popsána v předchozí kapitole. Cílem této analýzy je demonstrovat možnosti navrhované metodiky a názorně je předvést na praktickém srovnání modelových příkladů pasivních a standardních domů.

### **8.2.1 Vstupní data**

Pro demonstraci jsou zvolena modelová data dvou existujících projektů domů.

#### **8.2.1.1 Základní vstupní data pasivního domu:**

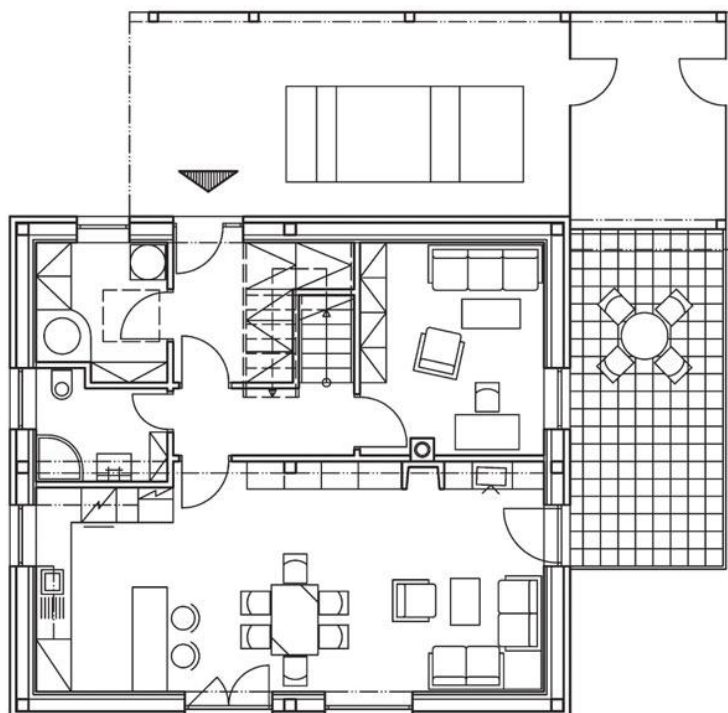
Pro pasivní dům je vybrán již zrealizovaný dům ze souboru pasivních domů v obci Koberovy v Chráněné krajinné oblasti Český ráj.

Vybraný dům má dřevoskeletovou konstrukci se sedlovou střechou pokrytou Eternitem. Užité plocha domu je 132 m<sup>2</sup>. Okna v domě jsou dřevěná s izolačním trojsklem a izolace je řešena minerální vatou v tloušťce 400 mm. Vytápění, větrání a zároveň

i chlazení zajišťuje dvouzónový systém rekuperační jednotky, která je napojena na zemní cirkulační výměník tepla. Krbová kamna slouží jako záložní zdroj vytápění.



Obrázek č. 13: Pasivní dům v obci Koberovy<sup>64</sup>



Obrázek č. 14: Půdorys pasivního domu<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Stavebnictví *Pasivní domy v Českém ráji* [online] c2007 Poslední aktualizace 10/2007 Dostupné na WWW: <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=458>>

<sup>65</sup> Stavebnictví *Pasivní domy v Českém ráji* [online] c2007 Poslední aktualizace 10/2007 Dostupné na WWW: <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=458>>

**Tabulka č. 14: Hodnoty dílčích parametrů pasivního domu I.**

Nárok na tvar budovy	kvádr se sedlovou střechou
Měrná spotřeba tepla	14,7 kWh/m <sup>2</sup> a
System větrání	dvouzónový systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla (protiproudý rekuperační výměník se základní účinností 80%) okna - trojitě zasklení
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: dřevo = 0,54 GJ/m <sup>3</sup> tepelná izolace: minerální = 2,33 GJ/t střecha: Eternit-Dacora = 2,89 GJ/t
Využití obnovitelných zdrojů	dřevo
Cena	20.000,- Kč/m <sup>2</sup>

Zdroj: vlastní

V tabulce č. 14 jsou uvedeny základní parametry, které budou použity při výpočtu.

