

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

## Technická fakulta

Studijní program: Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologické zařízení staveb



## Moderní metody zateplování budov

Diplomová práce

Vedoucí práce: **prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.**

Diplomant: **Bc. Lukáš Koukl**

PRAHA 2016

## **PROHLÁŠENÍ**

*„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: Moderní metody zateplování budov vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.“*

V Praze dne:.....

.....

podpis autora práce

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Lukáš Koukl

Technologická zařízení staveb

Název práce

**Moderní metody zateplování budov**

Název anglicky

**Modern methods of the thermal insulation of buildings**

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení tepelně technických vlastností budov a možností jejich zlepšení. Zaměřit se především na posouzení předpokládané spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití různých druhů materiálů pro zateplování budov. Uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimní a letní období a navrhnout vhodné způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov v praxi.

### Metodika

- 1) Úvod. Výpočet zimní tepelné bilance
- 2) Moderní materiály používané pro zateplení budov
- 3) Metodika měření základních parametrů tepelné bilance rodinného domu
- 4) Porovnání energetické spotřeby a ekonomické zhodnocení
- 5) Závěr a doporučení pro praxi

## Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

## Klíčová slova

Energie; konstrukce; pohoda prostředí; tepelná izolace

---

## Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Dahlsveen, T.-Petraš, D.-Hirš, J.: Energetický audit budov. Bratislava, 2003, 295 s.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

Kic, P.-Brož, V.: Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí. IVV Mze ČR, 2000, 71 s.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.



---

## Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

## Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

## Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2016

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. P. Kicovi, DrSc. Za odbornou pomoc cenné rady a příspěvky při vypracování této práce. Poděkování patří také doc. Ing. P. Neubergerovi, Ph.D. za propůjčení přístroje Isomet 2104.

V Praze dne:.....

.....

podpis autora práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá zhodnocením tepelně technických vlastností budov a možnostmi jejich zlepšení. Součástí práce je shrnutí jednotlivých druhů materiálů používaných pro výstavbu a zateplení budov s cílem minimalizace tepelných ztrát prostupem. Práce zahrnuje výpočet tepelných ztrát vybraného rodinného domu, varianty řešení zlepšení jeho tepelně technických vlastností a porovnání koncepce řešení s moderní výstavbou. Na závěr práce je provedeno porovnání stávající výstavby s navrhovanými variantami zlepšení.

## **Klíčová slova**

Energie; konstrukce; pohoda prostředí; tepelná izolace

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the evaluation of thermal properties of buildings and their possible improvement. The work includes a summary of the different types of materials used in construction and insulation to minimize heat losses through transmission. Work involves the calculation of heat loss of the house, alternative solutions to improve its thermal properties and compared concept solutions with modern construction. At the end of the work, is performed comparison of the existing building with the proposed alternatives for improvement.

## **Keywords**

Energy, construction, contentment of environment, heat insulation

# 1. Obsah

<b>2. Seznam obrázků</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Seznam tabulek</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Seznam grafů</b> .....	<b>10</b>
<b>5. Seznam použitých veličin</b> .....	<b>11</b>
5.1 Veličiny výpočtu tepelných ztrát .....	11
5.2 Ostatní veličiny .....	13
<b>6. Úvod</b> .....	<b>14</b>
6.1 Výpočet zimní tepelné bilance.....	14
6.1.1 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru .....	16
6.1.1.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla.....	16
6.1.1.2 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí.....	17
6.1.1.3 Tepelné ztráty nevytápěným prostorem.....	18
6.1.1.4 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy .....	20
6.1.1.5 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách .....	21
6.1.1.6 Návrhová tepelná ztráta větráním .....	21
6.1.1.7 Přirozené větrání .....	22
6.1.1.8 Hygienické množství vzduchu .....	23
6.1.1.9 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy .....	24
<b>7. Moderní materiály používané pro zateplení</b> .....	<b>25</b>
7.1 Výplně otvorů.....	25
7.1.1 Ukázky moderních oken .....	25
7.2 Obvodová stěna, střešní konstrukce, podlaha .....	26
7.2.1 Obvodová stěna.....	26
7.2.1.1 Tepelné izolace .....	27
7.2.1.2 Přírodní materiály .....	31
7.2.1.3 Nosné prvky s izolací.....	35
7.2.2 Střešní konstrukce, podlaha .....	36
7.3 Měření součinitele tepelné vodivosti vybraných materiálů .....	37
7.3.1 Přístroj: ISOMET 2104.....	37
7.3.2 Použití .....	37
7.3.3 Měřené veličiny .....	37
7.3.4 Princip měření.....	38
7.3.5 Měřené materiály .....	38
7.3.6 Výsledky měření .....	38
7.3.6.1 1.Měření .....	39
7.3.6.2 2. Měření .....	40
<b>8. Metodika a měření základních parametrů tepelné bilance rodinného domu</b> .....	<b>43</b>
8.1 Rekonstrukce starší stavby.....	43
8.1.1 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu .....	44
8.1.1.1 Podklady pro výpočet .....	45
8.1.1.2 Všeobecné údaje o rodinném domu .....	45
8.1.1.3 Výpočet součinitelů prostupu tepla obálky budovy.....	46
8.1.1.4 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla rodinného domu .....	49
8.1.2 Varianty řešení .....	53
8.1.2.1 VARIANTA I.- Dodatečné zateplení obvodových stěn tepelnou izolací.....	54

8.1.2.2	VARIANTA II.- Dodatečné zateplení obvodových stěn tepelnou izolací s výměnou výplní otvorů .....	58
8.2	<i>Příklad moderní novostavby</i> .....	64
8.2.1	Podklady pro výpočet .....	65
8.2.1.1	Součinitel prostupu tepla .....	67
8.2.2	Obvodová stěna.....	67
8.2.2.1	1PP .....	67
8.2.2.2	1NP .....	69
8.2.2.3	2NP .....	74
8.2.3	Podlaha.....	77
8.2.3.1	1PP .....	77
8.2.3.2	1NP .....	78
8.2.4	Střešní konstrukce.....	79
8.2.4.1	1NP .....	79
8.2.5	Výplně otvorů .....	81
8.2.5.1	1NP .....	82
8.2.5.2	2NP .....	83
<b>9.</b>	<b>Porovnání energetické spotřeby a ekonomické zhodnocení .....</b>	<b>85</b>
9.1	<i>Starší rodinný dům</i> .....	85
9.1.1	Porovnání spotřeb jednotlivých variant .....	86
9.1.1.1	Varianta I. ....	87
9.1.1.2	Varianta II. ....	87
9.2	<i>Nízkoenergetický dům</i> .....	87
<b>10.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>88</b>
<b>11.</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>89</b>
<b>12.</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>92</b>



## 2. Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka moderních oken[11] [12] .....	26
Obr. 2 Foukaná izolace[14].....	27
Obr. 3 Minerální vata[15] .....	28
Obr. 4 Difuzní polystyren[7].....	28
Obr. 5 PUR Izolační pěna.....	29
Obr. 6 PIR Izolační pěna .....	29
Obr. 7 Fenolická pěna[17] .....	30
Obr. 8 Pěnové sklo[18] .....	30
Obr. 9 Vakuová izolace[20].....	31
Obr. 10 Aerovlna/Aerogel[22].....	31
Obr. 11 Konopí[24] .....	32
Obr. 12 Len[29] .....	32
Obr. 13 Dřevovláknitá deska[31] .....	32
Obr. 14 Ovčí vlna[28]] .....	33
Obr. 15 Sláma[27] .....	33
Obr. 16 Kokosové vlákno[29].....	34
Obr. 17 Korek[32] [33] .....	34
Obr. 18 Sendvičové tvárnice[18] .....	35
Obr. 19 Pórobeton[39][36] .....	35
Obr. 20 Pálená cihla s izolací[38].....	36
Obr. 21 Dřevocementové tvárnice[35] .....	36
Obr. 22 Měření přístrojem Isomet 2104 .....	38
Obr. 23 Rodinný dům (zleva) jihovýchodní a jihozápadní pohled [41].....	43
Obr. 24 Nízkoenergetický rodinný dům .....	64

### 3. Seznam tabulek

Tabulka 1 <i>Naměřené hodnoty suchých materiálů</i> .....	39
Tabulka 2 <i>Naměřené hodnoty vlhkých materiálů</i> .....	41
Tabulka 3 <i>Ostatní naměřené veličiny</i> .....	41
Tabulka 4 <i>Základní údaje potřebné k výpočtu tepelných ztrát rodinného domu</i> .....	46
Tabulka 5 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	47
Tabulka 6 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	48
Tabulka 7 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	48
Tabulka 8 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	49
Tabulka 9 <i>Výpočet ztrát vytápěnými prostory</i> .....	50
Tabulka 10 <i>Výpočet ztrát nevytápěnými prostory</i> .....	51
Tabulka 11 <i>Výpočet tepelných ztrát zeminou</i> .....	51
Tabulka 12 <i>Celková tepelná ztráta prostupem</i> .....	52
Tabulka 13 <i>Celková tepelná ztráta větráním</i> .....	52
Tabulka 14 <i>Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru</i> .....	53
Tabulka 15 <i>Celková tepelná ztráta</i> .....	53
Tabulka 16 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	55
Tabulka 17 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	55
Tabulka 18 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	55
Tabulka 19 <i>Výpočet ztrát vytápěnými prostory zatepleného domu</i> .....	56
Tabulka 20 <i>Výpočet ztrát nevytápěnými prostory zatepleného domu</i> .....	57
Tabulka 21 <i>Výpočet tepelných ztrát zeminou zatepleného domu</i> .....	57
Tabulka 22 <i>Celková tepelná ztráta prostupem zatepleného domu</i> .....	57
Tabulka 23 <i>Celková tepelná ztráta větráním zatepleného domu</i> .....	58
Tabulka 24 <i>Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu</i> .....	58
Tabulka 25 <i>Celková tepelná ztráta zatepleného domu</i> .....	58
Tabulka 26 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	59
Tabulka 27 <i>Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše</i> .....	60
Tabulka 28 <i>Výpočet ztrát vytápěnými prostory zatepleného domu</i> .....	61
Tabulka 29 <i>Výpočet ztrát nevytápěnými prostory zatepleného domu s novými okny</i> .....	62
Tabulka 30 <i>Výpočet tepelných ztrát zeminou zatepleného domu s novými okny</i> .....	62
Tabulka 31 <i>Celková tepelná ztráta prostupem zatepleného domu s novými okny</i> .....	62

Tabulka 32 Celková tepelná ztráta větráním zatepleného domu s novými okny .....	63
Tabulka 33 Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu s novými okny ....	63
Tabulka 34 Celková tepelná ztráta zatepleného domu s novými okny .....	63
Tabulka 35 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ30, OZ31, OZ32, OZ32' .....	69
Tabulka 36 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ12, OZ13 .....	70
Tabulka 37 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby, OZ14, OZ15, OZ16, OZ16', OZ17, OZ17', OZ18, OZ19, OZ21 .....	73
Tabulka 38 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ01, OZ02, OZ04, OZ05 .....	76
Tabulka 39 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ03, OZ06 .....	77
Tabulka 40 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby P1, P2 .....	78
Tabulka 41 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu P4 .....	78
Tabulka 42 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu P8 .....	79
Tabulka 43 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS05 .....	79
Tabulka 44 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS01 .....	80
Tabulka 45 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu BSS02 .....	80
Tabulka 46 Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS10 .....	81
Tabulka 47 Součinitel prostupu tepla celého okna F07 .....	82
Tabulka 48 Součinitel prostupu tepla celého okna F08 .....	82
Tabulka 49 Součinitel prostupu tepla celého okna F09 .....	82
Tabulka 50 Součinitel prostupu tepla celého okna F10 .....	82
Tabulka 51 Součinitel prostupu tepla celého okna F11 .....	82
Tabulka 52 Součinitel prostupu tepla celého okna F12 .....	82
Tabulka 53 Součinitel prostupu tepla celého okna F13 .....	83
Tabulka 54 Součinitel prostupu tepla celého okna F14 .....	83
Tabulka 55 Součinitel prostupu tepla celého okna F16 .....	83
Tabulka 56 Součinitel prostupu tepla celého okna F17 .....	83
Tabulka 57 Součinitel prostupu tepla celého okna F01 .....	83
Tabulka 58 Součinitel prostupu tepla celého okna F02 .....	83

Tabulka 59 <i>Součinitel prostupu tepla celého okna F03</i> .....	84
Tabulka 60 <i>Součinitel prostupu tepla celého okna F04</i> .....	84
Tabulka 61 <i>Součinitel prostupu tepla celého okna F05</i> .....	84
Tabulka 62 <i>Součinitel prostupu tepla celého okna F06</i> .....	84
Tabulka 63 <i>Výsledné tepelné ztráty</i> .....	85
Tabulka 64 <i>Přehled historických spotřeb plynu rodinného domu</i> .....	86

#### **4. Seznam grafů**

Graf 1 <i>Porovnání uváděných a naměřených hodnot</i> .....	40
Graf 2 <i>Porovnání změřených hodnot suchého a vlhkého materiálu</i> .....	42
Graf 3 <i>Vypočtené tepelné ztráty rodinného domu</i> .....	86

## 5. Seznam použitých veličin

### 5.1 Veličiny výpočtu tepelných ztrát

Označení	Název veličiny	Jednotky
$\Phi_l$	Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru	[W]
$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	[W]
$\Phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru	[W]
$H_{T,ie}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostředí do vnějšího prostředí	[W/K]
$H_{T,iue}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem	[W/K]
$H_{T,ig}$	Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy	[W/K]
$H_{T,ij}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu	[W/K]
$\theta_{\text{int},i}$	Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	[°C]
$\theta_e$	Výpočtová venkovní teplota	[°C]
$A_k$	Plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ]
$e_k$	Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům	[-]
$e_i$	Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům	[-]
$U_k$	Součinitel prostupu tepla stavební částí	[W/m <sup>2</sup> .K]
$l_l$	Délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostředím,	[m]
$\Psi_l$	Součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu	[W/m.K]
$b_u$	Teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty.	[-]
$\theta_u$	Teplota nevytápěného prostoru	[°C]

$H_{iu}$	Součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem a nevytápěným prostorem	[W/m.K]
$H_{ue}$	Součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí	[W/m.K]
$f_{g1}$	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty	[-]
$f_{g2}$	Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi průměrnou roční teplotou a výpočtovou venkovní teplotou	[-]
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části	[W/m <sup>2</sup> .K]
$G_w$	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
$B'$	Charakteristický parametr budovy	[m]
$A_g$	Plocha uvažované podlahové konstrukce v metrech čtverečních	[m <sup>2</sup> ]
$P$	Obvod uvažované podlahové konstrukce	[m]
$H_{V,i}$	Součinitel navrhované tepelné ztráty větráním	
$\dot{V}_i$	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru	[m <sup>3</sup> /s]
$\rho$	Hustota vzduchu	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_p$	Měrná tepelná kapacita vzduchu	[kJ/kg.K]
$\dot{V}_{min,i}$	Minimální množství vzduchu ve vytápěné místnosti	[m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_{inf,i}$	Množství vzduchu infiltrací vytápěného prostoru	[m <sup>3</sup> /h]
$n_{min}$	Minimální intenzita výměny vzduchu	[h <sup>-1</sup> ]
$V_i$	objem vytápěné místnosti vypočtených vnitřních rozměrů.	[m <sup>3</sup> ]
$n_{50}$	intenzita výměny vzduchu za hodinu	[h <sup>-1</sup> ]
$e_i$	stínící činitel	[-]
$\varepsilon_i$	výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země.	[-]

## 5.2 Ostatní veličiny

$U_w$	Celková hodnota tepelné prostupnosti okna	[W/m <sup>2</sup> .K]
$U_g$	Hodnota tepelné prostupnosti zasklením	[W/m <sup>2</sup> .K]
$U_f$	Hodnota tepelné prostupnosti rámem	[W/m <sup>2</sup> .K]
$R_T$	Odpor při prostupu tepla konstrukce	[m <sup>2</sup> .K /W]
$R_{si}$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[m <sup>2</sup> .K /W]
$R_{se}$	Tepelný odpor přestupu tepla na vnější straně konstrukce	[m <sup>2</sup> .K /W]
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m.K]

## 6. Úvod

Cílem diplomové práce je poukázat na možnosti zlepšení tepelné pohody prostředí a ušetření nákladů určených na vytápění v budovách, ve kterých většina z nás stráví velkou část svého života.

Úvod se věnuje podrobnému postupu výpočtu tepelných ztrát obálky budovy s ohledem na tepelné ztráty větráním i tepelnými mosty.

Druhá část byla věnována výčtu materiálů používaných pro zlepšení tepelně izolačních vlastností budovy, oken, výplní otvorů a nosných prvků vyrobených z materiálů pomáhajících svým složením a vlastnostmi omezit tloušťky izolací a tím ušetřit na zastavěné ploše. V závěru kapitoly proběhlo měření vybraných materiálů tepelných izolací pomocí přístroje Isomet 2104.

Další kapitola byla určena výpočtu tepelných ztrát konkrétního rodinného domu. Následujícím krokem bylo navrhnouti dvou variant pro zlepšení celkových ztrát prostupem v podobě dodatečné aplikace tepelných izolací do skladby obvodové stěny a nahrazení výplní otvorů. Příkladem moderní stavby se všemi aspekty téměř soběstačného rodinného domu s detailním řešením obálky budovy se věnuje závěr této kapitoly.

Poslední bod diplomové práce poukazuje na možnosti ušetření ročních nákladů na vytápění rodinného domu při porovnání variant se stávajícím stavem budovy.

### 6.1 Výpočet zimní tepelné bilance

Nacházíme se v době zásadního přerodu stavební sféry. Navrhování, výstavba a provoz budov budou čím dál tím více ovlivňovány environmentálními požadavky. Důsledky globální změny klimatu, omezenost přírodních zdrojů a neustálý nárůst jejich cen vyvolávají tlak na efektivnější využívání surovin inovativních konceptů a šetrných technologií. Pokud chceme i nadále udržitelným způsobem zabezpečit přiměřené hospodářské, společenské a sociální podmínky života, musíme v mnohem větší míře uplatňovat uvědomělejší přístup životnímu prostředí. Je třeba vyvíjet a realizovat takové koncepty budov, které zajistí vyšší uživatelský standard při nižších provozních nákladech.

