



Fakulta aplikovaných věd
Katedra mechaniky
Obor: Stavitelství
Akademický rok: 2018/2019

Diplomová práce

Analýza nákladů na vytápění bytových domů

Vypracovala:
Vedoucí práce:

Bc. Kateřina Macháčková
Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma analýza nákladů na vytápění bytových domů jsem vypracovala samostatně s použitím odborné literatury, která je uvedena v seznamu na konci diplomové práce. Práci jsem též vypracovala pod odborným dohledem Doc. Ing. Jana Paška, Ph.D.

V Plzni, dne 4. 1. 2019

.....
Bc. Kateřina Macháčková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce Doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D. za čas, který mi věnoval a za rady, které mi poskytl. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přítelovi za podporu, kterou mi během studia poskytli.

ANOTACE

Cílem diplomové práce je analýza nákladů na vytápění bytových domů v závislosti na obálce budovy a zdrojích tepla. V textové části diplomové práce jsou obecné informace ohledně tématu vytápění, bez kterých by nešla zpracovat část praktická.

V praktické části diplomové práce jsou analyzovány tři varianty zateplení obálky budovy bytového domu s přirozeným nebo nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. První variantou je bytový dům, jehož obálka budovy je navržena jako velmi úsporná a spadá tedy do klasifikační třídy „A“, druhou variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako úsporná, spadá tedy do klasifikační třídy „B“ a třetí variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako vyhovující a spadá tedy do klasifikační třídy „C“. Pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy jsou navrženy tři různé zdroje tepla a to vždy tepelné čerpadlo vzduch/voda, elektrokotel a plynový kondenzační kotel. Na veškeré řešené varianty jsou spočteny tepelné ztráty a následně náklady na spotřebovanou energii na vytápění, pořizovací náklady za zdroj tepla a za realizační náklady spojené s obálkou budovy.

Ve všech řešení je uvažováno pouze s náklady spojenými s vytápěním, není zde uvažováno s ohřevem vody ani s ostatními provozními náklady objektu.

Na konci každé kapitoly jsou analyzovány jednotlivé varianty řešení a následně jsou shrnuty. Na konci diplomové práce je celkové porovnání a shrnutí všech řešených variant.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, obálka budovy, klasifikační třída, zdroj tepla, větrání, tepelné čerpadlo, elektrokotel, plynový kondenzační kotel, varianty, náklady, cena, tepelné ztráty, rekuperace, přirozené větrání, nucené větrání

ANNOTATION

The aim of the thesis is to analyze the cost of heating of apartment buildings depending on building envelope and heat sources. In the text part of the diploma thesis there is general information about the topic of heating, without which the practical part could not be processed.

In the practical part of the diploma thesis are analyzed three variants of thermal insulation of the building envelope building with natural or forced ventilation with heat recovery. The first option is an apartment house, whose envelope is designed to be very economical and thus falls into the classification class "A", the second variant is a residential building whose envelope is designed to be economical, thus falls into the "B" classification class and the third variant is residential house, the envelope of which is designed as satisfactory and therefore falls into the classification class "C". There are three different heat sources for each of the thermal insulation options of the building, namely the air / water heat pump, the electric boiler and the gas condensing boiler. For all the solutions, heat losses are calculated, and consequently the cost of the energy consumed for heating, the cost of the heat source and the realization costs associated with the envelope of the building.

All solutions are considered only with the costs associated with heating, there is no consideration of water heating or other operating costs of the building.

At the end of each chapter, individual solutions are analyzed and summarized. At the end of the diploma thesis is the overall comparison and summary of all solved variants.

KEY WORDS

Heating, building envelope, classification class, heat source, ventilation, heat pump, electric boiler, gas condensing boiler, variants, cost, price, heat losses, recuperation, natural ventilation, forced ventilation

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Energetická náročnost budovy.....	39
Obrázek 2- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	39
Obrázek 3- Energetická náročnost budovy.....	41
Obrázek 4- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	42
Obrázek 5- Energetická náročnost budovy.....	44
Obrázek 6- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	44
Obrázek 7- Energetická náročnost budovy.....	65
Obrázek 8- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	66
Obrázek 9- Energetická náročnost budovy.....	68
Obrázek 10- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	68
Obrázek 11- Energetická náročnost budovy.....	70
Obrázek 12- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	71
Obrázek 13- Energetická náročnost budovy.....	92
Obrázek 14- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	93
Obrázek 15- Energetická náročnost budovy.....	95
Obrázek 16- Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	95
Obrázek 17- Energetická náročnost budovy.....	97
Obrázek 18- Ukazatele energetické náročnosti.....	98

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla.....	33
Tabulka 2-Výpočet referenčního průměrného součinitele prostupu tepla.....	33
Tabulka 3- Tepelné ztráty 1.NP.....	34
Tabulka 4- Tepelné ztráty 2.NP.....	34
Tabulka 5- Tepelné ztráty 3.NP.....	35
Tabulka 6- Tepelné ztráty 1.NP.....	35
Tabulka 7- Tepelné ztráty 2.NP.....	35
Tabulka 8- Tepelné ztráty 3.NP.....	36
Tabulka 9- Realizační náklady vztažené k obálce budovy.....	37
Tabulka 10- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu.....	38
Tabulka 11- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	38
Tabulka 12- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu.....	40
Tabulka 13- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.....	40
Tabulka 14- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu.....	43

Tabulka 15- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	43
Tabulka 16- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla	60
Tabulka 17- Výpočet referenčního součinitele prostupu tepla	60
Tabulka 18- Tepelné ztráty 1.NP.....	61
Tabulka 19- Tepelné ztráty 2.NP.....	61
Tabulka 20- Tepelné ztráty 3.NP.....	62
Tabulka 21- Tepelné ztráty 1.NP.....	62
Tabulka 22- Tepelné ztráty 2.NP.....	62
Tabulka 23- Tepelné ztráty 3.NP.....	63
Tabulka 24- Realizační náklady vztažené k obálce budovy.....	63
Tabulka 25- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	64
Tabulka 26- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	64
Tabulka 27- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	67
Tabulka 28- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ...	67
Tabulka 29- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	69
Tabulka 30- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ...	69
Tabulka 31- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla	87
Tabulka 32- Výpočet referenčního průměrného součinitele prostupu tepla.....	87
Tabulka 33- Tepelné ztráty 1.NP.....	88
Tabulka 34- Tepelné ztráty 2.NP.....	88
Tabulka 35- Tepelné ztráty 3.NP.....	89
Tabulka 36- Tepelné ztráty 1.NP.....	89
Tabulka 37- Tepelné ztráty 2.NP.....	89
Tabulka 38- Tepelné ztráty 3.NP.....	90
Tabulka 39- Realizační náklady vztažené k obálce budovy.....	90
Tabulka 40- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	91
Tabulka 41- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ...	91
Tabulka 42- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	94
Tabulka 43- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ...	94
Tabulka 44- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu	96
Tabulka 45- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla ...	96

Tabulka 46- Souhrnná tabulka veškerých uvažovaných nákladů na vytápění	107
Tabulka 47- Souhrnná tabulka uvažovaných nákladů na vytápění a přehled ušetřených finančních částek na celý objekt jednotlivých variant zateplení a jednotlivých topných zdrojů za rok.....	110
Tabulka 48- Souhrnná tabulka uvažovaných nákladů na vytápění a určení přibližné návratnosti jednotlivých variant zateplení obálky budovy v závislosti na topných zdrojích.....	111

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace.....	45
Graf č. 2- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok.....	46
Graf č. 3- Návratnost plynového kondenzačního kotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	47
Graf č. 4- Návratnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití elektrokotle v objektu s přirozeným větráním	48
Graf č. 5- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	49
Graf č. 6- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	50
Graf č. 7- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	51
Graf č. 8- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace.....	72
Graf č. 9- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok.....	73
Graf č. 10- Návratnost plynového kondenzačního kotle v objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	74
Graf č. 11- Návratnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním	75
Graf č. 12- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	76
Graf č. 13- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	77

Graf č. 14- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	78
Graf č. 15- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace.....	99
Graf č. 16- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok.....	99
Graf č. 17- Návratnost plynového kondenzačního kotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	100
Graf č. 18- Návratnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním	101
Graf č. 19- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním	103
Graf č. 20- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	104
Graf č. 21- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním	105
Graf č. 22- Tepelné ztráty objektu pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy	106
Graf č. 23- Tepelné ztráty větráním pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy.....	106
Graf č. 24- Vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C.....	108
Graf č. 25- Vytápění pomocí elektrokotle - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C	108
Graf č. 26- Vytápění pomocí tepelného čerpadla - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C.....	109
Graf č. 27- Návratnost tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla ve variantě zateplení A oproti použití elektrokotle v objektu s přirozeným větráním ve variantě zateplení C.....	109

OBSAH

ÚVOD	17
TEXTOVÁ ČÁST	18
1 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV	18
1.1 TEPELNÁ POHODA	18
1.2 VÝMĚNA VZDUCHU.....	19
1.2.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ.....	19
1.2.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	19
1.3 AKUSTIKA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	20
1.4 OSVĚTLENÍ	20
2 VYTÁPĚNÍ V BUDOVÁCH	21
2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU.....	21
2.1.1 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	21
2.1.2 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	22
2.2 TEPELNÉ ZISKY.....	22
2.3 OTOPNÉ SOUSTAVY	22
2.3.1 VÝKON OTOPNÉ SOUSTAVY	22
2.3.2 DĚLENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV [3].....	23
2.4 ZDROJE TEPLA	24
2.4.1 PALIVA A ZDROJE ENERGIE	24
2.4.2 NEJVYUŽÍVANĚJŠÍ DRUHY ZDROJŮ TEPLA.....	24
PRAKTICKÁ ČÁST.....	25
3 BYTOVÝ DŮM – VARIANTA A – OBÁLKA BUDOVY – VELMI ÚSPORNÁ.....	26
3.1 UPŘESŇUJÍCÍ POPIS OBJEKTU	26
3.2 SKLADBY KONSTRUKCÍ.....	26
3.2.1 OBVODOVÁ STĚNA SO1	26
3.2.2 MEZIBYTOVÁ STĚNA SO2	26
3.2.3 STĚNA MEZI BYTEM A SKLEPY V 1.NP SO3.....	26

3.2.4	PŘÍČKY TL. 150 MM SO4	26
3.2.5	PŘÍČKY TL. 100 MM SO5	27
3.2.6	PODLAHA NA TERÉNU PDL1.....	27
3.2.7	PODLAHA NA TERÉNU PDL2 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM)	27
3.2.8	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL3.....	27
3.2.9	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL4 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM).....	27
3.2.10	STROP NAD SKLEPY PDL3	28
3.2.11	STŘECHA STR1.....	28
3.3	VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ	28
3.3.1	SKLADBA SO1	28
3.3.2	SKLADBA SO2	29
3.3.3	SKLADBA SO3	29
3.3.4	SKLADBA SO4	30
3.3.5	SKLADBA SO5	30
3.3.6	SKLADBA PDL1.....	30
3.3.7	SKLADBA PDL3.....	31
3.3.8	SKLADBA PDL5.....	31
3.3.9	SKLADBA STR1.....	32
3.4	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA A KLASIFIKACE TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	33
3.4.1	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	33
3.4.2	REFERENČNÍ PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	33
3.4.3	ZATŘÍDĚNÍ DO KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	34
3.5	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	34
3.5.1	TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM.....	34
3.5.2	TEPELNÉ ZTRÁTY S NUCENÝM VĚTRÁNÍM SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍM TEPLA.....	35
3.6	REALIZAČNÍ NÁKLADY VZTAŽENÉ K TEPELNĚ-IZOLAČNÍ OBÁLCE BUDOVY	36
3.7	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE.....	37

3.7.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	37
3.7.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	38
3.8	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ ELEKTROKOTLE.....	40
3.8.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	40
3.8.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	41
3.9	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA	42
3.9.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	42
3.9.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	43
3.10	ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH VARIANT ZDROJŮ TEPLA.....	45
3.10.1	PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST	46
3.10.2	ELEKTROKOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST.....	47
3.10.3	TEPELNÉ ČERPADLO V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST.....	48
3.10.4	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI PLYNOVÉMU KONDENZAČNÍMU KOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	48
3.10.5	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	50
3.10.6	NÁVRATNOST PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	51
3.11	SHRNUTÍ.....	51
4	BYTOVÝ DŮM – VARIANTA B OBÁLKA BUDOVY- ÚSPORNÁ.....	53
4.1	UPŘESŇUJÍCÍ POPIS OBJEKTU	53
4.2	SKLADBY KONSTRUKCÍ.....	53
4.2.1	OBVODOVÁ STĚNA SO1	53
4.2.2	MEZIBYTOVÁ STĚNA SO2	53
4.2.3	STĚNA MEZI BYTEM A SKLEPY V 1.NP SO3.....	53

4.2.4	PŘÍČKY TL. 150 MM SO4	53
4.2.5	PŘÍČKY TL. 100 MM SO5	54
4.2.6	PODLAHA NA TERÉNU PDL1.....	54
4.2.7	PODLAHA NA TERÉNU PDL2 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM)	54
4.2.8	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL3.....	54
4.2.9	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL4 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM).....	54
4.2.10	STROP NAD SKLEPY PDL5	55
4.2.11	STŘECHA STR1.....	55
4.3	VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ	55
4.3.1	SKLADBA SO1	55
4.3.2	SKLADBA SO2	56
4.3.3	SKLADBA SO3	56
4.3.4	SKLADBA SO4	57
4.3.5	SKLADBA SO5	57
4.3.6	SKLADBA PDL1.....	57
4.3.7	SKLADBA PDL3.....	58
4.3.8	SKLADBA PDL5.....	58
4.3.9	SKLADBA STR1.....	59
4.4	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA A KLASIFIKACE TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	60
4.4.1	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA.....	60
4.4.2	REFERENČNÍ PRŮMĚRNÝ SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA.....	60
4.4.3	ZATŘÍDĚNÍ DO KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY	61
4.5	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	61
4.5.1	TEPELNÉ ZTRÁTY S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	61
4.5.2	TEPELNÉ ZTRÁTY S NUCENÝM VĚTRÁNÍM SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	62
4.6	REALIZAČNÍ NÁKLADY VZTAŽENÉ K TEPELNĚ-IZOLAČNÍ OBÁLCE BUDOVY	63
4.7	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE.....	64

4.7.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	64
4.7.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	65
4.8	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ ELEKTROKOTLE.....	66
4.8.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	66
4.8.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	67
4.9	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA	69
4.9.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	69
4.9.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	70
4.10	ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH VARIANT ZDROJŮ TEPLA.....	71
4.10.1	PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST	73
4.10.2	ELEKTROKOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST.....	74
4.10.3	TEPELNÉ ČERPADLO V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST.....	75
4.10.4	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI PLYNOVÉMU KONDENZAČNÍMU KOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	76
4.10.5	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	77
4.10.6	NÁVRATNOST PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	78
4.11	SHRNUTÍ.....	78
5	BYTOVÝ DŮM – VARIANTA C - OBÁLKA BUDOVY - VYHOVUJÍCÍ	80
5.1	UPŘESŇUJÍCÍ POPIS OBJEKTU	80
5.2	SKLADBY KONSTRUKCÍ.....	80
5.2.1	OBVODOVÁ STĚNA SO1	80
5.2.2	MEZIBYTOVÁ STĚNA SO2	80
5.2.3	STĚNA MEZI BYTEM A SKLEPY V 1.NP SO3.....	80

5.2.4	PŘÍČKY TL. 150 MM SO4	80
5.2.5	PŘÍČKY TL. 100 MM SO5	81
5.2.6	PODLAHA NA TERÉNU PDL1 (BEZ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ).....	81
5.2.7	PODLAHA NA TERÉNU PDL2 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM)	81
5.2.8	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL3.....	81
5.2.9	PODLAHA MEZI PODLAŽÍMI PDL4 (S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM).....	81
5.2.10	STROP NAD SKLEPY PDL3	82
5.2.11	STŘECHA STR1.....	82
5.3	VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ	82
5.3.1	SKLADBA SO1	82
5.3.2	SKLADBA SO2	83
5.3.3	SKLADBA SO3	83
5.3.4	SKLADBA SO4	84
5.3.5	SKLADBA SO5	84
5.3.6	SKLADBA PDL1.....	84
5.3.7	SKLADBA PDL3.....	85
5.3.8	SKLADBA PDL5.....	85
5.3.9	SKLADBA STR1.....	86
5.4	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA A KLASIFIKACE TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	87
5.4.1	PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	87
5.4.2	REFERENČNÍ PRŮMĚRNÝ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	87
5.4.3	ZATŘÍDĚNÍ DO KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY	88
5.5	TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU.....	88
5.5.1	TEPELNÉ ZTRÁTY S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	88
5.5.2	TEPELNÉ ZTRÁTY S NUCENÝM VĚTRÁNÍM SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	89
5.6	REALIZAČNÍ NÁKLADY VZTAŽENÉ K TEPELNĚ-IZOLAČNÍ OBÁLCE BUDOVY	90
5.7	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE.....	91

5.7.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	91
5.7.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	92
5.8	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ ELEKTROKOTLE.....	93
5.8.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	93
5.8.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	94
5.9	VYTÁPĚNÍ DOMU POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA	96
5.9.1	NÁKLADY SPOJENÉ S VYTÁPĚNÍM (POŘIZOVACÍ NÁKLADY + NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ)	96
5.9.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	97
5.10	ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH VARIANT ZDROJŮ TEPLA.....	98
5.10.1	PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST	100
5.10.2	ELEKTROKOTEL V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM – NÁVRATNOST.....	101
5.10.3	TEPELNÉ ČERPADLO V OBJEKTU S PŘIROZENÝM A NUCENÝM VĚTRÁNÍM - NÁVRATNOST.....	101
5.10.4	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI PLYNOVÉMU KONDENZAČNÍMU KOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	102
5.10.5	NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	103
5.10.6	NÁVRATNOST PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE OPROTI ELEKTROKOTLI V OBJEKTU S PŘIROZENÝM VĚTRÁNÍM	104
5.11	SHRNUTÍ.....	105
6	CELKOVÁ ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH ŘEŠENÍ.....	106
6.1	SHRNUTÍ.....	112
7	ZÁVĚR.....	113
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	114
9	SEZNAM POUŽITÝCH NOREM	114
10	SEZNAM PŘÍLOH	115

ÚVOD

V dnešní době, kdy se neustále ve velkém staví nové a nové objekty ať už bytové domy, rodinné domy, občanská vybavenost či průmyslové stavby, je velice důležitá jejich kvalita. Bohužel v dnešní době se spíše upřednostňuje kvantita nad kvalitou. Většina objektů se dnes staví tak, aby byli co nejrychleji a nejlevněji postaveny, následně co nejdrážce prodány či pronajímány. Což určitě není správně.

Příkladem jsou bytové domy, které se dnes staví ve velké míře. Bohužel ne v takové kvalitě, kterou by si lidé zasloužili. Projekt může být ze všech hledisek a podle norem správně navržen, ale realita je jiná. Jednotlivý sousedi slyší rozhovory druhých, ráno je budí štěkající psi ze spodního podlaží, nájemníci utratí spousty peněz za provoz bytu.

Minimálně třetinu našeho života strávíme doma, proto je pochopitelné, že každý požaduje nějaký komfort a pohodu. Mezi jeden z nejdůležitějších faktorů obytného prostředí patří tepelná pohoda. Ne každý, když přijde z práce domů, si chce navléknout teplé ponožky, mikinu a zabalit se do deky. Tepelná pohoda je takový stav, ve kterém člověk nemá pocit chladu ani nadměrného horka. Proto je velice důležitý návrh otopné soustavy, tepelného zdroje ale také obálky budovy a dalších faktorů.

Proto jsem si jako téma své diplomové práce vybrala analýza nákladů na vytápění bytových domů.

V textové části diplomové práce jsou obecné informace ohledně tématu vytápění, bez kterých by nešla zpracovat část praktická.

V praktické části diplomové práce jsou analyzovány tři varianty zateplení obálky budovy bytového domu s přirozeným nebo nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. První variantou je bytový dům, jehož obálka budovy je navržena jako velmi úsporná a tedy spadá do klasifikační třídy „A“, druhou variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako úsporná, spadá tedy do klasifikační třídy „B“ a třetí variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako vyhovující a spadá tedy do klasifikační třídy „C“. Pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy jsou navrženy tři různé zdroje tepla a to vždy tepelné čerpadlo vzduch/voda, elektrokotel a plynový kondenzační kotel. Na veškeré řešené varianty jsou spočteny tepelné ztráty a následně náklady na spotřebovanou energii na vytápění, pořizovací náklady za zdroj tepla a za realizační náklady spojené s obálkou budovy.

Ve všech řešeních je uvažováno pouze s náklady spojenými s vytápěním, není zde uvažováno s ohřevem vody ani s ostatními provozními náklady objektu. Ve všech variantách je navržený systém teplovodního vytápění - kombinace radiátorů a podlahového vytápění, aby se nelišily pořizovací náklady za rozvodné potrubí a otopné armatury.

TEXTOVÁ ČÁST

1 Vnitřní prostředí budov

V interiérech budov stráví člověk významnou část dne a tedy velkou část života. Proto má vnitřní prostředí velký vliv na lidské zdraví, na pracovní výkonnost, na psychickou pohodu a další. Nejdůležitější složkou je především lidské zdraví. Kvalita vnitřního prostředí má vliv na alergie, obtíže dýchacích cest, bolesti hlavy a i další závažnější onemocnění. Pokud není v objektu nadměrná vlhkost a je zajištěn dostatečný přívod čerstvého vzduchu, je výskyt zdravotních problémů spojených s kvalitou vzduchu snížený.

Vnitřní prostředí je vytvářeno několika složkami, mezi které patří tepelně vlhkostní, aerosolová, odérová, mikrobiální, světelná a akustická složka. Všechny tyto složky mají velký vliv nejen na lidské zdraví. Jedním z největších vlivů na člověka mají tepelně vlhkostní parametry. Většina výše zmíněných složek je ovlivňována větráním.

Odérové látky a obsah aerosolu velmi ovlivňují kvalitu vzduchu. Kvalita venkovního vzduchu bývá velmi často mnohem lepší, než v uzavřených místnostech. Člověk uvolňuje teplo, vodní páru, CO₂, odérové látky a pevnou složku aerosolu. Škodliviny v obytných místnostech tvoří vydechaný vzduch, radon a radioaktivita ze zdiva, vlhkost v koupelně či jiných místnostech, ale také formaldehyd z nábytku. Nejčastěji se jako měřítko kvality vzduchu používá koncentrace CO₂. [4]

Značné riziko představují plísně, které vznikají v nadměrně vlhkých a nevětraných prostředích. Vyvolávají alergie, podráždění a onemocnění dýchacích cest, nebo zvyšují riziko vzniku některých nádorových onemocnění. [4]

Jak už bylo zmíněno výše, tak nejvýznamnější složkou jsou tepelně-vlhkostní podmínky prostředí. Ty určují tepelnou pohodu člověka. Zdrojem tepla a chladu v interiérech jsou kromě tepelného zdroje pro vytápění i exteriérové klimatické podmínky, které se přenáší dovnitř obálkou budovy, převážně okny.

1.1 Tepelná pohoda

Pro každého člověka je velice důležitý pocit tepelné pohody. Jedním z předpokladů zdraví člověka je správná teplota vzduchu. V místnosti, která je málo vytápěna může člověk snadno nastydnout, hlavně ženy bývají náchylnější. Naopak pokud člověk pobývá v místnosti, kde je teplota vyšší, než je zdravo, je pak náchylnější k nemocem i při krátkém pobytu venku v zimě. [1]

Druhým z předpokladů je utváření optimálních tepelných podmínek jak pro práci, tak pro odpočinek a relaxaci. Když člověk odpočívá, tak by měla být teplota vzduchu v místnosti vyšší než například při manuální práci či v noci při spánku. Dále by měl být značný rozdíl teplot vzduchu v místnosti při práci, která je vykonávána vsedě, oproti práci, která je vykonávána ve stoje.

Správným návrhem vytápěním je možné dosáhnout optimální teploty vzduchu v místnosti. Kvůli rozložení teploty je velice důležité, jestli vytápíme pomocí radiátorů, podlahového vytápění, lokálního topidla nebo nějakých nástěnných či stropních plošných topidel. Vždy je nutné použít správnou regulaci, abychom docílili požadované teploty a hospodárnosti provozu dané vytápěcí soustavy. [1]

1.2 Výměna vzduchu

Pro udržení kvality vzduchu v budovách je velice důležitá jeho výměna. Výměna vzduchu může být buďto přirozená či nucená. U obou těchto variant je důležité, aby byla dodržena správná intenzita větrání a množství vyměněného vzduchu. V dnešní době, kdy se klade důraz na množství spotřebované energie, se velice využívají systémy nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, neboť není nutné ohřívat přiváděný vzduch, jako je tomu při přirozeném větrání okny.

1.2.1 Přirozené větrání

Toto větrání funguje na stejném fyzikálním zákonu, jako pohyb vzduchu v atmosféře. Přirozený pohyb vzduchu je vytvářen díky působení vztlakových sil, které vznikají rozdílem hustoty venkovního a vnitřního vzduchu, vznikajícím při obtékání budovy větrem. Nejeefektivnější je to v zimě, kdy vzniká velký rozdíl teplot mezi vnějším a vnitřním prostředím. U starších budov přirozené větrání probíhalo samovolně konstrukcemi a okenními spárami, dnes při těsnosti obálky budovy přirozené větrání probíhá pouze při otevření oken či dveří. [4]

Tento typ větrání má několik svých výhod a nevýhod. Pro spoustu lidí není nad to, otevřít si okno a nechat v místnosti proudit čerstvý vzduch. Bohužel pokud je venku prach, létají pyly nebo je tam nadměrný hluk, dostanou se do vnitřního prostředí nežádoucí složky, které znepříjemňují život. Další nevýhodou je unikající teplo, které při větrání otevřeným oknem v zimě uniká, je tedy nutné vynaložit více energii na vytopení místnosti.

1.2.2 Nucené větrání

Toto větrání funguje díky ventilátoru, díky kterému je vzduch dopravován do místností. Tento systém není závislý na vnějších klimatických podmínkách. Vzduch je dopravován do místností a odváděn z místností pomocí potrubí. Odvod vzduchu z místnosti je pomocí ventilátoru, který v místnosti vytváří podtlak. Množství vzduchu odebraného z místnosti musí být nahrazeno vzduchem okolních prostorů, který je přisáván pod dveřmi či netěsností konstrukcí. [4]

Výhodou tohoto větrání je komfort, který přináší neustále přivádění čerstvý vzduch, kterému je v rekuperační jednotce předáno teplo z odpadního vzduchu, a je tedy možné místnosti pouze dotápět. Tento vzduch neobsahuje pyly ani prach, jako je tomu při přirozeném větrání okny, díky filtrům, které jsou součástí rekuperační

jednotky. Většina rekuperačních jednotek, které se u nás prodávají, ale nemají filtry na zápachy, jelikož jsou velice drahé. Proto v lokalitách, kde se nacházejí nějaké pravidelné zdroje zápachu, by rekuperační jednotka ztrácela komfort, jelikož by byl zápach přiváděn do budovy.

1.3 Akustika vnitřního prostředí

Akustika vnitřního prostředí budov je velice důležitá. Zdroje hluku jsou na každém rohu. Dlouhodobé působení hluku negativně působí na lidskou nervovou soustavu, na soustředění a na kvalitu spánku. Hluk ale v běžném prostředí člověka neohrožuje. Zdrojem hluku bývá nejčastěji činnost člověka, dále pak provoz technických zařízení například z čerpadel, ventilátorů, výtahů, vzduchotechnik a dalších. Hluk také často přichází z venkovního prostředí od dopravy a výroby. V těchto případech je problematické přirozené větrání okny, kdy otevřením dochází k „narušení“ akustické funkce obálky. Hluk se šíří buďto vzduchem, pak mluvíme o vzduchové neprůzvučnosti, nebo konstrukcí, pak se jedná o kročejovou neprůzvučnost. Pro obytné budovy je doporučena hladina akustického tlaku 25dB/A v noci a 35dB/A přes den.

1.4 Osvětlení

Osvětlení a tedy světelná složka prostředí je vytvářena geometrií prostoru, světelnými umělými zdroji, typy svítidel, velikostí a umístěním průsvitných konstrukcí. Důležitou veličinou světelného mikroklima je rovnoměrnost osvětlenosti a její hladina. Důležitá je také zraková pohoda. Je ovlivňována rozložením jasů v místnosti, vybavením a barevnou úpravou povrchů. Při zrakové pohodě má člověk i při dlouhodobém pobytu v místnosti pocit dobrého vidění, ale také se cítí dobře a příjemně. Při zrakové nepohodě může docházet ke zrakovým potížím, ale také k oční únavě. Zraková pohoda a nepohoda se projevuje i na celkovém rozpoložení člověka a na jeho náladě. [2]

2 Vytápění v budovách

V dnešní době je snaha o celkovou minimalizaci provozních nákladů budovy a snížení celkové energetické náročnosti. S tím souvisí potřeba energie na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Správným návrhem vytápění a správným návrhem zateplení obálky budovy lze dosáhnout značného ušetření celkových nákladů. Důležitými faktory jsou průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy, celkové tepelné ztráty objektu, systém větrání, teplotní oblast, ve které se budova nachází a mnoho dalších faktorů.

