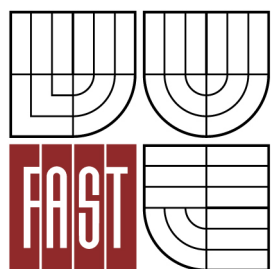




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

## **NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA**

LOW-ENERGY BUILDING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

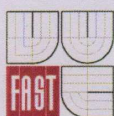
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. MAREK LATTENBERG**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. ZDENĚK KREJZA**

BRNO 2013



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607T038 Management stavebnictví  
**Pracoviště** Ústav stavební ekonomiky a řízení

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Marek Lattenberg

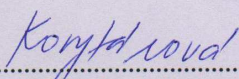
**Název** Nízkoenergetická výstavba

**Vedoucí diplomové práce** Ing. Zdeněk Krejza

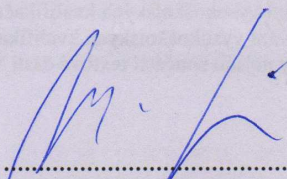
**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2012

**Datum odevzdání diplomové práce** 11. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2012

  
.....  
doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.  
Vedoucí ústavu



  
.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

BRADÁČ, A. Teorie oceňování nemovitostí. 4. přepracované vydání, Brno: CERM, 2004. 578 s. ISBN 80-7204-332-3

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a související předpisy

TICHÁ, A., TICHÝ, Z., VYSLOUŽIL, R., ŠIMÁČEK, O. Rozpočtování kalkulace ve výstavbě díl I. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2639-X

MARKOVÁ, L., CHOVANEC, J. Rozpočtování kalkulace ve výstavbě díl II. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2639-X

Tywnoniak, J. Nízkoenergetické domy - Principy a příklady. Praha: Grada Publishing, 2005, 200 s.

Kulhánek, F. Nízkoenergetické a pasivní domy - návrh a realizace. Praha: Verlag Dashöfer, 2009.

Cenové publikace ÚRS Praha a.s.

### **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

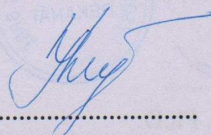
Cílem práce je popsat nejnovější trendy v oblasti nízkoenergetické výstavby a jejich dopady v oblasti cen ve srovnání s klasickou výstavbou.

1. Definice základních pojmů, základní pravidla oceňování staveb a stavebních prací,
2. Specifikace nízkoenergetické výstavby
3. Porovnání konkrétního nízkoenergetického objektu s klasickou výstavbou včetně ekonomického vyhodnocení

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....  
Ing. Zdeněk Krejza  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Diplomová práce na téma „Nízkoenergetická výstavba“ seznamuje s trendy nízkoenergetické výstavby a s jejich dopady na ceny ve srovnání s klasickou výstavbou. Jsou zde definovány základní pojmy této problematiky, základní pravidla oceňování staveb a stavebních prací a uvedena specifika nízkoenergetické výstavby. Práce provádí porovnání pasivního objektu s klasickou výstavbou včetně ekonomického vyhodnocení.

**Klíčová slova**

Nízkoenergetická výstavba, pasivní dům, úspora energií, energetická náročnost, doba návratnosti.

**Abstract**

Diploma thesis "Low-energy building" presents low-energy construction trends and their price comparison with conventional construction. This thesis defines basic low-energy building terms, both building and construction work evaluation concepts and specifics of low-energy construction. Practical outcome is comparison between passive and conventional buildings, including economic appraisal.

**Keywords**

Low-energy building, passive house, energy saving, energy consumption, payback period.

### **Bibliografická citace VŠKP**

LATTENBERG, Marek. *Nízkoenergetická výstavba*. Brno, 2013. 86 s., 11 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Krejza.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.1.2013

.....  
podpis autora  
Marek Lattenberg

## Obsah

1	Úvod.....	11
2	Nízkoenergetické budovy .....	13
2.1	Současné trendy při projektování nízkoenergetických budov .....	13
2.2	Charakteristika budov .....	13
2.3	Legislativa vztahující se k projektování nízkoenergetických budov .....	16
2.4	Dotační program Ministerstva životního prostředí .....	18
2.4.1	Program Zelená úsporám .....	18
2.4.2	Nová Zelená úsporám .....	20
2.5	Zásady pro navrhování nízkoenergetických budov.....	21
2.6	Energetická bilance .....	27
2.6.1	Jednoduché bilanční schéma.....	27
2.6.2	Základní určení tepelných ztrát.....	28
2.6.3	Tepelné zisky .....	31
2.6.4	Tepelná bilance .....	32
2.6.5	Energetický štítek obálky budovy.....	33
2.6.6	Průkaz energetické náročnosti budovy .....	35
2.7	Energetická hospodárnost nízkoenergetických budov .....	35
2.7.1	Vytápění.....	36
2.7.2	Solární energie .....	37
2.7.3	Řízené větrání a rekuperace .....	38
2.7.4	Zemní výměníky .....	39
3	Ekonomika staveb.....	41
3.1	Ceny ve stavebnictví, oceňování nemovitostí.....	41
3.2	Způsoby ocenění .....	43

3.3	Doba návratnosti, efektivnost.....	44
4	Praktická část .....	47
4.1	Vývoj součinitele prostupu tepla.....	47
4.2	Možnosti dosažení $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ u obvodového zdiva.....	48
4.3	Charakteristika porovnávaných objektů.....	50
4.3.1	Klasický dům .....	50
4.3.2	Pasivní dům.....	51
4.4	Stanovení energetické třídy budovy podle ČSN 73 0540 .....	52
4.4.1	Výpočet energetické třídy klasického domu.....	52
4.4.2	Energetická třída pasivního domu .....	57
4.5	Podíl tepelných ztrát na celkové potřebě tepla.....	61
4.5.1	Klasický dům .....	61
4.5.2	Pasivní dům.....	64
4.5.3	Porovnání obou variant .....	66
4.6	Ekonomické srovnání obou technických řešení z pohledu vynaložených vícenákladů, efektivity a doby návratnosti .....	69
4.6.1	Stanovení pořizovacích a provozních nákladů .....	69
4.6.2	Výpočet cash flow (CF) a doby návratnosti porovnávaných variant.....	75
4.7	Environmentální přínos pasivní výstavby .....	77
5	Závěr .....	80
6	Zdroje.....	83
7	Seznam zkratk .....	85
8	Seznam příloh .....	86

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Charakteristika tepelně technických standardů budov	15
Tabulka č. 2 – Přehled registrovaných žádostí a vyplacených prostředků z programu Zelená úsporám v letech 2009 – 2011	20
Tabulka č. 3 – Součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí	25
Tabulka č. 4 – Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy	34
Tabulka č. 5 – Vývoj hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcemi	47
Tabulka č. 6 – Přehled tloušťek vybraných zdících materiálů splňujících požadavek $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$	48
Tabulka č. 7 – Přehled ploch konstrukcí a jím odpovídající součinitele prostupu tepla	62
Tabulka č. 8 – Klasický dům - tepelné ztráty konstrukcemi a větráním	62
Tabulka č. 9 – Přehled ploch konstrukcí a jím odpovídající součinitele prostupu tepla	64
Tabulka č. 10 – Pasivní dům – tepelné ztráty konstrukcemi a větráním	64
Tabulka č. 11 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcemi a větráním	66
Tabulka č. 12 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcemi, větráním a tepelnými mosty	67
Tabulka č. 13 – Přehled nákladů za sledované období u obou variant	74
Tabulka č. 14 – Výpočet CF a stanovení doby návratnosti	76

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Energeticky úsporné domy	15
Obrázek č. 2 – Termovizní snímek odvodové stěny exteriéru	23
Obrázek č. 3a – Schéma chráněného prostoru a systémové hranice budovy	27
Obrázek č. 3b – Schéma pro volbu výpočtového postupu energetické bilance	28
Obrázek č. 4 – Přehled tepelných ztrát obálkou budovy	31
Obrázek č. 5 – Energetický štítek budovy	34
Obrázek č. 6 – Zdroje a možnosti využití obnovitelných energií	36
Obrázek č. 7 – Průměrné roční hodnoty slunečního svitu v ČR	38
Obrázek č. 8 – Historie vývoje hodnoty součinitele prostupu tepla	48
Obrázek č. 9 – Tloušťka vybraných zdících materiálů splňujících požadavek $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$	49
Obrázek č. 10 – Tloušťka vybraných zdících materiálů splňujících požadavek $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$	50
Obrázek č. 11 – Přehled konstrukcí a jejich vlastnosti u klasického domu	53
Obrázek č. 12 – Zadaní hodnot – větrání	53
Obrázek č. 13 – Výběr zdroje tepla u klasického domu	54
Obrázek č. 14 – Volba regulace otopné soustavy – klasický dům	54
Obrázek č. 15 – Volba způsobu přípravy teplé vody – klasický dům	55
Obrázek č. 16 – Přehled spotřebičů	55
Obrázek č. 17 – Závěrečné vyhodnocení klasického domu	57
Obrázek č. 18 – Přehled konstrukcí a jejich vlastnosti u pasivního domu	58
Obrázek č. 19 – Zadaní hodnot- řízené větrání	58
Obrázek č. 20 – Výběr zdroje tepla - pasivní dům	59
Obrázek č. 21 – Volba regulace otopné soustavy – pasivní dům	59
Obrázek č. 22 – Volba způsobu přípravy teplé vody – pasivní dům	60
Obrázek č. 23 – Závěrečné vyhodnocení pasivního domu	61
Obrázek č. 24 – Procentuální poměr tepelných ztrát klasického domu	63
Obrázek č. 25 – Procentuální poměr prostupu tepla konstrukcemi	63
Obrázek č. 26 – Procentuální poměr tepelných ztrát pasivního domu	65
Obrázek č. 27 – Procentuální poměr prostupu tepla konstrukcemi	65
Obrázek č. 28 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcí u porovnávaných objektů	67

Obrázek č. 29 – Srovnání tepelných ztrát u porovnávaných objektů ve W	68
Obrázek č. 30 – Srovnání tepelných ztrát u porovnávaných objektů v %	68
Obrázek č. 31a – Roční potřeba energie na vytápění – klasický dům	70
Obrázek č. 31b – Roční potřeba energie na vytápění – pasivní dům	70
Obrázek č. 32 – Náklady na osvětlení a provoz spotřebičů	71
Obrázek č. 33 – Roční potřeba energie na ohřev teplé užitkové vody	72
Obrázek č. 34 – Trend nárůstu nákladu na energie ve sledovaném období	75
Obrázek č. 35 – Grafické znázornění doby návratnosti	77
Obrázek č. 36 – Odhadovaná redukce emisí [t CO <sub>2</sub> /rok] v oblasti B	78
Obrázek č. 37 – Porovnání vyprodukovaného množství CO <sub>2</sub>	79

# 1 Úvod

Nízkoenergetická výstavba je v současné době často diskutovaným tématem vzhledem k ubývajícím neobnovitelným zdrojům energií a požadavkům na snížení spotřeby stále se zvyšující potřeby energií. S touto problematikou souvisí také pojem trvale udržitelný rozvoj, který znamená takový rozvoj společnosti, který umožní budoucím generacím uspokojovat jejich základní potřeby, zachovávat přirozené funkce ekosystému a nesnižuje rozmanitost přírody. Znamená to tedy, že nelze spotřebovávat více, než je vytvořeno. Toto je důvodem toho, že v dnešní době patří k nejsledovanějším charakteristikám budovy jejich energetická náročnost. Výsledné energetické vlastnosti budovy se dají nejlépe ovlivnit již v přípravné fázi projektu, tzn. celkovým koncepčním řešením. Součástí výsledné energetické náročnosti budovy je také spotřeba energií na vytápění, na osvětlení, na ohřev teplé užitkové vody a energie pro provoz spotřebičů. Celkovou spotřebu energie ovlivňuje také chování obyvatel stavby, kteří musí dodržovat určité zásady, aby bylo dosaženo požadovaného efektu v úspoře energií.

Při porovnání situace u nízkoenergetické výstavby v České republice a situace v okolních státech, především v Rakousku, vycházíme z tohoto srovnání podstatně hůře. Stavby v Rakousku financované z veřejných rozpočtů musí být realizovány alespoň v pasivním standardu, což se u nás prozatím neděje. Situace v České republice se pozvolna zlepšuje a to díky individuální výstavbě. Jedná se především o samostatně stojící nízkoenergetické rodinné domy. K rozvoji nízkoenergetické výstavby přispívá skutečnost, že se zvýšila informovanost veřejnosti a to díky konzultačním a poradenským centrům, která se zabývají propagací, vzděláváním a podporou nízkoenergetických domů a úsporami energií ve stavebnictví. Tyto domy nabízí nenásilné řešení bytové výstavby, nepoužívají drahou a složitou techniku, proto je tento druh výstavby dostupný široké veřejnosti. Výstavbou nízkoenergetických budov lze přispět k ochraně životního prostředí, protože se podílí na snížení koncentrací skleníkových plynů v ovzduší, které nejvíce ovlivňují zplodiny vytápění. Technologie užívané při stavbě pasivních domů by také měly přispět ke snížení závislosti na fosilních palivech (uhlí, ropě, zemním plynu).

V zahraničí byly budovy s velkou spotřebou energií řešeny dodatečnými tepelnými izolacemi. V současné době je tato výstavba i u nás založena na kvalitně izolované konstrukci, díky které, dům nemusí rychle reagovat na změny venkovní teploty, protože drobné korekce dokáže zajistit větrací systém. Tyto domy jsou schopné také využít dopadající sluneční záření.

Pasivní dům může být také navržen tak, že v celoroční bilanci se stává i zdrojem energie a nejen jejím spotřebitelem. Snaha o získání energie z přírodních obnovitelných zdrojů se jeví jako rozumný požadavek. Hlavním požadavkem budoucího vývoje však bude omezení plýtvání energiemi a k tomuto požadavku bude rozšiřující se pasivní výstavba přispívat.

## **2 Nízkoenergetické budovy**

Cílem práce je seznámení s nejnovějšími trendy v oblasti nízkoenergetické výstavby a popsání jejich dopadů v oblasti cen ve srovnání s klasickou výstavbou. Práce bude v první části definovat základní pojmy související s touto problematikou, popíše základní pravidla oceňování staveb a stavebních prací. Budou také popsána specifika nízkoenergetické výstavby. Praktická část bude zaměřena na porovnání konkrétního nízkoenergetického (pasivního) objektu s klasickou výstavbou včetně ekonomického vyhodnocení.

### **2.1 Současné trendy při projektování nízkoenergetických budov**

Poslední dobou lze pozorovat znatelný nárůst zájmu o nízkoenergetické bydlení. Nejde jen o módní záležitost, ale o skutečný trend ve výstavbě domů.

Trendy soudobé výstavby jsou založeny na požadavcích komfortního bydlení, akustické pohodě, kvalitě vnitřního prostředí, dostatku denního světla, trvalém přísunu čerstvého vzduchu a příjemných teplotách vnitřního prostředí a to vše s důrazem na energetickou úspornost.

Evropská unie již v roce 2010 schválila směrnici EPDB II (Energy Performance of Building Directive), která určuje směr energetických úspor při výstavbě. Snahou je omezit plýtvání energiemi a cílem je dosáhnout ekonomičtějšího hospodaření s energiemi. Tato směrnice je závazná pro všechny členské státy EU, včetně České republiky a stanovuje, že od roku 2021 se budou stavět stavby s energetickou spotřebou blízkou nule, u veřejných budov je tento termín zkrácen do roku 2018. Dále zavazuje členské státy ke snížení skleníkových plynů o 20 %. Směrnice EPDB II je v naší legislativě zapracovaná do zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a do prováděcí vyhlášky č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov. [1]

### **2.2 Charakteristika budov**

Energetická klasifikace budov s nízkou spotřebou tepla pracuje se třemi kategoriemi domů:

- nízkoenergetickými,

- pasivními,
- nulovými.

Jednotlivé kategorie se od sebe liší závislostí na roční měrné spotřebě energie na vytápění.

Nízkoenergetické budovy mají měrnou potřebu tepla na vytápění podstatně nižší než je závazný požadavek aktuálních stavebně-energetických předpisů. To znamená menší množství tepla za rok, které je stanovené výpočtem a je vztažené na  $1 \text{ m}^2$  plochy vytápěné části budovy.

Nízkoenergetické budovy jsou objekty s roční měrnou spotřebou energie na vytápění maximálně  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Z hlediska architektonického a konstrukčního se příliš neliší od běžných staveb. K dosažení požadované energetické úrovně se využívá slunečního záření, optimalizovaný návrh obalových konstrukcí, návrh pružného otopného systému, který reaguje na solární a vnitřní tepelné zisky a zároveň řeší problematiku větrání. Požadovaného efektu se snáze dosáhne kompaktním tvarem budovy než členitého tvaru objektu. [2]

Pasivní domy jsou budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění maximálně  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Další požadavek je neprůvzdušnost budovy (hodnota  $n_{j0} 0,6 \text{ h}^{-1}$ ) a také celkové množství primární energie spojené s provozem budovy, které nesmí překročit  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . V praxi se těmto parametrům blíží hodně budov i přesto, že některého jmenovaného parametru nedosahují. V literatuře se o těchto budovách píše jako o téměř pasivních domech nebo o domech s nízkou spotřebou tepla. [3]

Nulové domy jsou budovy, které mají vybalancovány tepelné ztráty a tepelné zisky tak, že téměř nepoužívají energii z topného zdroje a pracují hlavně se solárními a vnitřními tepelnými zisky. Limitní hodnota roční měrně tepelné potřeby energie těchto domů je  $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Vyznačují se používáním obalové konstrukce s extrémně vysokou tepelně izolační schopností, sofistikovaným systémem větrání s využitím rekuperace tepla a využíváním dalších prvků, které spoří energii. Z hlediska náročnosti dosažení požadovaných parametrů nejsou běžně realizovány. [2]

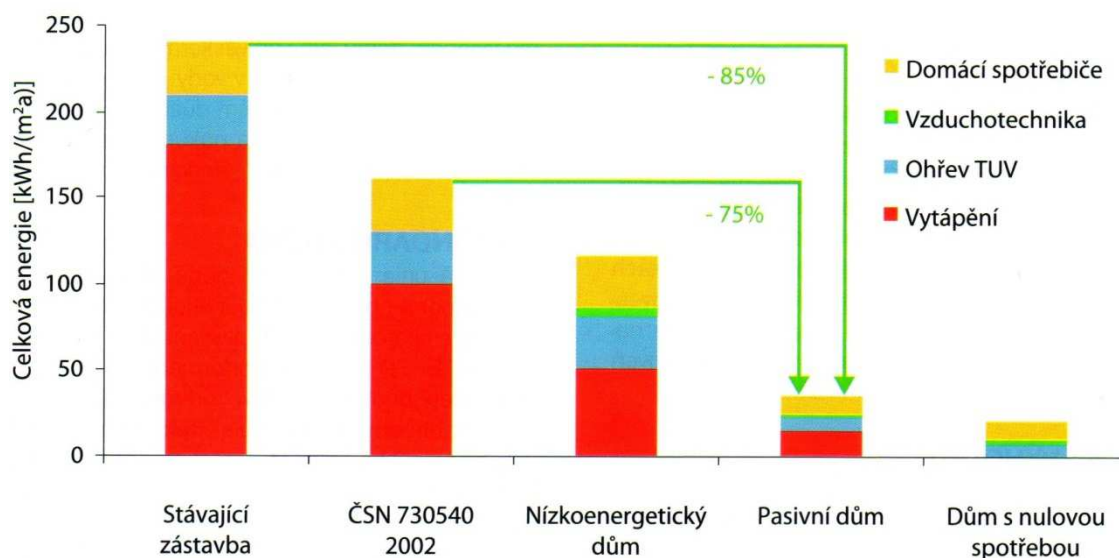
Za zmínku ještě stojí „energeticky nezávislý“ dům, který nemá žádné nároky na energii z vnějších zdrojů a veškerou potřebnou energii na provoz si produkuje sám.

Dům je často realizován v polohách, kde nejsou běžně dostupné klasické energetické zdroje. Energie je produkována fotovoltaickými články nebo větrnými elektrárnami.

Lze navrhnout i domy, které mají menší spotřebu energie, než sami vytvoří. O těchto domech mluvíme jako o domech s energetickým přebytkem. Většinou se jedná o pasivní domy, s velkou plochou fotovoltaických systémů, které přebytečnou energii dodávají do sítě. [3]

Tabulka č. 1 – Charakteristika tepelně technických standardů budov

Charakteristika  Tepelnětechnický standart, spotřeba energie	Existující starší dům	Novostavba dle norem	Nízkoenergetický dům	Pasivní dům
	Bez zateplení, zastaralý vytápění s velkým výkonem a zdrojem emise, větrání okny	Minimální zateplení, standardní systém vytápění se středním výkonem, větrání okny	Velmi dobré zateplení, nízkoteplotní systém vytápění s malým výkonem, řízené větrání, rekuperace tepla	Vynikající zateplení, bez klasického systému vytápění, teplovzdušné vytápění, řízené větrání s vysoce účinnou rekuperací tepla
Hodnota U konstrukcí (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,9 - 1,1	0,3 - 0,4	0,18 - 0,25	0,10 - 0,15
Hodnota U oken (W/(m <sup>2</sup> .K))	2,5	1,8	1,3	0,8
Tepelný příkon (W/m <sup>2</sup> )	110	60	20 - 30	10
Teplo na vytápění (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	180 - 220	80 - 120	30 - 50	max. 15
Teplo na ohřev vody (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	30 - 35	25 - 30	20 - 25	10 - 15
Elektrická energie (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	30 - 35	30 - 35	20 - 25	10 - 15
Celková měrná potřeba energie (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	235 - 285	135 - 185	70 - 100	35 - 42



Obrázek č. 1 – Energeticky úsporné domy [1] str. 13

Tabulka č. 1 je přehledem charakteristik standardů budov, v kterém je posuzována pouze potřeba tepla na vytápění. Další významné součásti energetické bilance budovy jako jsou ohřev teplé vody, energie na větrání a chlazení a spotřeba energie pro domácí spotřebiče a jejich podíl na celkové spotřebě energie, zobrazuje obrázek č. 1.

### **2.3 Legislativa vztahující se k projektování nízkoenergetických budov**

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/ES o energetické náročnosti budov.

Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. (po provedených následných změnách v úplném znění zákona č. 61/2008 Sb.).

*Vyhláška MPO ČR č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov* – stanovuje požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele a metodu výpočtu stanovení energetické náročnosti budov. Definiuje obsah průkazu energetické náročnosti budov a způsob jeho zpracování.

*ČSN EN 15217 (73 0324): 2008 Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti a energetickou certifikaci budov* – poskytuje metody k vyjádření energetické náročnosti budov. Norma je určena pracovníkům vyvíjejícím postupy pro energetickou certifikaci budov, stavebním úřadům nastavujícím minimální požadavky energetické náročnosti a projektantům budov, majitelům budov, provozovatelům budov ke zjištění energetické náročnosti navrhovaných nebo stávajících budov a způsobů jejího zlepšení, a k vyjádření této náročnosti.

*ČSN EN 15603 (73 0326): 2008 Energetická náročnost budov – Celková potřeba energie a definice energetických hodnocení* – určuje obecný rámec pro stanovení celkové potřeby energie budovy a výpočet energetických hodnocení vyjádřených prostřednictvím primární energie, emisí CO<sub>2</sub> nebo parametrů definovaných národní energetickou politikou.

*ČSN EN 15459 (06 0405): 2010 Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách* – popisuje

metodu ekonomického výpočtu tepelných soustav. Vychází z údajů jiných soustav, které mohou ovlivňovat potřebu energie dané tepelné soustavy.

*TNI CEN/TR 15615 (73 0310): 2009 Vysvětlení obecných vztahů mezi různými evropskými normami a směrnici o energetické náročnosti budov.*

*ČSN EN 15316-1 (06 0401): 2010 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinnosti soustav – část 1: Všeobecné požadavky* – norma specifikuje členění výpočtu potřeby energie pro soustavy pro vytápění a přípravu teplé vody v budovách. Stanovuje normy vstupů a výstupů pro tyto výpočty. Cílem je vypracování jednotné evropské metody výpočtu.

*ČSN EN 15193 (73 0327): 2008 Energetické požadavky na osvětlení* – na jejím základě jsou sjednávány dohody a postupy pro stanovení energetických požadavků na osvětlení v budovách a poskytuje metodologii pro číselný ukazatel spotřeby energie v budovách. Je vodítkem pro zavedení národních limitů spotřeby energie pro osvětlení odvozených z referenčních schémat.

*ČSN EN ISO 13790 (73 0317): 2009 Energetická náročnost budov – Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení* – je to nástroj pro posouzení přínosu stavebních prvků a technických systémů k úsporám energie a celkové energetické náročnosti budov.

*ČSN 73 0540-1: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie* – definuje termíny užívané v oboru stavební tepelné techniky, definice veličin, jejich značky a jednotky popisující šíření tepla, vlhkosti a vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi a popisující stav vnitřního a venkovního prostředí používané v ČSN 73 0540 - 2, 3 a 4.

*ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky* – stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí, které zajišťují plnění základních požadavků na hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov a zajištění ochrany zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí. Platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov. Norma se vztahuje k nevytápěným budovám nebo nevytápěným

zónám budov, požaduje-li se v nich určitý stav vnitřního prostředí, např. pro skladování, provoz technického zařízení apod.

*ČSN 73 0540-3: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin* – stanoví normové, charakteristické a návrhové hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů, výrobků, výplní otvorů, zdicích prvků a zdiva, návrhové hodnoty veličin venkovního prostředí, vnitřního prostředí a vzduchu pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí z hlediska šíření vlhkosti a budov z hlediska jejich tepelné ochrany podle ČSN 73 0540-4 a norem souvisejících. Dále stanovuje návrhové hodnoty fyzikálních veličin pro výpočty tepelných ztrát budov dle ČSN EN ISO 13790, tepelné zátěže klimatizovaných prostorů dle ČSN 73 0548 a tepelných izolací chladíren a mrazíren dle ČSN 14 8102. Neuvádí návrhové hodnoty fyzikálních veličin tepelných izolací pro průmyslové užití. Norma zohledňuje klimatické podmínky České republiky a obvyklou míru ochrany veřejného zájmu.

*ČSN 73 0540-4: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody* – stanovuje a upřesňuje výpočtové metody pro navrhování a ověřování konstrukcí a budov podle požadavků na tepelnou ochranu budov a úsporu energie na jejich vytápění, daných v ČSN 73 0540-2 a ve zvláštních předpisech. Platí pro stanovení vlastností konstrukcí a budov, užívané ve výpočtech tepelných soustav v budovách a dalších výpočtech pro stanovení energetické náročnosti budov. [4]

## **2.4 Dotační program Ministerstva životního prostředí**

### **2.4.1 Program Zelená úsporám**

Program Zelená úsporám, jehož garantem je Ministerstvo životního prostředí, a který je spravovaný Státním fondem životního prostředí České republiky, je zaměřený na úspory energií a využití obnovitelných zdrojů energie v rodinných a bytových domech. Dle oficiálních webových stránek tohoto programu, je program zaměřen na podporu instalací systémů vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energií. Dále na investice vložené do energeticky úsporných rekonstrukcí a nové výstavby. Program podporuje účinné zateplování rodinných domů, bytových domů. Slouží také k podpoře výměny vytápění zatěžující životní prostředí vysokými emisemi za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla. Hlavním cílem programu jsou úspory energie

v domácnostech, které přinesou zlepšení kvality ovzduší snížením emisí CO<sub>2</sub> a prachových částí, které mají výrazný podíl na respiračních onemocněních. Spuštěním tohoto programu bylo vytvořeno přibližně 30 tisíc pracovních míst v malých a středně velkých firmách. Předpokládá se, že v průběhu jeho existence dojde ke zlepšení podmínek pro bydlení ve 250 000 domácnostech.