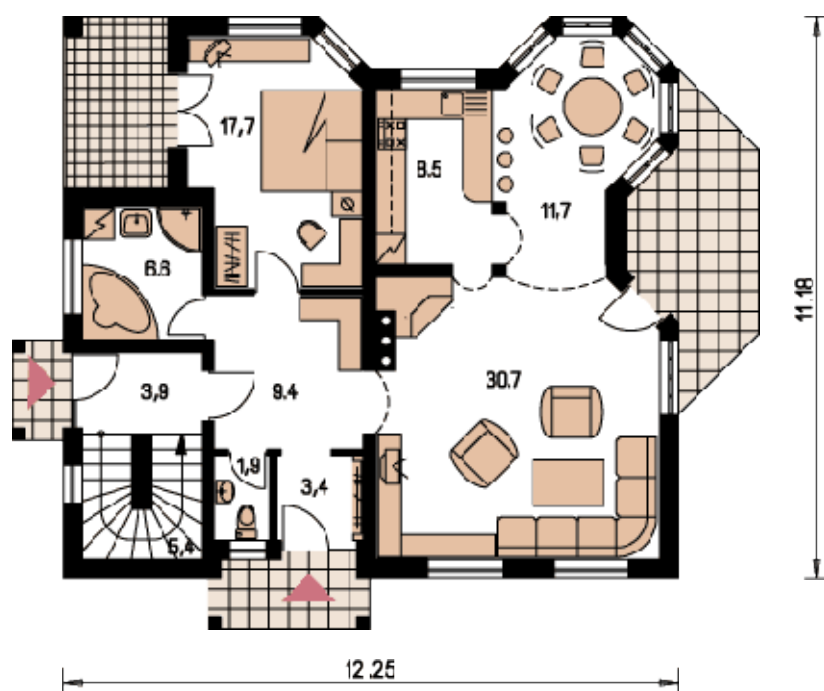
### **8.2.1.2 Základní vstupní data standardního domu:**

Pro standardní dům je vybrán typový dům Klassik 180.

Dům je dvoupatrový a disponuje užitnou plochou 134,4 m<sup>2</sup>. Konstrukce domu je zděná s cementovými omítkami. Střecha je pokryta pálenou krytinou. Okna v domě jsou plastová s tepelně izolačním dvojsklem. Izolaci domu zajišťuje fasádní polystyren. Vytápění a ohřev teplé užitkové vody v domě provádí plynový kotel a desková tělesa.



Obrázek č. 11: Standardní dům Klassik 180<sup>66</sup>



Obrázek č. 12: Půdorys standardního domu<sup>67</sup>

<sup>66</sup> GSERVIS Projekt rodinného domu Klassik 180 [online] Poslední aktualizace 16.2.2010 Dostupné na WWW: <<http://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/dum-klassik180>>

<sup>67</sup> GSERVIS Projekt rodinného domu Klassik 180 [online] Poslední aktualizace 16.2.2010 Dostupné na WWW: <<http://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/dum-klassik180>>

**Tabulka č. 13: Hodnoty dílčích parametrů standardního domu I.**

Nárok na tvar budovy	kvádr se sedlovou střechou, 1 balkonem a výčnělky
Měrná spotřeba tepla	123 kWh/m <sup>2</sup> a
Systém větrání	standardní větrání okny ⇒ vysoké tepelné ztráty okna - dvojitě zasklení
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: cihly = 2,85 GJ/tis.CJ tepelná izolace: Isover polystyren = 9,85 GJ/t střecha: pálená krytina = 4,08 GJ/t
Využití obnovitelných zdrojů	cihly
Cena	19.500,- Kč/m <sup>2</sup>

Zdroj: vlastní

V tabulce jsou uvedeny dosažené hodnoty dílčích parametrů, které budou použity k výpočtu porovnání standardních a pasivních domů.

### 8.3 Zpracování vstupních dat

Na základě zvolené metodiky a pomocí bodového hodnocení parametrů uvedených v kapitole 8, budou vypočítány jednotlivé hodnoty pro standardní a pasivní dům.