2.1 Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty objektu mají velký vliv na celkovou energetickou náročnost budovy, jsou ovlivňovány zateplením obálky budovy, umístěním objektu v krajině a v teplotní oblasti, vnitřní a vnější teplotou. Při výpočtu tepelných ztrát je důležité rozdělení objektu do zón, na vytápěné, temperované a nevytápěné.

Tepelné ztráty objektu mají dvě složky a to tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním. Počítají se pro každou místnost zvlášť a součet všech ztrát místností tvoří celkovou tepelnou ztrátu objektu. Tepelné ztráty se počítají pro stav, kdy jsou nejméně příznivé podmínky, které jsou charakterizovány výpočtovou venkovní teplotou, polohou budovy vzhledem ke krajině a rychlostí větru. Česká Republika je rozdělena do teplotních oblastí s výpočtovými teplotami -12, -15 a -18°C. [2]

$$\phi_i = \phi_{Ti} + \phi_{Vi} [W]$$

ϕ_i ... celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i)[W]

ϕ_{Ti} ... návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i)[W]

ϕ_{Vi} ... návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)[W]

2.1.1 Tepelná ztráta prostupem

Tepelné ztráty prostupem souvisejí s obálkou budovy, závisí nejen na tloušťkách tepelných izolantů, ale také na kvalitě provedení, na tepelných vazbách a tepelných mostech. Tepelné mosty je důležité eliminovat.

Stanoví se součinitel prostupu tepla pro každou stavební konstrukci, který udává množství tepla, které projde plochou 1 m² při rozdílu teplot před a za konstrukcí 1 K. Tepelná ztráta je dána součinem součinitele prostupu tepla, plochy konstrukce a rozdílu teplot před a za konstrukcí. [2]

$$\phi_{Ti} = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_{e,i}) = H_{Ti} \cdot (\theta_i - \theta_{e,i}) [W]$$

U ... součinitel prostupu tepla [W · m² · K];

A ... plocha konstrukce [m^2];

H_{Ti} ... měrná ztráta prostupem [$W \cdot K^{-1}$];

θ_i ... výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$];

$\theta_{e,i}$... výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [$^{\circ}C$].

2.1.2 Tepelná ztráta větráním

Pro výpočet tepelné ztráty větráním je důležitý objemový tok větracího vzduchu, který je rozdílný pro objekt bez větracího systému a objekt s větracím systémem. Obecně vztah pro tepelnou ztrátu větráním je [2]:

$$\phi_{Vi} = (V_i/3600) \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_i - \theta_e) = V_i \cdot 0,33 \cdot (\theta_i - \theta_e) = H_{Vi} \cdot (\theta_i - \theta_e) [W]$$

V_i ... objemový tok větracího vzduchu [$m^3 \cdot \text{hod}^{-1}$];

H_{Vi} ... měrná ztráta větráním [$W \cdot K^{-1}$]

θ_i ... výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$];

θ_e ... výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$].

2.2 Tepelné zisky

Tepelné ztráty objektu jsou snižovány teplotními zisky. Nejsou ale trvalého rázu, proto je nazýváme nahodilé. Jsou to zisky od vnitřních zdrojů tepla a z oslunění prosklenými konstrukcemi. Vnitřním zdrojem je člověk sám a též jeho činnost, dále teplo z osvětlení a z elektrických spotřebičů. V budovách, kde jsou nízké tepelné ztráty, se podíl tepelných zisků zvyšuje a za určitých podmínek mohou zisky ztrátu pokrývat. Při návrhu výkonu vytápěcího zařízení s nimi ale nelze počítat, neboť nejsou trvalého charakteru. Topné zařízení však musí na zisky reagovat okamžitým snížením svého výkonu, aby nedocházelo k přehřívání interiéru. [2]

2.3 Otopné soustavy

Otopná soustava je soubor zařízení, která zajistí výrobu, dopravu a předání tepla do požadovaného vytápěného prostoru.

2.3.1 Výkon otopné soustavy

Je nutné, aby do každé místnosti otopná soustava dodala takové množství tepla, které unikne stavebními konstrukcemi a větráním. Tepelné ztráty místnosti musí být tedy pokryty tepelným výkonem soustavy. Nejen z tohoto důvodu je velice důležitá tepelná izolace budovy. Správným návrhem a hlavně také správným provedením tepelné izolace lze výrazně ovlivnit a snížit tepelné ztráty. Tím se sníží i potřebný výkon otopné soustavy. Dodatečným zaizolováním obálky lze snížit původní ztráty až cca o 30%. Čím lépe se objekt zaizoluje, tím více se ušetří na provozních nákladech

ale i na nákladech vstupních. Je možnost menšího otopného zdroje o menším výkonu.
[1]

2.3.2 Dělení otopných soustav [3]

Podle teplotnosné látky

- voda, pára, vzduch a ostatní teplotnosné látky

Podle způsobu oběhu teplotnosné látky

- **Samotížný oběh** – vznikne dostatečný rozdíl tlaků, který pokryje ztráty v tomto okruhu
- **Nucený oběh** – je způsoben strojním zařízením (čerpadlo) bez závislosti na změně teplot tekutin a výškovým rozdílem mezi zdrojem a spotřebičem

Podle způsobu předání tepla do místnosti

- **Otopnými tělesy** – teplo se předává prouděním vzduchu a sáláním do okolí
- **Velkoplošnými sálavými plochami** – teplo se předává sáláním z otopné plochy zavěšené na stěně, stropu nebo ze stavebních konstrukcí (stěny, podlahy, stropy), do kterých jsou zabudovány otopné hady
- **Přímo teplým vzduchem** – teplo je přiváděno přímo do místnosti, teplotovzdušné vytápění

Podle počtu trubek

- **Jednotrubková soustava** – je zde použito pouze jedné trubky, která se používá pro dopravu vody v okruhu kotel - otopné těleso - kotel. Teplota vody se průtokem otopnými tělesy postupně snižuje, není oddělené potrubí pro topnou a vratnou vodu.
- **Dvoutrubková soustava** – v jedné trubce je topná voda dopravována do topného tělesa a v druhé trubce je odváděna voda ochlazovaná.

Podle umístění ležatého rozvodu

- **Se spodním rozvodem** – v nejnižším podlaží
- **S horním rozvodem** – umístěn v nejvyšším patře nad otopným tělesem
- **S kombinovaným rozvodem** – přívodní potrubí v nejvyšším a vratné v nejnižším podlaží

Podle směru vedení připojovacího potrubí k otopnému tělesu

- Horizontální soustava
- Vertikální soustava

2.4 Zdroje tepla

Zdroje tepla mají v obecném případě pokrývat potřebu tepla pro vytápění, větrání a ohřev vody.

2.4.1 Paliva a zdroje energie

Neobnovitelné zdroje energie

Neobnovitelné zdroje energie, jsou takové zdroje, u kterých se předpokládá jejich vyčerpání v řádu několika stovek let. Jejich obnovení by pak trvalo mnohonásobně déle. Je proto důležité soustředit se a využívat hlavně obnovitelné zdroje energie. Příkladem neobnovitelných zdrojů jsou fosilní paliva uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná energie. Tyto zdroje většinou svou výrobou i využitím znečišťují životní prostředí a podílí se na skleníkovém efektu.

Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které se částečně či úplně obnovují samy, nebo za přispívání lidské činnosti. Příkladem je energie získaná ze slunce, větru, vody, biomasy, geotermální energie a energie prostředí. Tato energii by měla být do budoucna využívána více a více, aby bylo minimalizováno znečišťování životního prostředí.

2.4.2 Nejvyužívanější druhy zdrojů tepla

Kotle na pevná paliva

V dnešní době jsou kotle na tuhá paliva využívána často jako doplňkový zdroj tepla a to v podobě krbových vložek či kamen. Jako primární zdroj tepla slouží dnes kotle na pevná paliva převážně jen v rekreačních objektech.

Plynové kotle klasické a kondenzační

Vytápění bytových domů pomocí plynu a tedy plynového kotle je nejčastěji používané tam, kde není možnost napojení na centrální zásobování teplem. V dnešní době se zvyšujícími cenami za energii se snaží každé bytové sdružení mít vlastní kotelnu a svůj vlastní zdroj tepla. Tato varianta patří zatím k těm levnějším řešením.

Elektrokotle, elektrická topidla (přímotopy), elektrické podlahové vytápění

Vytápění pomocí elektrické energie je čisté, jelikož nevyžaduje odvod spalin. Při instalaci v domech s malou spotřebou tepla jsou investiční náklady oproti ostatním nejnižší. Z pohledu globálního je ale snaha snižovat využití elektrické energie v domácnostech, jelikož její výroba znečišťuje životní prostředí.

Tepelná čerpadla

Je obnovitelný a ekologický zdroj. Nízkopotenciální teplo převádí na teplo vhodné pro vytápění, ohřev vody a vzduchu. Teplo odebírá ze země, vzduchu či vody.

PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části diplomové práce jsou analyzovány tři varianty zateplení obálky budovy bytového domu s přirozeným nebo nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. První variantou je bytový dům, jehož obálka budovy je navržena jako velmi úsporná a tedy spadá do klasifikační třídy „A“, druhou variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako úsporná, spadá tedy do klasifikační třídy „B“ a třetí variantou je bytový dům, jehož obálka je navržena jako vyhovující a spadá tedy do klasifikační třídy „C“. Pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy jsou navrženy tři různé zdroje tepla a to vždy tepelné čerpadlo vzduch/voda, elektrokotel a plynový kondenzační kotel. Na veškeré řešené varianty jsou spočteny tepelné ztráty objektu a následně pak náklady na spotřebovanou energii na vytápění, pořizovací náklady za zdroj tepla a za realizační náklady spojené s obálkou budovy. Ve všech řešení uvažuji pouze s náklady spojenými s vytápěním, neuvažuji s ohřevem vody ani s ostatními provozními náklady objektu. Ve všech variantách je navržený systém teplovodního vytápění - kombinace radiátorů a podlahového vytápění, aby se nelišily pořizovací náklady za rozvodné potrubí a otopné armatury.

V praktické části pracuji s bytovým domem, jehož výkresová dokumentace mi byla poskytnuta projekční kanceláří Projektydomů a je přílohou diplomové práce. Pro účely práce jsem upravila pouze obálku budovy na již výše zmíněné varianty.

Jedná se o bytový dům, kde se nachází 7 bytových jednotek. V prvním nadzemním podlaží se nacházejí dvě bytové jednotky velikosti 2+KK a společné prostory – sklepy. Ve druhém nadzemním podlaží se nacházejí tři bytové jednotky velikosti 2+KK a 1+KK. Ve třetím nadzemním podlaží se nacházejí dvě bytové jednotky velikosti 2+KK a 3+KK.

Obálka budovy je pro každý případ jiná, vnitřní nosné a dělící stěny jsou navrženy z vápenopískových cihel Silka tloušťky 200 mm. Příčky jsou dle původní dokumentace z pórobetonových tvárnic Ytong tloušťky 100 a 150 mm. Střecha je řešena dřevěnými příhradovými vazníky ve sklonu 15°. Stropní konstrukce je rozdílná pro jednotlivé varianty viz upřesňující popis objektu. Užitná plocha činí 422,7 m².

Veškeré řešené varianty jsou umístěné na stejném pozemku dle původní projektové dokumentace, ze které je vycházeno. Jedná se o obec Heřmanova Huť, katastrální území Vlkyš, okres Plzeň-sever, parcelní číslo 120.

3 Bytový dům – varianta A – obálka budovy – velmi úsporná

3.1 Upřesňující popis objektu

Obvodové stěny jsou navrženy jako vápenopískové tvárnice Silka S15-1800 tl. 200 mm zateplené fasádním šedým polystyrenem tl. 280 mm. Veškeré výplně otvorů jsou navrženy s izolačním trojsklem. Stropní konstrukci tvoří panelový železobetonový strop. Veškeré skladby konstrukcí viz popis níže.

Zastavěná plocha bytového domu je 176,56 m².

Celková výška stavby ve hřebeni 11,140 m.

3.2 Skladby konstrukcí

3.2.1 Obvodová stěna SO1

Vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopískové tvárnice Silka S15-1800	200 mm
Lepidlo weber.therm technik	4 mm
Isover EPS GreyWall Plus	280 mm
Armovací vstava + perlínka	3 mm
Vnější tenkovrstvá omítka	2 mm

3.2.2 Mezibytová stěna SO2

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm

3.2.3 Stěna mezi bytem a sklepy v 1.NP SO3

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Lepidlo	4 mm
Minerální vata	50 mm
Armovací vrstva + perlínka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

3.2.4 Příčky tl. 150 mm SO4

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlínka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	150 mm
Armovací vrstva + perlínka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

3.2.5 Příčky tl. 100 mm SO5

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	100 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

3.2.6 Podlaha na terénu PDL1

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
PE folie	
Polystyren EPS Grey 100	300 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

3.2.7 Podlaha na terénu PDL2 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	50 mm
Polystyren EPS Grey 100	250 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

3.2.8 Podlaha mezi podlažími PDL3

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
ŽB stropní panely	250 mm

3.2.9 Podlaha mezi podlažími PDL4 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm

Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	50 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	30 mm
PE folie	
ŽB stropní panely	250 mm

3.2.10 Strop nad sklepy PDL3

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
ŽB stropní panely	250 mm
Tepelná izolace – minerální vlna	150 mm

3.2.11 Střecha STR1

Střešní krytina	
Latě	
Kontralatě	
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	600 mm
Parozábrana	
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	
Sádkartonové desky	12,5 mm

3.3 Výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

3.3.1 SKLADBA SO1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vápenosádrová omítka	0,010	-	-
Vápenopískové tvárnice Silka S15-1800	0,200	0,77	0,26
Lepidlo weber.therm technik	0,004	-	-
Isover EPS GreyWall Plus	0,280	0,032	8,75
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnější tenkovrstvá omítka	0,002	-	-
			$\Sigma R = 9,01$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,130 + 9,01 + 0,04 = \mathbf{9,18 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{9,18} = \mathbf{0,108 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = \mathbf{0,05}$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,108 + 0,02 = \mathbf{0,128 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

$\mathbf{0,128} \leq \mathbf{0,25} \rightarrow$ Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

3.3.2 SKLADBA SO2

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
			$\Sigma R = 0,27$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,27 + 0,130 = \mathbf{0,53 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,53} = \mathbf{1,89 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

3.3.3 SKLADBA SO3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Lepidlo	-	-	-
Minerální vata	0,05	0,39	1,28
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 1,55$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,55 + 0,130 = \mathbf{1,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,81} = \mathbf{0,55 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

3.3.4 SKLADBA SO4

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,15	0,137	1,09
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 1,09$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,09 + 0,130 = 1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,35} = 0,74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

3.3.5 SKLADBA SO5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,10	0,137	0,73
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 0,73$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,73 + 0,130 = 0,99 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,99} = 1,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

3.3.6 SKLADBA PDL1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,060	1,5	0,04
PE folie	-	-	-
Polystyren EPS Grey 100	0,30	0,032	9,38
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	-	-	-
			$\Sigma R = 9,42$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R = 0,170 + 9,42 = 9,59 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{9,59} = 0,104 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,104 + 0,02 = 0,124 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

$0,124 \leq 0,3 \rightarrow$ Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

3.3.7 SKLADBA PDL3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
ŽB stropní panely	0,25	1,5	0,17
			$\Sigma R = 2,32$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,170 + 2,32 + 0,10 = 2,59 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,59} = 0,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

3.3.8 SKLADBA PDL5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62

Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
ŽB stropní panely	0,25	1,5	0,17
Tepelná izolace – minerální vata	0,15	0,39	0,38
			$\Sigma R = 2,7$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,170 + 2,7 + 0,10 = \mathbf{2,97 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,97} = \mathbf{0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

3.3.9 SKLADBA STR1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Střešní krytina	-	-	-
Latě	-	-	-
Kontralatě	-	-	-
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	-	-	-
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	0,6	0,036	16,67
Parozábrana	-	-	-
PE folie	-	-	-
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	0,06	-	-
Sádkartonové desky	0,0125	-	-
			$\Sigma R = 16,67$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,10 + 16,67 + 0,04 = \mathbf{16,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{16,81} = \mathbf{0,059 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = \mathbf{0,05}$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,059 + 0,02 = \mathbf{0,079 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

$\mathbf{0,079 \leq 0,16} \rightarrow$ Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

3.4 Průměrný součinitel prostupu tepla a klasifikace třídy obálky budovy

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{em}$$

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

3.4.1 Průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 1- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Součinitel prostupu tepla U_i	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m ²)	(W/m ² K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	364,68	0,108	1	39,39
PDL1 podlaha na terénu	176,56	0,104	0,66	12,12
STR1 střecha	176,56	0,059	1	10,42
Plastová okna s trojskly	91,951	0,74	1	68,04
DV1 plastové dveře	3,689	0,84	1	3,10
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,02$	813,44	0,02	1	16,2688
Celkem H_T				149,33

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	149,33	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	813,44	m ²
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{em} =$	0,18	W/(mK)

3.4.2 Referenční průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 2-Výpočet referenčního průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Souč. prost. tepla $U_{N,20,j}$	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m ²)	(W/m ² K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	364,68	0,3	1	109,40
PDL1 podlaha na terénu	176,56	0,45	0,66	52,44
STR1 střecha	176,56	0,24	1,00	42,37
Plastová okna s trojskly	91,951	1,5	1	137,93
DV1 plastové dveře	3,689	1,7	1	6,27
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,02$	813,44	0,02	1	16,2688
Celkem	813,44			364,68

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	364,68	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	813,44	m ²
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{emN} =$	0,45	W/(mK)

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

$$0,18 \leq 0,45$$

3.4.3 Zatřídění do klasifikační třídy obálky budovy

Do klasifikační třídy „A“ spadá objekt, jehož průměrný součinitel prostupu tepla je v rozmezí:

$$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$$

$$0,18 \leq 0,5 \cdot 0,45$$

$$0,18 \leq 0,225$$

=> Vyhovuje pro klasifikační třídu „A“!

3.5 Výpočet tepelných ztrát objektu

Tepelné ztráty byly stanoveny dle ČSN EN 12 831 pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C . Pro výpočet tepelných ztrát byl použit program Microsoft Office Excel.

3.5.1 Tepelné ztráty objektu s přirozeným větráním

Tabulka 3- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádveří	172	88	259	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	38	0	38	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	-32	351	319	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-40	0	-40	W
1.1.2	24,0	Koupelna	166	0	166	W
1.1.3	20,0	Pokoj	12	186	198	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	446	1328	1774	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-48	0	-48	W
1.2.2	20,0	Pokoj	146	189	335	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	136	261	398	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	457	1314	1771	W
ztráta celkem			1453	3717	5170	W

Tabulka 4- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	-13	192	180	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-109	0	-109	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	269	1359	1628	W
2.1.3	20,0	Pokoj	124	192	316	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	377	999	1375	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-75	0	-75	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	138	0	138	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	254	999	1252	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-56	0	-56	W
2.3.2	20,0	Pokoj	121	188	309	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	124	259	383	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	397	1304	1700	W
ztráta celkem			1551	5491	7042	W

Tabulka 5- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	4	192	195	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-39	0	-39	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	209	300	509	W
3.1.3	20,0	Pokoj	136	192	327	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	491	1343	1834	W
3.1.5	20,0	WC	2	0	2	W
3.1.6	20,0	Pokoj	26	202	228	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-55	0	-55	W
3.2.2	20,0	Pokoj	155	187	342	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	161	625	786	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	697	1975	2672	W
ztráta celkem			1785	5015	6800	W

Tepelné ztráty celkem: 19,012 kW

3.5.2 Tepelné ztráty s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla

Tabulka 6- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádvěří	172	22	193	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	38	0	38	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	-32	351	319	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-40	0	-40	W
1.1.2	24,0	Koupelna	166	0	166	W
1.1.3	20,0	Pokoj	12	46	59	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	446	332	778	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-48	0	-48	W
1.2.2	20,0	Pokoj	146	47	193	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	136	65	202	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	457	328	785	W
ztráta celkem			1453	1193	2645	W

Tabulka 7- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	-13	48	35	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-109	0	-109	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	269	340	608	W
2.1.3	20,0	Pokoj	124	48	172	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	377	250	627	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-75	0	-75	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	138	0	138	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	254	250	503	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-56	0	-56	W
2.3.2	20,0	Pokoj	121	47	168	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	124	65	189	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	397	326	723	W
ztráta celkem			1551	1373	2924	W

Tabulka 8- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	4	48	51	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-39	0	-39	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	209	75	284	W
3.1.3	20,0	Pokoj	136	48	184	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	491	336	827	W
3.1.5	20,0	WC	2	0	2	W
3.1.6	20,0	Pokoj	26	51	77	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-55	0	-55	W
3.2.2	20,0	Pokoj	155	47	201	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	161	156	317	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	697	494	1191	W
ztráta celkem			1785	1254	3039	W

Tepelné ztráty celkem: 8,609 kW

3.6 Realizační náklady vztažené k tepelně-izolační obálce budovy

V níže uvedené tabulce jsou pouze ceny za jednotlivé tepelně izolační materiály spojené s obálkou budovy. Není zde ale uvažováno s omítkami, lepidly, dalšími pomocnými materiály, jelikož tyto materiály jsou předpokládány u všech variant stejné, a ani s cenami za práci, kvůli možnému provádění svépomocí a kvůli téměř stejným nákladům za práci pro všechny řešené varianty. Jedná se pouze o náklady orientační.

Veškeré ceny uvedené níže jsou brány z internetových stránek jednotlivých výrobců materiálů. Cena oken a dveří je určena pomocí e-shopu dle přesných rozměrů a materiálů dle projektové dokumentace.

Tabulka 9- Realizační náklady vztážené k obálce budovy

Konstrukce	Položka	Měrná jednotka	Počet jednotek	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek v 1 balení	Cena za 1 balení [Kč]	Potřebný počet balení	Celková cena [Kč]	Celková cena bez DPH
Zateplení střechy	Isover Unirol Profi tl. 200 mm	m ²	176,56	312	2,88	899	61	55087	165 260 Kč
	Isover Unirol Profi tl. 200 mm	m ²	176,56	312	2,88	899	61	55087	
	Isover Unirol Profi tl. 200 mm	m ²	176,56	312	2,88	899	61	55087	
Zateplení podlahy na terénu	Isover EPS Grey 100 S tl. 100 mm	m ²	151,88	319	1,5	479	101	48450	145 349 Kč
	Isover EPS Grey 100 S tl. 100 mm	m ²	151,88	319	1,5	479	101	48450	
	Isover EPS Grey 100 S tl. 100 mm	m ²	151,88	319	1,5	479	101	48450	
Obvodová stěna	Vápenopískové tvárnice Silka S15-1800 tl. 200 mm	m ²	446,69	1192	3,01	3 588	148	532454	870 152 Kč
	Isover EPS GreyWall PLUS tl. 280 mm	m ²	446,69	756	0,5	378	893	337698	
Okna + dveře	Plastové, izolační trojsklo, U=0,74	-	-	-	-	-	-	439324	439 324 Kč
Celková cena za konstrukce obálky budovy								1 620 085 Kč	
								Celková cena s DPH	1 960 303 Kč

3.7 Vytápění domu pomocí plynového kondenzačního kotle

Jako první alternativu zdroje tepla jsem zvolila plynový kondenzační kotel od firmy Protherm. V objektu s přirozeným větráním navrhuji závěsný systémový kotel 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW (cena s DPH činí 46 633,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji závěsný systémový kotel 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW (cena s DPH činí 44 782,- Kč) + lokální větrací jednotku s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka – celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

3.7.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 10- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	19,012	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	164,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	45,7	
Cena tepla	GJ/Kč	382	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	62 839 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	46 633 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	109 472 Kč	Cena s DPH

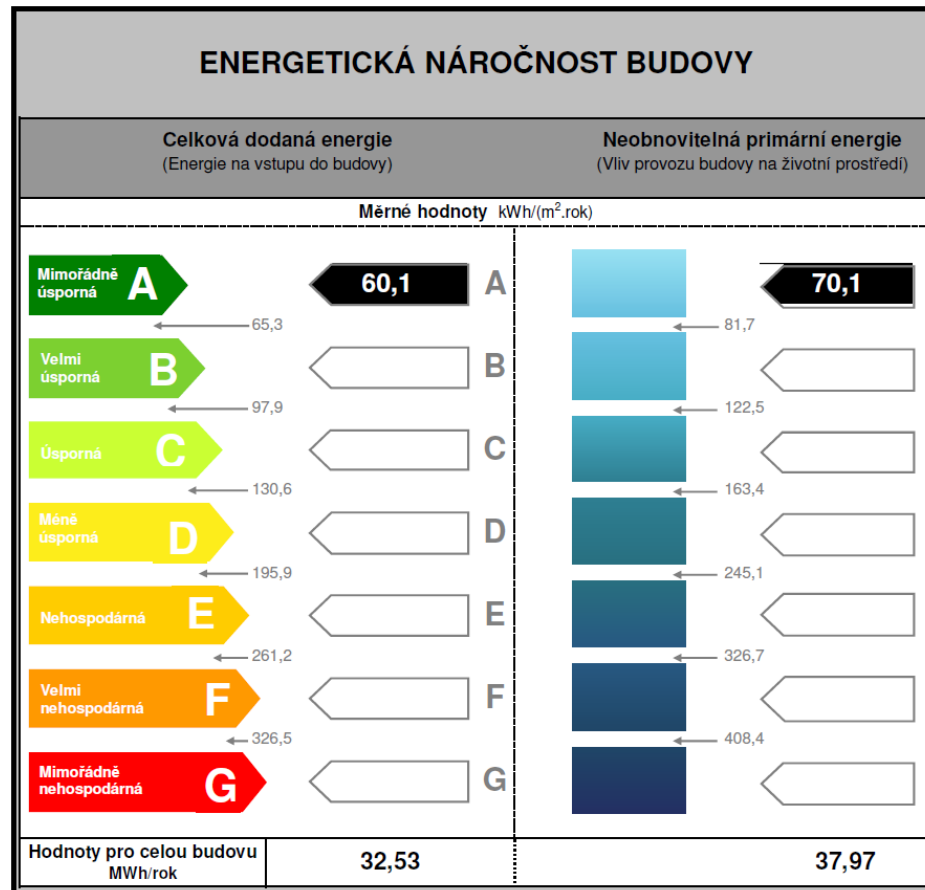
Tabulka 11- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	8,609	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	74,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	20,7	
Cena tepla	GJ/Kč	408	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	30 396 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	44 782 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	228 478 Kč	Cena s DPH

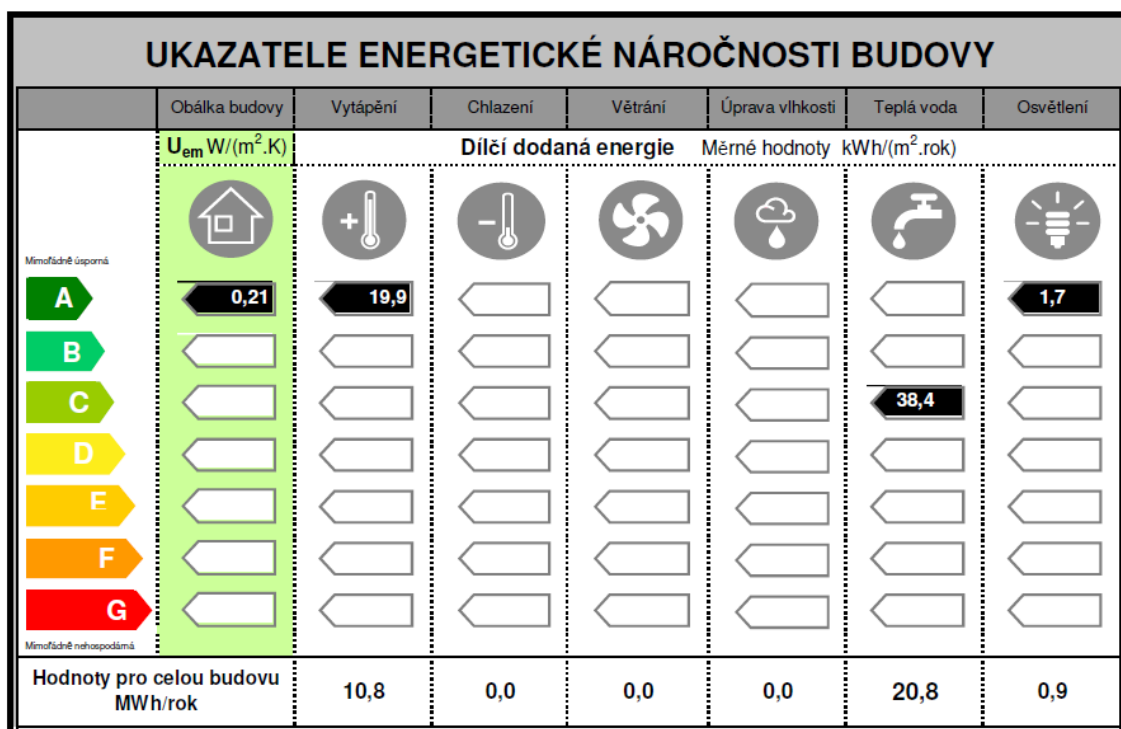
3.7.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla plynový kondenzační kotel, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „A“.