*Členění programu:*

*Program je členěn do tří základních oblastí podpory A, B, C a bonusů:*

- A. Úspora energie na vytápění.*
  - Celkové zateplení.*
  - Dílčí zateplení.*
- B. Výstavba v pasivním energetickém standardu.*
- C. Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody.*
  - Výměna neekologického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla.*
  - Instalace nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb.*
  - Instalace solárně–termických kolektorů.*
- D. Dotační bonus za vybrané kombinace opatření – některé kombinace opatření jsou zvýhodněna dotačním bonusem (pouze při současném podání žádosti a maximálně jednou pro daný objekt i při využití více z uvedených kombinací).*
- E. Dotace na přípravu a realizace podporovaných opatření v rámci Programu.<sup>1</sup>*

Program je financovaný z prodeje emisních kreditů Kjótského protokolu o snižování emisí skleníkových plynů.

Pravidla programu Zelená úsporám jsou nastavena tak, aby prostředky mohly být čerpány v průběhu celého období od vyhlášení programu, tj. od 24. dubna 2009 do 31. prosince 2012.

Program Zelená úsporám a základní postupy poskytování podpory upravuje směrnice Ministerstva životního prostředí č. 9/2009. [13] [2]

---

<sup>1</sup> ZELENÁ ÚSPORÁM. Zelená úsporám - Popis programu. *Zelená úsporám* [online]. 2009 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu>

Tabulka č. 2 – Přehled registrovaných žádostí a vyplacených prostředků z programu Zelená úsporám  
v letech 2009 – 2011

Rok	Počet zaregistrovaných žádostí							Objem podpory (mil. Kč)							
	Obnovitelné zdroje		Zateplení		Pasivní výstavba		Celkem	Obnovitelné zdroje		Zateplení		Pasivní výstavba		Celkem	
	ks	%	ks	%	ks	%	ks	Kč	%	Kč	%	Kč	%	Kč	
2009	1 978	63,4	1 132	36,3	8	0,3	<b>3 118</b>	138	28,5	344	71,1	2	0,4	<b>484</b>	
2010	26 002	52,0	23 801	47,7	140	0,3	<b>49 943</b>	1 899	15,0	10 668	84,4	77	0,6	<b>12 644</b>	
2011	32 825	43,6	41 937	55,7	556	0,7	<b>75 318</b>	2 719	13,3	17 538	85,7	207	1,0	<b>20 464</b>	
<b>Celkem</b>	<b>60 805</b>	x	<b>66 870</b>	x	<b>704</b>	x	<b>128 379</b>	<b>4 756</b>	x	<b>28 550</b>	x	<b>286</b>	x	<b>33 592</b>	

K datu 26.10.2012 bylo proplaceno více jak 71 tisíc žádostí v celkovém objemu 18,2 miliardy Kč z celkového objemu 20,9 miliard Kč, které má pro rok 2012 fond k dispozici. Přehled registrovaných žádostí a vyplacených prostředků z programu Zelená úsporám je uveden v tabulce č. 2.

#### 2.4.2 Nová Zelená úsporám

Nástupnický program programu Zelená úsporám je Nová Zelená úsporám. V letech 2013 až 2020 bude finančně podporovat rekonstrukce a novostavby budov, které jsou určeny pro bydlení a budov, které plní veřejnou službu. Předpokládaný objem prostředků, které bude mít fond na rozdělení je až 28 miliard Kč z prodeje emisních povolenek a 10 miliard Kč od Evropské unie. Ministerstvo životního prostředí nastavilo nová pravidla, podpora již nebude čistě dotační, ale část prostředků bude poskytnuta formou úvěrů.

Výše podpory se bude odvíjet od podílu uspořené energie:

- Podpora 25 % nákladů při snížení potřeby tepla na vytápění objektu pro bydlení alespoň o 40 %.
- Podpora 35 % nákladů při snížení potřeby tepla na vytápění objektu pro bydlení alespoň o 50 %.
- Podpora 50 % nákladů při snížení potřeby tepla na vytápění objektu pro bydlení alespoň o 60 %.
- Výstavba rodinného domu v pasivním standardu 400 tisíc Kč.
- Výstavba rodinného domu s téměř nulovou spotřebou energie 500 tisíc Kč.

Finanční podpora bude ze 70 % směřovat k majitelům rodinných domů a 30 % na rekonstrukce veřejných budov. Prostředky budou rozděleny následujícím způsobem:

- 55 % rekonstrukce objektů k bydlení,
- 15 % novostavby objektů k bydlení (pasivní domy, domy s téměř nulovou spotřebou energie),
- 24 % rekonstrukce objektů veřejných služeb,
- 6 % novostavby objektů veřejných služeb.

Program patří mezi vládní opatření, která mají pomoci obnovit hospodářský růst. [14]

## **2.5 Zásady pro navrhování nízkoenergetických budov**

Podle technické normy ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budovy, je v příloze uvedeno, že pro tyto domy je důležitá vyváženost všech složek, které ovlivňují energetickou bilanci budovy. Této vyváženosti se dosahuje nízkou spotřebou tepla na vytápění, vhodným stavebním řešením a uplatněním soustav využívajících obnovitelné zdroje energie. Po celý životní cyklus budovy by měla být zajištěna nízká energetická náročnost.

Aby bylo dosaženo standartu nízkoenergetického domu, je nutné splnit následující požadavky na volbu pozemku, umístění stavby na pozemku, tvar domu, na konstrukce, dispozici domu, tepelné izolace, neprůvzdušnost, výměnu vzduchu, autorský dozor a vlastnosti konstrukcí.

- Volba pozemku

Již v přípravné fázi projektu je nutné posoudit, zda je pozemek vhodný pro tento typ domu. Aby mohl být nízkoenergetický dům realizován, je nutné zohlednit následující okolnosti:

- a) nadmořskou výšku,
- b) orientaci pozemku ke světovým stranám,
- c) směr převládajících větrů a zatížení větrem (aerodynamika budovy),
- d) tvar stavby,
- e) hustotu okolní zástavby,

- f) hustotu a druh okolní vegetace,
- g) výskyt vodních ploch,
- h) množství slunečního záření.

- Umístění stavby na pozemku

Ideální je dobře natočený kvádr, který je delší stranou situován k jihu. Hlavní fasáda s největší plochou by měla směřovat na osluněnou stranu od jihovýchodu až po jihozápad.

- Tvar domu

Vzhled typického nízkoenergetického domu je odlišný od vzhledu běžného rodinného domu. Předpokladem je co možná nejjednodušší a nejkompaktnější tvar budovy bez zbytečných výstupků – co nejméně členitý. Ideálním tvar stavby je ležatý kvádr s plochou nebo pultovou střechou. Aby fasáda pohlcovala co nejvíce solární energie, bývají na ni použity tmavší odstíny barev.

- Konstrukce

Konstrukce nízkoenergetického domu musí splňovat doporučené požadavky součinitele prostupu tepla dle ČSN 70 054 – 2. Tato norma udává, že roční měrná potřeba tepla na vytápění nemá přesáhnout 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

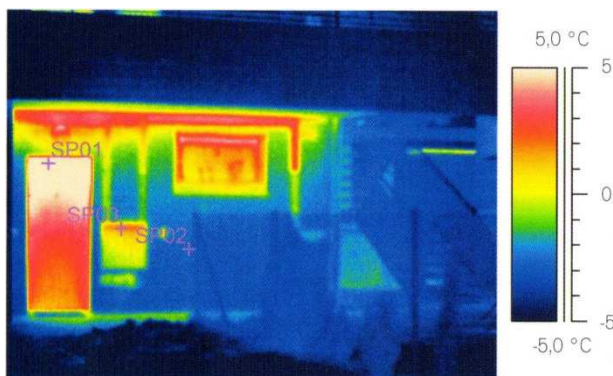
- Dispozice

Dispozice domu je řešena vzhledem ke světovým stranám. Obytné místnosti jsou orientovány na jižní stranu. Vstup, komunikace, šatny a úložné prostory na stranu severní. Místnosti jako koupelny, WC, prádelny jsou řešeny nad sebou. Od domu jsou tepelně odděleny doplňkové prostory.

- Tepelná izolace

Z důvodu eliminace obvyklých tepelných mostů je nutné, aby ochlazovaná obálka domu byla zateplena dostatečnou vrstvou tepelné izolace (v podlahách na terénu 150 mm, ve stěnách cca 200-250 mm, v střešní konstrukci 300-350 mm). Již na úrovni

studie je nutné mít dobře zpracované konstrukční detaily, aby se předešlo zbytečným tepelným únikům.



Obrázek č. 2 – Termovizní snímek odvodové stěny exteriéru [5] str. 28

- Výplně otvorů

Výplně otvorů se na tepelných ztrátách podílí až ze 40 %, proto by celková plocha oken a dveří neměla být větší než 25 % plochy obvodového pláště. Velikost a plochu oken řešíme vzhledem ke světovým stranám. Na jižní straně fasády by měla být okna co největší, aby docházelo k co největším pasivním ziskům.

S ohledem na praktické možnosti udržování oken redukuje se otvíravé části. Důležité je udržování technické kázně při zabudovávání oken do obvodového pláště vzhledem k tepelné obálce domu. Pro nízkoenergetický dům je součinitel prostupu tepla  $U_{\text{okna}} = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$ , nebo nižší.

- Neprůvzdušnost

U nízkoenergetického domu by měla být zajištěna co možná největší vzduchotěsnost, která by měla být menší  $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$ . Velké tepelné ztráty způsobují průduchy u kuchyňské digestoře, spíže, krbu, nebo garáže. Z tohoto důvodu se u zděných konstrukcích používá oboustranně omítané zdivo a u ostatních konstrukcích parozábrana. Kontrola vzduchotěsnosti se provádí „Blower-door“ testem a možné úniky tepla se zjišťují pomocí termokamery, ultrazvukovým přístrojem nebo infračerveným teploměrem.

- Výměna vzduchu

Požadavek na hygienické prostředí je v rozporu s předchozím požadavkem, který je řešen řízeným systémem větrání s rekuperací tepla a možným chlazením. Jako alternativní zdroj čerstvého vzduchu se využívá zemní výměník, který v zimě umožňuje předehtřívát a v létě chladit interiér.

- Autorský dozor

Neméně důležitý je dozor projektanta, technické dozorování stavby a organizování kontrolních dnů na stavbě. [5] [6]

- Vlastnosti konstrukcí

Energetická úspora domu je nejvíce ovlivněna *obvodovým pláštěm*. Konstrukce nízkoenergetických domů musí splňovat normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  podle ČSN 73 0540 – 2. Tepelná ochrana budov. Vzhledem k tomu, že se na ni odvolává Stavební zákon a prováděcí vyhlášky, je tato norma závazná. Uvedená norma specifikuje nároky na konstrukce vnějších stěn lehkých a konstrukce vnějších stěn těžkých. Pro těžké konstrukce je to maximální doporučená hodnota  $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a to z důvodu jejich větší hmotnosti a vyšší akumulární schopnosti tepla. Pro lehké konstrukce nízkoenergetického domu je to maximální doporučená hodnota  $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . [6]

Nejpoužívanějším zdícím materiálem obvodového pláště jsou cihly a keramické tvárnice. Pro energeticky úsporný dům jsou vhodné tvarovky THERM, jejichž vnitřní struktura je navržena tak, aby kladla co největší odpor prostupu tepla. Jelikož většina jednovrstvých zděných konstrukcí nespĺňuje požadavky na doporučenou hodnotu součinitele tepla, jsou navrhovány obvodové stěny nízkoenergetického domu formou sendvičových konstrukcí.

Tabulka č. 3 – Součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	
	Doporučená hodnota	Prakticky dosažitelná hodnota za obvyklých podmínek, bez extrémně zvýšených nákladů
Masivní obvodová stěna	0,25	0,12 - 0,10
Lehká obvodová stěna	0,20	0,10 - 0,08
Střecha	0,16	0,08
Podlaha na terénu	0,30	0,12
Okno	1,20	0,85-0,60
Vstupní dveře	1,20	0,85

Dalším materiálem využívaným při tomto druhu výstavby je dřevo. Dřevěných konstrukcí je více druhů, může převažovat prefabrikace nebo montáž na stavbě. Tepelně izolační vrstva je stejně silná jako u zdiva nebo jiných nosných vrstev obvodové stěny. Akumulační schopnost těchto staveb je nižší, proto je vhodné kombinovat lehký obvodový plášť s hmotnými vnitřními konstrukcemi. [5]

*Výplně otvorů* se podílejí na tvorbě optimálního vnitřního prostředí a na energetických ztrátách budovy.

Při návrhu umístění a velikosti oken je potřeba řešit i protichůdné požadavky, jako jsou co nejmenší tepelné ztráty a co největší pasivní zisky, požadavek na osvětlení a oslunění proti požadavkům na výměnu vzduchu a architektonickým požadavkům. Prostup tepla okny je ovlivněn vlastnostmi prosklení, rámu, poměrem plochy zasklení a celého okna, vlastnostmi distančního rámečku okna a vazbou mezi oknem a obvodovou stěnou a skutečným provedením. Zasklívací jednotkou je většinou dvojsklo nebo trojsklo s povrchovým pokovením, které snižuje sálavou výměnu tepla v mezi skelním prostoru, který je vyplněn vzácnými plyny. Vzhledem k vyšší hmotnosti skel byly vyvinuté nové konstrukce okenních rámu. K dostání jsou plastové rámy s ocelovým vyztužením a až s osmi vzduchovými komorami. Dřevěné rámy jsou kombinované s izolační vrstvou z korku, polyuretanu s vyfrézovanými vzduchovými dutinami, lamelové v kombinaci s polyuretanovou hmotou atd. Vlastnost okna také ovlivňuje distanční rámeček zasklívací plochy. Z hlediska hodnoty součinitele prostupu tepla vykazuje nejhorší hodnoty hliníkový rámeček, lepší je rámeček

z nerezové oceli a nyní nejlepší je rámeček z plastu s výztuží. Úsporu investičních nákladů a mírného vylepšení energetické bilance, lze dosáhnout i použitím neotvíravých oken. Tato okna používáme v souladu s provozními možnostmi a zároveň v souladu s estetickým hlediskem stavby.

Dveře a vrata spojují a oddělují vizuálně a komunikačně prostory. Podle umístění v budově se dělí na vnitřní a vnější. Požadavky na vnitřní dveře jsou dány využitím prostor, které oddělují. Mohou to být požadavky na odolnost vůči vloupání, zvukově izolační nebo tepelněizolační požadavky. Vnější dveře oddělují vnější prostor od vnitřního, a proto musí vykazovat odolnost vůči vnějším klimatickým podmínkám, tepelněizolační schopnost, mechanickou odolnost, zvukově izolační schopnost, odolnost proti vniknutí a podobně. Energetická náročnost domu je nejvíce ovlivněna dveřmi, které vedou z vnějšího prostředí do vytápěné místnosti. Vrata mají obdobnou funkci jako vnější dveře, oddělují vnější prostor od vnitřního nevytápěného prostoru, proto na ně nejsou kladeny tak vysoké požadavky jako na vnější dveře a okna. [5]

*Střechy* mohou být řešeny jako ploché, šikmé nebo vegetační.

U plochých střech lze celkem jednoduše zvýšit tloušťku izolačních vrstev na nutných 300 – 400 mm. Střecha může být řešena jako jednoplášťová nebo dvouplášťová s větranou vzduchovou dutinou. Zvolená krytina by měla být v souladu s doporučeními od výrobců krytin. Horní plášť dvouplášťové větrané plochy se nepodílí na zlepšení součinitele prostupu tepla, ale měl by mít určitý tepelný odpor. Pokud tomu tak není, mohlo by dojít ke srážení vodní páry v dutině.

U šikmých střech se obvyklá tloušťka izolace řeší složitěji. Řešení je podobné jako u obvodových stěn u dřevostaveb. Lze využít dvojité nosné dřevěné rošty kombinované s I nosníky. Střešní rovina bývá ztužena podbitím z OSB desek. Použít lze i velké lehké prefabrikované střešní panely, které se na místě doplní o podhledové souvrství a o systém střešní krytiny. Vzhledem k tomu, že tepelně izolační vrstva střech nebývá zatížena hmotou dalších vrstev, může být málo tuhá, lépe izolující a tedy i levnější.

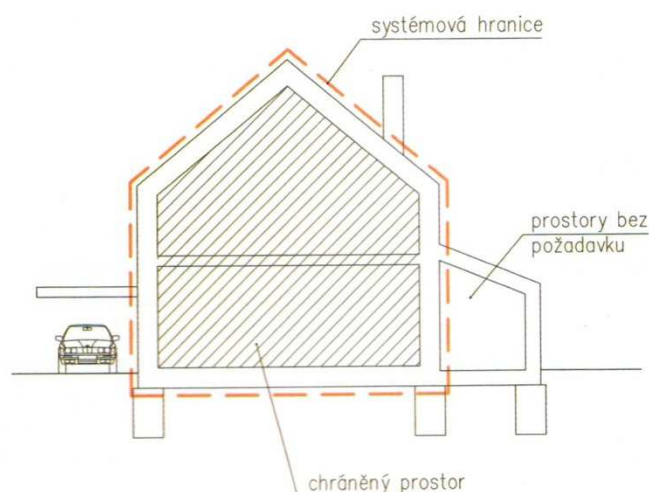
U vegetační střechy je nutné dodržovat specifická pravidla návrhu, aby střecha přispívala ke zvýšení tepelné setrvačnosti budovy.

Většina nízkoenergetických domů bývá nepodsklepená, *podlaha* vstupního podlaží je v úrovni terénu. Existuje celá řada řešení jak dosáhnout potřebné tloušťky tepelné izolace. Nad hydroizolací lze osadit tuhé tepelně izolační desky s betonovou mazaninou nebo s lehkou izolací z minerálních vláken, která je umístěna v dvojitém dřevěném podlahovém roštu uzavřeném pracovní podlahou z OSB desek nebo cementotřískových desek. Lze využít i sypkých izolací. Čelo základové desky a základové pásy se z vnější strany opatřují tepelnou izolací z extrudovaného polystyrénu. Při realizaci staveb je nutné věnovat pozornost napojení podlahy na obvodové i vnitřní stěny z důvodu zamezení vzniku tepelných mostů.

## 2.6 Energetická bilance

### 2.6.1 Jednoduché bilanční schéma

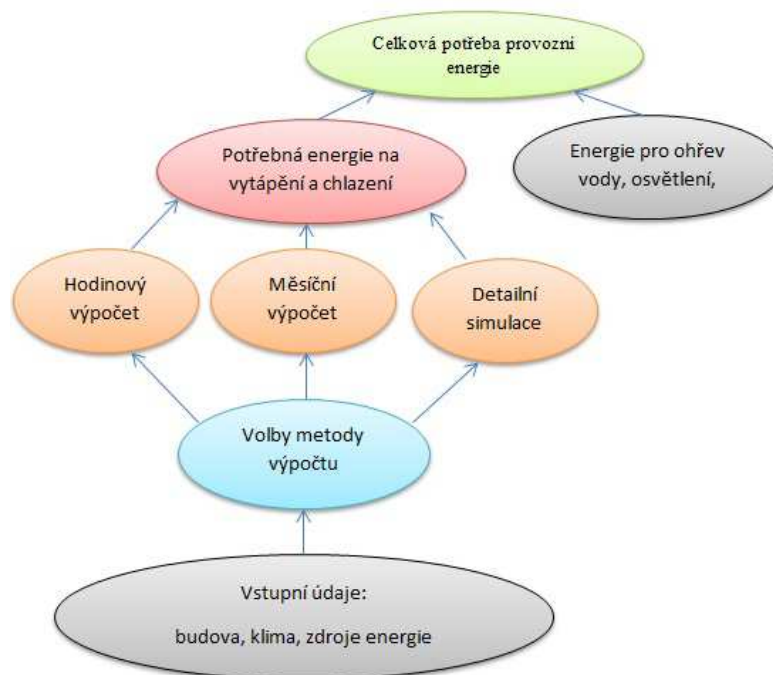
Pochopit energetické toky v budově nám pomáhá sestavení bilančního schématu. Budova je jeden celek, který je rozdělen na jednotlivé zóny a ty jsou ohraničeny na své systémové hranici. Zóny v domě mající odlišný provozní režim se liší vnitřními teplotami. Veškeré energetické děje v budově jsou mezi sebou provázány. Tepelná ztráta jedné zóny je tepelným ziskem chladnější přilehlé zóny. V bilanci by měly být zahrnuty tepelné ztráty i tepelné zisky a toto je základem pro energetické výpočty.



Obrázek č. 3a – Schéma chráněného prostoru a systémové hranice budovy [7] str. 20

Výpočet se provádí pro jednotlivé úseky v průběhu roku za každý měsíc. Energetická bilance pomáhá při navrhování jednotlivých technických systémů a pro stanovení

jejich energetických potřeb, které musí být dimenzovány s dostatečnou rezervou, aby pokryly potřebný špičkový výkon. [7]



Obrázek č. 3b – Schéma pro volbu výpočtového postupu energetické bilance

Při výpočtu energetické bilance je možné použít jednoduchou bilanční metodu s měsíčními úseky nebo stejnou metodu, která zohledňuje ve vybraných měsících i aktivní chlazení budovy. Lze použít i detailní simulaci, což je výpočet s hodinovým krokem.

### 2.6.2 Základní určení tepelných ztrát

Pro zjištění přesných tepelných ztrát je nutné postupovat dle níže uvedeného postupu:

- 1) Podle typu místnosti určíme vnitřní výpočtovou teplotu
- 2) Určíme teploty okolních prostor (interiéru i exteriéru). Teplotu venkovní prostoru určíme podle teplotní oblasti, ve které se objekt nachází.
- 3) Vypočteme součinitele prostupu tepla konstrukcí obklopující místnost a jejich plochy.
- 4) Tepelnou ztrátu jedné konstrukce určíme ze vztahu:  $Q_o = k \times S \times (t_i - t_{e,i})$ , kde

$k$  – je součinitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$S$  – plocha konstrukce [ $m^2$ ]

$t_i$  – je výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}C$ ]

$t_{e,i}$  – je výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [°C].

Základní tepelnou ztrátu pro místnost určíme jako sumu ztrát jednotlivých konstrukcí v místnosti.

- 5) Základní tepelná ztráta zvýšená o přírážky dává konečnou ztrátu pro celou místnost  $Q_p$

$$Q_p = Q_o \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) \text{ [W]}$$

kde

$p_1$  – přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí a závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla počítané místnosti. Průměrný součinitel prostupu tepla stanovíme podle vztahu:  $k_c = \frac{Q_o}{\Sigma S \times (t_i - t_e)}$ , kde

$\Sigma S$  je celková plocha všech konstrukcí ohraničující vytápěnou místnost [m<sup>2</sup>]

Přírážku získáme ze vztahu  $p_1 = 0,15 \times k_c$

$p_2$  – je přírážka na urychlení zátoku. Za normálních okolností, kdy lze zajistit nepřerušované vytápění i při nejnižších venkovních teplotách, se s touto přírážkou nepočítá. Pokud je zdrojem tepla kotelna na tuhá paliva do výkonu 150 kW, počítá se přírážkou  $p_2 = 0,10$  při době vytápění kratší než 16 hodin.

$p_3$  – je přírážka na světové strany. O této přírážce rozhoduje poloha nejvíce ochlazované strany konstrukce nebo poloha společného rohu u dvou takovýchto konstrukcí.

Hodnoty přírážky:

Jihozápad, jihovýchod, západ	0,00
Severozápad, severovýchod, východ	0,05
Sever	0,10
Jih	0,05

- 6) Stanovíme tepelnou ztrátu místnosti větráním. Do vztahu pro výpočet ztráty větráním dosadíme vyšší z hodnot objemového toku větracího vzduchu  $V_{vH}$  a  $V_{vP}$ . Objemový tok větracího vzduchu  $V_{vH}$  vychází z hygienických požadavků a je dán potřebnou intenzitou v místnosti  $n_h$ .

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \times V_m$$

kde

$V_m$  – je vnitřní objem místnosti [ m<sup>3</sup> ]

$n_h$  – je intenzita výměny vzduchu [ h<sup>-1</sup> ]

0,5 h<sup>-1</sup> – pro obytné místnosti

0,35 h<sup>-1</sup> – pro občanské budovy

0,25 h<sup>-1</sup> – pro ostatní budovy.

Objemový tok větracího vzduchu pro přirozené větrání infiltrací  $V_{vp}$  se stanoví ze vzorce:

$$V_{vp} = \Sigma ( i_{LV} \times L ) \times B \times M$$

kde

$\Sigma ( i_{LV} \times L )$  – součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří v místnosti [ m<sup>3</sup> × s<sup>-1</sup> × Pa<sup>0,67</sup> ]

$i_{LV}$  - součinitel spárové průvzdušnosti daný typem oken a venkovních dveří

$L$  – délka spár jejich otevíraných částí stanovená ze skladebných rozměrů [ m ]

$B$  – charakteristické číslo budovy [ Pa<sup>0,67</sup> ]

$M$  – charakteristické číslo místnosti [ - ]

Tepelnou ztrátu místnosti větráním  $Q_v$  stanovíme ze vztahu:

$$Q_v = 1\,300 \times V_v \times (t_i - t_e)$$

7) Celkovou tepelnou ztrátu objektu  $Q_c$  stanovíme ze vztahu:

$$Q_c = Q_p + Q_v$$

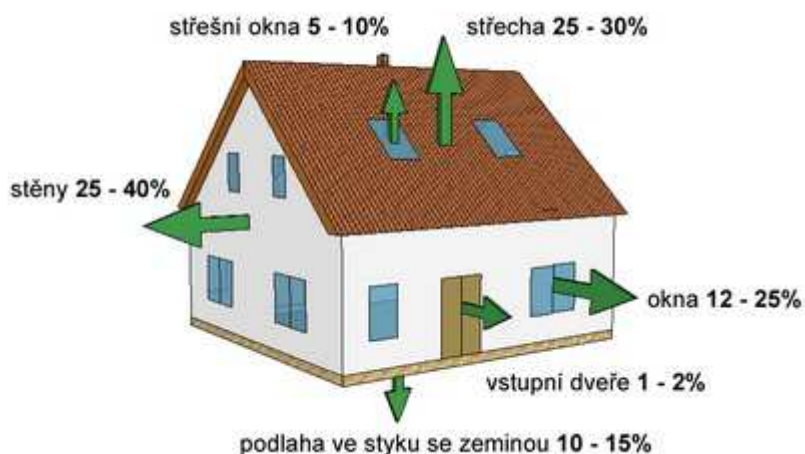
kde

$Q_p$  – tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$Q_v$  – tepelná ztráta větráním [W]

[8]

Pro potřeby stanovení předběžných tepelných ztrát a stanovení energetické náročnosti budov se používá zjednodušený výpočet tepelných ztrát celé budovy, který se nazývá obálková metoda.



