

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Výběr optimální varianty vytápění pro rodinný dům

Selection of the optimal heating for the house

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Michaela Makešová

Veronika Rosová

Praha, 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rosová** Jméno: **Veronika** Osobní číslo: **465915**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Výběr optimální varianty vytápění pro rodinný dům

Název bakalářské práce anglicky:

Selection of the optimal heating for the house

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza aktuální situace v oblasti možnostech vytápění rodinných domů
2. Analýza státních podpor pro alternativní vytápění rodinných domů
3. Výběr vhodné varianty pro rodinný dům

Seznam doporučené literatury:

1. ŘEHÁNEK, Jaroslav. Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-7169-582-3.
2. PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.
3. DUFKA, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2019-7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Michaela Makešová, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Bc. Blanka Kučerková, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Datum zadání bakalářské práce: **20.09.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **07.01.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.02.2021**

Ing. Michaela Makešová
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

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

V Praze dne

.....

Veronika Rosová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Michaele Makešové za věnovaný čas a cenné informace.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá výběrem vhodné varianty vytápění pro konkrétní rodinný dům. V první části je rozebrán energetický audit, energetický posudek a průkaz energetické náročnosti budov jakožto nástroj k výběru nejvhodnější varianty vytápění. Následuje přehled a popis možností vytápění, které připadají v úvahu pro daný rodinný dům. S cílem minimalizace finančních výdajů je v práci věnována kapitola o možnostech získání dotace.

Hlavní část práce tvoří výběr a popis konkrétních variant. U každé varianty je spočítána její čistá současná hodnota, která je následně pomocí poměrné annuity převedena na roční ekvivalentní peněžní tok kvůli rozdílným dobám životnosti zdrojů tepla. Vytvořeny jsou dva scénáře. První zobrazuje pokračování stávající situace, kdy v domě bydlí dvě osoby, druhý počítá s navýšením o 4 obyvatele. Výsledkem je výběr ekonomicky nejvýhodnější varianty vytápění rodinného domu.

Klíčová slova

Vytápění, rodinný dům, zdroj tepla, kondenzační kotel, plyn, kotel na pelety, tepelné čerpadlo, čistá současná hodnota

Abstract

The Bachelor thesis concerns with the selection of the optimal heating for the house. In the first part the Energetic audit is described as an instrument for the selection of an appropriate option for heating. Afterwards, there is the overview and the description of options of heating, which are convenient for given house. With the purpose of minimization financial costs, there is a chapter about options how to acquire the grant.

The main part of this Bachelor thesis is composed of the description of the certain option. The Net present value is calculated for each option and consequently it is recalculated to the Annual equivalent cash flow with annuity because of the different lifetime period. Two variants are created. The first of them describes the situation with two people living in the house. The other is calculated for extra four people. The result of the thesis is the selection of the most economical option of heating.

Key words

Heating, house, heat source, condensing boiler, gas, pellet boiler, heat pump, net present value

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Seznam grafů	9
Úvod	11
1 Energetické hodnocení budov	12
1.1 Energetický audit	12
1.1.1 Obsah energetického auditu	13
1.2 Energetický posudek	14
1.3 Průkaz energetické náročnosti.....	14
2 Dotace.....	17
2.1 Kotlíkové dotace	17
2.2 Nová zelená úsporám	20
3 Typy vytápění	22
3.1 Stručná historie	22
3.2 Plynový kotel	22
3.2.1 Konvenční plynové kotle	23
3.2.2 Kondenzační kotle.....	24
3.2.3 Cena plynu a budoucnost plynových kotlů	26
3.3 Biomasa.....	27
3.3.1 Kusové dřevo	27
3.3.2 Pelety.....	29
3.3.3 Brikety.....	30
3.3.4 Dřevní štěpka	30
3.4 Uhlí.....	30
3.5 Tepelná čerpadla	31
3.5.1 Tepelné čerpadlo vzduch – voda.....	32
3.5.2 Tepelné čerpadlo země – voda	32
3.5.3 Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch	33
3.5.4 Tepelné čerpadlo voda – voda.....	33
4 Ekonomické hodnocení.....	34
4.1 Metody hodnocení investic	34
4.1.1 Čistá současná hodnota	34
4.1.2 Vnitřní výnosové procento.....	36
4.2 Energetická bilance objektu	36