Obrázek 1- Energetická náročnost budovy



Obrázek 2- Ukazatele energetické náročnosti budovy

3.8 Vytápění domu pomocí elektrokotle

Jako další alternativu zdroje tepla jsem navrhla elektrokotel od firmy Protherm. V objektu s přirozeným větráním navrhuji systémový elektrokotel RAY– 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW (cena s DPH činí 28 350,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji elektrokotel RAY – 9K s tepelným výkonem 1,0 – 9 kW (cena s DPH činí 23 510,- Kč) + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka – celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

3.8.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 12- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	19,012	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	164,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	45,7	
Cena tepla	GJ/Kč	713	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	117 289 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	28 350 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	145 639 Kč	Cena s DPH

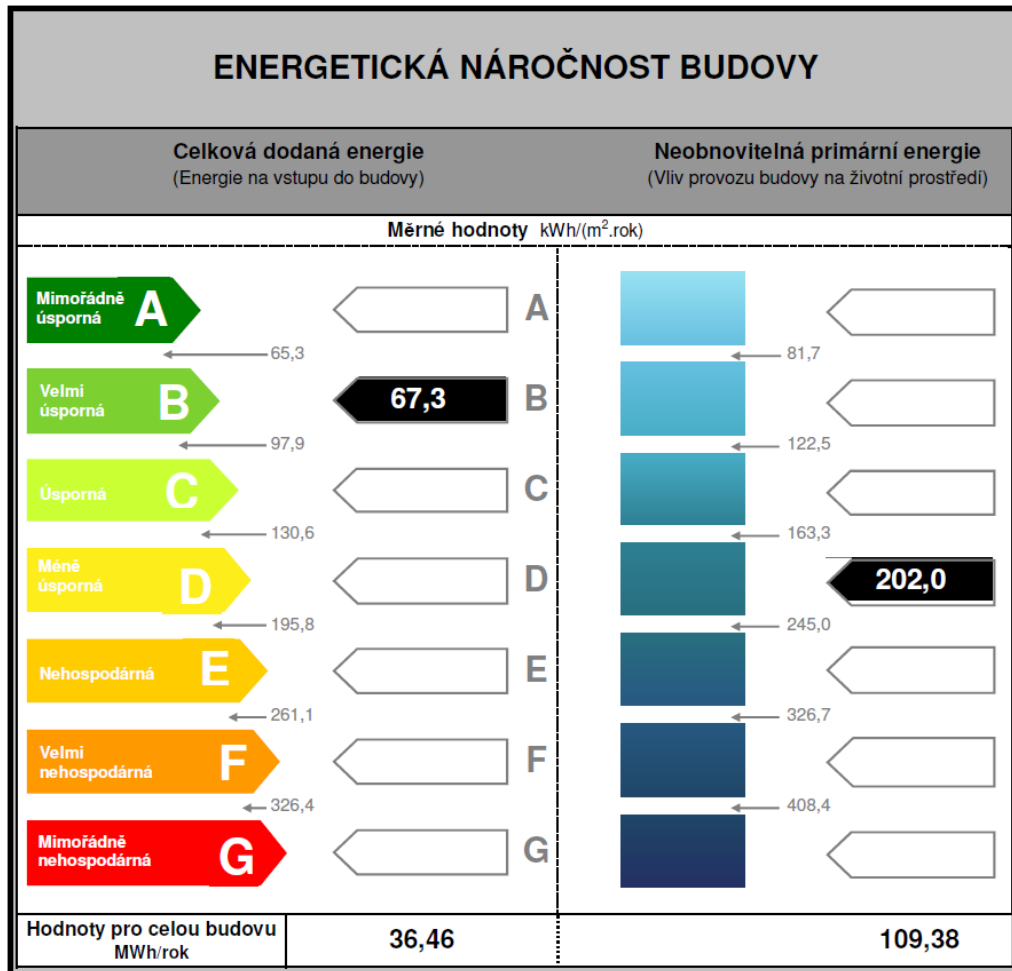
Tabulka 13- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	8,609	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	74,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	20,7	
Cena tepla	GJ/Kč	776	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	57 812 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	23 510 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	234 622 Kč	Cena s DPH








3.8.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla elektrokotel. Teplá užitková voda je ohřívána pomocí elektrického bojleru. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“, přestože obálka budovy je zařazena do energetické třídy „A“.



Obrázek 3- Energetická náročnost budovy

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
Mimořádně úsporná	 0,21	 21,1					 1,7
A	0,21	21,1					1,7
B							
C						44,5	
D							
E							
F							
G							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		11,4	0,0	0,0	0,0	24,1	0,9

Obrázek 4- Ukazatele energetické náročnosti budovy

3.9 Vytápění domu pomocí tepelného čerpadla

Jako třetí alternativu zdroje tepla jsem navrhla tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy AC- Heating. V objektu s přirozeným větráním navrhují 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW (cena za kus 211 629,- Kč s DPH).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhují tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15 kW (cena 211 629,- Kč s DPH) + lokální větrací jednotku s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka – celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

3.9.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 14- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	19,012	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	164,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	45,7	
Cena tepla	GJ/Kč	257	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	42 277 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	423 258 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	465 535 Kč	Cena s DPH

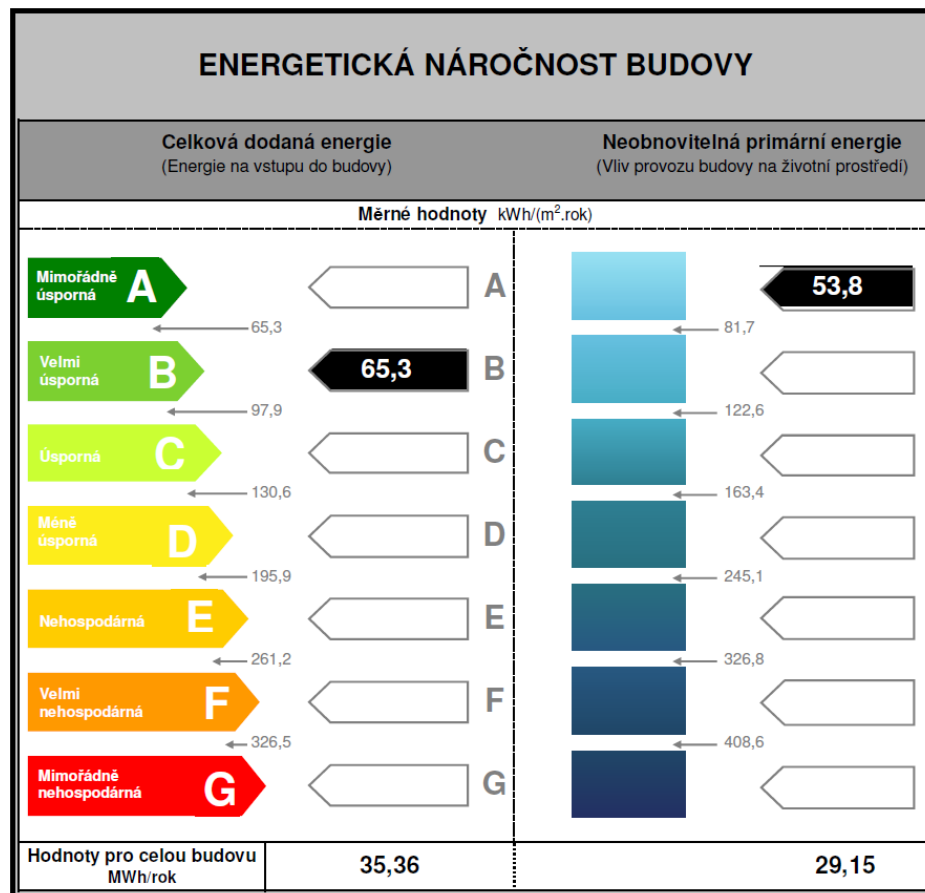
Tabulka 15- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	8,609	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	74,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	20,7	
Cena tepla	GJ/Kč	309	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	23 021 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	211 629 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	387 950 Kč	Cena s DPH

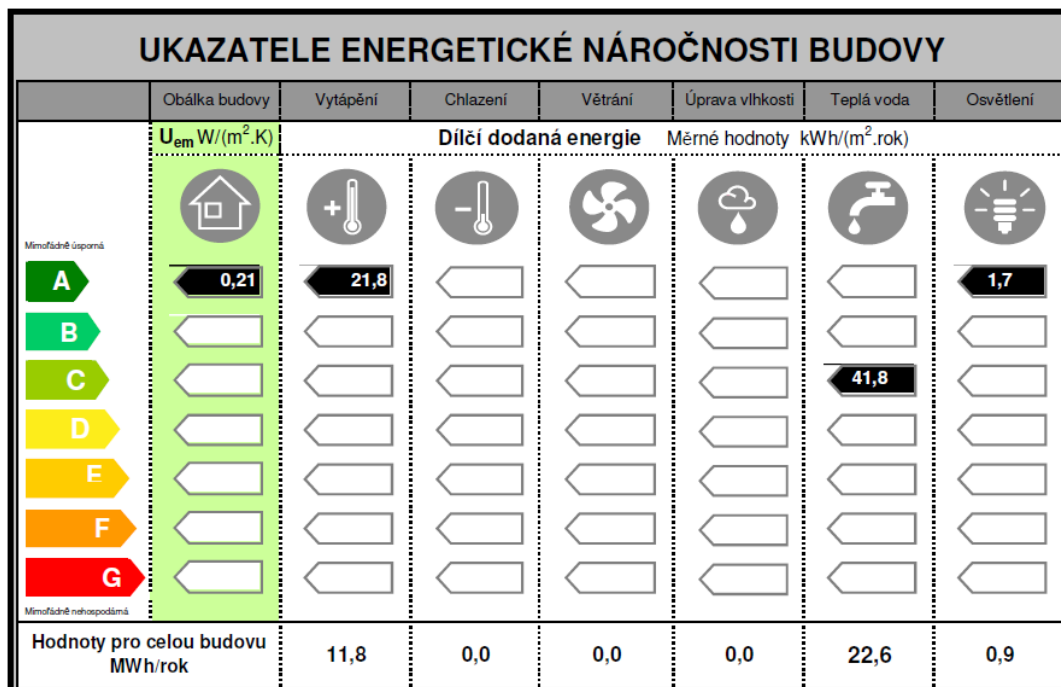
3.9.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažováno jako hlavní zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch/voda, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“, přestože obálka budovy je zařazena do energetické třídy „A“.



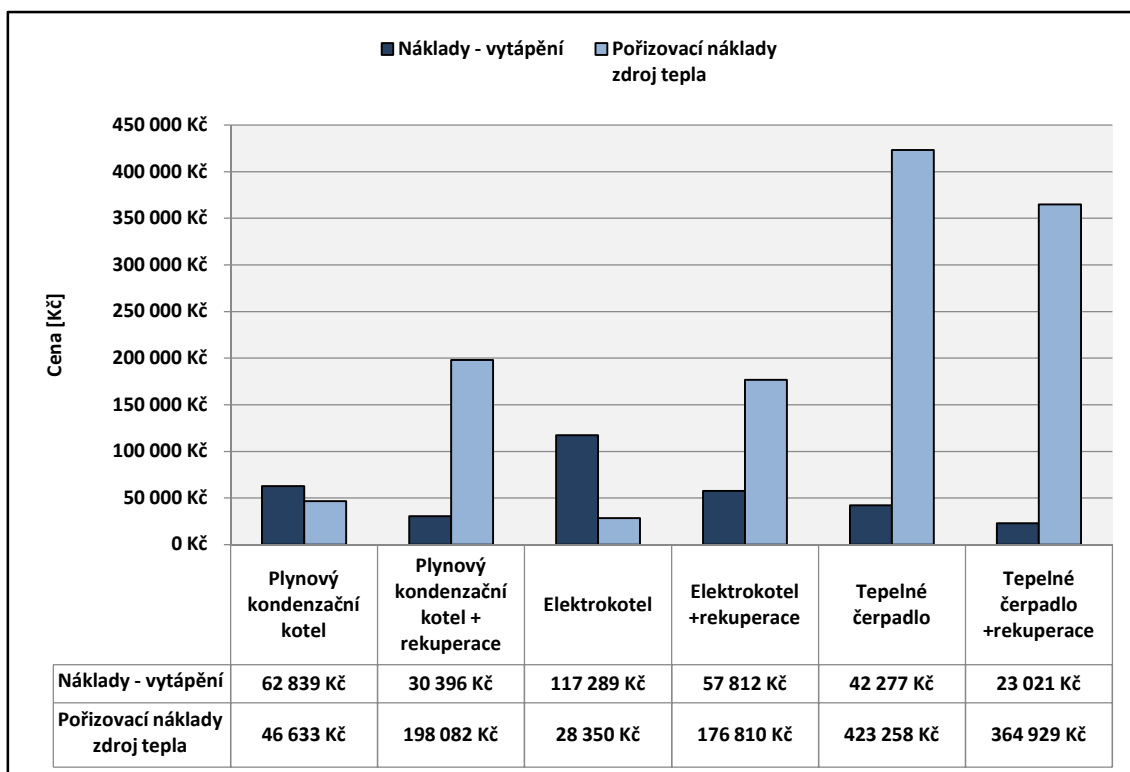
Obrázek 5- Energetická náročnost budovy



Obrázek 6- Ukazatele energetické náročnosti budovy

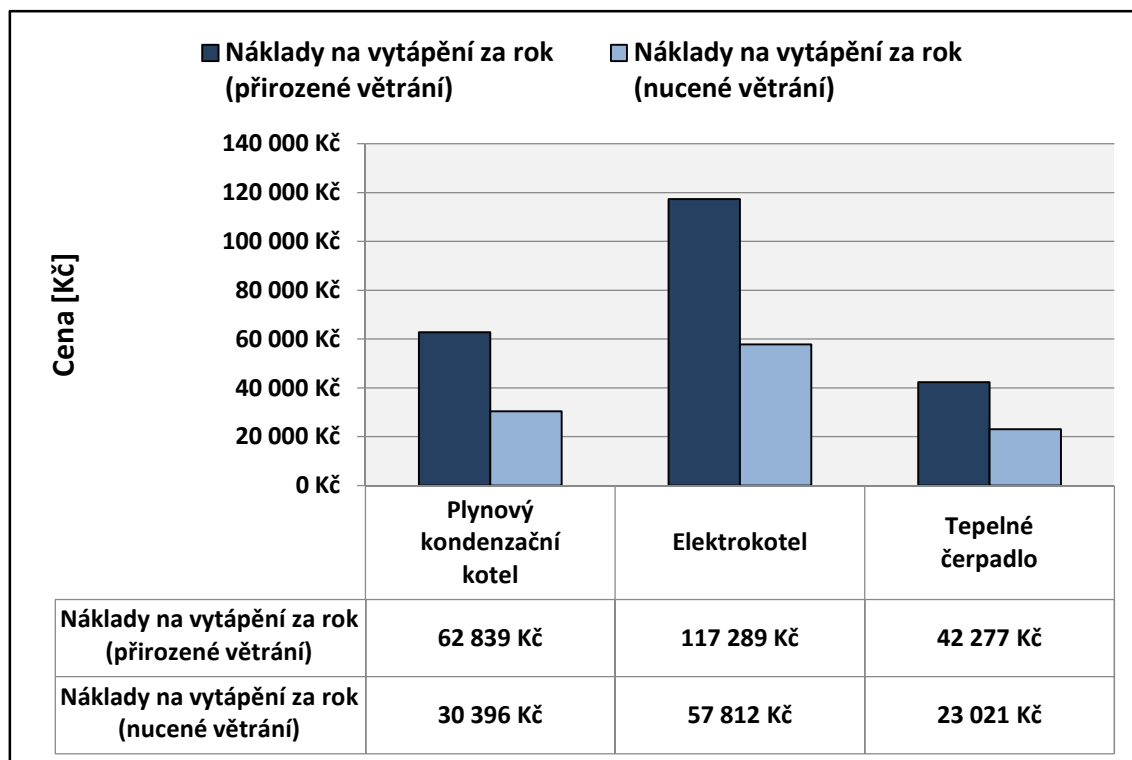
3.10 Analýza jednotlivých variant zdrojů tepla

Níže jsou porovnávány jednotlivé varianty topných zdrojů v objektu s přirozeným větráním a s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Dle grafů dochází k výraznému snížení nákladů na vytápění za rok u objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla oproti objektu s přirozeným větráním a to hlavně z důvodu výrazného snížení tepelných ztrát v důsledku větrání (přesné hodnoty dle kapitoly 3.5 Výpočet tepelných ztrát objektu). Jako topné zdroje jsem zvolila elektrokotel, plynový kondenzační kotel a tepelné čerpadlo. Jsou zde porovnávány pořizovací náklady topného zdroje a celkové náklady na vytápění objektu a návratnost jednotlivých řešení.



Graf č. 1- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace

Z grafu č. 1 je patrné, že nejvyšší pořizovací náklady topného zdroje jsou při uvažování tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Na první pohled je zřejmé, že nejmenší rozdíl mezi náklady na vytápění za rok a pořizovací cenou topného zdroje je v objektu s přirozeným větráním při použití plynového kondenzačního kotle.



Graf č. 2- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok

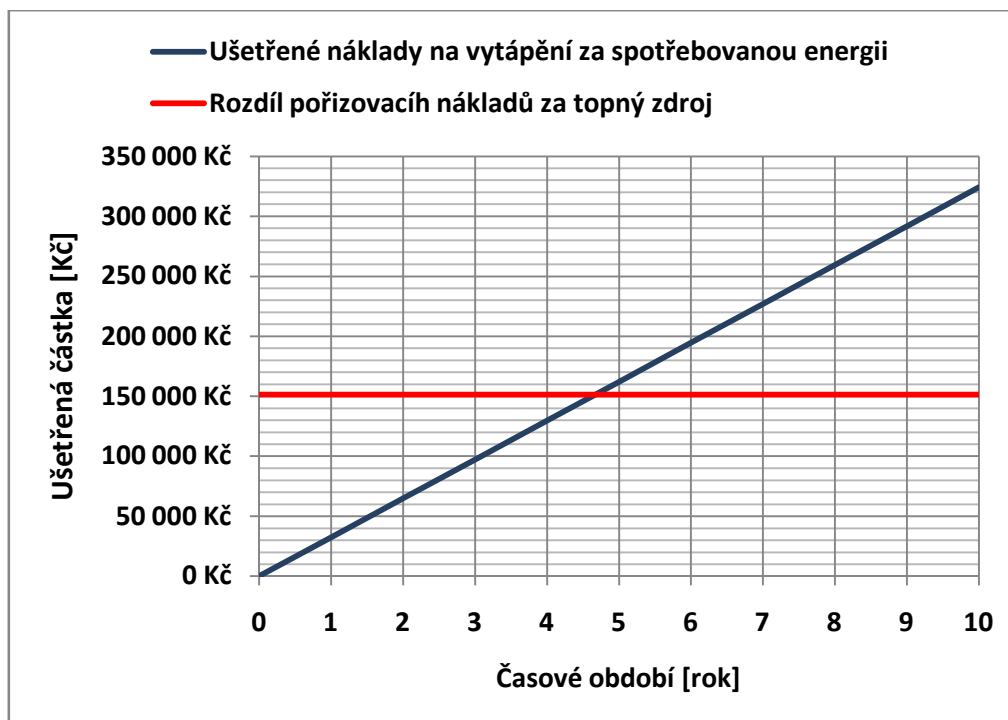
Z grafu č. 2 je patrné, že nejlevnějším řešením spojeným pouze s náklady na vytápění je tepelné čerpadlo. Nejdražší variantou je pak elektrokotel.

3.10.1 Plynový kondenzační kotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Přibližná návratnost využití plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 3 cca 4,6 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 32 433 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 151 449,- Kč.



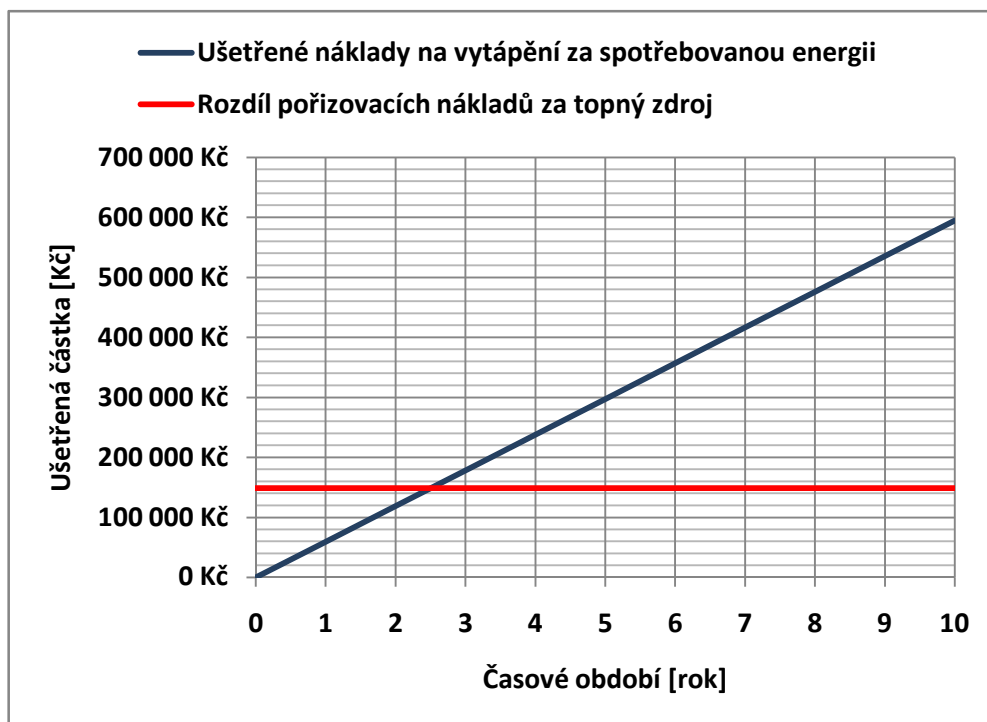
Graf č. 3- Návratnost plynového kondenzačního kotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

3.10.2 Elektrokotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen elektrokotel RAY – 9K s tepelným výkonem 1,0 – 9 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Návratnost využití elektrokotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 4 přibližně 2,5 roku. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 59 477 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů za topný zdroj je 148 460,- Kč.



Graf č. 4- Návržnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití elektrokotle v objektu s přirozeným větráním

3.10.3 Tepelné čerpadlo v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navrženo 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Z grafu č. 1 je vidět, že použití tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla vychází levněji jak na pořizovacích nákladech, tak na nákladech na vytápění objektu za rok oproti použití pouze tepelného čerpadla v objektu s přirozeným větráním. Díky využití rekuperační jednotky se více jak o polovinu snížili tepelné ztráty objektu, tudíž je možné navržení tepelného čerpadla s podstatně menším tepelným výkonem. V tomto případě se zaručeně vyplatí použít tepelné čerpadlo s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla.

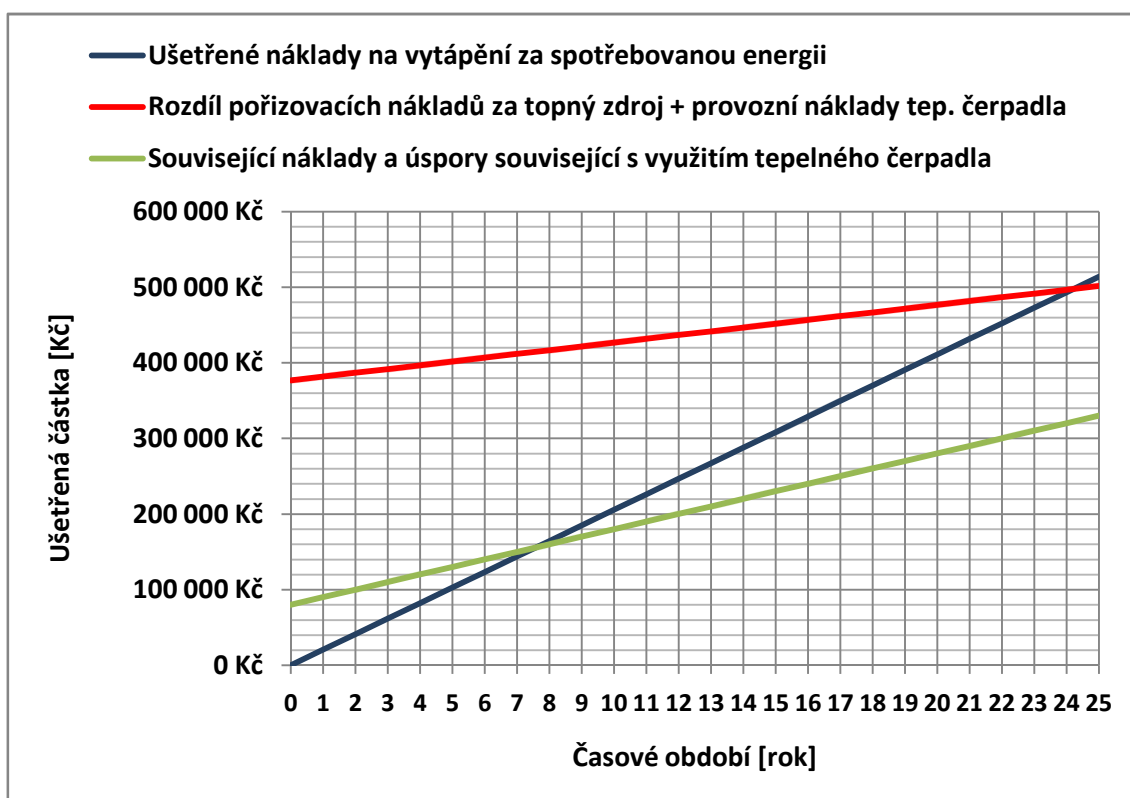
3.10.4 Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

A dále uvažuji 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návratnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti plynovému kondenzačnímu kotli je dle grafu č. 5 přibližně 24 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspoření nákladů na vytápění za spotřebovanou energii činí 20 562 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 376 625,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Při uvažování uspoření celkové elektrické energie na celou budovu díky levnějšímu tarifu poskytovaného dodavatelem elektřiny, při využití tepelného čerpadla na vytápění objektu, by se snížily celkové náklady na provoz budovy a zkrátila by se i doba návratnosti. Z grafu č. 5 je patrné, že návratnost tepelného čerpadla by byla v rozmezí od 8 do 24 let. Zelená křivka představuje roční úspory za elektrickou energii v důsledku nízkého tarifu, které činí přibližně 10 000 Kč za rok. Tato křivka je v počátečním bodě posunuta o 80 000,- Kč, což jsou ušetřené náklady za zřízení plynové přípojky, kterou při využívání tepelného čerpadla jako topného zdroje není třeba zřizovat. Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



Graf č. 5- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

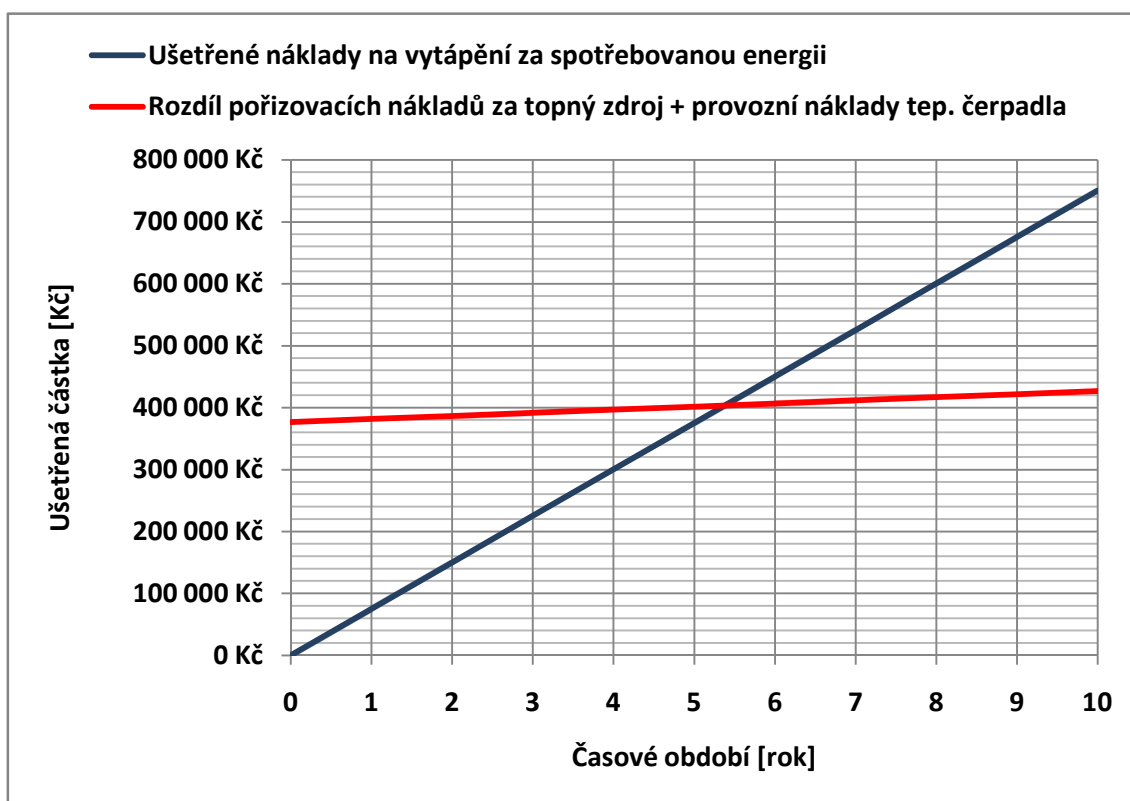
3.10.5 Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

A dále uvažuji 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návratnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti elektrokotli je dle grafu č. 6 přibližně 5,3 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 75 012 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 394 908,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti elektrokotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



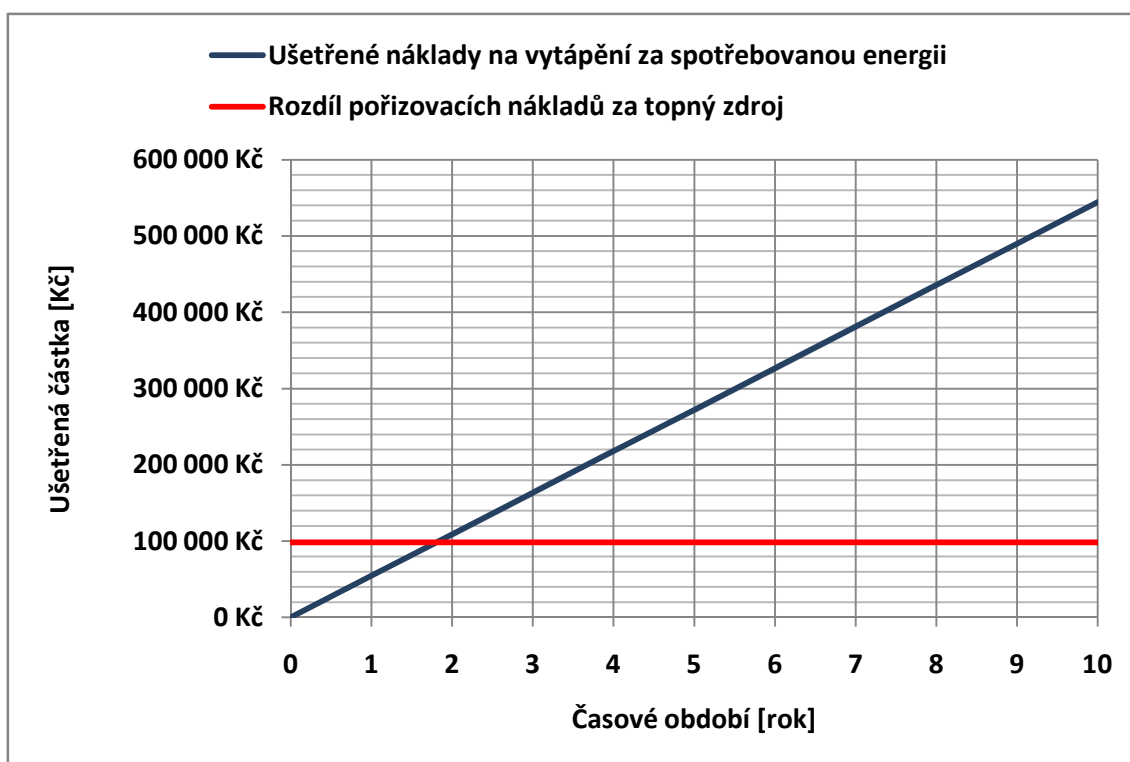
Graf č. 6- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

3.10.6 Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

A dále uvažuji systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

Návratnost využití plynového kondenzačního kotle na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti elektrokotli je dle grafu č. 7 přibližně 1,8 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 54 450 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 98 283,- Kč i s uvažováním přibližné ceny 80 000 Kč za plynovou přípojku.