Obrázek č. 4 – Přehled tepelných ztrát obálkou budovy [12]

### 2.6.3 Tepelné zisky

Tepelné zisky můžeme rozdělit na zisky:

- z metabolického tepla,
- z elektrických spotřebičů a umělého osvětlení,
- ze solární energie pronikající do interiéru prosklenými plochami, jedná se o pasivní solární zisky.

Jmenované tepelné zisky bilance jsou proměnlivé, proto je obtížně stanovit jejich velikost. Jejich využitelnost závisí na způsobu regulace otopné soustavy.

Velikost pasivních solárních zisků závisí na:

- množství energie slunečního záření, které dopadá na prosklenou plochu,
- propustnosti slunečního záření skleněnými plochami,
- velikosti osluněné prosklené plochy.

Hodnoty používané pro výpočet tepelných zisků:

- celková plocha a zaskleného prvku, včetně rámu,
- celková energetická propustnost slunečního záření  $g$  [-], je tabulková hodnota vyjadřující podíl energie, která proniká do interiéru přes zasklené plochy,
- korekční činitel rámu  $F_F$  [-] – podíl průsvitné plochy a celkové plochy okenní konstrukce,

- korekční činitel stínění  $F_S$  [-] - zohledňuje vliv blízkých budov, vyvýšených objektů a horizontu, určuje se ze vzorce  $F_S = F_h \times F_o \times F_f$

kde  $F_h$  – korekční činitel stínění vnější překážkou

$F_o$  – korekční činitel stínění markýzou a jinými vodorovnými prvky budovy

$F_f$  – korekční činitel stínění bočními žebry a svislými prvky budovy

- korekční činitel clonění  $F_C$  [-] – tabulková hodnota, která vyjadřuje vliv clonících prostředků na oknech, například žaluzie nebo závěsy,
  - účinná sběrná plocha  $A_s$  [ $m^2$ ] zaskleného prvku se stanoví dle vzorce
- $$A_s = A \times F_S \times F_C \times F_F \times g$$
- pasivní solární zisky v interiéru pro každý časový úsek se vypočítají ze vzorce

$$Q_s = \sum I_{s,j} \times \sum A_{sn,j}$$

kde  $Q_s$  – solární zisk [J],

$I_{s,j}$  – celkové množství energie globálního slunečního záření, které dopadá na jednotku povrchu vzhledem ke světovým stranám, jakou má povrch j, během časového úseku [ $J/m^2$ ],

$A_{sn,j}$  – solární účinná plocha povrchu j [ $m^2$ ].

Další posuzovanou veličinou je tepelná setrvačnost budovy, která se vyjadřuje časovou konstantou budovy (zóny)

$$\tau = C/H \text{ [h]}$$

kde  $C$  – účinná vnitřní tepelná kapacita budovy [Wh/K],

$H$  – měrná tepelná ztráta budovy [W/K]

Čím větší tepelnou setrvačnost budova má, tím více tepelných zisků dokáže využít. [7]

#### 2.6.4 Tepelná bilance

Teplené bilance nám vyjadřuje množství tepla, které musí otopná soustava dodat do prostoru zóny, aby bylo docíleno požadované teploty:

$$Q_h = Q_l - \eta \times (Q_s + Q_i)$$

kde  $Q_h$  – potřeba tepla na vytápění v kWh

$Q_l$  – celková tepelná ztráta budovy nebo vytápěného prostoru v kWh

$\eta$	stupeň využití tepelných zisků, vypočítaný z časové konstanty $\tau$
$Q_s$	solární tepelné zisky v kWh
$Q_i$	vnitřní tepelné zisky v kWh.

Tímto vzorcem vyjádříme roční potřebu tepla na vytápění v jednotlivých měsících. Součtem těchto měsíčních hodnot získáme roční potřebu tepla na vytápění v kWh/a. Z této hodnoty se vypočítávají hodnoty, které se vztahují k podlahové ploše vytápěného prostoru. Z těchto měrných hodnot se stanovuje energetická náročnost budovy. Bez těchto výpočtů nelze budovu zařadit do kategorie podle energetického štítku a určit, jestli se jedná o budovu nízkoenergetickou nebo pasivní. Výpočet tepelné bilance je také optimalizačním nástrojem při návrhu nízkoenergetického domu. [7]

### 2.6.5 Energetický štítek obálky budovy

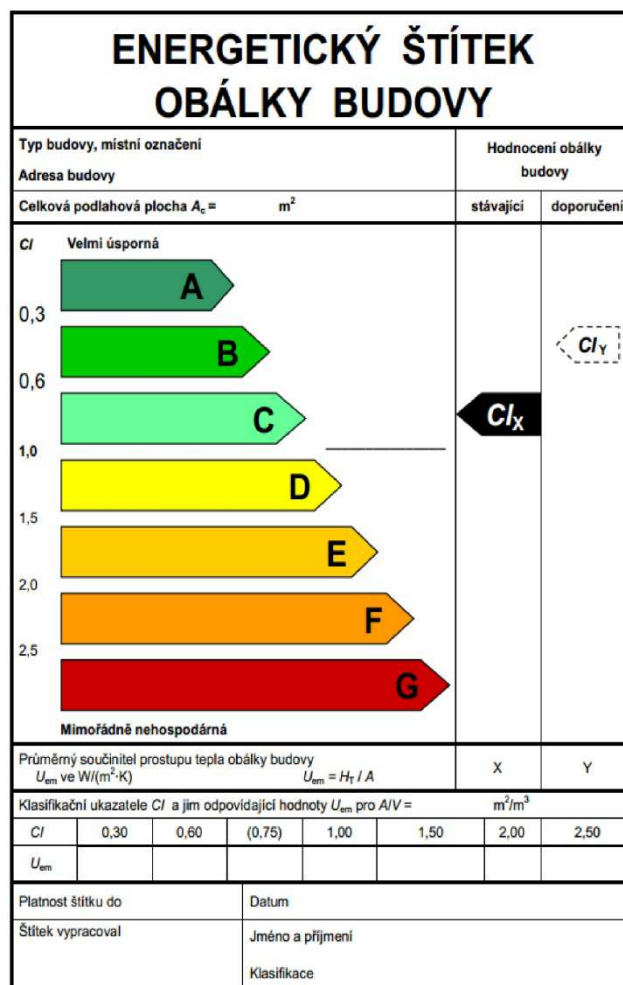
Doporučenou formou doložení splnění požadavků na energetickou náročnost budovy, vycházející z ČSN 73 0540 – 2, je energetický štítek obálky budovy. Jeho nedílnou součástí je i protokol. Protokol k energetickému štítku charakterizuje vliv jednotlivých obalových konstrukcí na energetickou náročnost budovy a může sloužit pro zjištění možností zlepšení energetické bilance budovy. Energetický štítek je jednoduchá dílčí dokumentace posuzující energetickou náročnost budovy, která umožňuje navrhnout různá opatření, která povedou k zlepšení energetických parametrů budovy (obrázek č. 5).

V protokolu jsou základní údaje o stavbě, její konstrukci a energetickém chování.

Zahrnuje následující informace o stavbě:

- identifikaci stavby,
- identifikace vlastníka (stavebníka),
- její popis,
- klimatické a mikroklimatické vnitřní podmínky,
- stavebně fyzikální parametry obvodových konstrukcí,
- technické údaje o prostupu tepla obálkou,
- údaje o zpracovateli protokolu.

Energetický štítek obsahuje základní identifikační údaje stavby a klasifikaci prostupu tepla obálkou.



Obrázek č. 5 – Energetický štítek budovy [15]

Podle průměrného součinitele tepla obálkou jsou stavby zatříděny do klasifikačních tříd a – G se slovním popisem klasifikace. Třída a je kategorie velmi úsporných staveb, naopak třída G jsou stavby mimořádně neekonomické. Přechod mezi jednotlivými třídami se řídí podle hodnoty klasifikačního ukazatele CI (tabulka č. 4).

Tabulka č. 4 – Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy [2] část 4, díl 2, kapitola 2, str. 2

Klasifikační třídy	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel $CI$
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,3 \cdot U_{em,rq}$	Velmi úsporná	$\Leftrightarrow 0,3$
B	70X0	$0,3 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 0,6 \cdot U_{em,rq}$	Úsporná	$\Leftrightarrow 0,6$
C	30X0	$0,6 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq U_{em,rq}$	Vyhovující	$\Leftrightarrow 1,0$
D	00X0	$U_{em,rq} < U_{em} \leq 0,5 \cdot (U_{em,rq} + U_{em,s})$	Nevyhovující	$\Leftrightarrow 1,5$
E	03X0	$0,5 \cdot (U_{em,rq} + U_{em,s}) \leq U_{em} < U_{em,s}$	Nehospodárná	$\Leftrightarrow 2,0$
F	07X0	$U_{em,s} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,s}$	Velmi neekonomická	$\Leftrightarrow 2,5$
G	0XX0	$U_{em} > 1,5 \cdot U_{em,s}$	Mimořádně neekonomická	

Stanovení klasifikačního ukazatele CI:

a) je-li  $U_{em} \leq U_{em,rq}$ , pak  $CI = U_{em} / U_{em,rq}$ ,

b) je-li  $U_{em} > U_{em,rq}$  a  $U_{em} \leq U_{em,s}$ , pak

$$CI = 1 + (U_{em} - U_{em,rq}) / (U_{em,s} - U_{em,rq}),$$

c) je-li  $U_{em} > U_{em,s}$ , pak  $CI = 1 + U_{em} / U_{em,s}$ .

$U_{em}$  – průměrný součinitel prostupu tepla

$U_{em,rq}$  – požadovaný součinitel prostupu tepla

$U_{em,s}$  – hodnota průměrného prostupu tepla stavebního fondu.

### **2.6.6 Průkaz energetické náročnosti budovy**

V energetickém průkazu náročnosti budov jsou informace o energetické náročnosti budovy, která se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v GJ nutné k vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravě teplé vody a osvětlení při běžném užívání. Obsahuje protokol, který dokládá energetickou náročnost budovy i s jejím grafickým znázorněním.

Podle klasifikace energetické náročnosti budovy rozlišujeme třídy A – G.

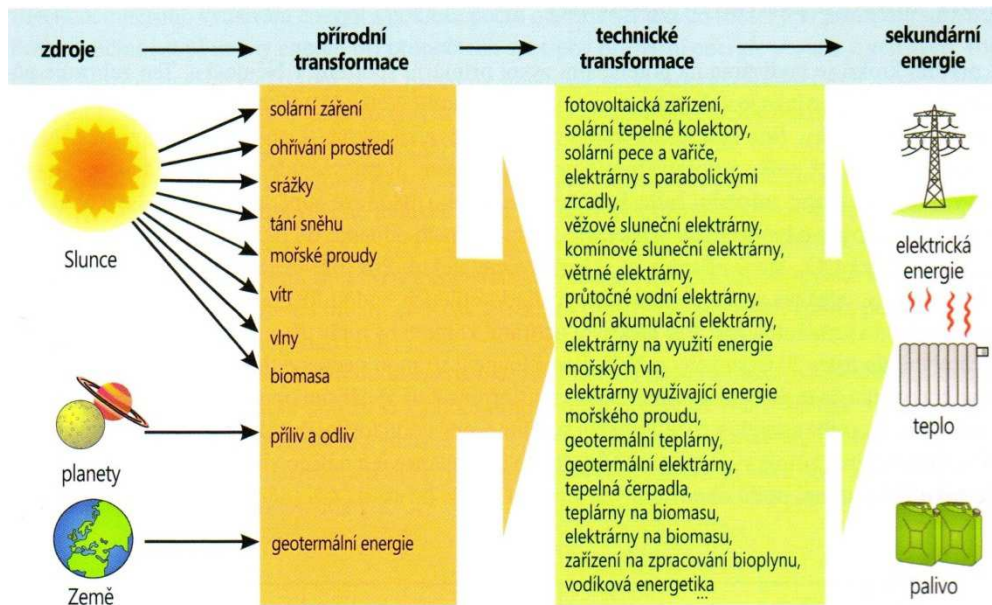
Platnost energetického průkazu náročnosti budovy je 10 let. Je povinnost ho přiložit k dokumentaci při výstavbě nových budov. Od 1. ledna 2013 se vyžaduje vystavení průkazu budovy ke všem objektům určeným k bydlení, pronájmu a komerčním účelům a to na základě novely č. 318/2012 Sb. zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

### **2.7 Energetická hospodárnost nízkoenergetických budov**

Ekonomická hospodárnost nízkoenergetických budov je nejvíce ovlivňována způsobem vytápění. Zvolený způsob vytápění s sebou nese různě velké pořizovací náklady a jím odpovídající provozní náklady během celého životního cyklu stavby. Stále se zvyšující provozní náklady, ovlivněné zvyšujícími se cenami klasických zdrojů energií, nás nutí využívat ve větší míře alternativní zdroje energií, které umožní snížit ekonomickou náročnost budov.

Orientace na ekonomickou nezávislost výstavby se stává jedním z hlavních směrů vývoje. Jedná se o trend nejbližší budoucnosti, který je dán naší zeměpisnou polohou

a geologickými podmínkami. Dalším faktorem této výstavby je naše energetická závislost na dodávkách zemního plynu především z Ruska. Proto byla přijata směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, která se snaží tuto závislost postupně snižovat.



Obrázek č. 6 – Zdroje a možnosti využití obnovitelných energií [9] str. 83

K energetické hospodárnosti lze přispět vhodně zvoleným typem vytápění, účinným systémem řízeného větrání a rekuperace vzduchu a vhodným výběrem zdroje energie.

### 2.7.1 Vytápění

Moderní ekologické a ekonomicky úsporné stavby pokrývají zbytkovou potřebu tepla prostřednictvím obnovitelných zdrojů energií. Na výběr máme mezi sluneční energií, biomasou, energií ze země, z vody, nebo vzduchu získanou prostřednictvím tepelných čerpadel.

Při výběru energetického nosiče je nutné zohlednit co nejnižší spotřebu primární energie, jeho energetickou účinnost a co nejnižší podíl neobnovitelných zdrojů energie.

Vybereme takový otopný systém, který dokáže individuálně pružně reagovat na měnící se vnitřní i vnější teplotní podmínky a svými parametry dokáže kopírovat aktuální potřebu tepla. Již při navrhování celého otopného systému je nutné provázaně

řešit vytápění, vzduchotechniku a zdravotechniku. Zdroj tepla pokrývá potřebu energie na vytápění, větrání a ohřev teplé vody. Vytápění můžeme řešit pomocí otopné soustavy s centrálním zdrojem tepla nebo lokálními topidly.

Otopný systém se skládá ze zdroje energie, zdroje tepla a vlastní distribuce tepla. Pro domy s nízkou energetickou náročností jsou využitelná tato paliva:

- zemní plyn – při využití tohoto paliva je vhodné využít kondenzačního kotle, běžný kotel je pro naši potřebu nevhodný, protože je předimenzovaný,
- dřevo, dřevní hmoty, biomasa – jedná se o obnovitelný zdroj energie, při jejich použití je nutné akumulovat teplo, zdrojem je ohřívaná teplá voda v izolovaném zásobníku. Jako zdroj tepla lze využít i krbovou vložku s obestavěným teplovodním výměníkem. Krbová vložka se využívá jako doplňkový zdroj tepla. Při využití tohoto média je limitující dostupnost paliva a dostatečný prostor pro skladování.
- elektrická energie – při vytápění se využívá u lokálních topidel nebo u podlahových systémů, výhodou je optimální řízení okamžitého výkonu topidel,
- alternativní zdroje – jedná se o teplo okolního vzduchu, teplo obsažené v zemi, podzemní nebo povrchové vodě a o energii získanou ze slunečního záření. Na využití geotermální energie slouží tepelná čerpadla, k využití solární energie slouží kolektory. [5][6][10]

### **2.7.2 Solární energie**

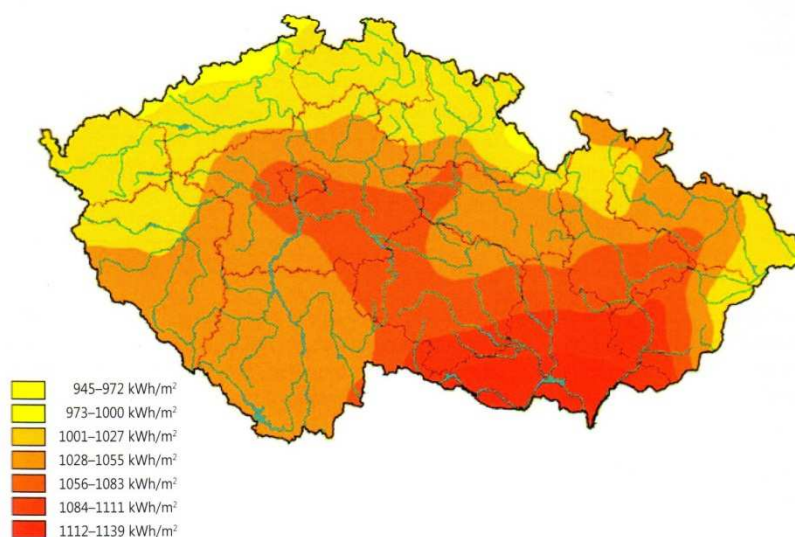
Energie získaná ze slunečního záření může být v budovách využita různými způsoby. Každý způsob má své výhody i limity využití a často se mohou i kombinovat.

Nejjednodušší způsob je přímý zisk přes prosklenou plochu budovy. Je spojen s nízkými investičními náklady a minimální regulací. Nevýhodou je malá tepelná izolační schopnost v době, kdy není dostatek slunečního svitu nebo v zimním období.

Součástí obvodového pláště mohou být fotovoltaické systémy, které přeměňují sluneční energii přímo a okamžitě na stejnosměrný elektrický proud a to bezhlučně a bez emisí. Takto získaná energie se přímo spotřebovává nebo se uchovává v bateriích nebo se mění na střídavý proud, který se dodává do distribuční sítě. Její využití je limitováno našimi klimatickými podmínkami, proto tento zdroj energie

vyžaduje doplňkový zdroj tepla a akumulační prvek vhodné velikosti. Fotovoltaické systémy umožňují zvýšení energetické nezávislosti budovy nebo výrazně snižují potřebu primární energie na provoz budovy. Optimální sklon pro Českou republiku je 35 % od vodorovné roviny směrem na jih. Což je poloha pro maximální produkci elektrické energie za rok.

Termické solární panely přeměňují energii na teplo, které je odváděno pomocí kapalného média nebo vzduchu do akumulátoru. Slouží především k ohřevu teplé užitkové vody, k vytápění rodinného domu nebo například k ohřevu vody v bazénu. Umisťují se na šikmých střeších nebo pomocných konstrukcích, nad střešní krytinu nebo se do krytiny integrují. [16][7]



Obrázek č. 7 – Průměrné roční hodnoty slunečního svitu v ČR [9] str. 107

### 2.7.3 Řízené větrání a rekuperace

Řízené větrání funguje na principu nasávání čerstvého vzduchu z vnějšího prostředí, který je rozváděn do jednotlivých místností přes rekuperační jednotku a opačným směrem je odváděn odpadní vzduch. Hlavním úkolem rekuperační jednotky je obnova a úprava vzduchu v místnosti. Rekuperace reguluje vlhkost, brání šíření plísní, škodlivin a zápachů tím, že filtruje, tepelně upravuje a zvlhčuje vzduch v místnosti. Rekuperace tedy znamená předávání tepla odpadního vzduchu přichozímu čerstvému vzduchu. V zimě je vzduch předehříván, v létě částečně chlazen.

Existují čtyři druhy rekuperačních jednotek:

- Centrální – obsluhují celou stavbu, výhodou je uživatelský komfort s vysokou mírou regulace, nízké tepelné ztráty, relativní vzduchotěsnost a relativní účinnost. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, větší nároky na projektovou dokumentaci a stavbu.
- Lokální – malá bezrozvodová kompaktní zařízení zabudovaná do obvodového pláště budovy v jednotlivých místnostech. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady, není nutné zakrývat rozvody podhledy, jsou vhodné spíše pro rekonstrukce. Nevýhodou je problematická regulace, narušení vzduchotěsné obálky, vyšší tepelné ztráty, problém s hlukem a odvodem kondenzátu.
- Decentrální – používá se v bytových domech, kde je stupačkou v jádře řešen přívod vzduchu ze střechy k rekuperačním jednotkám každého bytu.
- Semicentrální – obsluhují celky se stejnou funkční náplní. Rekuperační jednotka je umístěna ve strojovně, kam je vzduch přiváděn ze střechy.

#### **2.7.4 Zemní výměníky**

Zemní výměníky tepla jsou zařízení, které jsou součástí nuceného větrání. Využívají relativně stálé teploty zeminy v určité hloubce k ochlazení nebo ohřevu procházejícího vzduchu. Uspořádání vzduchových zemních výměníků tepla pro chlazení vzduchu se liší podle druhu sání, které může být buď přímé, cirkulační nebo nepřerušované.

U přímého sání se vzduch v zimním období ohřívá od zeminy v hloubce asi 1,5 – 2 m pod úroveň terénu. Do vzduchotechnického systému vstupuje mírně předehřátý, což způsobuje úspory energie při dohřevu větracího vzduchu, tímto je také chráněna vzduchotechnická jednotka v zimě proti mrazu. V létě zemní výměník tepla brání přehřívání obytných místností tím, že udržuje tepelnou stabilitu místností.

U cirkulačního uspořádání je nasáván vzduch z budovy. Výhodou je omezení kondenzace vzdušné vlhkosti, která je problémem u otevřených systému převážně v letních měsících.

System založený na přímém nepřerušovaném sání, je založen na periodickém ohřívání a ochlazování zeminy v nejbližším okolí výměníku. V ČR se moc nevyužívá.

ZVT by měl být nedílnou součástí stavebně-energetické koncepce. Při projektování by se mělo zvážit, zda je nutné tento systém využít, protože jeho přínos ve srovnání s rekuperací není velký.

### **3 Ekonomika staveb**

#### **3.1 Ceny ve stavebnictví, oceňování nemovitostí**

Cena je penězi vyjádřená hodnota zboží nebo služeb. Ve stavebnictví musí být stanovena tak, aby pokryla veškeré náklady na realizaci výkonů a ještě vytvořila zisk. Výsledná cena je ovlivněna také faktory jako například výsledkem marketingového mixu, postavením firmy na trhu a úrovni nabídky a poptávky po zboží nebo službě.

Zákon o cenách číslo 526/1990 Sb. se zabývá sjednáváním cen, jejich regulací, cenovou kontrolou, dále také řeší porušení cenových předpisů a sankce při porušení cenových předpisů.

Podle zákona o oceňování majetku číslo 151/1997 Sb. se majetek a služby oceňují obvyklou cenou. Obvyklou cenou se rozumí cena, která by byla dosažena při prodejkách stejného, popřípadě obdobného majetku nebo při poskytování stejné nebo obdobné služby v obvyklém obchodním styku v tuzemsku ke dni ocenění. Při oceňování se zvažují všechny okolnosti, které mají na cenu vliv.

Dalšími způsoby oceňování uvedenými v tomto zákoně jsou například:

- a) nákladový způsob, který vychází z nákladů na pořízení předmětu ocenění,
- b) porovnávací způsob, který vychází z porovnání ocenění obdobných předmětů,
- c) oceňování sjednanou cenou, která je sjednaná při jeho prodeji.

Při nákladovém způsobu oceňování zákon vychází ze základních cen za měrné jednotky stavby nebo z nákladů na pořízení stavby nebo ze zohlednění charakteru, velikosti stavby, jejího vybavení, polohy a prodejnosti, dále také z technického opotřebení stavby.

Zákon obsahuje obecná ustanovení, konkrétní případy jako je základní cena, způsob její úpravy u jednotlivých druhů staveb, postupy při měření a výpočtu výměr staveb. Postupy při oceňování včetně způsobů zjištění a uplatnění technického opotřebení stanovuje vyhláška.

U výnosového způsobu ocenění stanovuje vyhláška způsob výpočtu ceny, způsob zjištění výnosu a výši míry kapitalizace pro dané časové období. Jestliže je stavba

oceňována porovnávacím způsobem, jsou vyhláškou stanovena hlediska, která se při porovnání berou v úvahu.

*Nákladově orientovaná metoda* tvorby ceny je založena na součtu veškerých nákladů a přiměřené míře zisku. Tato metoda nezohledňuje tržní a konkurenční prostředí a použití chybných nákladových informací. Výhodou jsou snadno dostupné informace o nákladech.

*Poptávkově orientovaná metoda* tvorby ceny vychází z hodnoty, jakou je zákazník ochoten zaplatit. Trh rozlišuje poptávku pružnou, kdy snížením ceny začne stoupat prodej (i naopak) a nepružnou, kdy na změnu ceny velikost prodeje nereaguje tak zjevně.

Ceny ve stavebnictví rozlišujeme podle obsahu. Nejčastěji se setkáváme s *cenou pořízení* (cena zaplacená přímo na místě za zboží), *pořizovací cenou* (skládá se z ceny pořízení a nákladů na pořízení), *vstupní cenou* (vstupuje do kalkulace nákladů), *nákladovou cenou* (je tvořena z plánovaného zisku a z plánovaných nákladů) a *celkovou cenou*.

Při zjišťování optimální ceny díla se využívají oceňovací prvky a to: jednotkové ceny (veškeré náklady a zisk spojený s provedením stavebních prací), hodinové zúčtovací sazby (zakázky menšího věcného nebo časového rozsahu, pokud katalog cen stavebních prací položku neobsahuje), specifikace (ocenění materiálů při použití hodinové zúčtovací sazby), doprava (náklady kalkulované přímo do ceny nebo jako samostatná položka), kompletační činnost, náklady spojené s umístěním stavby, přepočty a odpočty.

Zdrojem informací o cenách jsou např. ceníky výrobců, vnitropodnikové informace, individuální kalkulace, realizované rozpočty, cenové soustavy, internet. Cenové soustavy k sestavování rozpočtů byly zpracovány například firmami ÚRS Praha, a.s., RTS, a.s., Callida, s.r.o., Porings, s.r.o., UNIKA.

### 3.2 Způsoby ocenění

Rozpočtovat můžeme na úrovni stavební dílců, stavebních materiálů a stavebních prací. Stavební dílce oceňujeme pomocí rozpočtových ukazatelů, dílce oceňujeme agregovanými položkami a k určení cen stavebních prací využíváme směrných cen.

