

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

**Technická a ekonomická analýza zdrojů
vytápění rodinného domu**

Technical and Economical Analysis of
Heating Sources for Family House

Autor práce:

Zdeněk Měchura

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Radim Janalík, CSc.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Zdeněk Měchura**
Studijní program: B3907 Energetika
Studijní obor: 3907R012 Energetika 21.století
Téma: **Technická a ekonomická analýza zdrojů vytápění rodinného domu**
Technical and Economical Analysis of Heating Sources for Family House
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat :

- Teorii výpočtu tepelné ztráty budov a provedení výpočtu pro zadaný rodinný dům
- Popis a porovnání zdrojů vytápění vhodných pro rodinné domy
- Výpočet ročních provozních nákladů na vytápění zadaného rodinného domu pro uvedené zdroje energie

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Mrázek, K.: Moderní vytápění bytů a rodinných domů. Praha: SNTL, 1986.
- [2] Dufka, J.: Vytápění netradičními zdroji tepla. BEN – technická literatura, Praha 2003.
- [3] Dufka, J.: Vytápění domů a bytů. 2. vydání. Grada Publishing, s.r.o., Praha 2004.
- [4] Internetové stránky výrobců kotlů a zdrojů energie do 20 kW.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**


Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry



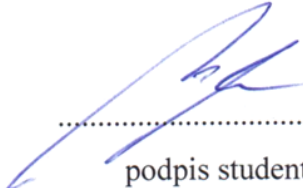


prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, dne 15. května 2019


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., Zákon o právu autorském, o právech související s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, dne 15. května 2019


.....
podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Zdeněk Měchura

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Prušánky 819, 696 21 Prušánky

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MĚCHURA, Z., *Technická a ekonomická analýza zdrojů vytápění rodinného domu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2019, 75 s. Vedoucí práce: Janalík, R.

V bakalářské práci porovnávám různé zdroje vytápění rodinných domů dle jednotlivých paliv a to jak z technického, tak ekonomického hlediska. Nejprve se zabývám druhy paliv včetně jejich parametrů a cen. Dále se pak věnuji tepelným ztrátám budov, a to jak z teoretické stránky popisující jednotlivé výpočty a veličiny, tak ze stránky praktické spočívající z výpočtu těchto ztrát pro konkrétní budovu. Následuje přehled a popis zdrojů vytápění pro daná paliva a výběr toho nejvhodnějšího dle zvolených hledisek pro jednotlivá paliva. Nakonec je proveden výpočet potřebného množství konkrétních paliv a porovnání ročních nákladů na tyto paliva pro všechny uvedené zdroje vytápění. Závěr je věnován technickému a ekonomickému posouzení a shrnutí.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MĚCHURA, Z., *Technical and Economical Anylysis of Heating Sources for Family House: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2019, 75 s. Thesis head: Janalík, R.

In the bachelor thesis I compare various heating sources of family houses according to the particular kinds of fuels, from both, the technical as well as the economical point of view. First, I deal with the kinds of fuels including their parameters and prices. Further, I deal with the heat losses of buildings, both from the theoretical aspect with the describing of the individual calculations and quantities, and from the practical aspect consisting of calculation of these losses for a concrete building. Then follows an overview and description of the heating sources for individual fuels and a selection of the most suitable source according to the chosen aspect. Finally, the needed amount of particular fuels is calculated and also the comparison of the annual costs of these fuels for all mentioned heating sources. The conclusion is given to the technical and economical evaluation and summary.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
0 Úvod	11
1 Paliva	13
1.1 Uhlí.....	13
1.1.1 Černé uhlí.....	13
1.1.2 Hnědé uhlí.....	13
1.2 Dřevo.....	14
1.3 Zemní plyn	14
1.4 Propan	15
1.5 Topné oleje.....	16
1.6 Elektrická energie.....	16
1.7 Centrální dodávka tepla.....	17
1.8 Přehled cen a parametrů vybraných paliv	17
2 Tepelné ztráty objektu a přehled teorie výpočtu	19
2.1 Celková tepelná ztráta	20
2.2 Tepelná ztráta prostupem tepla	20
2.2.1 Základní tepelná ztráta.....	20
2.2.2 Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí.....	21
2.2.3 Přirážka na urychlení zátopy.....	22
2.2.4 Přirážka na světovou stranu	22
2.3 Tepelná ztráta místnosti větráním	23
2.3.1 Objemový tok větracího vzduchu	23
2.3.2 Intenzita výměny vzduchu infiltrací	24
2.4 Trvalé tepelné zisky	26
2.4.1 Vnitřní tepelné zisky	26
3 Tepelné ztráty posuzovaného objektu	28

3.1	Popis rodinného domu.....	28
3.1.1	Přehled materiálu a místností domu.....	29
3.2	Výpočet tepelných ztrát objektu.....	31
3.2.1	Tepelná ztráta prostupem tepla	31
3.2.2	Tepelná ztráta místnosti větráním.....	36
3.2.3	Trvalé tepelné zisky	38
4	Zdroje vytápění.....	39
4.1	Popis zdrojů tepla.....	40
4.1.1	Kotle na tuhá paliva	40
4.1.2	Kotle na plynná a kapalná paliva.....	41
4.1.3	Tepelné čerpadlo	41
4.1.4	Elektrokotel.....	42
4.2	Výběr zdroje tepla	43
4.2.1	Kotel na černé uhlí.....	43
4.2.2	Kotel na hnědé uhlí	44
4.2.3	Kotel na peletky	44
4.2.4	Kotel na zemní plyn.....	45
4.2.5	Kotel na propan.....	46
4.2.6	Kotel topný olej	47
4.2.7	Tepelné čerpadlo.....	47
4.2.8	Elektrokotel.....	48
4.3	Shrnutí.....	49
5	Teorie ročních nákladů na vytápění	51
5.1	Teoretická roční potřeba tepla na vytápění	51
5.1.1	Opravný součinitel.....	52
5.1.2	Počet denostupňů	52
5.2	Skutečná roční potřeba tepla na vytápění.....	53
5.3	Roční potřeba paliva pro vytápění	53

5.4	Roční náklady na vytápění	54
5.5	Roční úspora.....	54
5.6	Doba návratnosti	54
6	Roční náklady na vytápění posuzovaného objektu	55
6.1	Teoretická roční potřeba tepla na vytápění	55
6.1.1	Opravný součinitel.....	55
6.1.2	Počet denostupňů	55
6.2	Skutečná roční potřeba tepla na vytápění.....	56
6.3	Roční potřebné množství paliva pro vytápění rodinného domu	56
6.4	Roční náklady na vytápění	58
6.5	Roční úspora.....	58
6.6	Doba návratnosti	58
7	Závěr.....	62
	Použitá literatura	66
	Seznam tabulek	71
	Seznam grafů	72
	Seznam obrázků a fotografií	72
	Seznam příloh	73
	Příloha A Výpočet tepelných ztrát	74

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
B	charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
D	počet denostupňů	[K·den]
L	délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]
M	charakteristické číslo místnosti	[1]
Q _c	celková tepelná ztráta	[W]
Q _d	teoretická roční potřeba tepla na vytápění	[J, Wh]
Q _{d,skut}	skutečná roční potřeba tepla na vytápění	[J, Wh]
Q _e	produkce tepla elektronických zařízení	[W]
Q _l	produkce tepla lidí	[W]
Q _m	produkce tepla elektromotorů	[W]
Q _n	výhřevnost paliva	[MJ/kg]
Q _o	základní tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q _p	tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q _{sv}	produkce tepla svítidel	[W]
Q _v	tepelná ztráta místnosti větráním	[W]
Q _z	tepelný trvalý zisk	[W]
Q _{zi}	tepelný trvalý zisk vnitřní	[W]
S	posuzovaná plocha konstrukce	[m ²]
V _v	objemový tok větracího vzduchu	[m ³ ·s ⁻¹]
V _m	vnitřní objem posuzované místnosti	[m ³]
d	počet dnů za rok s teplotou nižší než 13°C	[1]
e _d	součinitel zkrácení doby vytápění objektů s přestávkami v provozu	[1]

e_i	součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[1]
e_t	součinitel snížení teploty v místnosti během dne / noci	[1]
i_{LV}	součinitel spárové průvzdušnosti	$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$
k	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
k_c	průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
l	tloušťka jednotlivé vrstvy konstrukce	[m]
m_{pal}	roční potřebné množství paliva	[kg]
n	intenzita výměny vzduchu infiltrací	$[h^{-1}]$
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[1]
p_2	přirážka na urychlení zátoku	[1]
p_3	přirážka na světovou stranu	[1]
t_e	venkovní teplota prostředí nebo vedlejší místnosti	$[^{\circ}C]$
t_{es}	průměrná venkovní teplota v otopném období	$[^{\circ}C]$
t_i	vnitřní teplota místnosti	$[^{\circ}C]$
t_{is}	průměrná teplota v budově	$[^{\circ}C]$
α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
α_e	součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
ε	opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací	[1]
η_o	účinnost obsluhy v závislosti na možnostech regulace soustavy	[1]
η_r	účinnost rozvodů	[1]
η_k	účinnost kotle	[1]
λ	součinitel tepelné vodivosti materiálu	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

0 Úvod

V současné době je neustálý tlak na snižování spotřeby energií, na snižování nákladů za jejich spotřebu či snižování znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší při výrobě těchto energií. U energií potřebných k vytápění tomu není jinak. Možností snižování nákladů na vytápění máme několik. Můžeme dům zateplit, vyměnit stará okna za nová, vyměnit stávající zdroj tepla za jiný, ekonomicky a ekologicky přijatelnější či vyhledat levnějšího dodavatele energií.

Samotné porovnání jednotkových cen daných paliv není nikterak vypovídající údaj, je třeba náklady na paliva srovnávat jako celek v rámci celkových nákladů za vytápění. V těchto nákladech počítáme nejen s cenou paliva, ale i s účinností zdroje a vlastní potřebou tepla objektu. Pak dostáváme požadovaný ukazatel.

Celkové roční náklady za vytápění je ovšem jen jedna část. Další ukazatel, který je třeba brát v potaz je celková investice za nový zdroj. Při započtení obou těchto údajů pak zjistíme, zda má výměna za daný zdroj smysl či za jak dlouho dobu se nám investice vrátí a kdy následně již s novým zdrojem šetříme.

Porovnat různé zdroje vytápění pro různá paliva a jejich roční náklady na vytápění je mj. úkolem této práce.

První část práce, pominu-li úvod, popisuje jednotlivá paliva, která mohou být použita pro vytápění rodinných domů. V této části volím nejvhodnější druh či typ daného paliva a dodavatele konkrétního paliva. Ke každému palivu je uveden obecný popis, dále pak dva důležité faktory, kterými je výhřevnost a cena.

V druhé části se věnuji tepelným ztrátám objektu, jak teoretického popisu, tak i samotnému výpočtu. Výpočet provádím metodou po místnostech, dle ČSN 06 0210, se zanedbáním přechodů tepla mezi jednotlivými místnostmi, s ohledem na fakt, že potřebuji stanovit tepelnou ztrátu celého objektu, na základě které navrhnu vhodný zdroj. Celkovou tepelnou ztrátu zde počítám z tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním. Tepelné zisky neuvažuji.

Třetí část navazuje na část druhou v souvislosti s volbou konkrétního typu kotle dle výkonu, který pokryje vypočítanou tepelnou ztrátu objektu. Tato část rovněž navazuje na první část z hlediska paliv pro tyto kotle, čemuž odpovídá i řazení jednotlivých zdrojů. V této části pro každý druh paliva volím, až na jednu výjimku, čtyři kotle, z kterých následně vybírám ten nejvhodnější, přičemž zohledňuji nejen pořizovací cenu, ale i jiná hlediska jako je účinnost, hodnota minimálního výkonu, rozsah modulace výkonu, emisní třída a renomé výrobce. Kotel

je stručně popsán a vyobrazen. Rovněž jsou v této části teoreticky popsány jednotlivé kotle dle druhů paliv, které jsou vhodné pro vytápění rodinných domů.

Předposlední, čtvrtá část opět analogicky navazuje na část předchozí, protože pro stanovení roční potřeby tepla, které se tato část věnuje, je nutné znát účinnosti jednotlivých kotlů, které jsem vybral ve třetí části. Roční potřeba tepla a roční množství paliva jsou zde popsány jak teoreticky, tak i prakticky formou výpočtu. Dále jsou vyčísleny celkové náklady na vytápění objektu s ohledem na vyčíslené množství paliva a jeho ceny z navazujících výpočtů této části, úsporu oproti stávajícímu zdroji a dobu návratnosti.

Poslední částí je závěr, ve kterém je uvedeno shrnutí a zhodnocení, jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska technického a environmentálního.

1 Paliva

Palivo je každá látka, která chemicky reaguje s okysličovadlem – kyslíkem na jiné chemicky stabilnější formy, při této chemické reakci se uvolňuje tepelná energie.

Paliva můžeme rozdělit dle třech faktorů:

- a) dle stáří: fosilní, obnovitelné
- b) dle skupenství: tuhá, kapalná, plynná
- c) dle původu: přírodní - primární, umělá – sekundární

Nejčastější využití paliv je využití energetické – spalování paliva. [16]

V následujících kapitolách uvádím pouze paliva, která jsou vhodná pro vytápění rodinných domů a zároveň jsou vhodná pro zdroje s minimem náročnosti na obsluhu, tedy s automatickým provozem. Tuhá paliva zde uvedená jsou pouze ta, která je možno použít v automatických kotlích.

1.1 Uhlí

Uhlí jsou fosilní tuhá paliva přírodního původu. Mezi nejčastější užívané druhy patří černé a hnědé uhlí, které porovnávám i v této práci. Mezi další přírodní formy uhlí řadíme antracit či lignit, mezi formy umělé pak koks či brikety.

Dle distribuce a skladování pak rozlišujeme uhlí volně ložené či balené, obvykle v 20 až 25 kilových pytlích.

1.1.1 Černé uhlí

Černé uhlí v České republice se v současnosti těží na Ostravsku a Karvinsku hlubinným způsobem, těžba na Kladensku byla ukončena v roce 2012. Černé uhlí tedy pochází buď z této oblasti či převážně z Polska.

To je i případ této práce, kdy mezi zástupce černého uhlí jsem zahrnul produkt z Polska vzhledem k tomu, že domácí producent nenabízí požadovanou frakci uhlí, která je 8-25 mm.

1.1.2 Hnědé uhlí

Těžba hnědého uhlí je na území naší republiky prováděna povrchovým způsobem v sokolské a mostecké oblasti. Hnědé uhlí je geologicky mladší s menší výhřevností než uhlí černé.

Pro hnědé uhlí jsem vybral dvě společnosti těžící uhlí z různých důlních oblastí. Jedná se o uhlí z lokality Bílina od společnosti Severočeské doly, a.s. a z lokality Most od společnosti Severní energetická, a.s. V obou případech jsem volil velikost uhlí 10-25 mm.

1.2 Dřevo

Dřevo řadíme mezi tuhá obnovitelná paliva přírodního původu. Mezi nejčastější paliva ze dřeva řadíme kusové dřevo, dřevěné brikety a dřevěné pelety. Vzhledem k uvažovanému způsobu vytápění automatickými kotli jsou z vyjmenovaných forem jediným vhodným palivem dřevěné pelety.

Nejrozšířenějším druhem dřevěných pelet jsou pelety smrkové, borovicové či bukové, mezi nimiž jsou rozdílné výhřevnosti. Tyto pelety mohou být dále bez obsahu kůry či s ní. Mají válcovitý tvar, většinou o průměru 6 mm a délky 35 mm. Pelety jsou ke konečnému spotřebiteli distribuovány zpravidla třemi možnými způsoby. Prvním z nich je dodávka 15 kg pytlů ložených na paletách, dalším pak tzv. Big Bagy, což jsou vaky o váze 1 tuny a poslední variantou je doprava pelet pomocí cisterny, z níž jsou pelety foukány přímo do zásobníku, sila či jiného skladovacího prostoru. [37]

Pelety se nabízejí necertifikované či s certifikací, které jsou mírně dražší než necertifikované pelety, nicméně díky této certifikaci je zaručena určitá kvalita těchto paliv. Výrobci a dodavatelé dřevěných pelet je v rámci České republiky dostatek, ne všichni však zaváží do všech lokalit či dováží pouze do určité vzdálenosti. Proto je ekonomicky přijatelnější volit dodavatele z regionu či toho dodavatele, který poskytuje dopravu od určitého objemu zdarma. Rozdíly mezi největšími dodavateli a výrobcí nejsou nějak markantní, pokud se jedná o stejný druh pelet se stejnou certifikací. Ceny jsou samozřejmě odvislé od toho, zda se jedná o smrkové, borovicové či bukové pelety, zda obsahují kůru či nikoliv. Rovněž je cena odvislá od toho, zda se jedná o pytlovanou variantu či volně ložené distribuované cisternou.

V mém případě jsem zvolil smrkové pelety bez kůry s certifikací EN Plus A1 od společnosti Biomac, která má pobočku v nejbližším okresním městě.

1.3 Zemní plyn

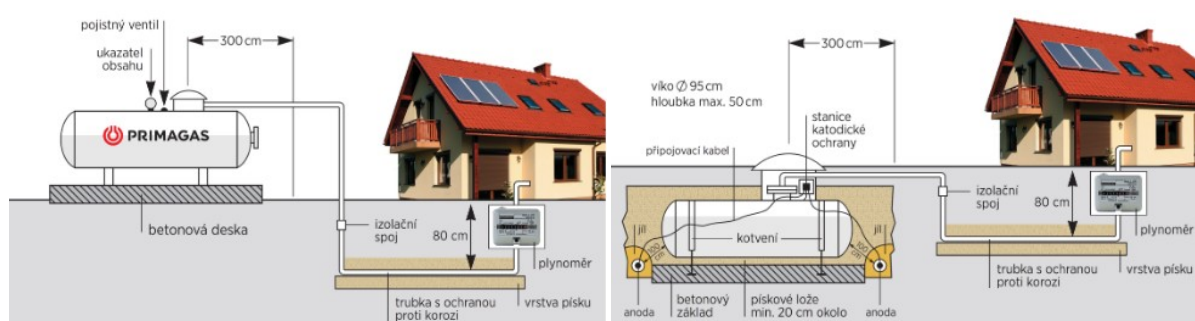
Zemní plyn patří mezi plynná přírodní paliva. Jedná se o nejpoužívanější plyn pro energetické účely. Plynná paliva považujeme za neušlechtlejší zdroj tepelné energie. Zemní plyn neobsahuje prachové částice, je prakticky bez síry a produkty spalování tohoto paliva jsou oxid uhličitý a voda. Hlavní složkou je metan. [16]

Na českém trhu je mimo dominantních dodavatelů jednotlivých regionů spousta tzv. alternativních dodavatelů zemního plynu, možná až přespříliš.