4.3	Navrhované varianty vytápění	38
4.3.1	Kondenzační plynový kotel.....	38
4.3.2	Ohřev teplé vody	39
4.3.3	Kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem pro ohřev teplé vody	40
4.3.4	Kondenzační kotel s externím zásobníkem teplé vody	41
4.3.5	Kotel na pelety	41
4.3.6	Tepelné čerpadlo	43
4.4	Vyhodnocení navržených variant	44
4.4.1	Vyhodnocení navržených variant při nezměněném počtu osob	44
4.4.2	Vyhodnocení navržených variant pro více osob.....	45
4.5	Stanovení diskontu	46
4.6	Citlivostní analýza.....	46
4.6.1	Citlivostní analýza na diskont	47
4.6.2	Citlivostní analýza na cenu plynu	49
4.6.3	Citlivostní analýza na cenu pelet.....	50
4.6.4	Citlivostní analýza na cenu elektrické energie	50
	Závěr	52
	Seznam použité literatury.....	55
	Příloha – výpočty RCF	60

Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip kondenzačního kotle [49].....	24
Obrázek 2 Závislost teploty topné vody na teplotě okolí [42].....	26
Obrázek 3 Vývoj ceny plynu při odběru 20-25 MWh/rok na území ČR [43].....	27
Obrázek 4 Princip tepelného čerpadla [25].....	32
Obrázek 5 Kondenzační kotel Thermona THERM 24 KDN [46].....	38
Obrázek 6 Kotel na pelety Benekov K20 [47].....	42

Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy [6].....	16
Tabulka 2 Přehled výhřevnosti dřeva s obsahem vody 20 % [14].....	28
Tabulka 3 Přehled spotřeby plynu v rodinném domě.....	37
Tabulka 4 Určení ceny za spotřebovaný plyn varianty 1.....	39
Tabulka 5 Určení ceny za spotřebovaný plyn varianty 2.....	40
Tabulka 6 Cena za elektrickou energii pro tepelné čerpadlo.....	43
Tabulka 7 Vyhodnocení variant při nezměněném počtu osob.....	44
Tabulka 8 Vyhodnocení variant pro více osob.....	45

Seznam grafů

Graf 1 Závislost RCF na diskontu – varianta pro 2 osoby.....	47
Graf 2 Závislost RCF na diskontu - varianta pro více osob.....	48
Graf 3 Závislost RCF na diskontu - varianta pro více osob + dotace.....	48
Graf 4 Závislost RCF na ceně plynu.....	49
Graf 5 Závislost RCF na ceně pelet.....	50
Graf 6 Závislost RCF na ceně elektrické energie.....	51

Úvod

V podnebí České republiky se žádná obydlená budova neobejde bez potřeby vytápění, zejména v chladných měsících. Topná sezóna trvá od 1. září do 31. května dalšího roku, ovšem v praxi záleží především na skutečné venkovní teplotě. Standardně se začíná objekt vytápět, pokud průměrná venkovní teplota klesne pod 13 °C ve dvou po sobě jdoucích dnech. [48] Jedná se o podstatnou část roku, kdy je nutné dodávat teplo do domů pro zajištění tepelné pohody. Podobně jako v ostatních oblastech, tak i ve vytápění domů je snaha o co největší úspory energií a financí.

Kromě minimalizace finančních nákladů na vytápění je kladen důraz na snižování emisí. V minulém století se k vytápění používaly klasické kotle na tuhá paliva, především na uhlí, které měly negativní vliv na kvalitu ovzduší. Při spalování dochází ke vzniku škodlivých látek, jako jsou oxidy uhlíku, síry a dusíku. Z toho důvodu se přechází na ekologičtější varianty vytápění, mezi které patří kvalitní kotle na spalování biomasy, plynové kondenzační kotle nebo kvalitní tepelná čerpadla. Neustálými pokroky v oblasti technologií se zdroje tepla zdokonalují za účelem dosažení co nejvyšší účinnosti, snížení množství potřebného paliva a emisí.