#### *Rozpočtové ukazatele*

Jsou součástí souboru technickohospodářských ukazatelů (THU), který je zpracován na základě ekonomických, technických a časových informací z již realizovaných objektů. Pomocí rozpočtových ukazatelů lze rychle a jednoduše stanovit orientační cenu objektu, sestavit finanční plán investic a ekonomické posouzení chystané investice.

Při využití THU dochází k porovnávání již dokončených a připravovaných objektů, proto musí být zvolena vhodná měrná jednotka, a to účelová (1 lůžko, 1 student) nebo technická ( $m^3$  obestavěný prostor,  $m^2$  zastavěná plocha).

Rozpočtové ukazatele mohou investoři využít k plánování investic, dodavatelé k rychlému ocenění nabídky díla, projektanti ke stanovení orientační ceny projektované stavby.

#### *Agregované položky*

Agregované ceny jsou tvořeny spojením jednotlivých položek prací. Normované množství se určuje podle jejich podílu na jednici stavebního dílu. Při vytváření agregovaných cen se musí brát v úvahu způsob vytváření díla, technologické varianty realizace a stupeň agregace.

#### *Položkový rozpočet*

Nejčastější způsob oceňování je jednotkovými cenami stavební práce uvedené ve výkazu výměr jednotlivých stavebních prací. Zpravidla se jedná o cenovou kalkulaci zpracovanou před zahájením zakázky (stavby). Cenu sestavíme podle projektové dokumentace. Pro co nejpřesnější rozpočet je důležité sestavit přehledně a co nejpřesněji výkaz výměr. Položky v rozpočtu jsou rozděleny na práce hlavní stavební výroby a přidružené stavební výroby. [8]

### 3.3 Doba návratnosti, efektivnost

#### *Prostá doba návratnosti investice (DN)*

Je to nejjednodušší metoda hodnocení efektivnosti investičních variant a je nejméně vhodná pro porovnání investic. Nezohledňuje efekty investice po době návratnosti.

Udává počet let, za který se kapitálový výdaj splatí peněžními příjmy z investice. Čím je kratší doba úhrady investice, tím je považována za příznivější.

Dobu návratnosti v letech zjistíme ze vztahu:

$$DN = \frac{IN}{CF}$$

kde

IN investiční náklady [Kč]

CF roční Cash - Flow projektu (roční peněžní toky) [Kč]

#### *Diskontovaná doba návratnosti (reálná DN)*

Rozdíl oproti prosté době návratnosti je v tom, že výpočet je proveden z diskontovaného (reálného) Cash - Flow projektu.

$$DN_D = \frac{IN}{DCF} \qquad DCF = \frac{CF}{(1+r)^T}$$

kde

DCF diskontovaný roční Cash - Flow projektu [Kč]

r diskont [%]

T rok, ke kterému se DCF počítá [-]

#### *Dynamické ukazatele*

Objektivnějšími ukazateli ekonomické efektivnosti jsou dynamické ukazatele. Zohledňují proměnlivou hodnotu peněz v čase a pracují s peněžně vyjádřenými efekty (Cash - Flow).

A jsou to:

- čistá současná hodnota (NPV)
- vnitřní výnosové procento (IRR)

### *Metoda čisté současné hodnoty (NPV)*

NPV je teoreticky nejpřesnější metodou investičního rozhodování. Představuje rozdíl mezi předpokládanými budoucími výnosy a vloženými investičními náklady.

$$NPV = PV - IN$$

kde

PV předpokládané budoucí výnosy [Kč]

IN vložené investiční náklady [Kč]

[11]

NPV lze dále vypočítat jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice a diskontovanými výdaji na investici. Metoda zohledňuje výši příjmů, výdajů a jejich časové rozložení v průběhu určité doby a ukazuje přírůstek investice k tržní hodnotě.

Varianta investice s vyšší NPV je považována za výhodnější. Pokud je u varianty hodnota  $NPV > 0$  je přípustná, protože přináší příjem alespoň ve výši úroku.

$$NPV = \sum_0^T DCF = \sum_0^T \frac{CF}{(1+r)^T}$$

kde

DCF diskontované peněžní toky v jednotlivých letech [Kč]

T doba životnosti projektu (hodnocené období 1 až n let) [-]

r diskont [%]

### *Výpočet čisté současné hodnoty pomocí annuity*

Jsou-li výnosy projektu během celého hodnoceného období konstantní, lze hodnotu čisté současné hodnoty NPV zjistit ze vztahu níže. Tento vztah se používá u výpočtů pro projekty řešící energetické úspory staveb.

$$NPV = R \times \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - IC$$

kde

R	výnos [Kč]
n	délka hodnoceného období [rok]
r	diskont [%]

### *Vnitřní výnosové procento (IRR)*

Vyjadřuje úroveň rentability (návrtnosti), jedná se o trvalý roční výnos z investice. Určuje diskontní míru, při které je čistá současná hodnota výdajů a příjmů z investice rovna nule.

Jestliže je IRR nižší než požadovaná rentabilita, je investice nevýhodná a naopak.

$$NPV = \sum_0^T DCF = \sum_0^T \frac{CF}{(1+r)^T} = 0 \quad \text{tak IRR} = 0$$

### *Výpočet vnitřního výnosového procenta pomocí annuity*

Pokud jsou výnosy v jednotlivých letech konstantní lze vypočítat IRR obdobně jako NPV pomocí tabulky annuit.

$$NPV = R \times \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - IC = 0$$

$$f = \frac{R}{IC} = \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}}$$

kde

f	faktor annuity
---	----------------

Jestliže známe hodnotu faktoru annuity f a délku hodnoceného období n, můžeme velikost IRR r najít v tabulce annuit.[12]

## 4 Praktická část

Praktická část bude provádět hodnocení vybraného rodinného domu ve dvou variantách. Dům splňující požadované hodnoty na prostup tepla konstrukcemi podle ČSN 73 0540-2 bude v této práci označen jako „klasický“ a druhá porovnávaná varianta bude splňovat doporučené hodnoty pro pasivní budovy.

### 4.1 Vývoj součinitele prostupu tepla

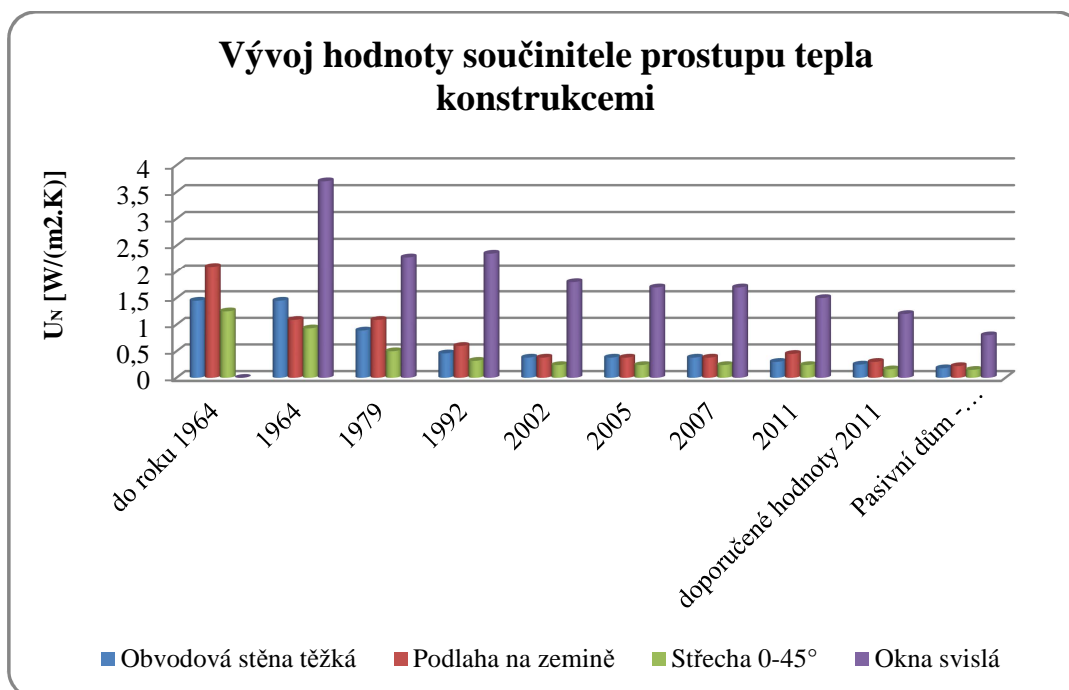
Na základě požadavků Evropské unie dochází k úpravám zákonů a norem i v České republice a to tak, aby byly v souladu s legislativou Evropské unie. Uváděny do souladu s požadavky a doporučeními EU jsou tedy také zákony a technické normy týkající se stavebnictví. Hlavní cíl vytyčený EU v oblasti stavebnictví je úspora energií a s tím je spojený i požadavek na větší úspory neobnovitelných zdrojů, ale také větší využívání obnovitelných zdrojů energií. Požadavek na energetické úspory při výstavbě u nově budovaných staveb je tedy logickým důsledkem snahy o zamezení plýtvání energiemi. Pokud budou vyvíjeny snahy o to, aby byl tento požadavek splněn, dostaví se očekávaný výsledek a to ekonomičtější hospodaření s energiemi.

Doložením výše uvedeného je vývoj hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcemi, který je určující pro vyjádření tepelné ztráty konstrukce. V tabulce č. 5 je uveden jeho vývoj od roku 1964 po současnost. Před rokem 1964 nebyla sledována hodnota součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů.

Tabulka č. 5 – Vývoj hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcemi

Konstrukce $U_N$ [ $W/(m^2.K)$ ]	do roku 1964	1964	1979	1992	2002	2005	2007	2011	doporučené hodnoty 2011	Pasivní dům - doporučené hodnoty
Obvodová stěna těžká	1,45	1,45	0,89	0,46	0,38	0,38	0,38	0,30	0,25	0,18 - 0,12
Podlaha na zemině	2,10	1,09	1,09	0,60	0,38	0,38	0,38	0,45	0,30	0,22 - 0,15
Střecha 0-45°	1,25	0,93	0,50	0,32	0,24	0,24	0,24	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Okna svislá	0,00	3,70	2,28	2,35	1,80	1,70	1,70	1,50	1,20	0,80 - 0,60

Z grafu na obrázku č. 8 je zřetelně vidět klesající tendenci vývoje tohoto součinitele v čase.



Obrázek č. 8 – Historie vývoje hodnoty součinitele prostupu tepla

#### 4.2 Možnosti dosažení $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ u obvodového zdiva

Pasivní dům by měl splňovat minimálně doporučenou hodnotu 1,6 pro součinitel prostupu tepla obvodovým zdivem. V tabulce č. 6 jsou vybrány některé zdící materiály tak, aby tento parametr splňovaly. Je zde provedeno srovnání při použití pouze vybraných zdících materiálů a při použití těchto materiálů v kombinaci s tepelněizolačním materiálem EXTRAPOR 70F, který má tepelnou vodivost  $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ .

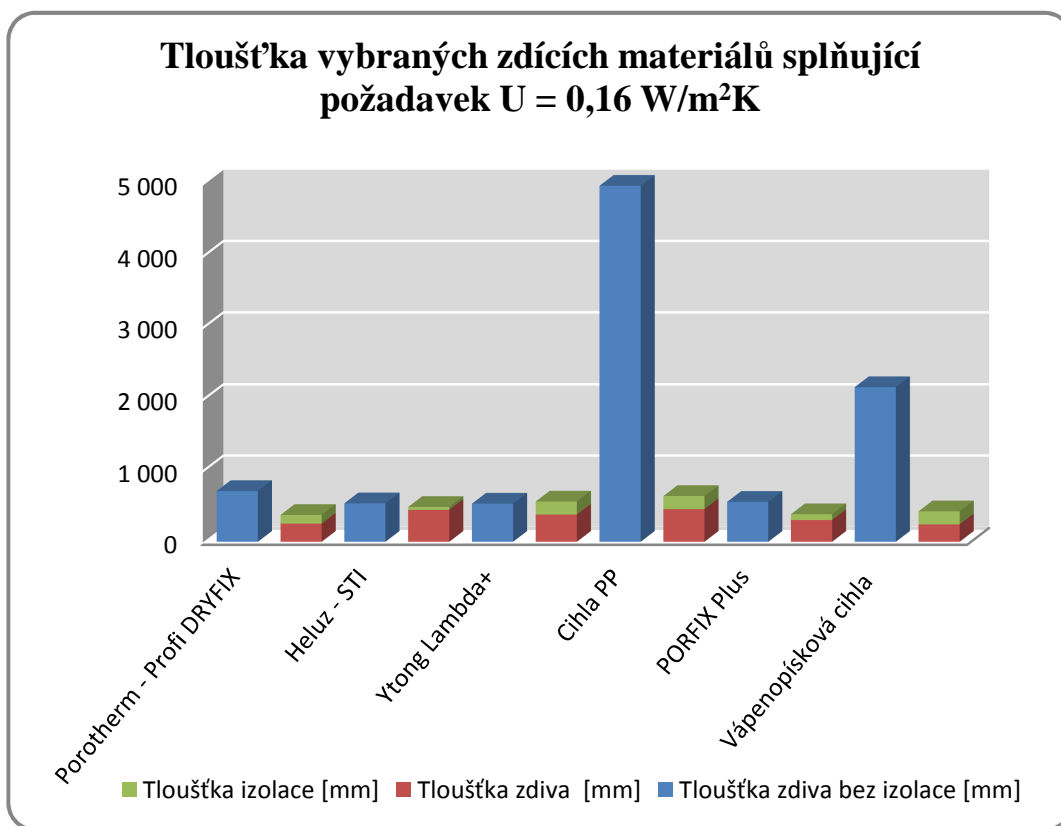
Tabulka č. 6 – Přehled tloušťek vybraných zdících materiálů splňujících požadavek  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdivo	Součinitel tepelné vodivosti bez omítek $\lambda_s$ [W/mK]	Tloušťka zdiva bez izolace [mm]	Tloušťka zdiva s izolací Extrapor 70F		
			Tloušťka izolace [mm]	Tloušťka zdiva [mm]	Celková tloušťka [mm]
Porotherm - Profi DRYFIX	0,115	700	120	250	370
Heluz - STI	0,092	530	40	440	480
Ytong Lambda+	0,089	525	180	375	555
Cihla PP	0,86	4950	180	450	630
PORFIX Plus	0,09	550	80	300	380
Vápenopísková cihla	0,37	2150	180	240	420
Extrapor 70 F	0,032	x	x	x	x

Nejlepší tepelně izolační vlastnosti z porovnávaných materiálů bez použití izolace má Ytong Lambda+, kdy požadované hodnoty U dosáhne při tloušťce zdiva 525 mm. Pokud bude použita mnou vybraná izolace EXTRAPOR 70F, této hodnoty dosáhneme při celkové tloušťce skladby 370 mm a to v kombinaci s tvarovkami Porotherm – Profi DRYFIX. Tloušťky jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 6.

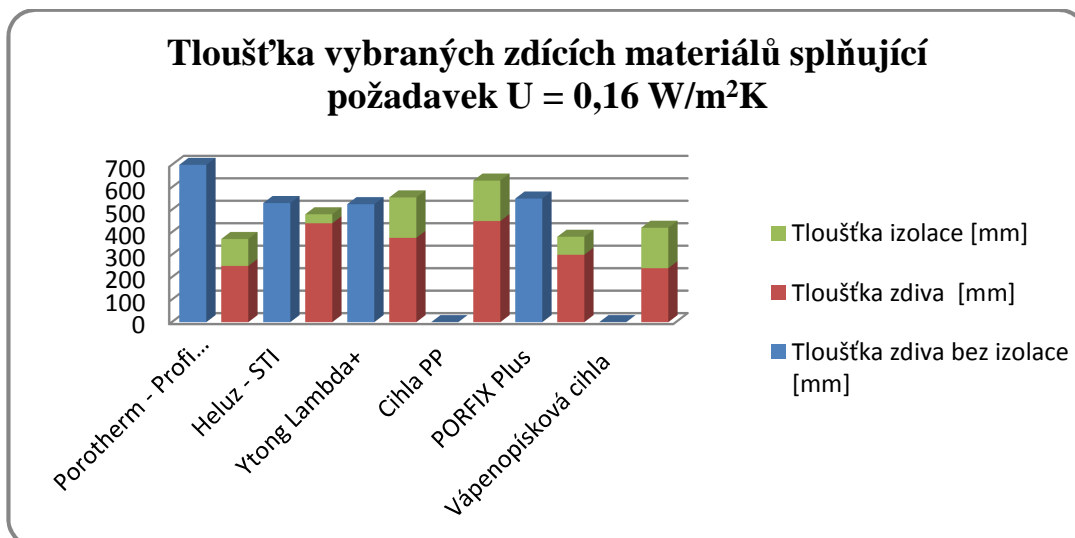
Jednoznačně nejhorším zdícím materiálem z hlediska tepelně izolačních vlastností je cihla plná pálená, která požadovaného součinitele U dosáhne až při tloušťce zdiva 2 150 mm. Při použití teplejší izolace o tloušťce 180 mm bude cihla plná pálená splňovat hodnotu při celkové síle zdiva 630 mm, což z ní opět činí nejhorší možnou variantu z porovnávaných zdících materiálů.

Grafické znázornění údajů z tabulky č. 6 je provedeno na obrázcích č. 9 a č. 10. Obrázek č. 9 je přesným zobrazením rozměrů zdiva z tabulky č. 6.



Obrázek č. 9 – Tloušťka vybraných zdících materiálů splňujících požadavek  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

V grafu na obrázku č. 10 nejsou zobrazeny hodnoty tloušťky zdiva bez zateplení u cihly plné pálené a vápenopískové z důvodu lepší přehlednosti u zbývajících vybraných materiálů.



Obrázek č. 10 – Tloušťka vybraných zdících materiálů splňujících požadavek  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 4.3 Charakteristika porovnávaných objektů

Nízkoenergetická výstavba v této práci bude zastoupena pasivním domem a je porovnáván se stejným objektem, který je postavený v běžném standardu.

#### 4.3.1 Klasický dům

Dům, který je hodnocený v této práci je stavba samostatně stojící s kompaktním tvarem a sedlovou střechou, která se skládá ze dvou stavebních objektů, z obytné části domu a z přilehlé garáže. Oba objekty jsou od sebe stavebně odděleny. Rodinný dům je jednopodlažní s obytným podkrovím, bez podsklepení. Hlavní vstup do domu a vjezd do garáže jsou na západní straně domu. Dům je obdélníkového tvaru s rozměry 11 x 10,4 m. Celková výška domu je 7,9 m. Schéma půdorysu domu a jeho řez je možné najít v příloze č. a č. 2.

Vnitřní prostory domu jsou navrženy tak, že jídelna, kuchyně a obývací prostor tvoří jeden uspořádaný celek. Dále se v přízemí nachází pracovny, ložnice, koupelna, WC a technická místnost. V podkroví se nachází tři dětské pokoje, pokoj pro hosty, koupelna, WC a úklidová místnost.

Rodinný dům i garáž jsou založeny na základových pásech ze železobetonu C 25/30. Tepelně izolační vrstva podlahy je z EPS DEKPERIMETER o tloušťce 100 mm.

Obvodové zdivo domu je vyžděno z keramických tvarovek POROTHERM 44 Profi DRYFIX bez dodatečné tepelné izolace. Garáž je vyžděna pomocí tvarovek Ytong o tloušťce 200 mm. V další části práce již není při výpočtech uvažována.

Nad otvory ve svislé nosné konstrukci jsou umístěny ploché keramické překlady s izolací.

Věnce v domě jsou provedeny na šířku zdiva bez další tepelné izolace. Strop nad 1.NP tvoří monolitická deska s výztuží. První nadzemní podlaží a obytné podkroví spojuje monolitické železobetonové schodiště obložené dřevěnými deskami.

Skladbu střešní konstrukce tvoří tepelná izolace tloušťky 170 mm umístěná mezi krokviemi a uzavřená vzduchová dutina tloušťky 30 mm. Vše je zavřeno parozábranou a sádkartonovou deskou. Hlavní tepelnou izolaci zakrývá seshora difúzní fólie, která slouží i jako pojistná hydroizolace, konstrukce pláště střechy.

V interiéru prvního nadzemního podlaží je povrch zdiva opatřen vápenocementovou omítkou o tloušťce 5 mm. Jako povrchová úprava vnějšího obalu budovy je použita silikonová omítka. Dům je vytápěn pomocí ústředního vytápění běžným plynovým kotlem.

#### **4.3.2 Pasivní dům**

Vybraný pasivní dům je navržen jako stavba samostatně stojící s kompaktním tvarem a sedlovou střechou. RD se skládá ze dvou stavebních objektů, z obytné části domu a z přilehlé garáže – objekty jsou od sebe stavebně odděleny. Obytná část domu je nepodsklepená s jedním nadzemním podlažím a obytným podkrovím. Hlavní stěna domu je orientována na jih, kde se předpokládá největší proslunění. Hlavní vstup do domu je navržen na západní straně. Zde se také nachází vjezd do garáže, která umožňuje parkování jednoho osobního automobilu. Dům má tvar obdélníku s rozměry 11 x 10,4 m. Celková výška domu je 7,9 m. Rozmístění vnitřních prostorů je stejné jako u klasického domu.

Rodinný dům je založený na základové desce ze železobetonu C 20/25 XC2, garáž na základových pásech. Jako tepelná izolace je pod základovou deskou využita 400 mm. vrstva granulovaného hutněného pěnoskla.

Obvodové zdivo domu je vyzděno z vápenopískových tvárnic Kalksandstein o tloušťce 200 mm doplněné tepelnou izolací EPS EXTRAPOR 70F o tloušťce 300 mm. Kotvení zateplení je provedeno pomocí PUR pěny. Garáž je vyzděna pomocí tvarovek Ytong o tloušťce 200 mm.

Nad otvory ve svislé nosné konstrukci jsou umístěny ploché systémové překlady.

Věnce v domě jsou provedeny na šířku zdiva bez další tepelné izolace. Strop nad 1.NP tvoří monolitická deska s výztuží. První nadzemní podlaží a obytné podkroví spojuje monolitické železobetonové schodiště obložené dřevěnými deskami.

Střešní konstrukce tvoří krokve spolu s dřevěnými vaznicemi, které jsou uloženy ve štítových stěnách. Krokve jsou z dřevěných nosníků. Podbití tvoří OSB desky o tloušťce 15 mm. Záklop je tvořen z dřevěné DHF desky o tloušťce 15 mm a sádkartonovou deskou. Prostor mezi nosníky je vyplněný foukanou izolací Isocell. Svršek střešní konstrukce domu tvoří pojistná izolace se střešní krytinou Tondach. Podhled šikminy střechy je zateplen pomocí konopné izolace Canabest o tloušťce 100 mm.

V interiéru prvního nadzemního podlaží je povrch zdiva opatřen vápenocementovou omítkou o tloušťce 5 mm. Na úpravu zdiva v exteriéru je použita silikonová omítka. Dům je vytápěn pomocí podlahového vytápění s nízkým teplotním spádem, kdy zdrojem tepla je tepelné čerpadlo. V domě je instalována rekuperační jednotka, sloužící k získávání tepla z odpadního vzduchu.

Všechny detaily domu jsou řešeny tak, aby byla pro pasivní dům zaručena požadovaná hodnota vzduchotěsnosti.

#### **4.4 Stanovení energetické třídy budovy podle ČSN 73 0540**

V této kapitole jsou oba porovnávané objekty zařazeny do energetické třídy, pro které jsou stanoveny charakteristické specifické hodnoty. Energetická náročnost budovy je stanovena jako potřeba roční energie na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Zjednodušený výpočet je proveden podle programu Hestia VIVID 5, který vychází z obálkové metody.

##### **4.4.1 Výpočet energetické třídy klasického domu**

V prvním kroku byla do výpočtového programu zvolena hodnota vnější výpočtové teploty, což je dle programu pro námi uvažovanou oblast výstavby v okrese Hodonín  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Podle vybrané oblasti program také nastavil délku topné sezony na 231 dnů.

V dalším kroku byla zadána velikost obestavěného prostoru domu, v našem případě se jedná o hodnotu  $853\text{ m}^3$ . Tato hodnota je dále programem vynásobena

koeficientem 0,8. Předpokládá se, že objem vzduchu v budově tvoří 80 % obestavěného prostoru domu. Pomocí tohoto koeficientu pak program vypočítá objem vzduchu v místnosti, který je nutný k výpočtům pro větrání.

Po zadání základní hodnot byly do programu navoleny konstrukce budov. U každé konstrukce bylo nutné zadat plochu v m<sup>2</sup> a její skladbu. Do skladby konstrukce se zadává tloušťka materiálu v cm a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  pro každý materiál samostatně. Definované konstrukce a jejich hodnoty jsou zobrazeny na obrázku č. 11.

Přehled konstrukcí						
Typ	Jméno konstrukce	Splnění normy	Plocha	R	U	Náklady
	svislé		19.7 m2	-	1.7	
	svislé		3.5 m2	-	1.7	
	sviřlé		3 m2	-	1.7	
	svislé		3.6 m2	-	1.7	
	vchodové		1.56 m2	-	1.7	
	podlaha		114.4 m2	2.12	0.44	
	obvodové zdivo		200.28 m2	3.67	0.26	
	střecha		138 m2	4.31	0.22	

Obrázek č. 11 – Přehled konstrukcí a jejich vlastnosti u klasického domu

Z obrázku je zřejmé, že konstrukce splňují požadované hodnoty součinitele prostupu tepla podle normy ČSN 73 0540.

V dalším kroku bylo zapotřebí nastavit hodnoty pro větrání. V našem případě je předpokládáno, že se množství vzduch v místnosti za hodinu obmění 0,7 krát, což je zřejmé z obrázku č. 12. Důvodem pro zadání hodnoty 0,7 je to, že se předpokládá větší infiltrace díky méně kvalitním oknům.

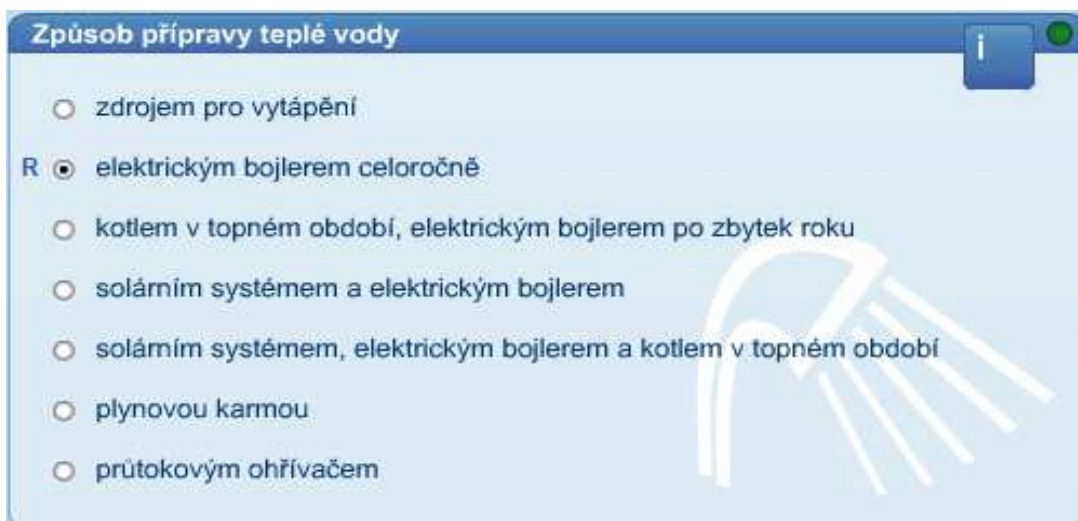
Obrázek č. 12 – Zadání hodnot - větrání

Po dokončení návrhu větrání, je nutné zvolit hlavní zdroj tepla a regulaci vytápění. V případě klasického domu je vybrán běžný plynový kotel (obrázek č. 13). V tomto případě se vychází z toho, že se topí převážně přes den a v noci nastává osmihodinový útlum. Regulace soustavy je ruční (obrázek č. 14).