Za dodavatele zemního plynu jsem zvolil dvě společnosti. Jednou z nich je společnost Innogy Energie, s.r.o, která je dominantní společností v regionu dodávající zemní plyn a druhou pak společnost MND, a.s., která patří mezi jednoho z nejlevnějších dodavatelů zemního plynu s předpokladem smlouvy na doby neurčitou. Navíc se jedná o společnost velkého regionálního významu. V obou případech byly vybrány a porovnávány standardní produkty s dobou neurčitou.

1.4 Propan

Propan je bezbarvý, velmi hořlavý zkapalněný plyn, bez zápachu získaný zpracováním zemního plynu. Je výrazně těžší než vzduch. V případě využívání tohoto paliva k vytápění je propan distribuován v kapalném stavu do zásobníku z cisterny. Zásobníky mohou být zapuštěné, částečně zapuštěné či nadzemní. Zásobníky jsou nejčastěji ve válcovém provedení. [46]



Obrázek 1.1 Schéma uložení zásobníku – nadzemní uložení, podzemní uložení ⁴⁶

Výběr jsem uskutečnil mezi třemi významnými dodavateli propanu v České republice. Jsou jimi společnosti Flaga, Primagas a Tomegas. Ani jeden z těchto dodavatelů nemá či neměl v době zpracování této práce volně dostupné ceníky tohoto paliva na internetových stránkách. Proto byly všechny tři společnosti osloveny za účelem nabídky na dodávku jak samotného paliva, tak na dodávku zásobníku. Nabídky jsem nakonec obdržel od dvou z nich a to od společnosti Primagas a Tomegas. Třetí společnost, Flaga, na poptávku nereagovala. Obě společnosti nabízí téměř identickou jednotkovou cenu propanu, rozdíly jsou v ceně případné realizace samotného zásobníku. I když v rámci této práce nezahrnuji vedlejší investiční náklady, jako je právě pořízení zásobníku, tak volím, společnost Primagas.

1.5 Topné oleje

Topné oleje rozdělujeme do tří kategorií:

- a) TTO – těžké topné oleje
- b) LTO – lehké topné oleje
- c) ELTO – extra lehké topné oleje

Poslední jmenovaná kategorie je vhodná pro vytápění rodinných domů, další kategorie jsou vhodné pro kotelny větších výkonů. Extra lehké topné oleje jsou směsi kapalných uhlovodíků a jsou získávány rafinací či destilací ropy. Tyto oleje jsou skladovány v jedno či dvouplášťových zásobnících, které mohou být instalovány uvnitř rodinných domů.

Nejvýznamnější zpracovatelé extra lehkých topných olejů na českém území jsou společnosti Čepro s označením TOLEX, Česká rafinérská – ETO a Paramo – TOEL. Parametry olejů z těchto rafinérií odpovídají vlastnostem vysoce jakostní motorové nafty. [54]

1.6 Elektrická energie

Elektrinu lze pro vytápění využívat dvojným způsobem, přímou přeměnou této energie na energii tepelnou nebo přeměnu této energie na mechanickou pro provoz tepelných čerpadel.

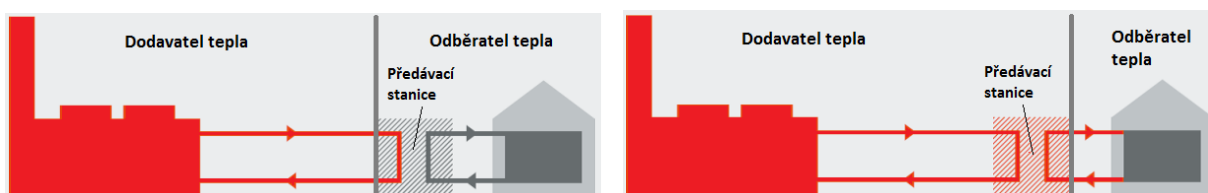
Pro vytápění elektrinou jsou vyhrazeny zvýhodněné distribuční sazby. Sazba D 57d je určena pro odběrná místa, jenž jsou vytápěna elektrokotlem a přímotopem, tedy přímotopným způsobem či tepelným čerpadlem pro pohon kompresorů. Tato sazba operativně řídí dobu platnosti nízkého tarifu. Spotřebiče určené k vytápění musí být technicky blokovány v dobách vysokého tarifu, výjimkou je pohon kompresorů tepelných čerpadel. Platnost nízkého tarifu v této sazbě je 20 hodin denně. Spínání vysokého a nízkého tarifu zabezpečuje HDO – hromadný dálkový odečet, který je umístěn vedle fakturačního elektroměru. [51]

Podobně jako u dodavatelů zemního plynu, tak i u dodavatelů elektřiny je situace na českém trhu podobná. Jen s tím rozdílem, že počet alternativních dodavatelů elektřiny je podstatně vyšší než u dodavatelů zemního plynu.

Jako dodavatele elektřiny jsem vybral dvě společnosti. Jednak společnost E. ON Energie, a.s., dominantního dodavatele elektrické energie v regionu se standardním ceníkem a jednak společnost Eneka, s.r.o., která se svými cenami pohybuje jako jedna z nejlevnějších na trhu s předpokladem smlouvy na dobu neurčitou a s ohledem na regionální působnost.

1.7 Centrální dodávka tepla

Centrální dodávka tepla je uskutečňována pomocí soustavy zásobování tepelnou energií z teplárenských provozů. Do domácností je dodáváno medium přenášející tepelnou energii ve formě páry, horké nebo teplé vody, byť pára je již v dnešní době na ústupu a více než k vytápění je využívána k technologickým účelům. Dodávka může být uskutečňována jako primární – předávací stanice je v majetku zákazníka nebo sekundární – předávací stanice je pak v majetku dodavatele, který zajišťuje její provoz, servis a ostatní náležitosti, přičemž zákazník se o nic nestará.



Obrázek 1.2 Primární a sekundární připojení ⁵⁸⁻upraveno

Pro porovnání provozních nákladů jsem vybral dodavatele tepelné energie, který je rovněž jejím výrobcem. V okresním městě je jím společnost ČEZ Teplárenská, a.s. Byla zvolena sekundární dodávka, kdy není třeba řešit vstupní investici.

1.8 Přehled cen a parametrů vybraných paliv

Tabulka 1.1 Ceny a výhřevnosti uhlí, pelet, propanu a topného oleje ^{37, 38, 39, 40, 46, 47}

Palivo	Produkt	Cena	Dodavatel	Výhřevnost
		[Kč/kg]		[MJ/kg]
Černé uhlí – balené	Ekohrášek, 6-25 mm	7,17	Kompania Weglowa/ Ridera Bohemia	28,00
Černé uhlí – ložené		5,09		
Hnědé uhlí – balené	Ořech 2, 10-25 mm, Bílina	5,09	Severočeské doly / Ridera Bohemia	17,60
Hnědé uhlí – ložené		3,49		
Hnědé uhlí 2 – balené	Ořech 2, 10-25 mm, Most	4,93	Severní energetická / Ridera Bohemia	20,00
Hnědé uhlí 2 – ložené		3,19		
Dřevo	Peletky – balené	5,95	Biomac	16,90
	Peletky – ložené	5,89		
Propan	Propan	25,70	Primagas	46,40
Topný olej	Topný olej extralehký	28,00	K-Oil	43,00

Tabulka 1.2 Ceny zemního plynu a elektřiny ^{41, 42, 43, 44,50}

Palivo	Produkt	Cena		Dodavatel	Výhřevnost [MJ/m ³]
		[Kč/MWh]	[Kč/měsíc]		
Zemní plyn 1	Standard	1 360,62	266,95	innogy Energie	34,67
Zemní plyn 2	Plyn	1 164,25	306,45	MND	
Elektřina 1	Elektřina	2 864,20	516,59	E. ON Energie	---
Elektřina 2	Standard	2 356,00	508,12	Eneka	

Uvedené ceny elektrické energie odpovídají sazbě D 57d pro distribuční území E. ON Distribuce a hodnotě jističe 3x25 A.

Uvedené ceny zemního plynu odpovídají pásmu spotřeby 7 560 – 15 000 kWh / rok pro distribuční území GasNet.

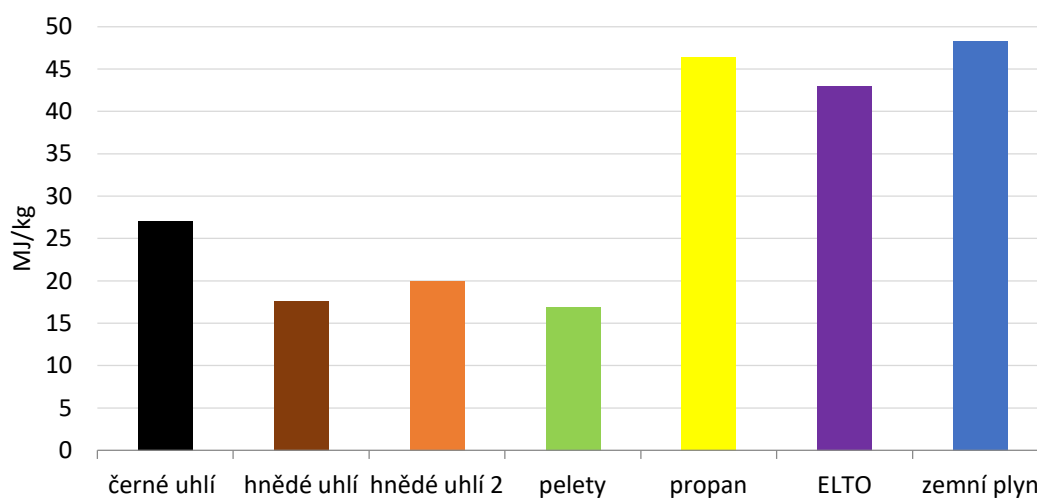
Výhřevnost zemního plynu v MJ/kg pro potřeby porovnání dle grafu 1.1 je dle přepočtu 1 m³ = 1,4 kg. [50]

Tabulka 1.3 Cena dodávky z centrálního zásobování ⁴⁵

Teplonosné medium	Produkt	Cena	Dodavatel
		[Kč/GJ]	
Horká voda	sekundární dodávka	578,30	ČEZ Teplárenská

Výše uvedené ceny jsou platné k měsíci únor 2019, jsou včetně DPH a dopravy.

Největší výhřevnost z porovnávaných paliv má zemní plyn, naopak nejmenší pak mají smrkové pelety.



Graf 1.1 Výhřevnosti paliv

2 Tepelné ztráty objektu a přehled teorie výpočtu

Tepelné ztráty objektu jsou složeny z tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním.

Tepelnou ztrátu prostupem tepla v objektu počítáme jako součet tepelné ztráty prostupem tepla stěnou, tepelné ztráty prostupem tepla podlahou a tepelné ztráty prostupem tepla stropem. Tepelnou ztrátu prostupem stěnou, v případě otvorů v této stěně, jako součet tepelných ztrát prostupem plnou stěnou a tepelných ztrát všech otvorů v této stěně. Jednotlivé ztráty prostupem tepla jsou znázorněny na obrázku 2.1. Hodnoty tepelných ztrát závisí na



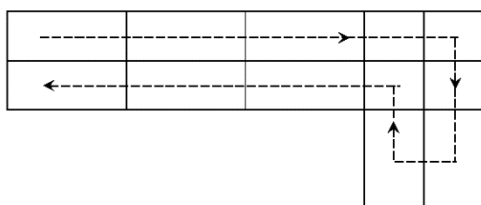
dané skladbě prostupující konstrukce, především pak na použitých materiálech jednotlivých dílů konstrukce a izolace, a dále pak na tloušťce těchto materiálů v konstrukci stěny, stropu či podlaze.

Obrázek 2.1 Znázornění jednotlivých ztrát prostupem tepla ^{57- upraveno}

Hodnoty tepelných ztrát budov jsou rozhodujícím parametrem nejen pro správnou volbu výkonu požadovaného zdroje v objektu, ale i pro stanovení velikosti otopných těles či podlahového vytápění jednotlivých místností.

Výpočet těchto hodnot můžeme provádět buď obálkovou metodou nebo metodou po místnostech.

Určení tepelných ztrát rodinného domu v této práci budeme provádět metodou po místnostech a budeme při tomto výpočtu čerpat především z norem ČSN 06 0210 a ČSN 73 0540.



Při výpočtu tepelných ztrát jednotlivých místností radíme tyto místnosti do pořadí ve výpočtu dle směru hodinových ručiček, jak znázorňuje obrázek 2.2. [1]

Obrázek 2.2 Příklad značení místností ^{1- upraveno}

2.1 Celková tepelná ztráta

Celkovou tepelnou ztrátou označujeme Q_c , jednotkou je 1W. Jedná se o součet tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním, přičemž je ponížena o případné trvalé tepelné zisky, jak je zřejmé ze vztahu 1. [1]

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

Q_v tepelná ztráta místnosti větráním, [W]

Q_z tepelný trvalý zisk. [W]

2.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla se značí Q_p , jednotkou je opět 1W. Mimo základní tepelné ztráty prostupem tepla zahrnuje i případné přírážky zohledňující polohu, konstrukci a způsob vytápění budovy. [1]

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

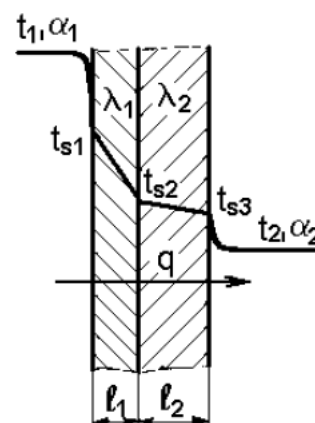
p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, [1]

p_2 přírážka na urychlení zátoku, [1]

p_3 přírážka na světovou stranu. [1]

2.2.1 Základní tepelná ztráta

Základní tepelná ztráta je značena Q_o , uvádíme ji ve W a je rovna součtu tepelných toků prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi, které ohraničují vytápěnou místnost a to do venkovního prostředí či do vedlejších místností.



Obrázek 2.3 Prostup tepla složenou rovinnou stěnou ⁵

Jestliže se vyskytne na vnější straně některé ze stavebních konstrukcí vyšší teplota, než jaká je teplota v posuzované místnosti, tak tepelný tok přes tuto stavební konstrukci má zápornou hodnotu.

Pak nehovoříme o tepelné ztrátě, ale o tepelném zisku, jenž zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti. [1]

$$Q_o = \sum k \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

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

S posuzovaná plocha konstrukce, $[\text{m}^2]$

t_i vnitřní teplota místnosti, $[\text{°C}]$

t_e venkovní teplota prostředí nebo teplota vedlejší místnosti. $[\text{°C}]$

2.2.1.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla značíme k , je udáván v $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a charakterizuje tepelně izolační schopnost konstrukce.

Jedná se o základní měrnou jednotku při stanovení tepelné ztráty budovy a určuje množství tepla procházející jedním metrem čtverečním konkrétní plochy konstrukce.

Čím vyšší je součinitel prostupu tepla, tím je přenesen větší objem tepla.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

kde α_i je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

α_e součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce, $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

l tloušťka jednotlivé vrstvy konstrukce, $[\text{m}]$

λ součinitel tepelné vodivosti materiálu. $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

2.2.2 Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

Tato přirážka pod označením p_1 umožňuje zvýšení vnitřní teploty tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo dosaženo ve vytápěné místnosti vnitřní teploty vztáženou k výpočtu základní tepelné ztráty.

Přirážka p_1 je závislá na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti. [1]

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [1] \quad (5)$$

kde k_c je průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti.
[W·m⁻²·K⁻¹]

2.2.2.1 Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (6)$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

S posuzovaná plocha konstrukce, [m²]

t_i vnitřní teplota místnosti, [°C]

t_e venkovní teplota prostředí nebo teplota vedlejší místnosti. [°C]

2.2.3 Přirážka na urychlení zátoku

Přirážku na urychlení zátoku p_2 zohledňujeme jen v případech, kdy ani při těch nejnižších venkovních teplotách není možné zabezpečit kontinuální, nepřerušovaný provoz vytápění. Týká se to především zdrojů vytápění na tuhá paliva do jmenovitého výkonu 150 kW. V těchto případech pak volíme přirážku p_2 ve výši 0,10 a to při denní době vytápění rovné či přesahující 16 hodin. Pokud je doba vytápění kratší než 16 hodin, pak přirážku p_2 stanovujeme dle ČSN 06 0220:1993 až do výše 0,2.

Ve většině případů však tuto přirážku neuvažujeme, protože je zajištěn nepřerušovaný provoz vytápění. Také se s touto přirážkou nepočítá, jestliže se jedná o akumulární vytápění. [1]

2.2.4 Přirážka na světovou stranu

Přirážka na světovou stranu p_3 závisí na poloze nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Pokud se jedná u jedné místnosti o dvě ochlazované konstrukce, pak rozhoduje situace rohu, do kterého se tyto dvě konstrukce sbíhají. [1]

Hodnoty přirážky p_3 jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1 Přírážka za světovou stranu¹

Světová strana	jih	jihozápad	západ	severozápad
Přírážka p_3	-0,05	0	0	0,05
Světová strana	sever	severovýchod	východ	jihovýchod
Přírážka p_3	0,1	0,05	0,05	0

2.3 Tepelná ztráta místnosti větráním

Tuto ztrátu můžeme považovat jako tepelný tok, který ohřeje venkovní vzduch pronikající do místností infiltrací.

Větrání můžeme rozlišit na dva typy, mechanické a přírodní. Strojní zařízení jako jsou vzduchotechnické rekuperační jednotky zajišťující mechanické větrání. Přírodní větrání způsobují netěsnosti oken či jiných neutěsněných otvorů, kdy dochází k proudění teplého vzduchu z budovy. [6,9]

Tepelná ztráta místnosti se označuje Q_v , uvádíme ji ve W a stanovíme dle vztahu 7.

