



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU RODINNÉHO DOMU

PROPOSAL HEATING SYSTEM OF THE HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR MINAŘÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Minařík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Energetika, procesy a ekologie (3904R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh otopného systému rodinného domu

v anglickém jazyce:

Proposal heating system of the house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výpočet tepelných ztrát rodinného domu a výpočet výkonu otopných těles

Cíle bakalářské práce:

- 1/ výběr a popis objektu
- 2/ přehled regulací otopných soustav a jejich porovnání
- 3/ výpočet tepelných ztrát dle ČSN EN 12831
- 4/ návrh otopných těles pro různé teplotní spády

Seznam odborné literatury:

norma ČSN EN 12831

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 31.10.2013

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato práce obsahuje výpočet tepelných ztrát rodinného domu a návrh otopného systému. Pro stanovení tepelných ztrát rodinného domu bude použita norma ČSN EN 12831. Tepelné ztráty budou počítány pro jednotlivé místnosti. Otopná tělesa budou navrhována do jednotlivých místností pro různé teplotní spády a dle jejich tepelných ztrát. Pro společenské místnosti bude navrženo podlahové vytápění. Pro vytápění budou navrženy tři různé zdroje tepla. Jeden zdroj vysokoteplotní a dva zdroje nízkoteplotní. Na závěr práce budou zhodnoceny investiční náklady na otopné soustavy.

Klíčová slova

Tepelná ztráta, otopné těleso, teplotní spád, regulace vytápění.

Abstract

This work includes the calculation of heat loss and design of the house heating system. To determine the heat loss of the family home will be used standard ČSN EN 12831. Heat loss will be calculated for each room. Radiators are designed to individual rooms for different temperature gradients and by heat losses. The lounge is designed underfloor heating. For heating are designed three different heat sources. One source of high-temperature and low-temperature two sources. The investment costs of the heating system will be evaluated finally.

Key words

Heat loss, radiator, temperature gradient, heating control.

Bibliografická citace

MINAŘÍK, P. *Návrh otopného systému rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 68 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Marka Baláše, Ph.D. a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 30.5.2014

.....

Petr Minařík

Poděkování

Tímto děkuji Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k vypracování této bakalářské práce.

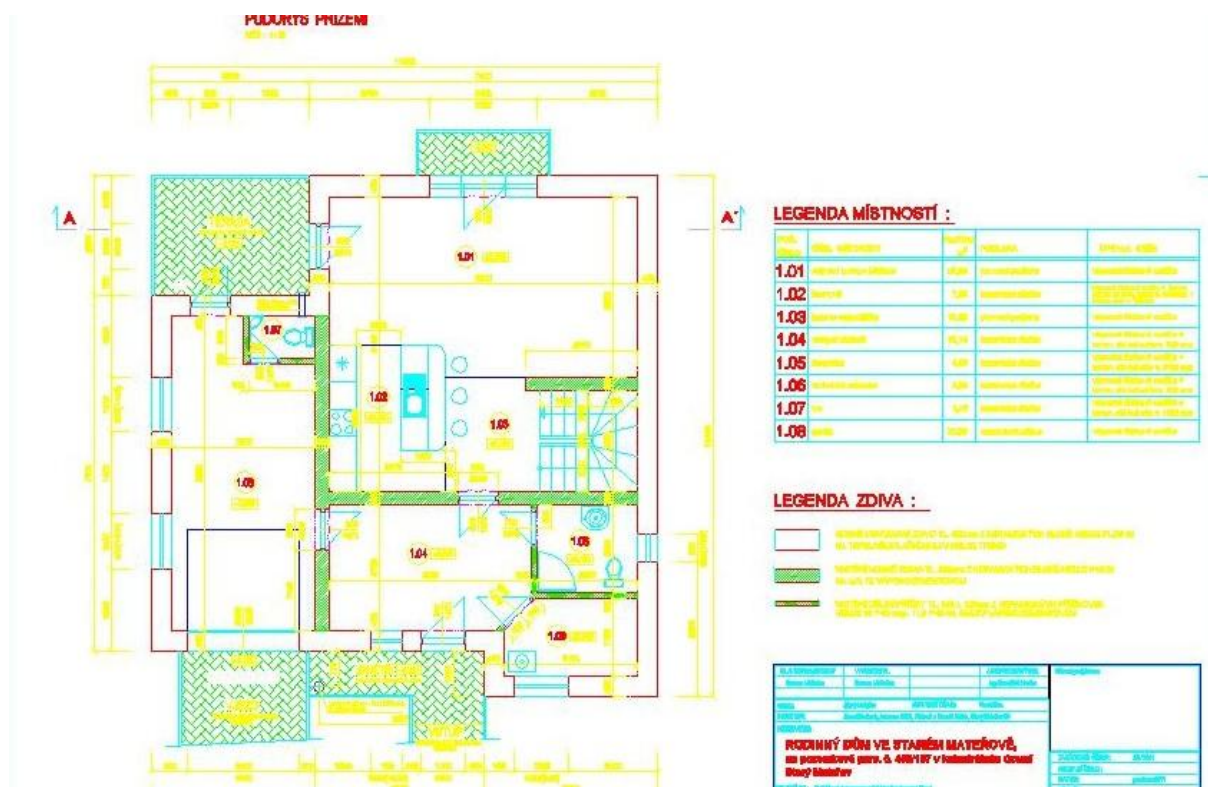
Obsah

1	Popis objektu	12
2	Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru.....	14
2.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	14
2.1.1	Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí - součinitel tepelné ztráty HT, ie	14
2.1.2	Tepelné ztráty do přilehlé zeminy - součinitel tepelné ztráty HT, ig	14
2.1.3	Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách - součinitel tepelné ztráty HT, ij	16
2.2	Přirážky k základní tepelné ztrátě prostupem	16
2.2.1	Přirážka na vyrovnaní vlivu chladných stěn	16
2.2.2	Přirážka na urychlení zátopy.....	16
2.2.3	Přirážka na světovou stranu	17
2.3	Návrhová tepelná ztráta větráním	17
2.3.1	Hygienické množství vzduchu V_{min}, i	18
2.3.2	Infiltrace obvodovým pláštěm budovy - množství vzduchu V_{inf}, i	18
3	Otopné plochy	18
3.1	Konvekční otopná tělesa	18
3.2	Tělesa trubková	19
3.3	Konvektory.....	20
4	Podlahové a stěnové vytápěcí systémy.....	21
5	Regulace otopných soustav	21
5.1	Zaregulování průtoku radiátorů.....	21
5.2	Regulace pomocí termostatických ventilů a hlavice.....	22
5.3	Regulace čerpadlového topného okruhu pomocí prostorového termostatu	22
5.4	Regulace ekvitermním topným okruhem	24
5.5	Ekvitermní topný okruh s vlivem prostoru	25
5.6	Podlahové topení.....	26
6	Výpočet tepelných ztrát objektu	27
6.1	Hodnoty potřebné pro výpočet.....	27
6.2	Výpočet tepelné ztráty obývacího pokoje	30
6.2.1	Výpočet tepelné ztráty prostupem	30

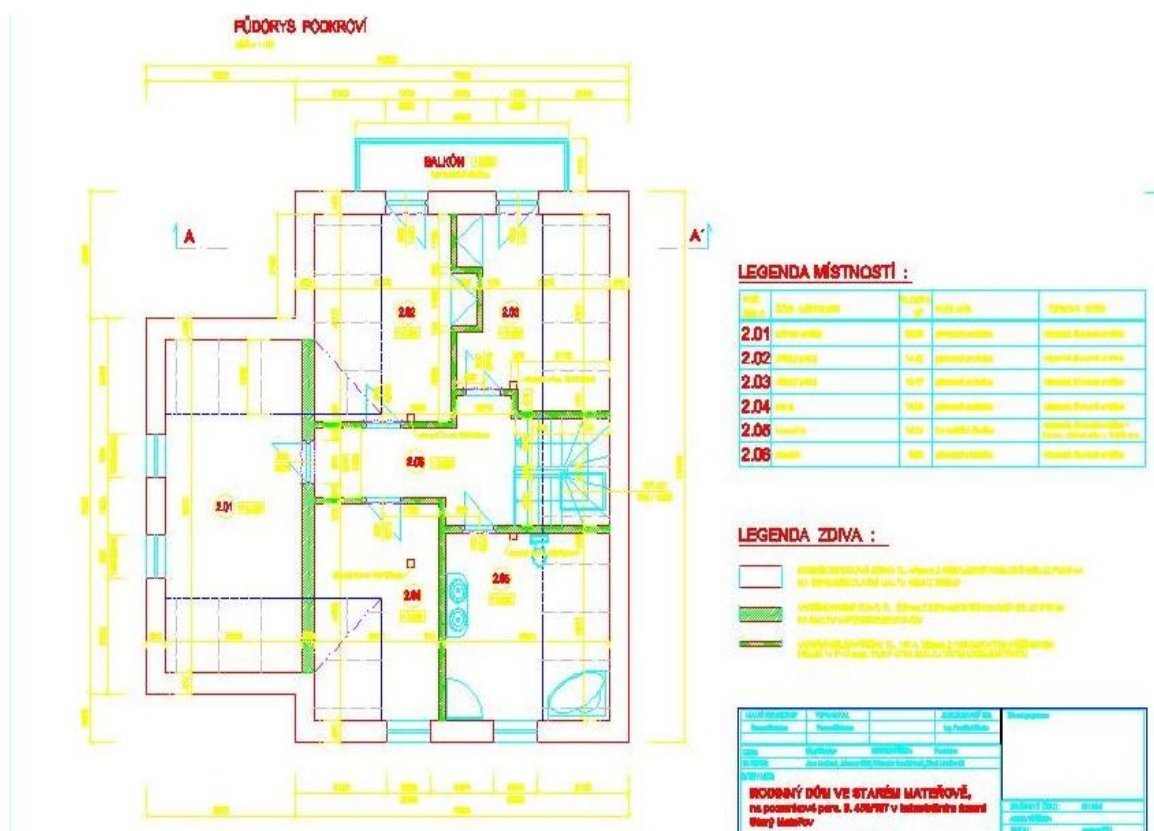
6.2.2	Výpočet tepelné ztráty větráním	31
6.3	Hodnoty tepelných ztrát místností	32
7	Návrh otopných těles	32
7.1	Návrh otopných těles pro teplotní spád 90/70 °C	33
7.2	Návrh otopných těles pro teplotní spád 75/65	33
7.3	Návrh otopných těles pro teplotní spád 55/45	34
7.4	Návrh podlahového vytápění	34
8	Návrh zdroje tepla	36
8.1	Náklady na vytápění plynovým kotlem	37
8.2	Náklady na vytápění kondenzačním kotlem	38
8.3	Náklady na vytápění tepelným čerpadlem	38
8.4	Porovnání investic do otopného systému	40
9	Závěr	41
10	Seznam značek a zkratk	43
11	Příloha A (výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností)	46
12	Použité zdroje	66
12.1	Literatura	66
12.2	Internetové zdroje	66
13	Seznam obrázků	68

Úvod

V dnešní době úspor energií a peněz je problematika levného a účinného vytápění velice vyhledávaná. Z tohoto důvodu budou porovnány různé druhy otopných systémů. Spíše se zaměřím na nízkoteplotní otopné systémy a ty porovnáám s jedním vysokoteplotním systémem. Základem práce bude výpočet tepelné ztráty vybraného rodinného domu. Pro správné přiřazení druhu otopného tělesa budou uvedeny jejich druhy, výhody, nevýhody a pro jaké prostory jsou vhodné. Dále bude proveden výběr základních metod regulace vytápění s porovnáním jejich vlastností, účinnosti a vhodnosti pro různé zdroje tepla. Tepelné ztráty budou vypočteny pro jednotlivé místnosti rodinného domu. K vypočteným hodnotám tepelných ztrát přiřadím otopná tělesa, které budou navržena na různé teplotní spády. Pro společné prostory, ve kterých se lidé nejvíce sdružují a zdržují, bude proveden návrh podlahového vytápění. Zdroje budou voleny: plynový kotel, kondenzační kotel a tepelné čerpadlo. Po vypočítání tepelných ztrát, bude proveden návrh otopných těles a podlahového vytápění a přiřazení zdroje tepla k otopným tělesům bude provedeno ekonomické vyhodnocení a návratnosti investic do otopných systémů.



Obrázek 1.2 - Půdorys 1. nadzemní podlaží



Obrázek 1.3 - Půdorys 2. nadzemního podlaží

2 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

Výpočet návrhové tepelné ztráty bude proveden podle normy ČSN EN 12831.

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i), Φ_i se vypočítá z rovnice:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

2.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor (i) vypočítá z rovnice:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

2.1.1 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí - součinitel tepelné ztráty $H_{T,ie}$

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného (i) do venkovního (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 z rovnice:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad [\text{W}] \quad (3)$$

2.1.2 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy - součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig}$

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 úroveň zeminy, tepelné vlastnosti zeminy.

Tato norma stanovuje tepelné ztráty do zeminy výpočtem podle EN ISO 13370:

- podrobným výpočtem;
- nebo zjednodušeným dále popsáním výpočtem.