Graf č. 7- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

3.11 Shrnutí

Nejvyšší pořizovací náklady za tepelný zdroj jsou při použití tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Zajímavé je, že u plynového kondenzačního kotle a elektrokotle jsou náklady na vytápění nižší v objektu s nuceným větráním oproti objektu s větráním přirozeným a celkové pořizovací náklady za topné zdroje jsou mnohem vyšší. Kdežto u tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla jsou nižší jak náklady na vytápění tak i pořizovací náklady za topný zdroj.

Při uvažování elektrokotle a plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu jsou pořizovací náklady topného zdroje nízké, proto cena rekuperační jednotky tvoří velkou část celkové pořizovací ceny. Kdežto tepelné čerpadlo má vysokou pořizovací cenu a tudíž rekuperační jednotka tvoří menší podíl z pořizovací ceny. V objektu s nuceným větráním a tedy nižšími celkovými tepelnými ztrátami je možné použít tepelné čerpadlo s mnohem nižším tepelným výkonem. Tím se sníží celkové pořizovací náklady za topný zdroj.

Náklady na spotřebovanou energii na vytápění celého objektu za rok jsou nejnižší, když v objektu uvažují tepelné čerpadlo v kombinaci s rekuperační jednotkou. Nejdražší je vytápění pomocí elektrokotle.

V objektu s přirozeným větráním je dle mého názoru neekonomičtější vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla bych doporučila buďto plynový kondenzační kotel či tepelné čerpadlo. Obě tyto varianty jsou pro obyvatele bytových domů komfortnější, díky neustálému přívodu čerstvého vzduchu. Tepelné čerpadlo bych doporučila kvůli celkové úspoře za elektrickou energii a za ohřev užitkové vody, kterou neuvažují ve výpočtech diplomové práce.

4 Bytový dům – varianta B obálka budovy- úsporná

4.1 Upřesňující popis objektu

Obvodové stěny jsou navrženy jako pórobetonové tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650 tl. 250 mm zateplené fasádním polystyrenem EPS 70F tloušťky 200 mm. Veškeré výplně otvorů jsou navrženy s izolačním trojsklem. Stropní konstrukci tvoří skládaný strop z nosníků a vložek v systému Ytong. Veškeré skladby konstrukcí viz popis níže.

Zastavěná plocha bytového domu je 174,49 m².

Celková výška stavby ve hřebeni 10,920 m.

4.2 Skladby konstrukcí

4.2.1 Obvodová stěna SO1

Vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650	250 mm
Lepidlo weber.therm technik	4 mm
Isover EPS 70F	200 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnější tenkovrstvá omítka	2 mm

4.2.2 Mezibytová stěna SO2

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm

4.2.3 Stěna mezi bytem a sklepy v 1.NP SO3

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Lepidlo	4 mm
Minerální vata	50 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

4.2.4 Příčky tl. 150 mm SO4

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	150 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

4.2.5 Příčky tl. 100 mm SO5

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	100 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

4.2.6 Podlaha na terénu PDL1

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
PE folie	
Polystyren EPS 100S	200 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

4.2.7 Podlaha na terénu PDL2 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	50 mm
Polystyren EPS 100S	150 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

4.2.8 Podlaha mezi podlažími PDL3

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce Ytong	250 mm

4.2.9 Podlaha mezi podlažími PDL4 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm

Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	50 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	30 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce Ytong	250 mm

4.2.10 Strop nad sklepy PDL5

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo (mirelon)	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce	250 mm
Tepelná izolace – minerální vata	100 mm

4.2.11 Střecha STR1

Střešní krytina	
Latě	
Kontralatě	
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	380 mm
Parozábrana	
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	60 mm
Sádkartonové desky	12,5 mm

4.3 Výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

4.3.1 SKLADBA SO1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650	0,250	0,179	1,39
Lepidlo weber.therm technik	0,004	-	-
Isover EPS 70F	0,200	0,039	5,13
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnější tenkovrstvá omítka	0,002	-	-
			$\Sigma R = 6,52$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,130 + 6,52 + 0,04 = \mathbf{6,69 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{6,69} = \mathbf{0,15 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = \mathbf{0,05}$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,15 + 0,05 = \mathbf{0,2 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

$\mathbf{0,2 \leq 0,25} \rightarrow$ Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

4.3.2 SKLADBA SO2

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
			$\Sigma R = 0,27$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,27 + 0,130 = \mathbf{0,53 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,53} = \mathbf{1,89 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.3.3 SKLADBA SO3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Lepidlo	-	-	-
Minerální vata	0,05	0,39	1,28
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 1,55$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,55 + 0,130 = \mathbf{1,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,81} = \mathbf{0,55 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.3.4 SKLADBA SO4

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,15	0,137	1,09
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 1,09$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,09 + 0,130 = 1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,35} = 0,74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4.3.5 SKLADBA SO5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,10	0,137	0,73
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 0,73$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,73 + 0,130 = 0,99 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,99} = 1,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4.3.6 SKLADBA PDL1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,060	1,5	0,04
PE folie	-	-	-
Polystyren EPS 100S	0,20	0,037	5,41
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	-	-	-
			$\Sigma R = 5,45$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R = 0,170 + 5,45 = 5,62 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,62} = 0,18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,18 + 0,05 = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

0,23 ≤ 0,3 → Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

4.3.7 SKLADBA PDL3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
Systémová stropní konstrukce	0,25	0,83	0,30
			ΣR = 2,45

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,170 + 2,45 + 0,10 = 2,72 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,72} = 0,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4.3.8 SKLADBA PDL5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62

Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
Systémová stropní konstrukce	0,25	0,83	0,30
Tepelná izolace – minerální vata	0,1	0,39	0,25
			$\Sigma R = 2,7$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,170 + 2,7 + 0,10 = 2,97 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,97} = 0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4.3.9 SKLADBA STR1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Střešní krytina	-	-	-
Latě	-	-	-
Kontralatě	-	-	-
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	-	-	-
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	0,38	0,036	10,56
Parozábrana	-	-	-
PE folie	-	-	-
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	0,06	-	-
Sádkartonové desky	0,0125	-	-
			$\Sigma R = 10,56$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,10 + 10,56 + 0,04 = 10,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{10,7} = 0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,09 + 0,05 = 0,14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

0,14 ≤ 0,16 → Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

4.4 Průměrný součinitel prostupu tepla a klasifikace třídy obálky budovy

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{em}$$

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

4.4.1 Průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 16- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Součinitel prostupu tepla U_i	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m^2)	(W/m^2K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	381,32	0,15	1	57,20
PDL1 podlaha na terénu	174,49	0,18	0,66	20,73
STR1 střecha	174,49	0,09	1	15,70
Plastová okna s trojskly	81,717	0,8	1	65,37
DV1 plastové dveře	3,844	1	1	3,84
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,05$	815,861	0,05	1	40,79305
Celkem H_T				203,64

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	203,64	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	815,861	m^2
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{em} =$	0,25	W/(mK)

4.4.2 Referenční průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 17- Výpočet referenčního součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Souč. prost. tepla $U_{N,20,j}$	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m^2)	(W/m^2K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	381,32	0,3	1	114,40
PDL1 podlaha na terénu	174,49	0,45	0,66	51,82
STR1 střecha	174,49	0,24	1,00	41,88
Plastová okna s trojskly	81,717	1,5	1	122,58
DV1 plastové dveře	3,844	1,7	1	6,53
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,05$	815,861	0,05	1	40,79305
Celkem	815,861			378,00

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	378,00	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	815,861	m^2
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{emN} =$	0,46	W/(mK)

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

$$0,25 \leq 0,46$$

4.4.3 Zatřídění do klasifikační třídy

Do klasifikační třídy „B“ spadá objekt, jehož průměrný součinitel prostupu tepla je v rozmezí:

$$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$$

$$0,5 \cdot 0,46 < 0,25 \leq 0,75 \cdot 0,46$$

$$0,23 < 0,25 \leq 0,345$$

=> Vyhovuje pro klasifikační třídu „B“!

4.5 Výpočet tepelných ztrát objektu

Tepelné ztráty byly stanoveny dle ČSN EN 12 831 pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C . Pro výpočet tepelných ztrát byl použit program Microsoft Office Excel.

4.5.1 Tepelné ztráty s přirozeným větráním

Tabulka 18- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádveří	212	91	303	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	71	0	71	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	50	364	415	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-36	0	-36	W
1.1.2	24,0	Koupelna	185	0	185	W
1.1.3	20,0	Pokoj	34	193	227	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	579	1379	1958	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-43	0	-43	W
1.2.2	20,0	Pokoj	206	196	403	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	170	271	441	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	560	1364	1923	W
ztráta celkem			1989	3858	5847	W

Tabulka 19- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	3	192	195	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-110	0	-110	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	289	1359	1648	W
2.1.3	20,0	Pokoj	161	192	354	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	453	999	1451	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-76	0	-76	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	141	0	141	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	248	999	1247	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-57	0	-57	W
2.3.2	20,0	Pokoj	156	188	344	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	141	259	400	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	431	1304	1735	W
ztráta celkem			1780	5491	7271	W

Tabulka 20- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	45	195	240	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-28	0	-28	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	244	305	549	W
3.1.3	20,0	Pokoj	199	195	394	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	635	1366	2001	W
3.1.5	20,0	WC	5	0	5	W
3.1.6	20,0	Pokoj	68	206	274	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-45	0	-45	W
3.2.2	20,0	Pokoj	217	190	407	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	208	636	844	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	797	2009	2806	W
ztráta celkem			2345	5102	7446	W

Tepelné ztráty celkem: 20,564 kW

4.5.2 Tepelné ztráty s nuceným větráním se zpětným získáním tepla

Tabulka 21- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádvěří	212	23	235	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	71	0	71	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	50	364	415	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-36	0	-36	W
1.1.2	24,0	Koupelna	185	0	185	W
1.1.3	20,0	Pokoj	34	48	83	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	579	345	924	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-43	0	-43	W
1.2.2	20,0	Pokoj	206	49	255	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	170	68	238	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	560	341	901	W
ztráta celkem			1989	1238	3227	W

Tabulka 22- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	3	48	51	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-110	0	-110	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	289	340	628	W
2.1.3	20,0	Pokoj	161	48	209	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	453	250	702	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-76	0	-76	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	141	0	141	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	248	250	498	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-57	0	-57	W
2.3.2	20,0	Pokoj	156	47	203	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	141	65	206	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	431	326	757	W
ztráta celkem			1780	1373	3152	W

Tabulka 23- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	45	49	93	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-28	0	-28	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	244	76	320	W
3.1.3	20,0	Pokoj	199	49	248	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	635	341	976	W
3.1.5	20,0	WC	5	0	5	W
3.1.6	20,0	Pokoj	68	51	119	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-45	0	-45	W
3.2.2	20,0	Pokoj	217	48	264	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	208	159	367	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	797	502	1299	W
ztráta celkem			2345	1275	3620	W

Tepelné ztráty celkem: 9,999 kW

4.6 Realizační náklady vztažené k tepelně-izolační obálce budovy

V níže uvedené tabulce jsou pouze ceny za jednotlivé tepelně izolační materiály spojené s obálkou budovy. Není zde ale uvažováno s omítkami, lepidly, dalšími pomocnými materiály, jelikož tyto materiály jsou předpokládány u všech variant stejné, a ani s cenami za práci, kvůli možnému provádění svépomocí a kvůli téměř stejným nákladům za práci pro všechny řešené varianty. Jedná se pouze o náklady orientační.

Veškeré ceny uvedené níže jsou brány z internetových stránek jednotlivých výrobců materiálů. Cena oken a dveří je určena pomocí e-shopu dle přesných rozměrů a materiálů dle projektové dokumentace.

Tabulka 24- Realizační náklady vztažené k obálce budovy

Konstrukce	Položka	Měrná jednotka	Počet jednotek	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek v 1 balení	Cena za 1 balení [Kč]	Potřebný počet balení	Celková cena [Kč]	Celková cena bez DPH
Zateplení střechy	Isover Unirol Profi tl. 120 mm	m ²	174,49	187	4,8	898	36	32630	103 298 Kč
	Isover Unirol Profi tl. 120 mm	m ²	174,49	187	4,8	898	36	32630	
	Isover Unirol Profi tl. 140 mm	m ²	174,49	218	3,96	863	44	38039	
Zateplení podlahy na terénu	Isover EPS 100 S tl. 200 mm	m ²	151,88	488	1	488	152	74117	74 117 Kč
Obvodová stěna	Ytong Statik P4-550 tl. 250 mm	m ²	443,765	872	5,4	4 709	82	386963	572 457 Kč
	Isover EPS 70F tl. 200 mm	m ²	443,765	418	1	418	444	185494	
Okna + dveře	Plastové, izolační trojsklo, U=0,8	-	-	-	-	-	-	332336	332 336 Kč
Celková cena za konstrukce obálky budovy								1 082 208 Kč	
								Celková cena s DPH	1 309 472 Kč

4.7 Vytápění domu pomocí plynového kondenzačního kotle

Jako první alternativu zdroje tepla jsem zvolila plynový kondenzační kotel od firmy Protherm. V objektu s přirozeným větráním navrhuji závěsný systémový kotel 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW (cena s DPH činí 46 633,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji závěsný systémový kotel 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW (cena s DPH činí 44 782,- Kč) + lokální větrací jednotku s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka – celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

4.7.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 25- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	20,564	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	177,9	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	49,4	
Cena tepla	GJ/Kč	380	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	67 602 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	46 633 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	114 235 Kč	Cena s DPH

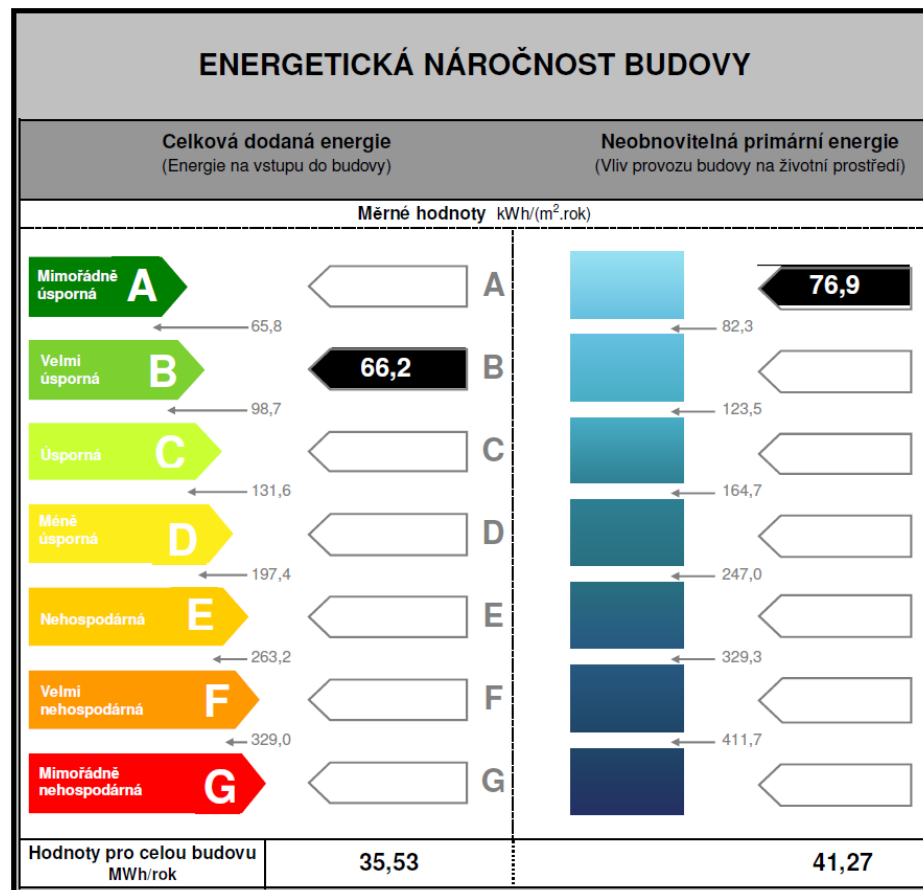
Tabulka 26- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	9,999	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	86,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	24	
Cena tepla	GJ/Kč	401	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	34 687 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	44 782 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	232 769 Kč	Cena s DPH

4.7.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla plynový kondenzační kotel, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“.



Obrázek 7- Energetická náročnost budovy

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
Mimořádně úsporná	A	25,7					1,8
	B	0,25					
	C					38,7	
	D						
	E						
	F						
	G						
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		13,8	0,0	0,0	0,0	20,8	0,9

Obrázek 8- Ukazatele energetické náročnosti budovy

4.8 Vytápění domu pomocí elektrokotle

Jako další alternativu zdroje tepla jsem navrhla elektrokotel od firmy Protherm. V objektu s přirozeným větráním navrhuji systémový elektrokotel RAY– 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW (cena s DPH činí 28 350,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji elektrokotel RAY – 12K s tepelným výkonem 2,0 – 12 kW (cena s DPH činí 23 789,- Kč) + lokální větrací jednotku s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka – celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

4.8.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 27- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	20,564	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	177,9	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	49,4	
Cena tepla	GJ/Kč	709	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	126 131 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	28 350 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	154 481 Kč	Cena s DPH

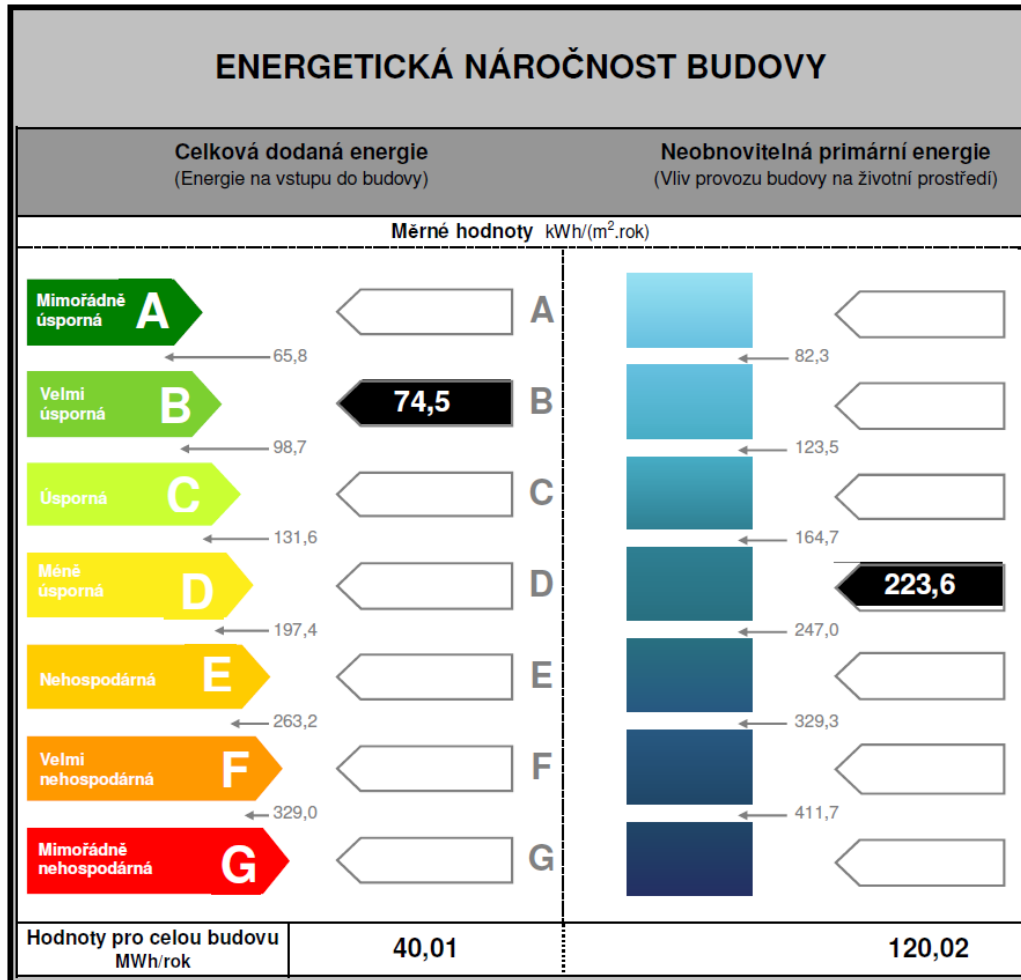
Tabulka 28- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	9,999	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	86,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	24	
Cena tepla	GJ/Kč	760	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	65 740 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	23 789 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	242 829 Kč	Cena s DPH

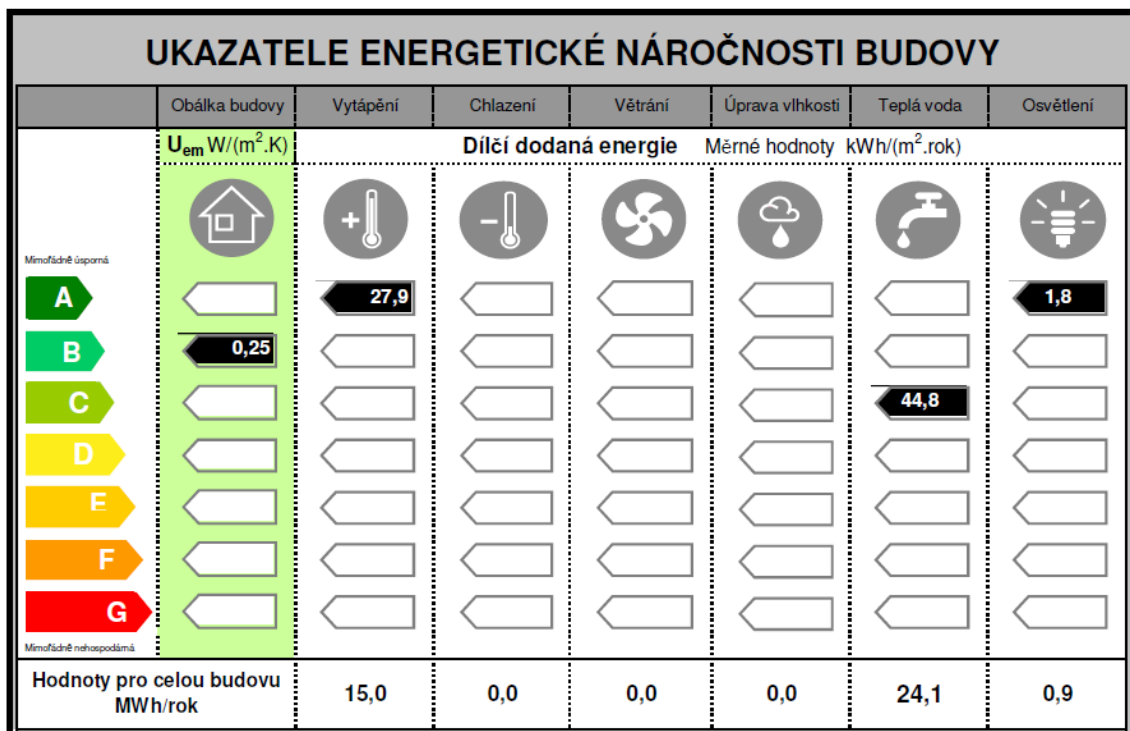
4.8.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla elektrokotel. Teplá užitková voda je ohřívána pomocí elektrického bojleru. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“.



Obrázek 9- Energetická náročnost budovy



Obrázek 10- Ukazatele energetické náročnosti budovy

4.9 Vytápění domu pomocí tepelného čerpadla

Jako třetí alternativu zdroje tepla jsem navrhla tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy AC - Heating. V objektu s přirozeným větráním navrhuji 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW (cena za kus 211 629,- Kč s DPH).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15 kW (cena 211 629,- Kč s DPH) + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASmart 1200T (do každého bytu jedna jednotka- celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

4.9.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 29- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	20,564	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	177,9	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	49,4	
Cena tepla	GJ/Kč	262	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	46 610 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	423 258 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	469 868 Kč	Cena s DPH

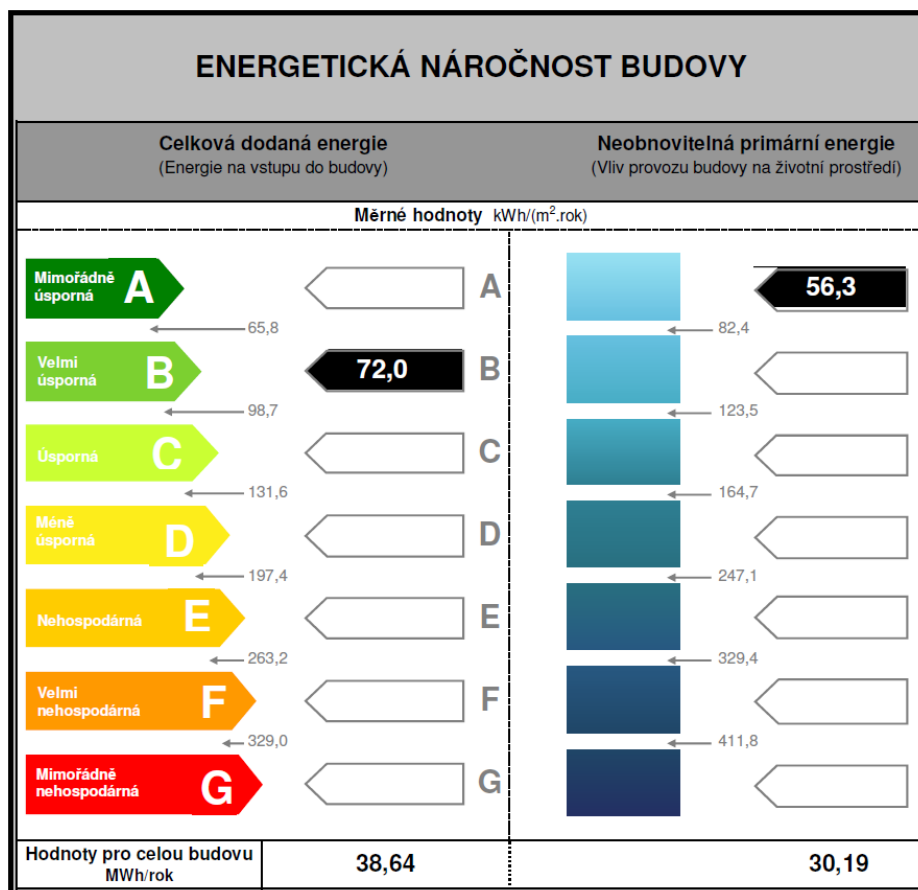
Tabulka 30- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	9,999	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	86,5	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	24	
Cena tepla	GJ/Kč	313	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	27 075 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	211 629 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	392 004 Kč	Cena s DPH

4.9.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch/voda, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce. Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“.