Aby byl zdroj tepla v daném objektu efektivní, musí být zvolen správný typ. Ten je třeba vhodně dimenzovat s ohledem na velikost domu, stáří, zateplení nebo stav otopné soustavy. Poddimenzovaný zdroj tepla, tedy s nedostatečným výkonem, nedokáže zajistit dosažení požadované teploty v objektu. Naopak předimenzovaný zdroj bude zbytečně příliš nákladný na pořízení a nebude schopen tak ekonomického provozu jako správně zvolený zdroj tepla.

Zhotovení energetického auditu nebo posudku výrazně pomůže při výběru optimální varianty vytápění a správnému dimenzování zdroje tepla. Rovněž posoudí aktuální stav nakládání s energiemi nejenom na vytápění a navrhne doporučení, která vedou k celkovému snížení množství potřebné energie. Tato opatření zajistí nižší spotřebu paliva, finanční úspory a mnohdy vedou k docílení vyššího komfortu. Mezi navrhovaná opatření patří například vhodné zateplení domů, výměna starých oken, rekonstrukce otopné soustavy, změna osvětlení nebo již zmíněná výměna zdroje vytápění.

Moderní typy vytápění, jež dosahují vysoké efektivity a úspor, přináší poměrně vysoké investiční výdaje. Mnoho rodin si nemůže takovou investici dovolit a používá k vytápění neekologické kotle. Z toho důvodu jsou zavedeny dotační programy, které podpoří majitele domů při pořízení nového ekologického typu vytápění.

Cílem práce je vybrat vhodnou variantu vytápění konkrétního rodinného domu, a to z hlediska možného technického provedení a ekonomické efektivity. Jedná se o zateplený rodinný dům se starým plynovým kotlem, který je již nutné nahradit za nový zdroj tepla.

1 Energetické hodnocení budov

1.1 Energetický audit

V dnešní době se snažíme o maximální úsporu energií i financí. Dokument, který se za tímto účelem vypracovává, se nazývá energetický audit. Jedná se o komplexní dokument, jehož cílem je zhodnotit aktuální stav budovy, vyhodnotit jej a navrhnout vhodná opatření vedoucí ke snížení spotřeby energií. Opatření musí být ekonomicky výhodná a technicky realizovatelná. Energetický audit bere v úvahu i prostředí, ve kterém se budova nachází. Zkoumá se i zprostředkovávání energií od dodavatelů, správnost faktur a distribučních sazeb za elektrickou energii. [3]

Podle zákona č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, (dále jen „zákon č. 318/2012 Sb.“) je „*energetickým auditem písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení účinnosti včetně doporučení k realizaci.*“ [1]

Energetický audit může provést pouze osoba oprávněná k výkonu dané činnosti – energetický specialista. „*Energetickým specialistou je fyzická osoba, která je držitelem oprávnění uděleného ministerstvem k zpracování energetického auditu a energetického posudku, zpracování průkazu, provádění kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie, nebo provádění kontroly klimatizačních systémů.*“ [1] Energetický specialista musí splnit odbornou zkoušku a mít buď vysokoškolské vzdělání technického směru a 3 roky praxe, dokončené střední vzdělání s maturitou a k tomu 6 let praxe v oboru nebo vyšší odborné vzdělání s pětiletou praxí.

