

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Možnosti snížení energetické
náročnosti budovy**

Autor: Liana Sharifullina

Vedoucí práce: Ing. Libor Straka

Praha 2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Liana Sharifullina**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Možnosti snížení energetické náročnosti budovy**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popište stávající objekt a spotřebu energií.
- 2) Určete celkovou energetickou náročnost objektu.
- 3) Navrhněte a zhodnotte možnosti snížení spotřeby energií objektu.

Seznam odborné literatury:

- [1] Vytápění, Brož K., 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 205 s. ISBN 80-010-2536-5.
- [2] Elektrotepelná technika, Hradílek Z. a kol., Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 264 s., ISBN 978-80-01-04938-9.
- [3] Energie pro rodinný dům, Velfel P., 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010, 173 s., ISBN 978-80-254-7679-6.

Vedoucí: Ing. Libor Straka

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Ing. Jan Švec Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 1. 4. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne:

.....

Liana Sharifullina

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Liboru Strakovi za jeho vstřícnost a čas při zpracování bakalářské práce.

Dále bych ještě ráda poděkovala majiteli hodnocené budovy, který je současně i mým tátou za poskytnutí projektové dokumentace a duševní podporu.

Abstrakt

Cílem této práce je určit celkovou energetickou náročnost objektu a předložit možnosti snížení jeho spotřeby energií. Jako hodnocený objekt byl vybrán můj rodinný dům. Celou práci lze rozdělit na tři části. V první části jsem popsala stávající objekt a určila jeho tepelné ztráty. V druhé části jsem stanovila průkaz energetické náročnosti objektu. V třetí části jsem navrhla dvě možnosti snížení spotřeby energií a ekonomicky zhodnotila.

Abstract

The aim of this thesis is to determine the energy performance of the building and present possibilities of energy consumption reducing. My private house was chosen as an object of the evaluation. The whole thesis might be divided into 3 main parts. In the first part I described the mentioned object (building) and defined its heat loss. The Energy Performance Certificate was determined in the second part. In the third part I proposed 2 possible ways of reducing the energy consumption with their subsequent assessment.

Klíčová slova

Spotřeba energie, tepelné ztráty, energetická náročnost, tepelné čerpadlo, větrný generátor, národní kalkulační nástroj, průkaz energetické náročnosti.

Key words

Energy consumption, heat losses, energy demand, heat pump, wind turbine, national calculating tool, certificate of energy demand.

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1. Úvod	9
2. Popis objektu	10
2.1 Základní technické parametry budovy	10
2.2 Klimatické a zeměpisné data	12
3. Tepelné ztráty vytápěné soustavy	12
3.1 Celková tepelná ztráta vytápěné budovy	12
3.2 Tepelné ztráty prostupem neprůsvitnou konstrukcí	13
3.2.1 Tepelné ztráty složenou stěnou	13
3.2.2 Ostatní tepelné ztráty neprůsvitnou konstrukcí	16
3.3 Tepelné ztráty průsvitnou konstrukcí	17
3.4 Celková tepelná ztráta stavební konstrukcí	19
3.4.1 Přírážky k základní tepelné ztrátě	20
3.5 Tepelná ztráta větráním	21
4. Spotřeba energie	21
4.1 Spotřeba tepla při vytápění	21
4.2 Spotřeba tepla k přípravě teplé vody	23
5. Celková energetická náročnost	24
5.1 PENB	24
5.2 NKN	25
6. Tepelné čerpadlo	27
6.1 Topný faktor	29
6.2 Rozdělení TČ	30
6.2.1 Systém voda – voda	30
6.2.2 Systém vzduch – vzduch	30
6.2.3 Systém vzduch – voda	31

6.2.4	System země – voda.....	31
6.3	Návrh TČ pro rodinný dům.....	32
6.4	Elektrické napájení prvků TČ	35
6.5	Větrné generátory.....	36
6.5.1	Návrh větrného generátoru pro rodinný dům.....	39
6.6	Ekonomické zhodnocení navrhnutého TČ	41
7.	Izolace.....	43
8.	Závěr	46
	Seznam zdrojů.....	47
	Seznam obrázků	50
	Seznam tabulek	50
	Přílohy.....	51
č.1	– Projektová dokumentace budovy.....	51
č.2	– Soubor NKN	57
č.3	– Spotřeba plynu plynovým kotlem.....	57

Seznam použitých zkratk

ČR – Česká republika

ČSN – česká technika norma

EN – evropská norma

TZB – technická zařízení budov

PENB – průkaz energetické náročnosti budov

ENB – energetická náročnost budovy

TČ – tepelné čerpadlo

NKN – národní kalkulační nástroj

Sb. – sbírka

1. Úvod

Úspora elektrické energie, vody a plynu je oblast energetiky, které se věnuje řada společností po celém světě již mnoho let, ale obzvlášť v posledních zhruba dvaceti letech tato problematika nabývá na významu. Tato oblast mě zajímá především z těchto dvou důvodů: z hlediska běžného spotřebitele, který není spokojen s neustálým zvyšováním cen energií a také z hlediska omezenosti zdrojů.

Dle vyhlášek statistických úřadů v roce 2010 míra urbanizace v Rusku je 73,7 %.¹ Z tohoto údaje je jasné, že mimo města (vesnice, malé obce, statky atd.) bydlí 26,3% obyvatelů. To se týká i mé rodiny. Od roku 2006 bydlíme ve vlastním domě, který se nachází na okraji města Ufa v republice Baškortostan v Rusku.

Cílem této práce je provést analýzu spotřeby energie domem, navrhnout možnosti snížení energetické náročnosti domu, a předložené varianty technicky a ekonomicky zhodnotit.

¹ Míra urbanizace v Rusku [1]

2. Popis objektu

Určení celkové energetické náročnosti objektu vyžaduje znalost konstrukčního řešení a lokality zkoumané budovy. Proto nejdříve je třeba zaměřit na popis základních stavebních parametrů objektu a uvést klimatické podmínky, ve kterých se dům nachází.

Jak již bylo zmíněno, zkoumaný objekt je rodinný dům. Z tohoto plyne, že účel využití je bydlení. Začátek stavby připadá na rok 2004 a byla ukončena v roce 2006. V roce 2007 dům byl uveden do provozu. Bohužel, projektová dokumentace se do dnes dochovala jenom v papírovém formátu. Nicméně, pro moje účely to postačí.

Základní technické parametry budovy:

Posuzovaná budova má dvě úrovně s šikmou střechou a s přistavěnou z boku garáží, ve které se nachází sklep. V roce 2008 vedle doma na pozemku byla postavena jednopatrová lázeň. Tabulka 1 uvádí rozměry pozemku a veškerých objektu:

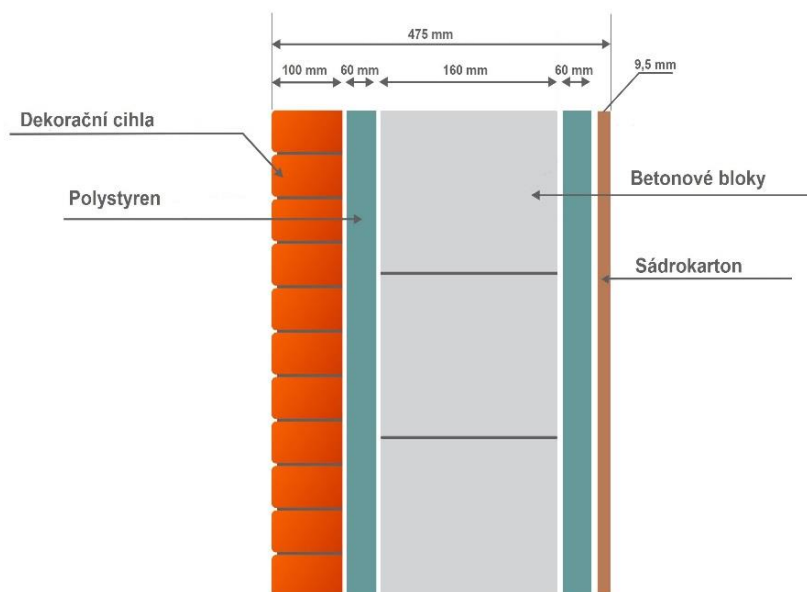
Tabulka 1 – plocha objektů

Objekty	S [m²]
Pozemek	1187
Dům	151
Lázeň	55
Garáž	58,4
Sklep	22,7
Vstup	4,9

Zdroj: projektová dokumentace (viz. příloha č.1), vlastní zpracování

Dům je založen na železobetonovém základě. Obvodové stěny mají následující provedení: nosné stěny jsou tvořeny betonovými bloky o tloušťce 160 mm. Z obou stran betonové bloky jsou doplněny pěnovým polystyrenem o tloušťce 80 mm. Pro vnitřní stavební úpravy je doplněna stěna sádkokartonem o tloušťce 9,5 mm. Pro dekorační účely z vnější strany je celý dům opatřen dekorační cihlou o tloušťce 100 mm. Následující Obrázek 1 demonstruje konstrukci obvodové stěny:

Obrázek 1 – složení obvodové stěny



Zdroj: vlastní zpracování

Střecha rodinného domu má šikmý charakter, ale strop v 1. patře je zcela vodorovný, tj. je bez sklonů a šikmostí. Strop je tvořen pěnovými bloky z polystyrenu o tloušťce 200 mm, které jsou umístěny na ocelové konstrukci. Z vnitřní strany je strop doplněn sádrokartonem o tloušťce 9,5 mm.

Otvory jsou tvořeny plastovými okny s dvojsklem od firmy “VEKA”. Dům má dva vstupy – výstupy. Hlavní vstup je tvořen dvěma dveřmi: první z venkovní strany je plastová (stejná konstrukce jako u oken), pak malá místnost pro obuv – vstup a ocelové zateplené dveře. Vedlejší vstup na opačné straně domu je tvořen stejnými zateplenými dveřmi. Podrobnější popis domu a rozměry jednotlivých konstrukcí viz. příloha č.1.

Vytápění budovy a ohřev vody je zajištěno plynovým dvouokruhovým kotlem MORA 5100 (výrobce ČR) s výkonem 16 kW. Pojem dvouokruhový znamená, že je určen pro vytápění a ohřev vody (např. kotel 5101 je jednookruhový a určen jen pro vytápění).²

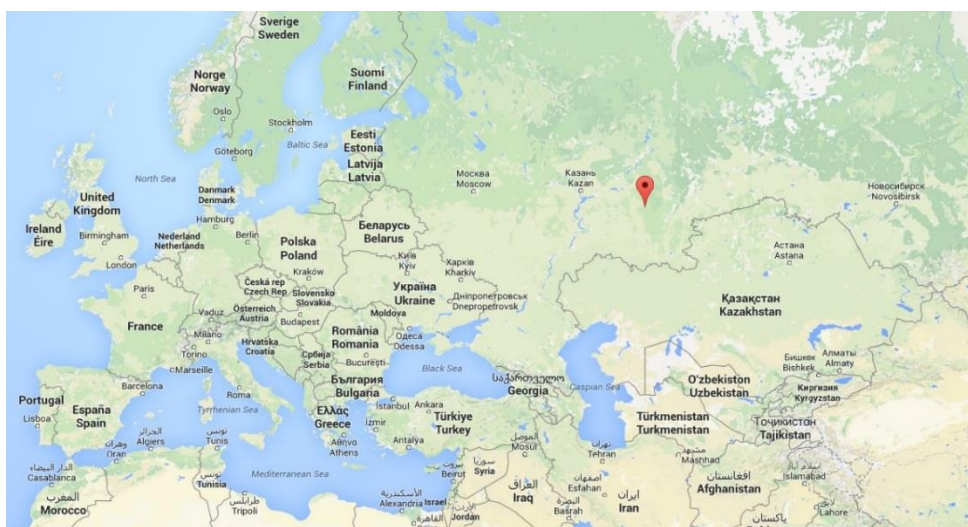
Dodání vody je zajištěno městským vodovodem. Elektrická energie je dodána do domu distribuční soustavou 220 V (jednofázové vedení). Dodání plynu je taky zajištěno městským plynovodem.

² Technická příručka plynového kotle [2][1]

Klimatické a zeměpisné data:

Pozemek s domem se nachází ve městské části “Doma” na jihozápadě hlavního města “Ufa” v republice Baškortostan v Ruské federaci. Jeho lokalitu na území Ruska je vidět na Obrázek 2. Zkoumaný dům se nachází v mírném podnebném pásu v nadmořské výšce 158 m. V posledních deseti letech se meteorologickými stanicemi pozorují značné změny klimatu po celé republice. V roce 2007 střední teplota pro zimní období byla $-16,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pro letní období $18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.³ A podle posledních statistických vyhlášek v roce 2014 střední teplota v zimním období je $-12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v letním $19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.⁴

Obrázek 2 – lokalita rodinného domu



Zdroj: převzato z karty Google⁵

3. Tepelné ztráty vytápěné soustavy

Jedním z pokynů této práce je stanovení spotřeby energií doma. Jejich výpočet vyžaduje znalost tepelných ztrát. Proto následující část práce je zaměřena na výpočet tepelných ztrát objektu. Všechny výpočty jsou dány normou ČSN EN 12831⁶.