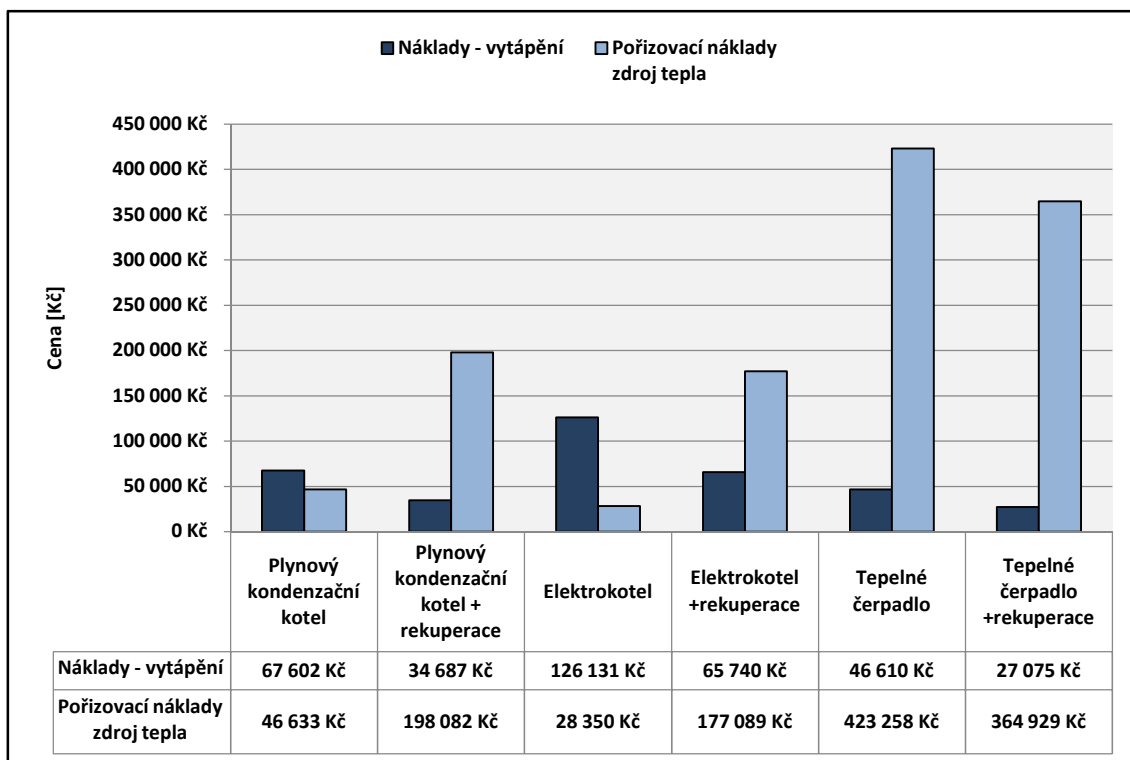
Obrázek 11- Energetická náročnost budovy

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	Díleč dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
Mimořádně úsporná	A	28,1					1,8
	B	0,25					
	C					42,2	
	D						
	E						
	F						
	G						
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		15,1	0,0	0,0	0,0	22,6	0,9

Obrázek 12- Ukazatele energetické náročnosti budovy

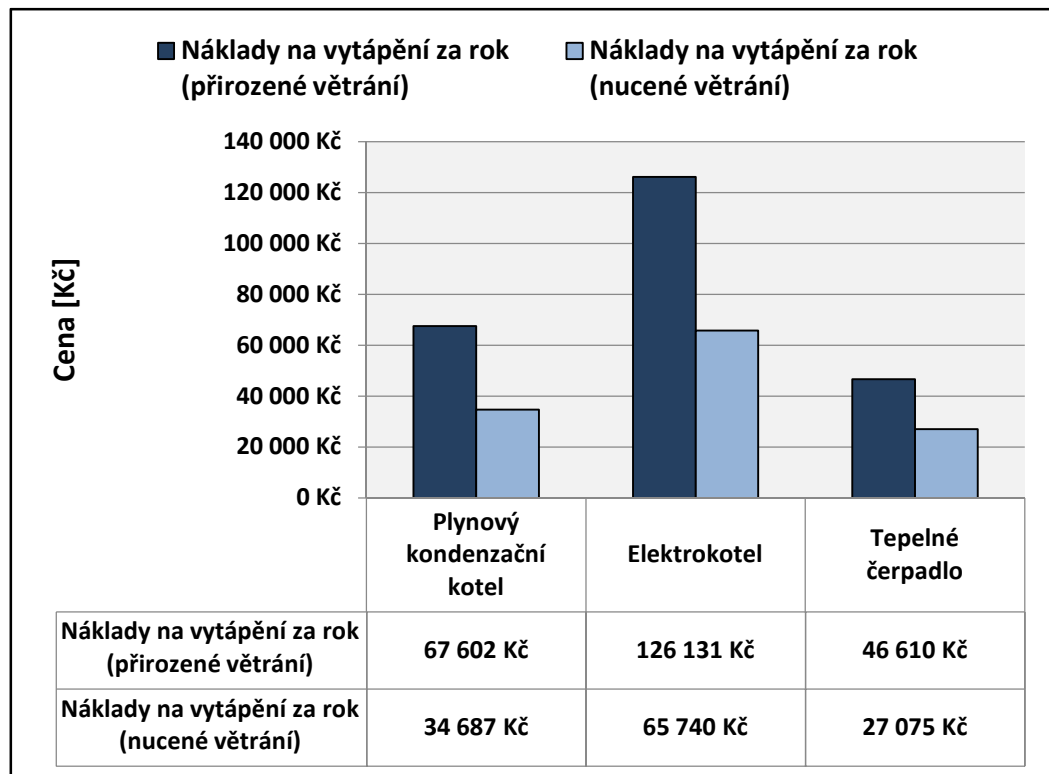
4.10 Analýza jednotlivých variant zdrojů tepla

Níže jsou porovnávány jednotlivé varianty topných zdrojů v objektu s přirozeným větráním a s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Dle grafů dochází k výraznému snížení nákladů na vytápění za rok u objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla oproti objektu s přirozeným větráním a to hlavně z důvodu výrazného snížení tepelných ztrát v důsledku větrání (přesné hodnoty dle kapitoly 4.5 Výpočet tepelných ztrát objektu). Jako topné zdroje jsem zvolila elektrokotel, plynový kondenzační kotel a tepelné čerpadlo. Jsou zde porovnávány pořizovací náklady topného zdroje a celkové náklady na vytápění objektu a návratnost jednotlivých řešení.



Graf č. 8- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace

Z grafu č. 8 je patrné, že nejvyšší pořizovací náklady topného zdroje jsou při uvažování tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Na první pohled je zřejmé, že nejmenší rozdíl mezi náklady na vytápění za rok a pořizovací cenou topného zdroje je v objektu s přirozeným větráním při použití plynového kondenzačního kotle.



Graf č. 9- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok

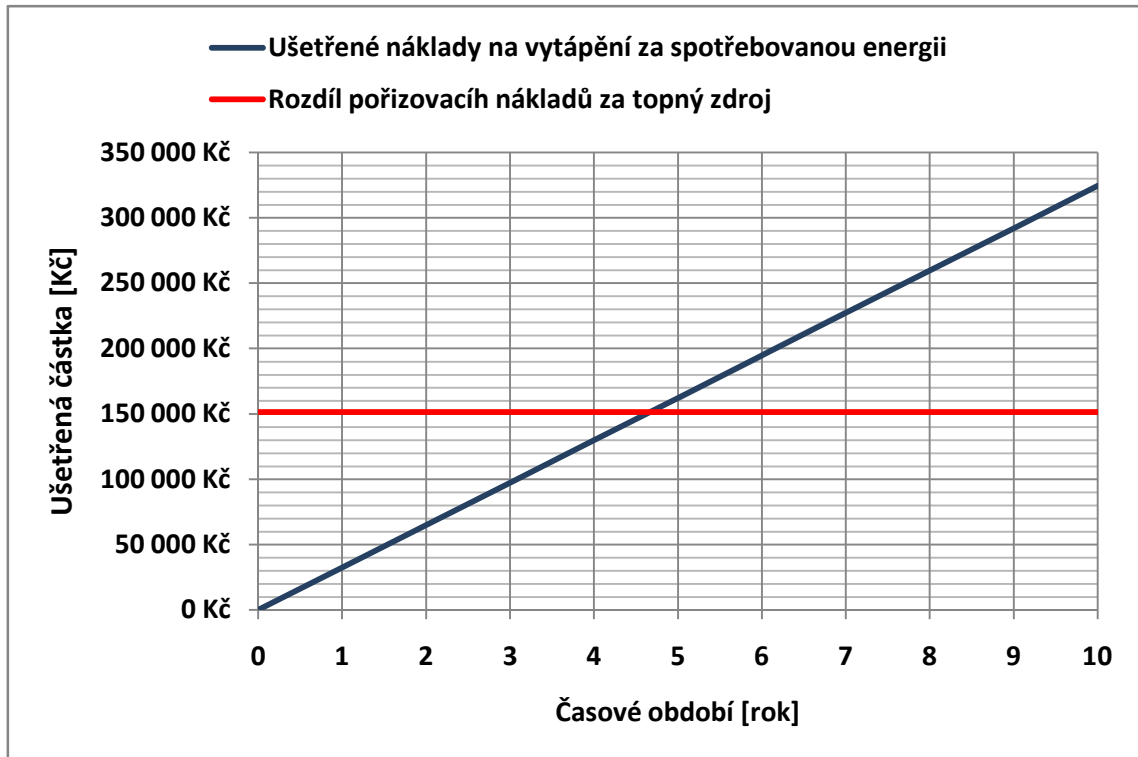
Z grafu č. 9 je patrné, že nejlevnějším řešením spojeným pouze s náklady na vytápění je tepelné čerpadlo. Nejdražší variantou je pak elektrokotel.

4.10.1 Plynový kondenzační kotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Přibližná návratnost využití plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 10 přibližně 4,6 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 32 915 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 151 449,- Kč.



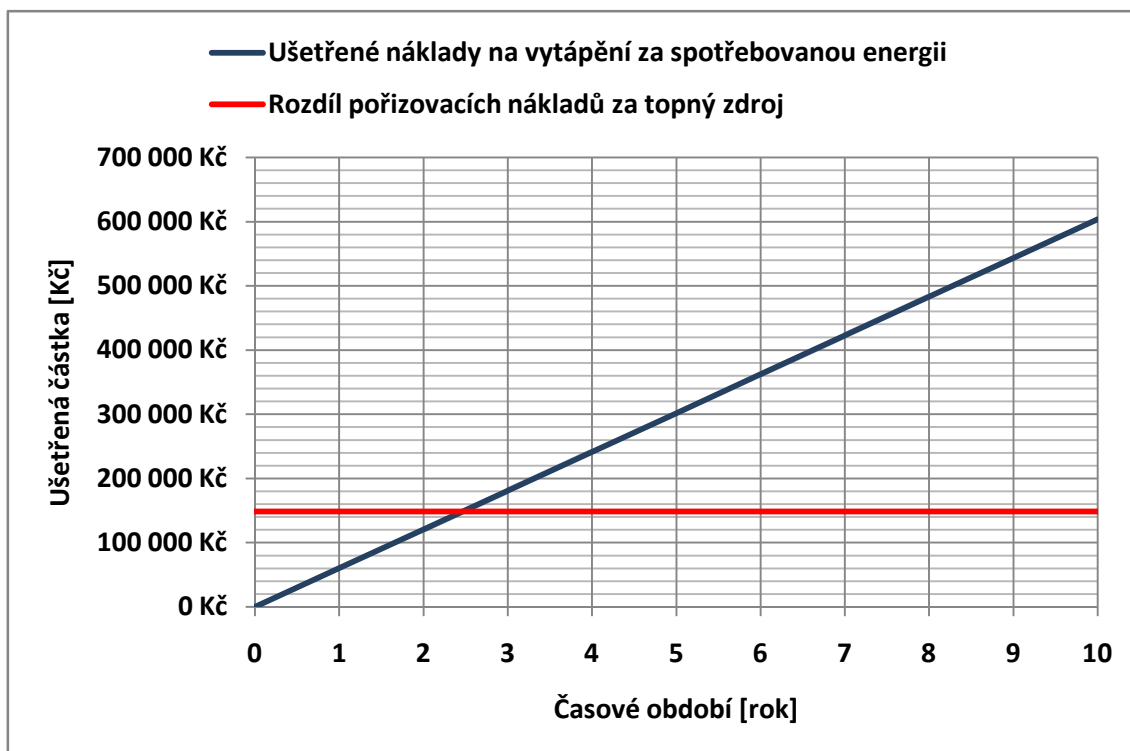
Graf č. 10- Návratnost plynového kondenzačního kotle v objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

4.10.2 Elektrokotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen elektrokotel Protherm RAY – 12K s tepelným výkonem 2,0 – 12 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Návratnost využití elektrokotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 11 přibližně 2,5 roku. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 60 391 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 148 739,- Kč.



Graf č. 11- Návratnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním

4.10.3 Tepelné čerpadlo v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navrženo 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Z grafu č. 8 je vidět, že použití tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla vychází levněji jak na pořizovacích nákladech, tak na nákladech na vytápění objektu za rok oproti použití pouze tepelného čerpadla v objektu s přirozeným větráním. Díky využití rekuperační jednotky se více jak o polovinu snížili tepelné ztráty objektu, tudíž je možné navrzení tepelného čerpadla s podstatně menším tepelným výkonem.

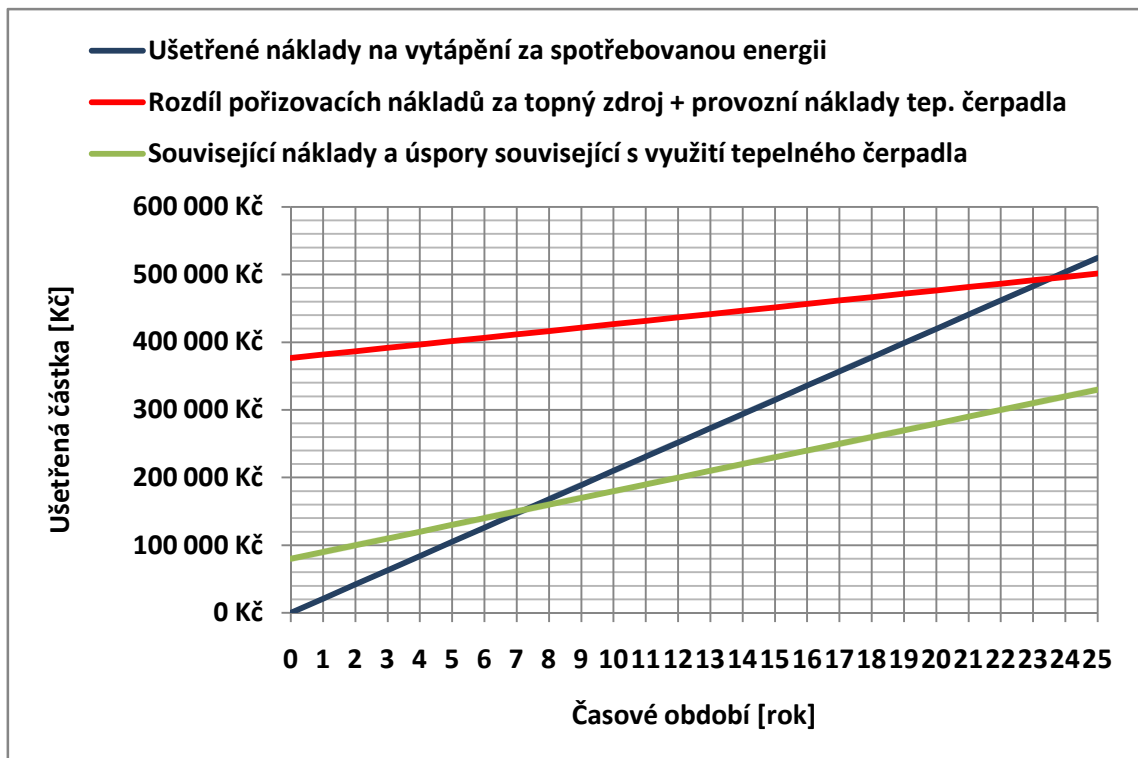
4.10.4 Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

Dále uvažuji 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návratnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti plynovému kondenzačnímu kotli je dle grafu č. 12 přibližně 23 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspoření nákladů na vytápění za spotřebovanou energii činí 20 992 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 376 625,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Při uvažování uspoření celkové elektrické energie na celou budovu díky levnějšímu tarifu poskytovaného dodavatelem elektřiny, při využití tepelného čerpadla na vytápění objektu, by se snížily celkové náklady na provoz budovy a zkrátila by se i doba návratnosti. Z grafu č. 12 je patrné, že návratnost tepelného čerpadla by byla v rozmezí od 7 do 23 let. Zelená křivka představuje roční úspory za elektrickou energii v důsledku nízkého tarifu, které činí přibližně 10 000 Kč za rok. Tato křivka je v počátečním bodě posunuta o 80 000,- Kč, což jsou ušetřené náklady za zřízení plynové přípojky, kterou při využívání tepelného čerpadla jako topného zdroje není třeba zřizovat. Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



Graf č. 12- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

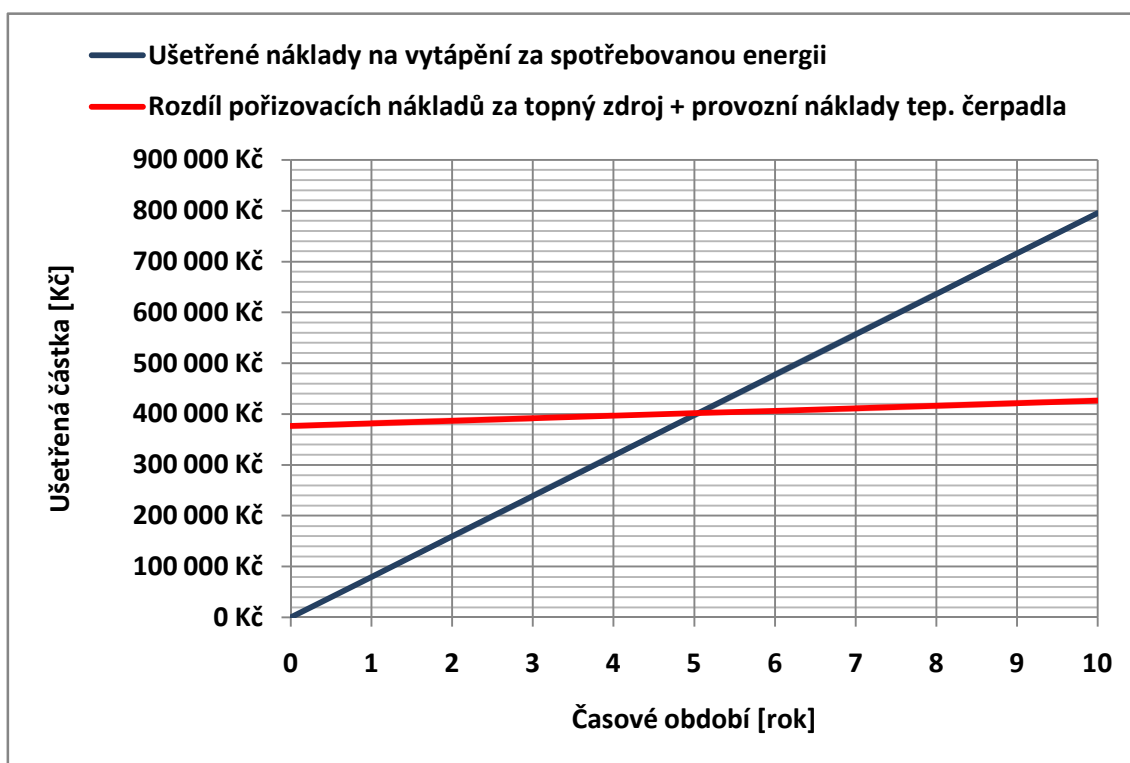
4.10.5 Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

Dále uvažuji 2x tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návratnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti elektrokotli je dle grafu č. 13 přibližně 5 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 79 521 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 394 908,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti elektrokotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



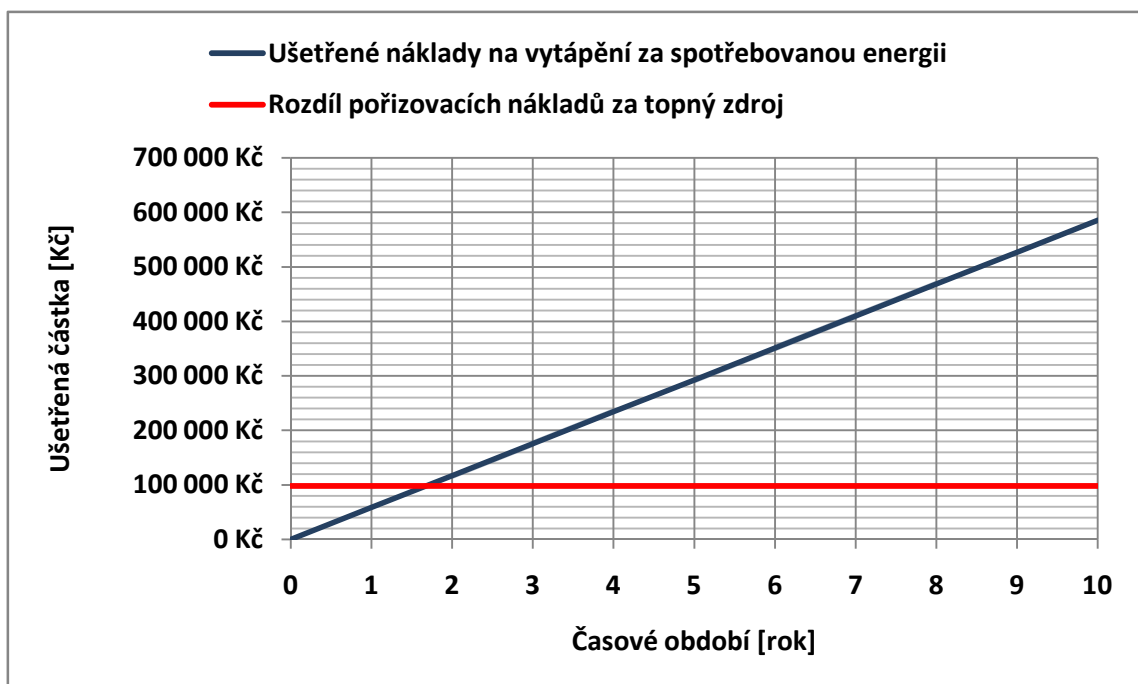
Graf č. 13- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

4.10.6 Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

Dále uvažuji systémový elektrokotel Protherm RAY – 21K s tepelným výkonem 2,0 – 21 kW.

Návratnost využití plynového kondenzačního kotle na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti elektrokotli je dle grafu č. 14 přibližně 1,6 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 58 529 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 98 283,- Kč i s uvažováním přibližné ceny 80 000 Kč za plynovou přípojku.



Graf č. 14- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

4.11 Shrnutí

Nejvyšší pořizovací náklady za tepelný zdroj jsou při použití tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Zajímavé je, že u plynového kondenzačního kotle a elektrokotle jsou náklady na vytápění nižší v objektu s nuceným větráním oproti objektu s větráním přirozeným a celkové pořizovací náklady za topné zdroje jsou mnohem vyšší. Kdežto u tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla jsou nižší jak náklady na vytápění tak i pořizovací náklady za topný zdroj.

Při uvažování elektrokotle a plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu jsou pořizovací náklady topného zdroje nízké, proto cena rekuperační jednotky

tvoří velkou část celkové pořizovací ceny. Kdežto tepelné čerpadlo má vysokou pořizovací cenu a tudíž rekuperační jednotka tvoří menší podíl z pořizovací ceny. V objektu s nuceným větráním a tedy nižšími celkovými tepelnými ztrátami je možné použít tepelné čerpadlo s mnohem nižším tepelným výkonem. Tím se sníží celkové pořizovací náklady za topný zdroj.

Náklady na spotřebovanou energii na vytápění celého objektu za rok jsou nejnižší, když v objektu uvažují tepelné čerpadlo v kombinaci s rekuperační jednotkou. Nejdražší je vytápění pomocí elektrokotle.

V objektu s přirozeným větráním je dle mého názoru neekonomičtější vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla bych doporučila buďto plynový kondenzační kotel či tepelné čerpadlo. Obě tyto varianty jsou pro obyvatele bytových domů komfortnější, díky neustálému přívodu čerstvého vzduchu. Tepelné čerpadlo bych doporučila kvůli celkové úspoře za elektrickou energii a za ohřev užitkové vody, kterou neuvažují ve výpočtech diplomové práce.

5 Bytový dům – varianta C - obálka budovy - vyhovující

5.1 Upřesňující popis objektu

Obvodové stěny jsou navrženy jako pórobetonové tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650 tl. 250 mm zateplené fasádním polystyrenem EPS 70F tloušťky 150 mm. Veškeré výplně otvorů jsou navrženy s izolačním dvojsklem. Stropní konstrukci tvoří skládaný strop z nosníků a vložek v systému Ytong. Veškeré skladby konstrukcí viz popis níže.

Zastavěná plocha bytového domu je 172,31 m².

Celková výška stavby ve hřebeni 10,840 m.