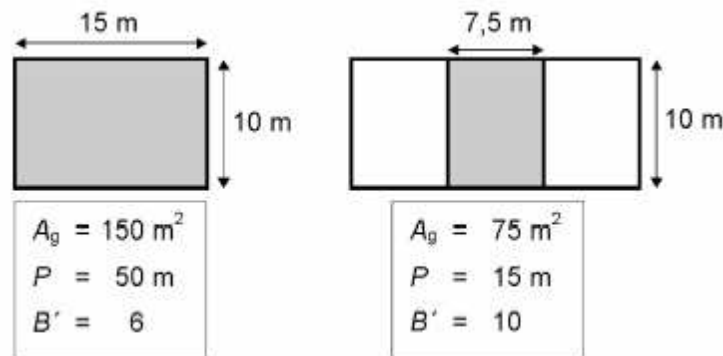
Hodnota tepelné ztráty prostupem do zeminy v ustáleném stavu $H_{T,ig}$ z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) se vypočte z rovnice:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

Obrázky 2.1 a 2.2 a tabulka 5.7 poskytuje hodnoty $U_{equiv,k}$ pro různé typologie podlah podle EN ISO 13370 v závislosti na U-hodnotě stavebních částí a charakteristického parametru B'. V těchto obrázcích a tabulce se předpokládá hodnota součinitele tepelné vodivosti zeminy $\lambda_g = 2,0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Zanedbávají se účinky rohové tepelné izolace.

Charakteristický parametr B' se stanoví (viz. obrázek 2.1) jako:

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

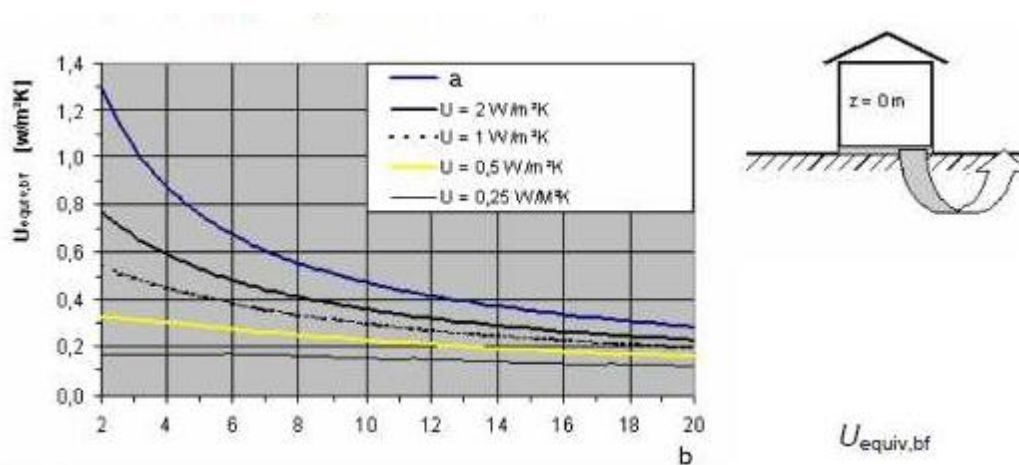
Obrázek 2.1 - Určení charakteristického rozměru B' [3]

V EN ISO je parametr B' vypočítán pro celou budovu. Při výpočtu jednotlivých místností metodou místnost po místnosti, B' se vypočte pro každou místnost jedním z uvedených tří způsobů:

- pro všechny místnosti bez vnějších stěn oddělujících vytápěný prostor od venkovního prostředí se užije B' vypočtené pro celou budovu;
- pro všechny místnosti s dobře izolovanou podlahou ($U_{\text{podlahy}} < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) se užije B' vypočtené pro celou budovu;
- pro všechny ostatní místnosti se vypočítá samostatně B' metodou místnost po místnosti (tradiční výpočet).

Podlahová deska na zemině

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla podzemním podlažím je na obrázku 2.2 a v tabulce 6.7. Je funkcí součinitele prostupu tepla podlahy a charakteristického parametru B' .



Legenda:

a	betonová	podlaha
b	B' hodnota (m)	

Obrázek 2.2 - $U_{\text{equiv,bf}}$ - hodnota podzemního podlaží pro podlahovou desku na zemině v závislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a B' hodnotě [3]

2.1.3 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách - součinitel tepelné ztráty $H_{T,ij}$

$H_{T,ij}$ vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j) vytápěné na výrazně odlišnou teplotu. Může to být sousední místnost uvnitř funkční části budovy (například koupelna, lékařská ordinace a vyšetřovny, skladové místnosti), místnost patřící do sousední funkční části budovy (například byt) nebo nevytápěná místnost v sousedící funkční části budovy.

$H_{T,ij}$ se vypočítá :

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad [\text{W/K}] \quad (6)$$

[3]

Účinky tepelných mostů nebudu ve výpočtech uvažovat.

2.2 Přirážky k základní tepelné ztrátě prostupem

Aby byla dokonaleji splněna podmínka tepelné rovnováhy pobývajících osob, je nutné základní tepelnou ztrátu zvětšit tak, aby byl eliminován vliv chladnějších stěn a stavebních konstrukcí, aby byl urychlen zátop místností při venkovních teplotách blízkých výpočtovým a aby byla zohledněna orientace místnosti (zejména oken) ke světovým stranám.

2.2.1 Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn p_1 závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla dané místnosti k_c , který se stanoví ze základní tepelné ztráty a vypočte se ze všech obklopujících stěn S v místnosti, nikoliv jen ze stěn ochlazovaných:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum_l^n S_j \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (7)$$

Přirážka p_1 se určí podle zjednodušeného vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [-] \quad (8)$$

2.2.2 Přirážka na urychlení zátopu

S touto přirážkou se běžně nepočítá při nepřerušovaném vytápění. Uvažuje se jen v případech kdy ani při venkovní výpočtové teplotě t_e nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. U budov se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém výkonu

menším než 150 kW je $p_2 = 0,1$ při denní době vytápění delší nebo rovné 16 hodinám a $p_2 = 0,2$ při době vytápění kratší než 16 hodin za den.

2.2.3 Přirážka na světovou stranu

Přirážka na světovou stranu p_3 respektuje další nepříznivé (nebo příznivé) vlivy vnějšího prostředí, související s tepelnými ztrátami místností a budov. O výši přirážkového součinitele p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti (většinou okno). Při více takových konstrukcích rozhoduje poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou p_3 nejvyšší.

Tabulka 2.2 - Přirážka p_3 na světovou stranu[1]

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3 [-]	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tepelná ztráta prostupem s přirážkami se určí dle rovnice:

$$\Phi_{TC,i} = \Phi_{T,i} (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (9)$$

[1]

2.3 Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ pro vytápěný prostor (i) se vypočte:

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (10)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$ vytápěného prostoru (i) se vypočte:

$$H_{v,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (11)$$

Výpočtový postup pro stanovení výměny vzduchu $\dot{V}_i$ závisí na uvažovaném řešení, například s nebo bez větrací soustavy.

Přirozené větrání

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

Hodnota výměny vzduchu vytápěného prostoru (i) pro výpočet návrhového 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.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (12)$$

2.3.1 Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$

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:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (13)$$

2.3.2 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy - množství vzduchu $\dot{V}_{inf,i}$

Množství vzduchu infiltrace $\dot{V}_{inf,i}$ vytápěného prostoru (i), způsobené větrem a účinkem vztlačku na plášť budovy, se může spočítat podle:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

V rovnici (11) 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. [3]

3 Otopné plochy

Otopná plocha systému ústředního vytápění je ta část, která předává teplo vyrobené zdrojem do jednotlivých místností. Přenos tepla se z hlediska fyzikálního uskutečňuje vedením přes konstrukční stěnu tělesa a do prostoru je teplo předáváno prouděním a sáláním. Sdílení se děje všemi uvedenými způsoby, ale v různém poměru složek. Převažuje-li sálání, jsou tělesa nazývána sálavými plochami. Při převažující konvekci (proudění) nazýváme tělesa konvekčními.

3.1 Konvekční otopná tělesa

Mezi konvekční otopná tělesa řadíme článková, desková, trubková a konvektory. Většina článkových těles se vyznačuje velkým objemem vody a dlouhou tepelnou setrvačností. Nejvíce používaným typem jsou tělesa desková. Přestupní plocha je tvořena ocelovou tvarovanou deskou s kanálky. Podle počtu desek rozlišujeme tělesa jednořadá, dvouřadá a třířadá. U některých typů je k základní desce přivařena přídatná tvarovaná přestupní plocha zvyšující její výkon. U klasického provedení je napojení na přívodní potrubí zboku - pravé nebo levé strany. U těles ventilkompakt je napojení zespodu (vpravo, vlevo, uprostřed). Napojení odpovídá typ tělesa, většinou není univerzální. Provedení ventilkompakt znamená, že je v tělese zabudován vnitřní rozvod a tělo termostatického ventilu. Tyto typy používáme u skrytých rozvodů (v podlahách, drážkách ve zdivu, soklových lištách apod.).

Otopné těleso umístíme vhodně na nejvíce ochlazované ploše. Tou je stěna mezi vnitřním a venkovním prostředím. Pokud je v konstrukci okno, umístíme těleso přednostně pod něj. Máme-li v místnosti více oken, je doporučeno ve vztahu k vnitřnímu prostředí těleso pod každým z nich.[8]



Obrázek 3.1 - Deskové otopné těleso ventilkompakt [24]

3.2 Tělesa trubková

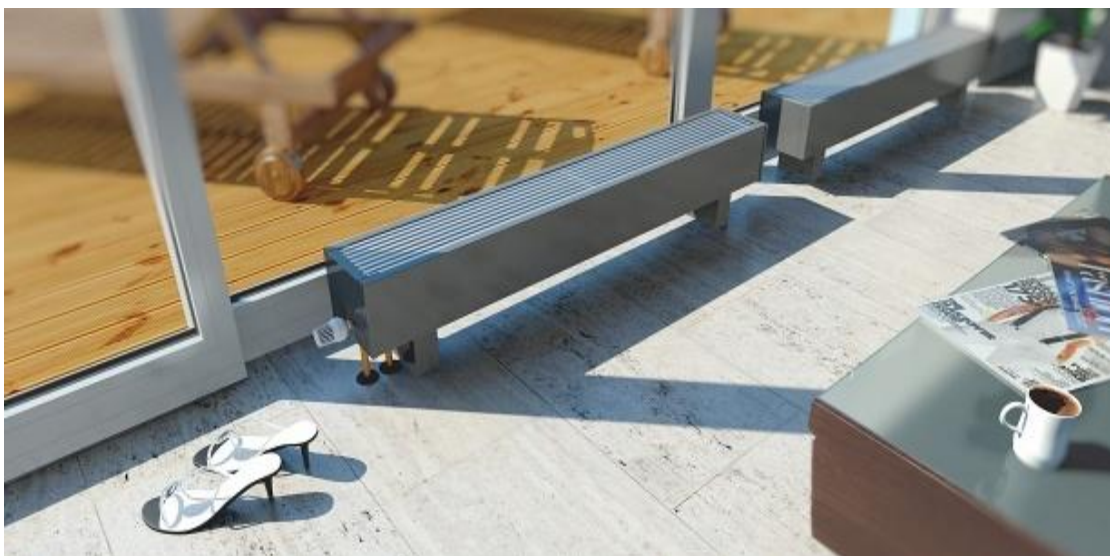
Jsou tvořena vodorovným nebo svislým ocelovým trubkovým registrem. Mezi nejčastěji používané vyráběné typy patří takzvané koupelnové žebříky. Napojují se na rozvod otopné vody.[8]



Obrázek 3.2 - Trubkové otopné těleso se středovým připojením [18]

3.3 Konvektory

S ohledem na místo osazení je dělíme na povrchové a podlahové. Povrchové konvektory jsou vyráběny v typech určených pro osazení na stěnu nebo podlahu. Skříň konvektoru je z ocelového plechu, ze spodní strany je neuzavřená, z horní strany je kryta mřížkou. V dolní části je umístěn ocelový žebrový registr, nejčastěji tvořený měděnou trubkou s hliníkovými lamelami pro zvětšení teplosměnné plochy. Většinou pracují s přirozenou cirkulací vzduchu. V místnostech s prosklenou plochou až k podlaze, u oken s velmi nízkým parapetem nebo v prostorách s vnitřními bazény apod. se velmi často používají podlahové konvektory. Podlahové konvektory jsou určeny pro přirozenou konvekci vzduchu (typy bez ventilátorů) nebo nucenou konvekci (s ventilátory). Konvektory pro přirozené proudění vzduchu mají nízké výkonové parametry a jejich instalace v nízkoteplotních soustavách postrádá smysl.



Obrázek 3.3 - Konvektor (lavice) [22]



Obrázek 3.4 - Podlahový konvektor [22]

4 Podlahové a stěnové vytápěcí systémy

Otopnou plochou, která předává teplo do místnosti, je tepelně aktivovaná stavební konstrukce. Tou je podle umístění trubních rozvodů podlaha nebo stěna místnosti. Při předávání tepla převažuje sálání nad složkou konvekční. Jsou to systémy, které pracují s nízkou teplotou otopné vody, proto jsou vhodné pro spojení s alternativními zdroji tepla (tepelná čerpadla, podpora vytápění solární technikou) nebo kondenzačními kotli. Umožňují snížení teploty vzduchu v místnosti o přibližně 1 až max. 3 °C bez narušení tepelné pohody člověka. Vytápění na nižší teplotu vzduchu přináší úspory energie.[8]

Vytápění na nižší teplotu vzduchu v místnosti snižuje tepelnou ztrátu místnosti. To je důsledkem nižší potřeby tepla pro vytápění. Způsoby jakými lze ušetřit jsou snížení teploty otopné vody nebo kratší provozní doba kotle.