Úkolem energetického specialisty je provést vyhodnocení daného objektu. Vyšetřuje stav provozovaných kotlů, rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů. Vypracovanou zprávu v podobě energetického auditu nebo posudku je povinen předat vlastníkovvi budovy. [1]

Energetický audit není ze zákona povinný pro všechny budovy. Bývá však vyžadován při žádosti o státní podpory, při rekonstrukcích nebo i při žádosti o půjčku v bance. Energetický audit se vyplácí nechat zhotovit při zateplování domu, kdy lze díky kvalitně zpracované dokumentaci předejít různým závadám a následným opravám a reklamacím. Bývá vyžadován i při pronajímání nebo prodeji budov.[3]

1.1.1 Obsah energetického auditu

Energetický audit musí být proveden energetickým specialistou a zpracován podle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

Na titulním listě se nachází název objektu, který je předmětem energetického auditu, datum vypracování, jméno energetického specialisty, číslo oprávnění a evidenční číslo energetického auditu. [2]

Identifikační údaje podávají informace o vlastníkovvi předmětu energetického auditu. Jedná-li se o fyzickou osobu, nachází se zde její jméno (jména), příjmení, adresa trvalého bydliště a identifikační číslo osoby. V této části se také nachází název, adresa nebo umístění předmětu energetického auditu. Může se zde nacházet i účel zpracování energetického auditu, okrajové podmínky pro hodnocení nebo podklady pro zpracování auditu. [2]

Následuje popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu. Obsahuje informace o samotném předmětu energetického auditu a to jeho charakteristiku hlavních činností, popis technických zařízení, systémů budov a situační plán. Podává údaje o energetických vstupech za poslední 3 roky včetně průměrných hodnot získaných z účetních dokladů a zpracovává se podle vzorové tabulky v příloze č. 2 vyhlášky č. 480/2012 Sb. Informuje o vlastních zdrojích energie a energetické bilanci výroby energie z vlastních zdrojů, tyto údaje jsou zpracovány podle vzorové tabulky v příloze č. 3 výše uvedené vyhlášky. Jsou zde popsány všechny rozvody energie se schémata a zhodnotí se jejich stav a vybavenost. Dále obsahuje údaje o druhu, energetickém příkonu, ročních provozních hodinách a způsobu regulace významných spotřebičů energie. Jsou zde popsány tepelně technické vlastnosti budov a systém managementu hospodaření s energií podle ČSN EN ISO 50001. [2]

V části vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu se nachází vyhodnocení účinnost využití energie ve zdrojích energie, v rozvodech tepla a chladu a ve významných spotřebičích. Vyhodnocují se tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí budov, úroveň systému managementu hospodaření s energií a celková energetická bilance, která se zpracovává podle prvního bodu přílohy č. 4 vyhlášky č. 480/2012 Sb. [2]

Následuje ekonomická část obsahující návrhy jednotlivých opatření ke zvýšení účinnosti využití energií. Jsou vypracovány alespoň dvě varianty, z nichž každá obsahuje popis navrhnutých opatření. Jedná se o údaje o ročních úsporách energie v MWh/rok a porovnání těchto hodnot se současným stavem. Uvedou se investiční náklady na realizaci navrhované varianty a průměrné roční provozní náklady, které se porovnají s průměrnými ročními náklady se stavem před realizací navrhované varianty. Provede se ekonomické a ekologické vyhodnocení navržených variant

podle příloh dané vyhlášky. Na základě těchto vyhodnocení, celkové roční úspory energie a možných dotačních programů se vybere optimální varianta. [2]

Poslední částí je doporučení energetického specialisty, kde je popsána optimální varianta. Obsahuje informace o nákladech na realizaci optimální varianty a průměrných ročních nákladech, dále jaké budou roční úspory energie v MWh/rok, upravenou energetickou bilanci a návrh vhodného systému managementu hospodaření s energií. [2]

1.2 Energetický posudek

Obecně lze říci, že energetický posudek je zjednodušenou a méně komplexní variantou energetického auditu. Energetický posudek posuzuje již navržená opatření, na rozdíl od energetického auditu nepopisuje dopodrobna aktuální stav a nehledá nová opatření. Může být zpracován pouze energetickým specialistou a bývá součástí Průkazu energetické náročnosti budovy. Ceny energetického posudku se pohybují v řádech tisíců až pár desetitisíců korun podle velikosti a náročnosti objektu. [4]

Podle Zákona č. 318/2012 Sb. je energetický posudek „*písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení.*“ [1]