5.2 Skladby konstrukcí

5.2.1 Obvodová stěna SO1

Vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650	250 mm
Lepidlo weber.therm technik	4 mm
Isover EPS 70F	150 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnější tenkovrstvá omítka	2 mm

5.2.2 Mezibytová stěna SO2

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm

5.2.3 Stěna mezi bytem a sklepy v 1.NP SO3

Vnitřní vápenosádrová omítka	10 mm
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	200 mm
Lepidlo	4 mm
Minerální vata	50 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

5.2.4 Příčky tl. 150 mm SO4

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	150 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

5.2.5 Příčky tl. 100 mm SO5

Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Ytong Klasik P2-500	100 mm
Armovací vrstva + perlinka	3 mm
Vnitřní vápenosádrová omítka	7 mm

5.2.6 Podlaha na terénu PDL1 (bez podlahového vytápění)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
PE folie	
Polystyren EPS 100S	140 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

5.2.7 Podlaha na terénu PDL2 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	60 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	40 mm
Polystyren EPS 100S	100 mm
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4 mm

5.2.8 Podlaha mezi podlažími PDL3

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce	250 mm

5.2.9 Podlaha mezi podlažími PDL4 (s podlahovým vytápěním)

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm

Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Systémová deska + potrubí podlahového vytápění	50 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	30 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce	250 mm

5.2.10 Strop nad sklepy PDL3

Nášlapná vrstva podlahy	8 mm
Lepidlo/ mirelon	2 mm
Samonivelační stěrka	2 mm
Betonová mazanina + kari síť	50 mm
Polystyren EPS 100S	60 mm
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	20 mm
PE folie	
Systémová stropní konstrukce	250 mm
Tepelná izolace – minerální vlna	100 mm

5.2.11 Střecha STR1

Střešní krytina	
Latě	
Kontralatě	
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	320 mm
Parozábrana	
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	60 mm
Sádkartonové desky	12,5 mm

5.3 Výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

5.3.1 SKLADBA SO1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Tvárnice Ytong Statik plus P6 - 650	0,250	0,179	1,39
Lepidlo weber.therm technik	0,004	-	-
Isover EPS 70F	0,150	0,039	3,85
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnější tenkovrstvá omítka	0,002	-	-
			$\Sigma R = 5,24$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,130 + 5,24 + 0,04 = 5,41 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,41} = 0,18 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,18 + 0,05 = 0,23 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

0,23 ≤ 0,25 → Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

5.3.2 SKLADBA SO2

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
			ΣR = 0,27

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,27 + 0,130 = 0,53 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,53} = 1,89 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.3 SKLADBA SO3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,01	-	-
Vápenopísková tvárnice Silka S20-2000	0,2	0,750	0,27
Lepidlo	-	-	-
Minerální vata	0,05	0,39	1,28
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			ΣR = 1,55

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,55 + 0,130 = 1,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,81} = 0,55 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.4 SKLADBA SO4

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,15	0,137	1,09
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 1,09$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 1,09 + 0,130 = 1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,35} = 0,74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.5 SKLADBA SO5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Ytong Klasik P2-500	0,10	0,137	0,73
Armovací vrstva + perlínka	0,003	-	-
Vnitřní vápenosádrová omítka	0,007	-	-
			$\Sigma R = 0,73$

$$R_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,130 + 0,73 + 0,130 = 0,99 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,99} = 1,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.6 SKLADBA PDL1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,060	1,5	0,04
PE folie	-	-	-
Polystyren EPS 100S	0,14	0,037	3,78
Hydroizolace – asfaltový pás s hliníkovou vložkou	-	-	-
			$\Sigma R = 3,82$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_i + \sum R = 0,170 + 3,82 = 3,99 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,99} = 0,25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,25 + 0,05 = 0,3 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

0,3 ≤ 0,3 → Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

5.3.7 SKLADBA PDL3

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62
Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
Systémová stropní konstrukce	0,25	0,83	0,30
			ΣR = 2,45

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,170 + 2,45 + 0,10 = 2,72 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,72} = 0,37 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.8 SKLADBA PDL5

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Nášlapná vrstva podlahy	0,008	-	-
Lepidlo/ mirelon	0,002	-	-
Samonivelační stěrka	0,002	-	-
Betonová mazanina + kari síť	0,050	1,5	0,03
Polystyren EPS 100S	0,06	0,037	1,62

Kročejová izolace – čedičová vlna Isover T-P	0,02	0,040	0,5
PE folie	-	-	-
Systémová stropní konstrukce	0,25	0,83	0,30
Tepelná izolace – minerální vlna	0,1	0,39	0,25
			$\Sigma R = 2,7$

$$R_{si} = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{si} = 0,170 + 2,7 + 0,10 = 2,97 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,97} = 0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5.3.9 SKLADBA STR1

Popis	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Střešní krytina	-	-	-
Latě	-	-	-
Kontralatě	-	-	-
Pojistná hydroizolační folie (difúzně otevřená)	-	-	-
Příhradová kce + tepelná izolace minerální vata	0,32	0,036	8,89
Parozábrana	-	-	-
PE folie	-	-	-
Konstrukce podhledu + vzduchová mezera	0,06	-	-
Sádkartonové desky	0,0125	-	-
			$\Sigma R = 8,89$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} = 0,10 + 8,89 + 0,04 = 9,03 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{9,03} = 0,11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Přirážka za tepelné mosty $\Delta U_{TM} = 0,05$

$$U = U + \Delta U_{TM} = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Závěr

$$U \leq U_{rec,20}$$

0,16 ≤ 0,16 → Navržená konstrukce VYHOVUJE pro doporučené hodnoty!

5.4 Průměrný součinitel prostupu tepla a klasifikace třídy obálky budovy

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{em}$$

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

5.4.1 Průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 31- Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Součinitel prostupu tepla U_i	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m^2)	(W/m^2K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	377,82	0,18	1	68,01
PDL1 podlaha na terénu	172,31	0,25	0,66	28,43
STR1 střecha	172,31	0,11	1	18,95
Plastová okna s dvojskly	79,74	1,5	1	119,61
DV1 plastové dveře	3,565	1,6	1	5,70
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,05$	805,745	0,05	1	40,28725
Celkem H_T				280,99

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	280,99	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	805,745	m^2
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{em} =$	0,35	W/(mK)

5.4.2 Referenční průměrný součinitel prostupu tepla

Tabulka 32- Výpočet referenčního průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Posuzovaný stav			
	Plocha A	Souč. prost. tepla $U_{N,20,j}$	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
	(m^2)	(W/m^2K)	(-)	(W/K)
SO1 obvodová stěna	377,82	0,3	1	113,35
PDL1 podlaha na terénu	172,31	0,45	0,66	51,18
STR1 střecha	172,31	0,24	1,00	41,35
Plastová okna s trojskly	79,74	1,5	1	119,61
DV1 plastové dveře	3,565	1,7	1	6,06
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{em}=0,05$	805,745	0,05	1	40,28725
Celkem	805,745			371,83

Měrná ztráta prostupem tepla pro budovu	$H_T =$	371,83	W/K
Celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí	$A =$	805,745	m^2
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	$U_{emN} =$	0,46	W/(mK)

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

$$0,35 \leq 0,46$$

5.4.3 Zatřídění do klasifikační třídy

Do klasifikační třídy „C“ spadá objekt, jehož průměrný součinitel prostupu tepla je v rozmezí:

$$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$$

$$0,75 \cdot 0,46 < 0,31 \leq 0,46$$

$$0,345 < 0,35 \leq 0,46$$

=> Vyhovuje pro klasifikační třídu „C“!

5.5 Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty byly stanoveny dle ČSN EN 12 831 pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C . Pro výpočet tepelných ztrát byl použit program Microsoft Office Excel.

5.5.1 Tepelné ztráty s přirozeným větráním

Tabulka 33- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádveří	246	88	334	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	94	0	94	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	102	354	456	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-32	0	-32	W
1.1.2	24,0	Koupelna	188	0	188	W
1.1.3	20,0	Pokoj	82	187	269	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	707	1339	2045	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-37	0	-37	W
1.2.2	20,0	Pokoj	264	191	454	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	194	263	457	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	709	1324	2033	W
ztráta celkem			2516	3745	6261	W

Tabulka 34- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]			-15
č. místnosti	t_i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	28	192	220	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-110	0	-110	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	311	1359	1670	W
2.1.3	20,0	Pokoj	214	192	406	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	598	999	1596	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-76	0	-76	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	141	0	141	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	327	999	1326	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-57	0	-57	W
2.3.2	20,0	Pokoj	207	188	395	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	163	259	423	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	570	1304	1873	W
ztráta celkem			2315	5491	7807	W

Tabulka 35- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	76	195	271	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-24	0	-24	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	271	305	576	W
3.1.3	20,0	Pokoj	260	195	455	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	801	1366	2167	W
3.1.5	20,0	WC	6	0	6	W
3.1.6	20,0	Pokoj	114	206	320	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-41	0	-41	W
3.2.2	20,0	Pokoj	277	190	467	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	240	636	876	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	1009	2009	3018	W
ztráta celkem			2990	5102	8092	W

Tepelné ztráty celkem: 22,160 kW

5.5.2 Tepelné ztráty s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla

Tabulka 36- Tepelné ztráty 1.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
1.01	20,0	Zádveří	246	22	268	W
1.02+1.03	20,0	Chodba + úklid	94	0	94	W
1.04-1.12	15,0	Sklepy + kočárkárna	102	354	456	W
1.1.1	20,0	Předsíň	-32	0	-32	W
1.1.2	24,0	Koupelna	188	0	188	W
1.1.3	20,0	Pokoj	82	47	129	W
1.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	707	335	1041	W
1.2.1	20,0	Předsíň	-37	0	-37	W
1.2.2	20,0	Pokoj	264	48	311	W
1.2.3	24,0	Koupelna+WC	194	66	259	W
1.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	709	331	1040	W
ztráta celkem			2516	1202	3717	W

Tabulka 37- Tepelné ztráty 2.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
2.01	20,0	Chodba	28	48	76	W
2.1.1	20,0	Předsíň	-110	0	-110	W
2.1.2	24,0	Koupelna + WC	311	340	651	W
2.1.3	20,0	Pokoj	214	48	262	W
2.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	598	250	847	W
2.2.1	20,0	Předsíň	-76	0	-76	W
2.2.2	24,0	Koupelna + WC	141	0	141	W
2.2.3	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	327	250	577	W
2.3.1	20,0	Předsíň	-57	0	-57	W
2.3.2	20,0	Pokoj	207	47	254	W
2.3.3	24,0	Koupelna + WC	163	65	228	W
2.3.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	570	326	896	W
ztráta celkem			2315	1373	3688	W

Tabulka 38- Tepelné ztráty 3.NP

ROZPIS ZTRÁT			venkovní výpočtová teplota [°C]			-15
č. místnosti	t _i	výpis místností	prostupem	větráním	celkem	jednotky
3.01	20,0	Chodba	76	49	125	W
3.1.1	20,0	Předsíň	-24	0	-24	W
3.1.2	24,0	Koupelna + WC	271	76	347	W
3.1.3	20,0	Pokoj	260	49	309	W
3.1.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	801	341	1142	W
3.1.5	20,0	WC	6	0	6	W
3.1.6	20,0	Pokoj	114	51	166	W
3.2.1	20,0	Předsíň	-41	0	-41	W
3.2.2	20,0	Pokoj	277	48	324	W
3.2.3	24,0	Koupelna + WC	240	159	399	W
3.2.4	22,0	Obývací pokoj s kuchyní	1009	502	1512	W
ztráta celkem			2990	1275	4266	W

Tepelné ztráty celkem: 11,671 kW

5.6 Realizační náklady vztažené k tepelně-izolační obálce budovy

V níže uvedené tabulce jsou pouze ceny za jednotlivé tepelně izolační materiály spojené s obálkou budovy. Není zde ale uvažováno s omítkami, lepidly, dalšími pomocnými materiály, jelikož tyto materiály jsou předpokládány u všech variant stejné, a ani s cenami za práci, kvůli možnému provádění svépomocí a kvůli téměř stejným nákladům za práci pro všechny řešené varianty. Jedná se pouze o náklady orientační.

Veškeré ceny uvedené níže jsou brány z internetových stránek jednotlivých výrobců materiálů. Cena oken a dveří je určena pomocí e-shopu dle přesných rozměrů a materiálů dle projektové dokumentace.

Tabulka 39- Realizační náklady vztažené k obálce budovy

Konstrukce	Položka	Měrná jednotka	Počet jednotek	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek v 1 balení	Cena za 1 balení [Kč]	Potřebný počet balení	Celková cena [Kč]	Celková cena bez DPH
Zateplení střechy	Isover Unirol Profi tl. 120 mm	m ²	172,31	187	4,8	898	36	32222	85 983 Kč
	Isover Unirol Profi tl. 120 mm	m ²	172,31	187	4,8	898	36	32222	
	Isover Unirol Profi tl. 80 mm	m ²	172,31	125	7,2	900	24	21539	
Zateplení podlahy na terénu	Isover EPS 100 S tl. 140 mm	m ²	151,8	341,6	1,5	512	101	51855	51 855 Kč
Obvodová stěna	Ytong Statik P4-550 tl. 250 mm	m ²	440,58	872	5,4	4 709	82	384186	522 308 Kč
	Isover EPS 70F tl. 150 mm	m ²	440,58	313,5	1,5	470	294	138122	
Okna + dveře	Plastové, izolační dvojsklo, U=1,5	-	-	-	-	-	-	253452	253 452 Kč
Celková cena za konstrukce obálky budovy								913 597 Kč	
								Celková cena s DPH	1 105 453 Kč

5.7 Vytápění domu pomocí plynového kondenzačního kotle

Jako první alternativu zdroje tepla jsem zvolila plynový kondenzační kotel od firmy Protherm.

V objektu s přirozeným větráním navrhuji závěsný systémový kotel 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW (celková cena s DPH činí 46 633,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji závěsný systémový kotel 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW (celková cena s DPH činí 44 782,- Kč) + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASmart 1200T (do každého bytu jedna jednotka- celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

5.7.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 40- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	22,16	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	191,7	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	53,3	
Cena tepla	GJ/Kč	379	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	72 654 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	46 633 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	119 287 Kč	Cena s DPH

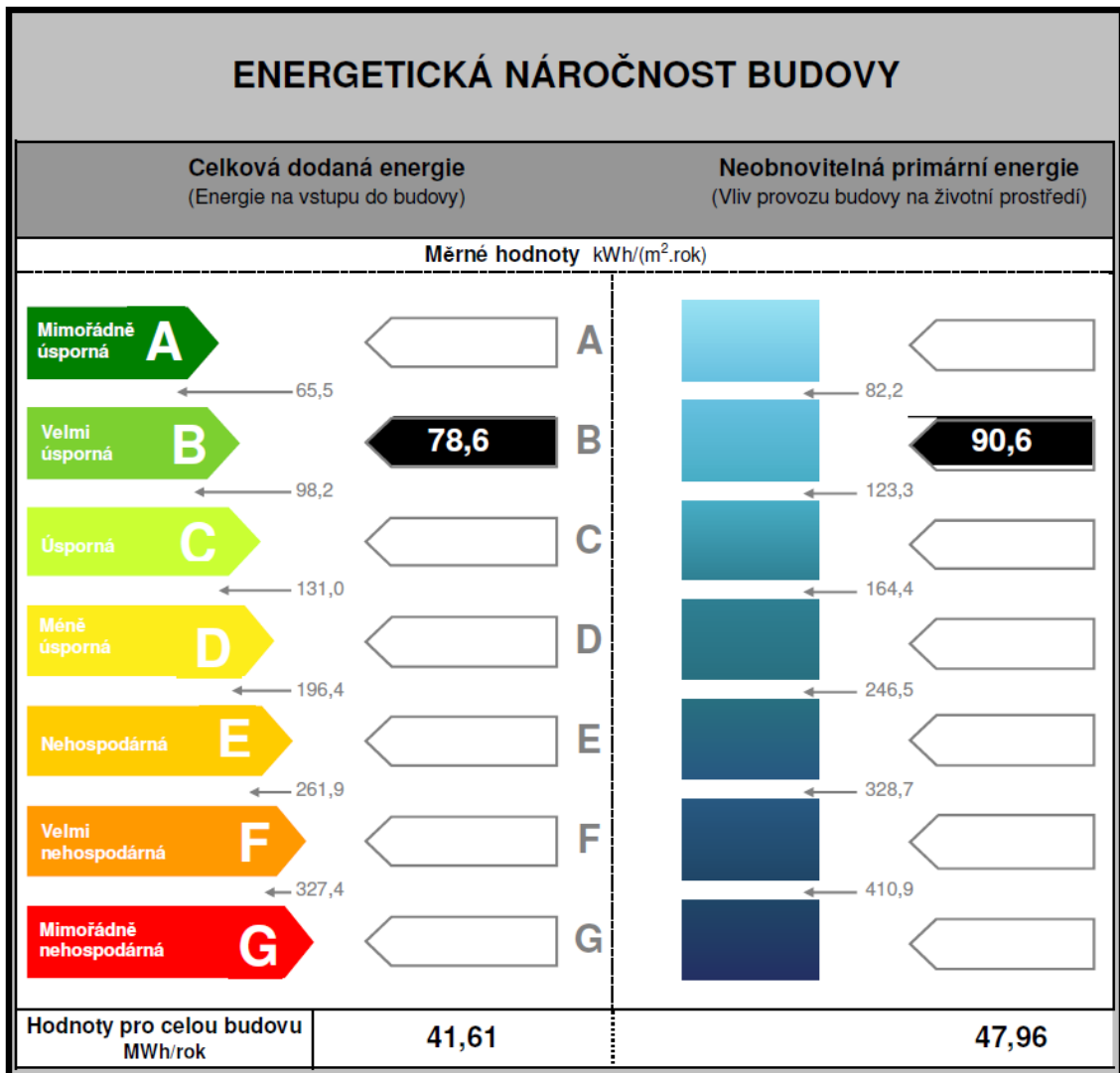
Tabulka 41- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Tepelné ztráty objektu	kW	11,671	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	110,1	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	30,7	
Cena tepla	GJ/Kč	392	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	43 159 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	44 782 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	241 241 Kč	Cena s DPH

5.7.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla plynový kondenzační kotel, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“, přestože obálka budovy je navržena do klasifikační třídy „C“.



Obrázek 13- Energetická náročnost budovy

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Díleč dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
Mimořádně úsporná	A						1,8
	B	37,6					
	C	0,34				39,3	
	D						
	E						
	F						
Mimořádně neúsporná	G						
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		19,9	0,0	0,0	0,0	20,8	0,9

Obrázek 14- Ukazatele energetické náročnosti budovy

5.8 Vytápění domu pomocí elektrokotle

Jako další alternativu zdroje tepla jsem navrhla elektrokotel od firmy Protherm. V objektu s přirozeným větráním navrhuji systémový elektrokotel RAY– 24K s tepelným výkonem 2,0 – 24 kW (celková cena s DPH činí 28 774,- Kč).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (75% účinnost) navrhuji elektrokotel RAY – 14K s tepelným výkonem 2,3 – 14 kW (celková cena s DPH činí 26 160,- Kč) + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka- celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

5.8.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 42- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	22,16	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	191,7	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	53,3	
Cena tepla	GJ/Kč	691	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	132 465 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	28 774 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	161 239 Kč	Cena s DPH

Tabulka 43- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

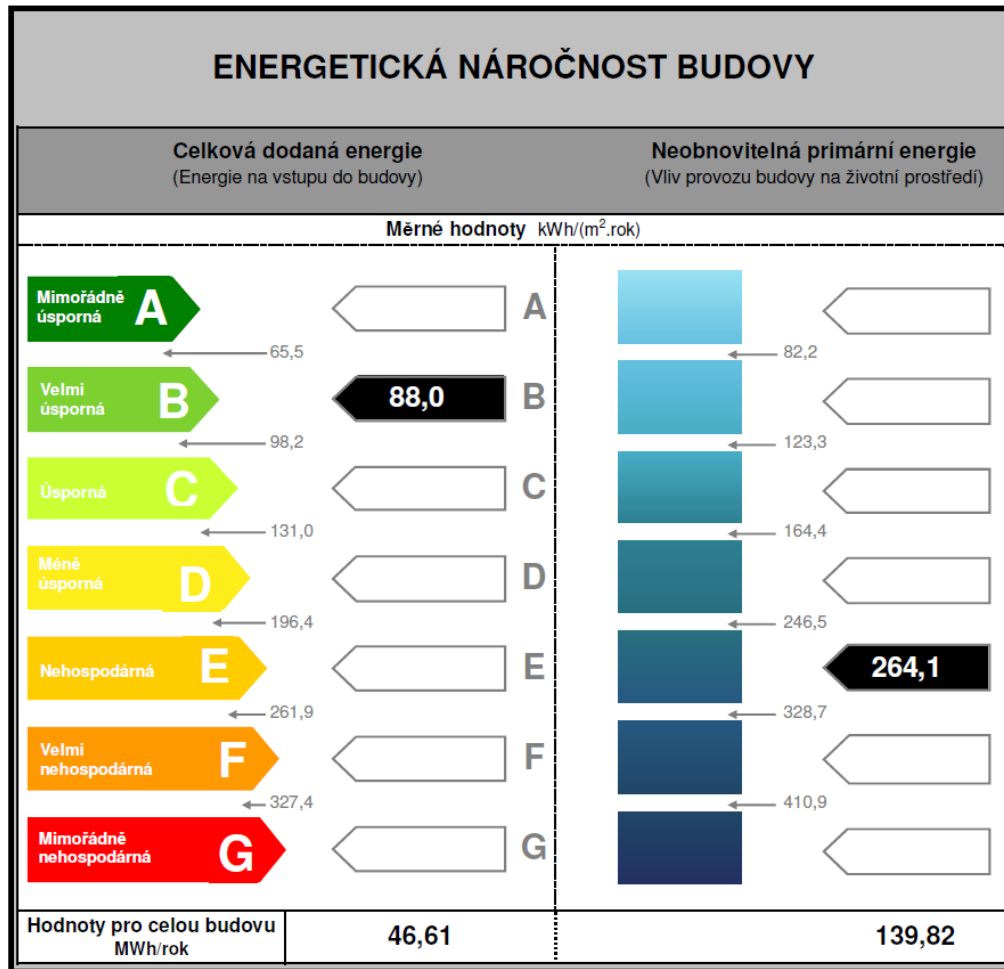
Tepelné ztráty objektu	kW	11,671	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	110,1	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	30,7	
Cena tepla	GJ/Kč	739	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	81 364 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	26 160 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	260 824 Kč	Cena s DPH

5.8.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

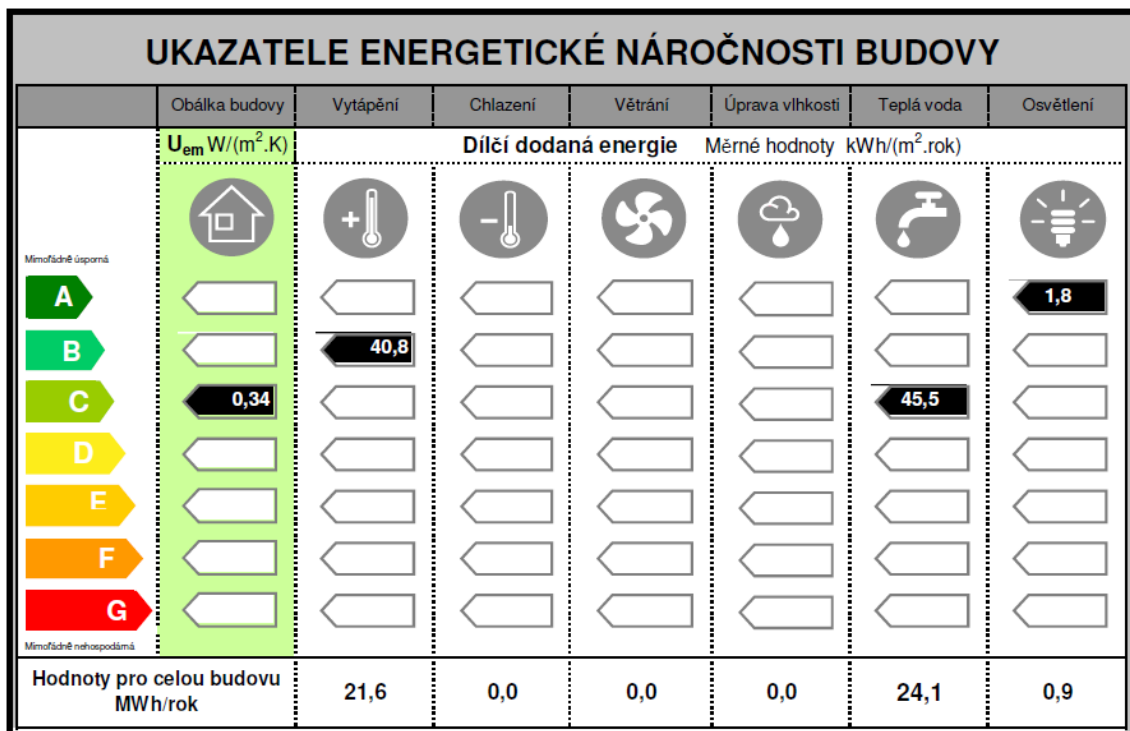
V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla elektrokotel. Teplá užitková voda je ohřívána pomocí elektrického bojleru. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“, přestože obálka budovy vychází do klasifikační třídy „C“. Neobnovitelné primární energie jsou klasifikovány do třídy „E“, jelikož je zde navrženo vytápění pomocí elektrické energie, která spadá do neobnovitelné energie, která je jako samotný zdroj tepla u nás nepřijatelná, tuto variantu je nutné kombinovat například se solárními či fotovoltaickými systémy.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce.



Obrázek 15- Energetická náročnost budovy



Obrázek 16- Ukazatele energetické náročnosti budovy

5.9 Vytápění domu pomocí tepelného čerpadla

Jako třetí alternativu zdroje tepla jsem navrhla tepelné čerpadlo vzduch/voda od firmy AC- Heating.

V objektu s přirozeným větráním navrhuji tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW (cena 223 729,-Kč s DPH) + tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW (cena 211 629,- Kč s DPH).

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla v objektu (75% účinnost) navrhuji tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW (cena 223 729,- Kč s DPH) + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka- celková cena s DPH činí 153 300,- Kč).

5.9.1 Náklady spojené s vytápěním (pořizovací náklady + náklady na vytápění)

Pořizovací náklady otopné soustavy nejsou uvažovány, jelikož ve všech variantách budou totožné. Je zde počítáno pouze s přibližnými náklady na vytápění na celý objekt za rok a s pořizovacími náklady za topný zdroj popřípadě za rekuperační jednotku. Ohřev užitkové vody ani ostatní provozní náklady objektu do výpočtů nezahrnuji.

Potřeba tepla na vytápění za rok a ceny energií jsou určeny pomocí internetové stránky TZBinfo.cz. Vstupními údaji jsou venkovní výpočtová teplota, lokalita, délka topného období (272 dní), průměrná vnitřní výpočtová teplota a tepelná ztráta objektu.

Tabulka 44- Náklady při uvažování přirozeného větrání v objektu

Tepelné ztráty objektu	kW	22,16	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	191,7	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	53,3	
Cena tepla	GJ/Kč	253	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	48 500 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	435 358 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	483 858 Kč	Cena s DPH

Tabulka 45- Náklady při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

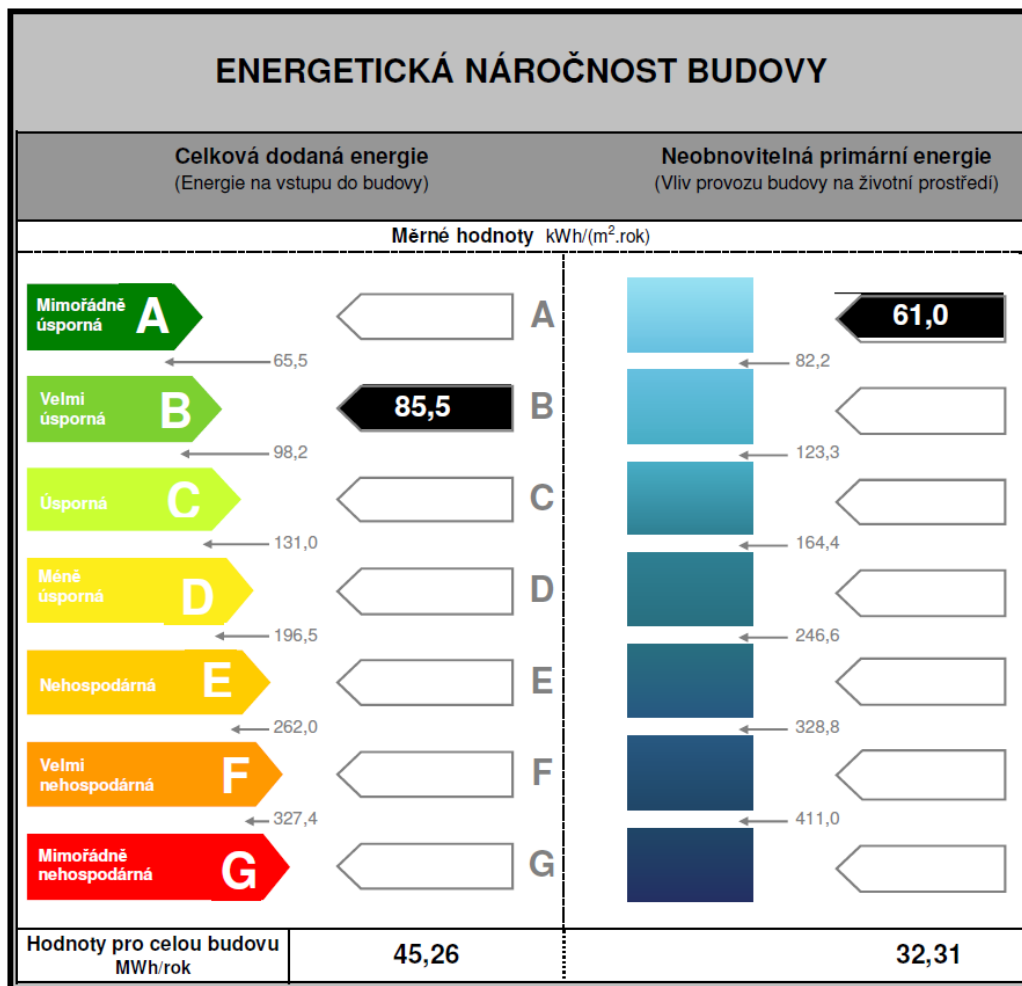
Tepelné ztráty objektu	kW	11,671	
Celková roční potřeba energie	GJ/rok	110,1	
Celková roční potřeba energie	MWh/rok	30,7	
Cena tepla	GJ/Kč	278	
Náklady na vytápění za rok	Kč/rok	30 608 Kč	Cena s DPH
Pořizovací cena za zdroj tepla	Kč	223 729 Kč	Cena s DPH
Pořizovací náklady rekuperace	Kč	153 300 Kč	Cena s DPH
Celkové náklady	Kč	407 637 Kč	Cena s DPH

5.9.2 Průkaz energetické náročnosti budovy








V průkazu energetické náročnosti budovy je uvažován jako hlavní zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch/voda, pomocí kterého je ohřívána i užitková voda. Tento průkaz je zpracován pro objekt s přirozeným větráním.