Obrázek č. 13 – Výběr zdroje tepla u klasického domu

Obrázek č. 14 – Volba regulace otopné soustavy – klasický dům

Pro přípravu teplé užitkové vody je zvolen elektrický bojler. Teplá užitková voda je ohřívána celoročně pouze tímto bojlerem (obrázek č. 15).



Obrázek č. 15 – Volba způsobu přípravy teplé vody – klasický dům

Pro zjištění možných pasivních zisků bylo nutné zadat spotřebiče a žárovky s délkou provozu. U spotřebičů nám program umožňuje zadat délku provozu v cyklech za týden a u osvětlení délku provozu v hodinách za den.

Přehled ostatních spotřebičů			
Druh	Typ	Roční spotřeba	Roční náklady
	pračka se sušičkou, energ. třídy B a s 1 cykly týc	205 kWh	664 Kč
	myčka malá (šířka 45 cm), energ. třídy B a s 3 cy	108 kWh	350 Kč
	chladnička s mraz. *** 240 + 30 l, energetické tí	288 kWh	934 Kč
	televize s příkonem 100 W v provozu 5 h denně	183 kWh	592 Kč
	počítač s příkonem 350 W v provozu 10 h denně	1278 kWh	4142 Kč
	úsporné žárovky 11W (40W), 4 ks, pou. 1h denn	16 kWh	52 Kč
	úsporné žárovky 15W (60W), 20 ks, pou. 5h den	548 kWh	1775 Kč
	úsporné žárovky 15W (60W), 8 ks, pou. 2h denn	88 kWh	284 Kč

Obrázek č. 16 – Přehled spotřebičů

Obrázek č. 16 dokládá automatický výpočet roční potřeby energie v kWh a roční náklad na ni. Tyto hodnoty jsou využity v další části práce – kapitola 4.4

Na obrázku č. 17 je provedeno celkové vyhodnocení energetické náročnosti domu a jeho zařazení do energetické třídy. Dále je možné na obrázku najít i hodnoty průměrného součinitele prostupu obálkou budovy, doporučený součinitel prostupu

tepla, doporučený součinitel prostupu tepla a jako poslední je uvedena tepelná ztráta objektu. V horní části obrázku se zobrazuje jedno z písmen A až G, které charakterizuje kvalitu námi posuzované obálky z tepelně technického pohledu dle ČSN 73 0540–2. Dané označení klasifikační třídy znamená:

- A Velmi úsporná budova
- B Úsporná budova
- C Vyhovující budova
- D Nevyhovující budova
- F Nehospodárná budova
- G Mimořádně nehospodárná budova.

Po zadání všech zmíněných hodnot zařadil program, jak je vidět v levém horním rohu na obrázku č. 17, budovu do odpovídající energetické třídy. V případě tohoto klasického domu je to třída C1, což znamená, že budova je „vyhovující“.

Údaje uvedené pod písmenem C1 na obrázku č. 17, jsou určujícími ukazateli na základě kterých, byl klasický dům zařazen do kategori C1 – vyhovující budova.

Jedná se o tyto ukazatele:

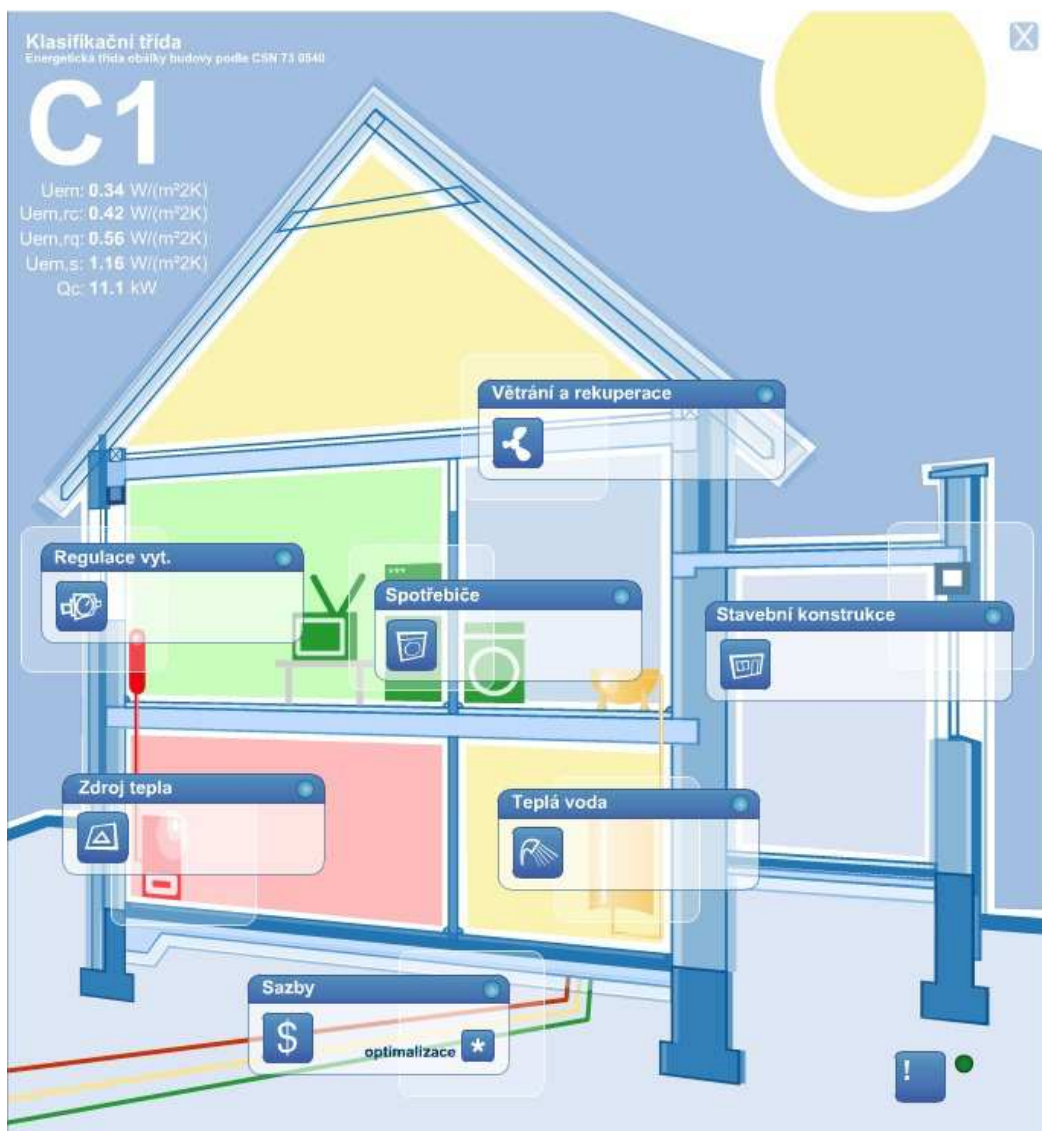
$U_{em}$  – Průměrný součinitel prostupu tepla, v našem případě je  $0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{em,rc}$  – Doporučený součinitel prostupu tepla –  $0,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{er,rq}$  – Požadovaný součinitel prostupu tepla –  $0,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{em,s}$  – Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu  $1,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$Q_c$  – Tepelná ztráta objektu –  $11,1 \text{ kW}$ .



Obrázek č. 17 – Závěrečné vyhodnocení klasického domu

#### 4.4.2 Energetická třída pasivního domu

Stejně jako u klasického domu byla do výpočtového programu zadána následující data, vnější výpočtová teplota  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , která odpovídá okresu Hodonín, délka topné sezony 231 dnů a velikost obestavěného prostoru  $853\text{ m}^3$ . I v tomto případě byl programem proveden přepočít koeficientem 0,8 ke zjištění množství vzduchu v budově.

Jako první byly opět zadány konstrukce budov. Pro zadání konstrukcí bylo nutné znát plochu v  $\text{m}^2$ , skladbu konstrukce a její vlastnosti, jako je tloušťka materiálu v cm

a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Definované konstrukce a jejich hodnoty jsou zobrazeny na obrázku č. 18.

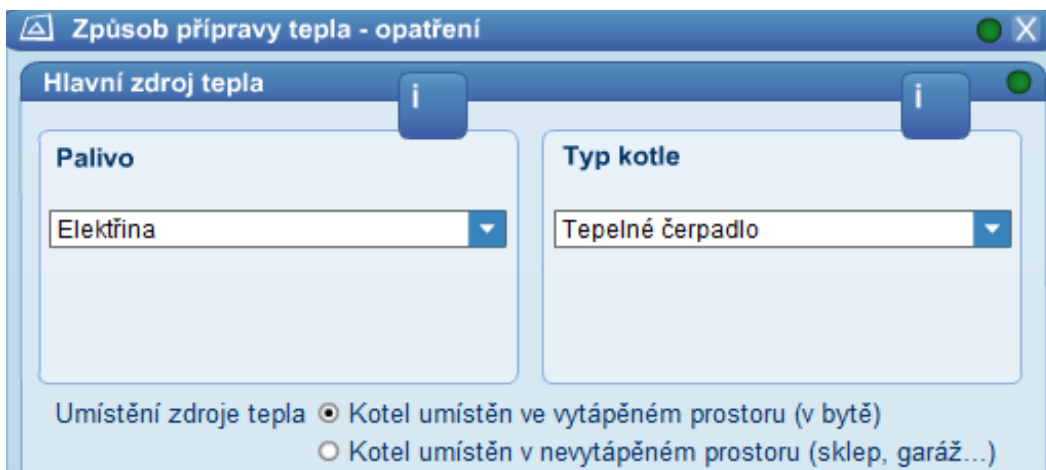
Přehled konstrukcí						
Typ	Jméno konstrukce	Splnění normy	Plocha	R	U	Náklady
	svislé		19.7 m <sup>2</sup>	-	0.79	
	svislé		3.5 m <sup>2</sup>	-	0.79	
	svislé		3 m <sup>2</sup>	-	0.79	
	svislé		3.6 m <sup>2</sup>	-	0.79	
	vchodové		1.56 m <sup>2</sup>	-	0.79	
	podlaha		114.4 m <sup>2</sup>	6.98	0.14	
	obvodové zdivo		200.28 m <sup>2</sup>	9.9	0.1	
	střecha		138 m <sup>2</sup>	12.9	0.08	

Obrázek č. 18 – Přehled konstrukcí a jejich vlastnosti u pasivního domu

Oproti klasickému domu je zde počítáno s řízeným větráním pomocí rekuperační jednotky. Navržená jednotka pracuje s účinností 70 %. Hodnota 0,5 nám značí, kolikrát se vzduch v místnosti za hodinu vymění. Zadaná data do programu jsou zobrazena na obrázku č. 19.

Obrázek č. 19 – Zadání hodnot- řízené větrání

Hlavním zdrojem tepla pro pasivní dům bude tepelné čerpadlo. Ve výpočtu se vychází z toho, že soustava bude plně automatická, řízená prostorovým termostatem (obrázek č. 21). V této variantě není uvažován útlum teplot ať už během dne nebo v noci.

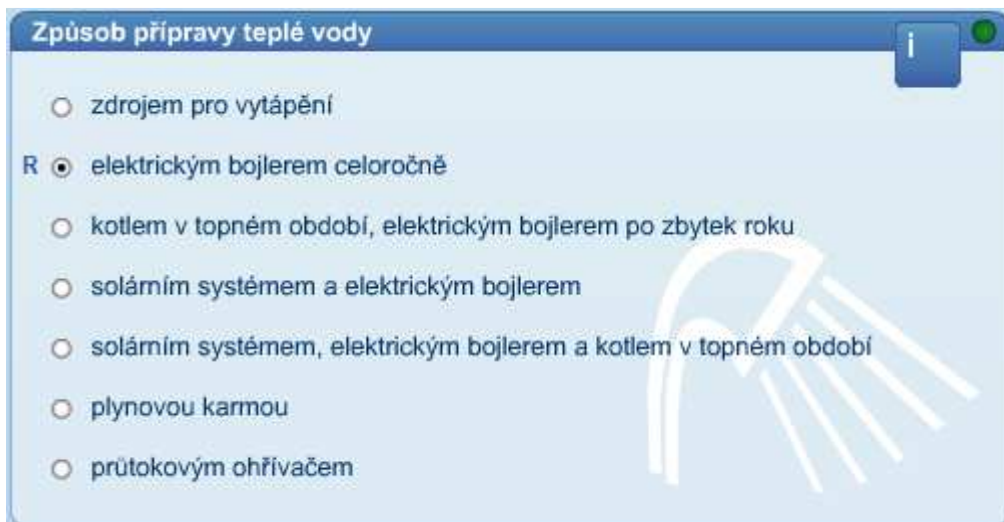


Obrázek č. 20 – Výběr zdroje tepla - pasivní dům



Obrázek č. 21 – Volba regulace otopné soustavy - pasivní dům

Způsob přípravy teplé vody se oproti klasickému domu nemění, zůstává elektrický bojler s celoročním provozem.



Obrázek č. 22 – Volba způsobu přípravy teplé vody – pasivní dům

Ke stanovení možných pasivních zisků bylo nutné zadat spotřebiče a žárovky, které jsou v domě umístěny, s délkou provozu. U spotřebičů program umožňuje zadat délku provozu v cyklech za týden a u osvětlení délku provozu v hodinách za den. Uvažované spotřebiče a osvětlení jsou stejné jako klasické varianty a jsou uvedeny na obrázku č. 16.

Po zadání všech hodnot zařadil program tuto variantu budovy do energetické třídy A, velmi úsporná budova.

Hodnoty uvedené pod písmenem a na obrázku č. 23, jsou ukazatele, na základě kterých byla této stavbě přidělena energetická třída.

Jedná se o tyto ukazatele:

$U_{em}$  – Průměrný součinitel prostupu tepla, v našem případě je  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{em,rc}$  – Doporučený součinitel prostupu tepla –  $0,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{er,rq}$  – Požadovaný součinitel prostupu tepla –  $0,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$U_{em,s}$  – Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu  $1,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

$Q_c$  – Tepelná ztráta objektu –  $3,3 \text{ kW}$ .



Obrázek č. 23 – Závěrečné vyhodnocení pasivního domu

## 4.5 Podíl tepelných ztrát na celkové potřebě tepla

V této kapitole budou stanoveny tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi u obou porovnávaných variant rodinného domu a bude provedeno srovnání zjištěných hodnot.

### 4.5.1 Klasický dům

Tabulka č. 8 uvádí přehled tepelných ztrát klasického domu, které jsou způsobeny prostupy tepla konstrukcemi a větráním.

Celková potřeba tepla klasického domu je stanovena obálkovou metodou. Pro kontrolu správnosti vypočtených hodnot programu Hestia VIVID 5 byly skladby konstrukcí a jejich vlastnosti zadány i do kalkulačky na webových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) „Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci“. Do kalkulačky byly zadány tloušťky materiálů a jejich součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Výpočet z této kalkulačky je doložen v příloze č. 5

Hodnoty z tabulky č. 7 byly dosazeny do výpočtového programu na stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) „Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy“.

Tabulka č. 7 – Přehled ploch konstrukcí a jím odpovídající součinitele prostupu tepla

Konstrukce - pasivní dům	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Součinitel U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Obvodové zdivo	200,28	0,24
Podlaha	114,40	0,37
Střecha	138,00	0,22
Okna	29,80	1,70
Dveře	1,56	1,70

Z programem vypočtených hodnot lze vyčísl množství tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi a větráním. Výsledné hodnoty a jejich procentuální zastoupení na celkových tepelných ztrátách byly pro přehlednost uspořádány do tabulky č. 8.

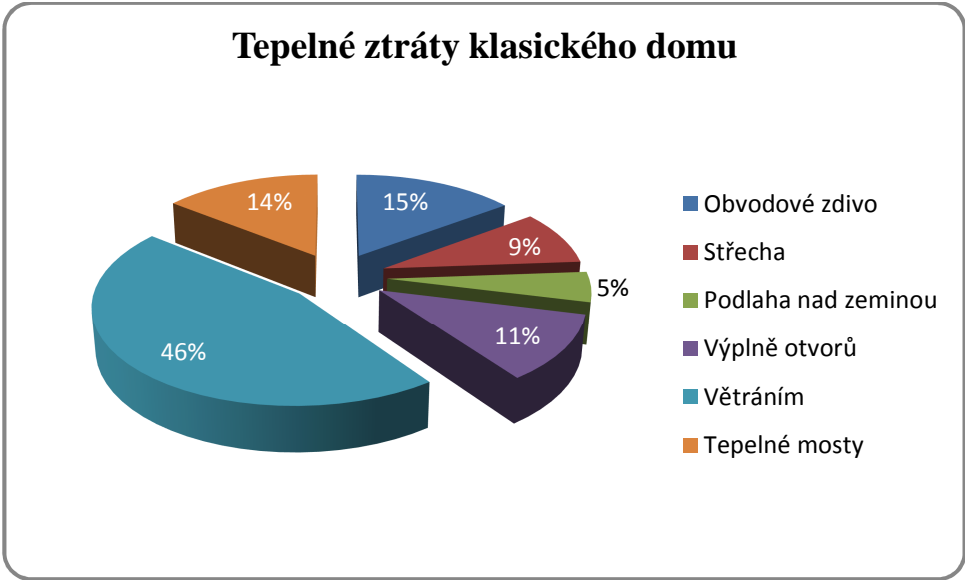
Tabulka č. 8 – Klasický dům - tepelné ztráty konstrukcemi a větráním

Typ konstrukce - větrání	Tepelné ztráty - klasický dům	
	[W]	%
Obvodové zdivo	1 652	14,8
Střecha	1 002	9,0
Podlaha nad zemí	559	5,0
Výplně otvorů	1 242	11,2
Větráním	5 082	45,6
Tepelné mosty	1 597	14,3
Celkem	11 134	100,0

Z tabulky č. 8 je zřejmé, že největší tepelné ztráty u klasického domu jsou způsobeny větráním. Největší tepelné ztráty z uvedených konstrukcí jsou zjištěny u obvodového zdiva. Nejmenší tepelná ztráta je naopak při prostupu podlahou.

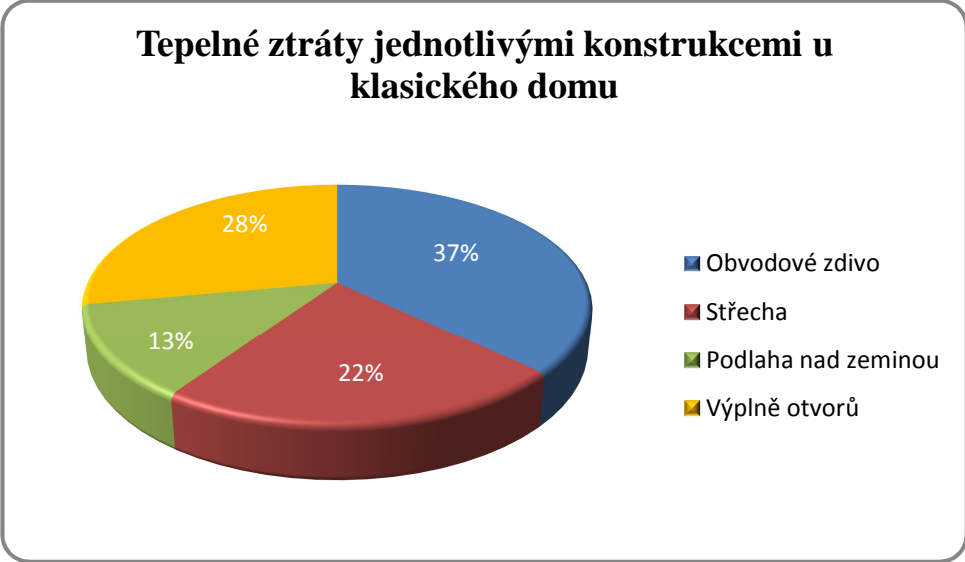
Celková potřeba tepla na vytápění je stanovena součtem tepelných ztrát u obvodového zdiva, střešní konstrukce, podlahy, výplní otvorů, větrání a tepelných mostů. Výsledná hodnota je podle tabulky 11 134 W.

Celkové tepelné ztráty klasického domu uvedené v tabulce č. 8 jsou procentuálně znázorněny v grafu na obrázku č. 24.



Obrázek č. 24 – Procentuální poměr tepelných ztrát klasického domu

Graf na obrázku č. 25 názorně zobrazuje konstrukce podle procentuálního poměru dosažených ztrát v tomto objektu. Největší ztráta tepla, a to ve výši 37 % je u obvodového zdiva, naopak nejnižší ztráta tepla ve výši 13 % je podlahou.



Obrázek č. 25 – Procentuální poměr prostupu tepla konstrukcemi

#### 4.5.2 Pasivní dům

Hodnoty uvedené v tabulkách níže, byly zjištěny stejným postupem výpočtu jako v případě klasického domu. Tabulka č. 9 uvádí přehled tepelných ztrát pasivní domu, které jsou způsobeny prostupy tepla konstrukcemi a větráním a celková potřeba byla stanovena také obálkovou metodou. Opět byla provedena kontrola vypočtených hodnot podle programu Hestia VIVID 5. Skladby konstrukcí a jejich vlastnosti byly zadány do kalkulačky na webových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) „Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci“. Kalkulačka počítá s tloušťkou materiálů a jejich součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$ . Výpočet z této kalkulačky je doložen v příloze č. 6.

Tabulka. č. 9 – Přehled ploch konstrukcí a jím odpovídající součinitele prostupu tepla

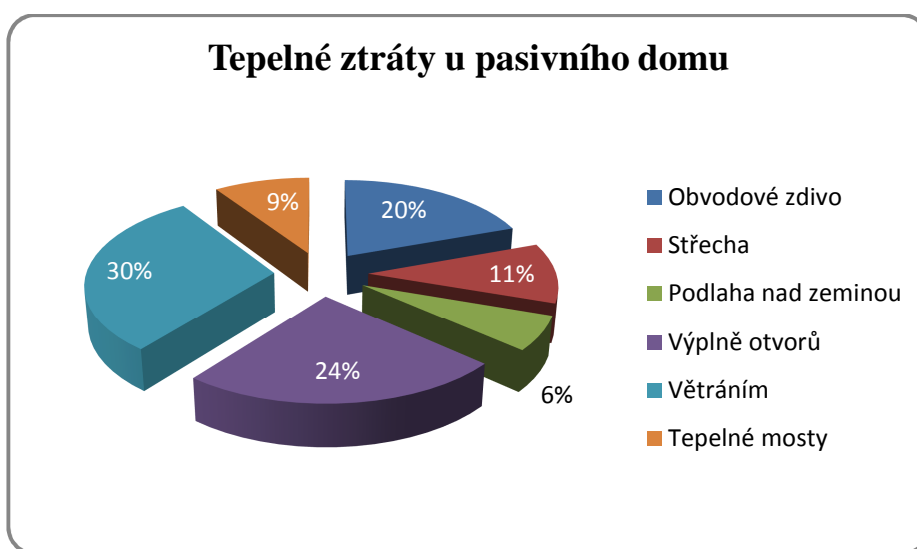
Konstrukce - pasivní dům	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Součinitel U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Obvodové zdivo	200,28	0,10
Podlaha	114,40	0,14
Střecha	138,00	0,07
Okna	29,80	0,79
Dveře	1,56	0,79

Hodnoty z tabulky č. 9 byly dosazeny do výpočtového programu na stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) „Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy“. Výsledkem toho výpočtu je přehled hodnot a jejich procentuální zastoupení na celkových ztrátách u pasivního domu je v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 – Pasivní dům – tepelné ztráty konstrukcemi a větráním

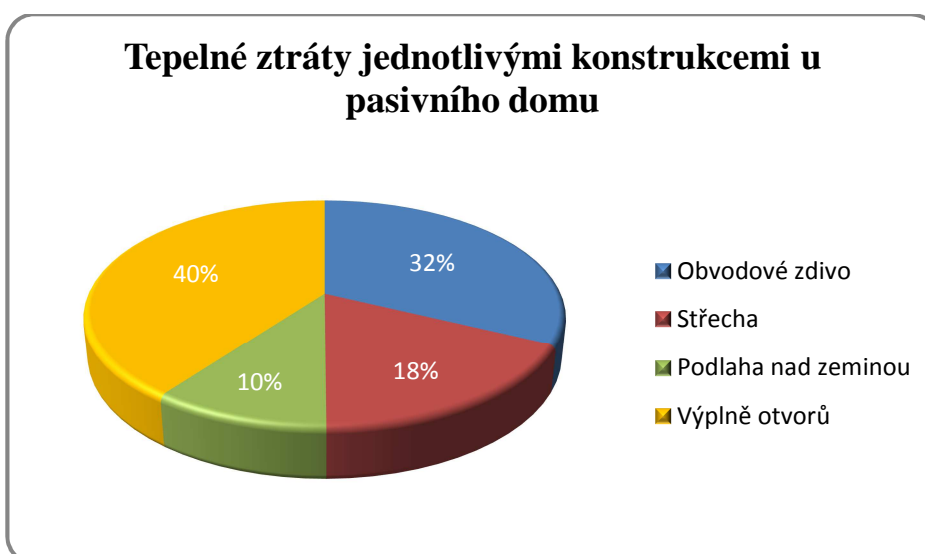
Typ konstrukce - větrání	Tepelné ztráty - pasivní dům	
	[W]	%
Obvodové zdivo	661	19,5
Střecha	364	10,7
Podlaha nad zemí	211	6,2
Výplně otvorů	818	24,1
Větráním	1 016	30,0
Tepelné mosty	319	9,4
Celkem	3 389	100,0

Z této tabulky vyplývá, že i u tohoto domu jsou největší tepelné ztráty způsobeny větráním. Největší tepelné ztráty z uvedených konstrukcí jsou zjištěny u výplní otvorů. Celková potřeba tepla na vytápění u pasivního domu je 3 389 W. Výseče na obrázku č. 26 znázorňují procentuální poměr zastoupení jednotlivých složek na celkové tepelné ztrátě pasivního domu.



Obrázek č. 26 – Procentuální poměr tepelných ztrát pasivního domu

Graf na obrázku č. 27 zobrazuje procentuální poměr jednotlivých druhů konstrukcí na celkové ztrátě konstrukcemi. Největší ztráta, a to ve výši 40 % je u výplní otvorů, naopak nejnižší ztráta ve výši 10 % je skrze podlahu.