Celková tepelná ztráta vytápěné budovy

Celková tepelná ztráta je dána součtem tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním:

³ Statistika meteorologické stanice z roku 2007 [4]

⁴ Statistika meteorologické stanice z roku 2014 [5]

⁵ Karty Google [3]

⁶ Norma ČSN EN 12831 [6]

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad (3.1)$$

Q_c – celková tepelná ztráta [W]

Q_p – tepelná ztráta prostupem [W]

Q_v – tepelná ztráta větráním [W]

Tepelné ztráty prostupem neprůsvitnou konstrukcí

3.1.1 Tepelné ztráty složenou stěnou

Součinitel prostupu tepla charakterizuje celkovou výměnu tepla mezi prostory (místnost – venkovní prostředí anebo místnost – místnost). Jinak řečeno, je to tepelně izolační schopnost stavební konstrukce. Součinitel prostupu tepla složené stěny je dán vztahem:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_1^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3.2)$$

k – součinitel prostupu tepla složenou stěnou [W/(m².K)]

α_i – součinitel prostupu tepla na vnitřní straně [W/(m².K)]

α_e – součinitel prostupu tepla na vnější straně [W/(m².K)]

Tepelný odpor udává míru odporu materiálu (v tomto případě stěny) proti pronikání tepla. Čím je vyšší odpor stěny, tím menší je pronikání tepla přes materiál. Tepelný odpor nezávisí na ochlazovacích okolnostech. Stanoví se z následujícího vzorce:

$$R = \sum_1^n \frac{s_j}{\lambda_j} \quad (3.3)$$

R – tepelný odpor stěny [m².K/W]

s_j – tloušťka vrstvy stěny [m]

λ_j – tepelná vodivost materiálu vrstvy [W/(m.K)]

Vzorec (3.2) lze přepsat v jiném tvaru při použití tepelných odporů:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (3.4)$$

U – součinitel prostupu tepla konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

R_{si} – tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

R_{se} – tepelný odpor na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

Pro stanovení průběhu ustáleného prostupu tepla stěnou, která je složena z různých vrstev byl využit speciální software.⁷ Hodnoty tepelných odporů $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ byly vzaty z normy ČSN 73 0540-3⁸. Do programu byly zadány následující hodnoty z Tabulka 2. Obrázek 3 ukazuje průběh prostupu tepla složenou stěnou.

Tabulka 2 – složení obvodové stěny

Obvodové stěny					
Vrstva č.	Materiál	d [m]	λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	U_j [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	R_t [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
1	Sádrokarton	0,0095	0,22	0,28	3,59
2	Polystyren	0,06	0,039		
3	Betonové bloky	0,16	1,36		
4	Polystyren	0,06	0,039		
5	Dekorační cihla	0,1	0,64		

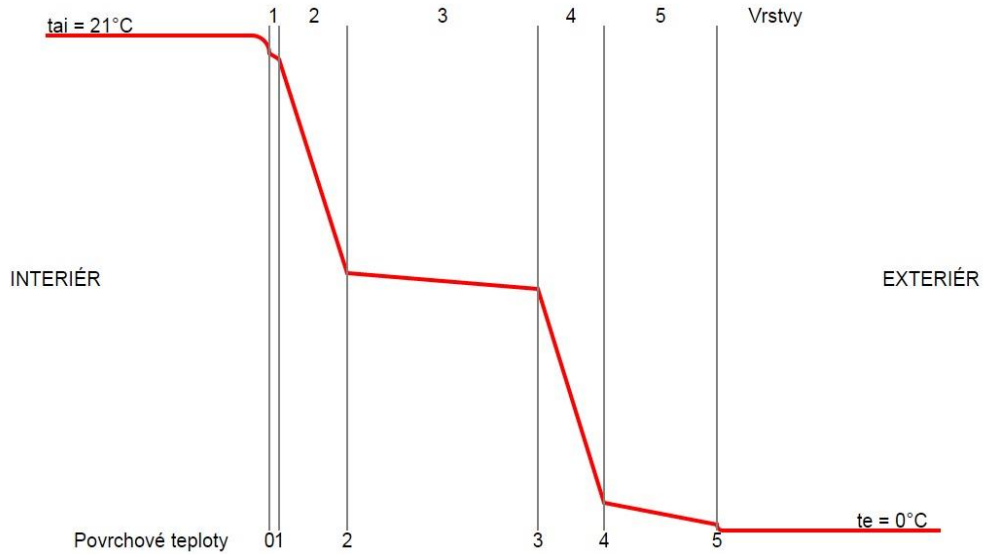
Zdroj: katalog stavebních materiálů TZB info⁹

⁷ Program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí, TZB info [9] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

⁸ Norma ČSN 73 0540-3 [8]

⁹ Katalog stavebních materiálů, TZB info [9]

Obrázek 3 – průběh prostupu tepla obvodovou stěnou



Zdroj: program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí, TZB info¹⁰

Výpočetní software ještě zpracoval hodnotu součinitele prostupu tepla složené stěny $U_j = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Porovnáním s normou dle ČSN 73 0540-2¹¹ $U_N = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ zjistím, že součinitel prostupu tepla vyhovuje požadované hodnotě.

Tepelní ztráty prostupem tepla konstrukcí budovy jsou dány nejen ztrátami obvodovou stěnou. Uplatňuje se mnoho dalších ztrát:

- Ztráty oknem
- Ztráty střechou
- Ztráty stropem
- Ztráty podlahou (zemina a vnitřní mezipatrové)
- Ztráty dveřmi

Uvedené ztráty jsou jen základní. Určení všech tepelných ztrát vyžaduje rozsáhlý popis celé konstrukce, což je velmi komplikovaně a v této práci se těmito výpočty zabývat nebudu. Nicméně, výpočet zásadních tepelných ztrát proveden bude. Důvodem je stanovení celkové energetické náročnosti v kapitole 5.

Zbývající ztráty se počítají stejným způsobem pomocí již zmíněného výpočetního programu.¹²

¹⁰ Program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí, TZB info [7]

¹¹ Norma ČSN 73 0540-2 [10]

3.1.2 Ostatní tepelné ztráty neprůsvitnou konstrukcí

Tepelné ztráty podlahou v přízemí

Při výpočtu součinitele prostupu tepla podlahou je stejný postup, jako bylo u obvodové stěny. Pro výpočet byl využit stejný program jako v kapitole 3.1.1.¹¹ Hodnoty tepelných odporů $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ jsou dány normou ČSN 73 0540-3¹³. Posloupnost materiálu podlahy je v Tabulka 3 směrem od interiéru do exteriéru.

Tabulka 3 – složení podlahy v přízemí

Podlaha v přízemí					
Vrstva č.	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	U_j [W/(m ² .K)]	R_t [m ² .K/W]
1	Parquet	0,018	0,18	0,33	3,04
2	Izolon	0,005	0,035		
3	Překližka	0,004	0,13		
4	Deska dřevěná	0,05	0,15		
5	Keramzit	0,4	0,18		

Zdroj: katalog stavebních materiálů TZB info¹⁴

Při porovnání součinitele prostupu tepla podlahy $U_j = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ s normou dle ČSN 73 0540-2¹⁵ $U_N = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je vidět, že vypočtená hodnota nevyhovuje.

Tepelné ztráty stropem

Výpočet součinitele prostupu tepla pro strop je zase stejný. Hodnoty tepelných odporů $R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a $R_{se} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ jsou dány normou ČSN 73 0540-3.¹⁶

¹² Program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí, TZB info [7]

¹³ Norma ČSN 73 0540-3 [8]

¹⁴ Katalog stavebních materiálů, TZB info [9]

¹⁵ Norma ČSN 73 0540-2 [10]

¹⁶ Norma ČSN 73 0540-3 [8]

Tabulka 4 – složení stropu

Strop 1. patro					
Vrstva č.	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	U_j [W/(m ² .K)]	R_t [m ² .K/W]
1	Sádrokarton	0,0125	0,22	0,56	1,8
2	Polyetylén	0,0006	0,3		
3	Polystyren	0,06	0,039		

Zdroj: katalog stavebních materiálů TZB info¹⁷

Při porovnání součinitele prostupu tepla stropu $U_j = 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ s normou dle ČSN 73 0540-2¹⁵ $U_N = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ je vidět, že vypočtená hodnota nevyhovuje.

Tepelné ztráty hlavními 1. dveřmi

Vstup do doma je tvořen dvěma dveřmi. První hlavní dveře jsou plastové se sklem. Mají stejné technické parametry, jako plastová okna. Součinitel prostupu tepla plastových dveří je stanoven v kapitole 0 a má hodnotu $U_j = 1,0360 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Po vstupu do prvních dveří je malá místnost s plochou $4,3 \text{ m}^2$ pro obuv. Dál jsou hlavní druhé kovové dveře.

Tepelné ztráty hlavními 2. dveřmi

Součinitel prostupu tepla vstupních kovových dveří byl vzat z katalogu parametrů od výrobce.¹⁸ Hodnota činí $U_j = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Na opačné straně budovy jsou vedlejší vstupní dveře stejného provedení a proto mají stejný součinitel prostupu tepla.

Tepelné ztráty průsvitnou konstrukcí

Průsvitné konstrukce jsou tvořeny prvky, které umožňují prostup slunečního záření. Je jasné, že se jedná o okenní konstrukce. Postup při výpočtu součinitele prostupu tepla u oken se liší od obvodových stěn. Do výpočtu se zahrnují technické parametry okna, hlavně prostup tepla sklem a prostup tepla profilem. Vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla okna:

¹⁷ Katalog stavebních materiálů, TZB info [9]

¹⁸ Katalog parametrů dveří [11]

$$U_{w,u} = \frac{A_g * U_g + A_f * U_f + l_g * \psi_g}{A_g + A_f} \quad (3.5)$$

$U_{w,u}$ – součinitel prostupu tepla okna [W/(m².K)]

U_g – součinitel prostupu tepla sklem [W/(m².K)]

U_f – součinitel prostupu tepla profilem [W/(m².K)]

A_g – plocha skla [m²]

A_f – plocha profilu nebo okenního rámu [m²]

ψ_g – lineární součinitel prostupu tepla [W/(m.K)]

l_g – délka viditelného obvodu skla [m]

Kromě součinitele prostupu tepla průsvitnou konstrukcí, je třeba ještě znát koeficient propustnosti slunečního záření. Je to nutné pro stanovení PENB v kapitole 5. U zkoumaného rodinného doma jsou okna s dvojsklem (viz. příloha č.1). Dle normy ČSN 73 0540-3¹⁹ mají taková okna koeficient propustnosti slunečního záření $g = 0,76$.

Výpočet hodnot $U_{w,u}$ pro okna jednotlivých místností se provádí podle uvedeného vztahu (3.5), rozměry oken jsou uvedeny v projektové dokumentaci (viz. příloha č.1). Použité v domě okna firmy “VEKA” mají technické parametry:

Tabulka 5 – parametry oken

Součinitel prostupu tepla sklem [W/(m ² .K)]	0,055
Součinitel prostupu tepla profilem [W/(m ² .K)]	1,3
Lineární součinitel prostupu tepla [W/(m.K)]	1,1

Zdroj: katalog firmy “VEKA”²⁰

Je potřeba poznamenat, že důležitou podmínkou je orientace okna. Důvod je objasněn v kapitole 3.1.3. Souhrn spočtených hodnot průsvitných konstrukcí pro jednotlivé místnosti uvádí následující Tabulka 6:

¹⁹ Norma ČSN 73 0540-3 [8]

²⁰ Katalog firmy „VEKA“ [12]

Tabulka 6 – hodnoty součinitele prostupu tepla okenních konstrukcí

	1. okno			2. okno			g [-]
	A [m ²]	Orientace	U _{w,u} [W/(m ² .K)]	A [m ²]	Orientace	U _{w,u} [W/(m ² .K)]	
Chodba	1,5694	V	1,1337	-	-	-	0,76
Obývací pokoj	1,6004	V	1,1334	1,6074	J	1,1334	
Kuchyně	1,9881	J	1,1300	-	-	-	
WC 1.	0,6622	Z	1,1544	-	-	-	
Ložnice 1.	1,7424	V	1,1321	-	-	-	
Ložnice 2.	0,7420	V	1,1540	1,2544	J	1,1374	
Ložnice 3.	1,2654	J	1,1337	-	-	-	
Ložnice 4.	1,5694	Z	1,1544	-	-	-	

Zdroj: projektová dokumentace (viz. příloha č.1), vlastní zpracování

Celkový součinitel prostupu tepla oken je střední hodnota všech oken vytápěné zóny budovy $U_{w,u} = 1,0360 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Korekční činitel rámu F_{gl} je dán podílem průsvitné plochy a celkové plochy okna. Je dán normou ČSN EN ISO 10077-1²¹ činí hodnotu 0,75. Korekční činitel bude využit pro stanovení PENB v kapitole 0.