#### 8.3.1 Hodnocení pasivního domu

U pasivního domu bude do výpočtu zahrnuto 80-ti bodové ohodnocení tvaru domu (kvádr se sedlovou střechou). Dále 100 bodů za měrnou spotřebu tepla, která činí 14,7 kWh/m<sup>2</sup>a. Dům využívá rekuperační jednotku se zemním výměníkem k výměně vzduchu, to znamená 100 bodů. Co se týká svázaných energií, dům je postaven z dřevoskeletové konstrukce (70 bodů), izolace domu je řešena minerální vlnou (20 bodů) a střešní krytina je Eternit – Dacora (6 bodů). Parametr Svázané energie je tedy dohromady ohodnocen 96-ti body. Pasivní dům využívá ve větší míře dřevo jako materiál z obnovitelných zdrojů (80 bodů). Pro ohřev pitné vody a podporu vytápění využívá 3 ks solárních kolektorů (10 bodů). Pasivní dům nevyužívá klasickou otopnou soustavu, proto zde nejsou přidělené body. Celkem dosahuje parametr Využití obnovitelných zdrojů 90-ti bodů.



$$V_{pd} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$O = o_1 + o_2 + o_3$$

Do vzorce bude dosazeno bodové hodnocení parametrů. Jednotlivé body budou vynásobeny jim určenou vahou (podle vlivu parametrů na dodržování zásad udržitelného rozvoje).

$$V_{pd} = 80 \times 20\% + 100 \times 35\% + 100 \times 5\% + (70 + 20 + 6) \times 25\% + (80 + 10) \times 15\%$$

$$V_{pd} = 80 \times 20\% + 100 \times 35\% + 100 \times 5\% + 96 \times 25\% + 90 \times 15\%$$

$$V_{pd} = 16 + 35 + 5 + 24 + 13,5$$

$$\mathbf{V_{pd} = 93,5}$$

### 8.3.2 Hodnocení standardního domu

Standardní dům je tvarově rozmanitější, má balkon a výčnělky, do vzorce bude tedy započítáno 30 bodů (kvádr se sedlovou střechou, 1 balkonem a výčnělky). Měrná spotřeba domu je 123 kWh/m<sup>2</sup>a, to znamená 20 bodů. Větrací systém je omezený na pouhé větrání okny, bodově hodnoceno 20-ti body. Konstrukce domu je postavena z cihel (20 bodů), dům je zateplen polystyrenem, což činí 5 bodů a střecha je pokryta pálenou krytinou (4 body). Parametr Svázané energie je tedy celkově hodnocen 29 body. Skelet domu je postaven z cihel (30 bodů), dům nevyužívá žádné solární systémy a je vybaven kotlem na zemní plyn (- 6 bodů). To znamená, že parametr Využití obnovitelných zdrojů je hodnocen 24 body.

$$V_{sd} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$O = o_1 + o_2 + o_3$$

Do vzorce budou dosazeny bodové hodnocení parametrů. Jednotlivé body budou vynásobeny jim určenou vahou (podle vlivu parametrů na dodržování zásad udržitelného rozvoje).

$$V_{sd} = 30 \times 20\% + 20 \times 35\% + 20 \times 5\% + (20 + 5 + 4) \times 25\% + (30 - 6) \times 15\%$$

$$V_{sd} = 30 \times 20\% + 20 \times 35\% + 20 \times 5\% + 29 \times 25\% + 24 \times 15\%$$

$$V_{sd} = 6 + 7 + 1 + 7,25 + 3,6$$

$$V_{sd} = \mathbf{24,85}$$

## 8.4 Vyhodnocení výsledků

Pomocí metodiky bylo dosaženo těchto výsledků:  $V_{pd} = 93,5$  a  $V_{sd} = 24,85$ .

V kapitole 8.1.4 je popsáno stanovení výsledku, ze kterého vyplývá, že čím vyšší je hodnota, tím má dům lepší parametry.

V tomto případě pasivní dům dosahuje výrazně vyšší hodnoty, což je dáno zejména lepší měrnou spotřebou tepla, oproti standardnímu domu využívá rekuperační jednotku se zemním výměníkem k výměně vzduchu a zejména používá ve větší míře materiály z obnovitelných zdrojů.

Pro ověření vypovídací schopnosti metodiky byl proveden výpočet na dalších dvou modelových dvojicích domů.

První výpočet porovnává jiný pasivní dům s odlišným standardním domem. Dosažené hodnoty ( $V_{pd2} = 95,5$  a  $V_{sd2} = 30,85$ ) jsou i zde znatelně rozdílné.