Celkový průkaz energetické náročnosti zařazuje budovu do energetické třídy „B“, přestože obálka budovy vychází do klasifikační třídy „C“.

Kompletní průkaz energetické náročnosti je v příloze diplomové práce.



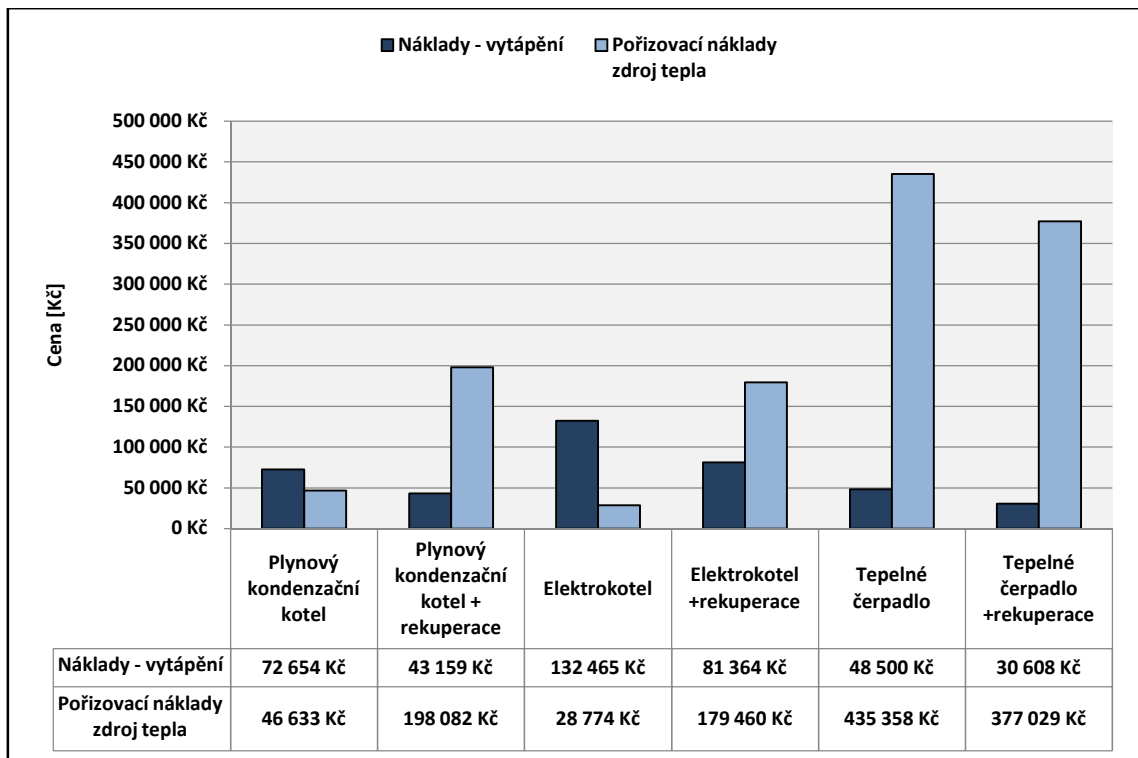
Obrázek 17- Energetická náročnost budovy

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílní dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
							
Mimořádně úsporná	A						1,8
	B		40,9				
	C	0,34				42,8	
	D						
	E						
	F						
	G						
Mimořádně neekonomická							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		21,7	0,0	0,0	0,0	22,6	0,9

Obrázek 18- Ukazatele energetické náročnosti

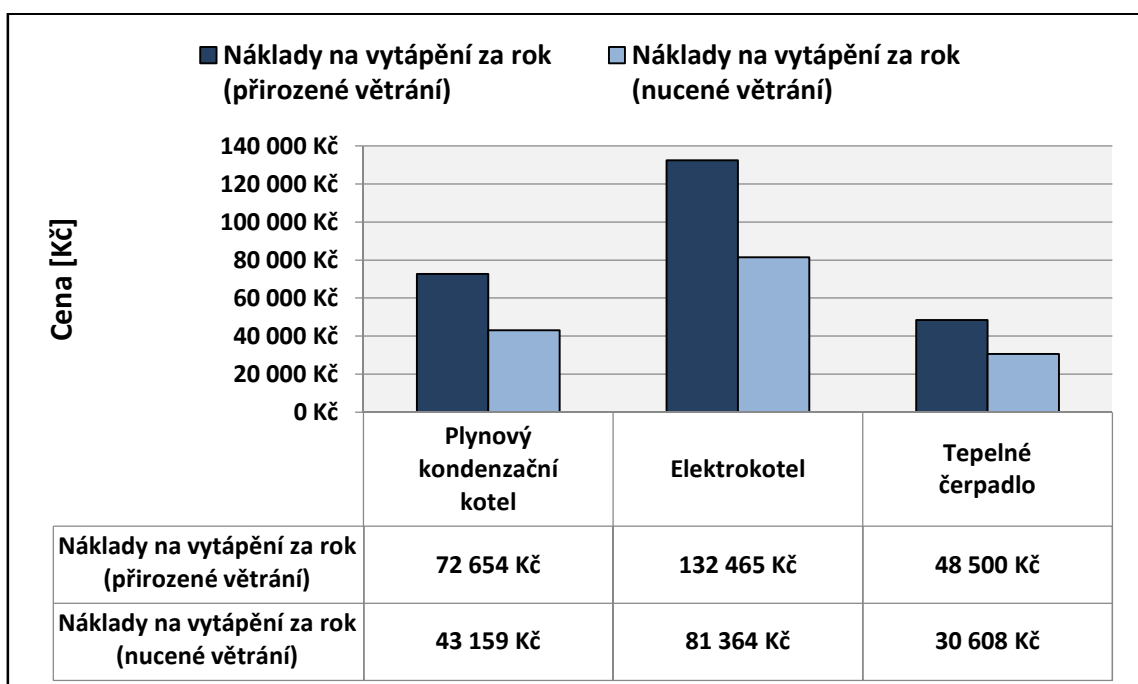
5.10 Analýza jednotlivých variant zdrojů tepla

Níže jsou porovnávány jednotlivé varianty topných zdrojů v objektu s přirozeným větráním a s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Dle grafů dochází k výraznému snížení nákladů na vytápění za rok u objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla oproti objektu s přirozeným větráním a to hlavně z důvodu výrazného snížení tepelných ztrát v důsledku větrání (přesné hodnoty dle kapitoly 5.5 Výpočet tepelných ztrát objektu). Jako topné zdroje jsem zvolila elektrokotel, plynový kondenzační kotel a tepelné čerpadlo. Jsou zde porovnávány pořizovací náklady topného zdroje a celkové náklady na vytápění objektu a návratnost jednotlivých řešení.



Graf č. 15- Náklady na vytápění za rok + pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace

Z grafu č. 15 je patrné, že nejvyšší pořizovací náklady topného zdroje jsou při uvažování tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Na první pohled je zřejmé, že nejmenší rozdíl mezi náklady na vytápění za rok a pořizovací cenou topného zdroje je v objektu s přirozeným větráním při použití plynového kondenzačního kotle.



Graf č. 16- Porovnání nákladů na vytápění celého objektu za rok

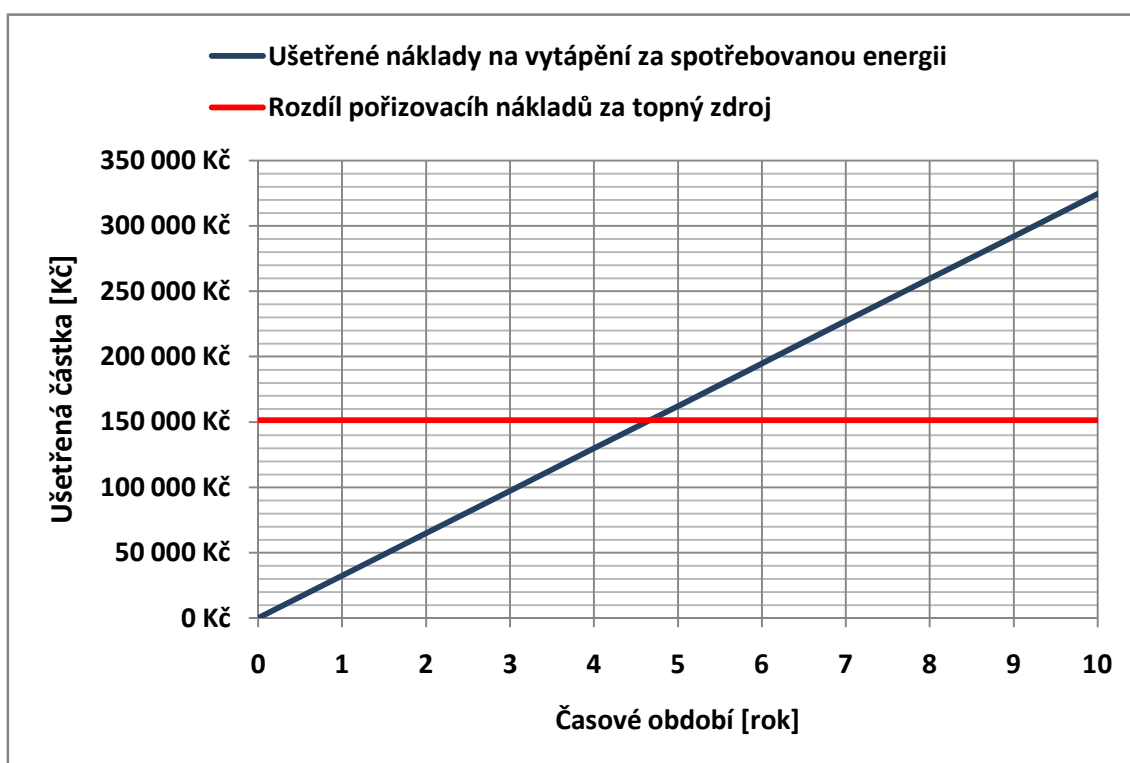
Z grafu č. 16 je patrné, že nejlevnějším řešením spojeným pouze s náklady na vytápění je tepelné čerpadlo. Nejdražší variantou je pak elektrokotel.

5.10.1 Plynový kondenzační kotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 12 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 4,4 – 13,2 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Přibližná návratnost využití plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 17 přibližně 5,1 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 29 495 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 151 449,- Kč.



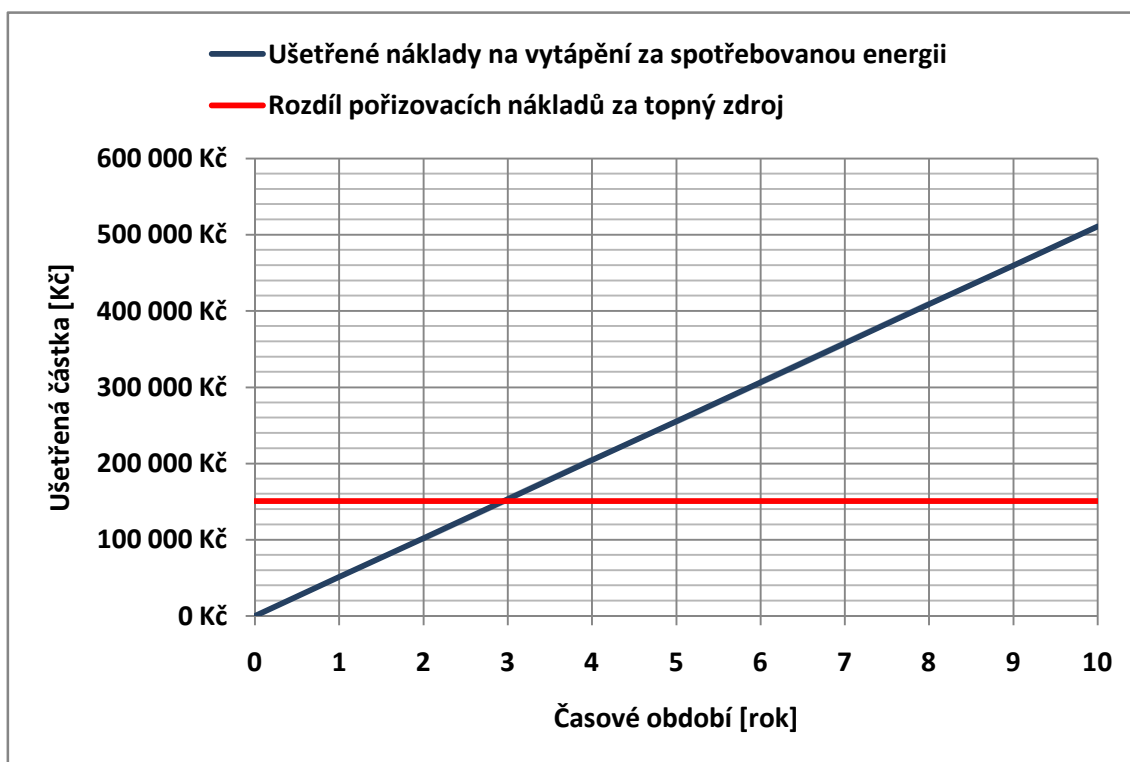
Graf č. 17- Návratnost plynového kondenzačního kotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

5.10.2 Elektrokotel v objektu s přirozeným a nuceným větráním – návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navržen systémový elektrokotel RAY – 24K s tepelným výkonem 2,0 – 24 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navržen elektrokotel RAY – 14K s tepelným výkonem 2,3 – 14 kW + lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Návratnost využití elektrokotle na vytápění objektu v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním je dle grafu č. 18 přibližně 2,9 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 51 101,- Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 150 686,- Kč.



Graf č. 18- Návratnost elektrokotle v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla oproti využití samotného elektrokotle v objektu s přirozeným větráním

5.10.3 Tepelné čerpadlo v objektu s přirozeným a nuceným větráním - návratnost

V objektu s přirozeným větráním je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW + tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW

+ lokální větrací jednotka s rekuperací a automatickým odváděním vlhkosti - KORASMART 1200T (do každého bytu jedna jednotka).

Z grafu č. 15 je vidět, že použití tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla vychází levněji jak na pořizovacích nákladech, tak na nákladech na vytápění objektu za rok oproti použití pouze tepelného čerpadla v objektu s přirozeným větráním. Díky využití rekuperační jednotky se více jak o polovinu snížili tepelné ztráty objektu, tudíž je možné navržení tepelného čerpadla s podstatně menším tepelným výkonem.

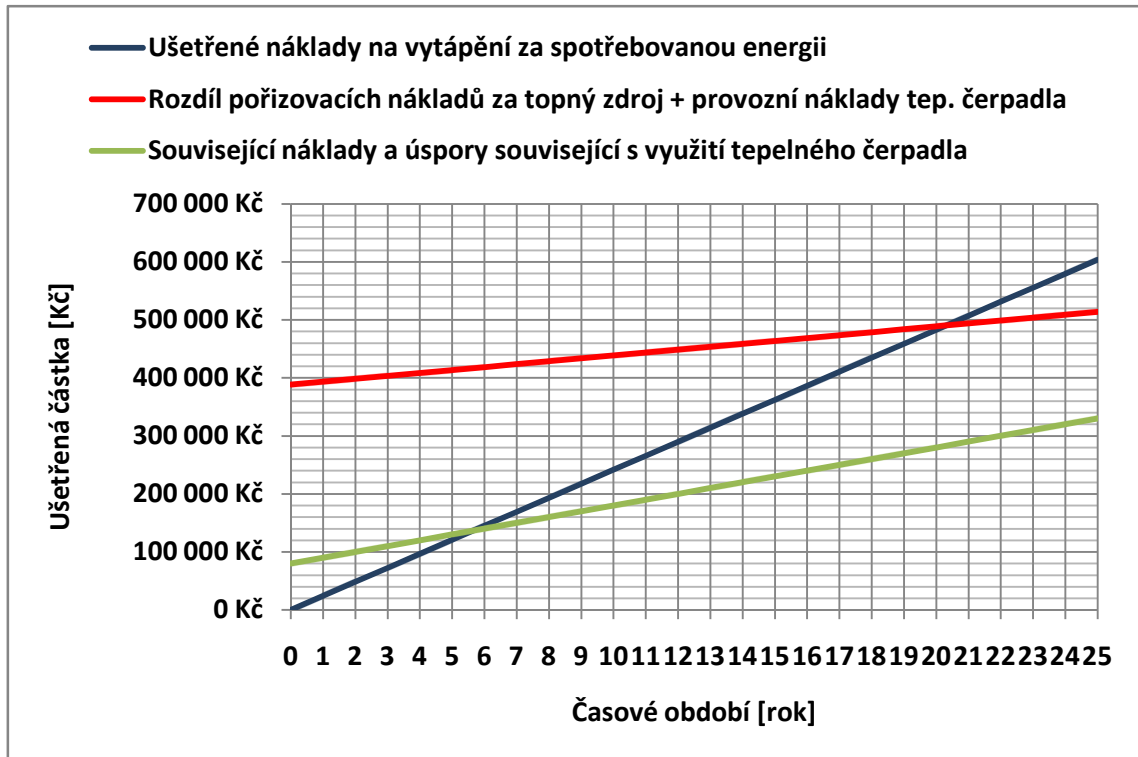
5.10.4 Návržnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

Dále uvažuji tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW + tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návržnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti plynovému kondenzačnímu kotli je dle grafu č. 19 přibližně 20 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspořené nákladů na vytápění za spotřebovanou energii činí 24 154 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 388 725,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Při uvažování uspořené celkové elektrické energie na celou budovu díky levnějšímu tarifu poskytovaného dodavatelem elektřiny, při využití tepelného čerpadla na vytápění objektu, by se snížily celkové náklady na provoz budovy a zkrátila by se i doba návratnosti. Z grafu č. 19 je patrné, že návratnost tepelného čerpadla by byla v rozmezí od 5,5 do 20 let. Zelená křivka představuje roční úspory za elektrickou energii v důsledku nízkého tarifu, které činí přibližně 10 000 Kč za rok. Tato křivka je v počátečním bodě posunuta o 80 000,- Kč, což jsou ušetřené náklady za zřízení plynové přípojky, kterou při využívání tepelného čerpadla jako topného zdroje není třeba zřizovat. Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



Graf č. 19- Návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli v objektu s přirozeným větráním

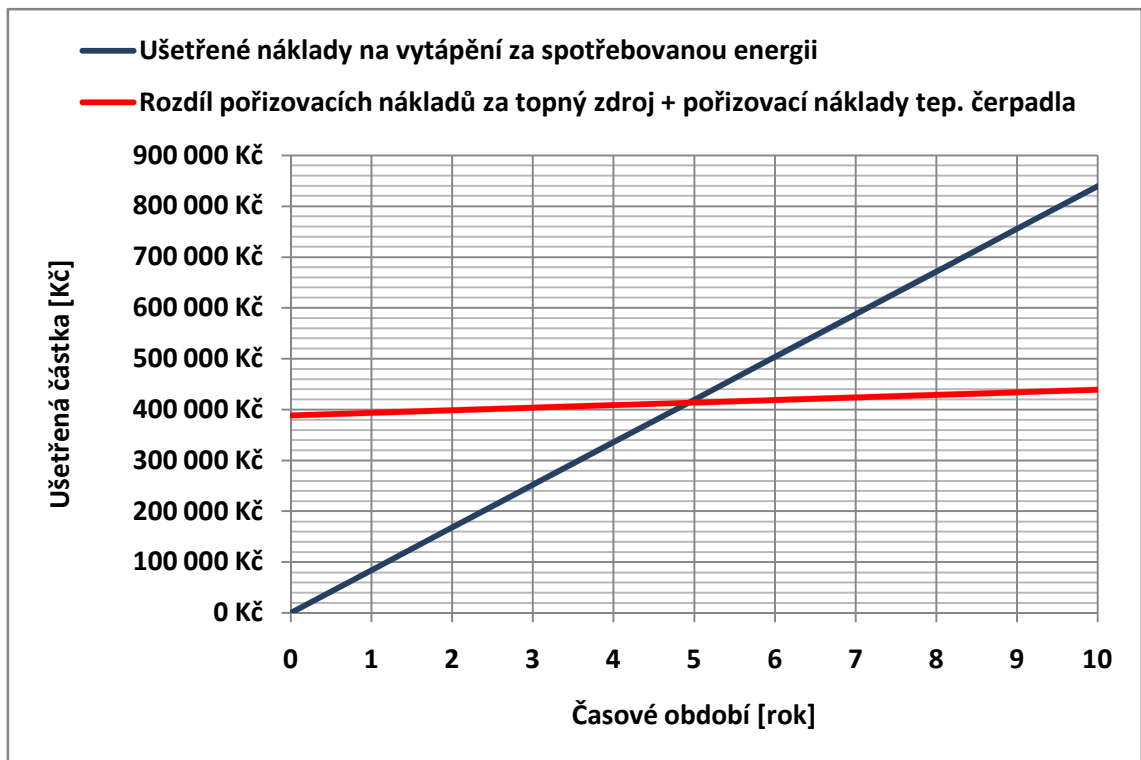
5.10.5 Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji systémový elektrokotel RAY – 24K s tepelným výkonem 2,0 – 24 kW.

Dále uvažuji tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW16 s maximálním topným výkonem 16,4 kW + tepelné čerpadlo vzduch/voda Convert AW14 s maximálním topným výkonem 15,0 kW.

Návratnost využití tepelného čerpadla na vytápění v objektu s přirozeným větráním oproti elektrokotli je dle grafu č. 20 přibližně 5 let, když uvažuji pouze s vytápěním. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 83 965 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 406 584,- Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti elektrokotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Kdybychom uvažovali s úsporami za ohřev užitkové vody, doba návratnosti by se ještě zkrátila.



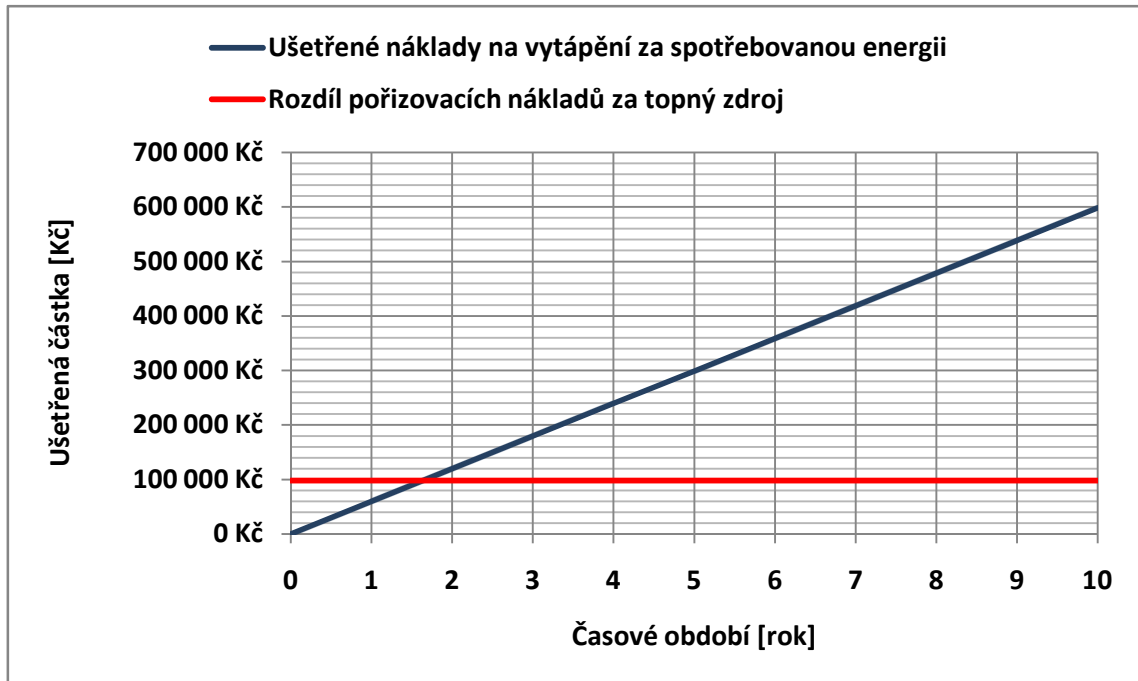
Graf č. 20- Návratnost tepelného čerpadla oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

5.10.6 Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

Uvažuji závěsný systémový plynový kondenzační kotel Protherm 25 KKO - A s tepelným výkonem v rozmezí 6,6 – 26,7 kW.

Dále uvažuji systémový elektrokotel RAY – 24K s tepelným výkonem 2,0 – 24 kW.

Návratnost využití plynového kondenzačního kotle v objektu s přirozeným větráním oproti využití elektrokotle je dle grafu č. 21 přibližně 1,6 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 59 811,- Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 94 859,- Kč i s uvažováním přibližné ceny 80 000 Kč za plynovou přípojku.



Graf č. 21- Návratnost plynového kondenzačního kotle oproti elektrokotli v objektu s přirozeným větráním

5.11 Shrnutí

Nejvyšší pořizovací náklady za tepelný zdroj jsou při použití tepelného čerpadla, ať už v objektu s přirozeným či nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Zajímavé je, že u plynového kondenzačního kotle a elektrokotle jsou náklady na vytápění nižší v objektu s nuceným větráním oproti objektu s větráním přirozeným a celkové pořizovací náklady za topné zdroje jsou mnohem vyšší. Kdežto u tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla jsou nižší jak náklady na vytápění tak i pořizovací náklady za topný zdroj.

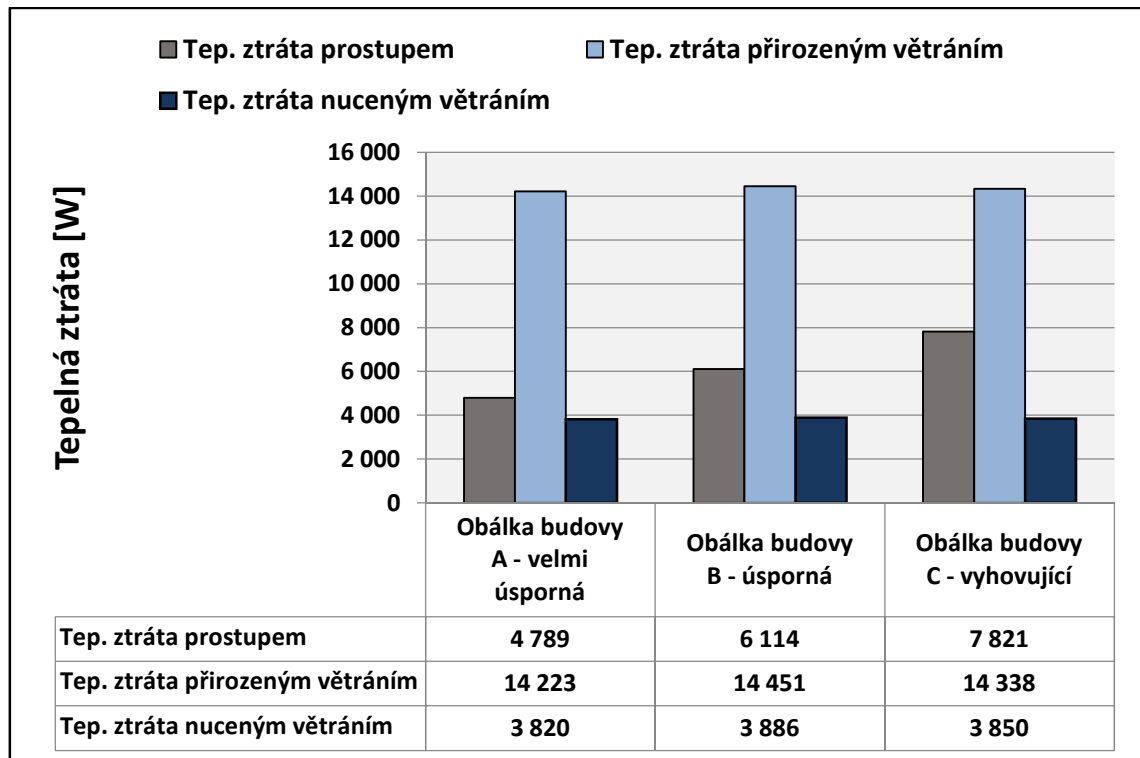
Při uvažování elektrokotle a plynového kondenzačního kotle na vytápění objektu jsou pořizovací náklady topného zdroje nízké, proto cena rekuperační jednotky tvoří velkou část celkové pořizovací ceny. Kdežto tepelné čerpadlo má vysokou pořizovací cenu a tudíž rekuperační jednotka tvoří menší podíl z pořizovací ceny. V objektu s nuceným větráním a tedy nižšími celkovými tepelnými ztrátami je možné použít tepelné čerpadlo s mnohem nižším tepelným výkonem. Tím se sníží celkové pořizovací náklady za topný zdroj.

Náklady na spotřebovanou energii na vytápění celého objektu za rok jsou nejnižší, když v objektu uvažují tepelné čerpadlo v kombinaci s rekuperační jednotkou. Nejdražší je vytápění pomocí elektrokotle.