[5]

Energetická efektivnost se stala jedním z nejaktuálnějších témat současnosti. Je téměř neuvěřitelné, že již dnes lze bydlet v budovách, které ušetří až 90% nákladů na



vytápění ve srovnání s běžnými novostavbami a přitom nevyžadují letní klimatizaci a poskytují nesrovnatelně vyšší komfort bydlení v průběhu celého roku. Energeticky efektivní dům je synonymem komfortního bydlení bez standardního vytápění, v němž je uživatel osvobozen od sálání chladu v zimě, horka v létě, škodlivého vnitřního klimatu a vysokých účtů za jeho provoz. Takové bydlení přitom lze pořídit za téměř stejné investiční náklady i jako za běžnou novostavbu. [5]

Energeticky efektivní dům znamená především úsporné a zdravé bydlení bez teplotních výkyvů, bez zatěžování škodlivinami a pocitu průvanu. Kromě extrémně nízkých nároků na celoroční temperování prostorů může být využitím inovativních technologií dosaženo i nízké spotřeby energie na přípravu teplé vody, provoz elektrospotřebičů a také úspory spotřeby stále vzácnější pitné vody. Cílevědomým výběrem obnovitelných materiálů a šetrných stavebních komponentů lze nepřímou redukovat negativní environmentální zátěž spojenou s výstavbou objektu, jeho údržbou, renovací nebo likvidací. Energeticky efektivní dům je potřeba vnímat nejen jako prostředek efektivního zhodnocování investic, ale hlavně jako významný koncept udržitelného stavebnictví. [5] [4]

Energetickou náročností budovy rozumíme vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, větrání, chlazení, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení. [8]

Energetická bilance podle ČSN EN ISO 13790 obsahuje následující položky:

- Ztráty prostupem tepla a větráním mezi nevytápěným prostorem a venkovním prostorem
- Ztráty prostupem tepla a větráním a tepelné zisky ze sousedních zón
- Užitečné vnitřní tepelné zisky
- Solární tepelné zisky
- Ztráty při výrobě a distribuci, emisní ztráty a ztráty a ztráty regulací vytápěného systému
- Vstup energie do otopné soustavy

Pro účely diplomové práce se budeme zabývat jen energií potřebnou pro pokrytí tepelných ztrát budovy v zimním období. Výpočet součinitele tepelné ztráty vychází z normy ČSN EN 12831[8] [2] [9] [10]

### 6.1.1 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

Výpočet tepelné ztráty může být stanoven pro vytápěný prostor v samostatně užívané části budovy a pro budovy jako celek a slouží pro návrh otopné plochy, výměníku tepla, topného zdroje atd. [2] [9] [10]

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i),  $\Phi_l$  se vypočítá z rovnice [2] [9] [10]

$$\Phi_l = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

[2] [9] [10]

kde:

$\Phi_{T,i}$  je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) ve wattech (W)

$\Phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) ve wattech (W)

#### 6.1.1.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Součinitel tepelné ztráty  $\Phi_{T,i}$  se stanoví ze vztahu: [2] [9] [10]

$$\Phi_{T,i} = (H_{ti,e} H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (1.2)$$

[2] [9] [10]

Kde

$H_{T,ie}$  je součinitel tepelné ztráty z vytápěného (i) prostředí do vnějšího (e) prostředí ve wattech na Kelvin, (W/K);

$H_{T,iue}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) ve wattech na Kelvin (W/K);

$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy ve wattech na Kelvin (W/K);
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu ve wattech na Kelvin (W/K);
$\theta_{int,i}$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních Celsia (°C);
$\theta_e$	výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia (°C) [2] [9] [10]

### 6.1.1.2 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného (i) do vnějšího (e) prostředí  $H_{T,ie}$  zahrnuje všechny stavební části a lineární tepelné mosty, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna.  $H_{T,ie}$  se vypočítá: [2] [9] [10]

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \Psi_l l_l e_i \quad [\text{W/K}] \quad (1.3)$$

[2] [9] [10]

kde:

$A_k$  je plocha stavební části (k), (m<sup>2</sup>)

$e_k, e_i$  korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota. pokud tyto vlivy nebyly uvažovány při stanovení hodnot (EN ISO 6946). Základní hodnota pro korekční součinitele  $e_k$  a  $e_i$  je 1,0

$U_k$  součinitel prostupu tepla stavební částí (k) (W/m<sup>2</sup>.K), vypočítané podle:

– EN ISO 6946 (pro neprůsvitné stavební části)

- EN ISO 10077-1 (pro okna a dveře)
- Nebo z údajů uvedených v Evropských technických schváleních

$l_l$  délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím, (m)

$\Psi_l$  součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l), (W/m.K).  $\Psi_l$  se stanoví jedním ze dvou dále uvedených postupů:

- pro hrubé stanovení se užijí tabelární hodnoty uvedené v EN ISO 14683
- nebo se vypočtou podle EN ISO 10211-2

Tabelární hodnoty  $\Psi_l$  v EN ISO 14683 jsou stanoveny pro výpočtový postup uvažující celou budovu a ne pro postup výpočtu místnost po místnosti.

V tomto výpočtu se neuvažují nelineární tepelné mosty.

Tabelární hodnoty  $\Psi_l$  jsou obsaženy v Tabulce P.2 v seznamu příloh [2] [9] [10]

### 6.1.1.3 Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Je-li mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím (e) nevytápěný prostor (u), návrhový součinitel tepelné ztráty prostupem tepla  $H_{T,iue}$  z vytápěného prostoru do venkovního prostředí se vypočte: [2] [9] [10]

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k U_k b_u + \sum_l \Psi_l l_l b_u \quad [\text{W/K}] \quad (1.4)$$

[2] [9] [10]

kde:

$b_u$  je teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty.

Teplotní redukční činitel  $b_u$  se může stanovit z následujících tří postupů:

a) je-li teplota nevytápěného prostoru  $\theta_u$  stanoven nebo navržena podle návrhových podmínek, je  $b_u$  :

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-] \quad (1.5)$$

[2] [9] [10]

b) bude-li  $\theta_u$  neznámá, vypočte se  $b_u$  jako:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}} \quad [-] \quad (1.6)$$

[2] [9] [10]

kde:

$H_{iu}$  je součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem (i) a nevytápěným prostorem (u) ve wattech na Kelvin (W/K), přičemž se zohledňují:

- tepelné ztráty prostupem (z vytápěného prostoru do nevytápěného prostoru);
- tepelné ztráty větráním (výměna vzduchu mezi vytápěným a nevytápěným prostorem);

$H_{ue}$  součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru (u) do venkovního prostředí (e) ve wattech na Kelvin (W/K), přičemž se zohledňují:

- tepelné ztráty prostupem (do venkovního prostředí a do přilehlé zeminy);
- tepelné ztráty větráním (mezi nevytápěným a venkovním prostředím)

c) redukční činitel  $b_u$  se pro každý případ stanoví podle Tabulky P.1 v seznamu příloh [2] [9] [10]

#### 6.1.1.4 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Tepelné ztráty podlahami a základovými stěnami a přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou závisí na více činitelích. Zahrnují plochu a obvod podlahové desky, hloubku podzemního podlaží pod úrovní zeminy, tepelné vlastnosti zeminy. [2] [9] [10]

Norma stanovuje tepelné ztráty do zeminy výpočtem podle EN ISO 13370:

- podrobným výpočtem
- nebo zjednodušeným dále popsaným výpočtem

Hodnota tepelné ztráty prostupem tepla do zeminy v ustáleném stavu  $H_{T,ig}$  z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) se vypočte z rovnice: [2] [9] [10]

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \left( \sum_k A_k U_{equiv,k} \right) G_w \quad [\text{W/K}] \quad (1.7)$$

[2] [9] [10]

kde:

$f_{g1}$  je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty.

Použije se hodnota  $f_{g1} = 1,45$

$f_{g2}$  teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi průměrnou roční teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví jako:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (1.8)$$

[2] [9] [10]

$A_k$  plocha stavební části (k), které se dotýkají zeminy v metrech čtverečních ( $\text{m}^2$ );

$U_{equiv,k}$  ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ), stanovený podle typologie podlahy v Tabulce P.3 a P.4 v seznamu příloh

$G_w$  korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento vliv se musí uvažovat, je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží (podlahové desky) menší než 1 m  $G_w = 1,2$ . V jiných případech uvažuje s  $G_w = 1,0$  [2] [9] [10]

Obrázky a tabulky poskytující hodnoty  $U_{equiv,k}$  pro potřebnou typologii rodinného domu jsou uvedeny v Tabulce P.3 a P.4 v seznamu příloh.

Typologie podlah podle EN ISO 13370 jsou závislé na U hodnotě stavebních částí a charakteristického parametru budovy  $B'$ . [2] [9] [10]

Charakteristický parametr budovy  $B'$  se stanoví:

$$B' = \frac{A_g}{0,5P} \quad [\text{m}] \quad (1.9)$$

[2] [9] [10]

kde:

$A_g$  je plocha uvažované podlahové konstrukce v metrech čtverečních ( $\text{m}^2$ )

$P$  obvod uvažované podlahové konstrukce v metrech (m). Hodnota  $P$  pro budovu je celkový obvod budovy. [2] [9] [10]

#### **6.1.1.5 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách**

Pro účely diplomové práce s tepelnou ztrátou do nebo z vytápěných prostor při různých teplotách neuvažuje.

#### **6.1.1.6 Návrhová tepelná ztráta větráním**

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$  pro vytápěný prostor (i) se vypočte: [2] [9] [10]

$$\Phi_{T,i} = H_{V,i} (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (1.10)$$

[2] [9] [10]

kde:

$H_{V,i}$  je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním ve wattech na Kelvin (W/K)

$\theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních Celsia (°C)

$\theta_e$  výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia (°C)

Součinitel navrhované tepelné ztráty větráním  $H_{V,i}$  vytápěného prostoru (i) se vypočte: [2] [9] [10]

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \rho c_p \quad [\text{W/K}] \quad (1.11)$$

[2] [9] [10]

kde :

$\dot{V}_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) v metrech krychlových za vteřinu (m<sup>3</sup>/s )

$\rho$  hustota vzduchu při  $\theta_{int,i}$  v kilogramech na metr krychlový (kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  měrná tepelná kapacita vzduchu při  $\theta_{int,i}$  v kilojoulech na kilogram a Kelvin (kJ/kg.K) [2] [9] [10]

Při předpokladu konstantního  $\rho$  a  $c_p$  se rovnice (1.9) zjednoduší:

$$H_{V,i} = 0,34 \dot{V}_i \quad [\text{W/K}] \quad (1.12)$$

[2] [9] [10]

kde  $\dot{V}_i$  je nyní vyjádřena v metrech krychlových za hodinu (m<sup>3</sup>/h )

Poznámka: Pro výpočty uvažujeme rovnici (1.10)

### 6.1.1.7 Přirozené větrání

Není - li instalována větrací soustava, předpokládá se, že přiváděný vzduch má vlastnosti venkovního vzduchu. Tepelná ztráta je úměrná rozdílu teplot vnitřní výpočtové teploty a venkovní teploty.



Hodnota výměny vzduchu vytápěného prostoru (i) pro výpočet návrhové součinitele tepelné ztráty je maximum výměny vzduchu infiltrací  $\dot{V}_{inf,i}$ , spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměna vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$  požadovaná z hygienických důvodů. [2] [9] [10]

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (1.13)$$

[2] [9] [10]

kde:

$\dot{V}_{inf,i}$  je hodnota je stanovena podle kapitoly 1.1.8

$\dot{V}_{min,i}$  hodnota je stanovena podle kapitoly 1.1.9

#### **6.1.1.8 Hygienické množství vzduchu**

Minimální množství vzduchu se požaduje z hygienických důvodů. Nejsou-li dostupné národní údaje, minimální množství vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$  ve vytápěné místnosti (i) se může stanovit podle: [2] [9] [10]

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (1.14)$$

[2] [9] [10]

kde:

$n_{min}$  je minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu (h-1)

$V_i$  objem vytápěné místnosti (i) v metrech krychlových (m<sup>3</sup>) vypočtených vnitřních rozměrů.

Minimální intenzita výměny vzduchu  $n_{min}$  se stanoví podle Tabulky P.5 v seznamu příloh.

Výměny vzduchu uvedené v Tabulce P.5 vycházejí z vnitřních rozměrů. Použijí-li se při výpočtu vnější rozměry, intenzita výměny vzduchu uvedená v Tabulce P.5 se vynásobí podílem vnitřního a vnějšího objemu prostoru (přibližná základní hodnota podílu je 0,8). [2] [9] [10]

### 6.1.1.9 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

Množství vzduchu infilrací  $\dot{V}_{inf,i}$  vytápěného prostoru (i), způsobené větrem a účinkem vztlaaku na plášť budovy, se může vypočítat podle: [2] [9] [10]

$$\dot{V}_{inf,i} = 2V_i n_{50} e_i \mathcal{E}_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (1.15)$$

[2] [9] [10]

kde:

$n_{50}$  je intenzita výměny vzduchu za hodinu (h<sup>-1</sup>) při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu;

$e_i$  stínící činitel

$\mathcal{E}_i$  výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země.

V rovnici (1.12) je zaveden činitel 2, protože hodnota  $n_{50}$  je dána pro celou budovu. Výpočet musí uvažovat nejhorší případ, kdy všechen infiltrovaný vzduch vstupuje na jedné straně budovy.

Hodnota  $\dot{V}_{inf,i}$  musí být rovna nebo větší než 0. Hodnoty pro  $n_{50}$  jsou uvedeny v Tabulce P.6 v seznamu příloh. Hodnoty pro stínící součinitel  $e_i$  a výškový korekční činitel  $\mathcal{E}_i$  jsou uvedeny v Tabulce P.7 a P.8 v seznamu příloh. [2] [9] [10]

## 7. Moderní materiály používané pro zateplení

Technologie v oblasti zateplení se posunula výrazně dopředu a v dnešní době najdeme materiály, dosahující součinitele tepelné vodivosti až k hodnotám 0,009 W/m K. V oblasti, kterou se v diplomové práci zabýváme, se jedná především o materiály sloužící obálce budovy k lepší akumulaci tepelné energie vnitřního prostředí. Účelem správná sklady obálky budovy je ochrana před venkovním prostředím, zajištění požadovaného mikroklimatu ze zdravotního hlediska a zajištění optimální pohody prostředí.

Obálku budovy můžeme rozdělit do 4 kategorií

- výplň otvorů
- obvodová stěna
- podlaha
- střešní konstrukce

### 7.1 Výplně otvorů

První okna sloužila jako okrasný prvek katedrál a měla zajistit přívod světla do uzavřených místností. Dalším stupněm vývoje oken byla jednoduchá okna s dřevěným rámem. Postupem času se pro větší izolační schopnost začala používat okna špaletová. Jednalo se o dvě okna spojená kovovým pásem a špalda mezi nimi byla omítnuta. Okna se však ještě nedala otvírat. Byla to vlastně jen dvojitá okenní tabule pevně zabudovaná do stěny budovy. Později vznikla okna kastlová, která již měla samostatný dřevěný okenní rám, do něhož byla vsazena okenní tabule. Okna již bylo možné otvírat a zavírat. [11]

Průhledné čiré sklo je v oknech od 16. století, kdy se již začal brát zřetel na výhled. Mezera mezi skleněnými tabulemi byla ale příliš široká a mezi okny vznikala cirkulace vzduchu, což mělo vliv na tepelné ztráty. Mezera se proto zúžila a nechala vzniknout oknům, které známe dnes. [11]

#### 7.1.1 Ukázky moderních oken

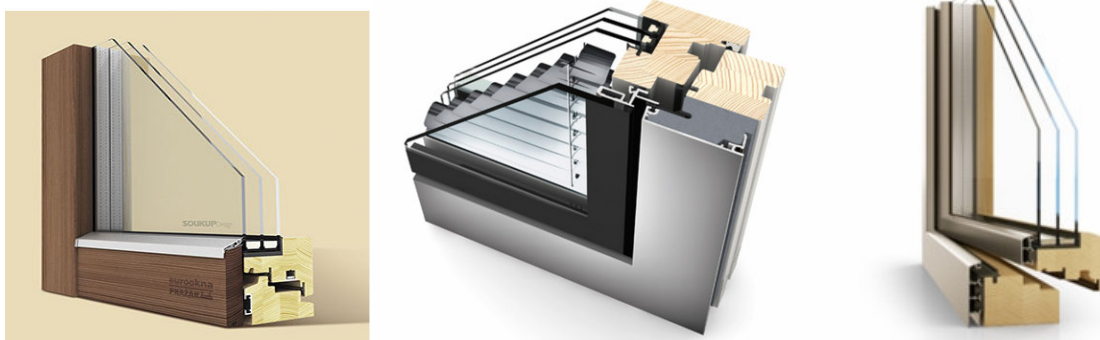
Materiály dnešních oken jsou většinou z plastu nebo ze dřeva jako je smrk, dub, borovice, modřín. Ve výjimečných případech se používá i exotická dřevina merati. Těsnění je komůrkové z trvale plastického silikonového pryže a dřevo má hliníkové krytí. Výplň

tvoří izolační dvojskla nebo trojskla. Mezi skleněnými tabulemi pak najdeme nejčastěji argon. [11]

Dřevěné okno s izolačním trojsklem se součinitele prostupu tepla  $U_w = 0,43 - 1,1$  [ W/m<sup>2</sup> K ] [11]

Závisející na součiniteli prostupu tepla sklem  $U_g$  [ W/m<sup>2</sup> K ] a hodnota tepelné prostupnosti rámem  $U_f$  [ W/m<sup>2</sup> K ] [11]

**Obr. 1** Ukázka moderních oken[11] [12]



## 7.2 Obvodová stěna, střešní konstrukce, podlaha

### 7.2.1 Obvodová stěna

Obvodové pláště rozdělujeme podle jejich plošné hmotnosti na pláště těžké, kde je plošná hmotnost nad 100 kg/m<sup>2</sup> a plošné pláště lehké s plošnou hmotností do 100 kg/m<sup>2</sup>

Podle zmíněného rozdělení jsou uvažovány také základní normované požadavky na tepelně technické vlastnosti. Technické parametry obvodových plášťů jsou stanoveny normovanými požadavky. S postupem času se požadavky staly náročnějšími a přísnějšími s ohledem na zvyšující se ceny energií používaných na zajištění pohody vnitřního prostředí. [13]