Druhý výpočet porovnává opět jiný projekt pasivního domu s nízkoenergetickým domem. V tomto případě se hodnoty výpočtu ( $V_{pd3} = 92,5$  a  $V_{ned} = 55,25$ ) více přibližují. Je to dáno tím, že nízkoenergetické domy využívají stejných technologií jako pasivní domy. Mají však horší měrnou spotřebu tepla. Rozdíl hodnot je tedy stále vypovídající.

Parametry jednotlivých domů a jejich výpočty jsou uvedeny v přílohách č. 4, 5, 6, 7.

## 9 ZÁVĚR

V současné době je nutné se věnovat tématu udržitelného rozvoje, a to ve všech oblastech lidského konání. Vlivem narůstající urbanizace rostou samozřejmě i nároky na bydlení. Udržitelné stavebnictví by mělo zmírnit negativní účinky stavebních činností na životní prostředí a na snížení kvality života lidí. Současné stavebnictví je však značným producentem emisí CO<sub>2</sub>, a proto je důležité aplikovat v této oblasti principy udržitelného rozvoje a důsledně je dodržovat. Základem udržitelnosti ve stavebnictví je zejména využití obnovitelných zdrojů stavebních materiálů, energie nebo prodloužení životního cyklu budov.

Cílem této práce je navrhnout metodiku, která by zhodnotila vliv pasivních domů na prosazování zásad udržitelného rozvoje.

V teoretické části práce jsou nejprve vymezeny pojmy týkající se pasivních domů a udržitelného rozvoje.

Metodika stanovená v této práci je založena na porovnání pasivních a standardních (nebo nízkoenergetických) domů. Porovnání je založeno na bodovém hodnocení vybraných parametrů. Je zde hodnocen tvar domu, měrná spotřeba tepla, větrací systém, množství svázané energie a využívání obnovitelných zdrojů. Každý parametr je popsán několika kategoriemi, které jsou dále dle daných hledisek bodově ohodnoceny. (Tyto kategorie lze v budoucnu rozšířit i o další, dle potřeb). Vzhledem k zaměření této práce, je největší důraz kladen na parametry, které ve stavebnictví souvisí nejvíce s udržitelným rozvojem.

Zvolená metodika na několika praktických příkladech jasně prokázala, že pasivní domy mají výrazně kladný vliv na zásady udržitelného rozvoje, a to jak ve srovnání se standardními, tak i s nízkoenergetickými domy.

Nezbývá než konstatovat, že cíle této práce, navržení použitelné metodiky, bylo dosaženo.

## SEZNAM LITERATURY

### PUBLIKACE

AUGUSTA, P., a kol. *Velká kniha o energii* Praha:L.A. Consulting Agency 2001 377s  
ISBN 80-238-6578-1

BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2008* 1.vyd Brno:Centrum pasivního domu  
2008 384s ISBN 978-80-254-2484-1

BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2007* 1.vyd Brno:Centrum pasivního domu  
2007 384s ISBN 978-80-254-0126-2

BÁRTA, J., HAZUCHA, J., *Pasivní domy 2006* 1.vyd Brno:Centrum pasivního domu  
2006 384s bez ISBN

DUFKA, J., *Vytápění domů a bytů* 2.vyd Praha:Grada Publishing 2006 100s ISBN 80-  
247-0624-3

GANGULY P., *Trvale udržitelný rozvoj* Ostrava:Vysoká škola Báňská 1997 160s ISBN  
80-7078-473-3

KRAMER, M., BRAUWEILER, J., HELLING, K., et al. *Internationales  
Umweltmanagement – Band 2 Umweltmanagementinstrumente und systeme* 1.vyd  
Wiesbaden:Gabler 2003 463s. ISBN 3-409-12318-0

MEZŘICKÝ V., *Environmentální politika a udržitelný rozvoj* 1.vyd Praha:Portál 2005  
208s ISBN 80-367-003-8

TYWONIAK, J., *Nízkoenergetické domy Principy a příklady* 1.vyd Praha:Grada  
Publishing 2005 200s ISBN 80-247-1101-X

## **INTERNETOVÉ ZDROJE**

Archiweb [on-line] c1997-2010 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <http://archiweb.cz>

Atrea [on-line] c1998-2010 Poslední aktualizace 10/2009 Dostupné z WWW: <http://www.atrea.cz>