Obrázek č. 27 – Procentuální poměr prostupu tepla konstrukcemi

### 4.5.3 Porovnání obou variant

Tato kapitola provádí porovnání tepelných ztrát u obou variant domu. Výsledné hodnoty ztrát jsou seřazeny v tabulce č. 11. U klasického domu je celková tepelná ztráta tepla 11 341 W a je tedy 3,3 krát větší než u pasivního domu, kde ztráta činí 3 389 W.

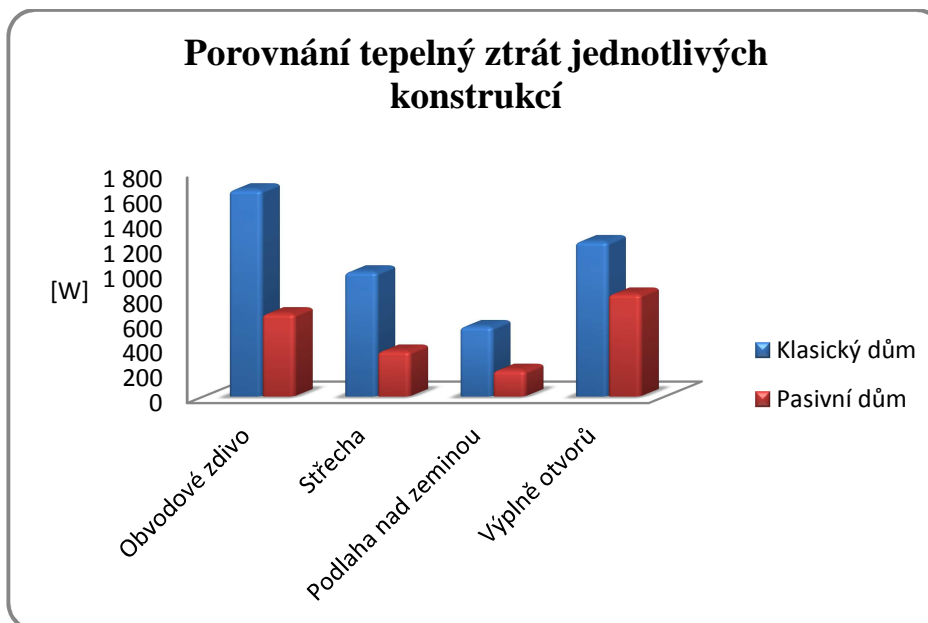
Tepelná ztráta pasivního domu u obvodového zdiva je 661 W, což je přibližně 2,4 krát menší než hodnota ztráty u klasického domu. Ztráta střešní konstrukcí pasivního domu je 364 W a u klasického domu je 1 002 W, což je přibližně 2,7 krát menší. Ztráta prostupem tepla podlahou pasivního domu je 2,6 krát menší než u klasického domu, vyplývá to z hodnot 211 W a 559 W. Nejmenší rozdíl je u výplní otvorů a je přibližně 1,5 krát menší než u klasického domu.

Ztráty způsobené větráním jsou u pasivního domu 5 krát menší než u klasického domu. U pasivního domu dosahuje ztráta větráním hodnoty 1 016 W a u klasického domu 5 082 W.

Tabulka č. 11 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcemi a větráním

Typ konstrukce - větrání	Tepelné ztráty - klasický dům		Tepelné ztráty - pasivní dům	
	[W]	%	[W]	%
Obvodové zdivo	1 652	14,8	661	19,5
Střecha	1 002	9,0	364	10,7
Podlaha nad zemí	559	5,0	211	6,2
Výplně otvorů	1 242	11,2	818	24,1
Větráním	5 082	45,6	1 016	30,0
Tepelné mosty	1 597	14,3	319	9,4
Celkem	11 134	100,0	3 389	100,0

Tepelné ztráty způsobené prostupem tepla konstrukcemi jsou zobrazeny v grafu na obrázku č. 28. Z grafu lze vyčíst, že v případě pasivního domu největší úspory oproti klasickému domu bylo dosaženo u obvodového zdiva. Naopak nejmenší rozdíl je patrný u výplní otvorů.

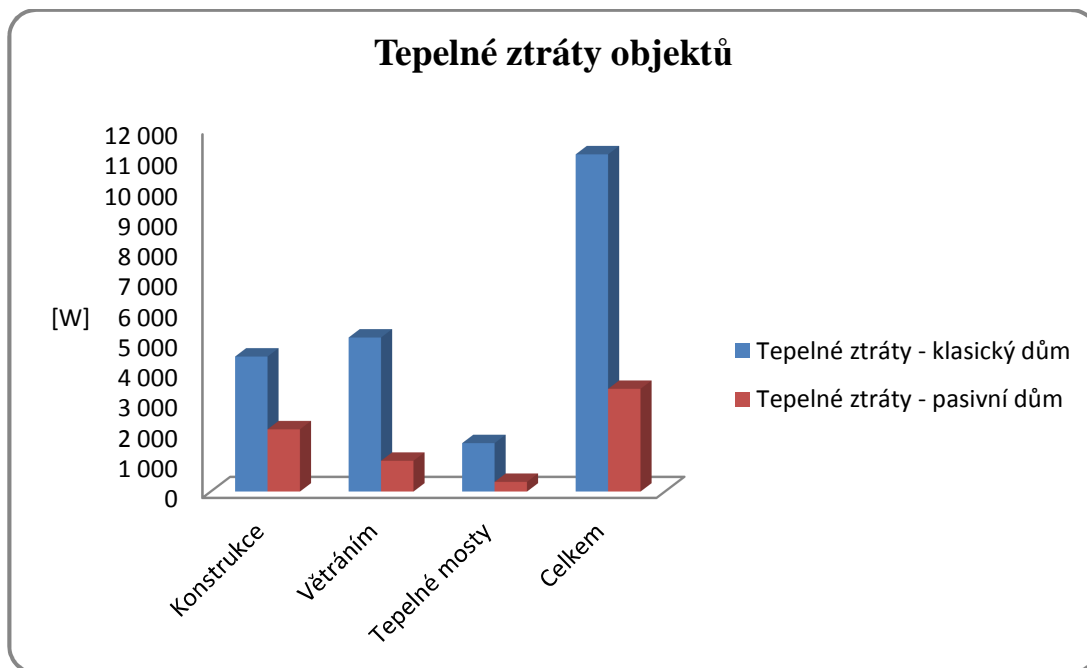


Obrázek č. 28 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcí u porovnávaných objektů

Na celkové tepelné ztrátě objektu se podílejí konstrukce, tepelné mosty a větrání (tabulka č. 12). Největší tepelné ztráty jsou u klasického domu způsobeny větráním a to 5 082 W, u pasivního domu jsou největší ztráty způsobené prostupem konstrukcemi a to 2 054 W. Graf k tabulce č. 12 je zobrazen na obrázku č. 29., porovná tepelné ztráty ve W. Procentuální srovnání uvedených hodnot obou porovnávaných domů je v grafu na obrázku č. 30.

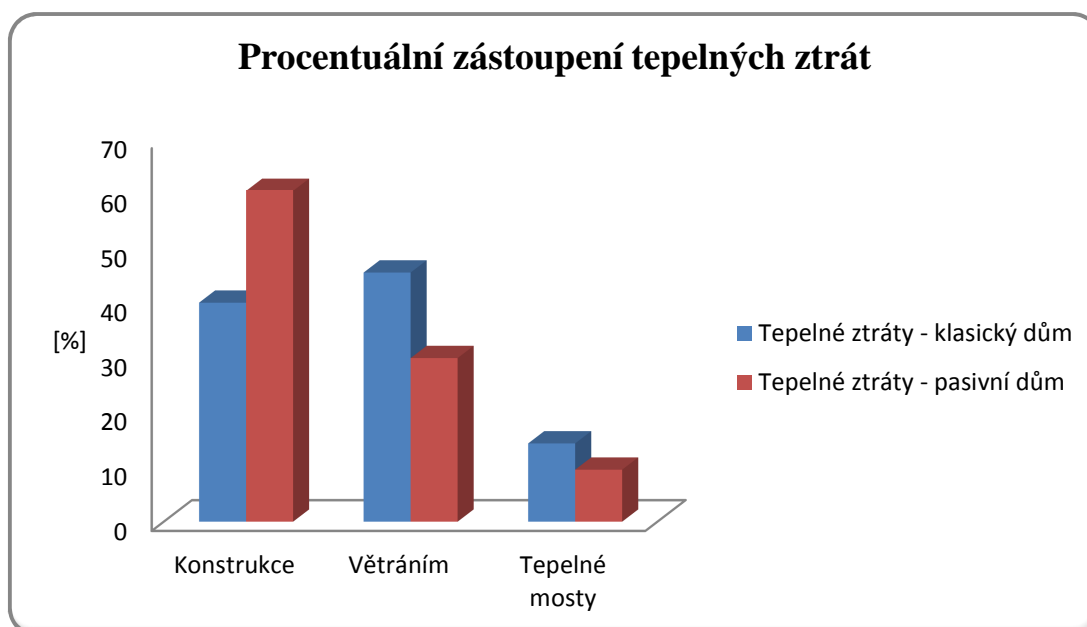
Tabulka č. 12 – Srovnání tepelných ztrát konstrukcemi, větráním a tepelnými mosty

Typ konstrukce - větrání	Tepelné ztráty - klasický dům		Tepelné ztráty - pasivní dům	
	[W]	%	[W]	%
Konstrukce	4 455	40	2 054	61
Větráním	5 082	46	1 016	30
Tepelné mosty	1 597	14	319	9
<b>Celkem</b>	<b>11 134</b>	<b>100</b>	<b>3 389</b>	<b>100</b>



Obrázek č. 29 – Srovnání tepelných ztrát u porovnávaných objektů ve W

Graf na obrázku č. 29 názorně dokládá, že celkové ztráty u klasického domu jsou více jak 3 krát větší než u domu pasivního.



Obrázek č. 30 – Srovnání tepelných ztrát u porovnávaných objektů v %

## 4.6 Ekonomické srovnání obou technických řešení z pohledu vynaložených vícenákladů, efektivity a doby návratnosti

Ekonomické hodnocení spočívá ve vyjádření nákladů za výstavbu a provozní náklady ve sledovaném období. Pro potřebu této práce bylo zvoleno třicetileté období. Pro ekonomické vyhodnocení bylo nutné zjistit náklady vznikající v průběhu životního cyklu stavby u pasivního a klasického domu. Pro naši potřebu se předpokládají náklady pořizovací a roční náklady na vytápění, osvětlení, ohřev teplé užitkové vody a provoz spotřebičů.

### 4.6.1 Stanovení pořizovacích a provozních nákladů

*Pořizovací náklady* byly zjištěny na základě položkového rozpočtu. Rekapitulace rozpočtu klasického domu je uvedena v příloze č. 7 a rekapitulace pasivního domu je uvedena v příloze č. 8.

Zjištěné pořizovací náklady u porovnávaných variant činí:

- |                |              |
|----------------|--------------|
| – Klasický dům | 3 975 160 Kč |
| – Pasivní dům  | 4 551 681 Kč |

*Náklady na vytápění* byly vypočítány pomocí kalkulačky na webových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) (Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva). Pro výpočet ročních nákladů na vytápění je nutné znát roční spotřebu tepla, která se vypočítá pomocí kalkulačky na stejné webové stránce s názvem „Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody“. Do kalkulačky se zadává oblast, ve které se objekt nachází, což je v našem případě okres Hodonín. Dále pak celková tepelná ztráta objektu, která je pro variantu klasického domu 11,1 kW a pro pasivní variantu domu 3,3 kW. Jejich výpočet je doložen v obrázku č. 31a (klasický dům) a 31b (pasivní dům).

Lokalita (Tabulka)  t<sub>em</sub> = 12 °C  t<sub>em</sub> = 13 °C  t<sub>em</sub> = 15 °C ???

Město:  Délka topného období: d =  [dny]

Venkovní výpočtová teplota t<sub>e</sub> =  °C Prům. teplota během otopného období t<sub>es</sub> =  °C

**Vytápění**

Tepelná ztráta objektu Q<sub>c</sub> =  kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t<sub>s</sub> =  °C ???

Vytápěcí denostupně  
D = d · (t<sub>is</sub> - t<sub>es</sub>) = 3650 K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e<sub>1</sub> =  ??? η<sub>o</sub> =  ???

e<sub>1</sub> =  ??? η<sub>r</sub> =  ???

e<sub>d</sub> =  ???

Opravný součinitel ε ???

ε = e<sub>1</sub> · e<sub>1</sub> · e<sub>d</sub> = 0.765

ε =

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-9}$$

Q<sub>VYT,r</sub> = (  GJ/rok  
                   MWh/rok ) **Náklady**

**Ohřev teplé vody**

t<sub>1</sub> =  °C ??? ρ =  kg/m<sup>3</sup> ???

t<sub>2</sub> =  °C ??? c =  J/kgK ???

V<sub>zp</sub> =  m<sup>3</sup>/den ???

Koeficient energetických ztrát systému z =  ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{zp} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 26.7 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě t<sub>svl</sub> =  °C

Teplota studené vody v zimě t<sub>svz</sub> =  °C

Počet pracovních dní soustavy v roce N =  [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

Q<sub>TUV,r</sub> = (  GJ/rok  
                   MWh/rok ) **Náklady**

**Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody**

Q<sub>r</sub> = Q<sub>VYT,r</sub> + Q<sub>TUV,r</sub> = (  GJ/rok  
   MWh/rok ) **Náklady**

Obrázek č. 31a – Roční potřeba energie na vytápění – klasický dům

Lokalita (Tabulka)  t<sub>em</sub> = 12 °C  t<sub>em</sub> = 13 °C  t<sub>em</sub> = 15 °C ???

Město:  Délka topného období: d =  [dny]

Venkovní výpočtová teplota t<sub>e</sub> =  °C Prům. teplota během otopného období t<sub>es</sub> =  °C

**Vytápění**

Tepelná ztráta objektu Q<sub>c</sub> =  kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t<sub>s</sub> =  °C ???

Vytápěcí denostupně  
D = d · (t<sub>is</sub> - t<sub>es</sub>) = 3650 K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e<sub>1</sub> =  ??? η<sub>o</sub> =  ???

e<sub>1</sub> =  ??? η<sub>r</sub> =  ???

e<sub>d</sub> =  ???

Opravný součinitel ε ???

ε = e<sub>1</sub> · e<sub>1</sub> · e<sub>d</sub> = 0.765

ε =

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-9}$$

Q<sub>VYT,r</sub> = (  GJ/rok  
                   MWh/rok ) **Náklady**

**Ohřev teplé vody**

t<sub>1</sub> =  °C ??? ρ =  kg/m<sup>3</sup> ???

t<sub>2</sub> =  °C ??? c =  J/kgK ???

V<sub>zp</sub> =  m<sup>3</sup>/den ???

Koeficient energetických ztrát systému z =  ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{zp} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 26.7 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě t<sub>svl</sub> =  °C

Teplota studené vody v zimě t<sub>svz</sub> =  °C

Počet pracovních dní soustavy v roce N =  [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

Q<sub>TUV,r</sub> = (  GJ/rok  
                   MWh/rok ) **Náklady**

**Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody**

Q<sub>r</sub> = Q<sub>VYT,r</sub> + Q<sub>TUV,r</sub> = (  GJ/rok  
   MWh/rok ) **Náklady**

Obrázek č. 31b – Roční potřeba energie na vytápění – pasivní dům

Z přiložených výpočtů vyplývá, že celková roční potřeba energie na vytápění u pasivního domu je 27,6 GJ/rok a u klasického domu 92,7 GJ/rok. Dle zjištěných hodnot je zřejmé, že spotřeba roční energie u pasivního domu je třetinová oproti klasickému domu.

U pasivního domu je jako primární vytápění použit podlahový nízkoteplotní teplovodní systém s minimálním teplotním spádem. Systém je doplněn teplovodními koupelnovými žebříky. Hlavním zdrojem tepla je tepelné čerpadlo se zemním výměníkem. U klasického domu je použito ústřední vytápění s běžným plynovým kotlem.

Dle kalkulačky nákladů na vytápění roční náklady u pasivního domu činí 8 291 Kč a u klasického domu 45 403 Kč, což je více jak 5 krát vyšší náklad než u pasivního domu. Výpočet ročních nákladů na vytápění pro klasický a pasivní RD je doložen v přílohách č. 9 a č 10.

*Náklady na osvětlení a provoz spotřebičů* jsou stanoveny na základě výpočtu programu Hestia VIVID 5, který vypočítal spotřebu energie na základě vložených údajů (obrázek č. 32). Výsledkem výpočtu je roční potřeba 2 712 kWh. Při cenách NT 97 Kč/kWh, VT 3,56 Kč/kWh a měsíčním paušálu 149,90 Kč jsou náklady na osvětlení a provoz spotřebičů u obou posuzovaných variant stejné a to 6 844 Kč.

Přehled ostatních spotřebičů				
Druh	Typ	Roční spotřeba	Roční náklady	Funkce
	pračka se sušičkou, energ. třídy B a s 1 cykly týc	205 kWh	664 Kč	 
	myčka malá (šířka 45 cm), energ. třídy B a s 3 cy	108 kWh	350 Kč	 
	chladnička s mraz. *** 240 + 30 l, energetické ti	288 kWh	934 Kč	 
	televize s příkonem 100 W v provozu 5 h denně	183 kWh	592 Kč	 
	počítač s příkonem 350 W v provozu 10 h denně	1278 kWh	4142 Kč	 
	úsporné žárovky 11W (40W), 4 ks, pou. 1h denn	16 kWh	52 Kč	 
	úsporné žárovky 15W (60W), 20 ks, pou. 5h den	548 kWh	1775 Kč	 
	úsporné žárovky 15W (60W), 8 ks, pou. 2h denn	88 kWh	284 Kč	 

Obrázek č. 32 – Náklady na osvětlení a provoz spotřebičů

*Náklady na ohřev teplé užitkové vody (TUV)* byly stanoveny pomocí kalkulačky na webových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) (Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé

vody). U denní spotřeby teplé vody na jednu osobu je počítáno se spotřebou 0.082 m<sup>3</sup>/osobu/den. Výsledná hodnota pro 5 osob je 0,41 m<sup>3</sup>/osobu/den. Voda je ohřívána elektrickým bojlerem. Výsledná potřeba energie na ohřev teplé užitkové vody je 10,2 MWh/rok, což je zřejmé z obrázku č. 33. Celkové roční náklady pak tedy činí 25 081 Kč. Tyto náklady byly stanoveny pomocí webových stránek www.cenyenergie.cz. Jako dodavatel energie byla zvolena společnost E.ON, tarif D25d za předpokladu provozu pouze v nízkém tarifu. Předpokládané náklady na ohřev TUV jsou u obou variant stejné.

Lokalita (Tabulka) <span style="float: right;"> <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 12 °C <input checked="" type="radio"/> t<sub>em</sub> = 13 °C <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 15 °C ???         </span>			
Město	Hodonín	Délka topného období	d = 231 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub>	= -12 °C	Prům. teplota během otopného období	t <sub>es</sub> = 4,2 °C
<input type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	Q <sub>c</sub> = [ ] kW	t <sub>1</sub> = 10 °C	ρ = 1000 kg/m <sup>3</sup> ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t <sub>is</sub>	= [ ] °C ???	t <sub>2</sub> = 55 °C	c = 4188 J/kgK ???
Vytápěcí denostupně	D = d · (t <sub>is</sub> - t <sub>ez</sub> ) = 3650 K.dny	V <sub>zp</sub> = 0,41 m <sup>3</sup> /den	z = 0,5 ???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
e <sub>1</sub> = [ ] ???	η <sub>o</sub> = [ ] ???	$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{zp} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 32,2 \text{ kWh}$	
e <sub>2</sub> = [ ] ???	η <sub>r</sub> = [ ] ???	Teplota studené vody v létě t <sub>svl</sub> = 15 °C	
e <sub>3</sub> = [ ] ???		Teplota studené vody v zimě t <sub>svz</sub> = 5 °C	
Opravný součinitel ε ???		Počet pracovních dní soustavy v roce N = 365 [dny]	
<input checked="" type="radio"/> ε = e <sub>1</sub> · e <sub>2</sub> · e <sub>3</sub> = 0,785		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,5 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input type="radio"/> ε = [ ]		$Q_{TUV,r} = \left( \begin{matrix} 36,7 \text{ GJ/rok} \\ 10,2 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{matrix} 36,7 \text{ GJ/rok} \\ 10,2 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$			

Obrázek č. 33 – Roční potřeba energie na ohřev teplé užitkové vody

Výše uvedené provozní náklady celkem činí u klasického domu 77 328 Kč a u pasivního domu 40 216 Kč. Roční úspora v prvním roce provozu na provozních nákladech u pasivního domu činí 37 112 Kč.

Pro další výpočty je ve sledovaném období uvažován průměrný každoroční nárůst cen energií o 8 %.

V tabulce č. 13 je uveden přehled pořizovacích cen domů obou variant. Jsou zde uvedeny náklady na vytápění, na osvětlení, ohřev teplé užitkové vody a je zde vyčíslena i úspora v pořizovací ceně obou variant u klasického domu a roční úspora provozních nákladů u pasivního domu.

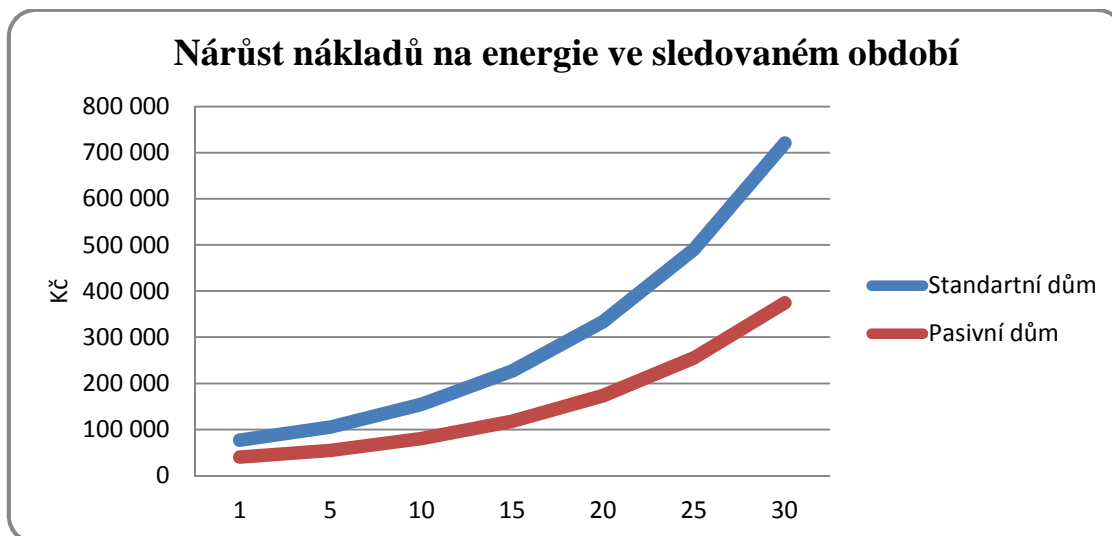
Dále tabulka uvádí přehled ročních nákladů na energie při 8% nárůstu cen v jednotlivých letech a celkové náklady vznikající v průběhu sledovaného období, tj. 30 let. Z dat v tabulce je zřejmé, že náklady na energie jsou u pasivního domu 1,9 krát nižší než u klasického rodinného domu. Pro zajímavost v prvním roce by tyto náklady činily u klasického domu 77 328 Kč a u pasivního domu 40 216 Kč. Za třicet let budou tyto náklady činit u klasického domu 720 486 Kč a u pasivního rodinného domu 374 704 Kč.

Požizovací cena klasického domu je 3 975 160 Kč a pasivního domu je 4 551 681 Kč. Úspora v pořizovacích nákladech u klasického domu je tedy 576 521 Kč. Náklady na vytápění u klasického domu jsou 45 403 Kč/rok a u pasivního domu jsou 8 291 Kč/rok. Rozdíl v těchto nákladech je 37 112 Kč/rok. Náklady na osvětlení jsou u obou variant stejné a to 6 844 Kč/rok. Se stejnými náklady se také počítá u ohřevu teplé vody, které jsou 25 081 Kč/rok. Porovnáním všech uvedených nákladů byla zjištěna úspora provozních nákladů v prvním roce po výstavbě ve výši 37 112 Kč ve prospěch pasivního domu.

Tabulka pokračuje porovnáním nákladů na energie a celkových nákladů obou porovnávaných domů v průběhu třiceti let.

Tabulka č. 13 – Přehled nákladů za sledované období u obou variant

	Klasický dům		Pasivní dům	
Pořizovací náklady [Kč]	3 975 160		4 551 681	
Úspora v pořizovací ceně	576 521		0	
Náklady na vytápění [Kč/rok]	45 403		8 291	
Náklady na osvětlení [Kč/rok]	6 844		6 844	
Náklady na ohřev vody [Kč/rok]	25 081		25 081	
Úspora za platby energie v prvním roce [Kč]	0		37 112	
Roční nárůst cen energií	8%			
X	Náklady na energii	Celkové náklady	Náklady na energii	Celkové náklady
Rok	[Kč/rok]	[Kč]	[Kč/rok]	[Kč]
0	0	3 975 160	0	4 551 681
1	77 328	4 052 488	40 216	4 591 897
2	83 514	4 136 002	43 433	4 635 330
3	90 195	4 226 198	46 908	4 682 238
4	97 411	4 323 609	50 661	4 732 899
5	105 204	4 428 813	54 713	4 787 612
6	113 620	4 542 433	59 090	4 846 703
7	122 710	4 665 143	63 818	4 910 520
8	132 527	4 797 669	68 923	4 979 444
9	143 129	4 940 798	74 437	5 053 881
10	154 579	5 095 377	80 392	5 134 273
11	166 945	5 262 322	86 823	5 221 096
12	180 301	5 442 623	93 769	5 314 865
13	194 725	5 637 348	101 271	5 416 136
14	210 303	5 847 651	109 372	5 525 508
15	227 127	6 074 779	118 122	5 643 630
16	245 297	6 320 076	127 572	5 771 202
17	264 921	6 584 997	137 778	5 908 980
18	286 115	6 871 112	148 800	6 057 780
19	309 004	7 180 117	160 704	6 218 484
20	333 725	7 513 841	173 560	6 392 044
21	360 422	7 874 264	187 445	6 579 489
22	389 256	8 263 520	202 441	6 781 930
23	420 397	8 683 917	218 636	7 000 566
24	454 029	9 137 945	236 127	7 236 693
25	490 351	9 628 296	255 017	7 491 709
26	529 579	10 157 875	275 418	7 767 128
27	571 945	10 729 820	297 452	8 064 580
28	617 701	11 347 521	321 248	8 385 827
29	667 117	12 014 638	346 948	8 732 775
30	720 486	12 735 124	374 704	9 107 479



Obrázek č. 34 – Trend nárůstu nákladu na energie ve sledovaném období

Z grafu na obrázku č. 34 je zřejmé, že rozdíl v ročních nákladech na provozní energie se i při stejném ročním nárůstu cen energií zvyšuje. V prvním roce je rozdíl v provozních nákladech 37 112 Kč a v posledním 30. roce již činí 345 783 Kč ve prospěch pasivního domu.