Z konstrukčního hlediska se fasádní zateplovací systémy rozdělují do dvou základních skupin: [13]

- jednoplášťové (kontaktní) zateplovací systémy

Jsou to systémy s jednotlivými vrstvami skladby stěny navzájem celoplošně spojenými, mezi nimiž nevzniká větraná vzduchová dutina. [13]

- dvouplášťové (provětrávané) systémy

U těchto systémů je mezi vrstvou tepelné izolace a krycí pohledovou vrstvou umístěna provětrávaná vzduchová vrstva. Povrchová úprava dvouplášťového systému je: [13]

- celistvá – tj. upravena omítkou (tato úprava není k rozeznání od kontaktního zateplovacího systému),
- dělená – povrchová vrstva je tvořena deskami z různých materiálů. [13]

### 7.2.1.1 Tepelné izolace

#### 7.2.1.1.1 Foukaná izolace

**Obr. 2** Foukaná izolace [14]

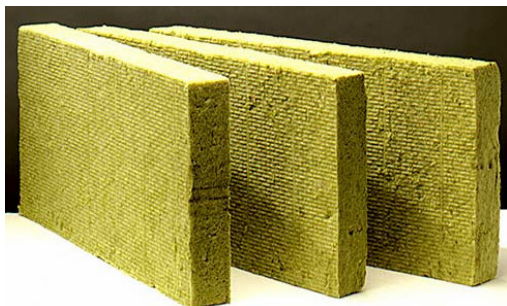


Používaným materiálem je celulóza, která při smíchání s pojivky vytvoří kompaktní vrstvu tepelné izolace. [14]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,038$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.2 Minerální vata, kamenná vata

**Obr. 3** Minerální vata [15]



pojivem. [15]

Pro výrobu minerální vaty se používá písku a skla. Ve většině případů se používá recyklovaných střepek a to až z 80%. Při výrobě vaty kamenné je vstupním materiálem čedič, diabas a vysokopecní struska, které se spojí s recyklátem z minerálních látek a cementem jako

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,031 - 0,039$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.3 Difuzní polystyren

**Obr. 4** Difuzní polystyren [7]



v závislosti na konkrétní aplikaci. Pro menší propustnost materiálu se přidávají vločky grafitu nebo hliníku. [7]

Základní surovinou pro výrobu pěnového polystyrenu je zpěňovatelný polystyren ve formě perlí, obsahujících zpravidla 6–7 % pentanu jako nadouvadla. Tyto perle se vyrábějí suspenzní polymerací monomeru styrenu a jsou dodávány výrobcům pěnového polystyrenu v několika velikostních skupinách od 0,3 do 2,8 mm,

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,040$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.4 PUR Izolační pěna

**Obr. 5** PUR Izolační pěna



Polyuretanová pěna je směs pryskyřice a izokyanátu, při jejichž smíchání pod určitou teplotou a tlakem vznikne směs, ve které nadouvadla vytvoří obrovské množství malých vzduchových bublinek. Směs pomocí nadouvadla expanduje na 50 až 150 násobek svého původního objemu. Aplikovat se může jak litím, tak stříkáním na povrch či do dutin. [16]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,033-0,045$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.5 PIR Izolační pěna

**Obr. 6** PIR Izolační pěna



Materiál je tvořen kombinací uretanových a isokyanurátových vazeb. Jde o velmi podobný materiál jako známější polyuretan (PUR), PIR má ale obecně vyšší pevnost v tlaku (PUR 100 kPa, PIR 170 kPa) a menší tepelnou vodivost. Aplikovat se může jak litím, tak stříkáním na povrch či do dutin. Jelikož pěna na

povrchu ulpívá, přizpůsobí se i složitě tvarovaným povrchům. [7]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,022-0,023$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.6 Fenolická pěna

**Obr. 7** Fenolická pěna[17]



Fenolická pěna se vyrábí napěněním fenolformaldehydových pryskyřic do bloků, které se následně řezou na desky a oboustranně opatřují skelným vláknem či reflexní hliníkovou fólií. Oproti materiálům PUR a PIR má lepší tepelně izolační vlastnosti a reakci na oheň. [7]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,020-0,024$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.7 Pěnové sklo

**Obr. 8** Pěnové sklo[18]



Výrobní technologie spočívá ve zpracování odpadových střepů z obalového skla. To je rozdrčeno na skelnou moučku s velikostí zrna v průměru 80 mikrometrů. Tato sklená moučka je následně smíchána s chemickými činidly, která samotná nepředstavují žádnou ekologickou zátěž pro životní prostředí. Po procesu roztavení

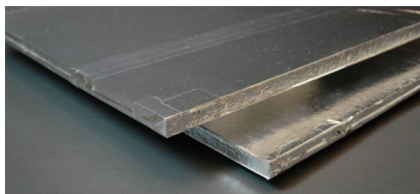
pokračuje řízené tavení při teplotách 800 stupňů Celsia a následné ochlazení. Tím se vytvoří umělé sopečné sklo, pemza, nebo-li pěnové sklo. [19]

Součinitel tepelné vodivosti :  $\lambda = 0,040-0,060$  [ W/m K ]



#### 7.2.1.1.8 Vakuová izolace

**Obr. 9** Vakuová izolace[20]



Panel vakuové izolace je z hmoty zvané pyrogenní kyselina křemičitá, což je vysoce jemně dispergovaný oxid křemičitý, který vzniká plamennou hydrolýzou tetrachlorsilanu při vysokých teplotách do 1500 °C. Hmota má velmi jemnou mikrostrukturu připomínající prostorovou síť s oky o střední velikosti asi 70 nm. Vnější obal vakuového panelu tvoří plast (PE) kvůli pevnosti a neprodyšnosti. Panel se obalí do fólie, která zabraňuje sálání tepla. [20] [21]

Součinitel tepelné vodivosti :  $\lambda = 0,004-0,008$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.1.9 Aerovlna/Aerogel

**Obr. 10** Aerovlna/Aerogel[22]



Aerogel se vyrábí z gelu oxidu křemičitého (SiO<sub>2</sub>) při vysokých tlacích a teplotách s přidáním katalyzátorů. Po odstranění veškeré kapalné složky z gelu vznikne těleso s miliardami skořápek z křemíku, které zaručuje celé struktuře odolnost proti působení tlaku. Celý tento proces se nazývá superkritické vysoušení a jedině během tohoto děje nedojde při sušení křemičitého gelu k deformaci a zhroucení křemíkových skořepin. [21]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,019$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2 **Přírodní materiály**

Trendem dnešní doby je stavba domů ze zdravotně nezávadných materiálů šetrných k životnímu prostředí. Ačkoliv nejsou přírodní materiály ve stavebnictví žádnou novinkou, jejich snadná výroba a vlastnosti zajišťující tepelnou setrvačnost a regulaci vlhkosti přispívají k tomu, že se tyto materiály v moderních stavbách opět používají. [6]

#### 7.2.1.2.1 Konopí

**Obr. 11** Konopí[24]

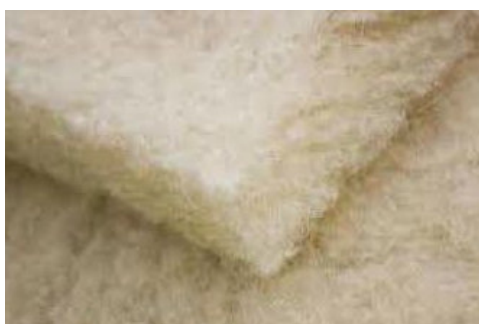


Konopí je nenáročná plodina, odolná proti škůdcům, zlepšuje kvalitu půdy a lze ji pěstovat bez použití hnojiv. Pěstuje se také v našich podmínkách a produkuje velké množství hmoty. Konopné vlákno má dobré izolační vlastnosti a chrání také před hlukem a vibracemi. [6] [23]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,038-0,04$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.2 Len

**Obr. 12** Len[29]



Len setý je domácí, obnovitelná a cenná užitková rostlina používaná jako izolace ve formě desek o různých tloušťkách. [6] [25]

Součinitel tepelné vodivosti:

$\lambda = 0,035 - 0,040$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.3 Dřevovláknitá deska

**Obr. 13** Dřevovláknitá deska[31]



Velkoplošný materiál vyrobený na bázi dřeva. Vyrábí se z vláken dřeva nebo jiných lignocelulóзовých materiálů. Tato vlákna jsou poté za vysoké teploty a tlaku slisována. Pojivo zde tvoří přirozeně se vyskytující pryskyřice přímo v materiálu. V případě, že jsou žádány určité

vlastnosti o lepších parametrech, přidávají se ve výrobě další pojiva. (bitumen, vosk atd.) [6] [25]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,039-0,048$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.4 Ovčí vlna

**Obr. 14** *Ovčí vlna*[28]



Jedná se o živočišný organický materiál, který se díky svým tepelné izolačním vlastnostem a dlouhodobé životnosti používá i ve stavebnictví jako tepelná izolace. Materiál dokáže pojmout velké množství vlhkosti, aniž by se zhoršily jeho tepelné izolační vlastnosti.

[6] [25] [30]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,034-0,049$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.5 Sláma

**Obr. 15** *Sláma*[27]



Slaměné balíky, které budou využity pro zateplení domu, musí mít určité vlastnosti. Její tepelné izolační vlastnosti závisí na objemové hmotnosti balíku. Z hlediska tepelné izolace je optimální, aby byla objemová hmotnost kolem 90 kg/m<sup>3</sup>. Sláma by měla obsahovat jen málo organických zbytků. Pro prevenci růstu plísní a hub nesmí vlhkost balíků překročit 20%. [6] [26]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,044$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.6 Kokosové vlákno

**Obr. 16** Kokosové vlákno[29]



nerovný vzor s cílem udržet desky prodyšné. [6] [29]

Corkoco je zvukové a tepelné izolační deska vyráběná slepením korkové a kokosový dřevovláknitých desek. Desky jsou vyráběny pouze z přírodních materiálů. Pouze v aditivní desce je lepidlo PVA 3, který se používá k aglutinaci desky. Lepidlo se nanáší na

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,04 - 0,045$  [ W/m K ]

#### 7.2.1.2.7 Korek

**Obr. 17** Korek[32] [33]



Korek se získává oloupáním kůry z korkového dubu. Korková izolace se vyrábí ve formě expandované drtě nebo desek. Korkové desky se zhotovují bez použití cizích pojiv. Při zvýšené teplotě v kombinaci s

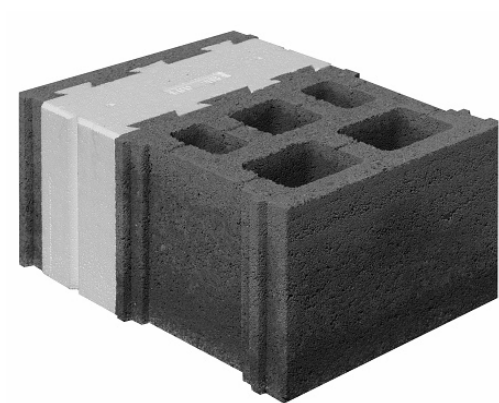
vysokým tlakem se z korkových granulátů vytlačuje vlastní pryskyřice, čímž dochází k propojení granulátů do deskové formy. [6] [30]

Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,039-0,060$  [ W/m K ]

### 7.2.1.3 Nosné prvky s izolací

#### 7.2.1.3.1 Sendvičové tvárnice

**Obr. 18** Sendvičové tvárnice[18]



Lehký keramický beton Liapor beton je stejně jako běžný beton pevný a trvanlivý. Díky svému složení má však navíc k těmto vlastnostem i další výhody. Ve spojení s polystyrenem je také slušným izolačním prvkem obvodové stěny. [34]

Součinitel prostupu tepla:

$$U = 0,13 - 0,23 \text{ [ W/m}^2 \text{ K ]}$$

#### 7.2.1.3.2 Pórobeton

**Obr. 19** Pórobeton[39][36]



Druh lehkého betonu s dobrými tepelně a zvukově izolačními schopnostmi. Jedná se o beton tzv. přímo lehčený, což znamená, že vylehčení bylo dosaženo při výrobě vytvořením pórů přímo do vlastní hmoty betonu. Jako plnivo používá křemičitý písek nebo

elektrárenský popílek (popř. škvára nebo struska). Jako pojivo se používá cement, vápno, nebo směs cementu s vápnem. [37]

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,08-0,096 \text{ [ W/m K ]}$

### 7.2.1.3.3 Pálená cihla s izolací

**Obr. 20** Pálená cihla s izolací[38]



Tepelně izolační cihly jejichž dutiny jsou vyplněny minerální vatou

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,067-0,098$  [ W/m K ]

### 7.2.1.3.4 Dřevocementové tvárnice

**Obr. 21** Dřevocementové tvárnice[35]



Hrubostěnné dřevocementové tvárnice pro ztracené bednění určené na stavbu svislých konstrukcí, pro obvodové nosné stěny nízkoenergetických staveb. Základní surovinou pro jeho výrobu je dřevní štěpka, ke které se přidávají cement, voda a další mineralizační komponenty. [35]

Součinitel prostupu tepla:  $U = 0,198 - 0,228$  [ W/m<sup>2</sup> K ]

## 7.2.2 **Střešní konstrukce, podlaha**

Tepelné izolace používané na zateplení střech jsou totožné s materiály používanými na zateplení obvodových stěn. V případě izolací podlah je užití podobné. Je však potřeba, aby měl materiál schopnost odolat určitému zatížení. Proto se na podlahy používají materiály s větší pevností v tlaku, jako je např. PIR izolace, Polystyren nebo třeba pěnové sklo. Přesto se setkáme i s případy použití izolací jako je např. foukaná izolace, minerální vata, konopí atd. U těchto materiálů je však potřeba prostoty aplikace tepelné izolace doplnit o nosné prvky. K tomu slouží např. OSB desky.

## **7.3 Měření součinitele tepelné vodivosti vybraných materiálů**

Součástí diplomové práce je i změření součinitelů tepelné vodivosti běžně dostupných vzorků tepelných izolací používaných pro zateplení nově vystavěných nebo zrekonstruovaných budov. Ke změření těchto materiálových vlastností slouží přístroj Isomet 2104.

### **7.3.1 Přístroj: ISOMET 2104**

Isomet 2014 je přenosný měřicí přístroj na přímé měření součinitelů tepelné vodivosti, měření objemové kapacity a teploty pomocí výměnných jehlových a plošných sond. Aplikuje dynamickou metodu, která umožňuje zredukovat dobu měření na 10-16 minut. Zabudovaný menu systém na čtyřřádkovém displeji přístroje umožňuje jednoduchý. Interaktivní styk s uživatelem vratné recalibrace měřících sond pomocí referenčních materiálů. [40]

Isomet je řízený procesorem, který umožňuje optimalizaci podmínek měřícího procesu, uložení měřících výsledků a jejich přenos do PC pro dodatečné zpracování. Vnitřní dobíjecí baterie umožňují vykonání měření i v místě, kde není napájení ze sítě. [40]

### **7.3.2 Použití**

- měření termofyzikálních vlastností materiálu v oblasti stavebnictví, chemického, gumárenského a dřevařského průmyslu a geologie.
- Vývoj a výroba tepelně izolačních materiálů, plastů, gumárenských výrobků
- Diagnostika vlhkosti materiálů (izolační materiály, dřevo atd.) [40]

### **7.3.3 Měřené veličiny**

- Součinitel tepelné vodivosti
- Měrná objemová tepelná kapacita
- Součinitel teplotní odolnosti
- teplota[40]

### 7.3.4 Princip měření

Měření je založené na analýze teplotní odezvy zkoumaného materiálu na impulzy tepelného toku. Tepelný tok je vyvolaný elektrickým vyhříváním odporového ohříváče v sondě, která je v přímém tepelném kontaktu s testovaným vzorkem. Vyčíslení hodnoty tepelné vodivosti a měrné objemové tepelné kapacity je založené na vyhodnocení periodicky vzorkovaných záznamů teploty jako funkci času. [40]

### 7.3.5 Měřené materiály

Obr. 22 Měření přístrojem Isomet 2104



Pomocí přístroje Isomet 2104 byly změřeny vybrané vzorky nejpoužívanějších stavebních materiálů pro běžnou výstavbu a zateplení budov v České republice. Cílem této diplomové práce je mimo jiné hodnocení a přehled izolačních materiálů, které se v dnešní době používají pro zlepšení tepelné bilance budov. Hlavní zjišťovanou veličinou byl součinitel tepelné vodivosti [W/m.K] měřených materiálů

Pro měření byly použity plošné sondy s rozsahem měření od 0,03 až 0,04 [W/m.K] a 0,04 - 2 [W/m.K] [40]

### 7.3.6 Výsledky měření

Měření bylo rozděleno do dvou fází, ve kterých se měřil součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/m.K] suchého materiálu a materiálu navlhčeného.



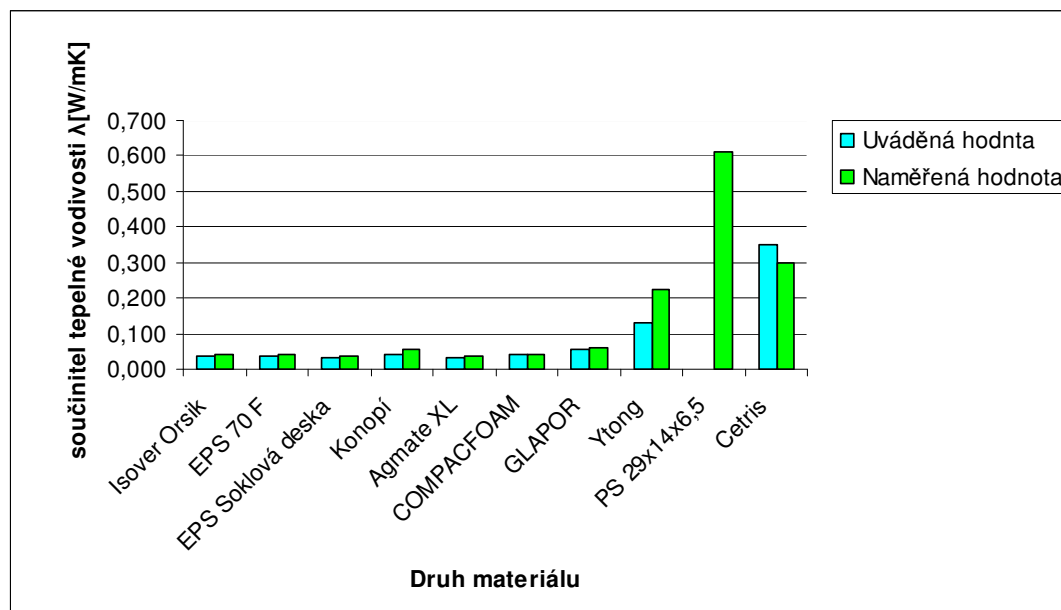
### 7.3.6.1 1.Měření

V první části probíhalo měření 10 vybraných vzorků používaných běžně pro výstavbu a zateplení budov. Veškeré vzorky bylo potřeba řádně vysušit, aby bylo měření co nejobjektivnější. Výsledky měření jsou znázorněny v **Tabulce 1**. Porovnání změřených a výrobcí udávaných hodnot součinitele prostupu tepla  $\lambda$  [W/m.K] je znázorněno v **Grafu 1**.