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (7)$$

kde V_v je objemový tok větracího vzduchu, [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

t_i vnitřní teplota místnosti, [$^{\circ}\text{C}$]

t_e venkovní teplota prostředí nebo teplota vedlejší místnosti. [$^{\circ}\text{C}$]

2.3.1 Objemový tok větracího vzduchu

Objemový tok větracího vzduchu se označuje V_v , jednotkou je $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a jedná se o množství větracího vzduchu vyměněného v průběhu jedné hodiny

Tento tok musí vycházet z místních požadavků, ať už technologických či hygienických. Tyto požadavky jsou definovány potřebnou intenzitou výměny vzduchu. [1]

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

kde V_m je vnitřní objem posuzované místnosti, [m^3]

n kontrola intenzity výměny vzduchu infiltrací. [h^{-1}]

2.3.2 Intenzita výměny vzduchu infiltrací

Intenzita výměny vzduchu stanovuje, kolikrát během jedné hodiny bude vyměněn objem vzduchu v místnosti větracím vzduchem.

$$n = \frac{3600 \cdot \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (9)$$

kde	i_{LV}	je součinitel spárové průvzdušnosti, $[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0.67}]$
	L	délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří, [m]
	B	charakteristické číslo budovy, $[\text{Pa}^{0.67}]$
	M	charakteristické číslo místnosti, [1]
	V_m	je vnitřní objem posuzované místnosti. $[\text{m}^3]$

Do hodnoty $n = 1 - 1,5$ lze tepelnou ztrátu pokrýt otopným tělesem, v případě hodnot větších $n = 1,5$ je doporučeno užití teplovzdušného vytápění. [1]

Pro obytné místnosti se požaduje hodnota $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

V případě koupelen a toalet je $n = 4 - 6 \text{ hod}^{-1}$, kdy tuto výměnu můžeme zajistit pomocí ventilátorů a v kuchyních pak $n = 0,5 - 5 \text{ hod}^{-1}$, kde nám s výměnou vzduchu pomáhá užití digestoří.

Celková délka spáry L se určuje z jednotlivých rozměrů z dveří a otvíratelných oken.

Součinitel průvzdušnosti značí těsnost otvíratelné spáry dveřního či okenního otvoru. Jedná se o spáry mezi rámem jednotlivými křídly nebo mezi dvěma křídly, které na sebe navzájem přiléhají. Hodnoty tohoto součinitele jsou uvedeny v tabulce 2.2, vycházející z ČSN 73 0540-3, přílohy C. Tabulka, vzhledem k obsahu skutečné tabulky uvedené normy, je pouze výtahem hodnot pro daný druh okna nacházející se v posuzovaném objektu. [3]

Tabulka 2.2 Normové a výpočtové hodnoty součinitele prostupu tepla a spárové průvzdušnosti ²

Funkční spára ve výplni otvoru		Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti $i_{LV,N}$	
		Budova s větráním přirozeným nebo kombinovaným	Budova s větráním pouze nuceným
		$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$	$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$
Vstupní dveře do zádveří budovy při celkové výšce nadzemní části budovy do 8		$1,60 \cdot 10^{-4}$	$0,87 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vstupní dveře do budovy Dveře oddělující ucelené části budovy		$0,87 \cdot 10^{-4}$	$0,30 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vnější výplně otvorů při celkové výšce nadzemní části	do 8 m včetně	$0,87 \cdot 10^{-4}$	$0,10 \cdot 10^{-4}$

Charakteristické číslo místnosti M je závislé na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří. Tento poměr pak vychází ze čtyř případů, kdy v prvním z nich je průvzdušnost vnitřních dveří menší než průvzdušnost oken, v druhém pak je průvzdušnost oken přibližně stejná jako průvzdušnost oken, ve třetím případě je průvzdušnost vnitřních dveří větší než průvzdušnost oken a v posledním případě se jedná o místnosti bez vnitřních stěn. Krom posledního případu, tedy varianty místnosti bez vnitřních stěn, pak dále rozlišujeme místnosti dle počtu vnitřních dveří a dle jejich těsnosti. Dveře pak tedy můžeme rozdělit na dveře těsné a dveře netěsné. Hlavním faktorem těsnosti je přítomnost prahů dveří. Hodnoty charakteristického čísla místnosti jsou uvedeny v tabulce 2.3 a rovněž vycházejí z ČSN 06 0210. [1]

Tabulka 2.3 Charakteristické číslo místnosti M ¹

Vnitřní dveře		Hodnota součinu $\sum(i_{LV} \cdot L)$	Charakteristické číslo místnosti M
Těsnost	Počet		
---	[1]		[1]
těsné s prahy	1	$< 15 \cdot 10^{-4}$	0,7
		$(15 \text{ až } 25) \cdot 10^{-4}$	0,5
		$> 25 \cdot 10^{-4}$	0,4
	2	$< 30 \cdot 10^{-4}$	0,7
		$(30 \text{ až } 50) \cdot 10^{-4}$	0,5
		$> 50 \cdot 10^{-4}$	0,4
	3	$< 45 \cdot 10^{-4}$	0,7
		$(45 \text{ až } 75) \cdot 10^{-4}$	0,5
		$> 75 \cdot 10^{-4}$	0,4

Charakteristické číslo budovy B je závislé na rychlosti větru a volí se podle situace budovy vzhledem ke krajině. Polohu budovy pak rozlišujeme na chráněnou, nechráněnou a velmi nepříznivou. Dále je charakteristické číslo budovy závislé na druhu budovy, která může být řádová nebo osaměle stojící. Krajinu dále rozdělujeme na krajinu normální a krajinu s intenzivními větry a to dle rychlosti větru v krajině. Hodnoty charakteristického čísla budovy jsou uvedeny v tabulce 2.4 a vycházejí z ČSN 06 0210. [1]

Tabulka 2.4 Charakteristické číslo budovy B ¹

	Poloha budovy v krajině	Rychlost větru w	Charakteristické číslo budovy B	
			řádové budovy	osaměle stojící budovy
			[Pa ^{0,67}]	[Pa ^{0,67}]
Normální	nechráněná	6	6	8

2.4 Trvalé tepelné zisky

Tepelné zisky můžeme rozdělit na vnitřní a vnější tepelné zisky. Za vnitřní tepelné zisky můžeme považovat jakoukoliv tepelnou energii, která je vyprodukována ve vytápěné místnosti jinými zdroji, které nejsou součástí vytápění. Vnitřní tepelné zisky zahrnují produkci tepla lidí, produkci tepla elektronických zařízení, produkci tepla svítidel, produkci tepla elektromotorů a produkci tepla ventilátorů. Tepelné zisky z vnějšího prostředí tvoří tepelné zisky okny, tepelné zisky stěnami a tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu. [4,5]

2.4.1 Vnitřní tepelné zisky

$$Q_z = Q_l + Q_e + Q_{sv} + Q_m \text{ [W]} \quad (10)$$

kde Q_l je produkce tepla lidí, [W]

Q_e produkce tepla elektronických zařízení, [W]

Q_{sv} produkce tepla svítidel, [W]

Q_m produkce tepla elektromotorů. [W]

2.4.1.1 Produkce tepla lidí

Uvažuje se pouze s teplem citelným, které závisí na tělesné práci, teplotě vzduchu a skladby lidí. Jako výchozí, základní hodnota produkce tepla se počítá hodnota 62 W pro muže, při mírné aktivitě, např. u stolu a teplotě vzduchu 26 °C. V případě jiné teploty vzduchu

v místnosti se provádí korekce dle vztahu. Produkce tepla u žen a dětí je procentuálně ponížena, jak je zřejmé ze vztahu , tedy u žen na 85 % produkce tepla mužů a na 75% produkce tepla mužů u dětí. [6,9]

$$Q_l = i_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad [\text{W}] \quad (11)$$

kde i_l je počet lidí, [1]

t_i vnitřní teplota místnosti. [°C]

Počet lidí

$$i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad [1] \quad (12)$$

kde i_z je počet žen, [1]

i_d počet dětí, [1]

i_m počet mužů. [1]

2.4.1.2 Produkce tepla elektronických zařízení

Teplu je produkováno ze zařízení, jako jsou televizory či jiná zařízení pro multimediální domácí zábavu (rádia, přehrávače) a zařízení výpočetní techniky (počítače, tiskárny, modemy, atd.) [6,9]

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P \quad [\text{W}] \quad (13)$$

kde c_1 je součinitel současnosti chodu [1]

c_3 průměrné zatížení zařízení, [1]

$\sum P$ celkový příkon zařízení. [W]

2.4.1.3 Produkce tepla svítidel

Teplu vyrobené ze svítidel je uvažováno jen v případech, kdy jsou svítidla v provozu i přes den, v době špičkových tepelných zisků. Jsou to prostory, kde je nutno trvalého osvětlení k charakteru využívání budovy (muzea, galerie) či budovy bez oken (kina, divadla). A dále pak v prostorách s nedostatečným osvětlením a vyšší, intenzivnější potřeby světla po celý den. (konstrukce, projekce). Umělé osvětlení se rovněž uvažuje u hlubších místností, kde vzdálenost od okna je větší než 5 metrů. [6,9]

3 Tepelné ztráty posuzovaného objektu

3.1 Popis rodinného domu

Posuzovaným objektem této práce je rodinný dům, který se nachází v obci Prušánky nedaleko okresního města Hodonín. Jedná se o přízemní dům typu bungalov, se sedlovou střechou. Dům není podsklepen, půda je odvětrávána a částečně využívána pouze jako sklad. Objekt tvoří jednu bytovou jednotku složenou z obývacího pokoje a kuchyně, dvou dětských pokojů, ložnice, koupelny, technické místnosti, komory, toalety, chodby a zádveří. Rozměry jednotlivých místností jsou uvedeny v tabulkách. Jedná se o montovanou panelovou dřevostavbu. Vytápění je zajištěno elektrokotlem. Topení je teplovodní, podlahové.



Obrázek 3.1 Fotografie posuzovaného objektu

Tabulka 3.1 Součinitelé přestupu tepla α_i a α_e ³

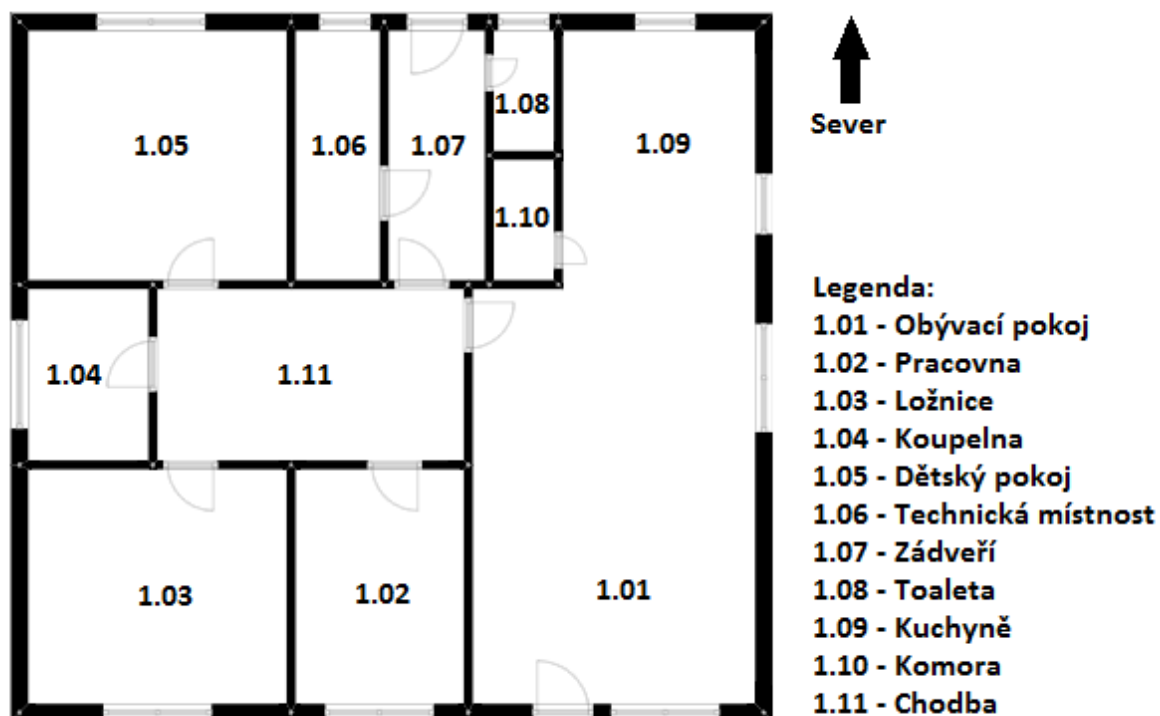
Povrch, poloha a druh stavební konstrukce		Součinitel přestupu tepla α_i	Součinitel přestupu tepla α_e
objekty pozemních staveb		[W·m⁻²·K⁻¹]	[W·m⁻²·K⁻¹]
vnější	zimní období	---	23
vnitřní, zimní i letní období	svislá konstrukce	8	---
	vodorovná konstrukce při tepelném toku zdola nahoru		

3.1.1 Přehled materiálu a místností domu

Tabulka 3.2 Přehled místností, jejich výpočtových teplot a přírážky p_3 ¹

Číslo místnosti	Pokoj	Vnitřní teplota místnosti t_i	Venkovní teplota prostředí t_e	Přirážka p_3
		[°C]	[°C]	[1]
1	Obývací pokoj	20	-12	0
2	Pracovna	20	-12	-0,05
3	Ložnice	20	-12	0
4	Koupelna	20	-12	0
5	Dětský pokoj	20	-12	0,05
6	Technická místnost	15	-12	0,1
7	Zádveří	15	-12	0,1
8	Toaleta	20	-12	0,1
9	Kuchyně	20	-12	0,05
10	Komora	15	-12	0
11	Chodba	15	-12	0

Venkovní teplota prostředí t_e stanovena pro lokalitu Hodonín.



Obrázek 3.2 Půdorys domu

Tabulka 3.3 Skladba obvodové stěny

Č.	Skladba (interiér → exteriér)	tloušťka l	součinitel tepelné vodivosti λ
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
1a	Omítka	0,002	0,54
1b	Keramický obklad RAKO	0,04	1,01
2	Sádrokartonová protipožární deska Knauf Red 18 GKF	0,018	0,21
3	PE folie	0,0015	0,35
4a	Minerální izolace ze skelných vláken Isover Domo	0,15	0,039
4b	Smrkové hranoly	0,15	0,18
5	Sádrovláknitá deska Knauf Vidiwall 12,5 SK	0,0125	0,25
6	Fasádní deska z pěnového polystyrenu Isover EPS 70F	0,1	0,039
7	Armovaná fasádní stěrka + Silikonová probarvená	0,005	0,7

Tabulka 3.4 Skladba stropu

Č.	Skladba stropu (interiér → exteriér)	tloušťka l	součinitel tepelné vodivosti λ
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
1	Omítka	0,002	0,54
2	Sádrokartonová deska Knauf Red 12,5 GKF	0,0125	0,21
3	PE folie	0,0015	0,35
4a	Foukaná celulóza CIUR Climatizer	0,25	0,038
4b	Foukaná celulóza CIUR Climatizer / Smrkové trámy	0,5 / 0,2	0,038 / 0,18

Tabulka 3.5 Skladba podlahy

Č.	Skladba podlahy (interiér → exteriér)	tloušťka l	součinitel tepelné vodivosti λ
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
1a	Laminátová podlaha Haro 75	0,007	0,15
1b	Keramická dlažba RAKO	0,007	1,01
2	Mirelon	0,003	0,046
3	Podlahová sádrokartonová deska Knauf F 146	0,025	0,21
4	Podlahový polystyren Isover EPS 100	0,10	0,039
5	PE folie	0,0015	0,35
6	ŽB deska 2500	0,08	1,58
7	Modifikovaný asfaltový pás Sklodek 40	0,004	0,21
8	ŽB deska 2500	0,15	1,58

Tabulka 3.6 Vrchní vrstva stěn a podlah místností

Číslo místnosti	Pokoj	Vrchní vrstva obvodové stěny	Vrchní vrstva podlahy
1	Obývací pokoj	Omítka	Laminátová podlaha
2	Pracovna	Omítka	Laminátová podlaha
3	Ložnice	Omítka	Laminátová podlaha
4	Koupelna	Keramický obklad	Keramická dlažba
5	Dětský pokoj	Omítka	Laminátová podlaha
6	Technická místnost	Omítka	Keramická dlažba
7	Zádveří	Omítka	Keramická dlažba
8	Toaleta	Keramický obklad	Keramická dlažba
9	Kuchyně	Omítka	Keramická dlažba
10	Komora	Omítka	Keramická dlažba
11	Chodba	Omítka	Laminátová podlaha

3.2 Výpočet tepelných ztrát objektu

Celkové tepelné ztráty objektu

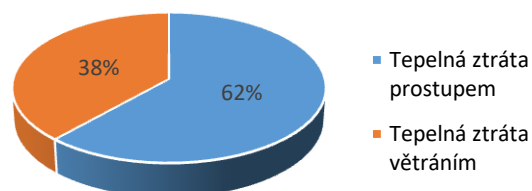
Dosadím do vzorce 1:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z = 2\,982,82 + 1\,847,65 - 0 = 4\,830,47 \text{ W}$$

$$Q_p = 2\,982,82 \text{ W}$$

$$Q_v = 1\,847,65 \text{ W}$$

$$Q_z = 0 \text{ W}$$



Graf 3.1 Podíl jednotlivých tepelných ztrát

3.2.1 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla pro celý objekt je součtem této ztráty pro jednotlivé místnosti domu. Hodnoty těchto ztrát pro jednotlivé místnosti byly spočteny pomocí programu MS Office Excel a jsou uvedeny v tabulce 3.7

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p4} + Q_{p6} + Q_{p7} + Q_{p8} + Q_{p9} + Q_{p10} + Q_{p11}$$

$$Q_p = 795,26 + 233,03 + 394,57 + 194,82 + 432,03 + 98,02 + \\ + 220,51 + 74,29 + 374,62 + 19,54 + 146,13$$

$$Q_p = 2\,982,82 \text{ W}$$

Pro vzorový výpočet jsem zvolil místnost č. 1 – obývací pokoj.

Dosadím do vzorce 2:

$$Q_{P1} = Q_{O1} \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 769,62 \cdot (1 + 0,03331 + 0 + 0) = 795,26 \text{ W}$$

$$Q_{O1} = 769,62 \text{ W}$$

$$p_1 = 0,03331$$

$$p_2 = 0 - \text{vzhledem k předpokládanému nepřerušovanému provozu vytápění}$$

$$p_3 = 0 - \text{vzhledem k situaci rohu místnosti na jihovýchod, viz tabulka 3}$$

Přirážka

Dosadím do vzorce 5:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,2221 = 0,03331$$

$$k_c = 0,2221 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti.