Celková tepelná ztráta stavební konstrukcí

Celková tepelná ztráta prostupem konstrukcí domu se počítá po určení všech součinitelů prostupu tepla jednotlivých částí (stěna, střecha, okna, strop atd.). Celkové tepelné ztrátě se taky říká základní tepelná ztráta. Stanoví se ze vztahu:

$$Q_0 = \sum_1^n k_j * S_j * (t_i - t_e) \quad (3.6)$$

Q_0 – základní tepelná ztráta [W]

k_j – součinitel prostupu tepla stavební konstrukce, značí se taky U_j [W/(m².K)]

S_j – plocha stavební konstrukce [m²]

t_i – vnitřní výpočtová teplota [°C]

²¹ Norma ČSN EN ISO 10077-1 [13]

t_e – výpočtová venkovní teplota [°C]

Výpočtová venkovní teplota je teplota za stěnou. To znamená, že může být jak teplota sousední místnosti, tak i teplota venkovního vzduchu.

3.1.3 Přirážky k základní tepelné ztrátě

Pro dokonalejší stanovení celkových tepelných ztrát se do výpočtu přidávají přirážky, které eliminují různé vlivy. Používají se tři základní typy přirážek:

- **Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn p_1** uvažuje ten fakt, že místnost je obklopena nejen ochlazovanými stěnami, ale i sousedními vytápěnými místnostmi. Stanoví se ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 * k_c \quad (3.7)$$

kde koeficient k_c nebo U_c je průměrný součinitel prostupu tepla dané místnosti všech obklopujících stěn:

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum_1^n S_j * (t_i - t_e)} \quad (3.8)$$

- **Přirážka na urychlení zátoku p_2** se počítá při přerušovaném vytápění. Zkoumaný rodinný dům v zimním období má nepřerušované vytápění a proto tuto přirážku uvažovat není potřeba.
- **Přirážka na světovou stranu p_3** uvažuje vlivy vnějšího prostředí. Obvykle se zahrnuje do výpočtu tepelných ztrát průsvitnými konstrukcemi, tj. okny. Rozhodujícím faktorem této přirážky je světová strana okna. Následující Tabulka 7 uvádí hodnotu součinitele přirážky pro různé světové strany:

Tabulka 7 – přirážka podle světové strany

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

Zdroj: Karel Brož, Vytápění²²

Tepelná ztráta prostupem s přirážkami je pak dána vztahem:

$$Q_p = Q_0 * (1 + p_1 + p_3) \quad (3.9)$$

Q_p – tepelná ztráta prostupem s přirážkami [W]

²² Karel Brož, Vytápění [14] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Ze vztahu (3.9) je vidět, že stanovení celkové tepelné ztráty s přírážkami je komplikovaný proces, protože je nutné do výpočtu zahrnout ztráty mezi místnostmi, ztráty místnost – strop a střecha, ztráty místnost – venkovní prostředí, ztráty místnost – podlaha atd. Kromě toho, je třeba uvažovat světovou polohu oken. Ale pro určení celkové energetické náročnosti doma to není potřeba, protože bude využít speciální nástroj. Podrobnější popis viz. kapitola 0. Proto pro výpočet celkové tepelné ztráty je užitá normovaná hodnota.

Tepelná ztráta větráním

Podle vzorce (3.1) celkové tepelné ztráty budovy kromě ztrát prostupem tepla ještě jsou dány navíc tepelnými ztrátami větráním. Větrání znamená výměnu vzduchu v místnostech budovy hlavně okenními konstrukcemi a dveřmi. Z jedné strany, dle normy každá místnost musí být větrána. Například, u obytných místností je předepsána výměna vzduchu jednou za 2 hodiny.²² A to je vyžadováno hygienickou normou. Z druhé strany, větrání způsobuje tepelné ztráty, když teplý vzduch vytéká a je nutné pak zahřívát chladný pronikající vzduch. Teplo uniká netěsnostmi oken a dveří. Tepelné ztrátě větráním se taky říká tepelná ztráta infiltračí. Je závislá na množství proniklého vzduchu, rozdílu teplot, měrné teplotě kapacity a hustotě vzduchu. Stanoví se ze vztahu:

$$Q_v = c_v * \rho_v * V_v * (t_i - t_e) \quad (3.10)$$

Q_v – tepelná ztráta infiltračí [W]

c_v – měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg*K)]

ρ_v – hustota vzduchu [kg/m³]

V_v – objem výměny vzduchu v místnosti [m³]

t_i – vnitřní výpočtová teplota vzduchu v místnosti [°C]

t_e – venkovní výpočtová teplota vzduchu [°C]

4. Spotřeba energie

Spotřeba tepla při vytápění

Teplo které se dodává do místností za účelem vytápění, se rozděluje na teoretickou a skutečnou spotřebu tepla. Teoretická spotřeba je spočtená teplota dle klimatických podmínek, stavební konstrukce budovy, délky otopné sezony. Ovšem, jak

bylo řečeno dříve, vznikají v budově tepelné ztráty a skutečná spotřeba tepla je proto menší o tyto tepelné ztráty. Poměr mezi skutečnou a teoretickou spotřebou tepla je účinnost vytápění. Teoretická spotřeba tepla při nepřerušovaném provozu se stanoví ze vztahu:

$$Q_d = 24 * 3600 * \varepsilon * Q * \frac{d * (t_i - t_{es})}{t_i - t_{ev}} \quad (4.1)$$

Q_d – teoretická spotřeba tepla [W]

Q – maximální tepelná ztráta dle ČSN EN 12831²³ [W]

ε – opravný součinitel [-]

d – délka otopné sezony [počet dní]

t_i – požadovaná vnitřní teplota [°C]

t_{es} – průměrná střední venkovní teplota [°C]

t_{ev} – nejnižší venkovní teplota [°C]

Skutečná spotřeba tepla je dána vztahem:

$$Q_{d\ skut} = \frac{Q_d}{\eta_K * \eta_R * \eta_O} \quad (4.2)$$

$Q_{d\ skut}$ – teoretická spotřeba tepla [W]

η_O – účinnost kotle [-]

η_K – účinnost rozvodu otopného média [-]

η_R – účinnost obsluhy [-]

Jak bylo zmíněno dříve v kapitole 0, u zkoumaného rodinného domu je instalován plynový kotel MORA 5100 (výrobce ČR) s výkonem 16 kW, který je zdrojem tepla ohřevu vody. Tabulka 8 uvádí technické údaje plynového kotle:

²³ Norma ČSN EN 12831 [6]

Tabulka 8 – technické údaje plynového kotle MORA 5100

Jmenovitý tepelný výkon	16 kW
Rozsah tepelného výkonu pro topení	6,5 - 16 kW
Účinnost při jmenovitém tepelném výkonu	87%
Spotřeba plynu při jmenovitém tepelném výkonu	2 m ³ .hod
Maximální teplota topné vody	85 °C
Celkový příkon	120 W

Zdroj: technická příručka plynového kotle²⁴

Kotel je vybaven výkonným oběhovým čerpadlem s 3 výkonnostními stupni, který slouží pro oběh ohřívání vody. Jednotlivé stupně v Tabulce 9 znamenají různé výkony čerpadla. Optimální stupeň je 3. s výkonem 110 W.

Tabulka 9 – výkon oběhového čerpadla plynového kotle

Stupeň	P [W]	I [A]	n [ot/min]
1	45	0,21	700
2	75	0,34	1050
3	110	0,51	1750

Zdroj: technická příručka plynového kotle²⁴

Spotřeba tepla k přípravě teplé vody

Pro přípravu teplé vody se využívá již zmíněný plynový kotel MORA 5100. Studená voda do domu je dodávána městským vodovodem. Podle snímaných údajů průměrná měsíční spotřeba studené vody je 17 l/měsíc nebo 204 l/rok (viz. příloha č.2). Část objemu té vody jde do plynového kotle pro zajištění domu teplou vodou. Bohužel, instalovaný kotel nemá měřic objemu ohřívání vody. Ale je možno spočítat objem podle normy ČSN EN 15316-3-1²⁵. Tato norma uvádí výpočet spotřeby vody v závislosti na podlahové ploše budovy. Vztah pro výpočet:

$$V_{W \text{ den}} = \frac{39,5 * \ln S - 90,2}{S} = \frac{39,5 * \ln 151 - 90,2}{151} = 0,715 \quad [l/(m^2.\text{den})]$$

S– podlahová plocha budovy a je rovna 151 m² (viz. příloha č.1)

²⁴ Technická příručka plynového kotle [2]

²⁵ Norma ČSN EN 15316-3-1 [15]

Z toho vychází, že denní spotřeba tepla pro ohřev vody je $0,715 \cdot 151 = 107,965$ l a roční je 39407,225 l nebo cca 39,4 m³. V domě bydlí 4 osoby a pak specifická spotřeba teplé vody na jednoho obyvatele je 9,85 m³ za rok, což podle normy ČSN EN 15316-3-1²⁵ je vyhovující.

5. Celková energetická náročnost

PENB

Energetická náročnost budovy je celková spotřebovaná energie budovy při standardním provozu. Pod pojmem celkové spotřebované energie se rozumí součet všech energií na vytápění, ohřev teplé vody, chlazení, osvětlení a větrání. Na základě stanovení energetické náročnosti budovy pro jednodušší přehled spotřeby energie budovy se vydává “Průkaz energetické náročnosti budovy” (PENB).²⁶ Zavedení PENB je dáno a upravováno zákonem č. 406/2000 Sb.²⁷ a vyhláškou č. 148/2007 Sb.²⁸ Průkaz umožňuje jednoduše srovnávat parametry různých stavebních konstrukcí, izolace, zdroje tepla pro vytápění atd. Pak na základě PENB lze navrhopat nová řešení jak snížit spotřebu energie a porovnávat se stávajícím stavem. Velmi významným plusem je to, že pochopení PENB nevyžaduje žádné vysoké technické vzdělání. PENB slouží jak stavebníkům, tak i běžným majitelům rodinných domů. Energetická náročnost budovy je regulována normami. Mezi nejpodstatnější patří všechny vydané části normy ČSN 73 0540²⁹ – “Tepelná ochrana budov”.

Energetická náročnost budovy představuje měrnou spotřebu energie budovy, která je stanovena z celkové dodané energie vztažené k podlahové ploše a má jednotku kWh/(m².K). Hodnocení budov v ČR je prováděno na základě bilančního hodnocení, když hodnocený stavební objekt je porovnáván z tzv. referenční budovou. Referenční budova je budova stejného typu, tvaru, rozměru, stavební konstrukce, zeměpisné lokality, ale vypočtená na základě referenčních hodnot dle norem. Vydávaný průkaz ENB je rozdělen do 8 tříd energetické náročnosti, kde třída A je hodnocena jako velmi

²⁶ Průkaz energetické náročnosti budovy PENB [16]

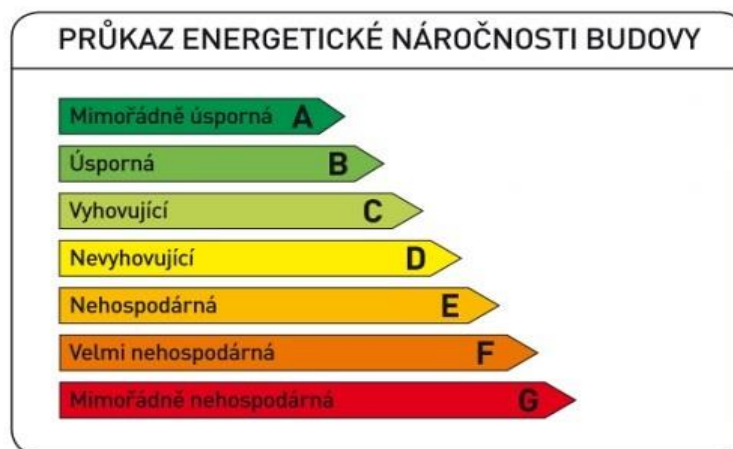
²⁷ Zákon o hospodaření energií [17]

²⁸ Vyhláška o energetické náročnosti budov [18]

²⁹ Norma ČSN 73 0540 [19]

úsporná a třída G mimořádně neekonomická. Následující Obrázek 4 demonstruje jednotlivé třídy:

Obrázek 4 – třídy PENB



Zdroj: PENB³⁰

NKN

Stanovení PENB lze provést dvěma způsoby: klasickým výpočtem a pomocí speciálního software. V této práci bude využit program “Národní kalkulační nástroj” – NKN³¹. Je to nástroj pro stanovení energetické bilance budovy, určení spotřeby energie na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení, který vznikl současně s vyhláškou č. 78/2013 Sb.³² Při určení PENB, NKN porovnává hodnocenou budovu s referenční budovou.

NKN má vstupní a výstupní parametry. Pod vstupními parametry se rozumí technické parametry budovy: stavební konstrukce obálky budovy, lokalita, klimatické podmínky, účel využívání, systém vytápění a přípravy teplé vody atd. Po zadání všech parametrů do programu a zpracování jich programem, bude zjištěna třída energetické náročnosti, spotřeba energie na vytápění, přípravu teplé vody a osvětlení.