**Tabulka 1** Naměřené hodnoty suchých materiálů

Název materiálu	Materiál	Teplota při měření t [°C]	Rozměry vzorku [mm] š*v*tl.	Uváděný součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Změřený součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Isover Orsik	Kamenná vlna	23,14	80x180x105	0,038	0,0409
EPS 70 F	Polystyren	24,74	100x100x105	0,039	0,0417
EPS Soklová deska	Polystyren	22,6	90x100x60	0,035	0,0371
Konopí	Konopí	26,28	60x100x100	0,038-0,04	0,0545
Agmate XL	Polystyren	27,14	146x146x46	0,035	0,0376
COMPACFOAM	Polystyren	26,82	23x65x165	0,04	0,044
GLAPOR	pěnové sklo	27,39	100x100x55	0,055	0,0596
Ytong	pórobeton	22,6	100x120x85	0,13	0,225
PS 29x14x6,5	cihla plná	24,03	56x140x80		0,61
Cetris	cementotřísková deska	24,5	15x55x125	max.0,35	0,298

**Graf 1** Porovnání uváděných a naměřených hodnot



#### 7.3.6.1.1 Závěr 1. měření

Naměřené hodnoty se od udávaných hodnot jednotlivých výrobců liší. Ve většině případů byly naměřené hodnoty vyšší, než uvádí výrobce. Rozdíly výsledků ovlivnily momentální podmínky měření. Vzorke výrobců se měří při teplotě 10°C a relativní vlhkosti 50%. Stejně podmínky se bohužel nedaly zajistit.

#### 7.3.6.2 2. Měření

V druhém bodě se měřilo 6 vybraných vzorků izolačních a stavebních materiálů ovlivněných zvlhčením. Všechny měřené vzorky byly ponořeny z části do vody. Doba namáčení byla různá podle nasákavosti měřených vzorků. Poté se na vzorek přiložila plošná sonda přístroje Isomet 2104. Výsledky měření jsou znázorněny v **Tabulce 2**. Porovnání změřených hodnot součinitele prostupu tepla  $\lambda$  [W/m.K] za suchého stavu a navlhčených materiálů je znázorněno v **Grafu 2**.

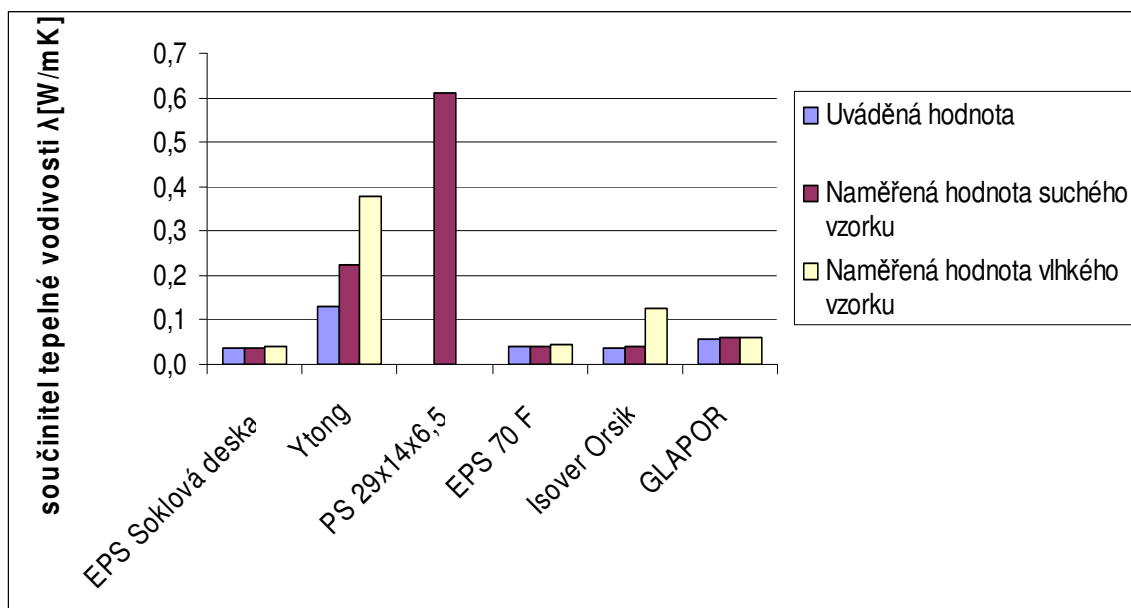
**Tabulka 2 Naměřené hodnoty vlhkých materiálů**

Název materiálu	Materiál	Teplota při měření t [°C]	Rozměry vzorku [mm] š*v*tl.	Uváděný součinitel tepelné vodivosti λ[W/mK]	Změřený součinitel tepelné vodivosti λ[W/mK]
EPS Soklová deska	Polystyren	24,6	90x100x60	0,035	0,0402
Ytong	pórobeton	23,18	100x120x85	0,13	0,377
PS 29x14x6,5	cihla plná	23,26	56x140x80		21,2
EPS 70 F	Polystyren	24,7	100x100x105	0,039	0,0442
Isover Orsik	Kamenná vlna	23,63	80x180x105	0,038	0,127
GLAPOR	pěnové sklo	24,07	100x100x55	0,055	0,0605

**Tabulka 3 Ostatní naměřené veličiny**

Název materiálu	Materiál	Teplota při měření t [°C]	Rozměry vzorku [mm] š*v*tl.	měrná objemová tepelná kapacita $c_p \cdot 10^6$ [J/m <sup>3</sup> K]	součinitel teplotní odolnosti $a \cdot 10^6$ [m <sup>2</sup> /s]
EPS soklová deska	Polystyren	24,6	90x100x60	0,245	0,164
Ytong	Pórobeton	23,18	100x120x85	1,13	0,334
P20 29x14x6,5	cihla plná	23,26	56x140x80	0,809	26,2
EPS 70 F	Polystyren	24,7	100x100x105	0,099	0,445
Isover Orsik	kamenná vlna	23,63	80x180x105	0,122	0,097
GLAPOR	pěnové sklo	24,07	100x100x55	0,256	0,299

**Graf 2** Porovnání změřených hodnot suchého a vlhkého materiálu



#### 7.3.6.2.1 Závěr druhého měření

Při absorpci vody u měřených vzorků se z měření vypožadovalo zhoršení tepelně izolačních vlastností. Vliv na míru zhoršení vlastností z hlediska tepelné vodivosti je ovlivněn nasákavostí materiálů. Vzorek kamenné vlny nebo pórabetonu vykazoval znatelný nárůst součinitele tepelné vodivosti a s tím souvisejícího zhoršení tepelného odporu. Oproti tomu vzorky pěnového skla nebo polystyrénu výrazné odchylky hodnot nezaznamenaly.

## 8. Metodika a měření základních parametrů tepelné bilance rodinného domu

V této kapitole se budeme zabývat příklady budov, které se v dnešní době vyskytují v České Republice.

Prvním typem budovy je budova starší, postavená v souladu se starými, již neplatnými normami. Budova byla postavena z materiálů s nevyhovujícími tepelně izolačními vlastnostmi. S ohledem na stáří budovy a materiálu je potřeba energie na vytápění vysoká. Na příkladu této budovy bude demonstrováno použití moderních materiálů pro zateplení a splnění požadavků daných normami. [1] [2]

Druhým typem budovy je budova moderní s použitím současných moderních materiálů pro komplexní výstavbu s minimální potřebou energie na vytápění při splnění podmínek vnitřní pohody prostředí.

### 8.1 Rekonstrukce starší stavby

**Obr. 23** Rodinný dům (zleva) jihovýchodní a jihozápadní pohled [41]



Jako příklad rekonstrukce starého domu byl si vybrán rodinný dům v Praze, Hloubětíně. Budova má 1 PP a 2 NP s využívaným podkrovím. Okolní zástavbu tvoří rodinné domky.

V současnosti obyvatelé budovy tvoří 3 samostatné domácnosti rozdělené podle pater budovy. Obývací místnosti jsou situovány na jihovýchodní stranu budovy. Schodiště

a ostatní nevytápěné místnosti jsou na severní nebo severozápadní straně budovy. Balkón a lodžie jsou orientovány na jih. Terasa je umístěna na západní straně budovy.

Objekt má sedlovou střechu se střešní krytinou z pálených tašek. Obvodové zdivo se skládá s plných cihel spojených křížovou vazbou. Společně s omítkou a maltou vytváří tloušťku stěny 480 mm. Fasáda je do 1,2 m výšky kamenná.

Pro potřebu vytápění a ohřev teplé vody slouží plynový kotel. Rozvody ústředního topení jsou vedené do podlahy a stopů jednotlivých pater. Celý rodinný dům je tedy vytápěn pomocí podlahového vytápění.

Byt je momentálně plně obydlen. Jelikož se od jeho výstavby nerekonstruoval, díky vlivům venkovního prostředí a přirozené degradaci materiálu dům pomalu chátrá. V domě se objevují praskliny a dochází zde k velkým tepelným ztrátám i díky tepelně technickým vlastnostem obvodového pláště budovy, který je dle normy ČSN 73 0540-2:2011, která udává požadovaný součinitel prostupu tepla  $U_n = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , je stávající stav budovy nevyhovující.

V případě potřeby vytopení jinak nevytápěných prostor lze použít krb v 1. nadzemním podlaží.

Výsledkem snažení by měla být rekonstrukce v podobě zateplení materiálem, která pomůže omezit úniky tepla a vyhoví nynějším požadavkům požadovaného součinitele prostupu tepla.

Pro výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] byl použit výpočtový program ze stránky [www.TZB-info.cz](http://www.TZB-info.cz)

### **8.1.1 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu**

Rozměry rodinného domu souhlasí s dostupnou výkresovou dokumentací. Obrázky P1 a P2 jsou uvedeny v seznamu příloh. Rozměry místností jednotlivých pater, ke kterým výkresová dokumentace chyběla, byly změřeny na místě laserovým dálkoměrem.

### ***8.1.1.1 Podklady pro výpočet***

Základní podklady pro tepelně technické výpočty jednotlivých konstrukcí a celého objektu byly:

- Výkresová dokumentace
- Tepelně technické vlastnosti použitých stavebních materiálů a konstrukcí byly převzaty z ČSN 73 0540 případně projektových podkladů dodavatelů konkrétních technologií a materiálů.
- Norma ČSN 06 0210
- Norma ČSN EN ISO 12831°
- Parametry venkovního a vnitřního prostředí byly uvažovány v souladu s ČSN 73 0540

### ***8.1.1.2 Všeobecné údaje o rodinném domu***

Údaje potřebné pro výpočet tepelné ztráty prostupem obálky budovy byly zapsány do **Tabulky 4**

**Tabulka 4** Základní údaje potřebné k výpočtu tepelných ztrát rodinného domu

<b>Klimatické údaje</b>			
<b>Popis</b>	<b>Označení</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	°C	-12
Roční průměrná teplota vzduchu	$\theta_{m,e}$	°C	4
<b>Korekční činitelé vystavení klimatickým podmínkám <math>e_k</math> a <math>e_i</math></b>			
<b>Orientace</b>			<b>Hodnota</b>
			na jednotku
Vše			1
<b>Údaje o vytápěných místnostech</b>			
<b>Označení místnosti</b>	<b>Výpočtová vnitřní teplota</b>	<b>Plocha obvodové stěny</b>	
	$\theta_{int,i}$ °C	$A_{vv}$ m <sup>2</sup>	
Koupelna	24	242,77	
WC	24		
Obývací pokoj	20		
Ložnice	20		
Kuchyň	20		
<b>Údaje o nevytápěných místnostech</b>			
<b>Označení místnosti</b>	<b>Teplota</b>	<b>b-hodnota</b>	<b>Plocha obvodové stěny</b>
	$\theta_{int,i}$ °C	$b_u$ [-]	$A_{vn}$
Schodiště	15	0,5	158,65
chodba	10	0,5	

Poznámka: Dále se pro zjednodušení výpočtů se uvažuje s průměrnou vnitřní teplotou interiéru vytápěných místností  $\theta_{int,i} = 20^\circ\text{C}$

### 8.1.1.3 Výpočet součinitelů prostupu tepla obálky budovy

Pro výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí požadovaných skladeb pro výpočet obálky budovy byl použit program z portálu [www. tzb - info.cz](http://www.tzb-info.cz)



#### 8.1.1.3.1 Typ konstrukce :

- Stávající Obvodová stěna
- jednoplášťová
- stěna vnější těžká

#### 8.1.1.3.2 Umístění stavby:

- Praha

#### 8.1.1.3.3 Skladba konstrukce:

- omítka vápenná 15 mm
- penetrace
- zdivo z plných cihel CP 290\*140\*65 450mm
- penetrace
- omítka vápenocementová 15 mm

**Tabulka 5** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,28</b>	0,3	nevyhovuje
Tepelný odpor konstrukce	R	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>0,61</b>	-	-
Odpor při prostupu tepla konstrukce	R <sub>T</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>0,78</b>	-	-

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrných z Tabulky P.9 v seznamu příloh vypočítaný součinitel prostupu tepla nevyhovuje. [3]

#### 8.1.1.3.4 Typ konstrukce :

Střešní konstrukce. Střecha strmá se s klonem nad 45°

#### 8.1.1.3.5 Umístění stavby:

Praha

#### 8.1.1.3.6 Skladba konstrukce:

- pálená taška 50 mm (do výpočtu se neuvažuje)
- parozábrana 1 mm
- kamenná vlna Isover Orsik 180 mm
- parozábrana 1 mm
- Sádrokarton 15 mm

**Tabulka 6** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,2</b>	0,24	vyhovuje
Tepelný odpor konstrukce	R	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>4,97</b>	-	-
Odpor při prostupu tepla konstrukce	R <sub>T</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>5,11</b>	-	-

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla vyhovuje. [3]

#### 8.1.1.3.7 Typ konstrukce:

- Okno dřevěné zdvojené

**Tabulka 7** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Udávaná hodnota	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>2,4</b>	1,5	nevyhovuje

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla nevyhovuje. [3]

Poznámka: Součinitel prostupu tepla dřevěného okna převzat z tabulky normy ČSN 73 0540-3 (1994)

#### 8.1.1.3.8 Typ Konstrukce:

- Okno Plastové Velux

**Tabulka 8** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Udávaná hodnota	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,4</b>	1,4/1,5	vyhovuje

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 pro výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří a šikmou výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla vyhovuje. [3]

Poznámka: Součinitel prostupu tepla plastového okna převzat z internetových stránek výrobce

#### **8.1.1.4 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla rodinného domu**

Výpočet tepelných ztrát proběhl v souladu s postupem v kapitole 6.1.1. Podkladem výpočtů byla norma ČSN EN 12831 [2]

##### 8.1.1.4.1 Výpočet tepelných ztrát vytápěných místností

Hodnota korekčního činitele  $e_k(-)$  a  $e_i(-)$  zvolena podle kapitoly 6.1.1.2. Součinitelé lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu  $\psi_l$  (W/m.K) byly určeny podle **Tabulky P.2** v seznamu příloh. Vypočtené tepelné ztráty součinitele prostupu tepla pro vytápěné prostory  $H_{T,ie}$  (W/K) jsou vypočteny podle vzorce (1.3) uvedeného v kapitole 6.1.1.2. Součinitelé prostupu tepla  $U_k$  (W/m<sup>2</sup>.K) uvedeny podle výpočtů z kapitoly 8.1.1.3 Výpočet tepelných ztrát prostupem obálkou budovy z vytápěných prostorů byl zapsán do **Tabulky 9** [2]

**Tabulka 9** Výpočet ztrát vytápěnými prostory

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				
Stavební část	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_k$	$U_k$	$e_k$	$A_k U_k e_k$
	$m^2$	$W/m^2.K$	$[-]$	$W/K$
Obvodová stěna	242,770	1,28	1	310,746
Okno dřevěné zdvojené	20,400	2,4	1	48,960
Okno plastové zdvojené	9,47	1,4	1	13,258
střešní konstrukce	174,62	0,2	1	<b>34,924</b>
<b>celkem stavební části</b>				$\sum_k A_k U_k e_k$ 407,888
Tepelný most	$\Psi_l$	$l_k$	$e_i$	$\Psi_l l_k e_i$
	$W/m.K$	$m$	$[-]$	$W/K$
Roh stěny	0,15	52,24	1	7,836
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	1	7,595
Balkón	0,60	8,95	1	5,370
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	1	1,872
Okenní a dveřní otvory	0,35	65,95	1	23,083
<b>celkem tepelné mosty</b>				$\sum_k \Psi_k l_k e_i$ 45,756
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b>				$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_k \Psi_k l_k e_i$ 453,643

#### 8.1.1.4.2 Výpočet tepelných ztrát nevytápěných místností

Výpočet tepelných ztrát nevytápěných místností je vypočten z rovnice (1.4) kapitoly 6.1.1.3.

Teplotní redukční činitel  $b_u$  (-) byl zvolen z Tabulky P.1 v seznamu příloh.