Dosadím do vzorce 6:

$$k_c = \frac{Q_{o1}}{\sum S_1 \cdot (t_i - t_e)} = \frac{769,62}{108,30 \cdot (20 - (-12))} = 0,2221 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$Q_o = 769,62 \text{ W}$$

$$S_1 = 108,30 \text{ m}^2$$

$$t_i = 20 \text{ °C}$$

$$t_e = -12 \text{ °C}$$

3.2.1.1 Základní tepelná ztráta prostupem tepla

Pro zvolenou místnost v ukázkovém výpočtu je základní tepelná ztráta prostupem tepla složena z prostupu tepla přes obvodové stěny, strop, podlahu a okna.

$$Q_{O1} = Q_{Oz1} + Q_{Os1} + Q_{Op1} + Q_{Ook1} = 139,90 + 178,62 + 173,23 + 277,88 = 769,62 \text{ W}$$

a) Základní tepelná ztráta prostupem tepla přes obvodové stěny

Dosadím do vzorce 3:

$$Q_{Ozi1} = k_{zi1} \cdot S_{zi1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 0,163 \cdot 15,63 \cdot (20 - (-12)) = 81,77 \text{ W}$$

$$k_{zi1} = 0,163 \text{ W}$$

$$S_{zi1} = 15,63 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Ozd1} = k_{zd1} \cdot S_{zd1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 0,296 \cdot 6,14 \cdot (20 - (-12)) = 58,13 \text{ W}$$

$$k_{zd1} = 0,296 \text{ W}$$

$$S_{zd1} = 6,14 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Oz1} = Q_{Ozi1} + Q_{Ozd1} = 81,77 + 58,13 = 139,90 \text{ W}$$

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny

Dosadím do vzorce 4:

$$k_{zi1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{l_5}{\lambda_5} + \frac{l_6}{\lambda_6} + \frac{l_7}{\lambda_7} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$k_{zi1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,54} + \frac{0,018}{0,21} + \frac{0,0015}{0,35} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{1}{23}}$$

$$k_{zi1} = 0,148 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \rightarrow k_{zi1} = 0,148 \cdot 1,1 = 0,163 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$k_{zd1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,54} + \frac{0,018}{0,21} + \frac{0,0015}{0,35} + \frac{0,15}{0,18} + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{1}{23}}$$

$$k_{zd1} = 0,269 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \rightarrow k_{zd1} = 0,269 \cdot 1,1 = 0,296 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Hodnoty α_i , α_e jsou uvedeny v tabulce 3.1 a hodnoty l , λ pak v tabulce 3.3.

Součinitele prostupu tepla obvodové stěny byly vypočteny dvojí, jednak pro prostup přes izolaci k_{zi1} , jednak prostupem přes dřevěnou konstrukci k_{zd1} , která tvoří nosnou konstrukci stěny.

K vypočteným hodnotám součinitele prostupu tepla byly zohledněny tepelné mosty v podobě přírážky ve výši 10%.

b) Základní tepelná ztráta prostupem tepla přes strop

Dosadím do vzorce 3:

$$Q_{Osi1} = k_{si1} \cdot S_{si1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 0,161 \cdot 31,05 \cdot (20 - (-12)) = 160,38 \text{ W}$$

$$k_{si1} = 0,161 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S_{si1} = 31,05 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Osd1} = k_{sd1} \cdot S_{sd1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 0,413 \cdot 1,38 \cdot (20 - (-12)) = 18,24 \text{ W}$$

$$k_{sd1} = 0,413 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S_{sd1} = 1,38 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Os1} = Q_{Osi1} + Q_{Osd1} = 160,38 + 18,24 = 178,62 \text{ W}$$

Součinitel prostupu tepla stropu

Dosadím do vzorce 4:

$$k_{si1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$k_{si1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,54} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,0015}{0,35} + \frac{0,25}{0,038} + \frac{1}{23}}$$

$$k_{si1} = 0,146 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \rightarrow k_{si1} = 0,146 \cdot 1,1 = 0,161 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$k_{sd1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,54} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,0015}{0,35} + \frac{0,2}{0,18} + \frac{0,05}{0,038} + \frac{1}{23}}$$

$$k_{sd1} = 0,375 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \rightarrow k_{sd1} = 0,375 \cdot 1,1 = 0,413 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Hodnoty α_i , α_e jsou uvedeny v tabulce 3.1 a hodnoty l , λ pak v tabulce 3.4.

Součinitele prostupu tepla obvodové stěny byly vypočteny dvojí, jednak pro prostup přes izolaci k_{si1} , jednak prostupem přes dřevěnou konstrukci k_{sd1} , která tvoří nosnou konstrukci střechy.

K vypočteným hodnotám součinitele prostupu tepla byly zohledněny tepelné mosty v podobě přírážky ve výši 10%.

Vzhledem k tomu, že skladba stropu je u všech místností stejná, mohu vypočtený součinitel prostupu tepla použít i pro ostatní místnosti a není nutno je počítat pro každou místnost zvlášť.

c) Základní tepelná ztráta prostupem tepla přes podlahu

Dosadím do vzorce 3:

$$Q_{op1} = k_{p1} \cdot S_{p1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 0,356 \cdot 32,43 \cdot (20 - 5) = 173,23 \text{ W}$$

$$k_{p1} = 0,356 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S_{p1} = 32,43 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_e = 5^\circ\text{C}$$

Součinitel prostupu tepla podlahy

Dosadím do vzorce 4:

$$k_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{l_5}{\lambda_5} + \frac{l_6}{\lambda_6} + \frac{l_7}{\lambda_7} + \frac{l_8}{\lambda_8}}$$

$$k_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,007}{0,15} + \frac{0,003}{0,046} + \frac{0,025}{0,21} + \frac{0,10}{0,039} + \frac{0,0015}{0,35} + \frac{0,08}{1,58} + \frac{0,004}{0,21} + \frac{0,15}{1,58}}$$

$$k_{p1} = 0,324 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \rightarrow k_{p1} = 0,324 \cdot 1,1 = 0,356 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Hodnoty α_i , α_e jsou uvedeny v tabulce 3.1 a hodnoty l , λ pak v tabulce 3.5.

K vypočteným hodnotám součinitele prostupu tepla byly zohledněny tepelné mosty v podobě přírážky ve výši 10%.

d) Základní tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře

Pro ukázkovou výpočtovou místnost uvažujeme pouze přestup přes okna a terasové dveře, přičemž terasové dveře považujeme za okno.

Dosadím do vzorce 3:

$$Q_{Ok1} = k_{ok} \cdot S_{ok1} \cdot (t_{i1} - t_e) = 1,035 \cdot 8,39 \cdot (20 - (-12)) = 277,88 \text{ W}$$

$$k_{ok} = 1,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S_{ok1} = 8,39 \text{ m}^2$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.2.2 Tepelná ztráta místnosti větráním

Tepelná ztráta větráním přes strop pro celý objekt je součtem této ztráty pro jednotlivé místnosti domu. Hodnoty těchto ztrát pro jednotlivé místnosti byly spočteny pomocí programu MS Office Excel a jsou uvedeny v tabulce 3.7

$$Q_V = Q_{V1} + Q_{V2} + Q_{V3} + Q_{V4} + Q_{V5} + Q_{V6} + Q_{V7} + Q_{V8}$$

$$Q_V = 487,17 + 164,04 + 251,92 + 125,23 + 268,07 + 76,30 + 213,86 + 60,80 + 200,25$$

$$Q_V = 1\,847,65 \text{ W}$$

Vzorový výpočet pro místnost č. 1 – obývací pokoj.

Tepelná ztráta místnosti větráním

Dosadím do vzorce 7:

$$Q_{V1} = 1300 \cdot V_{V1} \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,11711 \cdot (20 - (-12)) = 487,17 \text{ W}$$

$$V_{V1} = 0,11711 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{i1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Objemový tok větracího vzduchu

Dosadím do vzorce 8:

$$V_{V1} = \frac{n_H}{3600} \cdot V_m = \frac{0,5}{3600} \cdot 84,32 = 0,11711 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_m = 84,32 \text{ m}^3$$

$$n_H = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

Intenzita výměny vzduchu infiltrací

Dosadím do vzorce 9:

$$n = \frac{3600 \cdot \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} = \frac{3600 \cdot (0,000087 \cdot 21,4) \cdot 8 \cdot 0,7}{84,32} = 0,44515 \text{ h}^{-1}$$

$n < 0,5$ – nespĺňuje podmínku $n > n_H = 0,5$ – dosazují do dalšího výpočtu n_H

$$i_{LV} = 0,000087 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$$

$$L = 21,4 \text{ m}$$

$$B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$$

$$M = 0,7$$

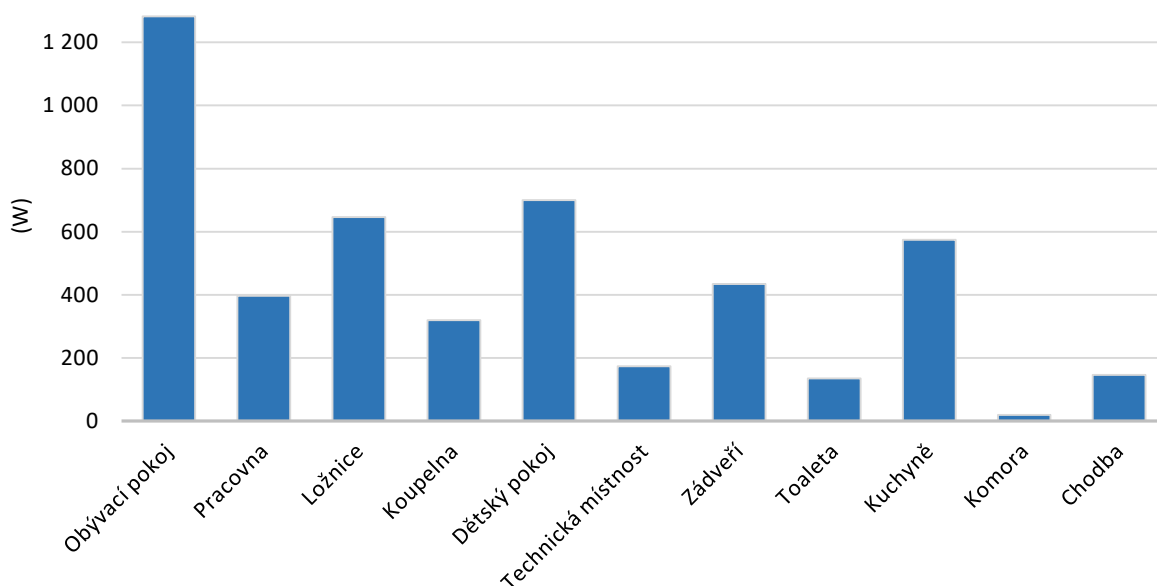
$$V_m = 84,32 \text{ m}^3$$

3.2.3 Trvalé tepelné zisky

Vzhledem k tomu, že porovnáváme zdroje tepla, kde uvažujeme pokrytí největší potřeby tepla, trvalé tepelné zisky neuvažujeme.

Tabulka 3.7 Přehled tepelných ztrát

Pořadové číslo	Místnost	Celková tepelná ztráta Q_c	Tepelná ztráta prostupem tepla Q_p	Tepelná ztráta větráním Q_v
		[W]	[W]	[W]
1	Obývací pokoj	1 282,43	795,26	487,17
2	Pracovna	397,07	233,03	164,04
3	Ložnice	646,50	394,57	251,92
4	Koupelna	320,05	194,82	125,23
5	Dětský pokoj	700,10	432,03	268,07
6	Technická místnost	174,32	98,02	76,30
7	Zádveří	434,37	220,51	213,86
8	Toaleta	135,09	74,29	60,80
9	Kuchyně	574,86	374,62	200,25
10	Komora	19,54	19,54	0,00
11	Chodba	146,13	146,13	0,00



Graf 3.2 Celkové tepelné ztráty jednotlivých místností

4 Zdroje vytápění

Vytápění prostoru rodinných domů můžeme zjednodušeně rozdělit na dvě základní provedení – lokální a ústřední vytápění. U lokálního vytápění je zdroj tepla umístěn přímo ve vytápěné místnosti, bez dalších rozvodů. (WAF, krby, kamna). Při ústředním vytápění je zdroj tepla umístěn v kotelně, technické místnosti či jiné místnosti tomu určené, a distribuce tepla je zajišťována dalšími rozvody. (kotle, tepelná čerpadla)

V případě ústředního vytápění je nejčastějším zdrojem tepla kotel, ve kterém je spalováno palivo a následně je ohřívána teplotonosná látka.

Za zdroj tepelné energie lze považovat zařízení, které přeměňuje dodávanou energii na energii tepelnou využívanou k vytápění či ohřevu teplé vody. Nejčastějším zástupcem těchto zdrojů jsou kotle. [7,12,14]

Kotle pro rodinné domy můžeme rozdělit dle následujících základních hledisek:

- a) dle druhu paliva: kotle na plynná paliva – zemní plyn, plyn
kotle na kapalná paliva – topné oleje
kotle na pevná paliva – uhlí, dřevo
elektrokotle – přímotopné, akumulární
- b) dle umístění kotle: kotle závěsné – zavěšené na zdi
kotle stacionární – postavené na podlaze
- c) dle přísunu paliva: kotle s ruční dodávkou – ruční přikládání
kotle se samočinnou dodávkou
- d) dle použitého materiálu: kotle litinové
kotle ocelové
kotle z ostatních materiálů

V této kapitole popisují pouze zdroje, které jsou předmětem porovnání nákladů. Nejdříve je uveden stručný princip každého zdroje tepla, následně pak samotný výběr konkrétního kotle.

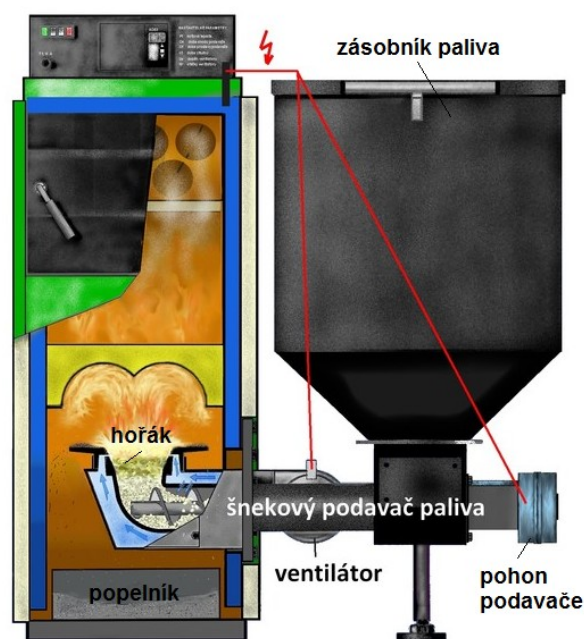
4.1 Popis zdrojů tepla

4.1.1 Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva pro rodinné domy můžeme rozdělit na kotle s ručním přikládáním a automatické kotle. V prvním případě dochází k dodávce paliva manuálně, ručním přikládáním obsluhou, v druhém pak dochází k přísunu paliva do kotle samočinně. Obsluha v tomto případě nemusí přikládat, nicméně jednou za čas musí doplnit zásobník paliva, ze kterého je palivo do kotle dopravováno. Jak kotle s ručním přikládáním, tak kotle automatické mohou být provedeny jako litinové či ocelové. Litinové kotle jsou provedeny jako sestava více článků. Počet článků je odvozen od požadovaného výkonu kotle. Vždy v sestavě zůstávají krajní články a doplňují se nebo ubírají články vnitřní. Ocelové kotle jsou samostatným celkem.

Co se týče typu uvedených kotlů, jsem zvolil automatické kotle a to z důvodu požadavku co nejmenší náročnosti na obsluhu. Tyto kotle sice nejsou úplně bezobslužné, je třeba doplňovat palivo do zásobníku a vynášet popel, nicméně již není nutné manuálně přikládat palivo přímo do kotle a zmíněné doplňování paliva je možné provádět cirká jednou za 5 dní, dle potřeby tepla a velikosti zásobníku. Tyto kotle se téměř přibližují komfortu kotlů na plynná či kapalná paliva právě z důvodu automatizace díky přítomné řídicí jednotce. Tato jednotka řídí celý proces spalování probíhající v kotli a v případě požadavku na teplo je palivo pomocí dopravníku dopravováno do kotle. Rovněž reguluje výkon kotle dle aktuální potřeby tepla. Kotle mohou být vybaveny nejčastěji retortovým nebo univerzálním hořákem.

Sestava automatického kotle je ve většině případů složena ze samotného kotle, hořáku, elektronické řídicí jednotky, šnekového podavače (může být i pístový) a násypky paliva. V kotli se nachází hořák sloužící pro zapálení paliva. Ve spodní části kotle je umístěna výsypka pro popel, který do výsypky přepadává přes okraj hořáku. V kotli jsou zapuštěny trubky, v kterých proudí voda, které přijímají teplo ze spalin vzniklých spálením paliva. Zahřátá voda je hnána do otopné soustavy oběhovým čerpadlem. [12,23,53]

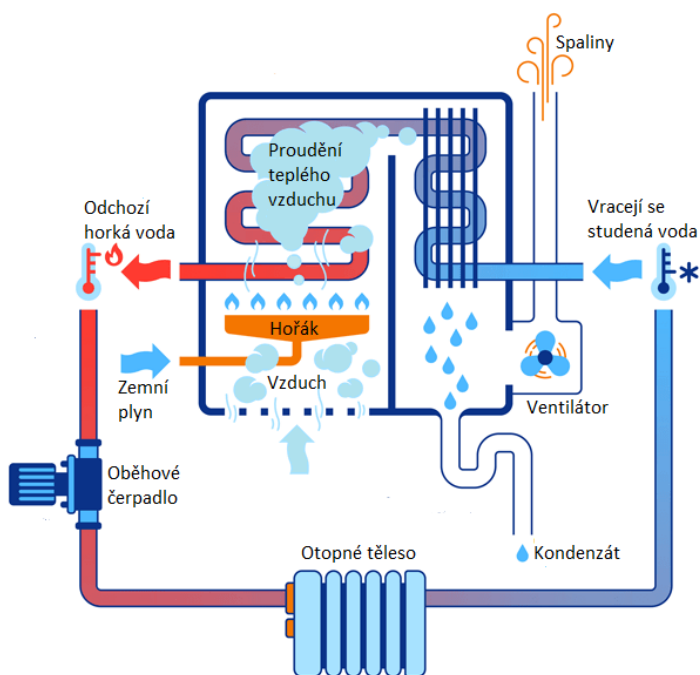


Obrázek 4.1 Schéma automatického kotle ⁴⁸⁻upraveno

4.1.2 Kotle na plynná a kapalná paliva

V rámci plyných a kapalných paliv jsem jako zdroj tepla spalující tyto paliva vybral kotel na zemní plyn, propan a extra lehké topné oleje. Provedení těchto kotlů je dle způsobů umístění, tedy buď závěsné či stacionární. Další provedení je odvislé, zda jsou kotle pouze pro vytápění či i pro přípravu teplé vody. V případě možnosti přípravy teplé vody hovoříme o kotlích kombinovaných, které mohou být s vnitřním či vnějším ohřevem teplé vody.

Pro spalování zemního plynu jsem vybíral mezi závěsnými kondenzačními plynovými kotli. Klasické atmosférické kotle se už téměř nenabízejí.