Centrum pasivního domu [on-line] c2006-2009 Poslední aktualizace 10.12.2009 Dostupné z WWW: <http://www.pasivnidomy.cz>

Časopis stavebnictví [on-line] c2007 Poslední aktualizace 12/2007 Dostupné na WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz>

Český hydrometeorologický ústav [on-line] c2005 Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <http://www.chmu.cz>

ČNK UNEP [on-line] Poslední aktualizace 2.2.2010 Dostupné na WWW: <http://www.unep.cz>

DECPLAST [on-line] c1994-2010 Poslední aktualizace 10.4.2010 Dostupné z WWW: <http://www.decplast.cz>

Energy consulting [on-line] Poslední aktualizace 13.2.2010 Dostupné z WWW: <http://www.e-c.cz>

Hra o zemi [on-line] c2007 Poslední aktualizace 23.1.2010 Dostupné z WWW: <http://hraozemi.cz>

Isofen Energy [on-line] c2009 Poslední aktualizace 10.1.2010 Dostupné z WWW: <http://www.isofenergy.cz>

ISŠ Technická Mělník [on-line] c2008 Poslední aktualizace 10.1.2010 Dostupné z WWW: <http://www.isstechn.cz>

Katedra managementu, inovací a projektů [on-line] Poslední aktualizace 25.7.2001 Dostupné z WWW: <http://kip.zcu.cz>

KKH *Zelená úsporám* [on-line] c2007 Poslední aktualizace 19.4.2010 Dostupné z WWW: <http://www.kkh.cz/akce-zelena-usporam>

Klub UNESCO Kroměříž [on-line] Poslední aktualizace 21.9.2009 Dostupné z WWW: <http://www.unesco-kromeriz.cz>

Medmax systém [on-line] Poslední aktualizace 22.1.2010 Dostupné z WWW: <http://www.tvujdum.cz>

Stavby nízkoenergetických a pasivních domů [on-line] c2008 Poslední aktualizace 10.8.2009 Dostupné z WWW: <http://babor.cz>

Solární energie info [on-line] Poslední aktualizace 28.2.2010 Dostupné z WWW: <http://www.solarni-energie.info>

Šetrné budovy [on-line] Poslední aktualizace 11.4.2010 Dostupné z WWW: [www.setrne budovy.cz](http://www.setrnebudovy.cz)

Tepelná izolace [on-line] c2006-2010 Poslední aktualizace 9.11.2007 Dostupné z WWW: <http://www.tepelna-izolace.cz>

Tvůj dům [on-line] c1998-2009 Poslední aktualizace 3.9.2009 Dostupné z WWW: <http://www.tvujdum.cz>

TZB info [on-line] c2001-2010 Poslední aktualizace 2.11.2009 na WWW: <http://energie.tzb-info.cz>

Zelená úsporám [on-line] c2009 Poslední aktualizace 15.2.2010 Dostupné z WWW: <http://www.zelenausporam.cz>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Přehled typů výstavby, dle roční měrné potřeby tepla na vytápění.....	19
Tabulka č. 2: Změna energetických vlastností objektu dle tvaru. ....	28
Tabulka č. 3: Základní faktor energetické přeměny a ekvivalentní emise CO <sub>2</sub> .....	32
Tabulka č. 4: Účinnost přeměny energie elektráren .....	33
Tabulka č. 5: Svázané hodnoty energie a emisí CO <sub>2</sub> stavebních materiálů .....	34
Tabulka č. 6: Spotřeba paliv, tepla a elektrické energie na výrobu produktů.....	35
Tabulka č. 7 : Požadované hodnoty průvzdušnosti .....	51
Tabulka č. 8: Bodové hodnocení parametru Nároky na tvar budovy .....	58
Tabulka č. 9: Bodové hodnocení parametru Měrná spotřeba tepla .....	59
Tabulka č. 10: Bodové hodnocení parametru Větrací systém.....	60
Tabulka č. 11: Bodové hodnocení parametru Svázané energie.....	62
Tabulka č. 12: Bodové hodnocení parametrů Využití obnovitelných zdrojů .....	64
Tabulka č. 13: Hodnoty dílčích parametrů standardního domu I. ....	71
Tabulka č. 14: Hodnoty dílčích parametrů pasivního domu I. ....	69