Energetický posudek může být zpracován, ale nemusí, pro zhodnocení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy při větších změnách budovy nebo pro vyhodnocení provedených opatření navržených v energetickém auditu. Může sloužit i jako podklad při zvyšování účinnosti využití energie, snižování emisí nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů energie. [1]

Forma a obsah energetického posudku je dána vyhláškou č. 480/2012 Sb. Titulní strana a identifikační údaje jsou stejné jako u energetického auditu. Zjištění energetického specialisty obsahuje posouzení technické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, hodnocení ekonomické a ekologické proveditelnosti, posouzení nákladů a přínosů zavedení vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla nebo využití odpadního tepla, popis a vyhodnocení stávajícího stavu a doporučených nebo provedených opatření. Na konci se nachází doporučení energetického specialisty. [2]

1.3 Průkaz energetické náročnosti

Podle zákona č. 318/2012 je „*průkazem energetické náročnosti dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy.*“ [1] Budova se

hodnotí z hlediska stavební konstrukce a všech vstupujících energií (vytápění, osvětlení, ohřev TUV, větrání a chlazení). Nezapočítává se však energie pro domácí spotřebiče (lednička, pračka, trouba, sporák a dalších). Roční spotřeba energie se hodnotí po přepočtu na 1 m² celkové podlahové plochy a porovnává s referenční budovou. Podle vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov je „referenční budovou výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“ [6] Parametry referenční budovy s referenčními hodnotami se nachází v příloze č. 1 Vyhlášky č. 78/2013.

Forma zpracování průkazu energetické náročnosti budovy (dále jen PENB) je dána vyhláškou č. 78/2013 a jejími přílohami. Nachází se zde i podklady pro výpočet dodané energie a primární energie, požadavky na energetickou náročnost budovy, technické, ekonomické a ekologické posouzení proveditelnost alternativních systémů dodávek energie nebo vzor doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti. PENB tvoří protokol a grafické znázornění. Protokol obsahuje základní informace o budově a jejích stavebních prvcích, konstrukcích a technických systémech, účel zpracování, energetickou náročnost, technické, ekonomické a ekologické posouzení alternativních systémů dodávky energie, doporučená opatření a identifikační údaje energetického specialisty. Grafické znázornění obsahuje následující vybrané údaje: Plochu obálky budovy v m² (všechny plochy s kontaktem s vnějším prostředím, tj. stěny, okna, podlahy, střechy), energetickou vztahnou plochu v m² (měřená v jednotlivých podlažích mezi vnějšími stěnami), objemový faktor tvaru A/V (hodnotí kompaktnost budovy – čím nižší hodnota, tím menší úniky tepla v poměru k objemu). Dále obsahuje hodnoty pro celou budovu a měrné hodnoty v kWh·m⁻²·rok⁻¹ (na 1 m² energeticky vztahné plochy) celkové dodané energie a neobnovitelné primární energie. Pomocí vztahných hodnot lze budovy porovnávat mezi sebou. Následuje rozdělení do klasifikačních tříd A až G, které jsou uvedeny v příloze č. 2 vyhlášky č. 78/2013 a zobrazeny v následující tabulce. [5, 6]

Tabulka 1 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy [6]

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	U_{em}	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	E_R		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

Referenční budova se řadí do klasifikační třídy C. U_{em} je hodnota průměrného součinitele tepla ve $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. V grafickém znázornění ukazuje černá šipka s bíle vepsanou hodnotou zařazení budovy v současném stavu do příslušné klasifikační třídy, bílá šipka se zkratkou „Dop.“ ukazuje na klasifikační třídu, do níž by se budova řadila, kdyby byla provedena doporučená opatření. Další součástí grafického znázornění je tabulka s doporučenými opatřeními, jež jsou podrobněji rozepsány v protokolu. Vedle tabulky se nachází podílový graf energonositelů na dodanou energii. Ve spodní části je umístěna tabulka s ukazateli energetické náročnosti budovy, kde se nachází rozdělení dodané energie pro obálku budovy, vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, teplou vodu a osvětlení. Znázorňuje se aktuální stav a stav po zrealizování doporučených opatření. Z tabulky je zřejmé, na jakou část budovy se zaměřit, aby došlo k úsporám energie. [5]