Obrázek 4.2 Princip kondenzačního kotle ^{55- upraveno}

Kondenzační kotle jak již je patrné z jejich názvu využívají kondenzaci vodní páry a tepla obsažené ve spalinách. Ochlazená vracející se voda z otopné soustavy, tzv. zpátečka, je nejdříve předehřívána od teploty spalin přičemž se následně dohřeje na požadovanou teplotu. Vzhledem k tomu, že teplota této vody, resp. materiál výměníku ochlazovaný touto vodou je nižší než teplota spalin, dojde k ochlazení vodní páry obsažených ve spalinách pod jejich teplotu rosného bodu a tím ke změně jejich skupenství. V okamžiku, kdy dojde ke kondenzaci, se uvolňuje teplo. [7,12,52,57]

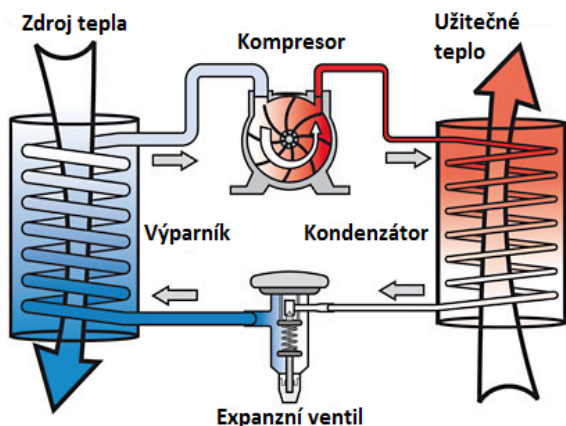
Princip kondenzace využívají jak kotle na zemní plyn, tak na propan a extra lehký topný olej.

4.1.3 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo pracuje na principu chladicího zařízení, jedná se de facto o obrácenou ledničku. Jedná se o odebrání tepla z jednoho prostředí a předávání tohoto tepla prostředí jinému. Aby ovšem tepelné čerpadlo mohlo plnit svou funkci, potřebuje dodatečnou energii pro pohon kompresoru, což je jedna z částí tepelného čerpadla.

Základní rozdělení tepelných čerpadel je odvozeno od zdroje nízkopotencionálního tepla a druhu média předávající teplo k vytápění. Teplo okolního prostředí je odebíráno ze vzduchu, vody nebo země. Látka, kterou je tepelná energie distribuována, je voda nebo vzduch. Označení tepelných čerpadel dle zmíněných možností je vzduch – voda, voda – voda, země – voda, vzduch – vzduch.

Odebírané teplo z okolí je ve výparníku, což je první část tepelného čerpadla, předáváno



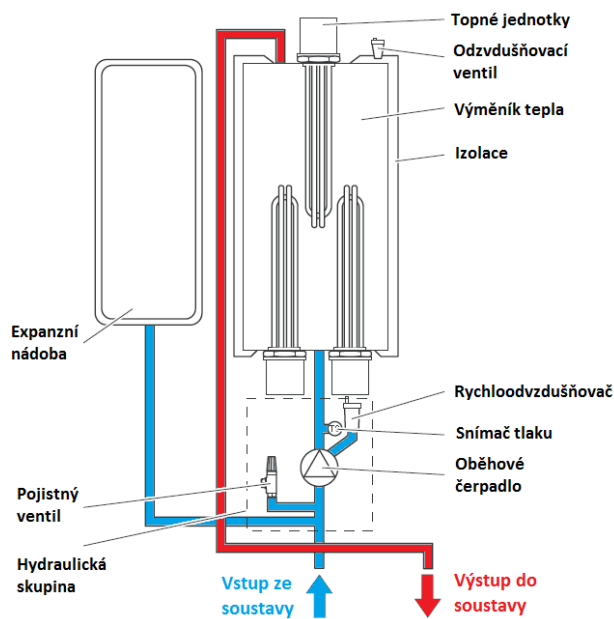
teplonosné látce, kterou je chladicí kapalina. Tato látka je následně v druhé části tepelného čerpadla, kompresoru, stlačena na vyšší tlak, čímž stoupne její teplota. Ve třetí části, kterou je kondenzátor, se tato vyšší teplota přenáší na látku, která předává teplo do vytápěného objektu. V poslední, čtvrté části, expanzním ventilu se chladivo roztahuje a je připraveno na další, výše popsaný, cyklus. [8, 15]

Obrázek 4.3 Princip tepelného čerpadla ⁵⁶⁻upraveno

Pro potřeby této práce jsem volil tepelné čerpadlo v provedení vzduch – voda, vzhledem k tomu že je to nejlevnější teplovodní varianta a je nejméně náročná na instalaci.

4.1.4 Elektrokotel

Princip elektrokotle spočívá v ohřevu vody přivedené z otopné soustavy do kotle. Tento ohřev zajišťují topné jednotky či patroly, které se při připojení elektrického proudu rozehřejí a následně topné vodě předávají požadované teplo. Zahřátá topná voda se pak vrací do otopné soustavy. Pokud jsme princip tepelného čerpadla přirovnali k obrácené chladničce, pak princip elektrokotle můžeme přirovnat k rychlovarné konvici. [7,8,14]



Obrázek 4.4 Schéma elektrokotle ⁴⁹⁻upraveno

4.2 Výběr zdroje tepla

Z nabídky kotlů na trhu byly vybrány čtyři nejvhodnější, přičemž hlavním kritériem byl rozsah výkonu a cena. Z těchto čtyř kotlů následně byl vybrán pouze jeden kotel, s nímž je dále pracováno.

4.2.1 Kotel na černé uhlí

Tabulka 4.1 Přehled kotlů na černé uhlí a jejich parametry^{20, 21, 22, 23}

Výrobce	Typové označení	Účinnost η_k	Výkon	Cena	Emisní třída
		[%]	[kW]	[Kč]	[1]
Buderus	Logano S181 E	88	4,5 – 15,0	71 148,-	4
Dakon	DOR N Automat 15	88	4,5 – 15,0	71 148,-	4
OPOP	H815-C	92	4,3 – 15,0	79 135,-	5
Tekla	Draco Versa 17	91	5,1 – 17,0	78 287,-	5

Kotle společností Buderus a Dakon jsou vhodné jak pro spalování hnědého, tak i černého uhlí. Kotel Tekla má vyšší účinnost než předešlé zmíněné zdroje a splňuje pátou emisní třídu. Jako zdroj vytápění spalující černé uhlí jsem zvolil kotel značky OPOP. Je sice nejdražší z porovnávaných kotlů, i když ne příliš, je ovšem určen pouze pro spalování černého uhlí, má nejvyšší účinnost a splňuje emisní třídu 5. Rovněž má nepřijatelnější rozsah výkonu. Z těchto důvodů přes vyšší pořizovací cenu volím právě tento kotel.



Kotel OPOP H815-C je automatický kotel s minimálními nároky na prostor díky velmi malým rozměrům celé sestavy. Zásobník o objemu 203 litrů lze osadit jak zprava, tak zleva. Kotel je vybaven řídicí jednotkou pro snadné ovládání, kterou lze rozšířit o GSM modul nebo internetový modul pro vzdálené ovládání kotle. Rovněž lze k jednotce připojit pokojový termostat. [23]

Obrázek 4.5 Kotel OPOP²³

4.2.2 Kotel na hnědé uhlí

Tabulka 4.2 Přehled kotlů na hnědé uhlí a jejich parametry^{18, 20, 21, 23}

Výrobce	Typové označení	Účinnost η_k	Výkon	Cena	Emisní třída
		[%]	[kW]	[Kč]	[1]
Benekov	B14 Economix	89	4,2 – 14,0	64 118,-	4
Buderus	Logano S181 E	86	4,5 – 15,0	71 148,-	4
Dakon	DOR N Automat 15	86	4,5 – 15,0	71 148,-	4
OPOP	H815-A	92	4,4 – 15,0	77 319,-	4

Nejlepší parametry i cenu z porovnávaných kotlů má kotel Benekov. Nejen, že je z těchto kotlů nejlevnější, má i nejvyšší uváděnou účinnost a nejvhodnější rozsah výkonu. Proto jsem jej zvolil do porovnání zdrojů jako zástupce kotlů spalující hnědé uhlí.



Kotel Benekov B14 Ecomix je kompaktním automatickým kotlem, který je vhodný pro vytápění dobře zateplených rodinných domů. Dle výrobce se jedná o nejmenší automatický kotel na uhlí a jako palivo doporučuje bílinské hnědé uhlí, konkrétně ořech 2. Kotel je vybaven řídicí jednotkou a litinovým hořákem. Objem zásobníku je 180 litrů. [18]

Obrázek 4.6 Kotel Benekov¹⁸

4.2.3 Kotel na peletky

Tabulka 4.3 Přehled kotlů na peletky a jejich parametry^{17, 20, 21, 30}

Výrobce	Typové označení	Účinnost η_k	Výkon	Cena	Emisní třída
		[%]	[kW]	[Kč]	[1]
Atmos	D 15 X	92	4,0 – 15,0	87 640,-	5
Buderus	Logano S181 E - pelety	88	4,5 – 15,0	72 358,-	5
Dakon	DOR N Automat 15 pelety	88	4,5 – 15,0	72 358,-	5
Viadrus	A0C-A16P	90	5,0 – 16,5	66 054,-	5

Z uvedených kotlů je nejdražší výrobek Atmos, nicméně je nutno podotknout, že má nejvyšší deklarovanou účinnost. Ovšem rozdíl v ceně oproti ostatním značkám je poměrně významný. Cena kotle Viadrus je uvedena pouze za samotný kotel, bez zásobníku. Všechny kotle splňují Ekodesign. Vybíral jsem tedy nakonec ze dvou značek – Buderus a Dakon, přičemž se jedná o identické výrobky z jednoho koncernu. Oba mě zaujaly nejen cenou, ale i kompaktními rozměry. Zvolil jsem kotel Dakon, jedná se o českou značku s dlouholetou tradicí.



Kotel Dakon DOR N Automat Pelety je ocelový kotel s automatickým doplňováním paliva určený pro spalování dřevěných pelet. Výrobce pro tento kotel předepisuje jako palivo dřevěné pelety A1. Provedení kotle je pravolevé, což umožňuje přizpůsobení umístění kotle dle situace v kotelně. Zásobník paliva má objem 240 litrů, podávání paliva a množství spalovacího vzduchu je řízeno pomocí elektricky řízené jednotky. [21]

Obrázek 4.7 Kotel Dakon ²¹

4.2.4 Kotel na zemní plyn

Tabulka 4.4 Přehled kotlů na zemní plyn a jejich parametry ^{20, 25, 27, 31}

Výrobce	Typové označení	Účinnost	Výkon	Cena	Emisní
		η_k			třída
		[%]	[kW]	[Kč]	[1]
Buderus	Logamax Plus GB062	98	3,3 – 14,0	41 927,-	5
Protherm	Gepard Condens	97	4,3 – 12,7	39 325,-	5
Thermona	Therm 14 KDN	97	3,2 – 14,8	34 969,-	5
Viadrus	K4D1N16ZD	93	3,0 – 16,0	35 078,-	5

Z porovnávaných zdrojů na různá paliva má největší zastoupení co do rozsahu nabídky a zastoupení výrobců kotle spalující zemní plyn. Cenový rozsah či účinnosti jsou velmi podobné a nejsou tak výrazné rozdíly. Některé z těchto výrobků spalují krom zemního plynu i propan a jsou tedy uvedené i v následující kapitole věnované právě tomuto palivu. V této kategorii jsem dal přednost kotli Thermona s nejnižší cenou z uvedených zdrojů.



Kotel Thermona Therm 14 KDN je nástěnný plynový kondenzační kotel ze střední produktové řady Optimum Condens. Základem kotle je kondenzační těleso s nerezovým výměníkem. Kotel má vestavěnou ekvitermní regulaci a řídicí automatikou komunikující s inteligentními regulátory. Kotel je osazen úsporným elektronicky řízeným oběhovým čerpadlem a vyznačuje se kompaktními rozměry a tichým chodem. Palivem je zemní plyn nebo propan. [27]

Obrázek 4.8 Kotel Thermona²⁷

4.2.5 Kotel na propan

Tabulka 4.5 Přehled kotlů na propan a jejich parametry^{20, 24, 28, 31}

Výrobce	Typové označení	Účinnost	Výkon	Cena	Emisní třída
		η_k [%]	[kW]	[Kč]	[1]
Buderus	Logamax Plus GB062	96	3,3 – 14,0	41 927,-	5
Quantum	Q7K – 12 – SOLO		3,4 – 11,5	37 117,-	5
Thermona	Therm 14 KDN	97	3,2 – 14,8	34 969,-	5
Viadrus	K4D1N16ZD	96	3,0 – 16,0	35 078,-	5

Kotel spalující propan jsem vybíral z téměř stejných výrobků jako u kotlů na zemní plyn, vzhledem k tomu, že jsou schopny spalovat jak zemní plyny, tak propan. Nejdražším z uvedených kotlů je výrobek Vaillant. Vybral jsem kotel značky Viadrus, který má téměř identickou cenu jako nejlevnější výrobek této kategorie, čímž je kotel Thermona. Tento kotel jsem zvolil v předchozí části jako zástupce kotlů spalující zemní plyn.



Kotel Viadrus K4 N je nástěnný kondenzační plynový kotel pro nízkoenergetické domy. Základem konstrukce je nerezový trubkový kondenzační výměník Sermeta. Kotel je osazen elektronickou řídicí a zapalovací automatikou Nordgas a nízkoenergetickým čerpadlem, ke které je možné připojit ekvitermní čidlo. Kotel se vyznačuje tichým chodem a snadnou obsluhou. Palivem je buď propan nebo zemní plyn. [31]

Obrázek 4.9 Kotel Viadrus³¹

4.2.6 Kotel topný olej

Tabulka 4.6 Přehled kotlů na extra lehký topný olej a jejich parametry³²

Výrobce	Typové označení	Účinnost η_k	Výkon	Cena	Emisní třída
		[%]	[kW]	[Kč]	[1]
Viessmann	Vitoladens 300-W	96	9,8 – 18,7	58 320,-	4

Nabídka kotlů na topný olej je velmi malá. Krom vybraného výrobku jsem u dostupných zdrojů našel ještě výrobek od společnosti Atmos, který je možno vybavit hořákem na topný olej. Kotle na toto palivo se vyrábějí ve větších výkonech. I u výrobků určené pro vytápění domácností je výkon vyšší a nejsou vhodné pro lépe zateplené či nízkoenergetické domy s nízkou tepelnou ztrátou.



Olejový kondenzační kotel Viessmann Vitoladens 300-W je určen pro nástěnnou montáž. Je vybaven korozivzdorným výměníkem tepla Inox Radial z ušlechtilé oceli a energeticky úsporným oběhovým čerpadlem. Dále obsahuje regulaci Vitotronic s grafickým displejem a jednoduchou obsluhou. Má tichý modulovaný kompaktní hořák, který se přizpůsobuje svůj výkon momentální potřebě tepla a je tedy úsporný a efektivní. [32]

Obrázek 4.10 Kotel Viessmann³²

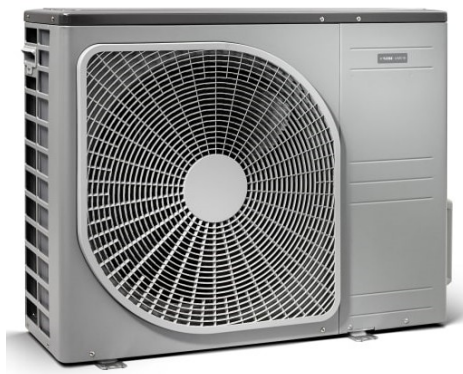
4.2.7 Tepelné čerpadlo

Tabulka 4.7 Přehled tepelných čerpadel^{33, 34, 35, 36}

Výrobce	Typové označení	Topný faktor	Topný výkon	Cena
		[1]	[kW]	[Kč]
Enbra	i-HAWK V4KA 06 + HiT	4,47	6,5	142 538,-
NIBE	F2040-6 + SMO20	4,80	6,0	147 620,-
PZP	HP3AWX 06	4,20	7,6	168 190,-
Regulus	EcoAir 406 + IR 12	4,78	6,2	172 788,-

Topné faktory jsou uvedeny pro teploty vstupní (venkovní) / výstupní (podlaha): 7°C / 35°C

Tepelná čerpadla v poslední době zažívají velký rozmach. Nabídka tepelných čerpadel na českém trhu je poměrně velká. Nicméně ne všechny společnosti uvádějí na svých internetových stránkách údaje o ceně. Zvolil jsem výrobek švédské společnosti NIBE, je o něco dražší než konkurenční výrobek, nicméně má lepší technické parametry.



Tepelné čerpadlo vzduch – voda NIBE F2040 je určeno pro rodinné domy a vyznačuje se jednoduchou instalací, kdy je propojení venkovní jednotky pouze topnou vodou. Obsahuje kompresor s plynulým řízením výkonu a lze jej použít i pro chlazení. Vyznačuje se vysokým topným výkonem. Ve spojení s řídicí jednotkou SMO 20 tvoří monoblokové provedení. [34]

Obrázek 4.11 Tepelné čerpadlo NIBE ³⁴

4.2.8 Elektrokotel

Tabulka 4.8 Přehled kotlů na elektřinu a jejich parametry ^{19, 26, 28, 29}

Výrobce	Typové označení	Účinnost	Výkon	Cena
		η_k	[kW]	[Kč]
		[%]		
Bosch	Tronic Heat 3500-6	99	1,0 - 6,0	19 348,-
Protherm	Ray 6KE	99	1,0 - 6,0	24 224,-
Thermona	Therm EL8	99	2,5 - 7,5	21 659,-
Vaillant	eloBLOCK VE6	99	1,0 - 6,0	26 076,-

Stejně jako u kotlů na zemní plyn, tak i elektrokotlů je situace podobná. Výběr v této kategorii je dostatečný. Z této široké nabídky na trhu jsem vybral kotel Bosch, který má nejnižší pořizovací hodnotu. Ostatní parametry jiných výrobců jsou téměř identické.