Mezi přednosti vytápěcích systémů ve stavebních konstrukcích patří minimalizace cirkulace vzduchu a s tím související víření částic (prachu), proto jsou vhodné pro prostory s pobytem osob trpícími alergiemi. Rozložení teplot v místnosti je oproti převážně konvekčním způsobům vytápění rovnoměrnější. [8]



Obrázek 4.1 - Montáž podlahového vytápění [5]

5 Regulace otopných soustav

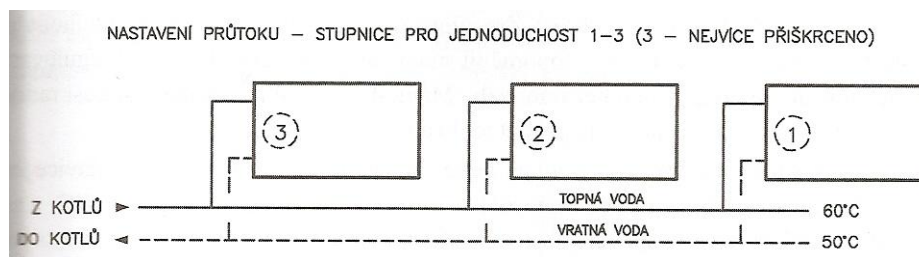
Regulace otopných soustav umožňuje efektivnější vytápění. Níže budou popsány různé způsoby regulace otopných soustav.

5.1 Zaregulování průtoku radiátorů

Prvním způsobem je škrcení průtoku na straně vstupu topné vody do radiátoru. Druhým způsobem je škrcení průtoku na straně vratné vody z radiátoru radiátorovým šroubením.

Topný systém je vždy navržen na nějaký tepelný spád. Starší topné systémy byly počítány na tepelný spád 90/70 °C a novější většinou na 75/55 °C. To znamená, že do radiátoru vstupuje při maximálním výkonu a optimálním nastavení systému 90 °C teplá voda a vrací se 70 °C. Je-li průtok menší, voda teče pomaleji, předá více tepla a vratná voda je chladnější než by měla být. Naopak při velkém průtoku topná voda jen proteče, nepředá teplo, vratná voda je horká a my jen ohříváme vodu. Řekneme-li, že poslední

radiátor necháme naplno otevřený první maximálně přivřeme, tak rovnoměrně rozprostřeme rozsah stupnice do radiátorů mezi nimi, podle velikosti a vzdálenosti od zdroje tepla. [9]



Obrázek 5.1 - Regulace průtoku radiátory [9]

5.2 Regulace pomocí termostatických ventilů a hlavice

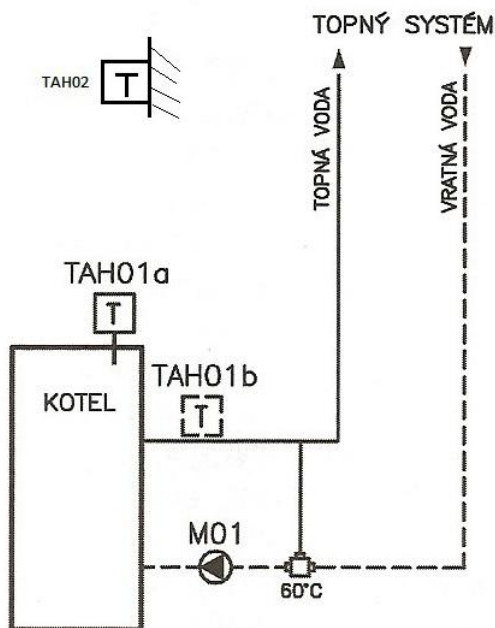
Nejrozšířenějším způsobem regulace je používání termostatických ventilů a termostatických hlavice, které umožňují automatickou regulaci vytápění a udržují nastavenou teplotu vzduchu v místnosti bez ohledu na přítomnost uživatele. Množství protékajícího otopného média termostatickým ventilem je řízeno pomocí termostatické hlavice fungující na principu tepelné dilatace kapaliny, plynu, nebo pevné látky. Vzhledem k tomu, že každé otopné těleso obsahuje jeden termostatický ventil a termostatickou hlavici, je tím plně zabezpečována individuální regulace každého otopného tělesa. Termostatická hlavice reaguje na veškeré tepelné zisky ve vytápěné místnosti (sluneční zisky, teplo produkované dalšími spotřebiči, živočišné teplo atd.). Termostatické hlavice se nabízejí v řadě provedení, např. s odděleným teplotním snímačem, s dálkovým ovládáním nebo elektronické, obsahující programátor. [19]

5.3 Regulace čerpadlového topného okruhu pomocí prostorového termostatu

Tento druh regulace se používá u systémů, kde máme topnou vodu už teplotně předregulovanou, nebo v jednodušších topných systémech, např. u rodinných domů.

Čerpadlový topný okruh můžeme použít u kotlů na tuhá paliva nebo u kotlů odstavitelných, tj. plynových kotlů, elektrokotlů atd. [9]

K regulaci lokálních zdrojů tepla se používají prostorové termostaty, které slouží k porovnávání požadované a aktuálně změřené prostorové teploty. Součástí každého termostatu jsou: teplotní snímač měřící pokojovou teplotu, funkční prvky pro nastavení požadované teploty a relé ke spínání připojených zařízení (hořák, čerpadlo, apod.). Termostaty se dělí na mechanické a digitální, přičemž digitální obsahují funkce, které si uživatel může nakonfigurovat. Nevýhodou prostorových termostatů je, že zdroj tepla je ovládán podle vnitřní teploty naměřené pouze v jedné - referenční - místnosti. [19]



Obrázek 5.2 - Regulace prostorovým termostatem [9]

Při použití v rodinných domech s kotlem na tuhá paliva je čerpadlo často spouštěno od výstupní teploty z kotle příložným termostatem. Daleko lepším řešením je umístit kapilární termostat přímo do kotle. Čerpadlo poté reaguje přímo na provozní stav kotle.

Plynové kotle mají ve výbavě už osazeno čerpadlo. Je-li kotel použit jen pro jednoho odběratele tepla, velmi doporučuji osazení prostorového termostatu k odstavení zdroje tepla při dotopení prostoru na požadovanou teplotu. Někteří výrobci kotlů dodávají i prostorové ovladače, které komunikují s kotlem a podle prostorové teploty plynule ubírají výkon hořáku kotle až na udržovací výkon.

Prostorové termostaty - osazujeme-li prostorový termostat do referenční místnosti, měla by to být taková místnost, ve které se obyvatelé normálně zdržují a sdružují, za dodržení následujících základních pravidel[9]:

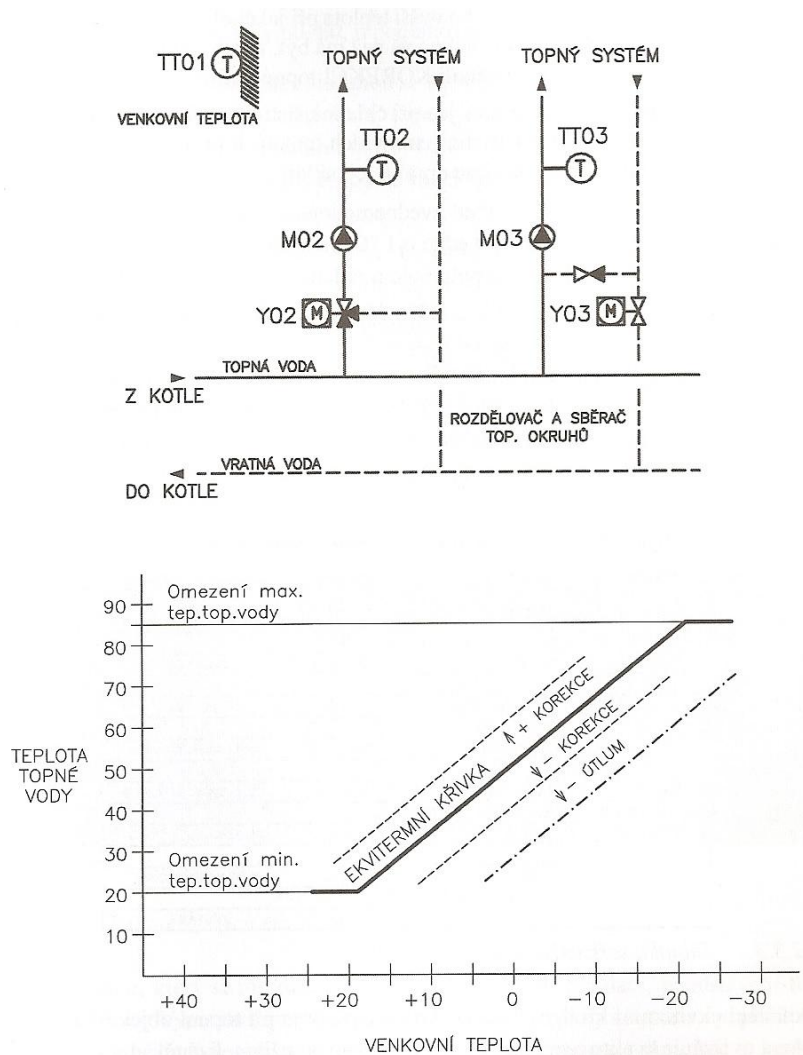
- Prostorový termostat neosazujeme na vnitřní stranu obvodové zdi;
- prostorový termostat neosazujeme za dveře, minimálně 30 cm od dveří a 50 cm od rohu místnosti;
- prostorový termostat neosazujeme k žádnému zdroji tepla nebo chladu (i televize vyzařuje teplo)
- prostorový termostat nesmí být zastaven nábytkem, ani ničím zakryt (min. 10 cm volného místa na každou stranu), aby byla zajištěna cirkulace vzduchu přes termostat;
- prostorový termostat osazujeme, pokud to jde, na zeď naproti zdroji tepla (radiátory), aby cirkulace tepla v místnosti probíhala přes termostat ve vhodném bodě;

- prostorový termostat osazujeme do výšky 120 - 140 cm nad podlahu;
- též je důležité určit referenční místnost. Tato místnost by měla být nejchladnější a největší, nebo nejvyužívanější. V rodinných domech je to standardně obývací pokoj. Zejména se vyhneme kuchyním, ve kterých je obvykle produkována spousta odpadního tepla, ložnicím, ve kterých chceme většinou trvalou nižší teplotu, a neměla by to být místnost s velkou prosklenou plochou směrem na jih, kde půl dne svítí slunce, nebo místnost, kde se běžně topí krbem a ostatní místnosti na tento druh vytápění nejsou napojeny.

5.4 Regulace ekvitermním topným okruhem

Regulace teploty v místnosti podle aktuální venkovní teploty spočívající v nastavení teploty topné vody se nazývá ekvitermní regulací. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti, při vyšší venkovní teplotě naopak. Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek, které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. [19]

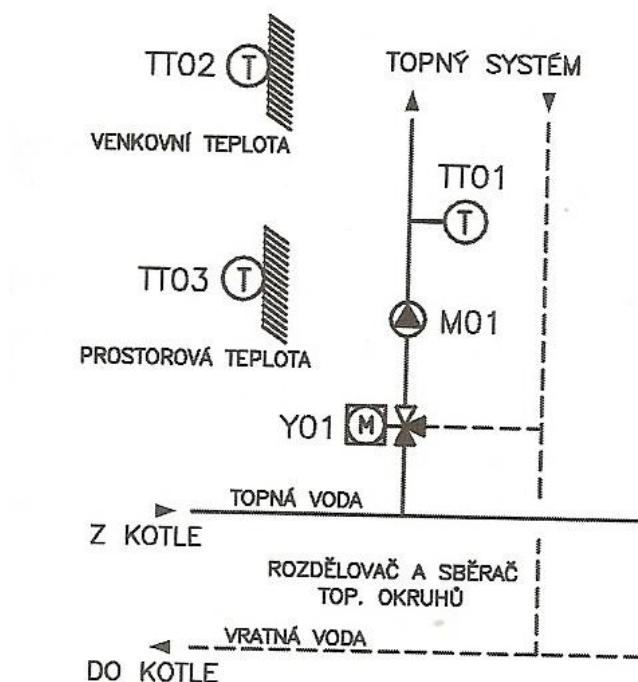
Venkovní snímač osazujeme na venkovní zeď budovy, na které jsou umístěna okna regulovaných místností, ale snímač nesmí být vystaven přímému slunečnímu záření. Pokud může dojít k oslunění, zakryjeme venkovní snímač tak, aby přes něj mohl cirkulovat vzduch. Osvědčil se kryt z nerezového plechu ve tvaru půlkruhu, montovaný horizontálně. Není vhodné použít na kryt měděný plech, protože asi po roce ztmavne, poté neodráží sluneční paprsky a dochází k ohřevu snímače, což je nežádoucí. Pokud je pro celou budovu použit jen jeden snímač venkovní snímač, zvolíme umístění na severní (nejchladnější) straně objektu. Snímač osazujeme přednostně do středu budovy nebo topné zóny, 2 až 3 metry nad zemí. Snímač nesmí být nad okny, dveřmi nebo potencionálními zdroji tepla. Též je nevhodné umístění pod parapety a balkóny. [9]



Obrázek 5.3 - Regulace ekvitermním okruhem a ekvitermní křivka [9]

5.5 Ekvitermní topný okruh s vlivem prostoru

S použitím prostorového snímače máme o hodně větší pole působnosti v regulaci topného okruhu a doladění ekvitermní křivky podle aktuálních podmínek. Pro rodinné domy bez řídicího systému a s malou spotřebou energie je ideálním řešením (poměr cena/výkon) použití kotle s ekvitermní regulací teploty topné vody a prostorového ovladače s integrovaným snímačem teploty, který nám doladuje tepelnou pohodu a zároveň plynule reguluje výkon hořáku kotle podle konkrétní situace. Pokud toto výrobce kotle neumožňuje, je vhodné použít náhradní řešení, které ale nedosahuje takové efektivity jako řešení předešlé. V podstatě je to kombinace ekvitermního řízení kotle a použití prostorového termostatu s časovým programem pro odstavení topení při dotopení prostoru na žádanou hodnotu. Toto už ale není ekvitermní řízení s vlivem prostoru, ale ekvitermní řízení s odstavením topení od prostorové teploty. [9]