#### 4.6.2 Výpočet cash flow (CF) a doby návratnosti porovnávaných variant

Pro výpočet doby návratnosti porovnávaných variant je nutné stanovit výši CF v jednotlivých sledovaných letech. CF je stanovena jako rozdíl provozních nákladů (náklady na vytápění, na osvětlení, na ohřev TUV) v jednotlivých letech u porovnávaných variant domů. Hodnoty CF byly diskontovány diskontním faktorem pro 10 %. Vypočítané hodnoty diskontovaného CF byly kumulovány a porovnány s úsporou na pořizovacích nákladech domů. Přibližná doba návratnosti se bude nacházet v intervalu, ve kterém nalezneme hodnotu úspor v pořizovacích nákladech. Přesnou hodnotu doby návratnosti v měsících stanovíme podle vztahu:

$$DN = \text{počet let spodní hranice intervalu} + (\text{CF kumulované horní hranice intervalu} - \text{IC}) / \text{roční CF spodní hranice intervalu}$$

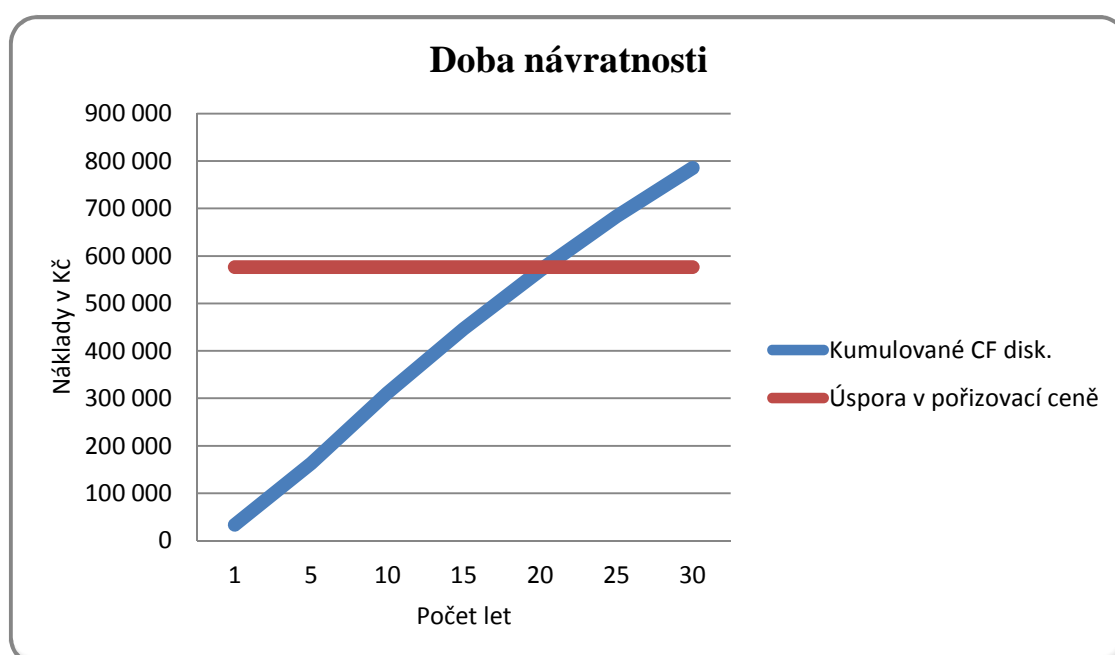
Tabulka č. 14 – Výpočet CF a stanovení doby návratnosti

		Klasický dům	Pasivní dům	
Pořizovací náklady [Kč]		3 975 160	4 551 681	
Náklady na vytápění [Kč/rok]		45 403	8 291	
Náklady na osvětlení a spotřebiče [Kč/rok]		6 844	6 844	
Náklady na ohřev vody [Kč/rok]		25 081	25 081	
Úspora v pořizovací ceně		576 521	X	
Úspora za platby energie v 1. roce - CF		X	37 112	
Roční nárůst cen energií		8%		
Rok	Diskontní faktor 10%	CF	CF disk	Kumulované CF disk.
1	0,9091	37 112	33 738	33 738
2	0,8264	40 081	33 125	66 863
3	0,7513	43 287	32 522	99 385
4	0,6830	46 750	31 931	131 317
5	0,6209	50 490	31 351	162 667
6	0,5645	54 530	30 781	193 448
7	0,5132	58 892	30 221	223 669
8	0,4665	63 603	29 671	253 340
9	0,4241	68 692	29 132	282 472
10	0,3855	74 187	28 602	311 075
11	0,3505	80 122	28 082	339 157
12	0,3186	86 532	27 572	366 729
13	0,2897	93 454	27 070	393 799
14	0,2633	100 931	26 578	420 377
15	0,2394	109 005	26 095	446 472
16	0,2176	117 726	25 621	472 093
17	0,1978	127 144	25 155	497 247
18	0,1799	137 315	24 697	521 945
19	0,1635	148 300	24 248	546 193
20	0,1486	160 164	23 807	570 000
21	0,1351	172 977	23 375	593 375
22	0,1228	186 816	22 950	616 324
23	0,1117	201 761	22 532	638 857
24	0,1015	217 902	22 123	660 979
25	0,0923	235 334	21 720	682 700
26	0,0839	254 161	21 325	704 025
27	0,0763	274 493	20 938	724 963
28	0,0693	296 453	20 557	745 520
29	0,0630	320 169	20 183	765 703
30	0,0573	345 783	19 816	785 519

$$DN = 20 + (576\,521 - 570\,000) / 23\,375 = 20,2 \text{ let, což je 20 let a 2 měsíce}$$

Po dvaceti letech a dvou měsících se vyšší pořizovací náklady pasivního domu srovnají s náklady vloženými do klasického domu a od tohoto okamžiku bude investice do pasivního domu výhodnější než do klasického domu.

Graficky je znázorněna diskontovaná doba návratnosti v grafu na obrázku č. 35. Návratnost investice do pasivního domu se nachází v průsečíku křivky kumulovaného diskontovaného CF a křivky úspory v pořizovací ceně těsně nad hranicí dvaceti let.



Obrázek č. 35 – Grafické znázornění doby návratnosti

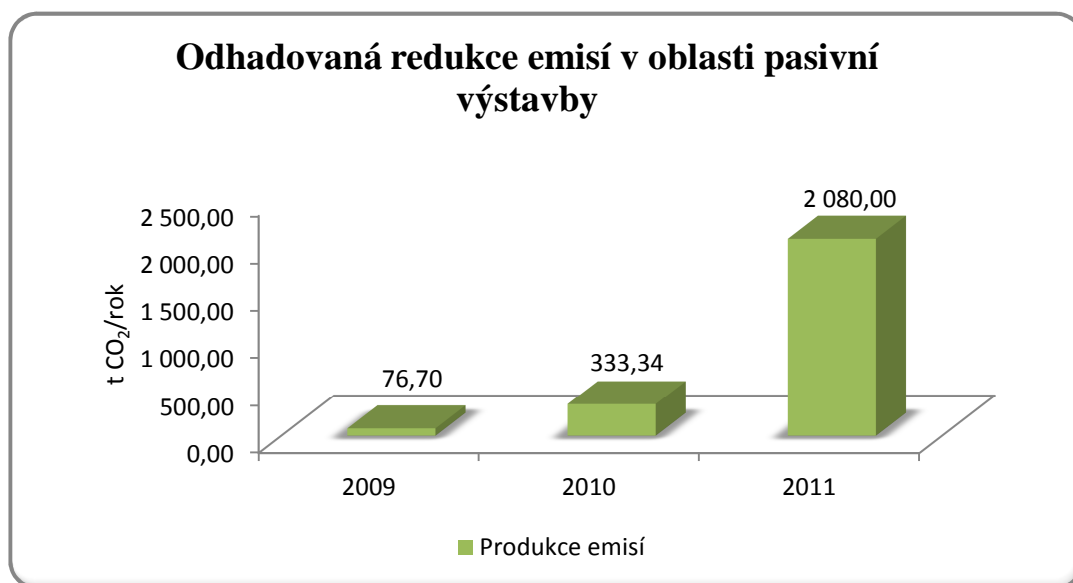
#### 4.7 Environmentální přínos pasivní výstavby

Důvodem zvyšujícího se zájmu o pasivní výstavbu jsou sice převážně stále se zvyšující ceny energií a dále také nastává určitá změna v současném vnímání kvality životního prostředí.

Hodnocení environmentálního přínosu pasivní výstavby může být provedeno na základě predikcí a statistik programu Zelená úsporám, který vyhodnocuje přínos redukcí emisí CO<sub>2</sub> na základě schválených a vyplacených žádostí tohoto programu. V roce 2009 bylo schváleno a vyplaceno 9 žádostí a program předpokládal snížení

emisí CO<sub>2</sub> o 76,70 t/rok. V roce 2010 již bylo schváleno a vyplaceno 111 žádostí a předpokládaný přínos pro životní prostředí snížením produkce CO<sub>2</sub> byl 333,34 t/rok. V roce 2011 činila předpokládaná redukce emisí CO<sub>2</sub> 2080 t/rok a mělo k ní přispět 354 schválených žádostí v oblasti B – pasivní výstavba.

Graf na obrázku č. 18 znázorňuje odhadovanou redukci emisí v oblasti podpory B oproti běžné výstavbě.



Obrázek č. 36 – Odhadovaná redukce emisí [t CO<sub>2</sub>/rok] v oblasti B

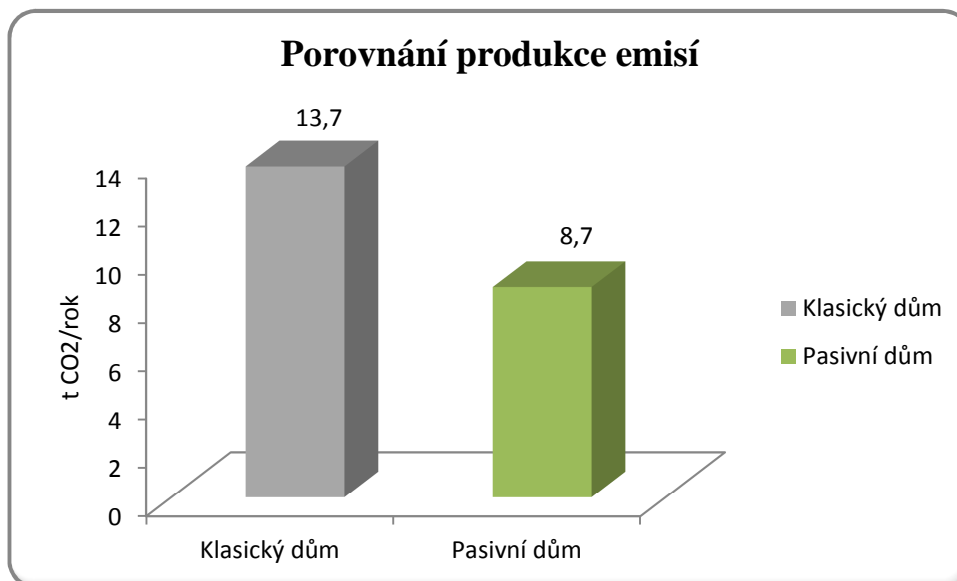
Pro výpočet emisní stopy námi porovnávaných domů, byla použita kalkulačka uhlíkové stopy na webových stránkách.[18]

Do kalkulačky byly zadány hodnoty týkající se spotřeby energií. U klasického domu byla zadána spotřeba energie na ohřev TUV 10 000 kWh/rok, 2 714 kWh na osvětlení a provoz spotřebičů a roční spotřeba plynu na vytápění 3 059 m<sup>3</sup>.

U pasivního domu byla zadána spotřeba energie na vytápění 2 556 kWh/rok, 2714 kWh/rok na osvětlení a provoz spotřebičů a 10 000 kWh/rok na ohřev TUV.

Po dosažení uvedených hodnot byly získány následující údaje:

- uhlíková stopa klasického domu – 13,7 t CO<sub>2</sub>/rok
- uhlíková stopa pasivního domu – 8,7 t CO<sub>2</sub>/rok.



Obrázek č. 37 – Porovnání vyprodukovaného množství CO<sub>2</sub>/rok

Porovnáním získaných hodnot lze vyvodit, že pasivní varianta domu vyprodukuje za rok o 5 t CO<sub>2</sub> méně než jeho klasická varianta. Znamená to také, že u porovnávané výstavby pasivní varianta zatěžuje životní prostředí asi o 36 % méně než klasická.

## 5 Závěr

Cílem práce bylo popsat nejnovější trendy v oblasti nízkoenergetické výstavby a ukázat jejich dopady v oblasti cen ve srovnání s klasickou výstavbou. V první části práce byly popsány charakteristické vlastnosti nízkoenergetických budov a byla uvedena legislativa vztahující k projektování těchto budov. Byl také zmíněn dotační program Ministerstva životního prostředí Zelená úsporám. Další část se zabývala zásadami pro navrhování nízkoenergetických budov a stanovením jejich energetické bilance. Byly popsány systémy, které mají největší vliv na energetickou hospodárnost nízkoenergetické výstavby. Nebyla také opomenuta ekonomika staveb, z hlediska oceňování, doby návratnosti a efektivnosti vložených prostředků.

V praktické části je uvedena charakteristika porovnávaných objektů, stanovena energetická třída objektů, provedeno porovnání tepelných ztrát na celkovém podílu tepla. Bylo také provedeno ekonomické srovnání obou technických řešení z pohledu vynaložených vícenákladů a doby návratnosti.

Nejvýznamnějším trendem současné nízkoenergetické výstavby je úspora energií potřebných pro provoz domu při dosažení standardu komfortního bydlení, a proto se práce zaměřuje na hodnocení energetické náročnosti jednoho domu postaveného dvěma různými technologiemi, které významně ovlivňují energetickou náročnost staveb.

Při vyhodnocování celkové energetické náročnosti obou variant domu bylo zjištěno, že klasický dům byl zařazen do energetické třídy C1 – vyhovující, které odpovídá průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy  $0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Celková tepelná ztráta objektu je 11,1 kW.

Druhá posuzovaná varianta domu je zařazena do energetické třídy obálky a – velmi úsporná budova, proto může být označen jako pasivní. Toto zařazení bylo provedeno na základě hodnoty  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a vypočtené hodnoty tepelné ztráty objektu 3,3 kW. Z provedených výpočtů vyplývá, že celkové ztráty u klasického domu jsou více jak 3 krát větší než u domu pasivního.

Bylo také zjištěno, že největší tepelné ztráty u klasického domu jsou způsobeny větráním a to 5 082 W, u pasivního domu jsou největší ztráty způsobené prostupem konstrukcemi a to 2 054 W. Největší rozdíl teplených ztrát srovnávaných konstrukcí u obou variant byl zjištěn u obvodového zdiva, nejmenší rozdíl byl zjištěn u výplní otvorů.

Celková roční potřeba energie na vytápění u pasivního domu je 27,6 GJ/rok a u klasického domu 92,7 GJ/rok.

Roční náklady na vytápění u pasivního domu činí 8 291 Kč a u klasického domu 45 403 Kč, což je více jak 5 krát více než u pasivního domu. Náklady na osvětlení a provoz spotřebičů jsou u obou posuzovaných variant stejné a to 6 844 Kč. Stejně jsou také celkové roční náklady na ohřev teplé užitkové vody a to 25 081 Kč.

Celkové provozní náklady na energie činí u klasického domu 77 328 Kč a u pasivního domu 40 216 Kč. Roční úspora v prvním roce provozu na provozních nákladech u pasivního domu činí 37 112 Kč.

Při průměrném 8% ročním nárůstu cen energií v průběhu sledovaných třiceti let bylo zjištěno, že náklady na energie budou u pasivního domu 1,9 krát nižší než u klasického domu. Za třicet let budou tyto náklady činit u klasického domu 720 486 Kč a u pasivního rodinného domu 374 704 Kč. V prvním roce je rozdíl v provozních nákladech 37 112 Kč a v posledním 30. roce již činí 345 783 Kč ve prospěch pasivního domu.

Z rozdílu provozních nákladů bylo stanoveno CF v jednotlivých letech. Vypočítané hodnoty diskontovaného CF byly porovnány s úsporou na pořizovacích nákladech domů a bylo zjištěno, že po dvaceti letech a dvou měsících se vyšší pořizovací náklady pasivního domu srovnají s náklady vloženými do klasického domu a od tohoto okamžiku bude investice do pasivního domu výhodnější než do klasického domu.

Environmentální přínos hodnocených variant je ve snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> o 5 t za rok u pasivního domu.

Pokud budeme hodnotit celkově výstavbu pasivních domů z environmentálního pohledu, musíme konstatovat, že při jejím současném rozsahu je její příspěvek

k ochraně životního prostředí malý. Jedná se však o významný krok k hospodárnějšímu využívání přírodních zdrojů energií.

Budoucnost nízkoenergetické výstavby bude v rozšíření užívání osvědčených postupů a komponentů, využívání všech dostupných poznatků při energetické obnově budov a hledání nových řešení. Bude docházet k propojování energetických systémů jednotlivých budov v blízkém okolí s alespoň částečně odlišným časovým profilem. Budou využívány také systémy, které budou vyrovnávat poptávku a nabídku tepla, chladu, teplé vody a elektrické energie.

## 6 Zdroje

### Literatura

- [1] *Energeticky úsporné domy: katalog pasivních a nízkoenergetických domů*. 1. vyd. Brno: Centrum pasivního domu, 2011, 227s. ISBN 978-80-904739-1-1.
- [2] **KULHÁNEK, F.** *Nízkoenergetické a pasivní domy: návrh a realizace: komplexní zpracování problematiky zaměřením na moderní a ekologická řešení*. Praha: DASHÖFER, 2009. ISSN: 1803-6821.
- [3] **TYWONIAK, J.** *Nízkoenergetické domy - principy a příklady*. Praha : Granada Publishing, a.s., 2005. ISBN: 80-247-1101-X.
- [4] **TYWONIAK, J. a kolektiv** *Nízkoenergetické domy 3 - Nulové, pasivní a další*. Praha : Granada Publishing, a.s., 2012. ISBN: 978-80-247-3832-1.
- [5] **POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ D., a kolektiv** *Úsporný dům*. Brno: ERA group spol. s.r.o., 2008. ISBN: 978-80-7366-131-1.
- [6] **SMOLA, J.** *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha : Granada Publishing, a.s., 2011. ISBN: 978-80-247-2995-4.
- [7] **TYWONIAK, J. a kolektiv** *Nízkoenergetické domy 2 - principy a příklady*. Praha : Granada Publishing, a.s., 2008. ISBN: 978-80-247-2061-6
- [8] **LATTENBERG, Marek.** *Vliv technologie vytápění objektu na výši provozních nákladů*. Brno, 2011 43 s., 4 přílohy. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav ekonomiky a řízení staveb. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Krejza
- [9] **QUASCHINING, V.** *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Granada Publishing, a.s., 2008. ISBN: 978-80-247-3250-3.
- [10] **NAGY, E.** *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2009. ISBN: 978-80-8076-077-9.

[11] **MARKOVÁ, L. a kol.** *Základy podnikové ekonomiky: cvičebnice pro kombinované a prezenční studium*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008,. ISBN: 978-80-7204-80-7204-565-5.

[12] **KORYTÁROVÁ, J.** *Ekonomika investic*. Brno: CERM, 2002, 227 s. ISBN 80-214-2089-8.

### **Internetové zdroje**

[13] ZELENÁ ÚSPORÁM. Zelená úsporám - Popis programu. *Zelená úsporám* [online]. 2009 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu>

[14] ING. BOHUSLÁVEK, Petr. Nová Zelená úsporám. *TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 28.11.2012. [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/9330-nova-zelena-usporam-vyhlasena-ISSN-1801-4399>

[15] HLAVAC.NET. Energetický štítek obálky budovy (EŠOB) | CEIS.CZ, s.r.o. *O nás / CEIS.CZ, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-12-07]. Dostupné z: <http://www.ceis.cz/energeticky-stitek-obalky-budovy-esob>

[16] HLAVÁČEK WEBDESIGN S.R.O. Fotovoltaické systémy. *Solární panely* [online]. 2010 [cit. 2012-12-01]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaicke-systemy.info>

[17] Bilance a výpočty. *Hestia VIVID 5* [online]. 2008 [cit. 2012-11-29]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm>

[18] Kalkulačka uhlíkové stopy. *Kalkulacka CO2* [online]. 2008 [cit. 2013-01-05]. Dostupné z: <http://www.kalkulacka.zmenaklimatu.cz/kalkulacka.html>

## 7 Seznam zkratek

EPDB	Energy Performance of Building Directive
EU	Evropská unie
MPO ČR	Ministerstvo obchodu a průmyslu České republiky
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ZVT	Zemní výměník tepla
THU	Technicko-hospodářské ukazatele
DN	Doba návratnosti
DN <sub>D</sub>	Diskontovaná doba návratnosti
CF	Cash flow
DCF	Diskontovaný cash flow
NPV	Čistá současná hodnota
IRR	Vnitřní výnosové procento
IN	Investiční náklad
RD	Rodinný dům
TUV	Teplá užitková voda
NT	Nízký tarif
VT	Vysoký tarif

## **8 Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Půdorys přízemí

Příloha č. 2 – Řez – klasický dům

Příloha č. 3 – Řez – pasivní dům

Příloha č. 4 – Pohledy domu

Příloha č. 5 – Výpočet součinitele prostupu tepla u klasického domu

Příloha č. 6 – Výpočet součinitele prostupu tepla u pasivního domu

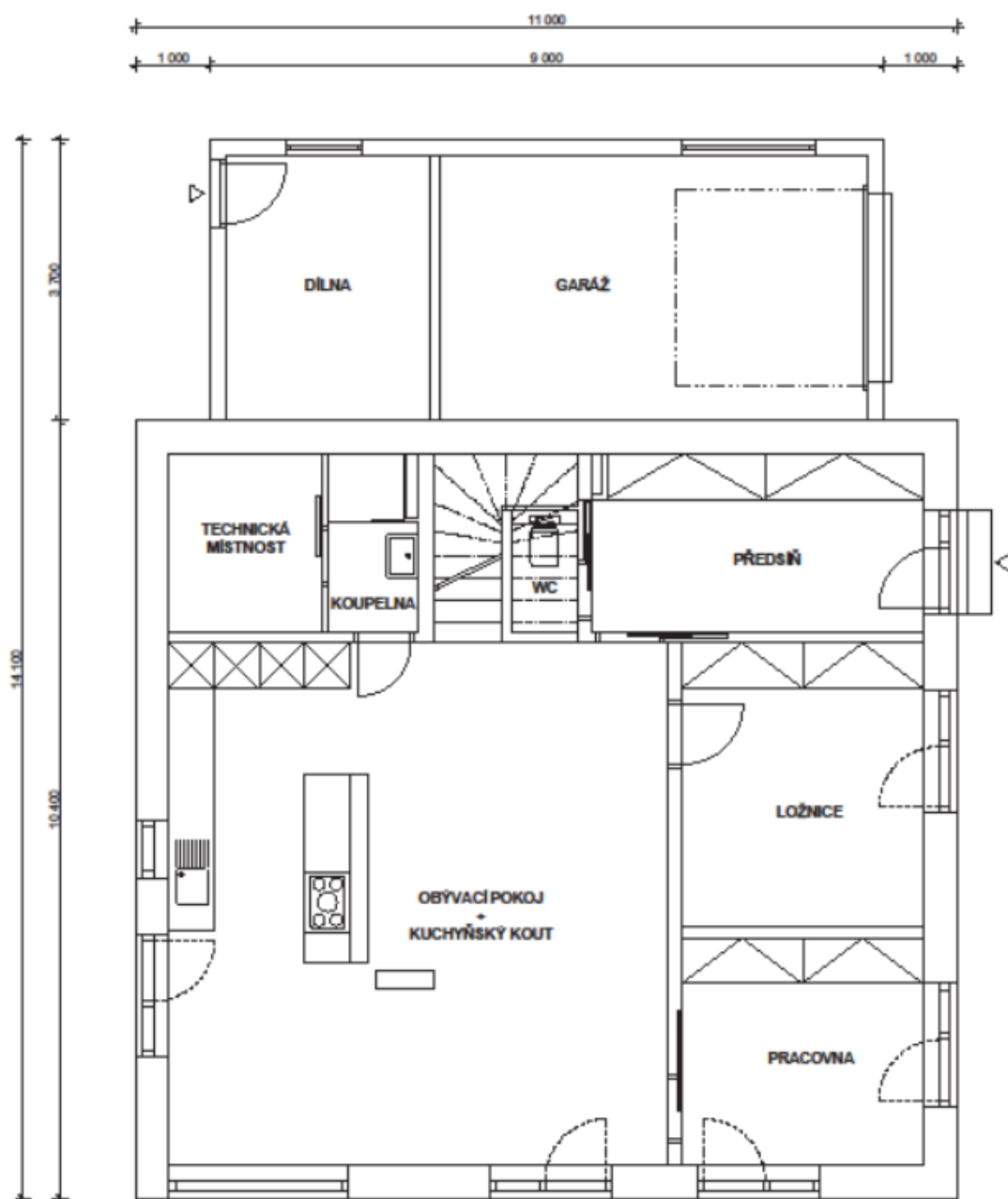
Příloha č. 7 – Rekapitulace rozpočtu klasického domu

Příloha č. 8 – Rekapitulace rozpočtu pasivního domu

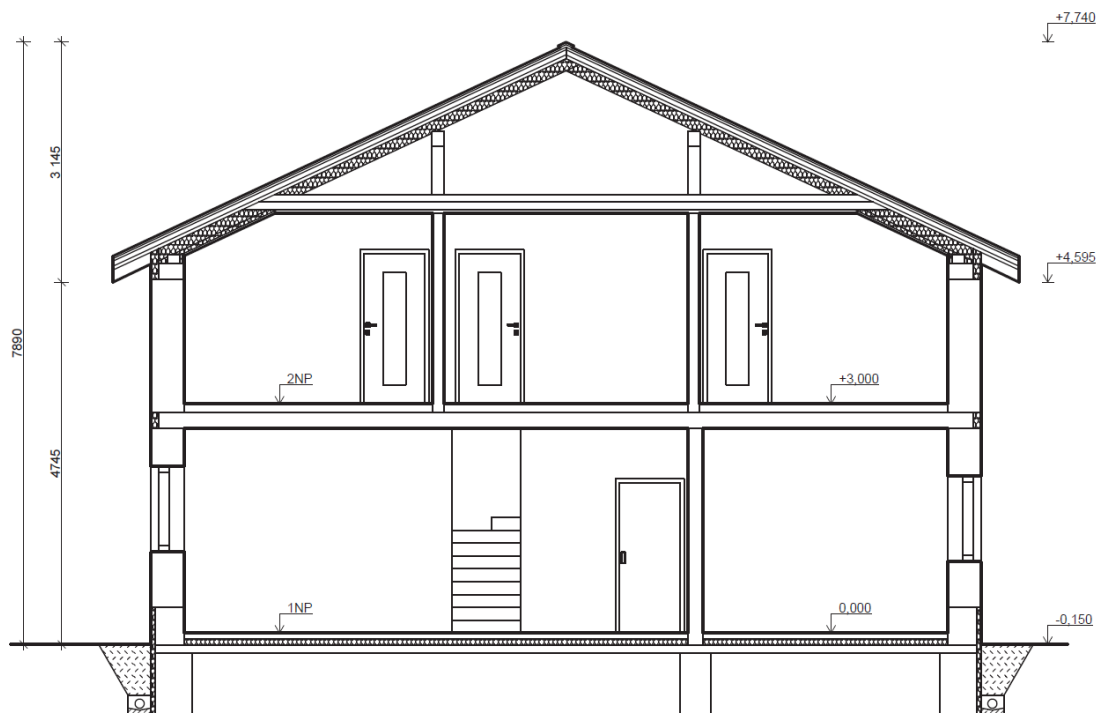
Příloha č. 9 – Roční náklady na vytápění u klasického domu