Výpočet tepelných ztrát prostupem obálkou budovy z nevytápěných prostorů byl zapsán do **Tabulky 10** [2]

**Tabulka 10** Výpočet ztrát nevytápěnými prostory

<b>Výpočet ztrát nevytápěnými prostory</b>				
<b>Stavební část</b>	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_{kn}$	$U_{kn}$	$b_{un}$	$A_{kn} U_{kn} b_{un}$
	$m^2$	$W/m^2.K$	$[-]$	$W/K$
Obvodová stěna	158,650	1,28	0,5	101,536
Okno dřevěné zdvojené	25,770	2,4	0,4	24,739
<b>celkem stavební části</b>			$\sum_k A_{kn} U_{kn} b_{un}$	126,275
<b>Tepelný most</b>	$\Psi_{ln}$	$l_{kn}$	$b_{un}$	$\Psi_{ln} l_{kn} b_{un}$
	$W/m.K$	$m$	$[-]$	$W/K$
Roh stěny	0,15	52,24	0,4	3,134
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	0,4	3,038
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	0,4	0,749
Okenní a dveřní otvory	0,35	61,9	0,4	8,666
<b>celkem tepelné mosty</b>			$\sum_k \Psi_{kn} l_{kn} b_{un}$	15,587
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_{kn} U_{kn} e_{kn} + \sum_k \Psi_{kn} l_{kn} b_{un}$		<b>141,862</b>

#### 8.1.1.4.3 Výpočet tepelných ztráty zeminou

Tepelné ztráty zeminou vypočteny podle vzorce (1.7) kapitoly 6.1.1.4 Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty  $f_{g1} = 1,45$ . Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi průměrnou roční teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

Byl vypočten podle vzorce (1.8). Ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,k}$  ( $W/m^2.K$ ), byl zvolen podle Tabulky P.3 a P.4 v seznamu příloh po výpočtu charakteristického čísla budovy podle vzorce (1.9). Korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody  $G_w = 1$  byl zvolen podle kapitoly 6.1.1.4. Výpočet tepelných ztrát zeminou je uveden v **Tabulce 11** . [2]

**Tabulka 11** Výpočet tepelných ztrát zeminou

<b>Celkový souč. tepelných ztrát styku se zeminou</b>	$H_{T,ig} = (\sum_k A_{ekquv,k}) G_w f_{g1} f_{g2} W/K$	<b>84,5</b>
---	---	-------------

#### 8.1.1.4.4 Výpočet celkového součinitele tepelné ztráty prostupem

Celkový součinitele tepelné ztráty se vypočte podle vzorce (1.2) v kapitole 6.1.1.1.

Součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami  $H_{T,ij}$  (W/K); se ve výpočtu neuvažuje a považuje se za nulový. Venkovní výpočtová teplota  $\theta_e = -12^\circ\text{C}$  a vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru je  $\theta_{\text{int},i} = 20^\circ\text{C}$ . Výpočet celkové tepelné ztráty prostupem je uveden v **Tabulce 12**. [2]

**Tabulka 12** Celková tepelná ztráta prostupem

<b>Celková tepelná ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}=(H_{T,ie}+H_{T,ue}+H_{T,ig}+H_{T,ij}) (\theta_{\text{int},i}-\theta_e)</math> W</b>	<b>21855</b>
--	--------------

#### 8.1.1.4.5 Výpočet tepelných ztrát větráním

Tepelné ztráty větráním  $\Phi_{V,i}$  (W) vypočteme podle vzorce (1.10) kapitoly 6.1.1.6.

Součinitele tepelné ztráty větráním  $H_{V,i}$  (W/K) byl vypočten podle rovnice (1.12) pro předpoklad konstantního  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) a  $c_p$  (kJ/kg.K) v kapitole 6.1.1.6. Výpočet celkové tepelné ztráty větráním je uveden v **Tabulce 13**. [2]

**Tabulka 13** Celková tepelná ztráta větráním

<b>Celková tepelná ztráta větráním</b>	<b><math>\Phi_{V,i}=H_{V,i}(\theta_{\text{int},i}-\theta_e)</math> W</b>	<b>1205</b>
--	--	-------------

##### 8.1.1.4.5.1 Výpočet výměny vzduchu ve vytápěném prostoru

Pro výpočet je tepelných ztrát větráním je potřeba, aby výměna vzduchu ve vytápěném prostoru  $\dot{V}_i$  (m<sup>3</sup>/h), vypočtená podle rovnice (1.13) uvedené v kapitole 6.1.1.7, byla v rozmezí minimální množství přísunu vzduchu z hygienických důvodů  $\dot{V}_{\text{min},i}$  (m<sup>3</sup>/h), vypočtené podle rovnice (1.14) uvedené v kapitole 6.1.1.8, a maximální hodnotou

infiltrace vzduchu obálkou budovy  $\dot{V}_{inf,i}$  (m<sup>3</sup>/h) vypočtené podle vzorce (1.15) v kapitole 6.1.1.9. [2]

Pro výpočet tepelných ztrát větráním bude dále počítáno s hodnotou infiltrace vzduchu obálkou budovy  $\dot{V}_{inf,i}$  (m<sup>3</sup>/h) [2]

Hodnoty minimální intenzity výměny vzduchu  $n_{min} = 0,5$  (h<sup>-1</sup>), intenzity výměny při rozdílu tlaků exteriéru a interiéru 50 Pa  $n_{50} = 6$  (h<sup>-1</sup>), stínící činitel  $e_i = 1$  a výškový korekční činitel [2]

$\epsilon_i = 0,03$  byly zvoleny podle tabulek P.5, P.6, P.7, P.8 v seznamu příloh. Výpočet výměny vzduchu ve vytápěném prostoru je uveden v **Tabulce 14**. [2]

**Tabulka 14** *Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru*

<b>Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru</b>	<b><math>\dot{V}_i = V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \epsilon_i</math> W/K</b>	<b>111</b>
---	---	------------

#### 8.1.1.4.6 Výpočet celkové tepelná ztráta budovy

Celková tepelná ztráta budovy  $\Phi_l$  byla vypočítána podle vzorce (1.1) v kapitole 6.1.1

Výpočet celkové tepelné ztráty budovy je uveden v tabulce 15. [2]

**Tabulka 15** *Celková tepelná ztráta*

<b>Celková tepelná ztráta budovy</b>	<b><math>\Phi_l = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,V,i}</math> W</b>	<b>23 060</b>
--------------------------------------	--	---------------

### 8.1.2 Varianty řešení

Rodinný dům ve stávající stavu vykazuje velké množství úniku tepelné energie obálkou budovy do venkovního prostředí. V následujících dvou variantách bude znázorněno řešení v podobě volby aplikace dodatečné tepelné izolace a výměnu výplně otvorů. Rozdíly tepelných ztrát před a po zateplení budou dále zmíněny v kapitole 9 .

### 8.1.2.1 VARIANTA I.- Dodatečné zateplení obvodových stěn tepelnou izolací

#### 8.1.2.1.1 Podklady pro výpočet

Postup řešení výpočtů tepelných varianty se zateplením obvodových stěn je totožný s postupem v kapitole 8.1.1

Základní parametry budovy potřebné pro výpočet najdeme v **Tabulce 4**.

#### 8.1.2.1.2 Výpočet součinitelů prostupu tepla obálky zateplené budovy

Pro výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí požadovaných skladeb pro výpočet obálky budovy byl použit program z portálu [www. tzb - info.cz](http://www.tzb-info.cz) [7]

Tepelná izolace pro zateplení obvodových stěn je kamenná vlna tloušťky 100 mm

#### 8.1.2.1.3 Typ konstrukce :

- Jednoplášťová
- Obvodová stěna se zateplením
- stěna vnější těžká

#### 8.1.2.1.4 Umístění stavby:

- Praha

#### 8.1.2.1.5 Skladba konstrukce:

– omítka vápenná	15 mm
– penetrace	
– zdivo z plných cihel	CP 290*140*65 450mm
– penetrace	
– kamenná vlna Isover Orsik	100mm
– penetrace	
– omítka vápenocementová	15 mm



**Tabulka 16** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,29</b>	0,3	vyhovuje
Tepelný odpor konstrukce	R	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>3,24</b>	-	-
Odpor při prostupu tepla konstrukce	R <sub>T</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>3,41</b>	-	-

**Tabulka 17** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Udávaná hodnota	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>2,4</b>	1,5	nevyhovuje

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla nevyhovuje. [7]

Poznámka: Součinitel prostupu tepla dřevěného okna ČSN 73 0540-3 (1994)

#### 8.1.2.1.6 Typ Konstrukce:

- Okno Plastové Velux

**Tabulka 18** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Udávaná hodnota	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,4</b>	1,4/1,5	vyhovuje

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 pro výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří a šikmou výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla vyhovuje. [7]

Poznámka: Součinitel prostupu tepla plastového okna převzat z internetových stránek výrobce

Základní údaje potřebné k výpočtu tepelných ztrát rodinného domu nalezneme v **Tabulce 4**.

#### 8.1.2.1.7 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla zatepleného rodinného domu

Výpočet tepelných ztrát proběhl v souladu s postupem v kapitole 6.1. Podkladem výpočtů byla norma ČSN EN 12831

##### 8.1.2.1.7.1 *Výpočet tepelných ztrát vytápěných místností zatepleného domu*

**Tabulka 19** Výpočet ztrát vytápěnými prostory zatepleného domu

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				
<b>Stavební část</b>	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_{k1}$	$U_{k1}$	$e_{k1}$	$A_{k1} U_{k1} e_{k1}$
	$m^2$	$W/m^2.K$	$[-]$	$W/K$
Obvodová stěna	242,770	0,29	1	70,403
Okno dřevěné zdvojené	20,400	2,4	1	48,960
Okno plastové zdvojené	9,47	1,4	1	13,258
střešní konstrukce	174,62	0,2	1	34,924
<b>celkem stavební části</b>	$\sum_k A_{k1} U_{k1} e_{k1}$			<b>167,545</b>
<b>Tepelný most</b>	$\Psi_{i1}$	$l_{k1}$	$e_{i1}$	$\Psi_{i1} l_{k1} e_{i1}$
	$W/m.K$	$m$	$[-]$	$W/K$
Roh stěny	0,15	52,24	1	7,836
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	1	7,595
Balkón	0,60	8,95	1	5,370
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	1	1,872
Okenní a dveřní otvory	0,35	65,95	1	23,083
<b>celkem tepelné mosty</b>	$\sum_k \Psi_{k1} l_{k1} e_{i1}$			<b>45,756</b>
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b>	$H_{T,ie} = \sum_k A_{k1} U_{k1} e_{k1} + \sum_k \Psi_{k1} l_{k1} e_{i1}$			<b>213,301</b>

### 8.1.2.1.7.2 Výpočet tepelných ztrát nevytápěnými místnostmi zatepleného domu

Tabulka 20 Výpočet ztrát nevytápěnými prostory zatepleného domu

Výpočet ztrát nevytápěnými prostory				
Stavební část	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_{k1n}$	$U_{k1n}$	$b_{u1n}$	$A_{k1n} U_{k1n} b_{u1n}$
	$m^2$	$W/m^2.K$	$[-]$	$W/K$
Obvodová stěna	158,650	0,29	0,5	23,004
Okno dřevěné zdvojené	25,770	2,4	0,4	24,739
<b>celkem stavební části</b>				$\sum_k A_{k1n} U_{k1n} b_{u1n}$ 47,743
Tepelný most	$\Psi_{l1n}$	$l_{k1n}$	$b_{u1n}$	$\Psi_{l1n} l_{k1n} b_{u1n}$
	$W/m.K$	$m$	$[-]$	$W/K$
Roh stěny	0,15	52,24	0,4	3,134
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	0,4	3,038
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	0,4	0,749
Okenní a dveřní otvory	0,35	61,9	0,4	8,666
<b>celkem tepelné mosty</b>				$\sum_k \Psi_{k1n} l_{k1n} b_{u1n}$ 15,587
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b>				$H_{T,ie} = \sum_k A_{k1n} U_{k1n} b_{u1n} + \sum_k \Psi_{k1n} l_{k1n} b_{u1n}$ 63,331

### 8.1.2.1.8 Výpočet tepelných ztráty zeminou zatepleného domu

Tabulka 21 Výpočet tepelných ztrát zeminou zatepleného domu

Celkový souč. tepelných ztrát styku se zeminou $H_{T,ig1} = (\sum_k A_{ekquv,k}) G_w f_{g1} f_{g2} W/K$	84,5
---	------

### 8.1.2.1.9 Výpočet celkového součinitele tepelné ztráty prostupem zatepleného domu

Tabulka 22 Celková tepelná ztráta prostupem zatepleného domu

Celková tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i1} = (H_{T,ie} + H_{T,ue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_{int,i} - \theta_e) W$	11 651
--	--------

#### 8.1.2.1.10 Výpočet tepelných ztrát větráním zatepleného domu

**Tabulka 23** Celková tepelná ztráta větráním zatepleného domu

<b>Celková tepelná ztráta větráním</b>	<b><math>\Phi_{V,i1} = H_{V,i}(\theta_{int,i} - \theta_e)</math> W</b>	<b>1205</b>
--	--	-------------

##### 8.1.2.1.10.1 Výpočet výměny vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu

**Tabulka 24** Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu

<b>Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru</b>	<b><math>\dot{V}_{i1} = V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \epsilon \epsilon_i</math> W/K</b>	<b>111</b>
---	---	------------

#### 8.1.2.1.11 Výpočet celkové tepelná ztráta budovy zatepleného domu

**Tabulka 25** Celková tepelná ztráta zatepleného domu

<b>Celková tepelná ztráta budovy</b>	<b><math>\Phi_{i1} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,V,i}</math> W</b>	<b>12 856</b>
--------------------------------------	---	---------------

### 8.1.2.2 **VARIANTA II.- Dodatečné zateplení obvodových stěn tepelnou izolací s výměnou výplní otvorů**

#### 8.1.2.2.1 Podklady pro výpočet zateplené budovy s novými okny

Postup řešení výpočtů variant se zateplením obvodových stěn je totožný s postupem v kapitole 8.1.1.

Základní parametry budovy potřebné pro výpočet najdeme v **Tabulce 4**.

#### 8.1.2.2.2 Výpočet součinitelů prostupu tepla obálky zateplené budovy s novými okny

Pro výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí požadovaných skladeb pro výpočet obálky budovy byl použit program z portálu [www. tzb - info.cz](http://www.tzb-info.cz)

Tepelná izolace pro zateplení obvodových stěn je kamenná vlna tloušťky 100 mm

#### 8.1.2.2.2.1 Typ konstrukce :

- Jednoplášťová
- Obvodová stěna se zateplením
- stěna vnější těžká

#### 8.1.2.2.2.2 Umístění stavby:

- Praha

#### 8.1.2.2.2.3 Skladba konstrukce:

- omítka vápenná 15 mm
- penetrace
- zdivo z plných cihel CP 290\*140\*65 450mm
- penetrace
- kamenná vlna Isover Orsik 100mm
- penetrace
- omítka vápenocementová 15 mm

**Tabulka 26** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,29</b>	0,3	vyhovuje
Tepelný odpor konstrukce	R	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>3,24</b>	-	-
Odpor při prostupu tepla konstrukce	R <sub>T</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	<b>3,41</b>	-	-

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla vyhovuje.

#### 8.1.2.2.2.4 Typ Konstrukce:

- Okno Plastové Velux

**Tabulka 27** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše

Veličina	Označení	Jednotka	Udávaná hodnota	Požadavek	porovnání s ČSN
součinitel prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,4</b>	1,4/1,5	vyhovuje

Z hlediska požadavků ČSN 73 0540 - 2:2011 patrný z Tabulky P.9 pro výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří a šikmou výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí v seznamu příloh, vypočítaný součinitel prostupu tepla vyhovuje.

Poznámka: Součinitel prostupu tepla plastového okna převzat z internetových stránek výrobce

Základní údaje potřebné k výpočtu tepelných ztrát rodinného domu nalezneme v

**Tabulce 4.**

#### 8.1.2.2.3 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla zatepleného rodinného domu s novými okny

Výpočet tepelných ztrát proběhl v souladu s postupem v kapitole 6.1. Podkladem výpočtů byla norma ČSN EN 12831

8.1.2.2.3.1 Výpočet tepelných ztrát vytápěných místností zatepleného domu  
s novými okny

Tabulka 28 Výpočet ztrát vytápěnými prostory zatepleného domu

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				
Stavební část	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_{k3}$	$U_{k3}$	$e_{k3}$	$A_{k3} U_{k3} e_{k3}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .K	[-]	W/K
Obvodová stěna	242,770	0,29	1	70,403
Okno plastové zdvojené	29,87	1,4	1	41,818
střešní konstrukce	174,62	0,2	1	34,924
<b>celkem stavební části</b>	$\sum_k A_{k3} U_{k3} e_{k3}$			<b>147,145</b>
Tepelný most	$\Psi_{l3}$	$l_{k3}$	$e_{i3}$	$\Psi_{l3} l_{k3} e_{i3}$
	W/m.K	m	[-]	W/K
Roh stěny	0,15	52,24	1	7,836
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	1	7,595
Balkón	0,60	8,95	1	5,370
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	1	1,872
Okenní a dveřní otvory	0,35	65,95	1	23,083
<b>celkem tepelné mosty</b>	$\sum_k \Psi_{k3} l_{k3} e_{i3}$			<b>45,756</b>
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b>	$H_{T,ie} = \sum_k A_{k3} U_{k3} e_{k3} + \sum_k \Psi_{k3} l_{k3} e_{i3}$			<b>192,901</b>

8.1.2.2.3.2 Výpočet tepelných ztrát nevytápěných místností zatepleného domu s novými okny

Tabulka 29 Výpočet ztrát nevytápěnými prostory zatepleného domu s novými okny

Výpočet ztrát nevytápěnými prostory				
Stavební část	Plocha	Součinitel prostupu tepla	korekční činitel	
	$A_{k2n}$ m <sup>2</sup>	$U_{k3n}$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_{u3n}$ [-]	$A_{k3n} U_{k3n} b_{u3n}$ W/K
Obvodová stěna	158,650	0,29	0,5	23,004
Okno dřevěné zdvojené	25,770	1,4	0,4	14,431
<b>celkem stavební části</b> $\sum_k A_{k3n} U_{k3n} b_{u3n}$				<b>37,435</b>
Tepelný most	$\Psi_{l3n}$	$l_{k3n}$	$b_{u3n}$	$\Psi_{l3n} l_{k3n} b_{u3n}$
	W/m.K	m	[-]	W/K
Roh stěny	0,15	52,24	0,4	3,134
Styk střechy a obvodové konstrukce	0,70	10,85	0,4	3,038
Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03	62,4	0,4	0,749
Okenní a dveřní otvory	0,35	61,9	0,4	8,666
<b>celkem tepelné mosty</b> $\sum_k \Psi_{k3n} l_{k3n} b_{u3n}$				<b>15,587</b>
<b>Celkový součinitel tepelných ztrát</b> $H_{T,iue3} = \sum_k A_{k3n} U_{k3n} b_{u3n} + \sum_k \Psi_{k3n} l_{k3n} b_{u3n}$				<b>53,023</b>

8.1.2.2.3.3 Výpočet tepelných ztráty zeminou zatepleného domu s novými okny

Tabulka 30 Výpočet tepelných ztrát zeminou zatepleného domu s novými okny

Celkový souč. tepelných ztrát styku se zeminou $H_{T,ig2} = (\sum_k A_{ekquv,k}) G_w f_{g1} f_{g2}$ W/K	<b>84,5</b>
---	-------------

8.1.2.2.4 Výpočet celkového součinitele tepelné ztráty prostupem zatepleného domu s novými okny

Tabulka 31 Celková tepelná ztráta prostupem zatepleného domu s novými okny

Celková tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i2} = (H_{T,ie} + H_{T,uie} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W	<b>10 668</b>
---	---------------



#### 8.1.2.2.5 Výpočet tepelných ztrát větráním zatepleného domu s novými okny

**Tabulka 32** Celková tepelná ztráta větráním zatepleného domu s novými okny

<b>Celková tepelná ztráta větráním</b>	<b><math>\Phi_{V,i2} = HV_{i,i}(\theta_{int,i} - \theta_e)</math> W</b>	<b>1205</b>
--	---	-------------

#### 8.1.2.2.5.1 Výpočet výměny vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu s novými okny

**Tabulka 33** Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru zatepleného domu s novými okny

<b>Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru</b>	<b><math>\dot{V}_{i2} = V_{inf,i=2} \cdot V_{i,n50} \cdot \epsilon_i</math> W/K</b>	<b>111</b>
---	---	------------

#### 8.1.2.2.6 Výpočet celkové tepelná ztráta budovy zatepleného domu s novými okny

**Tabulka 34** Celková tepelná ztráta zatepleného domu s novými okny

<b>Celková tepelná ztráta budovy</b>	<b><math>\Phi_{I2} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,V,i}</math> W</b>	<b>11 873</b>
--------------------------------------	---	---------------

## 8.2 Příklad moderní novostavby

Obr. 24 Nízkoenergetický rodinný dům



Příkladem moderní stavby je budova s potenciálem nízkoenergetického domu. Okolní zástavbu tvoří rodinné domky a louky, které slouží jako orná půda.