Kotel Bosch Tronic Heat 3500-6 je nástěnný teplovodní elektrokotel s vestavěnou adaptivní regulací. Tato regulace zajišťuje potřebný výkon vytápění dle okamžité potřeby otopné soustavy na základě spínání pokojového termostatu. Je vybaven oběhovým čerpadlem a expanzní nádobou. Kotel je možné doplnit o ekvitermní regulaci, elektronický termostat, GSM modul, senzory pro sledování minimálních teplot.. Vyznačuje se velmi snadnou obsluhou a vysokou spolehlivostí. Jedná se o český výrobek. [19]



Obrázek 4.12 Elektrokotel Bosch ¹⁹

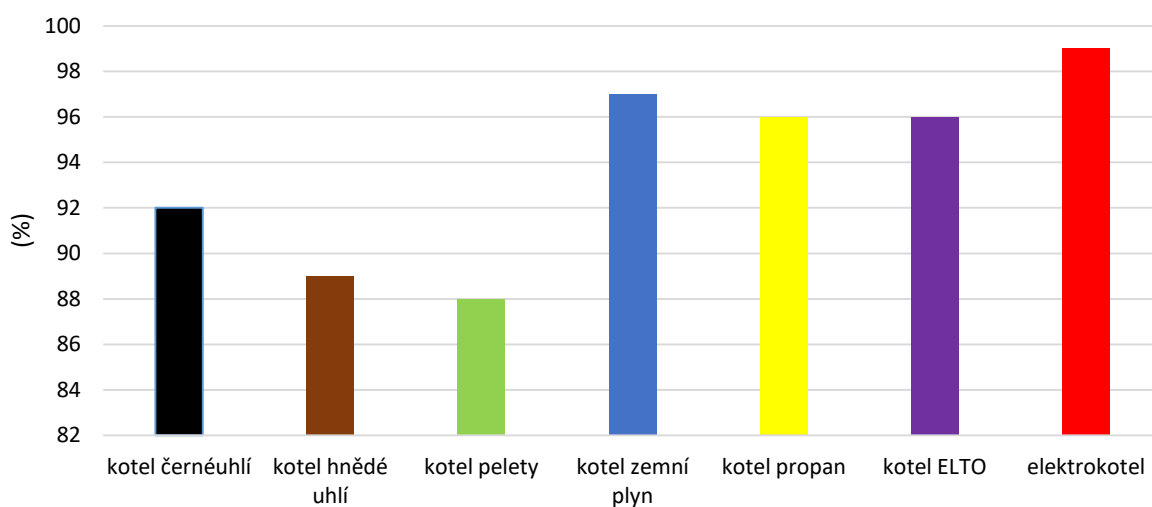
4.3 Shrnutí

Konkrétní druh kotel byl vybrán nejen na základě ceny, ale i jiných hledisek, jako je účinnost, hodnota minimálního výkonu, rozsah modulace výkonu, emisní třída a renomé výrobce.

Tabulka 4.9 Přehled vybraných kotlů pro daná paliva ^{18, 21, 23, 27, 31, 32, 35}

Palivo	Výrobce kotle	Typové označení kotle	Účinnost η_k	Cena
			[%]	[Kč]
Černé uhlí	OPOP	H815-C	92	79 135,-
Hnědé uhlí	Benekov	B14 Economix	89	64 118,-
Peletky	Dakon	DOR N Automat 15 pelety	88	72 358,-
Zemní plyn	Thermona	Therm 14 KDN	97	34 969,-
Propan	Viadrus	K4D1N16ZD	96	35 078,-
Topný olej	Viessmann	Vitoladens 300-W	96	58 320,-
Elektrina	Bosch	Tronic Heat 3500-6	99	19 348,-

Největší účinnosti dosahují elektrokotle, nejmenší pak kotle na pelety či hnědé uhlí.



Graf 4.1 Účinnosti kotlů

Níže, v tabulkách 4.10 – 4.12 uvádím výhody a nevýhody jednotlivých druhů kotlů, které mohou hrát určitou roli v konečném výběru konkrétního zdroje pro daný objekt.

Tabulka 4.10 Výhody a nevýhody kotlů na pevná paliva

	Kotel na černé uhlí	Kotel na hnědé uhlí	Kotel na peletky
Výhody:	nízké náklady na palivo možnost předzásobení	nízké náklady na palivo možnost předzásobení	nízké náklady na palivo možnost předzásobení
Nevýhody:	potřeba skladovacích prostor manipulace s palivem manipulace s popelem vyšší investice do zařízení nutnost komínu	potřeba skladovacích prostor manipulace s palivem manipulace s popelem vyšší investice do zařízení nutnost komínu	potřeba skladovacích prostor manipulace s palivem manipulace s popelem vyšší investice do zařízení nutnost komínu

Tabulka 4.11 Výhody a nevýhody kotlů na kapalná a plynná paliva

	Kotel na propan	Kotel na topný olej	Kotel na zemní plyn
Výhody:	nižší investice do zařízení vysoká účinnost	vysoká účinnost	nižší investice do zařízení vysoká účinnost není třeba skladovacích prostor ekologický zdroj bezobslužný provoz
Nevýhody:	potřeba zásobníku paliva vyšší náklady na palivo malá konkurence dodavatelů paliva	potřeba zásobníku paliva vyšší náklady na palivo vyšší investice do zařízení	potřeba plynové přípojky nutnost spalinové cesty

Tabulka 4.12 Výhody a nevýhody u elektrokotlů a tepelných čerpadel

	Elektrokotel	Tepelné čerpadlo
Výhody:	nízká investice do zařízení ekologický zdroj (v místě spotřeby) vysoká účinnost není třeba skladovacích prostor levnější energie pro ostatní spotřebiče bezobslužný provoz	nízké náklady na palivo ekologický zdroj (v místě spotřeby) může jak vytápět, tak chladit není třeba skladovacích prostor levnější energie pro ostatní spotřebiče
Nevýhody:	vysoké náklady na palivo zvýšení hodnoty jističů	vysoká investice do zařízení zvýšení hodnoty jističů

5 Teorie ročních nákladů na vytápění

Jedná o množství energie, která je do objektu dodána za období jednoho roku. Slouží k předpokladu roční potřeby paliva. [6, 11]

$$Q_r = Q_{d,skut} + Q_{tv,r} + Q_{vzt,r} + Q_{tech,r} \quad [J, Wh] \quad (14)$$

kde $Q_{d,skut}$ je skutečná roční potřeba tepla na vytápění, [Wh/rok]

$Q_{tv,r}$ roční potřeba tepla ohřev teplé vody, [Wh/rok]

$Q_{vzt,r}$ roční potřeba tepla pro vzduchotechniku, [Wh/rok]

$Q_{tech,r}$ roční potřeba tepla pro technologii. [Wh/rok]

5.1 Teoretická roční potřeba tepla na vytápění

Značíme ji Q_d , uvádíme ji v Wh nebo J a k jejímu stanovení používáme nejčastěji tzv. denostupňovou metodu.

$$Q_d = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_i - t_e} \quad [Wh] \quad (15)$$

příp.

$$Q_d = \frac{24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_i - t_e} \quad [J] \quad (16)$$

kde Q_c je celková tepelná ztráta, [W]

ε opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací, [1]

D počet denostupňů, [K·den]

t_i vnitřní teplota místnosti, [°C]

t_e venkovní teplota prostředí nebo teplota vedlejší místnosti. [°C]

5.1.1 Opravný součinitel

Opravný součinitel ε volíme z důvodů zohlednění vlivů, které snižují celkovou potřebu tepla za rok na hodnotu přibližující se reálně dosahovaným hodnotám. [6,11]

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [1] \quad (17)$$

kde e_i je součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, [1]

e_t součinitel snížení teploty v místnosti během dne / noci, [1]

e_d součinitel zkrácení doby vytápění objektů s přestávkami v provozu. [1]

5.1.2 Počet denostupňů

Počet denostupňů je závislý na počtu dnů za rok s teplotou nižší než 13°C a na rozdílu průměrné venkovní teploty a průměrné teploty v budově (vnitřní teploty), jak je zřejmé ze vzorce 18.

Teplotní mez, při které se stanovuje počet dnů, ponížíme na 12°C, jestliže se jedná o dobře zateplené objekty, jakými jsou nízkoenergetické budovy, naopak u objektů se špatnými izolačními vlastnostmi tuto mez zvýšíme na 15°C. Tato hraniční mez nám tedy určuje, kdy je vhodné již v objektu začít topit. [6,11]

Průměrná venkovní teplota a počet a délka otopného období se určuje v závislosti na dané lokalitě, což nám znázorňuje tabulka 6.1. Průměrná vnitřní teplota se určuje jako celodenní vážený průměr teplot v objektu. [6,11]

Počátek otopného období nastává v okamžiku, kdy průměrná denní teplota venkovního vzduchu v dané lokalitě klesne pod 13°C ve dvou dnech následujících po sobě a zároveň není, dle vývoje počasí, předpokládáno zvýšení této teploty nad 13°C nadcházející den.

Za průměrnou denní teplotu venkovního vzduchu se uvažuje čtvrtina součtu venkovních teplot naměřených ve stínu, přičemž by měl být vyloučen vliv sálavých ploch. Teploty jsou měřeny v časech 7.00, 14.00 a 21.00, kdy poslední uvedená teplota je započítávána dvakrát. Samozřejmě počátek otopné sezóny v rodinném domě je výhradně na obyvatelích objektu a jejich teplotním komfortu.

Toto pravidlo, dané Vyhláškou č. 194/2007 Sb., platí především pro provozovatele soustavy zásobování tepelnou energií, tedy teplárny v rámci centrálního zásobování teplem, které se touto legislativou a těmito parametry musí řídit.

$$D = (t_{is} - t_{es}) \cdot d \quad [\text{K} \cdot \text{den}] \quad (18)$$

- kde t_{is} průměrná teplota v budově, [°C]
 t_{es} průměrné venkovní teplota v otopném období, [°C]
 d počet dnů za rok s teplotou nižší než 13°C. [1]

5.2 Skutečná roční potřeba tepla na vytápění

Skutečná roční potřeba tepla označovaná $Q_{d,skut}$ a uváděná ve Wh nebo J (dle daného vztahu) je větší než teoretická roční spotřeba tepla a to o celkové ztráty dosahovaných ve výrobě a dodávce tepelné energie.

$$Q_{d,skut} = \frac{Q_d}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_k} \quad [\text{Wh}, \text{J}] \quad (19)$$

- kde Q_d je teoretická roční potřeba tepla na vytápění, [Wh, J]
 η_o účinnost obsluhy v závislosti na možnostech regulace soustavy, [1]
 η_r účinnost rozvodů, [1]
 η_k účinnost kotle. [1]

5.3 Roční potřeba paliva pro vytápění

Pro stanovení množství paliva potřebného pro vytápění daného objektu je třeba znát roční potřebu tepla a výhřevnost konkrétního paliva. Roční potřeba paliva nám určuje, kolik paliva spotřebujeme za topnou sezonu. Tuto veličinu uvádíme v kg či Wh, dle paliva.

$$M_{pal} = \frac{Q_{d,skut}}{Q_n} \quad [\text{Wh}, \text{kg}] \quad (20)$$

- kde $Q_{d,skut}$ je skutečná roční potřeba tepla na vytápění, [Wh, J]
 Q_n výhřevnost paliva. [MJ/kg, MJ/Wh]

5.4 Roční náklady na vytápění

Roční náklady na vytápění nám udávají, jaký objem finančních prostředků vynaložíme na vytápění objektu.

$$Náklady_{rok\ pal} = M_{pal} \cdot cena_{pal} \quad [Kč] \quad (21)$$

kde M_{pal} roční potřebné množství paliva, [Wh,kg]

$cena_{pal}$ cena paliva. [Kč/kg, Kč/Wh]

5.5 Roční úspora

Roční úspora představuje finanční částku, kterou ušetříme při provozování nového zdroje v porovnání se zdrojem stávajícím.

$$Úspora_{rok\ pal} = Náklady_{rok\ pal\ SZ} - Náklady_{rok\ pal\ AZ} \quad [Kč] \quad (22)$$

kde $Náklady_{rok\ pal\ SZ}$ roční náklady stávajícího zdroje, [Kč]

$Náklady_{rok\ pal\ AZ}$ roční náklady alternativního zdroje. [Kč]

5.6 Doba návratnosti

Doba návratnosti vyjadřuje čas, za jaký se nám investice do nového zdroje, jako náhrada stávajícího při zohlednění ročních úspor, vrátí. Tedy za jakou dobu již budeme s novým zdrojem šetřit.

$$Návratnost = \frac{Náklady_{zdroj}}{Úspora_{rok}} \quad (23)$$

kde $Náklady_{zdroj}$ investiční náklady na pořízení zdroje, [Kč]

$Úspora_{rok}$ roční úspora na palivu. [Kč]

6 Roční náklady na vytápění posuzovaného objektu

Vzorový výpočet si znázorníme na jednom druhu kotle, například na kotli spalující černé uhlí.

Pro zbývající druhy kotlů a jejich paliv jsou hodnoty spočteny a uvedeny v tabulkách 6.2 – 6.4.

6.1 Teoretická roční potřeba tepla na vytápění

Dosadím do vzorce 15:

$$Q_d = \frac{24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_{is} - t_e} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 4\,830,47 \cdot 0,8075 \cdot 3140,8}{19 - (-12)} = 34\,144,74 \text{ MJ}$$

$$Q_c = 4\,830,47 \text{ W}$$

$$\varepsilon = 0,8075$$

$$D = 3140,8 \text{ K} \cdot \text{den}$$

$$t_{is} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$$

6.1.1 Opravný součinitel

Dosadím do vzorce 17:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,00 = 0,8075$$

$$e_i - \text{volím } 0,85^6$$

$$e_t - \text{volím } 0,95^6 - \text{obytné budovy s nepřerušovaným vytápěním}$$

$$e_d - \text{volím } 1,00^6 - \text{trvale vytápěné budovy (obytné budovy)}$$

6.1.2 Počet denostupňů

Dosadím do vzorce 18:

$$D = (t_{is} - t_{es}) \cdot d = (19 - 3,9) \cdot 208 = 3\,140,8 \text{ K} \cdot \text{den}$$

$$t_{is} = 19 \text{ }^\circ\text{C} - \text{pro obytné budovy se uvažuje s hodnotou v rozmezí } 18,2 \text{ }^\circ\text{C} - 19,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{es} = 3,9 \text{ }^\circ\text{C} - \text{dle tabulky 6.1}$$

$$d = 208 - \text{dle tabulky 6.1}$$

Pro obec Prušánky volím oblast Hodonín s parametry uvedenými v tabulce 6.1

Tabulka 6.1 Roční průměrná venkovní teplota a počet dnů otopného období^{1, 6, 11}

Místo	Výška nad mořem	Výpočtová venkovní teplota prostředí t_e	Otopné období pro $t = 12\text{ °C}$	
			Roční průměrná venkovní teplota t_{es}	Počet dnů d
	[m]	[°C]	[°C]	[1]
Hodonín	162	-12	3,9	208

6.2 Skutečná roční potřeba tepla na vytápění

Dosadím do vzorce 19:

$$Q_{d,skut} = \frac{Q_d}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_k} = \frac{34\,144,74}{0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,92} = 41\,164,43 \text{ MJ}$$

$$Q_d = 34\,144,74 \text{ MJ}$$

$\eta_o = 0,92$ ⁶ – kotelny na tuhá paliva (kotelny na plynná a kapalná paliva – $\eta_o = 0,99$)

$$\eta_r = 0,98$$
⁶

$\eta_k = 0,92$ ²³ – dle technického listu výrobku

6.3 Roční potřebné množství paliva pro vytápění rodinného domu

Dosadím do vzorce 20:

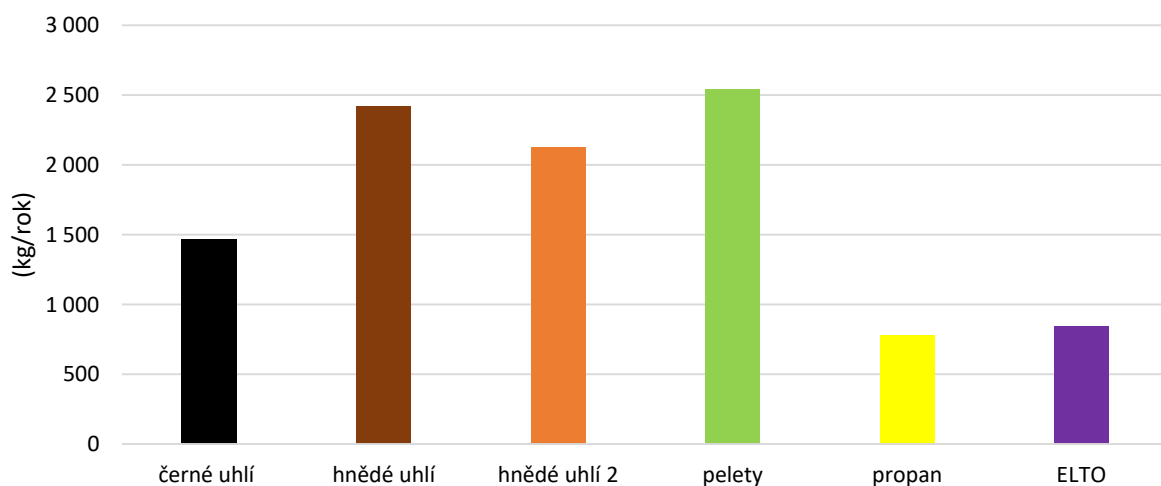
$$M_{pal} = \frac{Q_{d,skut}}{Q_n} = \frac{41\,164,43}{28} = 1\,470,16 \text{ kg}$$

$$Q_{d,skut} = 41\,164,43 \text{ MJ}$$

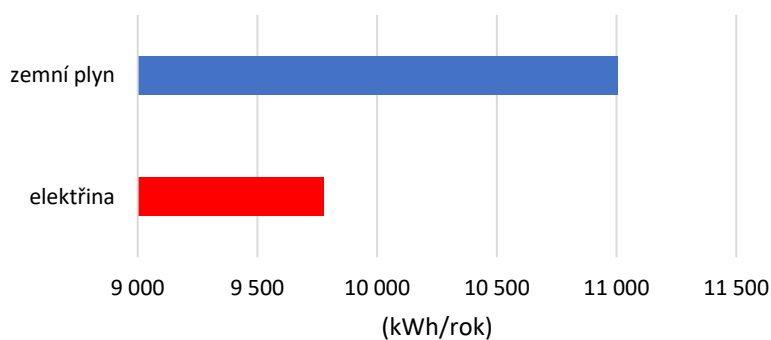
$$Q_n = 28 \text{ MJ/kg}$$

Tabulka 6.2 Roční potřeba tepla na vytápění a roční množství paliva

Palivo	Teoretická roční potřeba tepla na vytápění	Skutečná roční potřeba tepla na vytápění	Roční množství paliva		
	[MJ]	[MJ]	[kg]	[kWh]	[GJ]
Černé uhlí	34 144,74	41 164,43	1 470,16	---	---
Hnědé uhlí 1 – Bílina		42 552,00	2 417,73	---	---
Hnědé uhlí 2 – Most			2 127,60	---	---
Peletky		43 035,54	2 546,48	---	---
Propan		35 919,15	782,18	---	---
Topný olej		36 293,31	844,03	---	---
Zemní plyn		36 293,31	---	11 002,64	---
Elektřina – elektrokotel		35 193,51	---	9 775,97	---
Elektřina – tepelné čerpadlo		7 258,66	---	2 016,29	---
Centrální dodávka tepla			40 170,29	---	---



Graf 6.1 Množství paliv uváděných v kilogramech



Graf 6.2 Množství paliv uváděných v kWh

6.4 Roční náklady na vytápění

Dosadíme do vzorce 21:

$$Náklady_{roční_{pal}} = M_{pal} \cdot cena_{pal} = 1\,470,16 \cdot 5,09 = 7\,483,11 \text{ Kč}$$

$$M_{pal} = 1\,470,16 \text{ kg}$$

$$cena_{pal} = 5,09 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Vypočtené náklady jsou včetně DPH.