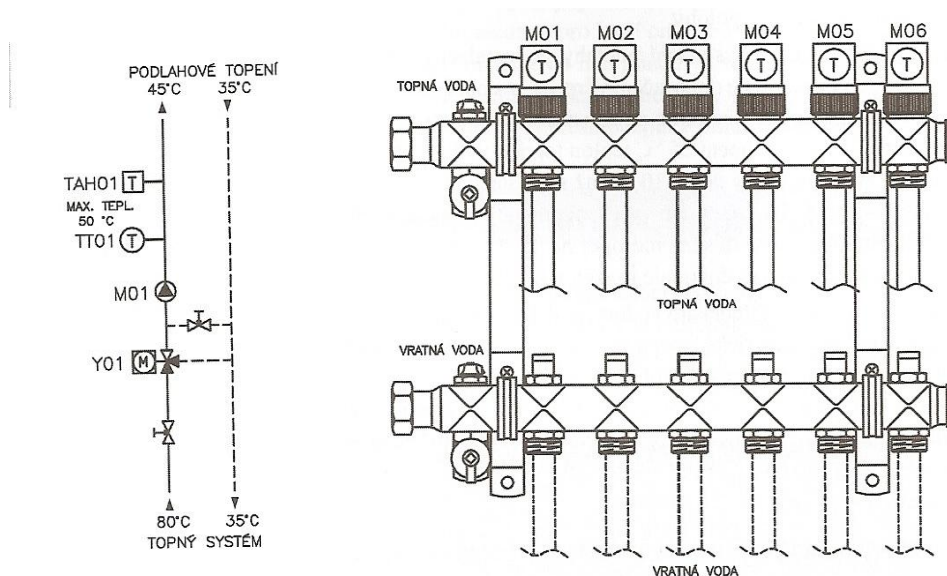
Obrázek 5.4 - Regulace ekvitemním okruhem s vlivem prostoru [9]

5.6 Podlahové topení

Teplotu topné vody pro okruh podlahového topení nebo přípravu vhodné teploty topné vody pro rozdělovač podlahových topných okruhů můžeme též řídit podle ekvitemní křivky, ale musíme ji zvolit podstatně menší, protože podlahové topení je navrhováno na menší provozní teploty, zpravidla na tepelný spád 45/35°C.

Je-li použit rozdělovač podlahových topných okruhů, můžeme jednotlivé topné okruhy podlahového topení elektricky ovládat[9]:

- pomocí prostorových termostatů, které ovládají termopohony na rozvaděči podlahového topení pro jednotlivé okruhy;
- centrální řídicí systém, který ovládá zdroj tepla, přípravu topné vody a pomocí prostorových snímačů ovládá termopohony jednotlivých topných okruhů.



Obrázek 5.5 - Podlahové vytápění [9]

6 Výpočet tepelných ztrát objektu

Výpočet tepelných ztrát objektu a výpočet tepelného výkonu jsem provedl pro jednotlivé místnosti podle normy ČSN EN 12831. Výpočty jednotlivých místností jsou uvedeny v souboru vytvořeném v Excelu, který je přiložen na CD. Tabulky výpočtu všech místností jsou uvedeny v příloze A. Při výpočtu tepelných ztrát jsem zanedbal ztráty tepelnými mosty.

6.1 Hodnoty potřebné pro výpočet

Tabulka 6.1 - Klimatické údaje[3]

Popis	označení	Jednotka	hodnota
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-12
Průměrná roční teplota	$\theta_{m,e}$	°C	13

Tabulka 6.2 - Výpočtové vnitřní teploty[3]

Druh prostoru	$\theta_{int,i}$ (°C)
Obývací místnosti (obývací pokoje, ložnice, jídelny, pracovny, dětské pokoje)	20
Kuchyně	20
Koupelny	24
Klozety	20
Vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby aj.)	15
Vytápěná schodiště	10

Tabulka 6.3 - Minimální hodnoty hygienické výměny vzduchu[3]

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

Tabulka 6.4 - Hodnoty výměny vzduchu pro celou budovu[3]

Stavba	n_{50} h^{-1}			
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnění oken)			
	Vysoká (velmi utěsněná okna a dveře)	Střední (okna s dvojskly, normálně utěsněná)	Nízká (okna s jednoduchým zasklením, bez utěsnění)	
Rodinný dům s jedním bytem	<4	4 až 10	>10	
Jiné bytové domy nebo budovy	<2	2 až 5	>5	

Tabulka 6.5 - Stínící činitel[3]

Třída zastínění	E		
	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 stromovým 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. 6.6 - Výškový korekční činitel[3]

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země (vzdálenost středu výšky místnosti od země)	ε
0 - 10 m	1,0
>10 - 30 m	1,2
>30 m	1,5

Tepelné ztráty zeminou

Základní hodnoty pro korekční činitele f_{g1} a G_w jsou:

$$f_{g1} = 1,45;$$

$G_w = 1,00$, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů větší než 1m;

$G_w = 1,15$, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů menší než 1m. [3]

Tabulka 6.7 - Hodnota $U_{equiv,k}$ podle hodnoty B' a $U_{podlahy}$ [3]

B' - hodnota M	$U_{equiv,bf}$ (pro $z = 0m$) W/m^2K				
	Bez izolace	$U_{podlahy}=2,0$ W/m^2K	$U_{podlahy}=1,0$ W/m^2K	$U_{podlahy}=0,5$ W/m^2K	$U_{podlahy}=0,25$ W/m^2K
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

Tabulka 6.8 - U-hodnoty stavebních konstrukcí [2,10,11,12,13,14,15,16,17,25,26]

Materiál	D m	Λ W/m.K	R $m^2.K/W$	U_k $W/m^2.K$
Nezateplená vnější stěna				
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
Odpor při přestupu na vnější straně			0,040	
Heluz Plus 44 s tepelněizolační omítkou a omítkou vnitřní + štuk	0,495	0,133	4,460	
Celkový U_k				0,216
Okna a balkonové dveře				
U_k				0,800
Dveře				
Vnitřní dveře dřevěné, se sklem ze 2/3				3,000
Vnitřní dveře dřevěné, plné				2,000
Vnější dveře plastové, vstupní				1,600
Podlaha 1.NP s podlahovým topením a plovoucí podlahou				
Plovoucí podlaha	0,012	0,120	0,100	
Beton mazanina	0,065	1,300	0,050	
Polystyrén Styrotrade	0,080	0,042	2,550	
Beton podkladní	0,150	1,300	0,115	
Systémová deska podlahového topení	0,030	0,038	0,790	
Asfaltová lepenka	0,0035	0,21	0,017	

Celkové U _k				0,276
Podlaha 2.NP				
Beton mazanina	0,07	1,3	0,054	
Polystyrén Styrotrade	0,02	0,042	0,476	
Betonové stropní panely	0,265		0,230	
Vápenná štuková omítka	0,0025	0,570	0,004	
Celkové U _k				1,308
Strop 2.NP				
Tepelná izolace Orsil	0,240	0,042	5,700	
Sádrokartonový podhled Knauf	0,0125	0,220	0,057	
Celkové U _k				0,174
Střešní okna Velux				
Celkové U _k				1,000
Vnitřní nosné zdivo				
Heluz P15 30 včetně omítek				0,600
Celkové U _k				
Vnitřní dělicí příčky				
Heluz 14 včetně omítek				1,290
Garážová vrata				
Lomax garážová vrata				1,220
Podlaha 1.NP bez podlahového vytápění				
Keramická dlažba	0,005	1,010	0,005	
Beton mazanina	0,070	1,300	0,054	
Polystyrén Styrotrade	0,1	0,042	2,381	
Beton podkladní	0,15	1,3	0,115	
Asfaltová lepenka	0,0035	0,21	0,017	
Celkové U _k				0,389
Podlaha 2.NP nad závětřím				
Beton mazanina	0,07	1,3	0,054	
Polystyrén Styrotrade	0,02	0,042	0,476	
Betonové stropní panely	0,265		0,230	
Vápenná štuková omítka	0,0025	0,57	0,004	
Polystyrén Styrotrade	0,12	0,042	2,850	
Celkové U _k				0,277
Podlaha 1.NP s podlahovým topením a dlažbou				
Keramická dlažba	0,005	1,01	0,005	
Beton mazanina	0,065	1,3	0,050	
Polystyrén Styrotrade	0,08	0,042	2,550	
Beton podkladní	0,15	1,3	0,115	
Systémová deska podlahového topení	0,03	0,038	0,790	
Asfaltová lepenka	0,0035	0,21	0,017	
Celkové U _k				0,284

6.2 Výpočet tepelné ztráty obývacího pokoje

Níže je uveden výpočet tepelné ztráty obývacího pokoje vybraného rodinného domu. Ostatní místnosti jsou počítány obdobným způsobem podle ČSN EN 12831. Podrobné výpočty provedené v programu Excel jsou uvedeny v příloze a na příloženém CD.

6.2.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Součinitel tepelné ztráty $H_{T,ie}$ do venkovního prostředí se vypočte dle rovnice (3) :

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k = 27,07 \cdot 0,216 \cdot 1 + 7,71 \cdot 0,8 \cdot 1 = 12,015 \text{ W/K}$$

Součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig}$ se vypočte dle rovnice (4):

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w = 1,45 \cdot 0,497 \cdot (25,96 \cdot 0,17) \cdot 1 \\ = 3,18 \text{ W/K}$$

$U_{equiv,k}$ zjistíme z tabulky 2.1. Hodnota B' se vypočte dle rovnice (5):

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{25,96}{0,5 \cdot 13,35} = 3,89 \text{ m}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem se vypočte dle rovnice (2):

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \\ = (12,015 + 3,18 + 0 + 0) \cdot [20 - (-12)] = 486,215 \text{ W}$$

Přirážka na vyrovnaní chladných stěn p_1 se vypočítá dle rovnice (8):

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,342 = 0,0513$$

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum_l^n S_j \cdot (t_i - t_e)} = \frac{486,215}{44,405 \cdot (20 - (-12))} = 0,342$$

Přirážka na urychlení zátoku $p_2 = 0,2$. Doba vytápění je menší než 16 hodin.

Přirážka na světovou stranu p_3 se určí podle tabulky 2.2:

Tepelná ztráta prostupem tepla s přirážkami se vypočítá podle rovnice (9):

$$\Phi_{TC,i} = \Phi_{T,i} (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 486,215 \cdot (1 + 0,0513 + 0,2 + 0) = 608,4 \text{ W}$$

6.2.2 Výpočet tepelné ztráty větráním

Minimální hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$ se vypočte dle rovnice (10):

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 69,443 = 34,7215 \text{ m}^3/\text{h}$$

Minimální množství vzduchu infiltrací $\dot{V}_{inf,i}$ se vypočte dle rovnice (11):

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 69,443 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 1 = 12,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hodnota výměny vzduchu vytápěného prostoru se vypočte dle rovnice (9):

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) = \max(12,5; 34,7215) = 34,7215 \text{ m}^3/\text{h}$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$ se vypočte dle rovnice (8):

$$H_{v,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p = 34,7215 \cdot \frac{1,273 \cdot 1010}{3600} = 12,4 \text{ W/K}$$

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ se vypočte dle rovnice (7):

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 12,4 \cdot [20 - (-12)] = 396,82 \text{ W}$$

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i se vypočte dle rovnice (1):

$$\Phi_i = \Phi_{TC,i} + \Phi_{v,i} = 608,4 + 396,82 = 1005,22 \text{ W}$$

6.3 Hodnoty tepelných ztrát místností

Číslo místnosti	Místnost	Tepelná ztráta [W]
1.01	Obývací místnost	1005,22
1.02	Kuchyň	482,78
1.03	Hala se schodištěm	254,98
1.04	Vstupní zádveří	241,81
1.05	Koupelna	473,27
1.06	Technická místnost	85,12
1.07	WC	231,21
1.08	Garáž	723,56
2.01	Ložnice	967,44
2.02	Dětský pokoj	410,28
2.03	Dětský Pokoj	414,17
2.04	Pokoj pro hosty	378,74
2.05	Koupelna	1069,63
2.06	Chodba se schodištěm	268,11
	Součet	7004,14

7 Návrh otopných těles

Pro jednotlivé místnosti rodinného domu jsem navrhl otopná tělesa pro různé teplotní spády. Tyto teplotní spády jsou 90/70 °C, 75/65 °C a 55/45°C. Do obytných a technických místností jsem zvolil desková otopná tělesa. Jejich výhodou je téměř rovnocenný poměr sálavé a konvekční složky oproti konvektorům, které mají nízké výkony a poměrně hodně víří prach v místnosti. Jsou také lehce omyvatelné a nabízí se v široké škále možností. Do koupelen jsem navrhl trubková otopná tělesa (tzv. koupelnové žebříky). Jejich výhodou je dobrý poměr sálavé a konvekční složky a tvar vhodný pro sušení osušek ručníků apod. Pro každou místnost jsem zvolil nejbližší vyšší výkon otopného tělesa k tepelné ztrátě dané místnosti. Do koupelny v 2. NP bylo navrženo k trubkovému otopnému tělesu ještě jedno deskové otopné těleso, aby bylo dosaženo potřebného výkonu při teplotním spádu 55/45 °C.