Jedná se o dvoupodlažní samostatně stojící částečně podsklepený objekt zastřešený plochou střechou. Objekt bude přístupný z přilehlého terénu v úrovni 1.NP.

Dům je koncipován jako pevný „plný kamenný sokl“ otevřený do soukromé zahrady a s orientací obytného patra do „dvora“, který je tak zintimněn a odvrácen od povětrnostních vlivů a okolního světa. Toto patro je hlavní obytnou a společenskou částí se vstupem, obytným prostorem s jídelnou a kuchyní, s hostovskou částí (případně výminkem) a s rekreačně sportovní částí (fitness, sauna, spa či venkovní bazén). Toto patro je doplněno dvěma patiemi, které prosvětlují jednotlivé části, vpouští exteriér do interiéru a zajišťují přítom intímní charakter prostoru. Atrium je navrženo jak ve fitness zóně, tak v hostovském bytu. Obytný prostor tohoto patra je propojen přes galerii a pracovní s ložnicovou částí domu, která je rovněž svým otevřením orientována jihovýchodním směrem do soukromé zahrady s výhledem do volné krajiny. Ložnicové patro je spojeno průběžným krytým ochozem chránícím před sluncem a deštěm. Ložnicové patro je fasádou

kryto dřevěnými výklopnými a posuvnými panely, které zajišťují intimitu, ochranu před sluncem či naopak otevřenost. Technické a provozní zajištění domu je umístěno v podzemní části objektu.

Provozně je dům rozčleněn na tři hlavní části. Je to hlavní obytná (společenská) část, ložnicové patro domu a garáže se zázemím.

Vytápění objektu je řešeno tepelným čerpadlem. Toto čerpadlo bude napojeno na plošný zemní kolektor.

V objektu bylo navrženo nucené větrání. Cirkulaci a přísun čerstvého vzduchu bude zajišťovat vzduchotechnická jednotka.

Objekt bude zateplen kontaktním zalepovacím systémem z desek na bázi polystyrenu (2.NP) a minerálními deskami (1.NP). Zateplení je obsažené v sendvičových skladbách obvodového zdiva objektu. V obvodovém zdivu 1.NP a 2.NP bude použita tepelná izolace o tloušťce 140 mm, suterén objektu bude zateplen tvrzenou tepelnou izolací na bázi polystyrenu o tloušťce 100 mm, tepelná izolace v tomto případě tvoří i ochrannou vrstvu hydroizolace. Střešní konstrukce 2.NP objektu bude zateplena tepelnou izolací z PIR panelů s podkladem z XPS, hydroizolace střešního pláště je tvořena EPDM. Boční křídla 1.NP budou mít střešní konstrukci zateplenu tepelnou izolací z PIR panelů s podkladem z XPS, hydroizolace střešního pláště je tvořena EPDM, na bočních křídlech bude vybudována zelená střecha. Střecha technické místnosti bude zateplena tepelnou izolací na bázi polystyrenu. Ve skladbách podlah na volném terénu je navržena tepelná izolace na bázi polystyrenu o tloušťce 120 mm pro 1.NP a 60-80 mm pro 1.PP. V podlahách mezi 1.NP a 2.NP bude obsažena izolační vrstva na bázi polystyrenu tloušťky 140 mm.

Výplně otvorů objektu budou řešeny systémem SCHUCKO se zasklením izolačním dvojskly/trojskly.

V ocelových konstrukcích lodžii objektu budou použity přerušovače tepelných mostů ISOKORB.

### **8.2.1 Podklady pro výpočet**

Základní podklady pro tepelně technické výpočty jednotlivých konstrukcí a celého objektu byly:

- Projektová dokumentace
- Tepelně technické vlastnosti použitých stavebních materiálů a konstrukcí byly převzaty z ČSN 73 0540, databáze použitých softwarových nástrojů a případně projektových podkladů dodavatelů konkrétních technologií a materiálů.

Parametry venkovního a vnitřního prostředí byly uvažovány v souladu s ČSN 73 0540 následovně:

- Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období  

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_e = -12 + (-2) = -14 \text{ °C}$$
- Převažující vnitřní návrhová teplota  $\theta_{im} = 20 \text{ °C}$
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:
  - obytné místnosti:  $\theta_{ai,u} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} = 20 + 0,0 = 20,0 \text{ °C}$
  - koupelny:  $\theta_{ai,u} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} = 24 + 0,0 = 24,0 \text{ °C}$
  - vedlejší vytápěné místnosti:  $\theta_{ai,u} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} = 15 + 0,0 = 15,0 \text{ °C}$
  - nevytápěné prostory:  $\theta_{ai,u} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} = 5 + 0,0 = 5,0 \text{ °C}$

Všechny výpočty byly prováděny podle ČSN 73 0540, ČSN EN ISO 6946, ČSN EN ISO 13788 a norem souvisejících. Pro bilanci kondenzace a vypařování vodní páry bylo provedeno postupy v souladu s ČSN EN ISO 13788 i ČSN 730540-4, přičemž pro hodnocení byl vzat do úvahy nepříznivější výsledek (v souladu s ČSN 730540 odst. 6.3).

K výpočtu tepelně technických vlastností konstrukcí v ploše byl použit program TEPLA 2011. Teplotní pole byla vypočtena pomocí programu AREA 2011.

Jednotlivé skladby pláště budovy zohledňují i šíření tepla, vzduchu i vlhkosti potřebné pro vnitřní pohodu prostředí.

Hodnocené parametry - požadavky

- součinitele prostupu tepla

### 8.2.1.1 Součinitel prostupu tepla

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí objektů s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , určené dle tabulky 3 ČSN 73 0540 část 2 jsou uvedeny v tabulce P.9 v seznamu příloh.

### 8.2.2 Obvodová stěna

Vzhledem k tvaru, umístění a rozložení místností stavby se setkáme s rozmanitými skladbami stěn, střešních konstrukcí a podlah poskládaných na míru místnosti, tak aby vyhovovala požadované pohodě prostředí interiéru.

V následujících řádcích je podrobně popsána stavba obvodových stěn pláště budovy od 1PP až po 2NP. Umístění jednotlivých skladeb konstrukcí je uvedeno na obrázcích P.3,P.4 , P.5. P.6,P.7 a P.8 v seznamu příloh.

#### 8.2.2.1 IPP

##### 8.2.2.1.1 OZ30 -Skladba konstrukce

- |   |   |        |        |
|---|---|--------|--------|
| – | nopovaná fólie  | 50 mm  |        |
| – | tepelná izolace XPS 3500                              | 100 mm |        |
| – | geotextílie 500g/m <sup>2</sup>                       |        |        |
| – | fóliová hydroizolace Fatrafol 803/V                   | 2 mm   |        |
| – | geotextilie 300g/m <sup>2</sup>                       |        |        |
| – | vyarmované betonové bednicí tvárnice vylité betonem   |        | 400 mm |
| – | penetrace, typ dle konkrétního výrobce sádrové omítky |        |        |
| – | sádrová omítka  | 15 mm  |        |
| – | výmalba   |        |        |

##### 8.2.2.1.2 OZ31 Skladba konstrukce

- |   |                                     |        |  |
|---|-------------------------------------|--------|--|
| – | nopovaná fólie                      | 50 mm  |  |
| – | tepelná izolace XPS 3500            | 100 mm |  |
| – | geotextilie 500g/m <sup>2</sup>     |        |  |
| – | fóliová hydroizolace Fatrafol 803/V | 2 mm   |  |

- geotextilie 300g/m<sup>2</sup>
- vyarmované betonové bednicí tvárnice vylité betonem 400 mm
- mozaikový obklad do voděodolného lepícího tmelu 15 mm

#### 8.2.2.1.3 OZ32 Skladba konstrukce

- nopovaná fólie 50 mm
- tepelná izolace XPS 3500 100 mm
- geotextilie 500g/m<sup>2</sup>
- fóliová hydroizolace Fatrafol 803/V 2 mm
- geotextilie 300g/m<sup>2</sup>
- vyarmované betonové bednicí tvárnice vylité betonem 400 mm
- lepidlo s 3x skelnou síťovinou 5 mm
- výmalba

#### 8.2.2.1.4 OZ32' Skladba konstrukce

- nopovaná fólie 50 mm
- tepelná izolace XPS 3500 100 mm
- geotextilie 500g/m<sup>2</sup>
- fóliová hydroizolace Fatrafol 803/V 2 mm
- geotextilie 300g/m<sup>2</sup>
- vyarmované betonové bednicí tvárnice vylité betonem 500 mm
- lepidlo s 3x skelnou síťovinou 5 mm
- výmalba

**Tabulka 35** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ30, OZ31, OZ32, OZ32'

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,38</b>	0,85	vyhovuje

### 8.2.2.2 INP

#### 8.2.2.2.1 OZ12 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 200 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- ŽB nosná stěna 250 mm
- kamenná lomový obklad do betonu 150 mm

#### 8.2.2.2.2 OZ13 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 200 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie (způsob kotvení bude upřesněn) 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- ŽB nosná stěna 250 mm
- keramická dutinová příčkovka 115 mm lepená ke zdivu
- a kotvená plechovými profily 125 mm
- penetrace
- sádrová omítka 25 mm
- výmalba

**Tabulka 36** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ12, OZ13

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,24</b>	0,30	vyhovuje

#### 8.2.2.2.3 OZ14 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 1.NP (dutinová keramická cihla P15) 300 mm
- penetrace, typ
- sádrová omítka 50 mm

#### 8.2.2.2.4 OZ15 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- nosné zdivo 1.NP (dutinová keramická cihla P15) 240 mm
- penetrace
- sádrová omítka 10 mm
- provětrávaná mezera 65 mm
- interiérové vybavení (vestavěná šatní skříň)



#### 8.2.2.2.5 OZ16 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 1.NP (dutinová keramická cihla P15) 300 mm
- penetrace
- sádrová omítka 15 mm
- výmalba

#### 8.2.2.2.6 OZ16' Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- hydroizolace EPDM do výšky 1 m nad hladinu vody v bazénu 1,25 mm
- penetrační nátěr
- skelná síťovina do lepidla (uzavření tep. izol. vrstvy) 5 mm
- tepelná izolace EPS 100F 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní polystyrénové zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 1.NP (dutinová keramická cihla P15) 300 mm
- penetrace
- sádrová omítka 15 mm
- výmalba

#### 8.2.2.2.7 OZ17 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- penetrační nátěr
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- ŽB nosný sloup 300 mm
- sádrová omítka 15 mm
- výmalba

#### 8.2.2.2.8 OZ17' Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- hydroizolace EPDM do výšky 1 m nad hladinu vody v bazénu 1,25 mm
- penetrační nátěr
- skelná síťovina do lepidla (uzavření tep. izol. vrstvy) 5 mm
- tepelná izolace EPS 100F 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní polystyrénové zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- ŽB nosný sloup 300 mm
- Penetrace
- sádrová omítka 15 mm
- výmalba

#### 8.2.2.2.9 OZ18 Skladba konstrukce

Zatím nebylo realizováno

#### 8.2.2.2.10 OZ19 Skladba konstrukce

Zatím nebylo realizováno

#### 8.2.2.2.11 OZ21 Skladba konstrukce

- kamenný lomový obklad lepený do betonu (včetně kari sítě) 250 mm
- provětrávaná mezera tvořená nopovanou fólií 20 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- impregnovaná minerální tepelná izolace (kaširovaná) 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplení 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 1.NP (dutinová keramická cihla P10) 300 mm
- přízdívka z dutinových keramický příčkových 200 mm
- penetrace
- sádrová omítka 15 mm
- výmalba

**Tabulka 37** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby, OZ14, OZ15, OZ16, OZ16', OZ17, OZ17', OZ18, OZ19, OZ21

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,18</b>	0,30	vyhovuje

### 8.2.2.3 2NP

#### 8.2.2.3.1 OZ01 Skladba konstrukce

- obkladový fasádní panel ze sklo-cementu 60 mm
- podkladní nosná konstrukce - provětrávaná mezera 37 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 140 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen, 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 2.NP (dutinová keramická cihla P10) 300 mm
- penetrace
- sádrová omítka 15 mm

#### 8.2.2.3.2 OZ01´ Skladba konstrukce

- obkladový fasádní panel ze sklo-cementu 60 mm
- podkladní nosná konstrukce - provětrávaná mezera 37 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 140 mm
- minerální zátkou
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 2.NP (dutinová keramická cihla P10) 300 mm
- penetrace
- sádrová omítka 25 mm

#### 8.2.2.3.3 OZ02 Skladba konstrukce

- obkladový fasádní panel ze sklo-cementu 60 mm
- podkladní nosná konstrukce - provětrávaná mezera 37 mm

- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 120 mm
- minerální zátkou
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- nosné zdivo 2.NP (dutinová keramická cihla P10) 300 mm
- penetrace
- sádrová omítka 10 mm
- penetrační nátěr
- lepidlo (zatažení spár zdiva) 3 mm
- provětrávaná mezera 50 mm
- interiérové vybavení (vestavěná šatní skříň)

#### 8.2.2.3.4 OZ04 Skladba konstrukce

- obkladový fasádní panel ze sklo-cementu 60 mm
- podkladní nosná konstrukce - provětrávaná mezera 37 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 140 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- ŽB nosná stěna 200 mm
- lepidlo 5 mm
- dutinová cihelná příčkovka 80 mm
- lepidlo 2 mm
- hydroizolační stěrka
- mozaikový obklad do voděodolného lepidla 15 mm

#### 8.2.2.3.5 OZ05 Skladba konstrukce

- obkladový fasádní panel ze sklo-cementu 60 mm
- podkladní nosná konstrukce - provětrávaná mezera 37 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm

- tepelná izolace na bázi polystyrénu (šedý) 140 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- ŽB nosný sloup 300 mm
- penetrace, typ dle konkrétního výrobce sádrové omítky
- sádrová omítka 25 mm

**Tabulka 38** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ01, OZ02, OZ04, OZ05

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,23</b>	0,30	vyhovuje

#### 8.2.2.3.6 OZ03 Skladba konstrukce

- ocelový fasádní lakovaný plech 5 mm
- provětrávaná mezera s podkladní konstrukcí pod plech 50 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 160 mm
- minerální zátkou
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- ŽB nosná stěna 250 mm
- vnitřní lomový kamenný obklad lepený do betonu 150 mm

#### 8.2.2.3.7 OZ06 Skladba konstrukce

- ocelový fasádní lakovaný plech 5 mm
- provětrávaná mezera s podkladní konstrukcí pod plech 50 mm
- kontaktní difuzní fólie 1-2 mm
- tepelná izolace na bázi polystyrénu 160 mm
- lepicí hmota pro kontaktní minerální zateplen 10 mm
- ŽB nosná stěna 250 mm
- penetrace
- sádrová omítka 15 mm

**Tabulka 39** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby OZ03, OZ06

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,19</b>	0,30	vyhovuje

### 8.2.3 Podlaha

Další nedílnou součástí obálky budovy jsou podlahy ve styku se zeminou. Pro jejich tepelně izolační vlastnosti je potřeba zvolit takové složení, aby vyhovovaly normovaným požadavkům. Umístění jednotlivých skladeb konstrukcí je uvedeno na obrázcích P.3,P.4 , P.5. P.6,P.7 a P.8 v seznamu příloh.