V této práci pro zadání vstupních hodnot do NKN bude využita tzv. “obálková metoda”. Je to metoda, při které výpočty budou prováděny z hlediska jenom obálky budovy: obvodová stěna, podlaha v přízemí, strop, okna a dveře. Jinak řečeno, při

³⁰ PENB [20]

³¹ Národní kalkulační nástroj [21]

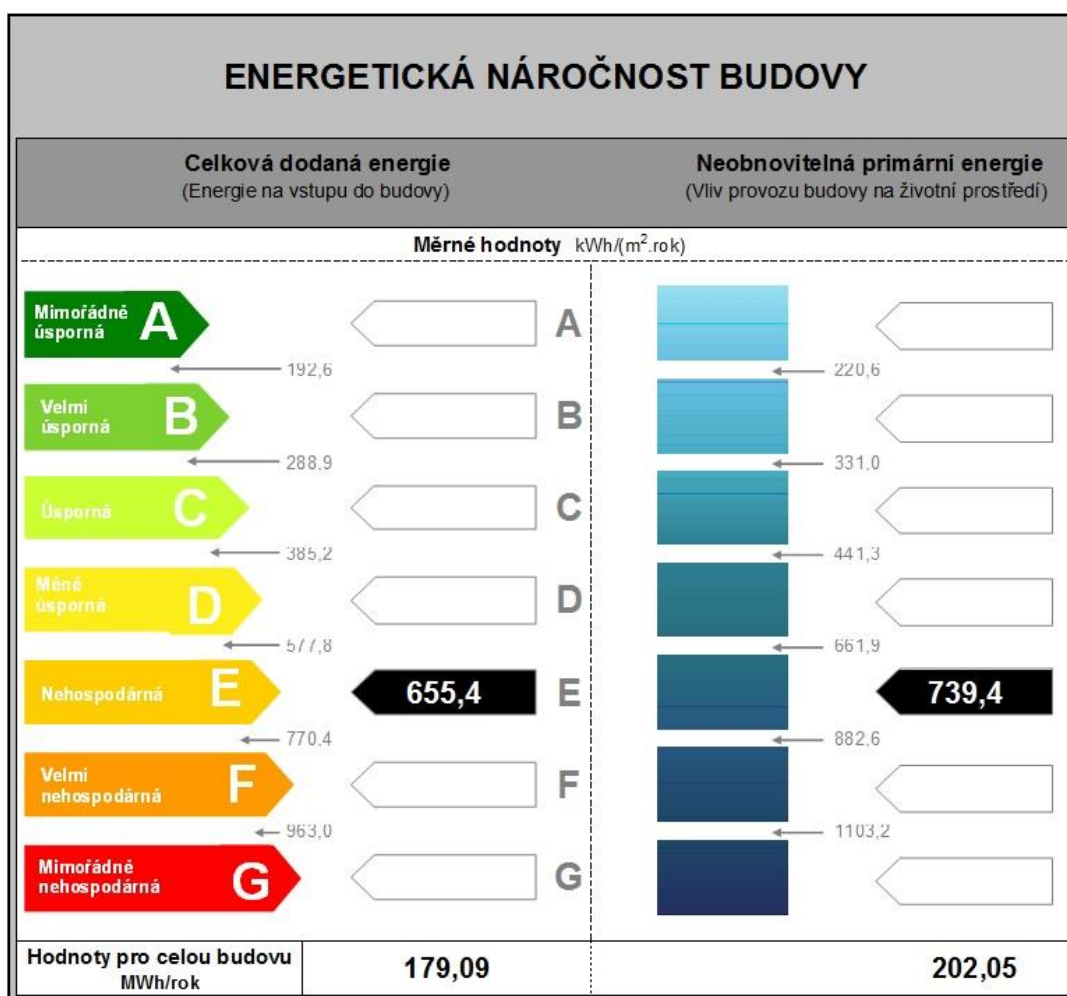
³² Vyhláška o energetické náročnosti budov [22]

výpočtu se nebudou uvažovat tepelné ztráty mezi vnitřními prostory a místnostmi. Energie bude počítána jenom mezi celou budovou a venkovním prostředím.

Pro zadání vstupních parametrů do NKN je nutné provést zónování budovy. Je to geometrické rozdělení budovy na obytnou a neobytnou část. Obytná část je část, kde je normová hodnota 21 °C a která je určena pro bydlení člověka. Neobytná část má normovou teplotu 16 °C a jsou to garáže, technické místnosti, sklady atd. Hodnocený rodinný dům je rozdělen na dvě zóny, obytnou a neobytnou. Obytná zóna je tvořena ložnicemi, obývacím pokojem, WC, chodbou a kuchyní. Neobytná zóna je tvořena garáží, skladem a vstupem (viz. příloha č.1). Souhrn všech hodnot, dosažených do NKN lze najít v příloze č.2.

Po zadání všech hodnot, NKN vydal PENB. Hodnocený rodinný dům má třídu E – nevhodný dům. Celková dodaná energie do budovy je 179092,2 kWh/rok nebo 655,4 kWh/(m².rok). Následující Obrázek 5 demonstruje PENB hodnocené budovy:

Obrázek 5 – PENB hodnocení rodinného domu



Zdroj: viz. příloha č. 2

6. Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je energetický stroj, který je určen pro vytváření tepla. Zásadním principem TČ je využívání nízkopotenciálních zdrojů z okolí. Pod nízkopotenciálními zdroji se rozumí hlavně voda, vzduch a země. TČ odebírá teplo ze studeného tělesa a přečerpává ho na vyšší hladiny, které se pak využívá pro vytápění. TČ se považuje za částečně obnovitelný zdroj energie, protože pro přečerpání teploty na vyšší teplotní úroveň vyžaduje elektrickou energii. Tepelná čerpadla našly své první uplatnění v druhé polovině 19. století v energetickém průmyslu. Princip TČ je založen na první a druhé větě termodynamického zákona. TČ je tvořeno jednotlivými elektrickými komponenty: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Každé elektrické zařízení je napájeno elektrickou energií, proto celkový výkon TČ je rozdělen

na dvě složky: první složka je získaná s okolního prostředí (obnovitelná) a má podíl 60 – 70 %, druhá složka je elektrický příkon 30 – 35 %.³³ Dodání elektrické energie může být zajištěno buď využitím elektrické distribuční sítě nebo využitím obnovitelného zdroje, např. větrné generátory nebo fotovoltaické systémy.

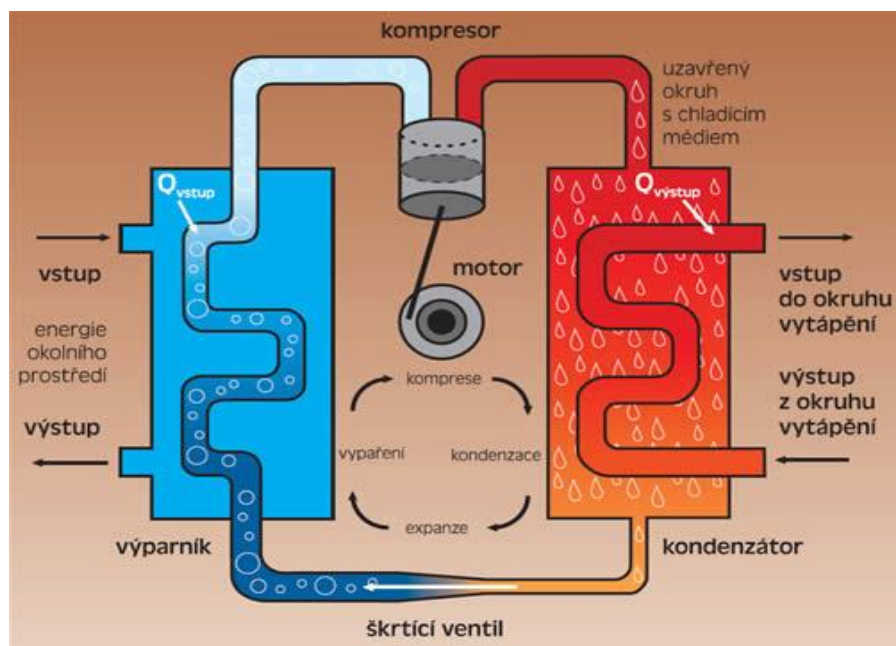
Celý proces činnosti tepelného čerpadla je rozdělen na čtyři etapy, ze kterých v každé probíhají jednotlivé fyzikální děje. Pro koloběh se využívá chladicí medium, které má nízkou teplotu varu. TČ se skládá ze dvou částí: venkovní a vnitřní. Venkovní je tvořena výměníkem (výparník), vnitřní je tvořena kompresorem, kondenzátor a expanzní ventil. Popis etap:

- Nejprve pracovní medium odebírá tepelnou energii zdroje tepla a odpařuje se do plynného stavu. Protože odebírané teplo má nízkou teplotu, proces se provádí při sníženém tlaku ve výparníku.
- Potom zvýšené o pár stupňů už pracovní plynné medium se dostává do kompresoru, který medium stlačí a tím značně zvýší jeho teplotu.
- V 3. etapě páry o vysoké teplotě se dostávají do kondenzátoru. V něm zahřáté medium odevzdává své teplo a kondenzuje se. Teplo je odevzdáváno vodě, které je vedeno potrubím do vytápěné místnosti. Voda cirkuluje a nepřetržitě zajišťuje vytápění.
- V poslední 4. ději zkondenzované medium prochází expanzním ventilem, ve kterém je snižován tlak a vrací se k výparníku a celý proces se znovu opakuje.

TČ se považuje za velmi čisté ekologické zařízení, protože během jeho činnosti do prostředí není emise škodlivých látek a plynů. Následující Obrázek 6 demonstruje schéma tepelného čerpadla a popis jeho činnosti:

³³ Elektrotepelná technika, Z. Hradílek, I. Lážničková, V. Král [26]

Obrázek 6 – funkce TČ



Zdroj: energie prostředí a tepelná čerpadla³⁴

Topný faktor

Velmi důležitým parametrem TČ je topný faktor, který umožňuje ohodnotit ho z ekonomického hlediska. Topný faktor je dán poměrem celkové energie dodané pro vytápění k spotřebované energii pro pohon TČ. Jinak řečeno, topný faktor je účinností tepelného čerpadla. Vztah pro výpočet:

$$\varepsilon_T = \frac{Q}{E} \quad (6.1)$$

ε_T – topný faktor [-]

Q – výstupní energie pro vytápění [J]

E – spotřebovaná energie pro pohon TČ [J]

Topný faktor je hodnota, která udává efektivnost TČ. Čím je vyšší, tím je TČ efektivnější. Topný faktor je hodnota okamžitá, protože závisí na podmínkách, při kterých se TČ využívá. Každé TČ má technickou příručku, ve které je uvedena hodnota topného faktoru od výrobce. Tato hodnota bývá udána jako průměrná, tak i při několika různých provozních stavech. Obvykle topný faktor leží v rozmezí 2 až 5. Topné faktory umožňuje porovnání TČ od různých firem při stejných provozních podmínkách.

³⁴ Energie prostředí a tepelná čerpadla [23]

Rozdělení TČ

Tepelná čerpadla se dle způsobu odebírání tepla a látky, kterou je předáváno teplo pro vytápění, se rozdělují na různé kombinace. Nejpoužívanější jsou čtyři kombinace, které budou uvedeny dále.

6.1.1 Systém voda – voda

V tomto provedení TČ využívá jako zdroj energie vodu z okolí. Z jedné strany, je to velmi efektivní způsob odebírání tepla, protože v této kombinaci zapojení je velmi vysoká hodnota topného faktoru, ale z druhé strany jsou velmi náročné požadavky na zdroj. Pro zajištění nepřetržitého provozu, zdroj musí dodávat trvale dostatečné množství vody o požadované stejné teplotě. Například TČ model “CA-08”³⁵ s výkonem 7 kW, má spotřebu vodu 1200 l/hod nebo 1,2 m³/hod. Další nevýhodou je čistota vody. Voda obsahuje hodně chemických nežádoucích složek, pro odstranění kterých se využívají speciální filtry, které vyžadují obsluhu. Kromě toho, špinavá voda snižuje topný faktor. Existují dva způsoby využívání vody:

- Povrchové vody – k čerpání energie se využívá voda z řek, velkých jezer, vodních nádrží atd. Na dno se instalují plastové trubice, ve kterých se nachází pracovní medium – nemrzoucí směs. Takové instalace mají velmi vysoký topný faktor, ale i vysokou pravděpodobnost poškození trubiček. Kromě toho, je nezbytné povolení od městských úřadů.
- Voda ze studny – k čerpání energie se využívají podzemní vody. Vykopává se hluboká studna, do které se instaluje ponorné čerpadlo, které pak čerpá vody do TČ a to se nazývá sací studna. Na druhé straně v určité vzdálenosti se vykopává druhá vsakovací studna, přes kterou je odváděna využitá voda. Důležitou podmínkou je, aby byly obě studny mezi sebou odděleny, protože čerpaná voda musí mít vždy stejnou teplotu. Výhodou je to, že teplota podzemních vod je celoročně stejná a pro různé zeměpisné lokality bývá v rozmezí 8 – 12 °C.³⁶

6.1.2 Systém vzduch – vzduch

Toto provedení TČ odebírá teplo z venkovního nebo odpadního vzduchu. Vzduch je nasáván do TČ, ohříván a následně využit pro vytápění domu. Jedná se

³⁵ TČ model “CA-08” [24]

³⁶ Teplota podzemních vod [25]

vlastně o ventilátor, který zajišťuje vytápění jedné místnosti, a pak teplo se šíří celou konstrukcí. V případě, jestli dům je navržen tak, že má mnoho místností a není možné proudění vzduchu, používá se více TČ. Díky tomu, že ohřívání vzduchu probíhá přímo do vytápěné místnosti, topný faktor není nízký. Systémy vzduch – vzduch mají nízké nároky na instalaci a malé investiční náklady. A kromě vytápění v zimě, používají se i pro chlazení v létě. Nevýhodou je závislost topného faktoru na teplotních podmínkách a nízká účinnost při nízkých teplotách. Kromě toho, většina TČ pracuje do nejnižší teploty -15 °C a náhradní topení je zajištěno elektrokotlem. TČ vzduch – vzduch nejsou určeny pro ohřev vody.