Příloha č. 10 – Roční náklady na vytápění u pasivního domu

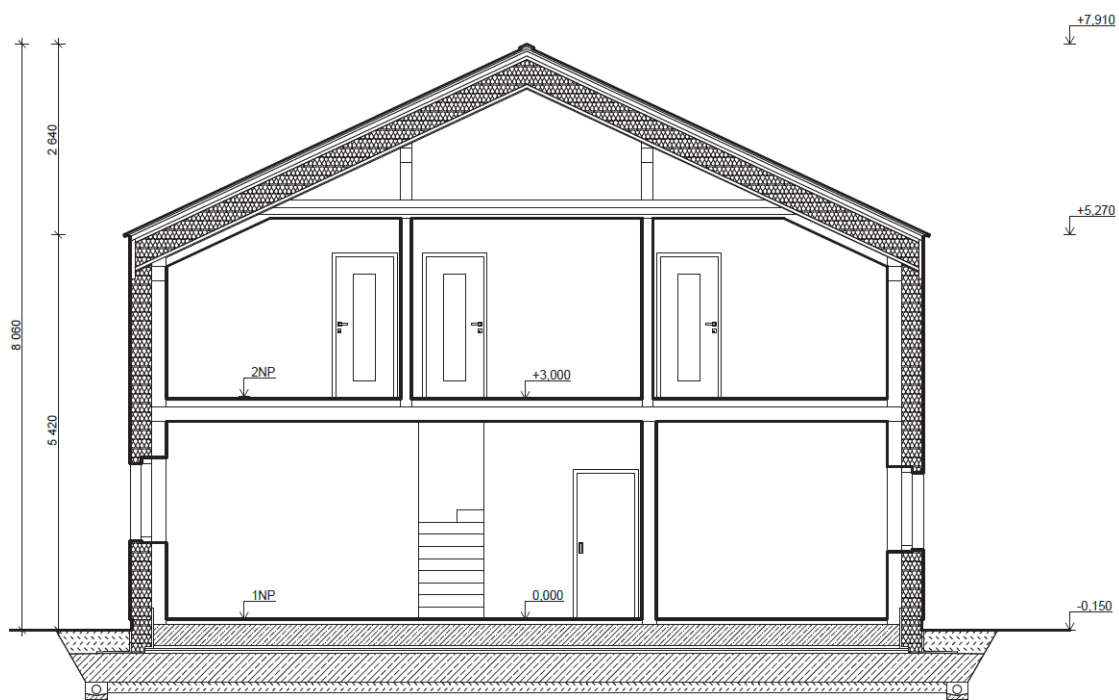
## 8.1 Příloha č. 1 – Půdorys přízemí



## 8.2 Příloha č. 2 – Řez – klasický dům

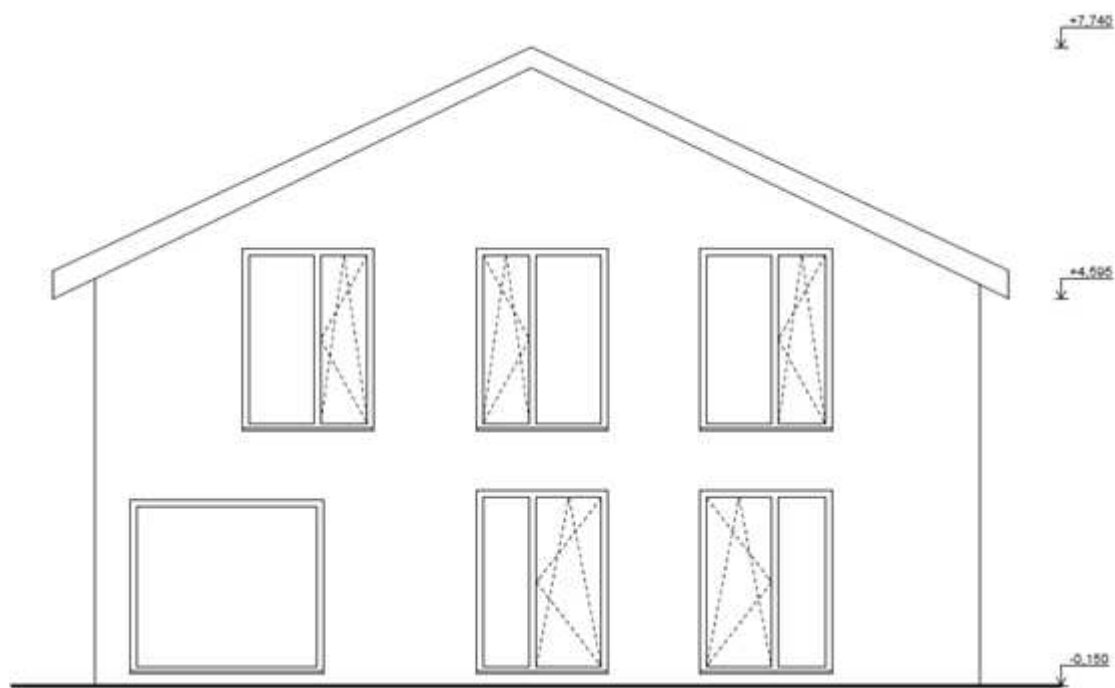


### 8.3 Příloha č. 3 – Řez – pasivní dům

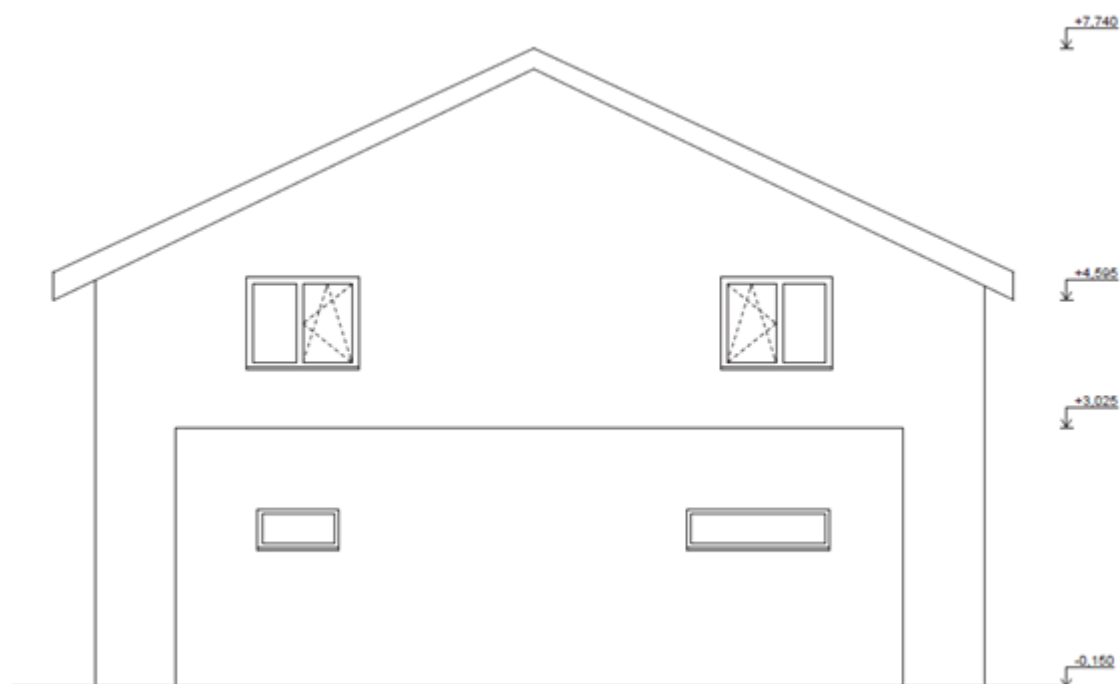


## 8.4 Příloha č. 4 – Pohledy domu

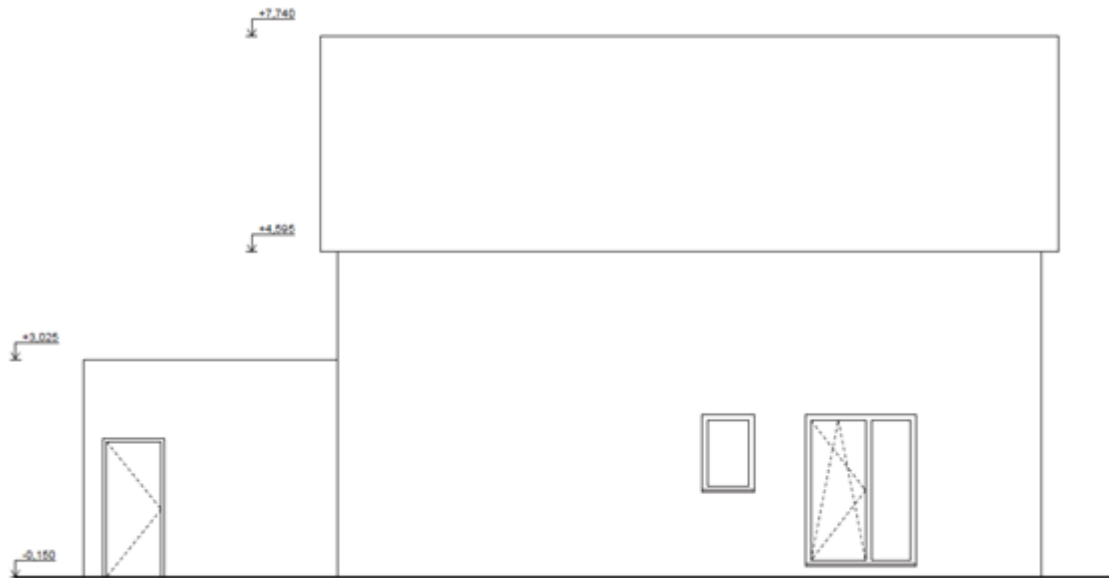
### POHLED JIŽNÍ



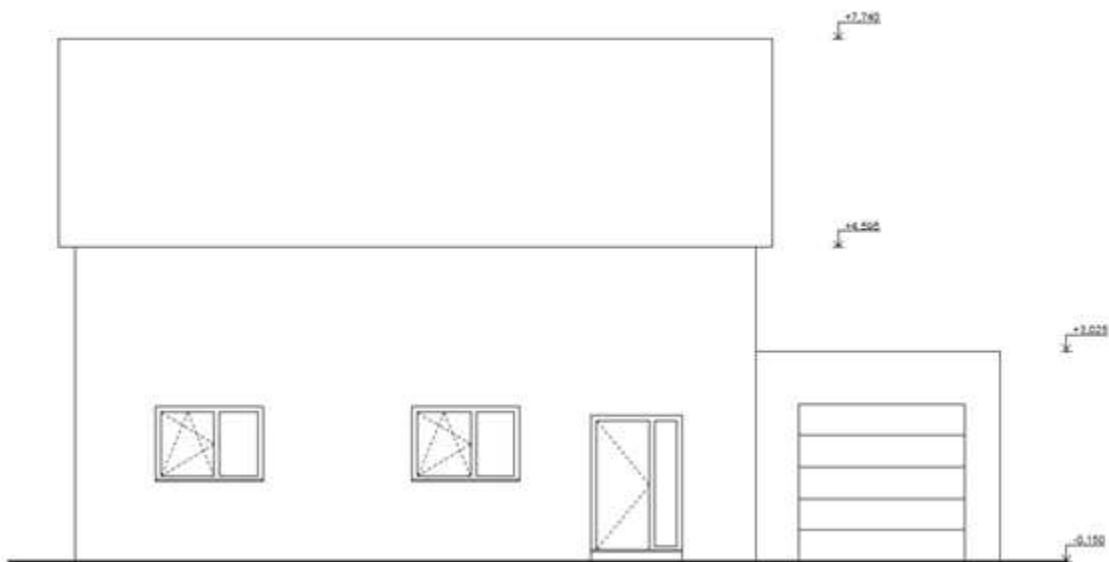
### POHLED SEVERNÍ



# POHLED ZÁPADNÍ



# POHLED VÝCHODNÍ



## 8.5 Příloha č. 5 – Výpočet součinitele prostupu tepla u klasického domu

Klasický dům - podlaha nad zemínou						
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 08 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???						
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???						
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} = 0,17$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 18,55$ °C ???						
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
interiér	1. anhydrit	0,06	1,1	$R_1 = 0,055$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = 17,76$ °C ???
	2. EPS DEKPERIMETER	0,08	0,04	$R_2 = 2$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = -11,09$ °C ???
	3. ŽB deska	0,1	1,58	$R_3 = 0,063$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = -12$ °C ???
exteriér	4.	0,000	0,000	$R_4 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -$ °C ???
	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$ °C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$ °C ???
		$\Sigma d = 0,24$	m	$R_N = 2,12$	m <sup>2</sup> K/W ???	
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???						
Součinitel prostupu tepla $U = 0,44$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 2,29$ m <sup>2</sup> K/W ???						

Klasický dům - obvodové zdivo						
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 08 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???						
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???						
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 21$ °C ???						
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
interiér	1. Porotherm 44 Profi DRYFIX	0,44	0,115	$R_1 = 3,826$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = -12$ °C ???
	2.	0,000	0,000	$R_2 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = -$ °C ???
exteriér	3.	0,000	0,000	$R_3 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = -$ °C ???
	4.	0,000	0,000	$R_4 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -$ °C ???
	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$ °C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$ °C ???
		$\Sigma d = 0,44$	m	$R_N = 3,83$	m <sup>2</sup> K/W ???	
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???						
Součinitel prostupu tepla $U = 0,26$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 3,83$ m <sup>2</sup> K/W ???						

Klasický dům - střecha						
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 08 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???						
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???						
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 20,28$ °C ???						
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
interiér	1. tepelná izolace DEKWOOL	0,17	0,043	$R_1 = 3,953$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = -8,03$ °C ???
	2. DHF deska	0,02	0,13	$R_2 = 0,154$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = -9,14$ °C ???
exteriér	3. Vzduchová mezera	0,000	0,000	$R_3 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = -$ °C ???
	4.	0,000	0,000	$R_4 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -$ °C ???
	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$ °C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$ °C ???
		$\Sigma d = 0,19$	m	$R_N = 4,11$	m <sup>2</sup> K/W ???	
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???						
Součinitel prostupu tepla $U = 0,22$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 4,61$ m <sup>2</sup> K/W ???						

## 8.6 Příloha č. 6 – Výpočet součinitele prostupu tepla u pasivního domu

Pasivní dům - podlaha							
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???							
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???							
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 21$ °C ???							
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]				
interiér	1. anhydrit	0,05	1,1	$R_1 = 0,045$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = 20,79$	°C ???
	2. ŽB deska	0,3	1,58	$R_2 = 0,19$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = 19,89$	°C ???
	3. betonová mazanina	0,1	1,25	$R_3 = 0,08$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = 19,51$	°C ???
	4. pánsklo	0,4	0,06	$R_4 = 6,667$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -12$	°C ???
exteriér	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$	°C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$	°C ???
		$\Sigma d = 0,85$	m	$R_N = 6,98$	m <sup>2</sup> K/W ???		
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???							
Součinitel prostupu tepla $U = 0,14$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 6,98$ m <sup>2</sup> K/W ???							

Pasivní dům - obvodová zeď							
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???							
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???							
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 21$ °C ???							
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]				
interiér	1. zdivo Kalksandstein 7 DF/200	0,2	0,38	$R_1 = 0,526$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = 19,25$	°C ???
	2. zateplení EXTRAPOR 70F	0,3	0,032	$R_2 = 9,375$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = -12$	°C ???
exteriér	3.	0,000	0,000	$R_3 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = -$	°C ???
	4.	0,000	0,000	$R_4 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -$	°C ???
	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$	°C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$	°C ???
		$\Sigma d = 0,5$	m	$R_N = 9,9$	m <sup>2</sup> K/W ???		
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???							
Součinitel prostupu tepla $U = 0,1$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 9,9$ m <sup>2</sup> K/W ???							

Pasivní dům - střecha							
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i = 20$ °C ???							
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$ ) $t_{ap} = 21$ °C ???							
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_{s,i,0} = 21$ °C ???							
	Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]				
interiér	1. tepelná izolace Canabest	0,1	0,042	$R_1 = 2,381$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,1} = 14,91$	°C ???
	2. OSB deska	0,015	0,13	$R_2 = 0,115$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,2} = 14,62$	°C ???
exteriér	3. foukaná izolace ISOCELL	0,4	0,039	$R_3 = 10,256$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,3} = -11,82$	°C ???
	4. DHF deska	0,015	0,1	$R_4 = 0,15$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,4} = -12$	°C ???
	5.	0,000	0,000	$R_5 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,5} = -$	°C ???
	6.	0,000	0,000	$R_6 = -$	m <sup>2</sup> K/W	$t_{s,6} = -$	°C ???
		$\Sigma d = 0,53$	m	$R_N = 12,9$	m <sup>2</sup> K/W ???		
<input type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ m <sup>2</sup> K/W ??? $t_e = -12$ °C ???							
Součinitel prostupu tepla $U = 0,08$ W/m <sup>2</sup> K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 12,9$ m <sup>2</sup> K/W ???							

## 8.7 Příloha č. 7 – Rekapitulace rozpočtu klasického domu

### REKAPITULACE ROZPOČTU

Stavba: Klasický dům

Objekt:

Část:

JKSO:

Objednatel:

Zhotovitel:

Datum:

Kód	Popis	Cena celkem
1	2	3
<b>HSV</b>	<b>Práce a dodávky HSV</b>	<b>1 472 807,96</b>
1	Zemní práce	71 003,75
2	Zakládání	218 722,59
3	Svislé a kompletní konstrukce	394 568,28
4	Vodorovné konstrukce	270 889,98
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	384 468,35
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	133 155,01
<b>99</b>	<b>Přesun hmot</b>	<b>78 902,61</b>
<b>PSV</b>	<b>Práce a dodávky PSV</b>	<b>2 233 239,51</b>
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	91 669,83
713	Izolace tepelné	420 941,96
<b>720</b>	<b>Vnitřní zdravotnické instalace</b>	<b>156 500,00</b>
<b>730</b>	<b>Ústřední vytápění</b>	<b>173 500,00</b>
762	Konstrukce tesařské	339 757,14
763	Konstrukce montované z desek, dílců a panelů	103 073,61
764	Konstrukce klempířské	24 827,11
765	Konstrukce pokrývačské	149 469,70
766	Konstrukce truhlářské	899 076,18
771	Podlahy z dlaždic	25 118,55
775	Podlahy skládané (parkety, vlisy, lamely aj.)	115 264,09
781	Dokončovací práce - obklady keramické	47 684,74
783	Dokončovací práce - nátěry	4 855,76
784	Dokončovací práce - malby	11 500,84
<b>M</b>	<b>Práce a dodávky M</b>	<b>269 113,00</b>
21-M	Elektromontáže	89 100,00
	<b><u>Celkem</u></b>	<b><u>3 975 160,47</u></b>

## 8.8 Příloha č. 8 – Rekapitulace rozpočtu pasivního domu

<b>REKAPITULACE ROZPOČTU</b>		
Stavba: Pasivní dům		
Objekt:		
Část:		
JKSO:		
Objednatel:		
Zhotovitel:		
Datum:		
Kód	Popis	Cena celkem
1	2	3
<b>HSV</b>	<b>Práce a dodávky HSV</b>	<b>1 836 794,81</b>
1	Zemní práce	71 003,75
2	Zakládání	218 722,59
3	Svislé a kompletní konstrukce	361 395,12
4	Vodorovné konstrukce	270 889,98
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	777 918,48
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	136 864,89
<b>99</b>	<b>Přesun hmot</b>	<b>78 902,61</b>
<b>PSV</b>	<b>Práce a dodávky PSV</b>	<b>2 287 786,48</b>
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	91 669,83
713	Izolace tepelné	447 020,93
<b>720</b>	<b>Vnitřní zdravotnické instalace</b>	<b>156 500,00</b>
<b>730</b>	<b>Ústřední vytápění</b>	<b>173 500,00</b>
762	Konstrukce tesařské	339 757,14
763	Konstrukce montované z desek, dílců a panelů	103 073,61
764	Konstrukce klempířské	24 827,11
765	Konstrukce pokrývačské	149 469,70
766	Konstrukce truhlářské	927 544,18
771	Podlahy z dlaždic	25 118,55
775	Podlahy skládané (parkety, vlysy, lamely aj.)	115 264,09
781	Dokončovací práce - obklady keramické	47 684,74
783	Dokončovací práce - nátěry	4 855,76
784	Dokončovací práce - malby	11 500,84
<b>M</b>	<b>Práce a dodávky M</b>	<b>427 100,00</b>
21-M	Elektromontáže	89 100,00
23-M	Tepelné čerpadlo	202 000,00
24-M	Montáže vzduchotechnických zařízení	136 000,00
	<b><u>Celkem</u></b>	<b><u>4 551 681,29</u></b>

## 8.9 Příloha č. 9 – Roční náklady na vytápění u klasického domu

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 92,7 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla Kč/GJ Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
<b>Hnědé uhlí (18 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	3,55 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,29	9364 kg	33241,-
<b>Černé uhlí (23,1 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	5,10 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,45	7298 kg	37211,-
<b>Koks (27,5 MJ/kg)</b>	8,50 /kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,79	5437 kg	46214,-
<b>Dřevo (14,8 MJ/kg)</b>	3,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,99	8468 kg	25397,-
<b>Dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)</b>	4,80 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,36	7271 kg	34899,-
<b>Dřevěné pelety (17,0 MJ/kg)</b> <small>ceny</small>	5,20 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	1,3	6415 kg	33359,-
<b>Štěpka (12,5 MJ/kg)</b>	2,50 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,9	9270 kg	23175,-
<b>Rostlinné pelety (16 MJ/kg)</b>	3,65 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,91	8438 kg	23497,-
<b>Obilí (18 MJ/kg)</b>	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	8059 kg	19388,-
<b>Zemní plyn</b> <small>(spalné teplo 37,82 MJ/m<sup>3</sup>) <small>ceny</small></small> Dodavatel: E.ON Spotřeba plynu: 40000 - 45000 kWh /rok	1,18561 /kWh <small>vztahena ke spalnému tepleu ???</small> 12,46 Kč/m <sup>3</sup> + 608,48 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) <small>účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???</small>	1,76	32122 kWh 3059 m <sup>3</sup>	45403,-
<b>Propan (48,4 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	28 /kg	Kotel běžný (89%)	2,44	2245 kg	62854,-
<b>Lehký topný olej ELTO</b> (42 MJ/kg) <small>ceny</small>	28 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	2,7	2480 kg	69438,-
<b>Elektrina akumulace</b> <small>ceny a tarify ???</small> D26d Jistič nad 3x25 A do 3x32 A	417,6 Kč/měsíc + NT: 2,07619 /kWh	S akumulací nádrží (93%)	2,43	27888 kWh	62497,-
<b>Elektrina přímotop</b> <small>ceny a tarify ???</small> D45d Jistič nad 3x20 A do 3x25 A	420 Kč/měsíc + NT: 2,60659 /kWh	Přímotopné panely (98%)	2,88	26276 kWh	73529,-
<b>Tepelné čerpadlo</b> <small>ceny a tarify ???</small> D55d Jistič nad 3x10 A do 3x16 A	135,6 Kč/měsíc + NT: 2,60779 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	0,93	8583 kWh	24011,-
<b>Centrální zásobování teplem</b> <small>ceny</small>	400 /GJ ???	účinnost (98%)	1,47	95 GJ	37837,-

## 8.10 Příloha č. 10 – Roční náklady na vytápění u pasivního domu

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 27,6 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovač zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla Kč/GJ Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
<b>Hnědé uhlí (18 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	3,55 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,29	2788 kg	9897,-
<b>Černé uhlí (23,1 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	5,10 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,45	2172 kg	11079,-
<b>Koks (27,5 MJ/kg)</b>	8,50 /kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,79	1619 kg	13760,-
<b>Dřevo (14,6 MJ/kg)</b>	3,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,99	2521 kg	7562,-
<b>Dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)</b>	4,80 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,36	2165 kg	10391,-
<b>Dřevěné pelety (17,0 MJ/kg)</b> <small>ceny</small>	5,20 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	1,3	1910 kg	9932,-
<b>Štěpka (12,5 MJ/kg)</b>	2,50 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,9	2780 kg	6900,-
<b>Rostlinné pelety (16 MJ/kg)</b>	3,65 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,91	1917 kg	6996,-
<b>Obilí (18 MJ/kg)</b>	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	1804 kg	5773,-
<b>Zemní plyn</b> (spalné teplo 37,82 MJ/m <sup>3</sup> ) <small>ceny</small> Dodavatel: E.ON Spotřeba plynu: 40000 - 45000 kWh /rok	1,18561 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 12,46 Kč/m <sup>3</sup> + 608,48 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) Účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	2,43	9564 kWh 911 m <sup>3</sup>	18646,-
<b>Propan (46,4 MJ/kg)</b> <small>ceny a dodavatelé</small>	28 /kg	Kotel běžný (89%)	2,44	668 kg	18714,-
<b>Lehký topný olej ELTO</b> (42 MJ/kg) <small>ceny</small>	28 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	2,7	738 kg	20674,-
<b>Elektrina akumulace</b> <small>ceny a tarify ???</small> D26d jistič nad 3x25 A do 3x32 A	417,6 Kč/měsíc + NT: 2,07619 /kWh	S akumulační nádrží (93%)	2,89	8244 kWh	22127,-
<b>Elektrina přímotop</b> <small>ceny a tarify ???</small> D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A	420 Kč/měsíc + NT: 2,60659 /kWh	Přímotopné panely (98%)	3,32	7823 kWh	25432,-
<b>Tepelné čerpadlo</b> <small>ceny a tarify ???</small> D55d jistič nad 3x10 A do 3x16 A	135,6 Kč/měsíc + NT: 2,60779 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	1,08	2556 kWh	8291,-
<b>Centrální zásobování teplem</b> <small>ceny</small>	400 /GJ ???	účinnost (98%)	1,47	28 GJ	11265,-