7.1 Návrh otopných těles pro teplotní spád 90/70 °C

V tabulce 7.1 jsou uvedeny otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 90/70 °C a výkon potřebný pro danou místnost rodinného domu.

Tabulka 7.1 - Návrh otopných těles pro teplotní spád 90/70

Místnost	Tepelná ztráta [W]	Typ otopného tělesa	Typ	Délka/Výška [mm/mm]	Výkon otopného tělesa [W]	Cena [Kč]
1.04	241,81	Deskové	10 VK	600/300	252	1678
1.05	473,27	Trubkové	KRMM 900.450	445/900	492	2133
1.06	85,12	Tepelné zisky od kotle a bojleru				
1.07	231,21	Deskové	10 VK	600/300	252	1678
1.08	723,56	Deskové	10 VK	500/500	2x382	1943
2.01	967,44	Deskové	20 VK	500/500	2x531	2390
2.02	410,28	Deskové	11 VK	400/500	436	2042
2.03	414,17	Deskové	11 VK	400/500	436	2042
2.04	378,74	Deskové	10 VK	600/500	391	2027
2.05	1069,63	Trubkové	KRMM 1500/600	595/1495	1097	3034
2.06	268,11	Deskové	10 VK	500/400	269	1792

Náklady na pořízení otopných těles dimenzovaných pro teplotní spád 90/70 °C činí 20759 Kč.

7.2 Návrh otopných těles pro teplotní spád 75/65

V tabulce 7.2 jsou uvedeny otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 75/65 °C a výkon potřebný pro danou místnost rodinného domu.

Tabulka 7.2 - Návrh otopných těles pro teplotní spád 75/65 °C

Místnost	Tepelná ztráta [W]	Typ otopného tělesa	Typ	Délka/Výška [mm/mm]	Výkon otopného tělesa [W]	Cena [Kč]
1.04	241,81	Deskové	10 VK	400/600	242	2008
1.05	473,27	Trubkové	KRMM 900/750	745/900	511	2363
1.06	85,12	Tepelné zisky od kotle a bojleru				
1.07	231,21	Deskové	10 VK	400/600	242	2008
1.08	723,56	Deskové	10 VK	600/600	2x362	2183
2.01	967,44	Deskové	11 VK	700/400	2x496	2317
2.02	410,28	Deskové	20 VK	500/500	419	2390
2.03	414,17	Deskové	20 VK	500/500	419	2390
2.04	378,74	Deskové	20 VK	400/600	391	2401
2.05	1069,63	Trubkové	KRMM 1820.600	595/1810	835	3453
		Deskové	10 VK	500/500	257	1944
2.06	268,11	Deskové	10 VK	500/600	302	2098

Náklady na pořízení otopných těles dimenzovaných pro teplotní spád 75/65 °C činí 25554 Kč.

7.3 Návrh otopných těles pro teplotní spád 55/45

V tabulce 7.3 jsou uvedeny otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 55/45 °C a výkon potřebný pro danou místnost rodinného domu.

Tabulka 7.3 - Návrh otopných těles pro teplotní spád 55/45

Místnost	Tepelná ztráta [W]	Typ otopného tělesa	Typ	Délka/Výška [mm/mm]	Výkon otopného tělesa [W]	Cena [Kč]
1.04	241,81	Deskové	10 VK	600/900	269	2662
1.05	473,27	trubkové	KRMM 1820.600	595/1810	515	3453
1.06	85,12	Tepelný zisk od kotle o bojleru				
1.07	231,21	Deskové	11 VK	500/600	256	2374
1.08	723,56	Deskové	22 VK	500/500	2x367	3112
2.01	967,44	Deskové	22 VK	800/400	2x493	3506
2.02	410,28	Deskové	22 VK	400/600	424	2960
2.03	414,17	Deskové	22 VK	400/600	424	2960
2.04	378,74	Deskové	21 VK	600/600	391	3112
2.05	1069,63	Trubkové	KRM 1820.750	745/1810	645	3741
		Deskové	22 VK	600/500	441	3317
2.06	268,11	Deskové	10 VK	600/900	269	2662

Náklady na pořízení otopných těles dimenzovaných pro teplotní spád 55/45 °C činí 33859 Kč.

7.4 Návrh podlahového vytápění

Návrh výkonu podlahového topení jsem provedl podle katalogu IVAR CS, spol. s r.o. Níže je popsán postup návrhu podlahového topení.

Návrh výkonu podlahového vytápění vychází z plochy podlahy vytápěného prostoru, podlahové krytiny a z požadovaného tepelného výkonu. Ten je dán tepelnou ztrátou místnosti. Vydělením požadovaného výkonu plochou podlahy zjistím měrný tepelný výkon pro danou místnost. Poté podle podlahové krytiny v příslušné tabulce naleznou vhodnou ukládací vzdálenost potrubí ALPEX XS 16x2 mm pro požadovanou vnitřní teplotu. Pokud nenaleznou odpovídající ukládací vzdálenost musím použít k dosažení potřebného tepelného výkonu radiátory.

Do místností 1.01, 1.02 a 1.03 jsem zvolil podlahové topení. Podlahové topení bude položeno mimo zastavěnou plochu kuchyňským koutem. Podlahová krytina je plovoucí

podlaha v obývací místnosti a hale se schodištěm, keramická dlažba je položena v kuchyni.

Měrný tepelný výkon q se vypočte :

$$q = \Phi_i / A_i \quad [\text{W/m}^2] \quad (15)$$

Měrný tepelný výkon pro obývací místnost se vypočte podle rovnice (15), kde A_i je celková plocha podlahy obývací místnosti:

$$q = \Phi_i / A_i = 1005,22 / 25,96 = 38,72 \text{ W/m}^2$$

Měrný tepelný výkon pro kuchyň se vypočte podle rovnice (15), kde A_i je plocha podlahy nezakrytá kuchyňským koutem:

$$q = \Phi_i / A_i = 482,78 / 4,1 = 117,75 \text{ W/m}^2$$

Měrný tepelný výkon pro halu se schodištěm se vypočte podle rovnice (15), kde A_i je plocha podlahy bez schodiště:

$$q = \Phi_i / A_i = 254,98 / 5,16 = 49,41 \text{ W/m}^2$$

Tabulka 7.4 - Podlahové vytápění

Místnost	Měrný tepelný výkon	Střední teplota vody v topení	Ukládací vzdálenost	Hustota tepelného výkonového toku q	Spotřeba trubek	Střední teplota povrchu podlahy
	W/m^2	$^{\circ}\text{C}$	Cm	W/m^2	m/m^2	$^{\circ}\text{C}$
1.01	38,72	42	30	58,1	3,4	25,2
1.02	117,75	45	20	100,9	5	29,0
1.03	49,41	38	25	54,3	4	24,8
Průměr	68,63			71,1		

V místnosti 1.02 (kuchyň) jsem z důvodu dodržení maximální povrchové teploty podlahy v zóně trvalého pobytu (29°C) navrhl nižší hustotu tepelného výkonového toku než je požadovaný měrný tepelný výkon místnosti. Jelikož není kuchyň oddělena od obývacího pokoje (1.01) a haly se schodištěm (1.03) dělicí příčkou ani nosnou vnitřní stěnou, navýšil jsem hodnotu hustoty tepelného výkonového toku v obývací místnosti tak, že součet měrných tepelných výkonů všech tří místností je menší než součet hustot tepelných výkonových toků těchto třech místností.

Náklady na potrubní rozvod podlahového vytápění (IVAR.ALPEX - THERM XS) při ceně 34 Kč/m vypočtu vynásobením spotřeby trubek na metr čtvereční a plochou podlahy a poté vynásobením ceny za metr.

Obývací pokoj (místnost 1.01)

$$\text{počet metrů trubek} = 38,72 * 3,4 = 131,7 \text{ m}$$

cena trubek = $131,7 \cdot 34 = 4477,8$ Kč

Kuchyň (místnost 1.02)

počet metrů trubek = $4,1 \cdot 5 = 20,5$ m

cena trubek = $20,5 \cdot 34 = 697$ Kč

Hala se schodištěm (místnost 1.03)

počet metrů trubek = $5,16 \cdot 4 = 20,64$ m

cena trubek = $20,64 \cdot 34 = 701,76$ Kč

Celková cena potrubního rozvodu podlahového vytápění

Celková cena = $701,76 + 697 + 4477,8 = 5876,56$ Kč

Trubní rozvod podlahového vytápění bude stát nejméně 5876,56 Kč.

8 Návrh zdroje tepla

Pro tento rodinný dům jsem navrhl tři druhy vytápění. A to vytápění plynovým kotlem při teplotním spádu 75/65 °C, kondenzačním kotlem při teplotním spádu 55/45 °C a tepelným čerpadlem při teplotním spádu 55/45 °C. Náklady na vytápění se vypočítají podle spotřeby tepla.

Spotřeba tepla za topnou sezónu se vypočte dle následující rovnice:

$$Q_{VYT,R} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_{CD}}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{GJ/rok}] \quad (16)$$

Vytápěcí denostupně za topnou sezónu se vypočtou podle následující rovnice:

$$D = d(t_{is} - t_{es}) \quad [\text{den} \cdot ^\circ\text{C}] \quad (17)$$

Opravný součinitel pro vytápění se vypočte podle následující rovnice[33]:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (18)$$

Potřeba tepla pro vytápění pro tento rodinný dům bude podle rovnice (16):

$$Q_{VYT,R} = \frac{0,9 \cdot 0,9 \cdot 1}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 7 \cdot 234 \cdot (19 - 4,1)}{19 - (-12)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 61,05 \text{ GJ/rok}$$

Množství zemního plynu pro vytápění se vypočte podle následující rovnice:

$$M_{pal} = \frac{Q_{VYT,R}}{Q_i^r \cdot \eta} \quad [\text{m}^3/\text{rok}] \quad (19)$$

Množství elektrické energie spotřebované tepelným čerpadlem se vypočte podle následující rovnice[34]:

$$M_{pal} = \frac{Q_{VYT,R}}{\text{průměrný roční topný faktor} \cdot 3,6} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (20)$$

Cena za vytápění s vypočte podle následující rovnice:

$$cena = M_{pal} \cdot \text{cena za jednotku} + 12 \cdot \text{měsíční paušál} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (21)$$

V tabulce 8.1 jsou uvedeny ceny za elektrickou energii a zemní plyn.

Tabulka 8.1 - Ceny za el. energii a zemní plyn [34]

Druh	Cena za jednotku	Paušál
	[Kč/m ³] nebo [Kč/kWh]	[Kč/měsíc]
Zemní plyn	13,7	278
Elektrická energie	2,29353	351

8.1 Náklady na vytápění plynovým kotlem

Zvolil jsem plynový závěsný kotel od firmy Vaillant VU 120/3-5 atmoTec plus s regulovatelným výkonem 6,4 - 12 kW. Cena tohoto kotle je 27945 Kč. Elektronická jednotka umožňuje plynule přizpůsobovat výkon kotle skutečným požadavkům na tepelnou energii a tím dochází až k 12 % úspoře ve spotřebě plynu. Nastavitelná teplota topné vody je v rozsahu 35 až 87 °C a kotle lze použít i pro nízkoteplotní podlahové systémy. Kotle mají vysokou účinnost - 92 %, to je zaručeno použitím speciální konstrukcí primárního výměníku a chrom - titanových hořáků.



Obrázek 8.1 - Plynový kotel Vaillant [32]

Na tento kotel bude připojen otopný systém o teplotním spádu 75/55 °C. Celkové náklady na otopný systém tedy činí 53499 Kč.

Množství zemního plynu spotřebované plynovým kotlem se vypočte podle rovnice (19):

$$M_{pal} = \frac{61,05 \cdot 10^3}{33,48 \cdot 0,92} = 1982,04 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Náklady na vytápění plynovým kotlem se vypočtou podle rovnice (21):

$$cena = 1982,04 \cdot 13,7 + 12 \cdot 278 = 30490 \text{ Kč/rok}$$

8.2 Náklady na vytápění kondenzačním kotlem

Znovu jsem vybral kotel od firmy Vaillant, tentokrát kondenzační kotel ecoTEC pro VU 146/5-3. Cena tohoto kotle je 42895 Kč. Závěsný plynový kondenzační kotel pro vytápění na zemní plyn s modulací výkonu 24 - 100% a vysokou účinností až 108%. V tomto kotli je instalován nerezový kondenzační výměník.



Obrázek 8.2 - Kondenzační kotel Vaillant [31]

K tomuto kotli budou připojena otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 55/45 °C. Náklady na pořízení tohoto otopného systému jsou 76754 Kč.