- Venkovní TČ – odebírají vzduch z vnějšího prostředí a předává teplo do doma.
- Odpadní TČ – teplo je odebíráno z vytápěných vnitřních prostorů a po ohřevu dodáno zpět. Častým problémem takového systému je omezené množství používaného vzduchu a nutnost instalace vzduchových potrubí v celém domě.

6.1.3 Systém vzduch – voda

Systémy vzduch – voda odebírají teplo ze vzduchu a předávají ho vodě v topném systému nebo do zásobníku s vodou pro zajištění domu teplou vodou. Obvykle TČ systému vzduch – voda se umísťují vně budovy, ale dá se TČ instalovat i uvnitř budovy a přívod vzduchu je prováděn přes otvory ve stěnách. TČ tohoto provedení mají nízké provozní náklady a jednoduchou instalaci bez nutnosti provádět veškeré stavební úpravy. TČ systému vzduch – voda mají výkon a topný faktor závislé na teplotních okolních podmínkách. Čím je teplota nižší, tím je i menší výkon i topný faktor. Nevýhodou je krátká životnost kvůli vysokému namáhání kompresoru. Nejvhodnější využití TČ vzduch – voda je podlahové vytápění a vytápění sezonních bazénů. Dalším minusem je hluk ventilátoru, ale ten se dá zmenšit správným umístěním a izolačním krytem. TČ může využívat i vnitřní teplo vytápěné budovy.

6.1.4 Systém země – voda

Systém TČ země – voda využívá energii země. Jedná se o tepelnou energii, která se díky záření slunce neustále obnovuje a lze tento zdroj považovat za obnovitelný. Existují dva způsoby jak energii země využít: hloubkový vrt a plošné kolektory.

- Hloubkové vrty – teplo do tepelného čerpadla je přiváděno pomocí vrtu v zemi. V zemi se vykopává hlubinný vrt 50 až 200 metrů. Do něho je uložena trubice (plastová nebo měděná), ve které proudí nemrznoucí směs. Pak vrt je zaplněn

cementem. Výkon je závislý na složení půdy a hloubce vrtu. Pro 1 kW TČ je nutné vykopat vrt o hloubce 12 – 18 m v závislosti na typu půdy.³⁷ Topný faktor systému země – voda je vysoký 4 – 5 díky konstantní teplotě v místě odběru tepla $8 - 10^{\circ}\text{C}$.³⁷ Z toho plyne, že čerpání energie z půdy je nezávislé na ročních klimatických podmínkách. Je potřeba poznamenat, že je lepší udělat jeden hluboký vrt, než dva menší. Ale jestli budou vykopány dva vrty, musejí být mezi sebou vzdáleny o určitou délku, aby navzájem se neovlivňovaly (min. 10 m). Nevýhodou hloubkových vrtů jsou vysoké náklady na pořízení. Kromě toho, je nutné dostat stavební povolení na vrt.

- Plošné kolektory – jeden ze způsobů čerpání energie ze země. V půdě v hloubce 1,5 – 2 m se ukládají plastové trubice, které jsou naplněny nemrznoucí směsí. Hloubka uložení trubic je závislá na druhu půdy. Z půdy směs odebírá teplo naakumulované ze slunce a přenáší ho do TČ. Na rozdíl od vrtu, plošné kolektory mají nižší náklady na pořízení a instalace, a současně i nižší topný faktor. Topný faktor je závislý na vnější teplotě, a proto není konstantní během roku jako u vrtu. Trubice jsou navzájem vzdáleny minimálně o 1 metr, aby se navzájem neovlivňovaly. Uložení plošných kolektorů vyžaduje velkou plochu pozemku. Plošné rozměry kolektorů jsou obvykle 3x větší, než je vytápěná plocha stavebního objektu. TČ s plošným kolektorem odebírají 2 % z půdy pod sebou a 98 % z půdy nad sebou.³⁷ Pro 1 kW výkonu TČ potřebná plocha plošných kolektorů se pohybuje v rozmezí 15 – 65 m² v závislosti na typu půdy.³⁷ Po uložení kolektoru nelze na využitém pozemku již nic stavět, ani sázet stromy. Pozemek je pokažený. Ale v případě, jestli je k dispozici dostatečně velký pozemek, lze zajistit TČ nevyčerpatelným zdrojem energie s dobrým topným faktorem a tichým chodem. Nevyžaduje žádné stavební povolení pro instalaci v ČR.

Návrh TČ pro rodinný dům

Pro volbu výběru TČ a jeho výkonu je nutné uvažovat několik důležitých parametrů objektu: celkové tepelné ztráty stavební konstrukce, jeho lokalita, klimatické podmínky, typ půdy a ještě ekonomické náklady. Celkové tepelné ztráty jsou dány potřebným výkonem pro vytápění a ohřev teplé vody. Klimatické podmínky ovlivňují

³⁷ Návrh tepelného čerpadla systému země – voda [27]

celkovou spotřebu doma, protože venkovní teplota není celoročně konstantní a spotřebovaná energie domu tím pádem se liší. Největší ztráty budou při nejnižších teplotách. Ale nejnižší teplota netrvá dlouho, proto TČ bude navrhováno pro teploty vyšší. Pro vytápění při nízkých teplotách se používá náhradní zdroj (elektrokotel nebo plynový kotel). Takové zapojení, když TČ má záložní zdroj, nazývá se bivalentní. Obvykle TČ pokrývá 50 – 90 % celkových tepelných ztrát.³⁸ Jak už bylo zmíněno, TČ se navrhuje do určité nejnižší venkovní teploty – bod bivalence (teplota, do které TČ pokrývá tepelné ztráty). Tento bod bivalence bývá v rozmezí -3 °C až -10 °C.³⁹ Většina výrobce dávají dlouhodobé záruky pro TČ a jejich kompresory. Například, výrobce IVT dává záruku 5 let na TČ a 10 let na kompresor.⁴⁰ Ještě důležitým kritériem je typ otopné soustavy. TČ je schopno ohřívat vodu pro vytápění maximálně do 60 °C. Nejvhodnější způsob vytápění pro TČ je podlahové a stěnové. V případě, jestli dům je vytápěn článkovými otopnými tělesy, je nutné zajištění větší plochy otopných těles.

Pro hodnocený stavební objekt bude využito bivalentní zapojení TČ. Jako záložní zdroj tepla bude již tam instalovaný plynový kotel. TČ bude systému země – voda s geotermálním hloubkovým vrtem. Volba systému země – voda má následující důvody:

- Malá plocha pozemku, na které se ještě nachází lázeň, nasazeno mnoho stromů (jabloň a višně), zeleninová zahrada, z čehož plyne, že se nedá využít ploché kolektory, i když jejich instalace vyžaduje menší náklady.
- Kvůli nízké teplotní teplotě možnost využití TČ systému vzduch – voda a vzduch – vzduch taky odpadá.
- V blízkosti nejsou žádné řeky, rybníky a vodní nádrže, a nelze proto využít TČ systému voda – voda.
- TČ systému země – voda s geotermálním vrtem není závislé na teplotních podmínkách, což je pro hodnocený rodinný dům je rozhodujícím faktorem

Volba výkonu TČ je závislá na tepelných ztrátách budovy. Proto lze postupovat buď ze spočtených celkových ztrát anebo z výkonu zdroje, který je již tam instalován. Pro zkoumaný stavební objekt je to plynový kotel s výkonem 16 kW.

³⁸ Tepelná čerpadla, K. Srdečný, J. Truxa [28]

³⁹ Návrh tepelného čerpadla systému země – voda [27]

⁴⁰ Švédská tepelná čerpadla IVT [29]

Výpočet hloubky geotermálního vrtu pro TČ systému země – voda vychází s typu půdy. Pro danou lokalitu rodinného doma typ půdy kamenitý s vysokým obsahem vody.⁴¹ Tato půda je charakterizována nízkou tepelnou vodivostí. Střední hloubka vrtu pro výkon jeden kW je 20 m.⁴² Pro instalovaný výkon 16 kW potřebná hloubka je 320 m. Protože firmy dokážou udělat vrt o hloubce maximálně 200 m, pro TČ zkoumaného rodinného domu budou vrtány dva vrty o 160 m každý. Vrty budou se navzájem nacházet ve vzdálenosti 15 m, což plocha pozemku umožňuje.

Po provedení rešerše jsem našla vhodný model pro zkoumaný rodinný dům. Jedná se o tepelné čerpadlo geotermálního systému země – voda F1145 firmy NIBE.⁴³ NIBE je vedoucí společnost v oblasti výroby vytápěcího zařízení v Polsku, ČR, Švédsku a Rusku.

TČ F1145 je určeno pro vytápění malých panelových domů, kanceláří a rodinných domů. Tato model je vynikající tím, že je velmi efektivní a schopen otáčet rodinný dům až do -10 °C venkovní teploty. Maximální teplota ohřevu vody je 65 °C, což umožňuje využití v domě článkových otopných těles, radiátorů atd. Řada F1145 má modely s různými výkony. Pro hodnocený rodinný dům byl vybrán model s výkonem 15,8 kW. Následující Tabulka 10 uvádí souhrn technický parametrů TČ F1145:

Tabulka 10 – parametry TČ NIBE F1145

Jmenovitý výkon	[kW]	15,8
Příkon	[kW]	3,3
Topný faktor	[-]	4,8
Napětí	[V]	3 x 400 + N + PE
Pracovní medium	freon	R407C
Úroveň šumu	[dB]	43
Maximální teplota ohřevu	[°C]	65
Výška	[mm]	1500
Šířka	[mm]	600
Délka	[mm]	610
Hmotnost	[kg]	191

Zdroj: technická příručka TČ NIBE F11405⁴⁴

⁴¹ Typy půdy v Ufě [30]

⁴² Návrh tepelného čerpadla systému země – voda [27]

⁴³ TČ NIBE F1145 [31]

⁴⁴ Technická příručka TČ NIBE F1145 [32]

Cena tohoto modelu TČ je 387.00,- rublů, což na dnešní kurz 2.05.2015 je 186.057,- Kč.⁴⁵ Kromě toho firma poskytuje záruku 10 let na kompresor zdarma. Tento model je dodán bez záložního zdroje – elektrokotle, což je výhodou, protože je menší pořizovací cena a jako náhradní zdroj tepla bude využit již instalovaný plynový kotel MORA 5100.

K TČ je nutné zařídit ještě akumulční nádrž pro zvětšení životnosti TČ. Akumulční nádrž představuje sebou velkou nádobu s objemem do 3000 l, kde je uchovávána teplá voda. Důvod využití nádrže je následující: voda v topném systému domu velmi rychle odevzdává své teplo a proto TČ musí se často spínat pro nepřerušované zajištění teplotou vodou. Kromě toho, TČ běží na svůj plný výkon i když to není potřeba. Tím se zkratuje životnost TČ. Akumulční nádrž zabírá přebytek energie a uchovává v sobě teplotu vodu a některou dobu zajišťuje dům ohřátou vodou, v závislosti na jejím objemu. Tím dojde k méně častému spínání TČ.

Pro daný model TČ F1145 byla vybrána akumulční nádrž NIBE UKV 300 objemem 300 l.⁴⁶ Jeho pořizovací cena je 14386,- Kč.⁴⁶ Tabulka 11 uvádí technické parametry vybraného modelu:

Tabulka 11 – technické parametry akumulční nádrže

Typ		UKV 300
Objem topné vody v nádrži	[l]	300
Vnější průměr nádrže	[mm]	650
Výška nádrže	[mm]	1580
Max. tlak vody v nádrži	[MPa]	0,6
Max. teplota topné vody v nádrži	[°C]	80

Zdroj: informace o produktu UKV 300⁴⁷

Elektrické napájení prvků TČ

Jednotlivé části TČ (kompresor, výměník, expanzní ventil) vyžadují elektrické napájení. Proto výrobce u TČ vždy udávají výkon předaný do topného systému a elektrický příkon. Napájet TČ lze buď ze sítě anebo z obnovitelných zdrojů energií.