Pro ostatní druhy paliv jsou vypočtené hodnoty uvedeny v tabulce 6.3.

6.5 Roční úspora

Dosadím do vzorce 22:

$$Úspora_{rok_{pal}} = Náklady_{rok_{pal\,SZ}} - Náklady_{rok_{pal\,AZ}} = 29\,129,61 - 7\,483,11 = 21\,646,51 \text{ Kč}$$

$$Náklady_{rok_{pal\,SZ}} = 29\,129,61 \text{ Kč}$$

$$Náklady_{rok_{pal\,AZ}} = 7\,483,11 \text{ Kč}$$

Za $Náklady_{rok_{pal\,SZ}}$ jsem dosadil náklady za dodávku elektřiny pro elektrokotel u levnějšího dodavatele elektrické energie (elektřina 2).

Pro ostatní druhy paliv jsou vypočtené hodnoty uvedeny v tabulce 6.4.

6.6 Doba návratnosti

Dosadím do vzorce 23:

$$Návratnost = \frac{Náklady_{zdroj}}{Úspora_{rok}} = \frac{79\,135,00}{21\,646,51} = 3,7 \text{ let}$$

$$Náklady_{zdroj} = 79\,135,00 \text{ Kč}$$

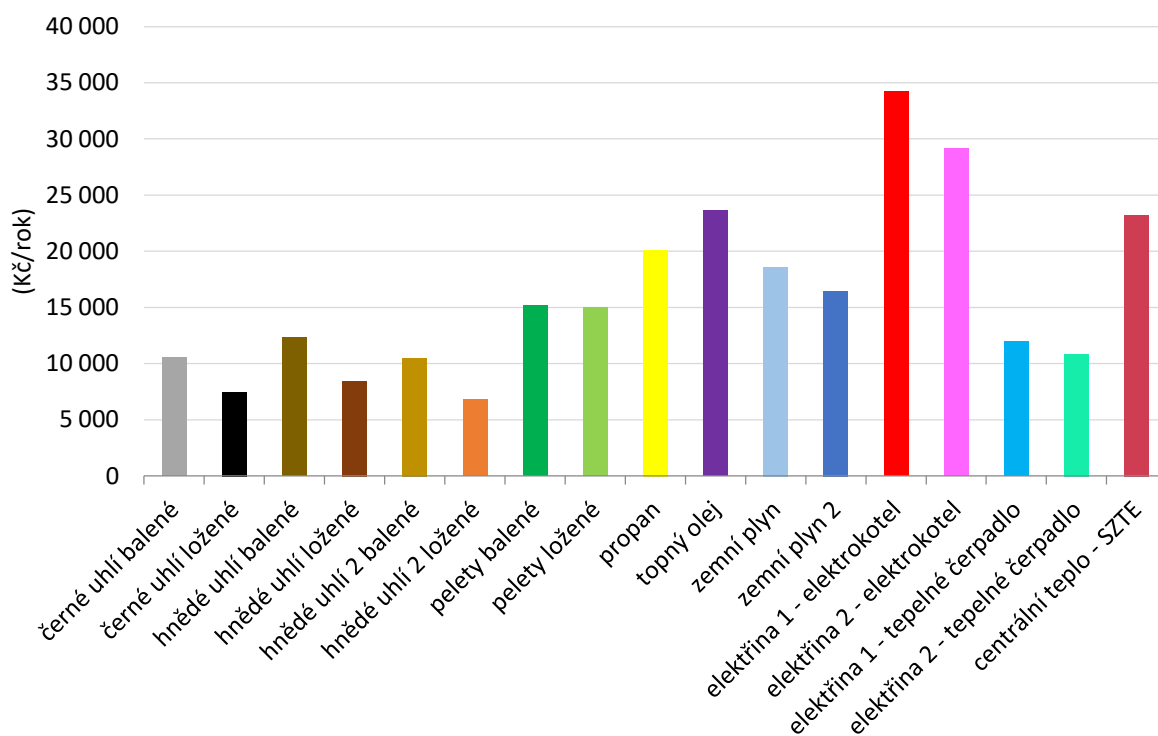
$$Úspora_{rok} = 21\,646,51 \text{ Kč}$$

Pro ostatní druhy paliv jsou vypočtené hodnoty uvedeny v tabulce 6.4.

V dotačním programu Nová zelená úsporám lze v rámci podoblasti podpory C.1 a C.2 čerpat dotace mj. za výměnu elektrického vytápění za tepelné čerpadlo s elektrickým pohonem. Na tuto výměnu je poskytována dotace ve výši 60 000,- Kč. [59]

Tabulka 6.3 Roční náklady pro jednotlivá paliva

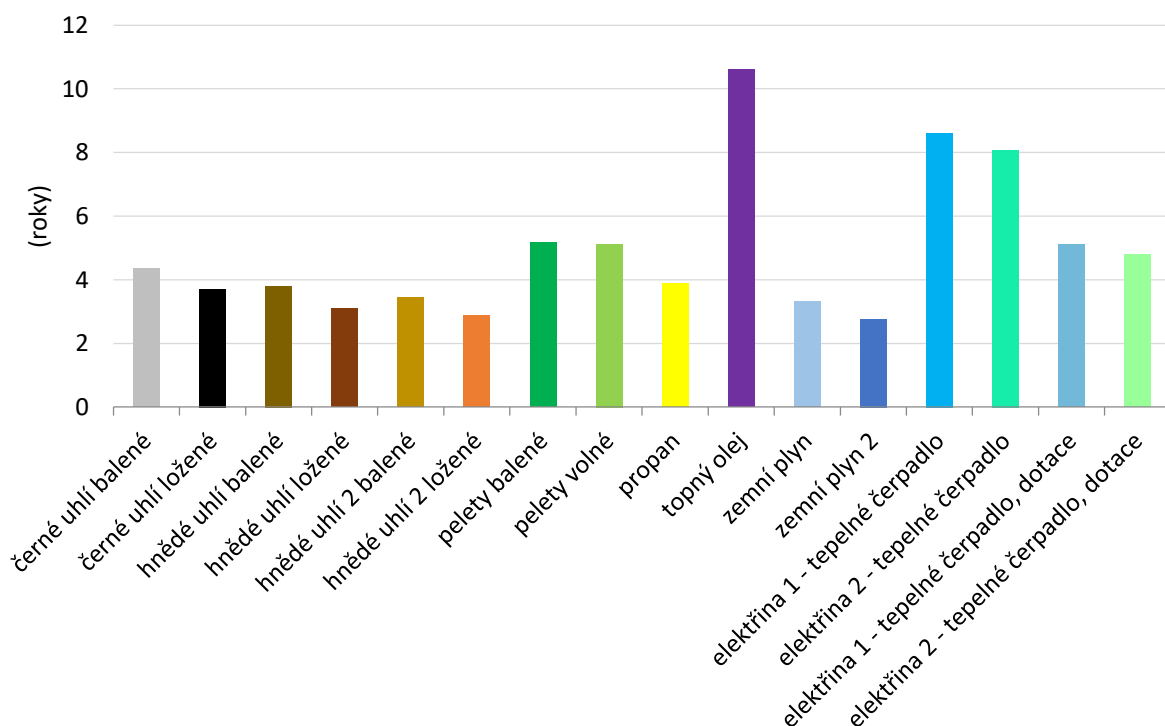
Palivo	Roční náklady na palivo
	[Kč]
Černé uhlí – balené	10 931,44
Černé uhlí – ložené	7 483,11
Hnědé uhlí 1 - Bílina – balené	12 306,23
Hnědé uhlí 1 - Bílina – ložené	8 437,87
Hnědé uhlí 2 - Most – balené	10 489,07
Hnědé uhlí 2 - Most – ložené	6 787,04
Peletky - balené	15 151,57
Peletky - ložené	14 998,78
Propan	20 102,11
Topný olej	23 632,85
Zemní plyn 1	18 581,20
Zemní plyn 2	16 487,22
Elektrina 1 pro elektrokotel	34 199,40
Elektrina 2 pro elektrokotel	29 129,61
Elektrina 1 pro tepelné čerpadlo	11 974,10
Elektrina 2 pro tepelné čerpadlo	10 847,78
Centrální teplo - SZTE	23 230,50



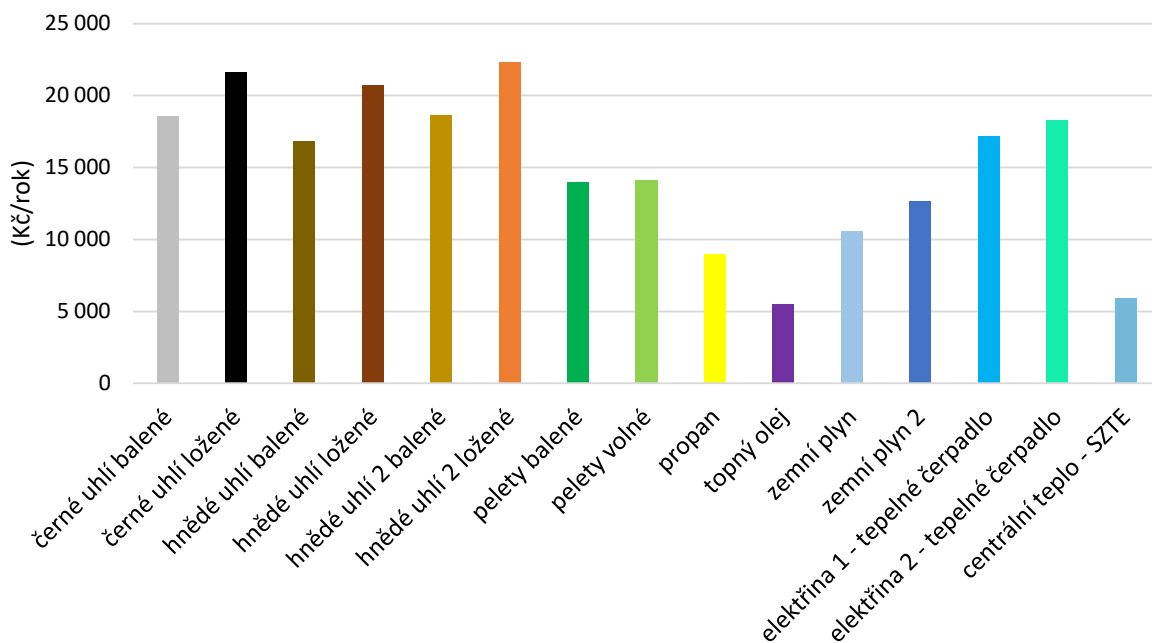
Graf 6.3 Roční náklady na vytápění

Tabulka 6.4 Úspora nákladů a návratnost investice

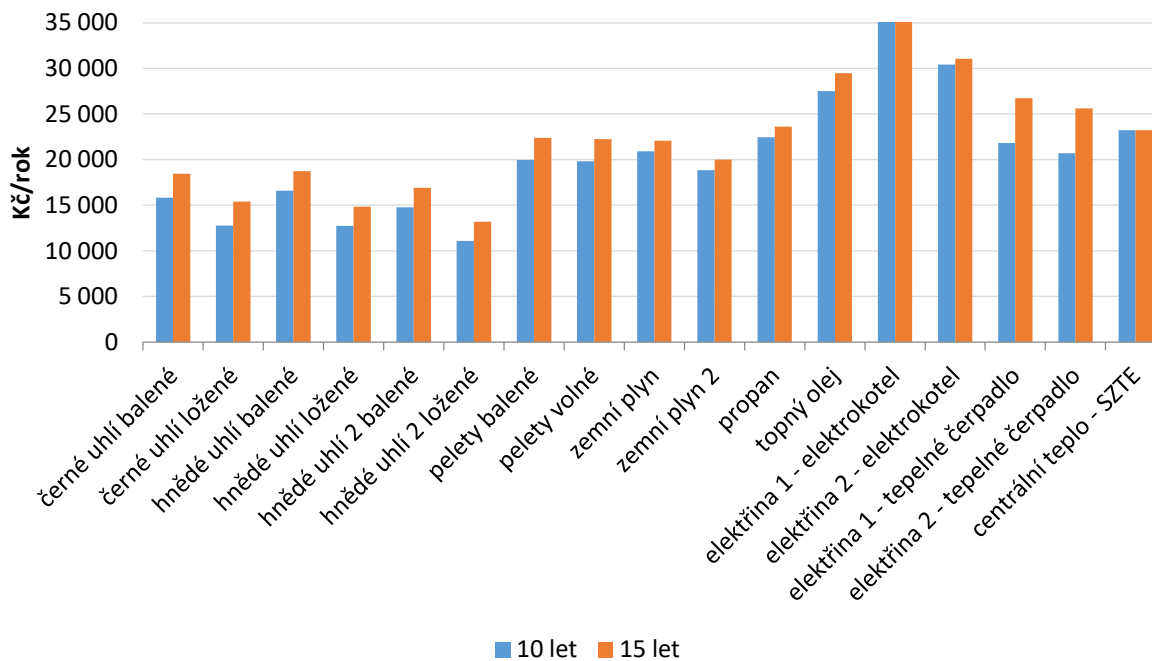
Palivo	Úspora vůči stávajícímu zdroji	Návratnost pořízení zdroje vůči zdroji stávajícímu
	[Kč]	[Kč]
Černé uhlí – balené	18 198,17	4,3
Černé uhlí – ložené	21 646,51	3,7
Hnědé uhlí 1 - Bílina – balené	16 823,38	3,8
Hnědé uhlí 1 - Bílina – ložené	20 691,74	3,1
Hnědé uhlí 2 - Most – balené	18 640,54	3,4
Hnědé uhlí 2 - Most – ložené	22 342,57	2,9
Peletky – pytlované	13 978,04	5,2
Peletky – ložené	14 130,83	5,1
Propan	9 027,50	3,9
Topný olej	5 496,76	10,6
Zemní plyn 1	10 548,41	3,3
Zemní plyn 2	12 642,39	2,8
Elektrina 1 pro tepelné čerpadlo	17 155,51	8,6
Elektrina 2 pro tepelné čerpadlo	18 281,83	8,1
Elektrina 1 pro tepelné čerpadlo, s dotací NZÚ	17 155,51	5,1
Elektrina 2 pro tepelné čerpadlo, s dotací NZÚ	18 281,83	4,8
Centrální teplo – SZTE	5 897,10	0,0



Graf 6.4 Návratnost investice na pořízení nového zdroje vůči stávajícímu zdroji



Graf 6.5 Úspora ročních nákladů vůči stávajícímu zdroji



Graf 6.6 Roční náklady na vytápění při započtení investice za zdroj na danou dobu

7 Závěr

V této práci jsem vybíral zdroje tepla s minimální náročností na obsluhu. U elektrokotlů, tepelných čerpadel či kotlů spalující zemní plyn či propan je absence obsluhy samozřejmostí. Donedávna však toto řešení nebylo možné ve spojení s kotli na tuhá paliva. V současné době je i u těchto zdrojů obsluha příjemnější a méně náročná, především v možnosti automatických podavačů se zásobníkem. Stále je zde ovšem nutnost jednou za čas zásobník ručně doplnit a rovněž kotel vyčistit od popelu. Vzhledem k tomu, že v objektu uvažuji nepřerušované vytápění, zvolil jsem jako spalovací zdroj pro tuhá paliva automatické kotle. Z tohoto důvodu volím pro uhlí jemnější frakci, do 25 mm.

Jak již bylo zmíněno, největší nabídka je mezi kotli na zemní plyn, nejužší výběr pak mezi kotli na topný olej. Výběr kotlů na tuhá paliva, především uhlí je pak limitován výkonem potřebného pro posuzovaný objekt. Celkově se dá říci, že krom kotlů na topné oleje je nabídka na českém trhu dostatečná a je zde nemalé zastoupení i českých výrobků.

Tuhá paliva jsem vybíral ve dvojitým způsobu uložení, jednak volně ložené, jednak pytlované. Pytlované provedení je vhodné pro objekty, které nemají dostatek skladovacích prostor či není možné složit volně ložené uhlí, nicméně takto balená paliva jsou však o téměř 40 % dražší než paliva volně ložené. Stejně tak je to u peletek, ovšem cenový rozdíl není tak výrazný, jak je tomu u uhlí. U hnědého uhlí jsem záměrně zvolil dva nejčastější druhy tohoto paliva pro jejich vzájemné porovnání, kdy tato paliva mají odlišné parametry jak technické - výhřevnost, tak ekonomické – cena.

U zemního plynu a elektřiny jsem zvolil dva dodavatele z důvodu výrazného rozdílu cen mezi nejlevnějším a nejdražším dodavatelem na trhu. U ostatních komodit takového rozdílu mezi dodavateli paliva není. Dalším důvodem ukázka, jak je možné výběrem vhodného dodavatele energií, ať už je to zemní plyn či elektřina, významně ušetřit náklady.

Dříve byl jedním argumentem pro tuhá paliva fakt, že lze toto palivo pořídit do zásoby, přičemž zemní plyn a elektřinu nikoliv, protože je odebírána přímo ze soustavy a nelze se těmito palivy předzásobit. Ovšem v současné době tomu tak úplně není. Ne že by bylo možno si tyto paliva naskladnit dopředu, je však možné si tzv. zafixovat ceny z obchodní části na určité období, nejčastěji na jeden až tři roky.

Při výběru paliva je nutné si uvědomit možnosti jeho skladování, s čímž je spjatý nejen vyhrazený prostor pro uložení paliva, ale i přístupu k těmto prostor z hlediska zásobování.

Jelikož největší položkou na náklady vytápění jsou náklady na palivo, tak jsem v této práci porovnával pouze tuto veličinu. V ročních nákladech nejsou uvedeny ostatní možné položky, jako je například spotřeba elektřiny pro ostatní spotřebiče, servis, revize, údržba, apod.

Nejnižšími náklady na vytápění disponují kotle spalující hnědé mostecké uhlí. Nejvyšší náklady pak náleží elektrokotli, bez ohledu na to, o jakého dodavatele elektřiny se jedná. Tyto náklady vycházejí za aktuálních cen paliv v danou dobu. Pevná paliva, především uhlí, je lepší pořizovat mimo topnou sezonu, kdy cena těchto paliv v tomto období klesá. U plyných paliv a elektřiny, jak jsem zmiňoval v předchozí kapitole, je možnost jednotkovou cenu těchto komodit tzv. zafixovat, čímž lze zamezit dalšímu růstu nákladů na tyto energie. Nicméně tento krok je vhodný učinit pouze v případě, kdy se výhledově očekává růst cen těchto paliv.