Množství zemního plynu spotřebované kondenzačním kotlem se vypočte podle rovnice (19):

$$M_{pal} = \frac{61,05 \cdot 10^3}{33,48 \cdot 1,07} = 1704,18 \text{ m}^3/\text{rok}$$

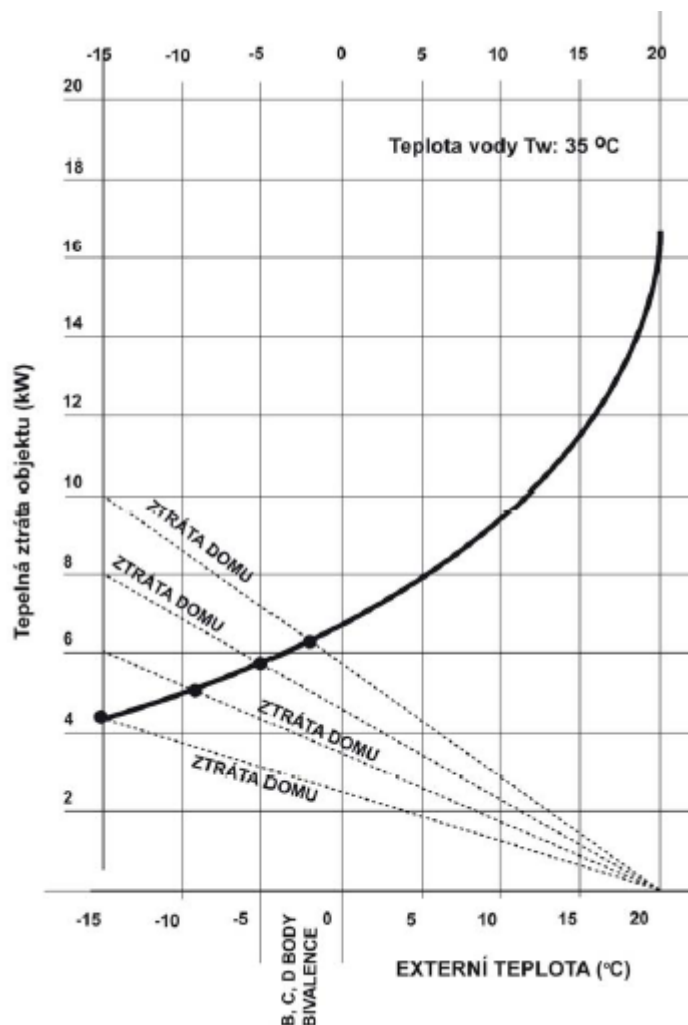
Náklady na vytápění kondenzačním kotlem se vypočtou podle rovnice (21):

$$cena = 1704,18 \cdot 13,7 + 12 \cdot 278 = 26683 \text{ Kč/rok}$$

8.3 Náklady na vytápění tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo jsem vybral od firmy Revel s.r.o. Tepelné čerpadlo vzduch-voda LWRb-8kW má efektivní pracovní teplotu -20 °C, výkon při venkovní teplotě 7°C a

teplotě topné vody 35°C 8,2 kW, výkon při venkovní teplotě 2°C a teplotě topné vody 35 °C 6,7 kW a výkon při venkovní teplotě -7 °C a teplotě topné vody 35 °C 5,15 kW. Průměrný topný faktor tohoto tepelného čerpadla je roven 3.



Obrázek 8.3 - Topná křivka tepelného čerpadla [29]

Dodatečný potřebný výkon na pokrytí tepelné ztráty rodinného domu poskytuje přiložený elektrokotel o výkonu 3kW. Cena tepelného čerpadla je 71243 Kč. K tepelnému čerpadlu jsem navrhl připojit otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 55/45 °C. Cena celého otopného systému je 105102 Kč.

Množství elektrické energie potřebné k vytápění tepelným čerpadlem se vypočte dle rovnice (20):

$$M_{pal} = \frac{61,05 \cdot 10^3}{3 \cdot 3,6} = 5652,78 \text{ kWh/rok}$$

Náklady na vytápění tepelným čerpadlem se vypočtou podle rovnice (21):

$$cena = 5652,78 \cdot 2,29353 + 12 \cdot 351 = 17177 \text{ Kč/rok}$$

8.4 Porovnání investic do otopného systému

Pro návrh otopných systémů jsem použil otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spády 75/55 °C a 55/45 °C. Otopná tělesa dimenzovaná na teplotní spád 90/70 °C jsem uvedl v kapitole 6 pro představu o velikostech otopných těles pro potřebný výkon.

Tabulka 8.1 - Porovnání investic

Kotel	Cena kotle [Kč]	Cena otopných těles [Kč]	Celková cena [Kč]	Náklady na vytápění [Kč/rok]	Ušetřené peníze za vytápění [Kč/rok]	Návratnost investice [rok]
Plynový kotel	27945	25554	53499	30490	-	-
Kondenzační kotel	42895	33859	76574	26683	3807	6,06
Tepelné čerpadlo	71243	33859	105102	17177	13313	3,88

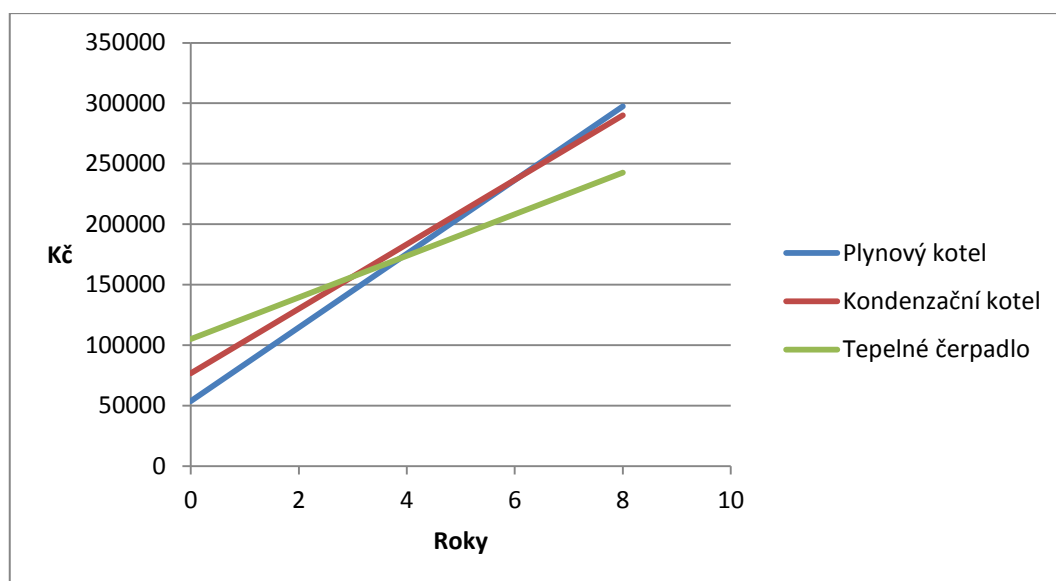
Jako základní zdroj tepla pro vytápění jsem použil plynový kotel. Vybral jsem ho, protože počáteční investice na pořízení kotle a k němu příslušných otopných těles (pro teplotní spád 75/55 °C) je nejnižší. Naopak náklady na vytápění tímto otopným systémem jsou nejvyšší.

Pořizovací cena plynového kotle s otopnými tělesy dimenzovanými na teplotní spád 75/55 °C činí 53499 Kč. Roční náklady na vytápění jsou přibližně 30490 Kč.

Pořizovací cena kondenzačního kotle s otopnými tělesy (pro teplotní spád 55/45 °C) je 76574 Kč. Roční náklady na vytápění jsou u tohoto systému přibližně 26683 Kč.

Pořizovací cena tepelného čerpadla s otopnými tělesy dimenzovanými na teplotní spád 55/45 °C je 105102 Kč. Náklady na vytápění tímto otopným systémem jsou 17177 Kč za rok.

Z provedených výpočtů mohu říci, že nejúspornější zdroj tepla je tepelné čerpadlo s návratností investice asi 3,88 roku. Návratnost investice do kondenzačního kotle je přibližně 6,06 roku.



Obrázek 8.4 - Graf návratnosti investice

9 Závěr

Podle normy ČSN EN 12831 jsem spočítal tepelnou ztrátu dvoupodlažního nepodsklepeného rodinného domu. Celková tepelná ztráta činí 7 kW. Tepelné ztráty jednotlivých místností jsou v rozsahu od 80 W do 1070 W. Pro každou místnost rodinného domu jsem navrhl otopná tělesa. Do místností s okny jsem umístil otopná tělesa pod tato okna. V místnostech kde jsou okna až k podlaze nebo balkonové dveře jsem umístil otopná tělesa na stěnu, ve které jsou okna nebo balkonové dveře umístěny, tedy na obvodovou stěnu. Radiátory jsem vybíral podle výkonu příslušného k teplotním spádům navrhovaných zdrojů. Tyto teplotní spády jsou 90/70 °C, 75/55 °C a 55/45 °C. Otopná tělesa pro teplotní spád 90/70 °C jsem uvedl pro porovnání velikosti otopných těles vůči nižší teplotním spádům. Náklady na pořízení otopných těles pro teplotní spád 90/70 °C jsou 18027 Kč, pro teplotní spád 75/55 °C jsou 25554 Kč, pro teplotní spád 55/45 °C jsou 33859 Kč.

Pořizovací cena plynového závěsného kotle je 27945 Kč a celkové náklady na pořízení otopného systému s tímto kotlem jsou 53499 Kč. Náklady na vytápění plynovým kotlem jsou přibližně 30490 Kč.

Pořizovací cena kondenzačního kotle je 42895 Kč. Celkové náklady na pořízení otopného systému s kondenzačním kotlem jsou 76574 Kč. Náklady na vytápění tímto kotlem jsou 26683 Kč za rok. Spočítal jsem, že oproti plynovému kotli se ušetří 3807 Kč za rok. Podle ušetřených peněz jsem spočítal návratnost investice do otopných těles dimenzovaných na teplotní spád 55/45 °C připojených na kondenzační kotel. Tato investice se vrátí přibližně za 6 let.

Cena za nakoupení tepelného čerpadla je 71243 Kč. Náklady na pořízení otopného systému s tepelným čerpadlem jsou 105102 Kč. Za vytápění se zaplatí 17177 Kč za rok.

Spočítal jsem, že oproti plynovému kotli se ušetří 13313 Kč za rok. To znamená, že návratnost investice do otopných těles dimenzovaných na teplotní spád 55/45 °C připojených na tepelné čerpadlo je přibližně 4 roky.

10 Seznam značek a zkratek

$\Phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) ve wattech (W);
$\Phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) ve wattech (W).
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy ve wattech na Kelvin (W/K);
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostoru (e) nevytápěným prostorem (u) ve wattech na Kelvin (W/K);
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu 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, např. sousedící místnost funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy ve wattech na Kelvin (W/K);
$\theta_{int,i}$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních Celsia (°C);
θ_e	výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia (°C).
A_k	plocha stavební části (k) v metrech čtverečních (m ²);
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, e_k a e_i mají být stanoveny na národní úrovni;
U_k	součinitel prostupu tepla stavební částí (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin (W/m ² .K);
l_i v	délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím metrech (m);
Ψ_i	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l) ve wattech na metr a Kelvin (W/m.K).
f_{g1}	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty. Tato hodnota je určena jako národní. Nejsou-li stanoveny národní hodnoty, použije se základní hodnota uvedená v příloze D.4.3;

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

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e};$$

A_k plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy v metrech čtverečních (m^2);

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin (W/m^2K), stanovený podle typologie podlahy (viz. obrázky 3 až 6 a tabulky 4 až 7);

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 1m.

Tento činitel se může vypočítat podle EN ISO 13370 a stanoví se na národní úrovni;

A_g plocha uvažované podlahové konstrukce v metrech čtverečních (m^2);

P obvod uvažované podlahové konstrukce v metrech (m);

$f_{i,j}$ redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty:

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

A_k plocha stavební částí (k) v metrech čtverečních (m^2);

U_k součinitel prostupu tepla stavební částí (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin (W/m^2K).

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

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

θ_e výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia ($^{\circ}C$).

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

ρ hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ v kilogramech na metr krychlový (kg/m^3);

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

$\dot{V}_{inf,i}$	objemový tok vzduchu infiltrací (m^3/h);
$\dot{V}_{min,i}$	minimální hodnota objemového toku vzduchu (m^3/h);
n_{min}	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu (h^{-1});
V_i	objem vytápěné místnosti (i) v metrech krychlových (m^3) vypočtený z vnitřních rozměrů.
n_{50}	intenzita výměny vzduchu za hodinu (h^{-1}) při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu;
e_i	stínící činitel;
ε_i	výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země;
A_i	plocha podlahy místnosti s podlahovým vytápěním;
Q_c	tepelná ztráta objektu;
t_{is}	průměrná výpočtová vnitřní teplota;
t_e	výpočtová venkovní teplota;
η_0	účinnost obsluhy respektive účinnosti regulace soustavy;
η_r	účinnost rozvodu vytápění;
ε	opravný součinitel;
D	vytápěcí denostupně;
d	délka topného období;
e_i	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací;
e_t	snížení teploty v místnosti během dne respektive v noci;
e_d	zkrácení doby vytápění u objektů s přestávkami v provozu;
t_{es}	průměrná teplota během otopného období.

11 Příloha A (výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností)

Obrázky 11.1 až 11.23 obsahují výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností, které jsem vypočítal pomocí programu Excel.