⁴⁵ TČ NIBE F1145 [31]

⁴⁶ Akumulční nádrž NIBE UKV 300 [33]

⁴⁷ Informace o produktu UKV 300 [34]

Hlavní myšlenkou je vytváření úplně energeticky nezávislého systému napájení pro TČ. Při rešerši volby typu zdroje obnovitelné energie, zjistila jsem, že pro daný hodnocený objekt, nejlepší volbou bude větrný generátor. Nejprve, v blízkosti nejsou žádné řeky, na kterých by se dalo postavit malý vodní generátor. Vyžití sluneční energie (fotovoltaické články) tady nevyhovuje kvůli klimatickým podmínkám. Dále bude uvedeno, jak fungují větrné generátory.

Větrné generátory

Větrný generátor konstrukčně představuje kolo s lopatkami na něm, reduktor (mechanismus, transformující a přenášející moment), nainstalovaný generátor, akumulátor a měnič.

Klasifikace větrných generátorů

- **Podle osy otáčení**
 - Vodorovné
 - Svislé

Největší popularity dostaly větrné vodorovné generátory, jejich osa je umístěna paralelně k zemi. Svislé větrné generátory jsou méně efektivní. Lopatky se otáčejí paralelně povrchu země. Na rozdíl od vodorovných generátorů, svislé nevyžadují přesně definovaný směr větru. Ale svislé větrné generátory mají pracovní oblast 2x menší, než vodorovné větrné generátory se stejnou plochou větrného kola. Při libovolném směru větru polovina lopatek větrného kola se otáčejí proti němu, čímž ztrácejí polovinu svého výkonu.

Obrázek 7 – vodorovný větrný generátor



Zdroj: větrné elektrárny, magazín EkoBonus⁴⁸

Obrázek 8 – svislý větrný generátor



Zdroj: větrná turbína do města, Ekologické Bydlení⁴⁹

Vodorovné větrné generátory se využívají pro výrobu elektřiny jak v průmyslovém měřítku, tak i v domácnostech.

- **Podle počtu lopatek**
 - S dvěma lopatkami
 - S třemi lopatkami
 - S mnoha lopatkami

⁴⁸ Větrné elektrárny, magazín EkoBonus [35]

⁴⁹ Větrná turbína do města, Ekologické Bydlení [36]

Je nutné pamatovat, že větší počet lopatek neznamena to, že větrný generátor bude mít lepší vlastnosti. Větrné generátory s mnoha lopatkami se začínají otáčet při menší rychlosti větru, ale při dosažení určitého počtu otáček za minutu, jeho lopatky začínají působit jako překážka proti proudění vzduchu, jejich efektivita padá. Větrné generátory s dvěma a třemi lopatkami ve srovnání s generátory s mnoha lopatkami se pomaleji dostávají k jmenovitým otáčkám, ale jejich otáčky jsou značně větší. Větrné generátory s dvěma a třemi lopatkami mají větší účinnost, protože jejich lopatky nepředstavují tak velký odpor jako u generátorů s mnoha lopatkami. Větrné generátory s mnoha lopatkami kromě výroby elektřiny mohou současně pohánět oběhová čerpadla.

- **Podle materiálu lopatek**
 - Pevné lopatky
 - Plachetní lopatky

Největším rozdílem je to, že plachetní lopatky jsou o řad levnější, než pevné (bývají obvykle z plastu nebo kovu). Ale výhodou to vždy není. Pracovní otáčky generátorů jsou přibližně 400-600 ot/min a konce lopatek se pohybují s rychlostí 500 km/hod. Je nutné brát v úvahu to, že vítr nese s sebou prach a jiný odpad, což i pro pevné lopatky je velkým namáháním a vyžadují trvalou obsluhu. Plachetní lopatky můžou již za rok být se úplně opotřebovány. Proto v oblastech silných větrů je efektivní využití pevných lopatek.

Jako elektrické generátory největší uplatnění dostaly třífázové synchronní generátory. Synchronní stroj je nejvýznamnějším elektrickým strojem pro výrobu elektrické energie. Výhodou synchronních generátorů je vysoká účinnost. Podle účelu synchronní stroje se dělí na:

- Alternátory – synchronní stroje, pracující v režimu generátoru. Vyrábějí střídavý proud.
- Synchronní motory – přeměňují elektrickou energii na mechanickou.

Použití synchronních generátor ve větrných elektrárnách má jak výhody, tak i nevýhody

Výhody

- Synchronní generátory na rozdíl od asynchronních nevyžadují konstantní rychlost otáčení. Protože rychlost větru je proměnná, použití synchronního generátoru je nejlepším řešením.
- Vítr fouká v různých směrech a synchronní generátor je schopen bez problémů se reverzovat.
- Vysoká účinnost 80-90 %.
- Synchronní generátor méně zatěžuje síť jalovým výkonem.

Nevýhody

- Složitější konstrukce a proto synchronní generátory jsou dražší.
- Synchronní generátory vyžadují trvalou obsluhu.
- Synchronní generátory musejí být řízeny, a proto vyžadují zapojení kontroléru.

6.1.5 Návrh větrného generátoru pro rodinný dům

Pro danou oblast rodinného domu střední roční rychlost větru je 6,2 m/s.⁵⁰ Proto do rešerše vhodného typu a modelu větrného generátoru byla zahrnuta podmínka, aby větrný generátor vyráběl energii při co nejmenší rychlosti větru. Při zkoumání byl vybrán generátor „БРИЗ 5000”.⁵¹ Jak udává výrobce, tento generátor byl navržen speciálně pro napájení TČ otopných systémů domů. Pořizovací napětí tohoto modelu větrného generátoru je 350.000,- rublů, což na dnešní kurz 4.05.2015 je 216.346,- Kč.⁵² Tato cena zahrnuje všechny součásti větrné elektrárny: větrný generátor, stožár, akumulátory, měnič, řídicí jednotky. Následující Tabulka 12 uvádí technické charakteristiky větrného generátoru:

⁵⁰ Klimatické podmínky Ufy [37]

⁵¹ Větrný generátor “БРИЗ 5000” [38]

⁵² Katalog větrných generátorů “БРИЗ”, obchod “ТЕПЛОПЛЭН” [39]

Tabulka 12 – technické parametry větrného generátoru “БПИЗ 5000”

Jmenovitý výkon při rychlosti větru 9 m/s	5 kW
Počáteční pracovní rychlost větru	3 m/s
Maximální rychlost větru	50 m/s
Průměr rotoru	5 m
Počet lopatek	3
Hmotnost bez stožáru	120 kg
Výška stožáru	14 m
Pracovní teplota	od – 40 °C do 60 °C
Materiál lopatek	Sklolaminát
Generátor	3-fázový synchronní s buzením od stejnosměrných magnetů
Životnost	20 let
Výstupní napětí	80-125 V
Měnič	96 V DC / 220 V AC
Frekvence měniče	50 Hz
Akumulátor	Olověný
Kapacita akumulátoru	190 Ah
Napětí akumulátoru	96 V

Zdroj: technická příručka větrného generátoru “БПИЗ 5000”⁵³

Protože TČ F1145 vyžaduje 3-fázové napájení 380 V, bude využit měnič, který bude měnit napětí 96 V DC na 3x380 V AC. Při rešerši jsem zjistila, že podobné měniče neexistují. Proto budou využity dva měniče: 96 V DC / 220 V AC 1-fázový a 220 V AC / 380 V AC 3-fázový. Takové zapojení je dovolováno, protože měniče mají velmi vysokou účinnost a mění energii skoro bez ztrát.

První měnič 96 V DC / 220 V AC je dodáván v zapojení s větrným generátorem, takže není potřeba shánět vhodný model měniče. Při rešerši modelu druhého měniče 220 V AC / 380 AC je nutné vzít v úvahu jmenovitý výkon větrného generátoru 5 kW, protože charakteristika měniče musí ležet v pracovní oblasti generátoru. Byla vybrána model měniče „Huanyang HY07D523B-T“ s maximálním výkonem 7,5 kW.⁵⁴ Je to měnič od čínského výrobce. Pořizovací cena vybraného měniče je 26.498,- rublů, což na dnešní kurz 4.05.2015 je 13.053,- Kč. Parametry měniče je vidět v Tabulka 13:

⁵³ Větrný generátor “БПИЗ 5000” [38]

⁵⁴ Invertor Huanyang, obchod “AliExpress” [40]

Tabulka 13 – technické parametry měniče “Huanyang HY07D523B-T”

Výkon	do 7,5 kW
Vstupní napětí	220 V ± 15 %
Výstupní napětí	380 V ± 15 %
Vstupní fáze	1
Výstupní fáze	3
Rozměr	220 x 150 175 mm
Pracovní teplota	od – 10 °C do 40 °C
Hmotnost	7,7 kg

Zdroj: technická příručka měniče “Huanyang HY07D523B-T”⁵⁵

Ekonomické zhodnocení navrhnutého TČ

Pořízení nového systému vytápění a ohřevu teplé vody vyžaduje investice do projektu. Velmi důležitou podmínkou při tvorbě projektu je výpočet doby návratnosti investic. Tento pojem lze chápat jako dobu, za kterou se investovaná částka vrátí k investoru. Tento kritérium je často využíván pro porovnání různých projektů a volbu lepšího. Pro návratnost neplatí, že čím je nižší pořizovací cena investic, tím rychleji se vrátí vložené investice. Například, levnější stroj může vyžadovat o řad větší roční provozní náklady i naopak, dražší stroj má menší náklady na obsluhu.

Kromě investic na zakoupení zařízení, ještě je nutné zahrnout i náklady na jejich montáž a instalaci. Ceny pro montáž a instalaci zařízení nejsou přesně stanoveny. Vždy před zahájením práce, firma oceňuje stavební úpravy přímo na objektu a říká svoji cenu. Bohužel, mně se nepodařilo toto provést, protože to je docela drahá služba. Nicméně, zeptala jsem se svého známého z mého města, který se učí na stavební fakultě. On mně pomohl udělat takový inženýrský odhad. Následující Tabulka 14 shrnuje všechny investice:

⁵⁵ Invertor Huanyang, obchod “AliExpress” [40]

Tabulka 14 – souhrn všech investic projektu

TČ “NIBE F1145”	186.057,- Kč
Akumulační nádrž “NIBE UKV 300”	14.386,- Kč
Větrný generátor “БПИ3 5000”	216.346,- Kč
Měníč “Huanyang HY07D523B-T”	13.053,- Kč
Montáž TČ	48.000,- Kč
Vrtání geotermálního vrtu	200.000,- Kč
Montáž větrného generátoru	21.000,- Kč
CELKEM	698.842,- Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výpočet doby návratnosti byl využit “Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic”⁵⁶. Je to neplacený nástroj, který může využít každý. Souhrn vstupních parametrů:

- Doba životnosti projektu – je to doba životnosti TČ – 20 let.
- Celková investice – (viz. Tabulka 14) je 698.842,- Kč.
- Úvěr – majitel rodinného domu má teoreticky k dispozici poloviční sumu.
- Úroková sazba – 8 % dle nabídky banky⁵⁷
- Doba splacení úvěru – po dohodě s majitelem domu 7 let.
- Roční výnos je dán rozdílem současné splacené částky za provoz plynového kotle a splacené roční částky nového systému vytápění. Roční poplatky za spotřebu plynu jsou nyní 17.191,- rublů nebo na dnešní kurz 10.05.2015 je 8.264,- Kč (viz. příloha č.3). Roční splacená částka nového systému vytápění je nula.
- Roční náklady na provoz zařízení jsou nulové, protože zařízení mají záruku.

Obrázek 9 znázorňuje výsledek hodnocení ekonomické efektivnosti projektu. Z výsledku je vidět, že doba návratnosti vložených investic je delší než doba životnosti projektu. To znamená, že navržený mnou projekt je ekonomicky nevýhodný.

⁵⁶ Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic, TZB info [41]

⁵⁷ Úvěry, Sberbank Rusko [42]

Obrázek 9 – hodnocení investic pro navržený systém vytápění

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	30 [počet let] ???	
Celková investice do zařízení	698842 [Kč] ???	
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	350000 [Kč]	
Úroková sazba	8 [%]	
Doba splácení úvěru	7 [počet let]	
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořizovaného zařízení	8264 [Kč]	
Roční změna výnosu z pořizovaného zařízení	0 [%]	
Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	0	0
č. 2	0	0
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	0 % ???	
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-921499 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	0 Kč ???	
Doba návratnosti je delší než doba životnosti projektu		
Diskontovaná doba návratnosti je delší než doba životnosti projektu		
Kalkulátor není schopen IRR vypočítat		

Zdroj: finanční kalkulátor⁵⁸

7. Izolace

Uvedený příklad snížení energetické náročnosti budovy (zakoupení a instalace TČ a větrného generátoru) vyžaduje velké investice. V Rusku při současné velmi nízké ceně na plyn, která je ve srovnání s cenou v ČR asi 5x nižší, výměna současného plynového kotle na TČ vůbec nevyplatí. Navrhnoutou variantu lze realizovat jen v tom

⁵⁸ Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic, TZB info [41]

případě, jestli investor nebo majitel bude chtít mít rodinný dům s energeticky nezávislým vytápěcím systémem. Můžu říct, že majitel zkoumaného rodinného domu nemá prostředky na podobné investice. Proto je nutné navrhnout takovou variantu snížení spotřeby energie, kterou současný majitel může uskutečnit.