Náklady na vytápění nám ovlivňují veličiny, jako je účinnost tepelného zdroje či výhřevnost paliva. Ve výpočtech jsem kalkuloval s uvedenými údaji výrobce zdrojů tepla, dle technických listů výrobků, reálně dosahovaná účinnost či topný faktor se může oproti uvedeným údajům lišit. Důležité je dodržování pokynů výrobců na provoz a spalovat doporučená paliva nebo paliva vhodná pro daný zdroj vytápění. Kvalita paliva rovněž hraje svou roli.

Vezmeme-li však v potaz to, že dnešní domácnosti jsou doslova protkána různými domácími spotřebiči či elektronikou, které jsou zcela závislé na potřebě elektrické energie, tak už to tak jednoznačné, co se týká nejvyšších nákladů pro elektrokotel, být nemusí. Díky instalaci elektrokotle či tepelného čerpadla můžeme využívat po téměř celý den (20 hodin) výhodnějších sazeb za elektrickou energii i pro ostatní spotřebiče v domě a nejen pro zdroj vytápění.

Pokud budeme uvažovat novou výstavbu objektu, tak u většiny zdrojů tepla je nutno počítat krom investic za pořízení zdroje i s dalšími počátečními náklady. U kotlů na tuhá paliva to jsou náklady na vybudování komínu a skladu paliva, u kotlů na propan a topné oleje je pak nutno počítat se zásobníkem na palivo. U kotlů na zemní plyn je potřeba především kalkulovat s přípojkou plynu. U elektrokotle a tepelného čerpadla je zase brát v potaz vyšší hodnoty jističů, přičemž se platí za každou ampéru jeho hodnoty.

Jestliže budeme vycházet z konkrétního příkladu na posuzovaném objektu a to náhradu stávajícího zdroje za jiný, tak dle roční úspory na nákladech na vytápění a následné

návratnosti nejlépe vychází kotel na zemní plyn. V tomto případě je ovšem nutno počítat s dalšími jednorázovými náklady jako jsou zřízení plynové přípojky a zajištění odtahu spalin a odvodu kondenzátu. Dále pak s pravidelnými náklady spočívající v revizi tohoto zařízení. Rovněž je třeba kalkulovat s tím, že bude objektu přiřazena vzhledem k již dalšímu nevyužívání jiná, méně výhodná, distribuční sazba za elektřinu. Pokud bych měl volit zdroj bez dalších nutných nákladů, pak uvedené tepelné čerpadlo, při kterém by objektu zůstala výhodná distribuční sazba a nejsou nutné další náklady, kromě drobných stavebních prací, jako by tomu bylo u plynového zdroje. Především by se zamezilo výkopovým pracím nutným k přivedení plynové přípojky do objektu. Vhodným prostorem umístění plynové kotle či vnitřních částí tepelného čerpadla je místnost, kde je v současnosti umístěn elektrokotel.

Při výběru zdrojů tepla jsem bral v potaz i případnou zátěž na životní prostředí. Jedním z kritérií výběru může být i dopad na životní prostředí. V tomto ohledu, uvažujeme-li zatížení pro ovzduší v místě spotřeby, jsou na tom nejlépe tepelná čerpadla a elektrokotle. Může být diskutabilní původ elektrické energie pro tyto zdroje s ohledem na životní prostředí a její výrobu. Rovněž obdobně je na tom centrální dodávka tepla, tato možnost je ovšem významně limitována dostupností této služby. Na opačném konci pak kotle na tuhá paliva, především ty spalující uhlí.

Z toho důvodu jsem vybíral z kotlů dosahující nejvyšší možnou emisní třídu pro dané kategorie, případně splňující i požadavky na ekodesign. Toto se týká především kotlů na tuhá paliva. V případě čerpání kotlíkových dotací v daném regionu již ani není jiné možnosti než náhradu stávající zdrojů právě za zdroje splňující kritéria emisních tříd a ekodesignu. Téměř všechny vybrané kotle v této práci splňují emisní třídu 5, výjimku jsou kotle na hnědé uhlí a topný olej s emisní třídou 4.

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Radimovi Janalíkovi, CSc. nejen za předávání cenných odborných znalostí a zkušeností, ale rovněž za ochotu a přístup při konzultacích.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za trpělivost a podporu během celé doby studia.

Použitá literatura

- [1] ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*, Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [2] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, část 2: Funkční požadavky*, Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov, část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov, část 4: Výpočtové metody*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [5] BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla*. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2000. SPBI Spektrum. Červená řada, 2. ISBN 80-902001-1-7.
- [6] CIHELKA, Jaromír. *Vytápění, větrání a klimatizace*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [7] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. Profí & hobby, 99. ISBN 80-247-0642-3.
- [8] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-079-2.
- [9] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna. ISBN 80-7366-027-X.
- [10] MRÁZEK, Karel, Karel ŠUSTR a Antonín JANOUŠ. *Moderní vytápění bytů a rodinných domků*. 2. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Polytechnická knihovna. Řada 2, Příručky, sv. 100.
- [11] PAPEŽ, Karel. *Technická zařízení budov 20: vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02961-1.
- [12] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Přeložil Jana FÁBRYOVÁ. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění, sv. 3. ISBN 80-8076-020-9.
- [13] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. Brno: Computer Press, 2011. Stavíme. Zařízení budov (Computer Press). ISBN 978-80-251-3329-3.

- [14] ŠTĚCHOVSKÝ, Jaroslav. *Vytápění pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86817-11-3.
- [15] Podklady z výuky předmětu Alternativní a obnovitelné zdroje energie.
- [16] Podklady z výuky předmětu Využití energetických zdrojů.
- [17] *Automatické kotle na pelety*. Atmos [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.atmos.eu/kotle-na-pelety
- [18] *Automatické kotle na spalování uhlí*. Benekov [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.benekov.com/produkty/automaticke-kotle-na-uhli
- [19] *Elektrokotle Bosch*. Junkers. [online]. [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.junkers.cz/pro_nase_zakazniky/produkty_junkers/kat_23680
- [20] *Nástěnné a stacionární kotle*. Buderus [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.buderus.com/cz/cs/ocs/rodinne-domy-a-byty/nastenne-a-stacionarni-kotle-757193-c/
- [21] *Kotle na tuhá paliva*. Dakon [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.dakon.cz/vyroby
- [22] *Kotle Tekla*. Novitera [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.novitera.cz/produkty/tekla
- [23] *Automatické kotle*. OPOP [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.opop.cz/automaticke-kotle
- [24] *Plynové kondenzační kotle*. Quantum [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.quantumas.cz/kondenzacni-kotle
- [25] *Závěsné plynové kotle*. Protherm [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/zavesne-plynove-kotle
- [26] *Elektrokotle*. Protherm [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/elektrokotle
- [27] *Plynové kondenzační kotle*. Thermona [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle
- [28] *Elektrokotle*. Thermona [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada
- [29] *Elektrokotle*. Vaillant [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada

- [30] *Automatické kotle na tuhá paliva*. Viadrus [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.viadrus.cz/automaticke-kotle-29.html
- [31] *Plynové kotle*. Viadrus [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.viadrus.cz/plynove-kotle-26.html
- [32] *Olejoyé kotle*. Viessmann [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/olejove-kotle
- [33] *Tepelné čerpadla*. ENBRA [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.enbra.cz/tepelna-cerpadla
- [34] *Tepelná čerpadla vzduch-voda*. NIBE [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.nibe.cz/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda
- [35] *Teplo ze vzduchu*. PZP [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/cs/teplo-ze-vzduchu-35.html
- [36] *Tepelná čerpadla*. Regulus [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.regulus.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda
- [37] *Dřevěné pelety Biomac* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.biomac.cz/drevene-pelety
- [38] *Ceník černého a hnědého uhlí*. Ridera Bohemia [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.ridera.cz/ke-stazeni
- [39] *Katalog hnědého uhlí*. Severní energetická [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.7.cz/cz/uhli/katalog-uhli.pdf
- [40] *Katalog hnědého uhlí*. Severočeské doly [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.sd-bilinskeuhli.cz/dokumenty/Katalog_2019.pdf
- [41] *Ceníky elektřiny a plynu*. innogy [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.innogy.cz/ceniky
- [42] *Ceníky elektřiny a plynu*. E. ON [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.eon.cz/domacnosti/elektrina-a-plyn/ceniky
- [43] *Ceníky elektřiny a plynu*. MND [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.mnd.cz/dokumnty-ke-stazeni/plyn
- [44] *Ceníky elektřiny a plynu*. Eneka [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.eneka.cz/cenik/index.php?subjekt=domacnost

- [45] *Ceníky na rok 2019. ČEZ Teplárenská* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.cezteplarenska.cz/cs/pro-zakazniky
- [46] *Zásobníky na LPG pro domácnosti. Primagas* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.primagas.cz/pro-domacnosti/lpg/zasobniky
- [47] *Topné oleje. K-Oil Křeček* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.k-oil.cz/topne-oleje/
- [48] *Jak vybírat nový kotel na pevná paliva. TZB-Info.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1
- [49] *Návod k instalaci a údržbě Ray. Protherm* [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/ke-stazeni/?q=ray
- [50] *Spalné teplo. Gasnet* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.gasnet.cz/cs/spalne-teplo
- [51] *Vše o elektřině. E. ON Distribuce* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15].
Dostupné z: www.eon-distribuce.cz/vse-o-elektrine
- [52] *Jak funguje kondenzační kotel. Viessmann* [online]. 2019 [cit. 2019-03-09].
Dostupné z: www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html
- [53] *Princip fungování kotle na biomasu. Viessmann* [online]. 2019 [cit. 2019-03-09].
Dostupné z: www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/fungovani-kotle-na-biomasu.html
- [54] *Extra lehký topný olej - moderní ekologické palivo EG energie* [online]. 2019 [cit. 2019-03-05].
Dostupné z: www.egenergie.com/ropne-produkty/extra-lehky-topny-olej/
- [55] *Combi boiler reliability. BoilerHut* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23].
Dostupné z: boilerhut.co.uk/combi-boiler-reliability
- [56] *Heat pumps schema. KAC Express* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23].
Dostupné z: www.kacexpress.com/heat-pumps/schema-heat
- [57] *Sources od Heat Loss. Emerald Inspection Service* [online]. 2018 [cit. 2019-03-23].
Dostupné z: www.emeraldinspectionsservice.blog/2018/01/08/heat-loss/
- [58] *Dodávka tepla z CZT. ČEZ Teplárenská* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23].
Dostupné z: www.cezteplarenska.cz/cs/teplo-a-chlad/z-centralnich-teplarenskych-soustav%22

[59] *Závazné pokyny pro žadatele RD. Nová zelená úsporám* [online]. 2019 [cit. 2019-04-08].

Dostupné z: www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie

Seznam tabulek

Tabulka 1.1	Ceny a výhřevnosti uhlí, pelet, propanu a topného oleje.....	17
Tabulka 1.2	Ceny zemního plynu a elektřiny	18
Tabulka 1.3	Cena dodávky z centrálního zásobování.....	18
Tabulka 2.1	Přirážka za světovou stranu	23
Tabulka 2.2	Normové a výpočtové hodnoty součinitele prostupu tepla a spárové průvzdušnosti	25
Tabulka 2.3	Charakteristické číslo místnosti M	25
Tabulka 2.4	Charakteristické číslo budovy B	26
Tabulka 3.1	Součinitelé přestupu tepla α_i a α_e	28
Tabulka 3.2	Přehled místností, jejich výpočtových teplot a přirážky p_3	29
Tabulka 3.3	Skladba obvodové stěny	30
Tabulka 3.4	Skladba stropu	30
Tabulka 3.5	Skladba podlahy.....	30
Tabulka 3.6	Vrchní vrstva stěn a podlah místností.....	31
Tabulka 3.7	Přehled tepelných ztrát	38
Tabulka 4.1	Přehled kotlů na černé uhlí a jejich parametry	43
Tabulka 4.2	Přehled kotlů na hnědé uhlí a jejich parametry	44
Tabulka 4.3	Přehled kotlů na peletky a jejich parametry	44
Tabulka 4.4	Přehled kotlů na zemní plyn a jejich parametry	45
Tabulka 4.5	Přehled kotlů na propan a jejich parametry	46
Tabulka 4.6	Přehled kotlů na extralehký topný olej a jejich parametry	47
Tabulka 4.7	Přehled tepelných čerpadel	47
Tabulka 4.8	Přehled kotlů na elektřinu a jejich parametry	48
Tabulka 4.9	Přehled vybraných kotlů pro daná paliva	49
Tabulka 4.10	Výhody a nevýhody kotlů na pevná paliva.....	50
Tabulka 4.11	Výhody a nevýhody kotlů na kapalná a plynná paliva	50
Tabulka 4.12	Výhody a nevýhody u elektrokotlů a tepelných čerpadel.....	50
Tabulka 6.1	Roční průměrná venkovní teplota a počet dnů otopného období	56
Tabulka 6.2	Roční potřeba tepla na vytápění a roční množství paliva	57
Tabulka 6.3	Roční náklady pro jednotlivá paliva	59
Tabulka 6.4	Úspora nákladů a návratnost investice	60

Seznam grafů

Graf 1.1	Výhřevnosti paliv	18
Graf 3.1	Podíl jednotlivých tepelných ztrát	31
Graf 3.2	Celkové tepelné ztráty jednotlivých místností	38
Graf 5.1	Účinnosti kotlů	49
Graf 6.1	Množství paliv uváděných v kilogramech.....	57
Graf 6.2	Množství paliv uváděných v kWh.....	57
Graf 6.3	Roční náklady na vytápění	59
Graf 6.4	Návratnost investice na pořízení nového zdroje vůči stávajícímu zdroji	60
Graf 6.5	Úspora ročních nákladů vůči stávajícímu zdroji	61
Graf 6.6	Roční náklady na vytápění při započtení investice za zdroj na danou dobu	61

Seznam obrázků a fotografií

Obrázek 1.1	Schéma uložení zásobníku – nadzemní uložení, podzemní uložení	15
Obrázek 1.2	Primární a sekundární připojení	17
Obrázek 2.1	Znázornění jednotlivých ztrát prostupem tepla.....	19
Obrázek 2.2	Příklad značení místností	19
Obrázek 2.3	Prostup tepla složenou rovinnou stěnou.....	20
Obrázek 3.1	Fotografie posuzovaného objektu	28
Obrázek 3.2	Půdorys domu.....	29
Obrázek 3.3	Prostup tepla složenou rovinnou stěnou.....	29
Obrázek 4.1	Schéma automatického kotle.....	40
Obrázek 4.2	Princip kondenzačního kotle	41
Obrázek 4.3	Princip tepelného čerpadla	42
Obrázek 4.4	Schéma elektrokotle	42
Obrázek 4.5	Kotel OPOP.....	43
Obrázek 4.6	Kotel Benekov.....	44
Obrázek 4.7	Kotel Dakon	45
Obrázek 4.8	Kotel Thermona.....	46
Obrázek 4.9	Kotel Viadrus	46
Obrázek 4.10	Kotel Viessmann	47
Obrázek 4.11	Tepelné čerpadlo Regulus	48
Obrázek 4.12	Elektrokotel Bosch	48

Seznam příloh

Příloha A Výpočet tepelných ztát

Příloha A Výpočet tepelných ztrát

Místnost	Základní tepelná ztráta prostupem Q_0	Základní tepelná ztráta prostupem tepla				Přirážka P_1	Objemový tok vzduchu V_v	Intenzita výměny vzduchu n	Délka spar L	Objem místnosti V_m
		přes stěny	přes strop	přes podlahy	přes okna					
	[W]	[W]				[l]	[m ³]	[m ³ ·s ⁻¹ /m·Pa ^{0,67}]	[m]	[m ³]
Obývací pokoj	769,62	139,90	178,62	173,23	277,88	0,03331	0,01171	0,44515	21,4	84,32
Pracovna	240,30	33,00	59,54	58,33	89,42	0,01974	0,00394	0,45096	7,3	28,39
Ložnice	385,44	113,53	92,90	89,58	89,42	0,02371	0,00606	0,29365	7,3	43,60
Koupelna	190,43	47,05	45,64	50,79	46,95	0,02307	0,00268	0,37507	4,12	19,27
Dětský pokoj	401,98	118,38	98,86	95,32	89,42	0,02476	0,00644	0,27596	7,3	46,40
Technická místnost	88,08	19,15	27,65	21,72	19,56	0,01284	0,00217	0,33617	3	15,65
Zádveři	195,47	9,28	31,39	24,82	129,98	0,02814	0,00609	1,22619	6,8	17,89
WC	66,88	17,87	13,03	12,80	23,18	0,01072	0,00146	0,85571	3	6,15
Kuchyně	348,29	104,49	72,31	72,13	99,36	0,02558	0,00481	0,46558	9,2	34,66
Komora	19,54	0,00	11,01	8,53	0,00	0,00000	0	0	0	6,15
Chodba	146,13	0,00	75,34	70,79	0,00	0,00000	0	0	0	34,46

Místnost	Plocha						Součinitel prostupu tepla					
	stěny izolace	stěny dřevo	strop izolace	strop dřevo	podlahy	okna	stěny izolace	stěny dřevo	strop izolace	strop dřevo	podlaha	okna
	[m ²]						[W·m ⁻² ·K ⁻¹]					
Obývací pokoj	15,63	6,14	31,05	1,38	32,43	8,39	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,35611	1,035
Pracovna	2,45	2,13	10,53	0,39	10,92	2,70	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,35611	1,035
Ložnice	14,81	3,81	15,99	0,78	16,77	2,70	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,35611	1,035
Koupelna	3,87	2,28	7,13	0,29	7,41	1,26	0,16345	0,29594	0,16141	0,41308	0,36075	1,035
Dětský pokoj	0,00	0,00	17,02	0,83	17,85	2,70	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,35611	1,035
Technická místnost	1,21	1,73	5,81	0,21	6,02	0,70	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,36075	1,035
Zádveři	0,02	1,15	6,67	0,21	6,88	2,99	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,36075	1,61
WC	0,61	1,55	2,26	0,10	2,37	0,70	0,16345	0,29594	0,16141	0,41308	0,36075	1,035
Kuchyně	11,63	4,61	12,90	0,43	13,33	3,00	0,16346	0,29596	0,16141	0,41308	0,36075	1,035
Komora	0,00	0,00	2,26	0,10	2,37	0,00	0	0	0,16141	0,41308	0,36075	0
Chodba	0,00	0,00	12,40	0,86	13,25	0,00	0	0	0,16141	0,41308	0,35611	0