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)						
Kód	Stavební část	A _k m ²	U _k W/m ² K	e _k na jedn.	A _k ·U _k ·e _k W/K	
	Vnější stěna	27,07	0,22	1,00	5,85	
	Okna	7,71	0,80	1,00	6,17	
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí HT,ie=ΣkA _k ·U _k					12,01	
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A _g m ²	P m	B' = 2·A _g /P m		
		25,96	13,35	3,89		
Kód	Stavební část	U _k W/m ² ·K	U _{equiv,k} W/m ² ·K	A _k m ²	A _k ·U _{equiv,k} W/K	
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,28	0,17	25,96	4,41	
	Celkem ekvivalentní stavební části				4,41	
Korekční činitelé		f _{g1} na jedn.	f _{g2} na jedn.	G _w na jedn.	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w na jedn.	
		1,45	0,50	1,00	0,72	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou HT,ig=(Σk A _k ·U _{equiv,k})·f _{g1} ·f _{g2} ·G _w					3,18	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				HT,i	W/K	15,19
Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} =HT,i · (θ _{int,i} -θ _e)					W	608,40
Přirážka na vyrovnání chladných stěn p ₁ = 0,15·k _c			[-]		0,05	
	součinitel k _c = Φ _{T,i} /((ΣS _j · (θ _i -θ _e)))		W/m ² K	0,34		
Přirážka na urychlení zátoku p ₂			[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p ₃			[-]			
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V _i m ³	n _{min} h ⁻¹	ρ kg/m ³	c _p J/kg·K	
		69,44	0,50	1,27	1010,00	
		$\dot{V}_{min,hyg} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h	34,72	
Infiltrace		V _i m ³	n ₅₀ h ⁻¹	e _i na jedn.	ε _i na jedn.	
		69,44	3,00	0,03	1,00	
		$\dot{V}_{inf,50} = 2 \cdot U_k \cdot n_{50} \cdot A_k \cdot \theta_i$		m ³ /h	12,50	
Hodnota výměny vzduchu		V _i			m ³ /h	34,72
Součinitel tepelné ztráty větráním		H _{v,i} = V _i ·ρ·c _p		W/K		12,40
Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} =H _{v,i} ·(θ _{int,i} -θ _e)					W	396,82
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	1005,22

Obázek 11.1 - Místnost 1.01

Tepelná ztráta do prostoru vytápěného na 10°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	0,31	8,03	0,60	1,50
	Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$			W/K	1,50
Tepelná ztráta do prostoru vytápěného na 15°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	0,16	7,69	0,60	0,72
	Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$			W/K	0,72
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		7,80	5,88	2,66	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
	Podlaha	0,28	0,17	7,80	1,33
	Celkem ekvivalentní stavební části				1,33
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,50	1,00	0,72
		Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			0,96
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K
					3,18
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	125,09
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$			[-]		0,03
	součinitel $k_c = \Phi_{T,i} / (\sum S_j \cdot (\theta_r - \theta_e))$		W/m ² ·K	0,19	
Přirážka na urychlení zátopu p_2			[-]		0,20
Přirážka na světovou stranu p_3					
Tepelná ztráta větráním					
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg·K
		20,87	1,50	1,27	1010,00
	$\dot{V}_{vent,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		31,30
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
		20,87	3,00	0,00	1,00
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot \epsilon_i \cdot e_i$		m ³ /h		0,00
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h
					31,30
Součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K
					11,18
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	357,69
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru				W	482,78

Obrázek 11.2 - Místnost 1.02

Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	m^2	W/K	
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,28	0,17	10,25	1,74	
	Celkem ekvivalentní stavební části				1,74	
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,50	1,00	0,72	
Celkový součinitel tepelné ztráty zemino $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,26	
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 24°C						
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m^2	$W/m^2 K$	W/K	
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	-0,13	6,02	0,60	-0,45	
	Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$			W	-0,45	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostup				$H_{T,i}$	W/K	2,53
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W	98,29
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$			[-]		0,02	
	součinitel $k_c = \Phi_{T,i} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$		$W/m^2 K$	0,11		
Přirážka na urychlení zátoku p_2			[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p_3			[-]			
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$	
		27,42	0,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m^3/h		13,71	
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i	
		m^3	h^{-1}	na jedn.	na jedn.	
		27,42	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$		m^3/h		3,29	
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m^3/h	13,71
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	4,90
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W	156,69
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	254,98

Obrázek 11.3 - Místnost 1.03

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
	Vnější stěna	7,96	0,22	1,00	1,72
	okna	0,70	0,80	1,00	0,56
	vstupní dveře	1,77	1,60	1,00	2,84
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$					5,12
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g m ²	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		12,13	11,03	2,20	
Kód	Stavební část	U_k W/m ² .K	$U_{equiv,k}$ W/m ² .K	A_k m ²	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,39	0,25	12,13	3,03
Celkem ekvivalentní stavební části					3,03
Korekční činitele		f_{g1} na jedn.	f_{g2} na jedn.	G_w na jedn.	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jedn.
		1,45	0,40	1,00	0,59
Celkový součinitel tepelné ztráty zem $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,78
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 10°C					
Kód	Stavební část	f_{ij} na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
	vnitřní dveře	0,19	1,58	2,00	0,58
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	0,19	5,51	0,60	0,61
Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					W/K
					1,20

Obrázek 11.4 - Místnost 1.04

Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 20°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K
	vnitřní dveře	-0,19	1,58	3,00	-0,88
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	-0,19	10,53	0,60	-1,17
	strop	-0,19	7,98	1,31	1,31
Celkový součinitel $H_{T,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$					W/K
					-2,05
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 24°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K
	vnitřní dveře	-0,33	1,38	2,00	-0,92
	Vnitřní zdivo tloušťky 150mm	-0,33	3,71	1,29	-1,60
	strop	-0,33	4,23	1,31	-1,85
Celkový součinitel $H_{T,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$					W/K
					-4,36
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,j}$	W/K
					1,68
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,j} = H_{T,j} \cdot (\theta_{int,j} - \theta_e)$					W
					64,83
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$ [-]					
					0,00
součinitel $k_c = \Phi_{T,j} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$			W/m ² K	0,03	
Přirážka na urychlení zátoku p_2					
			[-]		0,20
Přirážka na světovou stranu p_3					
			[-]		
Tepelná ztráta větráním					
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K
		32,45	0,50	1,27	1010,00
$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$			m ³ /h		16,22

Obrázek 11.5 - Místnost 1.04 (pokračování)

Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
		32,45	3,00	0,03	1,00
$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$				m ³ /h	5,84
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h
					16,22
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,j} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K
					5,79
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,j} = H_{v,j} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W
					156,45
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W
					221,28

Obrázek 11.6 - Místnost 1.04 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
	Vnější stěna	4,72	0,22	1,00	1,02
	okna	0,36	0,80	1,00	0,29
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$					1,31
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g m ²	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		4,28	1,90	4,51	
Kód	Stavební část	U_k W/m ² .K	$U_{equiv,k}$ W/m ² .K	A_k m ²	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,39	0,23	4,28	0,98
	Celkem ekvivalentní stavební části				0,98
Korekční činitelé		f_{g1} na jedn.	f_{g2} na jedn.	G_w na jedn.	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jedn.
		1,45	0,55	1,00	0,80
Celkový součinitel tepelné ztráty ze zemin $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,79
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 15°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$ na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
	vnitřní dveře	0,25	1,38	2,00	0,69
	Vnitřní zdivo tloušťky 150mm	0,25	9,72	1,29	3,14
Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$					3,83

Obrázek 11.7 - Místnost 1.05

Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 20°C						
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$ na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K	
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	0,11	6,02	0,60	0,40	
	Celkový součinitel $H_{T,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$				W/K	0,40
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,j}$	W/K	6,32
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,j} = H_{T,j} \cdot (\theta_{int,j} - \theta_e)$					W	252,48
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15$		[-]			0,05	
	součinitel $k_c = \Phi_{T,j} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$	W/m ² K		0,32		
Přirážka na urychlení zátoku p_2		[-]			0,20	
Přirážka na světovou stranu p_3		[-]				
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i m ³	n_{min} h ⁻¹	ρ kg/m ³	c_p J/kg.K	
		11,45	1,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		17,17	
Infiltrace		V_i m ³	n_{50} h ⁻¹	e_i na jedn.	ε_i na jedn.	
		11,45	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$			m ³ /h	1,37	
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h	17,17
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,j} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	6,13
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,j} = H_{v,j} \cdot (\theta_{int,j} - \theta_e)$					W	220,80
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	473,29

Obrázek 11.8 - Místnost 1.05 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)						
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K	
	Vnější stěna	12,25	0,22	1,00	2,65	
	okna	1,80	0,80	1,00	1,44	
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$						4,09
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g m ²	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m		
		4,86	5,70	1,71		
Kód	Stavební část	U_k W/m ² .K	$U_{equiv,k}$ W/m ² .K	A_k m ²	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K	
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,39	0,25	4,86	1,22	
	Celkem ekvivalentní stavební části			W/K	1,22	
Korekční činitelé		f_{g1} na jedn.	f_{g2} na jedn.	G_w na jedn.	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jedn.	
		1,45	0,40	1,00	0,59	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig}=(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$				0,71
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 24°C						
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$ na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K	
	Vnitřní zdivo tloušťky 150mm	-0,33	6,02	1,29	-2,59	
	strop	-0,33	4,86	1,31	-2,12	
	Celkový součinitel $H_{T,ij}=\sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$				W/K	-4,71
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K	0,09
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$					W	3,46

Obrázek 11.9 - Místnost 1.06

Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15.k$	[-]		0,01	
součinitel $k_c = \Phi_{t,i}/(\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$	W/m ² K	0,05		
Přirážka na urychlení zátoku p_2	[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p_3	[-]			
Tepelná ztráta větráním				
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K
	13,00	0,50	1,27	1010,00
$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		6,50
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ε_i
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
	13,00	3,00	0,02	1,00
$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$			m ³ /h	1,56
Hodnota výměny vzduchu	V_i		m ³ /h	6,50
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	2,32
Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		W	62,68
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru			W	66,15

Obrázek 11.10 - Místnost 1.06 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m^2	W/m^2K	na jedn.	W/K
	Vnější stěna	4,01	0,22	1,00	0,87
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$					0,87
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m^2	m	m	
		1,43	1,50	1,91	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	m^2	W/K
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,39	0,25	1,43	0,36
	Celkem ekvivalentní stavební části				0,36
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,50	1,00	0,72
Celkový součinitel tepelné ztráty zemí $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,26
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 10°C					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m^2	W/m^2K	W/K
	Vnitřní zdivo tloušťky 150mm	0,31	6,02	1,29	2,43
	Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$				W/K
					2,43
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K
					3,55
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W
					141,93

Obrázek 11.11 - Místnost 1.07

Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$ [-]			0,05	
	součinitel $k_c = \Phi_{T,j} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$	W/m ² K	0,33	
Přirážka na urychlení zátoku p_2		[-]		0,20
Přirážka na světovou stranu p_3		[-]		
Tepelná ztráta větráním				
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ	c_p
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K
	3,91	2,00	1,27	1010,00
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$	m ³ /h		7,81
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i
	m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
	3,91	3,00	0,02	1,00
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$	m ³ /h		0,47
Hodnota výměny vzduchu		V_i	m ³ /h	7,81
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$	W/K	2,79
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$			W	89,28
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru			W	231,21

Obrázek 11.12 - Místnost 1.07 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
	Vnější stěna	21,62	0,22	1,00	4,67
	Okna	3,74	0,80	1,00	2,99
	Vrata	5,88	1,22	1,00	7,17
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$					14,83
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		20,33	11,68	3,48	
Kód	Stavební část	U_k W/m ² .K	$U_{equiv,k}$ W/m ² .K	A_k m ²	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
	Podlaha (tepelně izolovaná)	0,39	0,24	20,33	4,88
	Celkem ekvivalentní stavební části				4,88
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,27	1,00	0,39
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,90
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 20°C					
Kód	Stavební část	f_{ij} na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
	Vnitřní zdivo tloušťky 150mm	-0,46	5,37	1,29	-3,15
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	-0,46	7,42	0,60	-2,03
	Strop	-0,46	20,33	1,31	-12,10
	Celkový součinitel $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$				W/K
					-17,28

Obrázek 11.13 - Místnost 1.08

Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 15°C						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	-0,23	5,78	0,60	-0,79	
	Celkový součinitel $H_{T,j} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$				W/K	-0,79
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,j}$	W/K	-1,34
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,j} = H_{T,j} \cdot (\theta_{int,j} - \theta_e)$					W	-51,62
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$				[-]	0,00	
	součinitel $k_c = \Phi_{T,j} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$		W/m ² K	0,01		
Přirážka na urychlení zátoku p_2					0,20	
Přirážka na světovou stranu p_3						
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
		54,38	1,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		81,57	
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i	
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
		54,38	3,00	0,03	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$		m ³ /h		9,79	
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h	81,57
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,j} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	29,13
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,j} = H_{v,j} \cdot (\theta_{int,j} - \theta_e)$					W	640,94
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	589,32

Obrázek 11.14 - Místnost 1.08 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)						
Kód	Stavební část	A _k m ²	U _k W/m ² K	e _k na jedn.	A _k ·U _k ·e _k W/K	
	Vnější stěna	20,80	0,22	1,00	4,49	
	Strop	25,02	0,17	1,00	4,35	
	Okna	2,43	0,80	1,00	1,94	
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí HT,ie=Σ _k A _k ·U _k						10,78
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 10°C						
Kód	Stavební část	f _{ij} na jedn.	A _k m ²	U _k W/m ² K	f _{ij} ·A _k ·U _k W/K	
	Vnitřní zdivo tloušťky 300mm	0,31	22,08	1,31	9,03	
	Celkový součinitel H _{T,ij} =Σ _k f _{ij} ·A _k ·U _k				W	9,03
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				H _{T,i}	W/K	19,81
Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} =H _{T,i} · (θ _{int,i} -θ _e)					W	797,11
Přirážka na vyrovnání chladných stěn p ₁ = 0,15·k _c			[-]		0,06	
	součinitel k _c = Φ _{T,i} /((ΣS _j · (θ _i -θ _e))		W/m ² K	0,38		
Přirážka na urychlení zátoku p ₂			[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p ₃			[-]			
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V _i m ³	n _{min} h ⁻¹	ρ kg/m ³	c _p J/kg.K	
		48,14	0,50	1,27	1010,00	
	ṽ _{min,i} = n _{min} · V _i		m ³ /h		24,07	

Obrázek 11.15 - Místnost 2.01

Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ε_i
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.
		48,14	3,00	0,03	1,00
$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$				m ³ /h	8,67
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h
					24,07
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K
					8,60
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W
					275,11
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru				W	1072,22