Při výpočtech součinitelů prostupu tepla stropu v kapitole 3.1.2 bylo zjištěno, že hodnota prostupu tepla stropu $U_j = 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nevyhovuje normě ČSN 73 0540-2⁵⁹ ($U_N = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Proto lze navrhnout variantu zateplení stropu doplněním nové vrstvy izolace. Po konverzaci se svým již zmíněným známým, rozhodla jsem pro zateplení stropu využít minerální vatu. Je to materiál, pro výrobu kterého se používá písek a sklo. Minerální vata splňuje tepelné, zvukové a protipožární požadavky.

Byla vybrána minerální vata ISOVER (ORSIL) UNI 100 mm (3,6 m²/bal) od firmy BauShop⁶⁰, která má následující parametry:

Tabulka 15 – technické parametry minerální vaty ISOVER UNI 100 mm

Tloušťka	[mm]	100
Plocha balíku	[m ²]	3,56
Součinitel tepelné vodivosti	[W/(m.K)]	0,035
Cena	[Kč]	104

Zdroj: katalog obchodu BauShop⁶⁰

Tato minerální je dodávána v balících s plochou jednoho balíku 3,56 m². Jednoduchým výpočtem lze zjistit, že pro danou plochu střechy 62,2 m² je nutné 18 balíků. Pořizovací cena je 1872,- Kč. Pro montáž minerální vaty je třeba ještě zakoupit příslušenství:

Tabulka 16 – technické parametry příslušenství

	Počet [ks]	Cena [kč]
Talířová hmoždinka KOELNER KI 10 120 mm⁶¹	250	460
Lepicí hmota WEBER.tmel 700 25 kg⁶²	3	420

Zdroj: katalog obchodu BauShop⁶⁰

Samotná montáž izolace bude prováděna majitelem rodinného domu, takže výdaje na instalaci budou nulové. Celkové výdaje na doplnění stropu izolací činí 2752,- Kč.

⁵⁹ Norma ČSN 73 0540-2 [10]

⁶⁰ Minerální vata ISOVER, obchod BauShop [43]

⁶¹ Talířová hmoždinka KOELNER, obchod BauShop [44]

⁶² Lepicí hmota WEBER.tmel, obchod BauShop [45]

Výpočet součinitele prostupu tepla pro strop, doplněný vrstvou izolace lze provést pomocí již zmíněného programu.⁶³ Hodnoty tepelných odporů $R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a $R_{se} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ jsou dány normou ČSN 73 0540-3.⁶⁴

Tabulka 17 – složení stropu

Strop 1. patro					
Vrstva č.	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	U_j [W/(m².K)]	R_t [m².K/W]
1	Sádrokarton	0,0125	0,22	0,21	4,56
2	Polyetylén	0,0006	0,3		
3	Polystyren	0,06	0,039		
4	Minerální vata	0,1	0,035		

Zdroj: katalog stavebních materiálů TZB info⁶⁵

Při porovnání součinitele prostupu tepla stropu $U_j = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ s normou dle ČSN 73 0540-2⁶⁶ $U_N = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je vidět, že vypočtená hodnota nevyhovuje.

⁶³ Program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí, TZB info [7]

⁶⁴ Norma ČSN 73 0540-3 [8]

⁶⁵ Katalog stavebních materiálů, TZB info [9]

⁶⁶ Norma ČSN 73 0540-2 [10]

8. Závěr

Řešením problému snížení spotřeby energií stavebních objektů se zabývá řada společností po celém světě, včetně i těch v Rusku. Zejména je to dáno omezeností zdrojů a tím pádem následným růstu cen na suroviny. Kromě toho, je to podporováno i státem. Cílem této práce bylo navrhnout možnosti snížení energetické náročnosti stavebního objektu – rodinného domu, ve kterém bydlí moje rodina. Při určení celkové energetické náročnosti budovy musejí být nejprve zjištěny tepelné ztráty objektu. Pro zjištění tepelných ztrát je nutné znát technické parametry všech stavebních konstrukcí budovy. Zkoumaný rodinný dům má velké ztráty stropem a podlahou, což je kvůli chybnému návrhu při projektování domu. Stanovení průkazu energetické náročnosti budovy bylo prováděno pomocí speciálního programu – Národního kalkulačního nástroje. Hodnocená budova má třídu E, tj. považuje se za nehospodárný stavební objekt, což je částečně dáno i aktuálními technickými normami, neboť je v objektu použit průtokový plynový kotel a to, jak po vytápění, tak pro ohřev vody.

Na základě PENB jsem navrhla dvě řešení snížení energetické náročnosti. První možnost je instalace TČ systému země – voda s geotermálním hloubkovým vrtem, které je napájeno větrným generátorem. Díky takovému zapojení rodinný dům může existovat samostatně a nezáviset na městské dodávce elektřiny a plynu. Ale bohužel, při ekonomickém zhodnocení bylo zjištěno, že doba návratnosti vložených investic je větší, než je doba životnosti TČ, a tento projekt se považuje za ekonomicky nevýhodný. Druhou možnost jsem navrhla na základě tepelných ztrát objektu. Jak již bylo zmíněno, největší tepelné ztráty v budově jsou ztráty podlahou v přízemí a stropem v 1. patře. Zateplení podlahy je docela problematické řešení. Naopak je to u stropu. Toto zateplení vyžaduje nízké náklady, čas a úsilí. Jako doplněná izolace byla vybrána minerální vata. Spočítaný součinitel prostupu tepla konstrukce stropu, doplněné o navrhnutou izolaci, je skoro 3x menší, než je současný a vyhovuje normám.

Seznam zdrojů

- [1] СУРИНОВ, Александр. Кем мы себя считаем. *Российская газета* [online]. Dostupné z: <http://www.rg.ru/2011/03/27/perepis-rosstat-site.html>
- [2] *Пlynový průtočný kotel MORA 5100* [online]. Dostupné z: <http://www.plynoservispraha.cz/navody/Mora/Mora%205100.pdf>
- [3] Karty Google. *Google Maps* [online]. Dostupné z: <https://goo.gl/zYSySl>
- [4] Средняя месячная и годовая температура воздуха. *Инженерный справочник* [online]. Dostupné z: <http://link.ac/4RvS2>
- [5] Климат Уфы. *Погода и климат* [online]. Dostupné z: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28722.htm>
- [6] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha, 2005.
- [7] Program pro stanovení prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *TZB info* [online]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [8] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha, 2005.
- [9] Katalog stavebních materiálů. *TZB info* [online]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
- [10] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*. Praha, 2011.
- [11] Эльбор Премиум. *Хорошие двери* [online]. Dostupné z: <http://oknakommunar.ru/elbor-premium/>
- [12] Модель Euroline. *Окна VEKA* [online]. Dostupné z: <http://www.veka.ru/products/win/euroline1.html>
- [13] ČSN EN ISO 10077-1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla. Část 1: Všeobecně*. Praha, 2007.
- [14] BROŽ, Karel. *Vytápění*. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 205 s. ISBN 80-010-2536-5.
- [15] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy. Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)*. Praha, 2007.
- [16] Průkaz energetické náročnosti budovy - PENB. *TZB - energ* [online]. Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/penb.html>

- [17] ČR. Zákon č. 406/2000 Sb., *o hospodaření energií*. Praha, 2000.
- [18] ČR. Vyhláška č. 148/2007 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Praha, 2007.
- [19] ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov*.
- [20] PETR, Bukač. Průkaz energetické náročnosti budov. *Hypindex cz* [online].
Dostupné z: <http://www.hypindex.cz/prukaz-energeticke-narocnosti-budov-undefined-zmeny-od-1-1-2013/>
- [21] Národní kalkulační nástroj. *Hodnocení energetické náročnosti budovy* [online].
Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>
- [22] ČR. Vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Praha, 2013.
- [23] ENERGIE PROSTŘEDÍ, GEOTERMÁLNÍ ENERGIE, TEPELNÁ ČERPADLA. *Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie* [online].
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [24] Тепловой насос вода-вода 7 кВт модель СА-08. *Термонасосы* [online].
Dostupné z: <http://www.termonasos.ru/products/cat231>
- [25] Температура - подземная вода. *Большая энциклопедия нефти и газа* [online]. Dostupné z: <http://www.ngpedia.ru/id504602p1.html>
- [26] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 264 s. ISBN 978-80-01-04938-9.
- [27] Расчет и проектирование тепловых насосов. *Тепловые насосы* [online].
Dostupné z: <http://xn---52-6cdir3aovgbee0bbd.xn--p1ai/page32>
- [28] SRDEČNÝ, Karel. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [29] Poskytované záruky. *Švédská tepelná čerpadla IVT* [online]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/poskytovane-zaruky>
- [30] Типы почв и меры по их улучшению в Уфе. *Садовый центр* [online].
Dostupné z: http://ufa.alleyann.ru/articles/GroupArticlesGazon/tipyi_pochv_i_meryi_po_ix_uluchsheniyu.html
- [31] NIBE F1145. *NIBE* [online]. Dostupné z: <http://www.nibe-evan.ru/Products/Geothermal-heat-pump/Product-mix/NIBE-FIGHTER-1145/>
- [32] Руководство по монтажу NIBE F1145. *NIBE* [online]. Dostupné z: <http://www.nibe-evan.ru/nibedocuments/9551/231699-2.pdf>

- [33] Akumulační nádrž UKV 300. *NIBE* [online]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/akumulacni-nadrze/akumulacni-nadrze-ukv>
- [34] Informace o produktu UKV 300. *NIBE* [online]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/images/download/dzd-cs-ukv.pdf>
- [35] Větrné elektrárny. *Magazín EkoBonus* [online]. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/vetrne-elektrarny-nejcastejsi-typy-experimentalni-projekty-a-zajimavosti>
- [36] Větrná turbína do města. *Ekologické bydlení* [online]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/vetrna-energie/eddy-gt-vetrna-turbina-do-mesta>
- [37] Климатические условия города Уфы. *Госсми.ру* [online]. Dostupné z: http://gossmi.ru/page/gos1_291.htm
- [38] Ветроэлектрическая установка БРИЗ 5000. *Магазин "Ваш солнечный дом"* [online]. Dostupné z: <http://www.solarhome.ru/archive/wind/breeze.htm>
- [39] Ветровые генераторы БРИЗ 5000, БРИЗ X. *Магазин "ТЕПЛОПЛЭН"* [online]. Dostupné z: <http://teploplen.com/veter.html>
- [40] Инвертор Huanyang HY07D523B-T. *Магазин "AliExpress"* [online]. Dostupné z: <http://ru.aliexpress.com/item/Inverter-7500-watt-7-5KW-input-220V-output-380V-Variable-Frequency-Drive-for-7KW-Motor-Speed/532365971.html>
- [41] Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivity investic. *TZB info* [online]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>
- [42] Потребительские кредиты. *Сбербанк России* [online]. Dostupné z: <http://www.sberbank.ru/ru/person/credits/money>
- [43] Minerální vata ISOVER. *Obchod BauShop* [online]. Dostupné z: <http://www.baushop.cz/isover-uni?tloustka=100>
- [44] Talířová hmoždinka KOELNER KI 10 120mm. *Obchod BauShop* [online]. Dostupné z: <http://www.baushop.cz/talirova-hmozdinka-koelner-ki-10?varianty-produktu=120mm>
- [45] Lepicí hmota WEBER.tmel 700 25 kg. *Obchod BauShop* [online]. Dostupné z: <http://www.baushop.cz/weber-tmel-700>