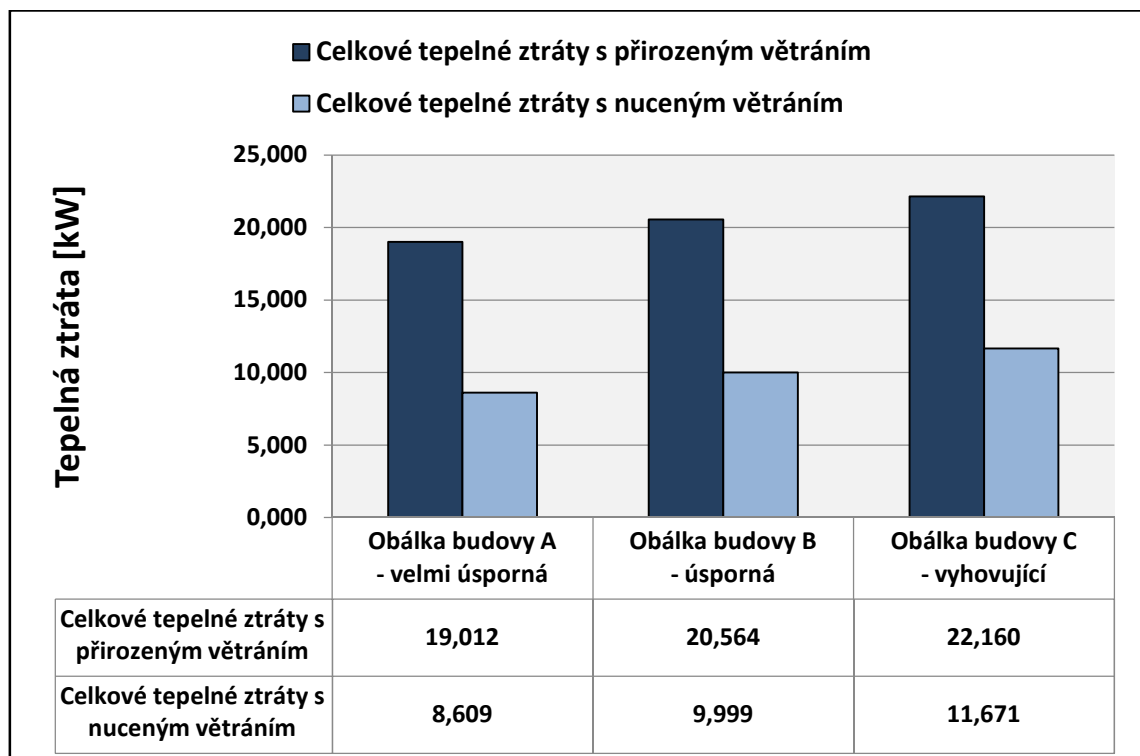
V objektu s přirozeným větráním je dle mého názoru nejekonomičtější vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle.

V objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla bych doporučila buďto plynový kondenzační kotel či tepelné čerpadlo. Obě tyto varianty jsou pro obyvatele bytových domů komfortnější, díky neustálému přívodu čerstvého vzduchu.

6 Celková analýza jednotlivých řešení



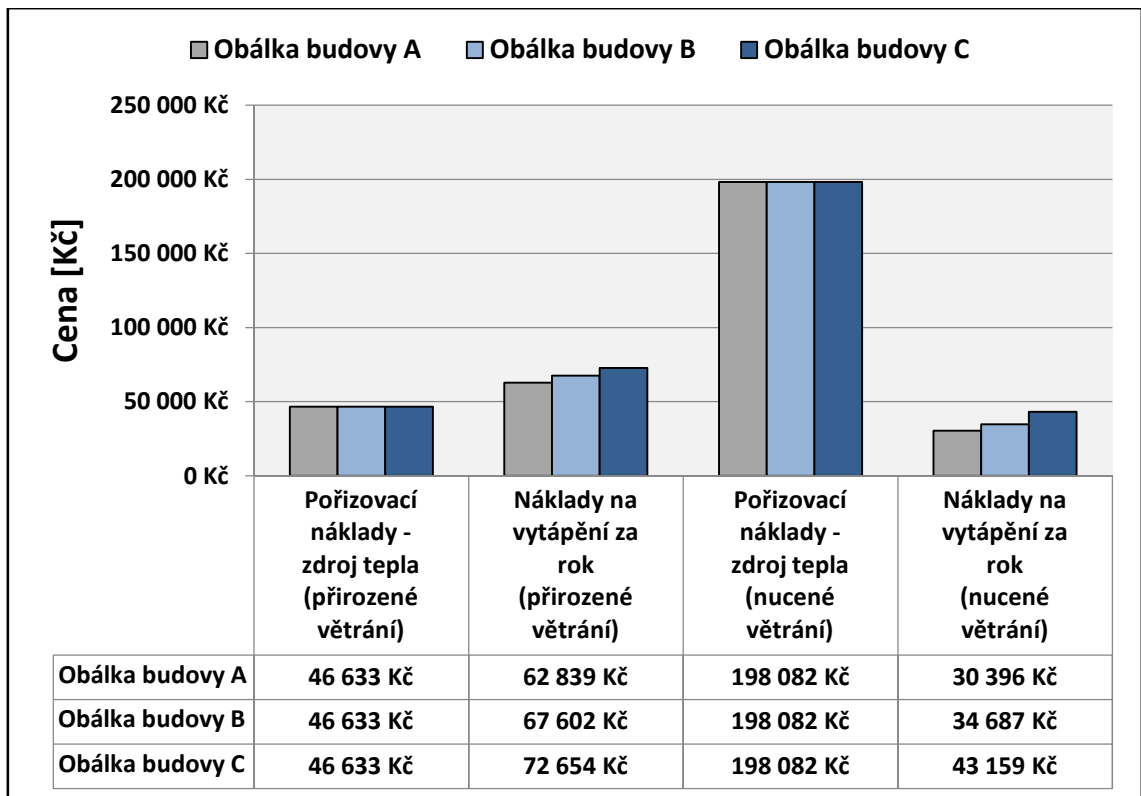
Graf č. 22- Tepelné ztráty objektu pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy



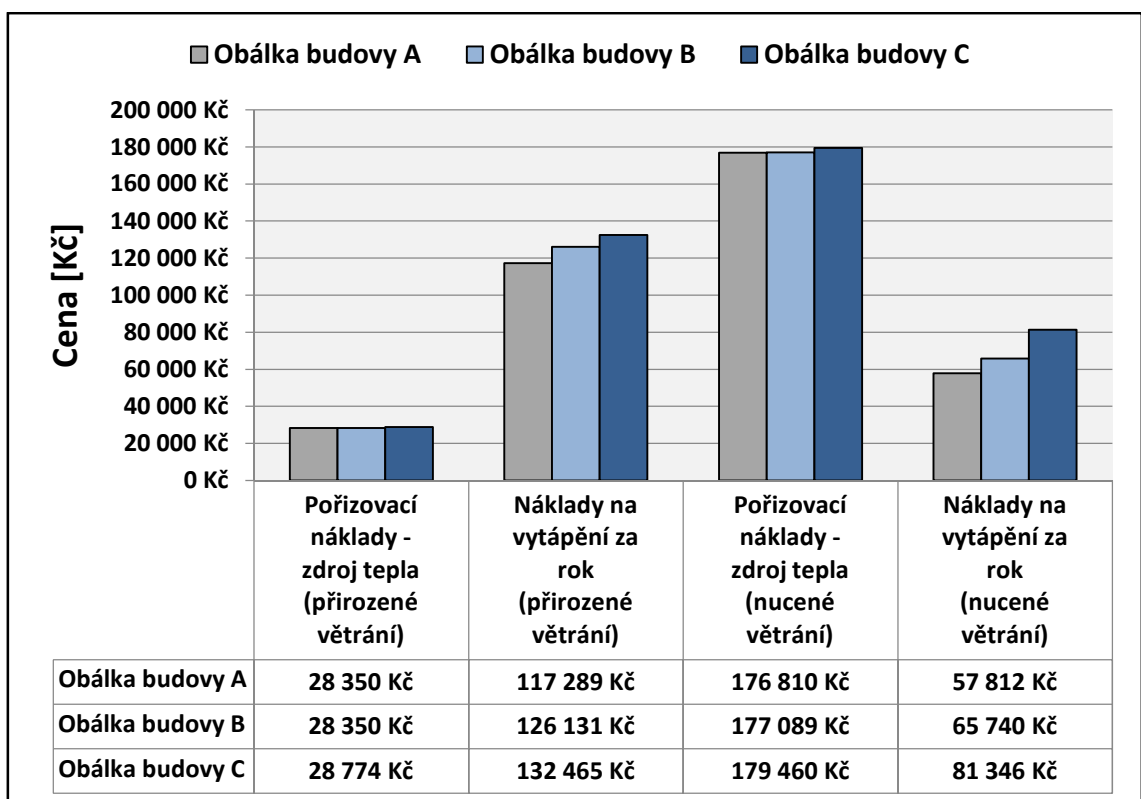
Graf č. 23- Tepelné ztráty větráním pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy

Tabulka 46- Souhrnná tabulka veškerých uvažovaných nákladů na vytápění

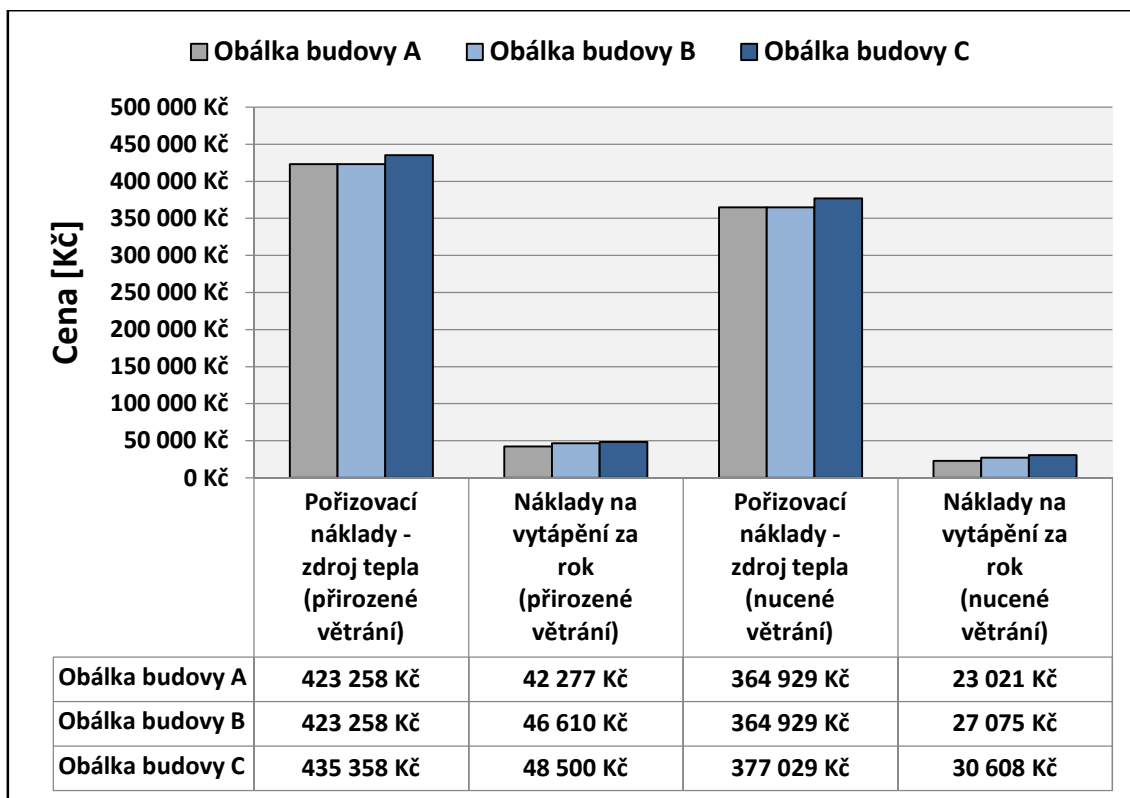
			Obálka budovy A - velmi úsporná	Obálka budovy B - úsporná	Obálka budovy C - vyhovující
Realizační náklady (obálka budovy)			1 960 303 Kč	1 309 472 Kč	1 105 453 Kč
Plynový kondenzační kotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%
		Náklady na vytápění za rok	62 839 Kč 100%	67 602 Kč 108%	72 654 Kč 116%
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%
		Náklady na vytápění za rok	30 396 Kč 100%	34 687 Kč 114%	43 159 Kč 142%
Elektrokotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	28 350 Kč 100%	28 350 Kč 100%	28 774 Kč 102%
		Náklady na vytápění za rok	117 289 Kč 100%	126 131 Kč 108%	132 465 Kč 113%
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	176 810 Kč 100%	177 089 Kč 100%	179 460 Kč 101%
		Náklady na vytápění za rok	57 812 Kč 100%	65 740 Kč 114%	81 346 Kč 141%
Tepelné čerpadlo	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	423 258 Kč 100%	423 258 Kč 100%	435 358 Kč 100%
		Náklady na vytápění za rok	42 277 Kč 100%	46 610 Kč 110%	48 500 Kč 115%
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	364 929 Kč 100%	364 929 Kč 100%	377 029 Kč 103%
		Náklady na vytápění za rok	23 021 Kč 100%	27 075 Kč 118%	30 608 Kč 133%



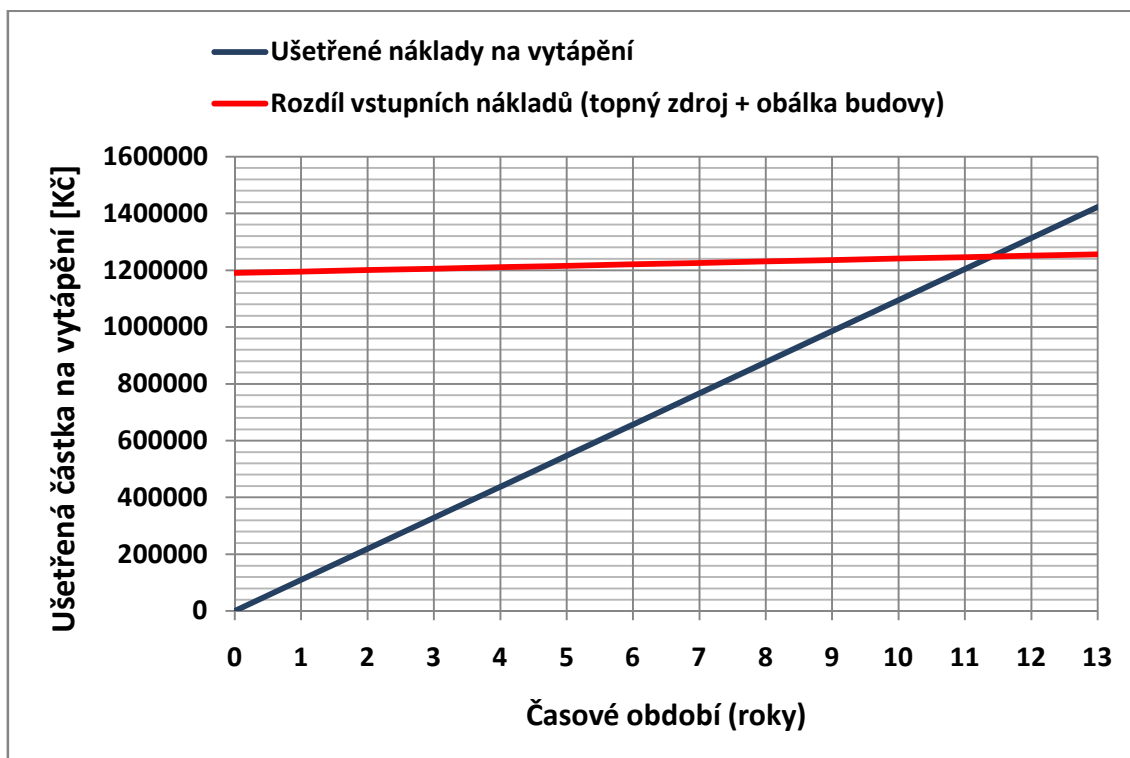
Graf č. 24- Vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C



Graf č. 25- Vytápění pomocí elektrokotle - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C



Graf č. 26- Vytápění pomocí tepelného čerpadla - porovnání nákladů pro varianty zateplení obálky A-C



Graf č. 27- Návratnost tepelného čerpadla v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla ve variantě zateplení A oproti použití elektrokotle v objektu s přirozeným větráním ve variantě zateplení C

Návratnost tepelného čerpadla v objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla (obálka budovy „A“) oproti využití samotného elektrokotle v objektu

s přirozeným větráním (obálka „C“) je dle grafu č. 27 přibližně 11 let. Roční uspoření nákladů na vytápění činí 109 444 Kč, rozdíl pořizovacích nákladů na topný zdroj je 1 191 005 Kč, je ale nutné uvažovat se zvýšenými náklady na údržbu tepelného čerpadla oproti elektrokotli a to přibližně o 5 000,- Kč za rok.

Tabulka 47- Souhrnná tabulka uvažovaných nákladů na vytápění a přehled ušetřených finančních částek na celý objekt jednotlivých variant zateplení a jednotlivých topných zdrojů za rok

			Obálka budovy A - velmi úsporná	Obálka budovy B - úsporná	Obálka budovy C - vyhovující	Ušetření nákladů na vytápění - varianta A oproti B	Ušetření nákladů na vytápění - varianta A oproti C	Ušetření nákladů na vytápění - varianta B oproti C	
Realizační náklady (obálka budovy)			1 960 303 Kč	1 309 472 Kč	1 105 453 Kč				
Plynový kondenzační kotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%	4 763 Kč za rok	9 815 Kč za rok	5 052 Kč za rok	
		Náklady na vytápění za rok	62 839 Kč 100%	67 602 Kč 108%	72 654 Kč 116%				
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%	4 291 Kč za rok	12 763 Kč za rok	8 472 Kč za rok	
		Náklady na vytápění za rok	30 396 Kč 100%	34 687 Kč 114%	43 159 Kč 142%				
	Elektrokotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	28 350 Kč 100%	28 350 Kč 100%	28 774 Kč 102%	8 842 Kč za rok	15 176 Kč za rok	6 334 Kč za rok
			Náklady na vytápění za rok	117 289 Kč 100%	126 131 Kč 108%	132 465 Kč 113%			
Nucené větrání se zpětným získáváním tepla		Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	176 810 Kč 100%	177 089 Kč 100%	179 460 Kč 101%	7 928 Kč za rok	23 531 Kč za rok	15 606 Kč za rok	
		Náklady na vytápění za rok	57 812 Kč 100%	65 740 Kč 114%	81 346 Kč 141%				
Tepelné čerpadlo	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	423 258 Kč 100%	423 258 Kč 100%	435 358 Kč 100%	4 333 Kč za rok	6 223 Kč za rok	1 890 Kč za rok	
		Náklady na vytápění za rok	42 277 Kč 100%	46 610 Kč 110%	48 500 Kč 115%				
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	364 929 Kč 100%	364 929 Kč 100%	377 029 Kč 103%	4 054 Kč za rok	7 587 Kč za rok	3 533 Kč za rok	
		Náklady na vytápění za rok	23 021 Kč 100%	27 075 Kč 118%	30 608 Kč 133%				

Tabulka 48- Souhrnná tabulka uvažovaných nákladů na vytápění a určení přibližné návratnosti jednotlivých variant zateplení obálky budovy v závislosti na topných zdrojích

			Obálka budovy A - velmi úsporná	Obálka budovy B - úsporná	Obálka budovy C - vyhovující	Přibližná návratnost - obálka budovy A oproti B	Přibližná návratnost- obálka budovy A oproti C	Přibližná návratnost- obálka budovy B oproti C	
Realizační náklady (obálka budovy)			1 960 303 Kč	1 309 472 Kč	1 105 453 Kč				
Plynový kondenzační kotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%	46 633 Kč 100%	137 let	87 let	40 let	
		Náklady na vytápění za rok	62 839 Kč 100%	67 602 Kč 108%	72 654 Kč 116%				
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%	198 082 Kč 100%	152 let	67 let	24 let	
		Náklady na vytápění za rok	30 396 Kč 100%	34 687 Kč 114%	43 159 Kč 142%				
	Elektrokotel	Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	28 350 Kč 100%	28 350 Kč 100%	28 774 Kč 102%	74 let	56 let	32 let
			Náklady na vytápění za rok	117 289 Kč 100%	126 131 Kč 108%	132 465 Kč 113%			
Nucené větrání se zpětným získáváním tepla		Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	176 810 Kč 100%	177 089 Kč 100%	179 460 Kč 101%	82 let	36 let	13 let	
		Náklady na vytápění za rok	57 812 Kč 100%	65 740 Kč 114%	81 346 Kč 141%				
Tepelné čerpadlo		Přirozené větrání	Pořizovací náklady - zdroj tepla	423 258 Kč 100%	423 258 Kč 100%	435 358 Kč 100%	150 let	135 let	102 let
			Náklady na vytápění za rok	42 277 Kč 100%	46 610 Kč 110%	48 500 Kč 115%			
	Nucené větrání se zpětným získáváním tepla	Pořizovací náklady - zdroj tepla + rekuperace	364 929 Kč 100%	364 929 Kč 100%	377 029 Kč 103%	161 let	111 let	54 let	
		Náklady na vytápění za rok	23 021 Kč 100%	27 075 Kč 118%	30 608 Kč 133%				

6.1 Shrnutí

Z grafů č. 22 a 23 jsou patrné tepelné ztráty objektu v závislosti na zateplení obálky budovy a na druhu větrání. Je zřejmé, že největší složkou, pro všechny varianty zateplení obálky budovy, je tepelné ztráta větráním v objektu s přirozeným větráním. Při uvažování nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, klesnou celkové tepelné ztráty přibližně o polovinu.

V grafech č. 24 - 26 jsou porovnávány jednotlivé varianty zateplení obálky budovy v závislosti na topném zdroji a druhu větrání v objektu. V grafu č. 24 je topný zdroj plynový kondenzační kotel. Z tohoto grafu vyplývá, že v objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, pro všechny varianty zateplení obálky budovy, pořizovací náklady na topný zdroj a rekuperační jednotku několikanásobně vzrostou, kdežto náklady na vytápění za rok klesnou o méně než polovinu, na první pohled se může zdát, že řešení objektu s nuceným větráním je v tomto případě značně nevýhodné z hlediska ekonomického, ale jak bylo dokázáno v grafech č. 3, 10 a 17, návratnost činí přibližně 5 let pro všechny varianty zateplení obálky budovy, tudíž opak je pravdou.

V grafu č. 25 je topný zdroj elektrokotel. Z tohoto grafu vyplývá, že v objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, pro všechny varianty zateplení obálky budovy, pořizovací náklady na topný zdroj a rekuperační jednotku ještě více vzrostou, než u předchozí varianty, kdežto náklady na vytápění za rok klesnou též přibližně o polovinu, tudíž se může též na první pohled zdát, že toto řešení je značně ekonomicky nevýhodné oproti variantě objektu s přirozeným větráním, ale jak bylo dokázáno v grafech č. 4, 11 a 18, návratnost činí přibližně 3 roky pro všechny varianty zateplení obálky budovy, tudíž opak je pravdou.

V grafu č. 26 je topný zdroj tepelné čerpadlo vzduch/voda. Z tohoto grafu vyplývá, že v objektu s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, pro všechny varianty zateplení obálky budovy, pořizovací náklady na topný zdroj a rekuperační jednotku klesnou, oproti uvažování tepelného čerpadla v objektu s přirozeným větráním, klesnou i celkové náklady na vytápění za rok. Z tohoto pohledu je výhodnější tepelné čerpadlo v kombinaci s rekuperační jednotkou se zpětným získáváním tepla, než samotné tepelné čerpadlo v objektu s přirozeným větráním.

Při uvažování elektrokotle a plynového kondenzačního kotle jsou pořizovací náklady topného zdroje relativně nízké, proto při využití rekuperační jednotky, která má vysokou pořizovací cenu, se náklady několikanásobně zvýší, kdežto tepelné čerpadlo má vysokou pořizovací cenu a rekuperační jednotka tvoří menší podíl z celkové ceny, proto při uvažování nuceného větrání v objektu a tedy snížení celkových tepelných ztrát a potřeby tepelného čerpadla s nižším tepelným výkonem, se celkové pořizovací náklady snižují oproti variantě s přirozeným větráním.

Z tabulky č. 48 je patrné, že při porovnání stejných topných zdrojů pro varianty zateplení obálky budovy A - C, se nevyplatí u novostaveb investovat do zateplování obálky budovy spadající do kategorie „A“, pokud není možnost využití dotačního programu. Postačí zařazení obálky budovy do kategorie „C“. Při rekonstrukcích a dodatečném zateplování obálky budovy z kategorie E-G do třídy A-C, by byla návratnost mnohem kratší.

7 Závěr

Cílem diplomové práce byla analýza nákladů na vytápění bytových domů v závislosti na obálce budovy a zdrojích tepla. Tyto cíle byly splněny.

V textové části diplomové práce jsou obecné informace ohledně tématu vytápění, bez kterých by nešla zpracovat část praktická. V praktické části diplomové práce jsou analyzovány tři varianty zateplení obálky bytového domu. Pro jednotlivé varianty zateplení obálky budovy byly navrženy tři různé zdroje tepla a to vždy tepelné čerpadlo vzduch/voda, elektrokotel a plynový kondenzační kotel. Na veškeré řešené varianty jsou spočteny náklady na spotřebovanou energii na vytápění, pořizovací náklady za zdroj tepla a za realizační náklady spojené s obálkou budovy. Následně jsou všechna řešení porovnána. Ve všech řešení je uvažováno pouze s náklady spojenými s vytápěním, není zde uvažováno s ohřevem vody ani s ostatními provozními náklady objektu. Ve všech variantách je teplovodní systém vytápění v kombinaci radiátorů a podlahového vytápění, aby se nelišily pořizovací náklady za rozvodné potrubí a otopné armatury.

Z celkového porovnání bylo zjištěno, že nejlevnějším řešením spojeným pouze s náklady na vytápění za rok je tepelné čerpadlo, nejdražší elektrokotel. Uvažujeme-li s pořizovacími náklady za topný zdroj, tak tepelné čerpadlo vychází nejdraže, nejlevněji vychází elektrokotel. Z analýzy celkových nákladů na vytápění bylo největším překvapením, že pokud u novostavby nedosáhneme na dotace, pak se nevyplatí zateplovat objekt do klasifikační třídy obálky budovy „A“, ale postačí třída „C“. Částka, kterou za rok ušetříme na vytápění, nám vrátí náklady na zateplení obálky až za několik desítek let.

8 Seznam použitých zdrojů

[1] DUFKA, Jaroslav. *Podlahové vytápění*. Praha: Grada, 2006. Profi & hobby. ISBN 80-247-1530-9.

[2] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. Brno: CPress, 2012. Stavíme. ISBN 978-80-264-0014-1.

[3] TAJBR, Stanislav. *Vytápění: pro 1. a 2. ročník učebního oboru instalatér. 2. upravené vyd.* Praha: Sobotáles, 2003, 434 s. ISBN 80-859-2096-4

[4] Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *Tzbinfo* [online]. 2005 [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>

Vnitřní prostředí budov: (stavební kniha). Brno: EXPO DATA, 2001. ISBN 80-7293-023-0.

KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. 5., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04957-0.

BENDA, Vítězslav. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.

PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.

DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2019-7.

Vliv neobnovitelných zdrojů energie: multimediální ročenka životního prostředí. *Vítejte na zemi* [online]. © ESF,CENIA, 2013 [cit. 2018-12-14]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vliv_neobnovitelnych_zdroju_energie&site=energie

Korado: tepla pro Vás. *Větrací jednotky s možností rekuperace* [online]. KORADO, 2018 [cit. 2018-12-14]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/vetraci-jednotky.html>

Vysoce účinné a ekologicky šetrné plynové kondenzační kotle. *Protherm: vždy na Vaší straně* [online]. Protherm, 2018 [cit. 2018-12-14]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/kondenzacni-plynove-kotle/>

9 Seznam použitých norem

ČSN EN 1990 Zásady navrhování stavebních konstrukcí

ČSN EN 12 831 – Otopné soustavy v budovách- Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 73 0540 – Tepelná ochrana budov

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

10 Seznam příloh

Původní výkresová dokumentace

Materiál k variantě zateplení obálky budovy „A“

Půdorys 1.NP

Půdorys 2.NP

Půdorys 3.NP

Řez A-A

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – plynový kondenzační kotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – elektrokotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – tepelné čerpadlo vzduch/voda

Materiál k variantě zateplení obálky budovy „B“

Půdorys 1.NP

Půdorys 2.NP

Půdorys 3.NP

Řez A-A

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – plynový kondenzační kotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – elektrokotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – tepelné čerpadlo vzduch/voda

Materiál k variantě zateplení obálky budovy „C“

Půdorys 1.NP

Půdorys 2.NP

Půdorys 3.NP

Řez A-A

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – plynový kondenzační kotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – elektrokotel

Průkaz energetické náročnosti budovy – zdroj tepla – tepelné čerpadlo vzduch/voda