Obrázek 11.16 - Místnost 2.01 (pokračování)

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)						
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
		m ²	W/m ² K	na jedn.	W/K	
	Vnější stěna	7,71	0,22	1,00	1,67	
	Strop	16,18	0,17	1,00	2,81	
	Okna	1,77	0,80	1,00	1,42	
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$					5,89	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K	5,89
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}=H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_c)$				W	231,25	
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1=0,15 \cdot k_c$		[-]			0,03	
	součinitel $k_c = \Phi_{T,i}/(\sum S_i \cdot (\theta_i-\theta_c))$		W/m ² K	0,17		
Přirážka na urychlení zátoku p_2		[-]			0,20	
Přirážka na světovou stranu p_3		[-]				
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
		31,33	0,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		15,67	
Infiltrace		V_i	n_{so}	e_i	ε_i	
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
		31,33	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{so} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$			m ³ /h	3,76	
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m ³ /h	15,67
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	5,59
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_c)$				W	179,03	
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru				W	410,28	

Obrázek 11.17 - Místnost 2.02

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)						
Kód	Stavební část	A _k m ²	U _k W/m ² K	e _k na jedn.	A _k · U _k · e _k W/K	
	Vnější stěna	11,18	0,22	1,00	2,41	
	Strop	14,85	0,17	1,00	2,58	
	Okna	1,77	0,80	1,00	1,42	
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí HT,ie=Σ _k A _k · U _k · e						6,41
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				H _{T,i}	W/K	6,41
Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} =H _{T,i} · (θ _{int,i} -θ _e)					W	251,54
Přirážka na vyrovnání chladných stěn p ₂ = 0,15 · k _z			[-]		0,03	
	součinitel k _z = Φ _{T,i} /[(ΣS _i · (θ _i -θ _e))		W/m ² K	0,17		
Přirážka na urychlení zátoku p ₂			[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p ₂			[-]			
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V _i m ³	n _{min} h ⁻¹	ρ kg/m ³	c _p J/kg · K	
		28,46	0,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		14,23	
Infiltrace		V _i m ³	n _{so} h ⁻¹	e _i na jedn.	ε _i na jedn.	
		28,46	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{so} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$			m ³ /h	3,42	
Hodnota výměny vzduchu		V _i			m ³ /h	14,23
Součinitel tepelné ztráty větráním		H _{v,i} = V _i · ρ · c _p			W/K	5,08
Návrhová tepelná ztráta větráním Φ _{v,i} =H _{v,i} · (θ _{int,i} -θ _e)					W	162,63
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	414,17

Obrázek 11.18 - Místnost 2.03

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
	Vnější stěna	4,125	0,215983	1	0,890929
	Strop	14,1	0,173707	1	2,44927
	Okna	2,05	0,8	1	1,64
	Podlaha	2,9	0,276669	1	0,80234
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k$					5,782539
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 15°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$ na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
	Podlaha	0,16	7,98	1,31	1,63
Celkový součinitel $H_{T,i,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$					1,63
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 24°C					
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$ na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² K	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
	Vnitřní zdivo tl. 150mm	-0,13	9,56	1,29	-1,54
Celkový součinitel $H_{T,i,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$					-1,54
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K
					5,87
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W
					230,56

Obrázek 11.19 - Místnost 2.04

Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_1 = 0,15 \cdot k_c$	[-]		0,03
součinitel $k_c = \Phi_{T,i} / (\sum S_j \cdot (\theta_i - \theta_e))$	W/m ² K	0,18	
Přirážka na urychlení zátoku p_2	[-]		0,20
Přirážka na světovou stranu p_3	[-]		
Tepelná ztráta větráním			
Hygienické množství vzduchu	V_i	n_{min}	ρ
	m ³	h ⁻¹	kg/m ³
	29,60	0,50	1,27
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$	m ³ /h	14,80
Infiltrace	V_i	n_{50}	e_i
	m ³	h ⁻¹	na jedn.
	29,60	3,00	0,02
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$	m ³ /h	3,55
Hodnota výměny vzduchu	V_i		m ³ /h
			14,80
Součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K
			5,29
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$			W
			169,14
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru			W
			399,71

Obrázek 11.20 - Místnost 2.04 (pokračování)

Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 20°C						
Kód	Stavební část	$f_{i,j}$	A_k	U_k	$f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
	Vnitřní zdivo tl. 150mm	0,13	16,68	1,29	2,69	
	Vnitřní dveře	0,13	1,38	2,00	0,34	
	Celkový součinitel $H_{T,i,j} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k$			W	2,69	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}$	W/K	13,61
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	546,96	
Přirážka na vyrovnání chladných stěn $p_z = 0,15 \cdot k_z$			[-]		0,06	
	součinitel $k_z = \Phi_{T,i} / (\sum S_i \cdot (\theta_i - \theta_e))$		W/m ² K	0,37		
Přirážka na urychlení zátoku p_z			[-]		0,20	
Přirážka na světovou stranu p_z			[-]			
Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m ³	h ⁻¹	kg/m ³	J/kg.K	
		33,16	1,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m ³ /h		49,74	
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ε_i	
		m ³	h ⁻¹	na jedn.	na jedn.	
		33,16	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$		m ³ /h		3,98	
Hodnota výměny vzduchu		V_i		m ³ /h	49,74	
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$		W/K	17,76	
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	568,46	
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru				W	1115,43	

Obrázek 11.21 - Místnost 2.05

Tepelné ztráty do venkovního prostředí (do vzduchu)					
Kód	Stavební část	A _k m ²	U _k W/m ² K	e _k na jedn.	A _k ·U _k ·e _k W/K
	Vnější stěna	2,75	0,22	1,00	0,59
	Strop	13,47	0,17	1,00	2,34
	Okna	0,93	1,00	1,00	0,93
Celkový součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí HT,ie=Σ _k A _k ·U _k ·e _k					3,86
Tepelné ztráty do prostoru vytápěného na 24°C					
Kód	Stavební část	f _{i,j} na jedn.	A _k m ²	U _k W/m ² K	f _{i,j} ·A _k ·U _k W/K
	Vnitřní zdivo tl. 150mm	-0,13	7,12	1,29	-1,15
	Vnitřní dveře	-0,13	1,38	2,00	-0,34
	Celkový součinitel HT,ij=Σ _k f _{i,j} ·A _k ·U _k				W
					-1,49
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				HT,j	W/K
					2,37
Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ _{T,j} =HT,j · (θ _{int,j} -θ _e)				W	91,02
Přirážka na vyrovnání chladných stěn p ₁ = 0,15·k _c				[-]	0,00
	součinitel k _c = Φ _{T,j} /(ΣS _j · (θ _i -θ _e))		W/m ² K	0,00	
Přirážka na urychlení zátoku p ₂					0,20
Přirážka na světovou stranu p ₃					

Obrázek 11.22 - Místnost 2.06

Tepelná ztráta větráním						
Hygienické množství vzduchu		V_i	n_{min}	ρ	c_p	
		m^3	h^{-1}	kg/m^3	$J/kg \cdot K$	
		30,99	0,50	1,27	1010,00	
	$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$		m^3/h		15,50	
Infiltrace		V_i	n_{50}	e_i	ϵ_i	
		m^3	h^{-1}	na jedn.	na jedn.	
		30,99	3,00	0,02	1,00	
	$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$			m^3/h	3,72	
Hodnota výměny vzduchu		V_i			m^3/h	15,50
Součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p$			W/K	5,53
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$					W	177,09
Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru					W	268,11

Obrázek 11.23 - Místnost 2.06 (pokračování)

12 Použité zdroje

12.1 Literatura

- [1] BROŽ, Karel. *Vytápění*. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 205 s. ISBN 80-010-2536-5.
- [2] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: STÚ-E, a.s., 2003.
- [4] IVAR CS, spol s r.o. *Ceník a katalog*. Podhořany, Nelahozeves II, 2012
- [5] IVAR CS, spol s r.o. *IVAR TRIO+*. Podhořany, Nelahozeves II, 2010.
- [6] KORADO, a.s. *Radik: Desková otopná tělesa*. Česká Třebová, 2009
- [7] KORADO, a.s. *Radik: Technický ceník*. Česká Třebová, 2009
- [8] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: CPress, 2012, viii, 184 s. Stavíme. ISBN 978-80-264- 0014-1.
- [9] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi, aneb, Jak to dělám já*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 169 s. ISBN 978-80-7300-256-5.

12.2 Internetové zdroje

- [10] Časopis stavebnictví. In: *Předpjaté dílce SPIROLL pro bytovou výstavbu* [online]. 2007 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/predpjate-dilce-spiroll-pro-bytovou-vystavbu_N3331
- [11] Dopos: nejen okna ... In: *Dveře vchodové hlavní* [online]. 2013 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.dopos.cz/produkty/vchodove-plastove-dvere/>
- [12] Dopos: nejen okna ... In: *Plastová okna VEKA Softline 82* [online]. 2013 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.dopos.cz/produkty/plastova-okna/>
- [13] Heluz: *Skvělé cihly pro Váš dům* [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.e-cihla.cz/files/plus-44.pdf>
- [14] Heluz: *Skvělé cihly pro Váš dům* [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.e-cihla.cz/files/p15-30.pdf>
- [15] Heluz: *Skvělé cihly pro Váš dům* [online]. 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.e-cihla.cz/files/heluz-14.pdf>
- [16] Izolace.net. In: *Isover NF 333* [online]. 2009-2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.isolace.net/detail/104-Isover-NF-333/11998-tl-240-mm-1000-x-333-mm>
- [17] Katalog materiálů. *TZB-info* [online]. 2001-2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.tzbinfo.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html

- [18] KORALUX RONDO MAX – M - trubkové otopné těleso se středovým připojením. *Korado* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled_modelu/produktova_rada_max/koralux_rondo_max_m.shtml
- [19] Měření a regulace. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace>
- [20] Otopné lavice KORALINE LK. *Korado* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://konvektory.korado.cz/otopne-lavice.html>
- [21] Podlahové vytápění: systémové polystyrénové izolační desky. In: *Systémová polystyrénová izolační deska UHP54 pro podlahové vytápění* [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.systemova-deska.cz/systemove-izolacni-desky-UHP54/>
- [22] Podlahový konvektor - přirozená konvekce. *Korado* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://konvektory.korado.cz/podlahove-konvektory-koraflex-fk.html>
- [23] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=57.7
- [24] Radik VK - deskové otopné těleso. *Korado* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.korado.cz/cs/vyrobky/radik/prehled_modelu/radik_vk/index.shtml
- [25] Styrotrade: člen skupiny styrogroup. In: *Styrotherm plus 100* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://styrotrade.cz/cs/produkty/fasady/izolace-pro-kontakt-ni-zateplovaci-systemy-etics/styrotherm-plus-100/>
- [26] Technické listy. *Lomax: Vyladěná garážová vrata* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.lomax.cz/_download/vrata/LOMAX_tech_list_SEKCNI_CZ.pdf
- [27] Technický ceník. *Korado: Koupelnové radiátory - trubková otopná tělesa KORALUX* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.korado.cz/file/cms/cs/obchod/korado-cenik_003_koralux-2011_03.pdf?v=20131001090218
- [28] Tepelná čerpadla vzduch - voda Revel. *Revel - pex* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.revel-pex.com/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelna-cerpadla-vzduch-voda-revel/>
- [29] TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH–VODA PRO TOPENÍ S VESTAVĚNÝM ELEKTROKOTLEM: Model: LWRb-8kW. *Revel -*

- pex [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.revel-pex.com/media/pdf/manual_lwrp-8kw-cz.pdf
- [30] VELUX ČESKÁ REPUBLIKA, s.r.o. *Přírodní celodřevěné kyvné střešní okno nové generace GGL* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.velux.cz/cs-CZ/Documents/pdf/produktove-listy/GGL.pdf>
- [31] Závěsný kondenzační plynový kotel VU ecoTEC pro Vaillant [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.vaillant.cz/zavesny-kondenzacni-plynovy-kotel-vu-ecotec-pro-p287.html>
- [32] Závěsný plynový kotel VU atmoTEC plus. In: Vaillant [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.vaillant.cz/zavesny-plynovy-kotel-vu-atmotec-plus-p215.html>
- [33] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [34] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>

13 Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - Příčný řez domu.....	12
Obrázek 1.2 - Půdorys 1. nadzemní podlaží.....	13
Obrázek 1.3 - Půdorys 2. nadzemního podlaží.....	13
Obrázek 2.1 - Určení charakteristického rozměru B' [3]	15
Obrázek 2.2 - $U_{\text{equiv,bf}}$ - hodnota podzemního podlaží pro podlahovou desku na zemině v závislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a B' hodnotě [3]	16
Obrázek 3.1 - Deskové otopné těleso ventilkompakt [24]	19
Obrázek 3.2 - Trubkové otopné těleso se středovým připojením [18]	19
Obrázek 3.4 - Podlahový konvektor [22]	20
Obrázek 4.1 - Montáž podlahového vytápění [5]	21
Obrázek 5.1 - Regulace průtoku radiátory [9]	22
Obrázek 5.2 - Regulace prostorovým termostatem [9]	23
Obrázek 5.4 - Regulace ekvitermním okruhem s vlivem prostoru [9]	26
Obrázek 5.5 - Podlahové vytápění [9]	27
Obrázek 8.1 - Plynový kotel Vaillant [32]	37
Obrázek 8.2 - Kondenzační kotel Vaillant [31]	38
Obrázek 8.3 - Topná křivka tepelného čerpadla [29]	39
Obrázek 8.4 - Graf návratnosti investice.....	41