Seznam obrázků

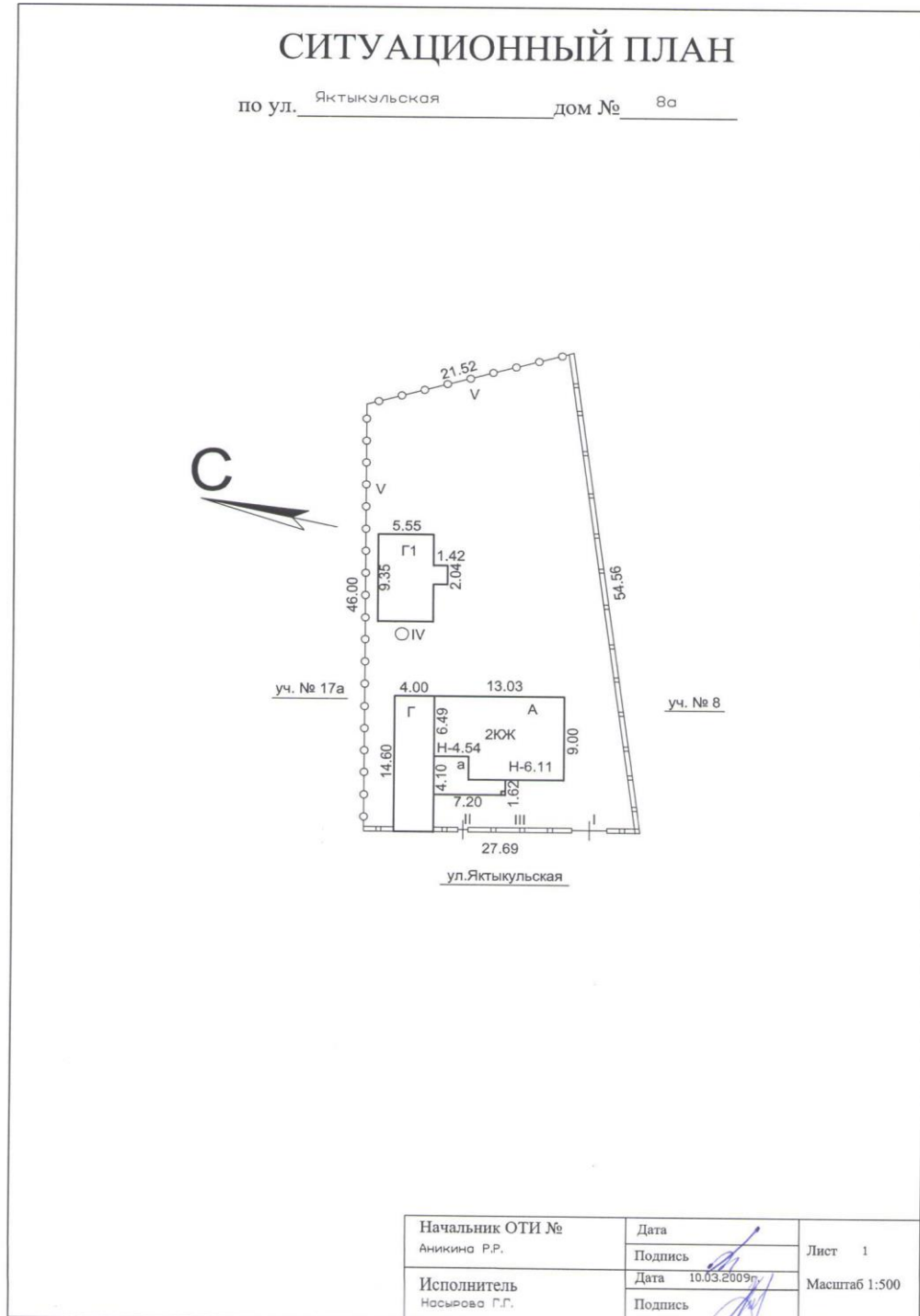
Obrázek 1 – složení obvodové stěny.....	11
Obrázek 2 – lokalita rodinného domu.....	12
Obrázek 3 – průběh prostupu tepla obvodovou stěnou.....	15
Obrázek 4 – třídy PENB	25
Obrázek 5 – PENB hodnoceného rodinného domu	27
Obrázek 6 – funkce TČ	29
Obrázek 7 – vodorovný větrný generátor	37
Obrázek 8 – svislý větrný generátor	37
Obrázek 9 – hodnocení investic pro navržený systém vytápění.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1 – plocha objektů.....	10
Tabulka 2 – složení obvodové stěny	14
Tabulka 3 – složení podlahy v přízemí	16
Tabulka 4 – složení stropu	17
Tabulka 5 – parametry oken.....	18
Tabulka 6 – hodnoty součinitele prostupu tepla okenních konstrukcí.....	19
Tabulka 7 – přírážka podle světové strany.....	20
Tabulka 8 – technické údaje plynového kotle MORA 5100.....	23
Tabulka 9 – výkon oběhového čerpadla plynového kotle.....	23
Tabulka 10 – parametry TČ NIBE F1145.....	34
Tabulka 11 – technické parametry akumulční nádrže.....	35
Tabulka 12 – technické parametry větrného generátoru “БПИЗ 5000”	40
Tabulka 13 – technické parametry měniče “Huanyang HY07D523B-T”	41
Tabulka 14 – souhrn všech investic projektu.....	42
Tabulka 15 – technické parametry minerální vaty ISOVER UNI 100 mm	44
Tabulka 16 – technické parametry příslušenství.....	44
Tabulka 17 – složení stropu	45

Пřílohy

č.1 – Projektová dokumentace budovy



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ:

1	Назначение	А:Жилой дом
2	Фактическое использование	А:по назначению
3	Год постройки	А:2004
4	Общая площадь жилого дома	151.0
5	Жилая площадь жилого дома	73.7
6	Число этажей надземной части	А:2
7	Число этажей подземной части	
8	Примечание	

1.1. Ранее присвоенные (справочно):

Адрес	
Инвентарный номер	
Кадастровый номер	
Литера	

2. СОСТАВ ОБЪЕКТА

№ на плане (литера)	Наименование зданий, сооружений	Год ввода в эксплуатацию / начала строительства	Материал стен	Параметр			Площадь застройки, кв. м.	Высота, м.	Объем, куб. м.	Физический износ, %	Инвентаризационная стоимость в ценах 2009 года, руб
				Наименование параметра	Ед. изм.	Всего					
А	Жилой дом	2004	ж/бетонные с применен. пенопл астн. блоков	Общ. пл.	кв. м.	151	108,5	6.11	628	2	600417
а	навес	2004					20,3			5	3611
Г	Гараж	2007	керамз. блочные				58,4	3.69	215	0	128332
Г1	Хоз. блок	2007	керамз. блочные				54,8	2.43	133	0	52306
І	Ворота	2007	металлическ. сплошн.					2.00		0	3067
ІІ	Калитка	2007	металлическ. сплошн.					2.00		0	722
ІІІ	Забор	2007	кирпичный сплошной					2.00		0	21363
ІV	Выгребная яма	2007	бетонные кольца					3.50	4	0	5495
V	Забор	2007	металл. сплошн. с металл. столбами					2.00		0	45154
ИТОГО											860467

7. ЭКСПЛИКАЦИЯ К ПОЭТАЖНОМУ ПЛАНУ ЖИЛОГО ДОМА

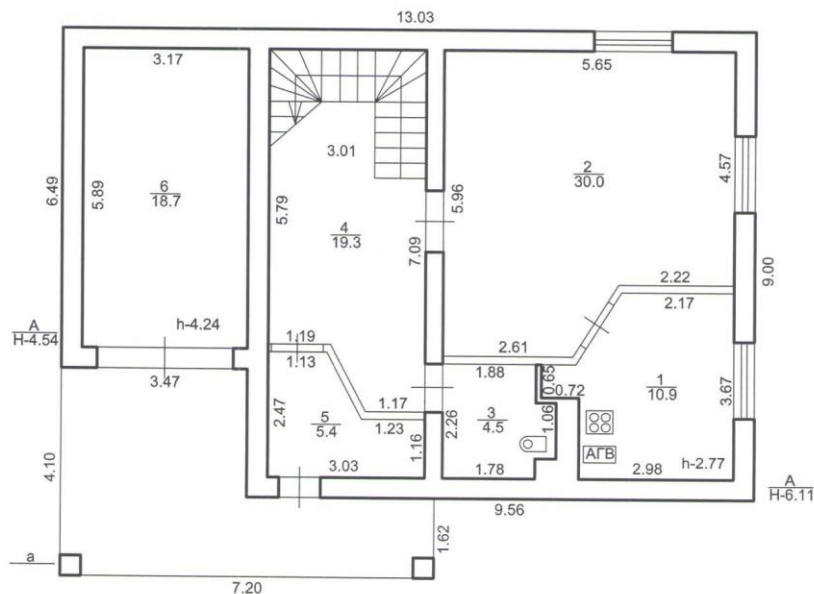
по ул. (пер.) Яктыкульская, 8а, гор. (пос.) Город Уфа

Литера по плану	Этаж	Номер помещения (квартиры)	Номер комнаты, кухни, корид. и т.д.	Назначение частей помещений, комнат и т.д. по фактическому использованию	Площадь всех частей здания (комнат и помещений вспомогательного использования), кв.м.	в том числе (кв.м.)				Площадь помещения вспомогательного использования (поджия, балконов, веранд, террас) с коэффициентом, кв.м.	Высота, м	Самостоятельно переустроенная или перепланированная площадь, кв.м.
						Общая площадь жилого помещения, кв.м.	Площадь квартиры	из нее				
								Жилая	Подсобная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
А	1	,	1	кухня	10.9	10.9	10.9		10.9		2.77	
			2	жилая	30.0	30.0	30.0	30.0			2.77	
			3	туалет	4.5	4.5	4.5		4.5		2.77	
			4	прихожая	19.3	19.3	19.3		19.3		2.77	
			5	тамбур	5.4	5.4	5.4		5.4		2.77	
			6	гараж	18.7	18.7					4.24	
				Итого по этажу "1" литеры "А"	88.8	88.8	70.1	30.0	40.1			
			1	жилая	12.3	12.3	12.3	12.3			2.74	
			2	жилая	19.8	19.8	19.8	19.8			2.74	
			3	коридор	6.8	6.8	6.8		6.8		2.74	
			4	сан.узел	6.0	6.0	6.0		6.0		2.74	
			5	жилая	11.6	11.6	11.6	11.6			2.74	
			6	коридор	5.7	5.7	5.7		5.7		2.74	
				Итого по этажу "2" литеры "А"	62.2	62.2	62.2	43.7	18.5			
				Итого по квартире ","	151.0	151.0	132.3	73.7	58.6			
				Итого по литере "А"	151.0	151.0	132.3	73.7	58.6			
				Итого по объекту в целом	151.0	151.0	132.3	73.7	58.6			

ПОЭТАЖНЫЙ ПЛАН

Жилого строения по ул. Яктыкульская дом № 8а

Литер А,а этаж 1

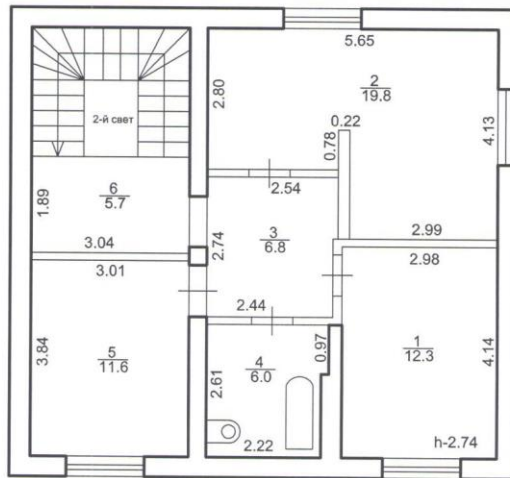


Начальник ОТИ № Аникина Р.Р.	Дата	Лист 1 Листов 2 Масштаб 1:100
	Подпись	
Исполнитель Насырова Г.Г.	Дата 10.03.2009г.	
	Подпись	

ПОЭТАЖНЫЙ ПЛАН

Жилого строения по ул. Яктыкульская _____ дом № 8а _____

Литер А _____ этаж 2 _____



Начальник ОТИ № Аникина Р.Р.	Дата	Лист 2 Листов 2 Масштаб 1:100
	Подпись	
Исполнитель Насырова Г.Г.	Дата 10.03.2009г.	
	Подпись	

5. БЛАГОУСТРОЙСТВО ОБЪЕКТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

№ на плане (литера)	Водопровод (кв. м.)		Канализация (кв. м.)		Отопление (кв. м.)			Горячее водоснабжение (кв. м.)		Газоснабжение (кв. м.)		Энергоснабжение (кв. м.)	Ванны и души (кв. м.)	
	центральный	автономный	центральная	автономная	центральное	автономное		центральное	автономное	центральное	автономное			
						от АГВ	печное							прочее
A	132.3		132.3			132.3				132.3	132.3		132.3	132.3

č.2 – Soubor NKN

Tato příloha je na CD, soubor “nkn_v_3-052-Liana-funkcni”.

č.3 – Spotřeba plynu plynovým kotlem

Plyn		Listopad 2013	Prosinec 2013	Leden 2014	Únor 2014	Březen 2014
Spotřeba plynu	[m ³]	149	223	525	520	510
Cena za m ³	[rub]	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53
Celková cena	[rub]	674,97	1010,19	2378,25	2355,6	2310,3

Plyn		Duben 2014	Květen 2014	Červen 2014	Červenec 2014	Srpen 2014
Spotřeba plynu	[m ³]	450	415	383	58	50
Cena za m ³	[rub]	4,53	4,53	4,53	4,72	4,72
Celková cena	[rub]	2038,5	1879,95	1734,99	273,76	236

Plyn		Září 2014	Říjen 2014	Listopad 2014
Spotřeba plynu	[m ³]	44	140	303
Cena za m ³	[rub]	4,72	4,72	4,72
Celková cena	[rub]	207,68	660,8	1430,16