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Pojetí stavebního procesu v globálních souvislostech .....	17
Obrázek č. 2: Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty .....	29
Obrázek č. 3: Roční úhrn průměrné teploty vzduchu (°C).....	38
Obrázek č. 4: Roční úhrn průměrného slunečního záření (kWh/m <sup>2</sup> ).....	39
Obrázek č. 5: Vliv polohy domu v terénu na tepelné ztráty.....	40
Obrázek č. 6: Funkce izolačního okna s trojsklem .....	42
Obrázek č. 7: Větrací systém v rodinném domě.....	45
Obrázek č. 8: Rekuperační výměník tepla .....	45
Obrázek č. 9 : Správná a nesprávná aplikace .....	49
Obrázek č. 10: Blower door test .....	50
Obrázek č. 11: Standardní dům Klassik 180 .....	70
Obrázek č. 12: Půdorys standardního domu.....	70
Obrázek č. 13: Pasivní dům v obci Koberovy .....	68
Obrázek č. 14: Půdorys pasivního domu .....	68



## SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Měrná potřeba tepla na vytápění (v kWh/m <sup>2</sup> a).....	19
Graf č. 2: Energetické vlastnosti objektu dle tvaru.....	29
Graf č. 3: Ekvivalentní emisní faktor CO <sub>2</sub> .....	32
Graf č. 4: Svázané hodnoty emisí stavebních materiálů .....	34
Graf č. 5: Spotřeba paliv, tepla a elektrické energie na výrobu stavebních produktů ....	36
Graf č. 6: Porovnání svázané energie u izolací .....	37
Graf č. 7: Vývoj počtu žádostí a výše podpory .....	54
Graf č. 8: Grafické znázornění významových vah .....	66

## SEZNAM POUŽITÝCH FYZIKÁLNÍCH JEDNOTEK

Veličina	Značka	Jednotka
Roční potřeba tepla na vytápění	e	kWh/m <sup>2</sup> a
Součinitel prostupu tepla	U	W/m <sup>2</sup> K
Kilowatthodina (odvozena z jednotky energie watthodina)		kWh
Amplituda intenzity globálního slunečního záření	A	W/m <sup>2</sup>
Intenzita výměny vzduchu budovy při přetlaku 50 Pa	n <sub>50</sub>	h <sup>-1</sup> ; m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .h
Faktor tvaru budovy; geometrická charakteristika budovy	A/V	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ; m <sup>-1</sup>
Petajoule (10 <sup>15</sup> ) – jednotka práce a energie		PJ
Běžný metr	bm	m

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1 – Jednotlivé tvary domů I.

Příloha č. 2 – Jednotlivé tvary domů II.

Příloha č. 3 – Jednotlivé tvary domů III.

Příloha č. 4 – Parametry pasivního domu - výpočet

Příloha č. 5 – Parametry standardního domu - výpočet

Příloha č. 6 – Parametry pasivního domu - výpočet

Příloha č. 7 – Parametry nízkoenergetického domu - výpočet

## Příloha č. 1 – Jednotlivé tvary domů I.



Dům ve tvaru krychle s pultovou střechou.

Zdroj: <http://bydleni.idnes.cz>



Dům ve tvaru kvádra s pultovou střechou.

Zdroj: [www.rp-stavby.cz](http://www.rp-stavby.cz)

## Příloha č. 2 – Jednotlivé tvary domů II.



Dům ve tvaru kvádra se sedlovou střechou.

Zdroj: [www.precis-mp.cz](http://www.precis-mp.cz)



Dům ve tvaru kvádra se sedlovou střechou a 1 balkonem.

Zdroj: [www.apstavby.cz](http://www.apstavby.cz)



### Příloha č. 3 – Jednotlivé tvary domů III.



Dům ve tvaru kvádrů se sedlovou střechou, 1 balkonem a výčnělky

Zdroj: [www.nase-domy.cz](http://www.nase-domy.cz)



Dům ve tvaru kvádrů se sedlovou střechou, více balkony a výčnělky

Zdroj: [www.psttrebic.cz](http://www.psttrebic.cz)