#### 8.2.3.1 IPP

##### 8.2.3.1.1 P1 Skladba konstrukce

- Keramická dlažba 10 mm
- Lepicí tmel 5 mm
- Betonová mazanina 55 mm
- Systémová deska podlahového vytápění 20 mm
- XPS (Styrodur 2500 C; CS(10)200) 30 mm
- Betonová mazanina s KARI sítí 150 mm
- Hydroizolační souvrství
- Podkladní beton 50 mm (nezahrnuto do výpočtu)

##### 8.2.3.1.2 P2 Skladba konstrukce

- Kamenná dlažba 10 mm
- Lepicí tmel voděodolný 5 mm
- Betonová mazanina 55 mm
- Systémová deska podlahového vytápění 20 mm
- XPS (Styrodur 2500 C; CS(10)200) 30 mm
- Betonová mazanina s KARI sítí 150 mm
- Hydroizolační souvrství
- Podkladní beton 50 mm (nezahrnuto do výpočtu)

**Tabulka 40** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladby P1,P2

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,42</b>	0,85	vyhovuje

### 8.2.3.2 INP

#### 8.2.3.2.1 P4 Skladba konstrukce

- Skladba konstrukce:
- Dřevěná nášlapná vrstva 10 mm
- Mirelon 5 mm
- Anhydritový potěr 45 mm
- Systémová deska podlahového vytápění 20 mm
- XPS (Styrodur 2500 C; CS(10)200) 40 mm
- EPS 100 Z 80 mm
- Betonová mazanina s KARI sítí 150 mm
- Hydroizolační souvrství
- Podkladní beton 50 mm (nezahrnuto do výpočtu)

**Tabulka 41** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu P4

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,24</b>	0,45	vyhovuje

#### 8.2.3.2.2 P8 Skladba konstrukce

- Kamenná dlažba 20 mm
- Lepicí tmel voděodolný 5 mm
- Anhydritový potěr 45 mm
- Systémová deska podlahového vytápění 20 mm
- XPS (Styrodur 2500 C; CS(10)200) 40 mm
- EPS 100 Z 80 mm
- Betonová mazanina s KARI sítí 150 mm
- Hydroizolační souvrství



- Podkladní beton 50 mm (nezahrnuto do výpočtu)

**Tabulka 42** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu P8

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,27</b>	0,45	vyhovuje

## 8.2.4 Střešní konstrukce

V projektu rodinného domu se setkáme s rozdílnými skladbami střešní konstrukce. Zastřešené je celé 2NP a část 1NP na JV straně budovy. Střešní konstrukce 1NP zároveň slouží jako pochozí terasa s travnatým povrchem. Umístění jednotlivých skladeb konstrukcí je uvedeno na obrázcích P.3,P.4 , P.5. P.6,P.7 a P.8 v seznamu příloh.Podrobné schéma rozdělení skladeb je k nalezení v příloze XXXX

### 8.2.4.1 INP

#### 8.2.4.1.1 SS05

- Sádrokarton 12,5 mm
- Uzavřená vzduchová dutina 120 – 137,5 mm
- Železobetonová stropní deska 250 mm
- Parozábrana (asfaltový pás s hliníkovou vložkou)
- EPS 150 S 120 mm
- XPS 90 mm
- Hydroizolace Firestone RubberGard EPDM (1,52 mm)
- Skladba zelené střechy (nezahrnuto do výpočtu)

**Tabulka 43** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS05

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,16</b>	0,24	vyhovuje

#### 8.2.4.1.2 SS01

- hydroizolace Firestone RubberGard EPDM (celoplošně lepeno) 1,14 mm
- PIR panel 160 mm

- spádové klíny EPS 150S 0-60 mm
- podkladní vyrovnávací vrstva EPS 150S 50 mm
- vyrovnávací vrstva - suchá betonová směs 0-50 mm
- parotěsná zábrana - modifikovaná asfaltový pás s hliníkovou vložkou 3 mm
- ŽB stropní deska 250 mm
- vzduchová mezera s nosným roštem pro SDK/chlazený podhled 120-137,5 mm
- SDK/chlazená podhled 12,5-30 mm

**Tabulka 44** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS01

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,11</b>	0,24	vyhovuje

#### 8.2.4.1.3 BSS02

- hydroizolace Firestone RubberGard EPDM 1,14 mm
- lepidlo s 3x skelnou síťovinou 5 mm
- tepelná izolace EPS 150S 120 mm
- tepelná izolace EPS 150S (celoplošně lepeno) 120 mm
- parotěsná zábrana - modifikovaná asfaltový pás s hliníkovou vložkou 2-3 mm
- ŽB atika světlíku 150 mm
- vzduchová mezera 45 mm
- ocelový pozinkovaný/natřený plech 5 mm

**Tabulka 45** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu BSS02

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,14</b>	0,24	vyhovuje

#### 8.2.4.1.4 SS10

- hydroizolace Firestone RubberGard EPDM (celoplošně lepeno) 1,14 mm
- PIR panel 160 mm
- spádové klíny EPS 150S 20-60 mm
- podkladní vyrovnávací vrstva EPS 150S 50 mm

- parotěsná zábrana - modifikovaná asfaltový pás s hliníkovou vložkou 2-3 mm
- vodostavební deska na ocelové nosné konstrukci 27 mm
- vzduchová mezera s nosným roštem pro sklo-cementový podhled 320 mm
- sklocementová deska 60 mm

**Tabulka 46** Základní přehled výsledků výpočtů konstrukce v ploše pro skladbu SS10

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet	Požadavek	porovnání s ČSN
souč. prostupu tepla	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,11</b>	0,24	vyhovuje

### 8.2.5 Výplně otvorů

Kromě vývoje v oblasti zateplení obvodových stěn a střešních konstrukcí pokročila i výroba oken. Dnes se setkáme s okny takových tepelně izolačních vlastností, aby vyhověly i těm nejnáročnějším požadavkům. Okna a posuvné dveře použité pro zasklené prostory byly zvoleny od firmy Schüco.

Materiálem rámu oken je hliník vyplněný tepelnou izolací. Jako výplň je použito izolační trojsklo. Mezi skleněnými tabulemi najdeme argon. Umístění jednotlivých výplní otvorů je uvedeno na obrázcích P.3,P.4 , P.5. P.6,P.7 a P.8 v seznamu příloh.

### 8.2.5.1 INP

#### 8.2.5.1.1 F07

**Tabulka 47** Součinitel prostupu tepla celého okna F07

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,00</b>

#### 8.2.5.1.2 F08

**Tabulka 48** Součinitel prostupu tepla celého okna F08

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,00</b>

#### 8.2.5.1.3 F09

**Tabulka 49** Součinitel prostupu tepla celého okna F09

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,82</b>

#### 8.2.5.1.4 F10

**Tabulka 50** Součinitel prostupu tepla celého okna F10

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,20</b>

#### 8.2.5.1.5 F11

**Tabulka 51** Součinitel prostupu tepla celého okna F11

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,50</b>

#### 8.2.5.1.6 F12

**Tabulka 52** Součinitel prostupu tepla celého okna F12

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,70</b>

### 8.2.5.1.7 F13

**Tabulka 53** *Součinitel prostupu tepla celého okna F13*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,90</b>

### 8.2.5.1.8 F14

**Tabulka 54** *Součinitel prostupu tepla celého okna F14*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,95</b>

### 8.2.5.1.9 F16

**Tabulka 55** *Součinitel prostupu tepla celého okna F16*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,93</b>

### 8.2.5.1.10 F17

**Tabulka 56** *Součinitel prostupu tepla celého okna F17*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,84</b>

## 8.2.5.2 **2NP**

### 8.2.5.2.1 F01

**Tabulka 57** *Součinitel prostupu tepla celého okna F01*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,00</b>

### 8.2.5.2.2 F02

**Tabulka 58** *Součinitel prostupu tepla celého okna F02*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,90</b>

### 8.2.5.2.3 F03

**Tabulka 59** *Součinitel prostupu tepla celého okna F03*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,97</b>

### 8.2.5.2.4 F04

**Tabulka 60** *Součinitel prostupu tepla celého okna F04*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>1,2</b>

### 8.2.5.2.5 F05

**Tabulka 61** *Součinitel prostupu tepla celého okna F05*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,78</b>

### 8.2.5.2.6 F06

**Tabulka 62** *Součinitel prostupu tepla celého okna F06*

Veličina	Označení	Jednotka	Výpočet
souč. prostupu tepla	U <sub>w</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0,93</b>

## 9. Porovnání energetické spotřeby a ekonomické zhodnocení

### 9.1 Starší rodinný dům

V kapitole 6 byly spočteny tepelné ztráty prostupem obálkou staršího rodinného domu. Následným krokem předchozí kapitoly byly 2 varianty řešení pro zlepšení tepelně izolačních vlastností obvodové stěny. V první variantě se počítalo s přidáním tepelné izolace do stávající skladby obvodové stěny v podobě 100 mm tlusté kamenné vlny. V druhé variantě byla přidána i výměna dřevěných oken za okna plastová s lepším součinitelem prostupu tepla.

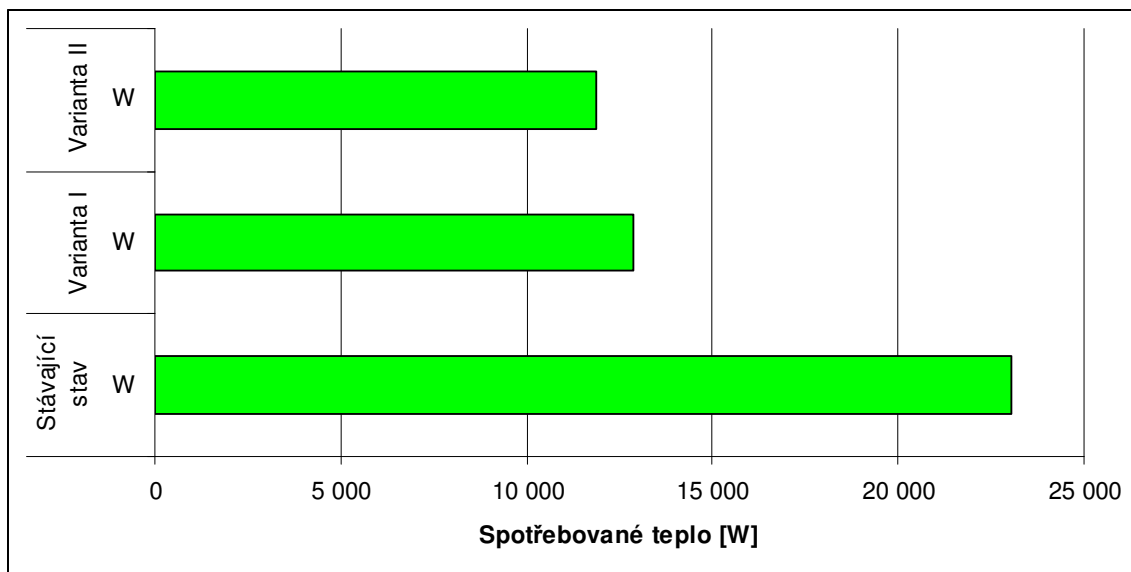
Výsledek porovnání tepelných ztrát stávajícího rodinného domu a navrhovaných variant je znázorněn v **Tabulce 63**

**Tabulka 63** *Výsledné tepelné ztráty*

<b>Výsledné tepelné ztráty</b>		
<b>popis</b>	<b>jednotky</b>	<b>hodnota</b>
Stávající stav	W	23 060
Varianta I	W	12 856
Varianta II	W	11 873

Výsledné vypočtené tepelné ztráty byly znázorněny v grafu 4.1

**Graf 3** Vypočtené tepelné ztráty rodinného domu



Podle údajů uvedených tepelných ztrát prostupem tepla obálkou budovy v tabulce 4.1. lze posoudit významný vliv zateplení na energetickou spotřebu pro vytápění.

Na přelomu roku 2014/2015 proběhlo u rodinného domu k zateplení střešní konstrukce. Vliv zateplení střechy měl znatelný dopad na energetickou spotřebu, jak je patrné z **Tabulky 64** Tabulka byla vytvořena na základě Obrázku P.3 v seznamu příloh.

**Tabulka 64** Přehled historických spotřeb plynu rodinného domu

Přehled historických spotřeb	
Fakturační období	Spotřeba v MWh
20.01. 2013 - 17.01.2014	64,061
18.01. 2014 - 19.01. 2015	54,536
20.01. 2015 -19.01.2016	49,593

### 9.1.1 Porovnání spotřeb jednotlivých variant

Domácnost používá pro ohřev teplé vody a topení plynový kotel. **Tabulka 64** udává celkovou spotřebu plynu pro topení a ohřev teplé vody.

Spotřeba v posledním udávaném období činila 49,593 MWh při celkovém vyúčtování majícím hodnotu 58 153 Kč. Z těchto údajů byla vypočítána cena za 1 kWh, která činí 1,17 Kč.



Při odečtení energie potřebné na ohřev teplé vody vyjde potřeba roční energie na vytápění cca 25 MWh. Pro následující srovnání nákladů potřebných pro vytápění budeme počítat s částkou 29 250 Kč/rok.

#### ***9.1.1.1 Varianta I.***

Do skladby obvodové stěny byla přidána tepelná izolace v podobě skelné vaty. Vyhovující tloušťkou pro výsledný součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540 [3] byla tloušťka 100 mm.

Pokud se porovná výsledek stávajícího stavu s variantou I., kde bylo použito zateplení, vychází spotřeba energie potřebné na vytápění o 44% levnější než v případě stávajícího stavu.

Při ročních nákladech na vytápění bylo ušetřeno 12 870 Kč.

#### ***9.1.1.2 Varianta II.***

Do skladby obvodové stěny byla přidána tepelná izolace v podobě skelné vaty. Vyhovující tloušťkou pro požadovaný součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540 [3] byla tloušťka 100 mm. Mimo zateplení stěny izolací je ve variantě počítáno s výměnou stávajících dřevěných dvojskel za dvojskla plastová s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Nová okna vyhovují směrnicím normy ČSN 73 0540 [3].

Pokud se porovná výsledek stávajícího stavu s variantou II., kde bylo použito zateplení a výměna stávajících oken za nová, plastová, vychází spotřeba energie potřebné na vytápění o 48% levnější než v případě stávajícího stavu.

Při ročních nákladech na vytápění bylo ušetřeno 14 040 Kč.

## **9.2 Nízkoenergetický dům**

O energii potřebnou pro ohřev teplé vody se v případě moderní stavby stará tepelné čerpadlo typu země/voda napojené na zemní plošný kolektor. Zařízení má max. výkon 35 kW. Díky komplexnímu řešení stavby s apelem na každý detail zateplení obálky budovy ohledem na tepelné mosty objekt o půdorysu cca 900 m<sup>2</sup> dosahuje tepelných ztrát „jen“ 26 443 W. O veškeré nežádoucí tepelné ztráty prostupem se pak postará zmíněné tepelné čerpadlo.

## **10. Závěr**

Cílem této práce bylo poukázat na možnosti správného pojetí výstavby už od prvopočátku její realizace. Poukázat na velké množství technologií a materiálů s nimiž lze docílit bydlení podle představ bez potřeby zbytečného vytápění v zimním období a přílišného větrání během letních měsíců. Zaměřit se na správnou rekonstrukci starších budov pro zlepšení pohody prostředí a ušetření nákladů na vytápění spojených s netěsnostmi a špatnými tepelně izolačními vlastnostmi budovy a pomoci ve výběru tepelné izolace, která pomůže vyhovět normovaným požadavkům.

## 11. Seznam použité literatury

- [1] ČSN 06 0210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 1994
- [2] ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu, 2005
- [3] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005
- [4] Počinková, M. - Čuprová, D.- Rubinová, O: *Úsporný dům*; ISBN 978-80-264-0014-1; 2012
- [5] Nagy, E.: *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*; ISBN 978-80-8076-077-9; 2009
- [6] Chybík J., *Přírodní stavební materiály*; ISBN: 978-80-247-2542-1; 2009
- [7] Oborový informační server TZB-info [online]. [cit. 2016-03-16].  
Dostupné z [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) kap 1
- [8] Webová stránka vysoké školy realitní v Brně [online]. [cit. 2016-03-16] Dostupné z [http://www.fdyson.cz/prednasky\\_ke\\_stazeni/enb\\_cast\\_2.pdf](http://www.fdyson.cz/prednasky_ke_stazeni/enb_cast_2.pdf)
- [9] Webová stránka společnosti Hydronic systems [online] [cit. 2016-03-16 ].  
Dostupné z [www.hydronic.cz/download\\_clanky.php?id=6](http://www.hydronic.cz/download_clanky.php?id=6) kap 1
- [10] Informační portál ministerstva průmyslu a obchodu [online] [cit. 2016-03-16].  
Dostupné z <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf> kap 1
- [11] Webová stránka okna-dveře [online] [cit. 2016-03-18]. Dostupné z <http://www.janosik.cz/blog/news/historie-vyvoje-oken/> kap 3
- [12] Webová stránka Eurookna Pražák [online] [cit. 2016-03-18]. Dostupné z <http://www.prazak.cz/rs/quattro/> kap 3
- [13] Odborný stavební portál [online] [cit. 2016-03-18]. Dostupné z <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/zatepleni-fasad/zateplovani-fasad-> kap 3
- [14] Webová stránka společnosti Čechura izolace [online] [cit. 2016-03-18]. Dostupné z <http://www.cechura-izolace.cz/reference/foukana-izolace-reference/foukana-izolace-plzen-bory-100m2.htm>
- [15] Internetový receptář [online] [cit. 2016-03-18]. Dostupné z <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/zatepleni-fasady-dulezite-je-pouzit-kompletni-system/?pid=13628> kap 3
- [16] Webová stránka společnosti APL izolace [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z <http://www.apl-izolace.cz/caste-dotazy/> kap 3