## Příloha č. 4 – Parametry pasivního domu II. - výpočet



PASIVNÍ DŮM - parametry		Bodové ohodnocení
Nárok na tvar budovy	kvádr s pultovou střechou	90 b.
Měrná spotřeba tepla	< 15 kWh/m <sup>2</sup> a	100 b.
Systém větrání	větrací systém s rekuperací a zemním výměníkem	100 b.
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: dřevo = 0,54 GJ/m <sup>3</sup>	70 b.
	tepelná izolace: minerální = 2,33 GJ/t	20 b.
	střecha: Eternit-Dacora = 2,89 GJ/t	6 b.
Využití obnovitelných zdrojů	dřevo fototermální solární kolektory	80 b. 10 b.

$$V_{pd} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s1 + s2 + s3$$

$$O = o1 + o2 + o3$$

$$V_{pd} = 90 \times 20\% + 100 \times 35\% + 100 \times 5\% + 96 \times 25\% + 90 \times 15\%$$

$$V_{pd} = 18 + 35 + 5 + 24 + 13,5$$

$$V_{pd} = 95,5$$

## Příloha č. 5 – Parametry standardního domu II. - výpočet



STANDARDNÍ DŮM - parametry		Bodové ohodnocení
Nárok na tvar budovy	kvádr se sedlovou střechou a 1 balkonem	60 b.
Měrná spotřeba tepla	130 kWh/m <sup>2</sup> a	20 b.
System větrání	okny	20 b.
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: cihly = 2,85 GJ/tis.CJ	20 b.
	tepelná izolace: polystyren EPS = 9,85 GJ/t	5 b.
	střecha: pálená krytina = 4,08 GJ/t	4 b.
Využití obnovitelných zdrojů	cihly otopná soustava: zemní plyn	30 b. -6 b.

$$V_{sd} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s1 + s2 + s3$$

$$O = o1 + o2 + o3$$

$$V_{sd} = 60 \times 20\% + 20 \times 35\% + 20 \times 5\% + 29 \times 25\% + 24 \times 15\%$$

$$V_{sd} = 12 + 7 + 1 + 7,25 + 3,6$$

$$V_{sd} = 30,85$$



## Příloha č. 6 – Parametry pasivního domu III. - výpočet



PASIVNÍ DŮM - parametry		Bodové ohodnocení
Nárok na tvar budovy	kvádr se sedlovou střechou	80 b.
Měrná spotřeba tepla	14 kWh/m <sup>2</sup> a	100 b.
Systém větrání	větrací systém s rekuperací	80 b.
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: dřevo = 0,54 GJ/m <sup>3</sup> tepelná izolace: minerální = 2,33 GJ/t střecha: Eternit-Dacora = 2,89 GJ/t	70 b. 20 b. 6 b.
Využití obnovitelných zdrojů	dřevo fototermální solární kolektory	80 b. 10 b.

$$V_{pd} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s1 + s2 + s3$$

$$O = o1 + o2 + o3$$

$$V_{pd} = 80 \times 20\% + 100 \times 35\% + 80 \times 5\% + 96 \times 25\% + 90 \times 15\%$$

$$V_{pd} = 16 + 35 + 4 + 24 + 13,5$$

$$V_{pd} = 92,5$$

## Příloha č. 7 – Parametry nízkoenergetického domu - výpočet



NÍZKOENERGETICKÝ DŮM - parametry		Bodové ohodnocení
Nárok na tvar budovy	kvádr s pultovou střechou, 1 balkonem, výčnělky	30 b.
Měrná spotřeba tepla	45 kWh/m <sup>2</sup> a	30 b.
Systém větrání	větrací systém s rekuperací a zemním výměníkem	100 b.
Svázané energie v použitém materiálu	nosná konstrukce: dřevo = 0,54 GJ/m <sup>3</sup> tepelná izolace: polystyren = 9,85 GJ/t střecha: Eternit-Dacora = 2,89 GJ/t	70 b. 5 b. 6 b.
Využití obnovitelných zdrojů	dřevo fototermální solární kolektory	80 b. 10 b.

$$V_{ned} = T \times 20\% + M \times 35\% + V \times 5\% + S \times 25\% + O \times 15\%$$

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$O = o_1 + o_2 + o_3$$

$$V_{ned} = 30 \times 20\% + 30 \times 35\% + 100 \times 5\% + 81 \times 25\% + 90 \times 15\%$$

$$V_{ned} = 6 + 10,5 + 5 + 20,25 + 13,5$$

$$V_{ned} = 55,25$$