- [17] Webová stránka společnosti DEK Stavebniny [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z <https://www.dek.cz/produkty/vypis/30-fenolicka-pena> kap 3
- [18] Internetový portál Stavebnictvi3000 [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/penove-sklo-tepelna-izolace-pro-jednodussi-a-levnejsi-stavebni-reseni/>
- [19] Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z <http://www.konstrukce.cz/clanek/penove-sklo-novy-trend-ve-stavebnich-materialech/>
- [20] Online web dřevostaveb [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z <http://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-5-dil--vakuova-izolace>
- [21] Internetový portál Krytiny-střechy [online] [cit. 2016-03-20]. Dostupné z <http://www.izolace-info.cz/aktuality/?nid=20479-stavebni-tepelne-izolace-cast-iii-aerogel-a-vakuova-izolace.html#.VuhhXtIX1dg>
- [22] Zahraniční internetový portál [online] [cit. 2016-03-20]. dostupný z: <http://dornob.com/aerogel-see-through-strong-as-steel-ligher-than-air/>
- [23] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-20]. Dostupné z <http://www.konopna-izolace.cz/vlastnosti/>
- [24] ] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-20]. <http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/zateplujte-ale-myslete-i-na-zdravi-a-ekologii-radi-arnika>
- [25] Internetový obchod a poradenství [online] [cit. 2016-03-21]. Dostupné z <http://www.prirodni-izolace.cz/produkty>
- [26] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-21]. Dostupné z [http://amper.ped.muni.cz/pasiv/slama/aquath\\_05.htm](http://amper.ped.muni.cz/pasiv/slama/aquath_05.htm)
- [27] Internetová stránka [online] [cit. 2016-03-21]. Dostupné z <http://www.nazeleno.cz/tepelne-izolace-slama-a-zkusenosti-z-praxe.aspx>
- [28] Internetový portál [online] [cit. 2016-03-22]. Dostupné z <http://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/izolace/2244-ovci-vlna-je-vynikajicim-tepelnym-izolantem>
- [29] Webová stránka projektu Mladí výzkumníci [online] [cit. 2016-03-23]. Dostupné z [http://mladivyzkumnici.cz/attachment/Section/8/1422872081\\_stavebn%C3%AD%20tepelne%C3%A9%20izolace.pdf](http://mladivyzkumnici.cz/attachment/Section/8/1422872081_stavebn%C3%AD%20tepelne%C3%A9%20izolace.pdf)
- [30] Web o ekologických stavbách [online] [cit. 2016-03-24]. Dostupné z <http://www.prirodnistavba.cz/wordbook/soucinitel-tepelne-vodivosti-5.html>

- [31] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-23]. Dostupné z <http://www.stavbaonline.cz/drevovlaknite-izolacni-desky/>
- [32] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-24]. Dostupné z <http://www.korek-jelinek.cz/z4972-korkova-deska-izolacni>
- [33] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-24]. Dostupné z <http://www.ecolife-trading.eu/produkty/korkova-drt-1-2mm-75-85kgm3>
- [34] Webový portál [online] [cit. 2016-03-24]. Dostupné z <http://www.ceskykutil.cz/bs-kladovy-zateplene-cihty>
- [35] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-24]. Dostupné z <http://www.nell-tvarnice.cz/cs/tvarnice/katalog/obvodove-zateplene-tvarnice-8/tvarnice-dss-37-5-12n-13> kap 3
- [36] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-25]. Dostupné z <http://abecedazahrady.dama.cz/clanek/porobeton-vsestranne-uspory>
- [37] Webová stránka [online] [cit. 2016-02-25]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%B3robeton>
- [38] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-25] Dostupné z <http://www.bvv.cz/stavebni-veletrhy-brno/ibf-2014/zlata-medaille-ibf-2014/ocenene-exponaty-2014/cihla-plnena-mineralni-izolaci-porotherm-50-t-profi/>
- [39] Webová stránka [online] [cit. 2016-03-25] Dostupné z <http://www.stavebniny-rezac.cz/stavebniny-rezac/eshop/6-1-Zdici-materialy/24-2-Porobetonove-tvarnice>
- [40] Uživatelská příručka přístroje Isomet 2014
- [41] Bakalářská práce na téma: Tepelné mosty konstrukcí staveb

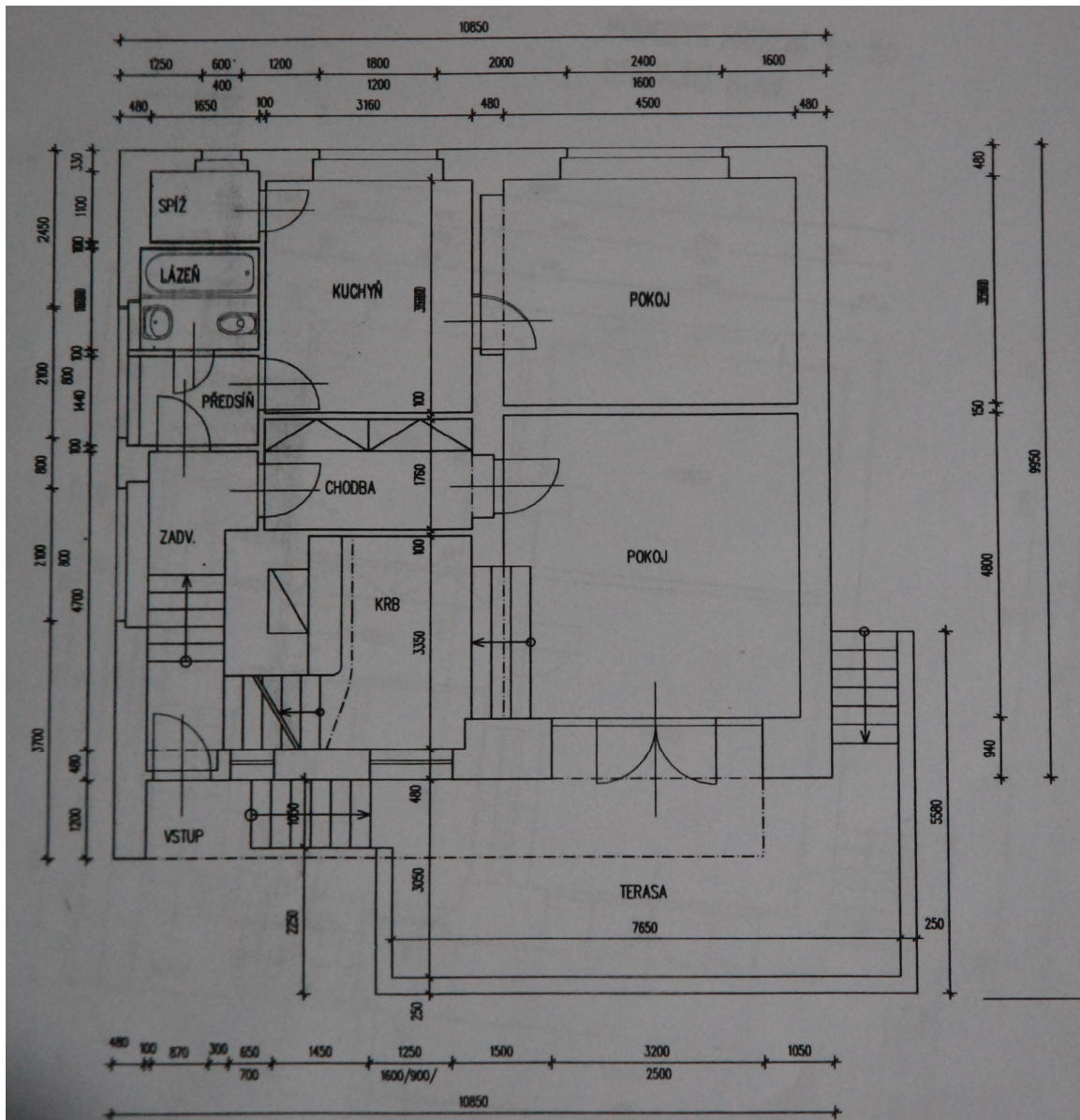
## 12. Seznam příloh

P1. Podklady pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu

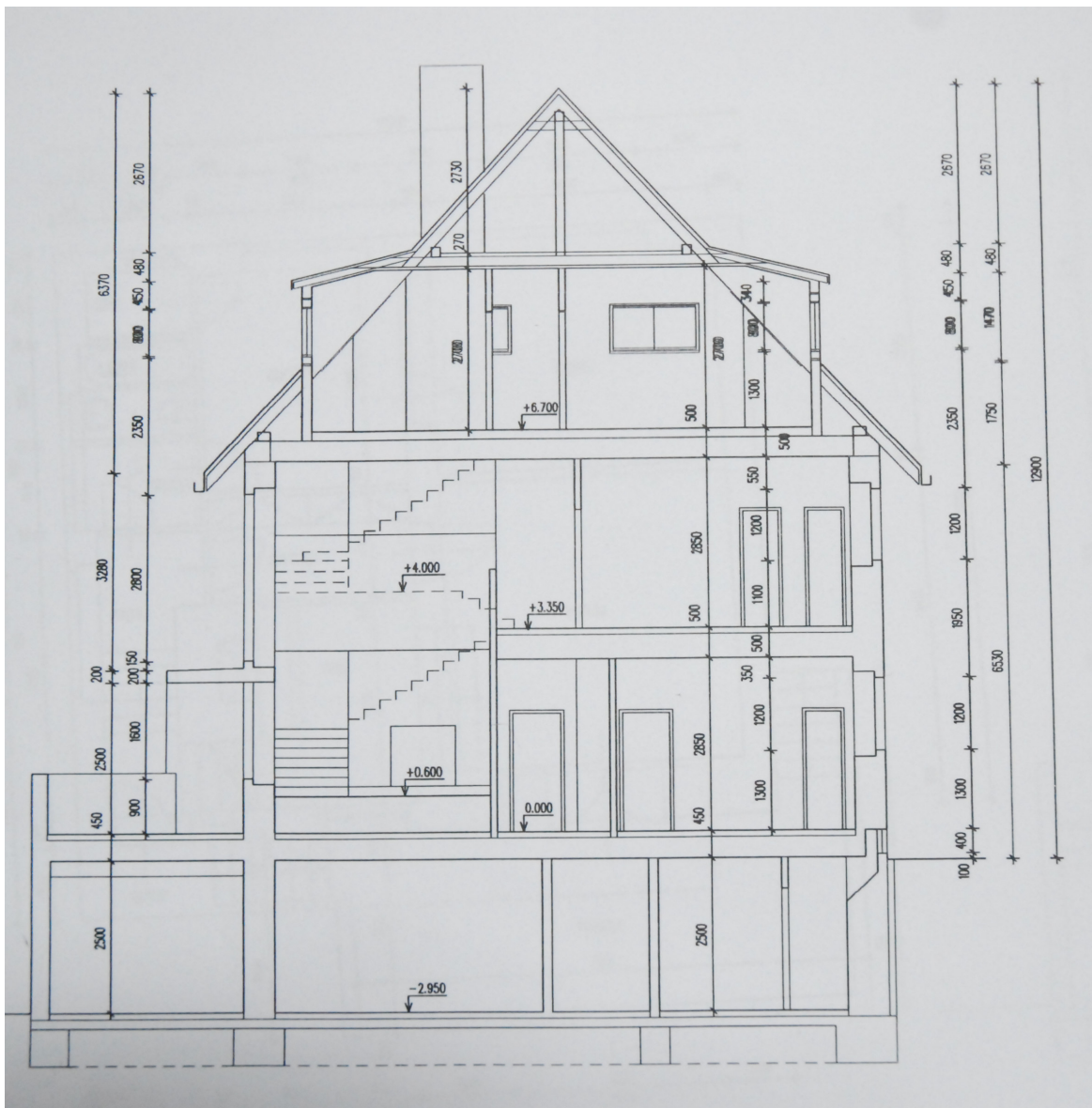
P2. Schémata skladeb pláště nízkoenergetického domu

### 12.1 P1. Podklady pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu

Obrázek P1. Půdorys 1NP rodinného domu




Obrázek P2 Řez rodinným domem



Obrázek P3 Přehled historických spotřeb

Část B



**PRAŽSKÁ  
PLYNÁRENSKÁ**

Pražská plynárenská, a. s., Národní 37, 110 00 Praha 1 – Nové Město  
IČ: 60193492 DIČ: CZ60193492

**ODBĚRNÉ MÍSTO:** [REDACTED]

**EIC kód:**  
Přepočtená roční spotřeba\* (v kWh): 49 593  
\*Celková spotřeba za fakt. období přepočtená na 12 měsíců, sloužící k přiznání cenového pérama, které se určuje dle spotřeby za rok (tj. přesných 12 měsíců).

**Faktura - daňový doklad:** [REDACTED]

Č. OBCHODNÍHO PARTNERA: [REDACTED]

ZUČTOVACÍ KATEGORIE: [REDACTED]

ČÍSLO SMLUVNÍHO ÚČTU: [REDACTED]

**PŘEHLED HISTORICKÝCH SPOTŘEB:**

Fakturační období	Spotřeba v MWh
20.01.2013 - 17.01.2014	64,061
18.01.2014 - 19.01.2015	54,536
20.01.2015 - 19.01.2016	49,593

**Obrázek P.4** Cena za období 20.01. 2015 - 19.01. 2016

DAŇOVÁ REKAPITULACE:	
Sazba DPH:	21 %
Cena celkem bez DPH za distribuci:	9 473,38 Kč
Cena celkem bez DPH za služby operátora trhu:	109,92 Kč
Cena celkem bez DPH za ostatní služby dodávky:	46 569,63 Kč
Daň ze zemního plynu bez DPH:	0,00 Kč
Základ pro DPH:	58 152,93 Kč

**Tabulka P.1.** Hodnoty redukčního činitele  $b_u$  pro nevytápěné prostory

Nevytápěný prostor	$b_u$
Prostor	
- pouze s 1 venkovní stěnou	0,4
- nejméně s 2 venkovními stěnami bez venkovních dveří	0,5
- nejméně s 2 venkovními stěnami s venkovními dveřmi (např. předsíně, haly, garáže)	0,6
se 3 venkovními stěnami(např. venkovní schodiště)	0,8
Podzemní podlaží	
bez oken/venkovních dveří	0,5
s okny/venkovními dveřmi	0,8
Podkroví	
vysoká výměna vzduchu v podkroví (např. střešní keramická krytina nebo jiný materiál, které vytvářejí přerušované pokrytí) bez bednění pod krytinou	1,0
jiné tepelně neizolované střechy	0,9
tepelně izolované střechy	0,7
Vnitřní komunikační prostory (bez venkovních stěn, intenzita výměny vzduchu nižší než $0,5 \text{ h}^{-1}$ )	0
Volně větrané komunikační (poměr plochy otvorových výplní/objemu prostoru $> 0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1,0
Stropní konstrukce s podlahou nad vzduchovou mezerou (Stropní konstrukce s podlahou nad průlezným prostorem)	0,8



**Tabulka P.2** Hodnoty lineárních tepelných mostů  $\psi_l$

Kód	Popis	$\psi_l$
		W/m.K
1	Roh stěny	0,15
2	Zákoutí stěny	-0,20
3	Styk střechy a obvodové zdi	0,70
4	Balkón	0,60
5	Zakončení obvodové stěny do stropu/podlahy	0,03
6	Zakončení vnitřní stěny do obvodové stěny	0,03
7	Zakončení stěny do izolace v obvodové stěně	0,28
8	Okenní a dveřní otvory	0,35
9	Zakončení vnitřní stěny do podlahy/stropu	0,03

**Tabulka P3** Hodnoty  $U_{equiv,k}$  s podlahovou deskou 3 m pod úrovní zeminy.

$B'$ – hodnota m	$U_{equiv,bf}$ (pro $z = 3,0$ m) W/m <sup>2</sup> · K				
	bez izolace	$U_{podlahy} =$ 2,0 W/m <sup>2</sup> .K	$U_{podlahy} =$ 1,0 W/m <sup>2</sup> .K	$U_{podlahy} =$ 0,5 W/m <sup>2</sup> .K	$U_{podlahy} =$ 0,25 W/m <sup>2</sup> .K
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11

**Tabulka P4** Hodnoty  $U_{equiv,k}$  pro stěny pod úrovní zeminy

$U_{stěny}$ $W/m^2 \cdot K$	$U_{equiv,bw}$ $W/m^2 \cdot K$			
	$z = 0 \text{ m}$	$z = 1 \text{ m}$	$z = 2 \text{ m}$	$z = 3 \text{ m}$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

**Tabulka P.5** Hodnoty minimální výměny vzduchu  $n_{min}$

Druh místnosti	$n_{min}$ $h^{-1}$
Obytná místnost (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, školní třída	2,0

**Tabulka P.6** Hodnoty intenzity výměny vzduchu  $n_{50}$  pro celou budovu

Stavba	$n_{50}$ $h^{-1}$		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnění oken)		
	vysoká (velmi utěsněná okna a dveře)	střední (Okna s dvojskly, nor- málně utěsněná)	nizká (okna s jednoduchým za- sklením, bez utěsnění)
Rodinný dům s jedním bytem	< 4	4 až 10	> 10
Jiné bytové domy nebo budovy	< 2	2 až 5	> 5

**Tabulka P.7** Hodnoty stínícího činitele  $e_i$  podle tříd zastínění

Třída zastínění	<b>e</b>		
	Vytápěný prostor bez nechráněných otvorových výplní	Vytápěný prostor s jednou nechráněnou otvorovou výplní	Vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní
Žádné zastínění (budovy ve větrné oblasti, vysoké budovy v městských centrech )	0	0,03	0,05
Mírné zastínění (budovy v krajině se stromovím nebo v zastavěném území, předměstská zástavba)	0	0,02	0,03
Velké zastínění (středně vysoké budovy v městských centrech, budovy v zalesněné krajině)	0	0,01	0,02

**Tabulka P.8** Hodnoty výškového korekčního činitele  $\epsilon_i$  podle výšky vytápěného prostoru nad úrovní země

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země (vzdálenost středu výšky místnosti od země)	$\epsilon$
0 – 10 m	1,0
> 10 – 30 m	1,2
> 30 m	1,5

**Tabulka P.9** Požadavky ČSN 73 0540 na hodnoty součinitelů prostupu tepla

Konstrukce		hodnota	
		požadovaná $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	doporučená $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Stěna vnější	těžká	0,3	0,25
	lehká		0,2
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně		0,24	0,16
Strop nad venkovním prostorem		0,24	0,16
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,3
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,6	0,4
Podlaha a stěna z temperovaného prostoru přilehlá k zemině		0,85	0,6
Výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří <sup>1)</sup>		1,5	1,2
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí <sup>1)</sup>		1,4	1,1
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) <sup>1)</sup>		1,7	1,2
Kovový rám výplně otvoru <sup>1)</sup>		-	1,8
Nekovový rám výplně otvoru <sup>1)</sup>		-	1,3

## 12.2 P2. Schémata skladeb pláště nízkoenergetického domu

**Obrázek P3** Půdorys PP

**Obrázek P4** Půdorys 1NP

**Obrázek P5** Půdorys 2NP

**Obrázek P6** Řez A-A''

**Obrázek P7** Řez D-D

**Obrázek P8** Řez F-F