PENB si musí vlastník nebo stavebník opatřit při výstavbě budov nebo při větších změnách budovy, bez průkazu navíc nemusí dostat stavební povolení. Pro zpracování průkazu je třeba projektová stavební dokumentace a aktuální fotografie objektu ze všech stran, pokud se jedná o již postavenou budovu. Vlastník budovy je povinen si průkaz pořídit při prodeji nebo pronájmu budovy. Dále musí předat průkaz kupujícímu nebo nájemci budovy. Potenciálním kupujícímu nebo nájemcům musí průkaz nebo jeho ověřenou kopii předložit. [1]

Ceny zpracování PENB se liší podle typu budovy a její velikosti. Pro malý rodinný dům stojí PENB do 3 000 Kč, pro větší 3 500 Kč. Cena průkazu pro bytový dům se pohybuje mezi 3 500 až 12 000 Kč. Informace z PENB usnadní výběr vhodného typu vytápění a určení potřebného výkonu zdroje tepla. Díky správně dimenzovanému zdroji tepla dojde k výrazným úsporám energií v dalších letech, tudíž se investice do vypracování průkazu vrátí. [7]

2 Dotace

Hlavním cílem dotací na výměnu kotle nebo na nový způsob vytápění je snížení emisí znečišťujících látek do ovzduší. Řada lidí, zejména na venkově, používá k vytápění staré kotle na tuhá paliva, jež nemají vysokou účinnost a při jejich provozu dochází k emisím škodlivých látek do ovzduší a znečišťování životního prostředí. Pořízení nového zdroje tepla je ovšem pro mnohé velmi nákladné a nemohou si ho finančně dovolit. Z toho důvodu jsou státem nabízeny dotace pro podpoření ekologického vytápění.

Dotace bývají vypsané pro jednotlivé kraje a obvykle financovány z evropských fondů. Výzvy na dotace jsou vyhlášeny v jednotlivých vlnách a žadatelé si podávají žádosti ke schválení. Dotace jsou poskytnuty pouze na zdroje tepla splňující požadavky dané směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, kde jsou upřesněny nároky na ekodesign. Seznam výrobků a technologií podporovaných v dotačních programech lze najít na webových stránkách Státního fondu životního prostředí ČR, jehož zřizovatelem je Ministerstvo životního prostředí ČR. [28]

2.1 Kotlíkové dotace

Cílem kotlíkových dotací je snížení emisí škodlivých látek z kotlů na tuhá paliva s tepelným výkonem do 50 kW. Dochází k výměně starého kotle za nový ekologičtější kotel nebo obecně za ekologické zdroje tepla. Kotle na tuhá paliva jsou podle normy ČSN EN 305-5 rozděleny do pěti emisních tříd. Kotle zařazené v emisní třídě 1 jsou nejméně ekologické, naopak emisní třída 5 značí kotel s nízkými emisemi a vysokou účinností. Od 1. 1. 2014 byl zakázán prodej kotlů 1. a 2. emisní třídy, od 1. 9. 2022 bude tyto kotle zakázáno používat bez ohledu na jejich stáří. Od začátku roku 2018 je zakázáno prodávat kotle emisní třídy 3 a od 1. 1. 2020 již bude možné legálně zakoupit pouze kotel 5. emisní třídy. Od 1. 1. 2017 jsou povinné revize kotlů na tuhá paliva a příslušný městský úřad si může vyžádat potvrzení. V případě, že nedojde k předložení revizní zprávy, hrozí majiteli pokuta. Revize se musí každé 3 roky obnovit. [28]

Poskytovatelem dotací je Ministerstvo životního prostředí. Kotlíkové dotace jsou určeny pro fyzické osoby, firmy o ně požádat nemohou. Žádost musí žadatel podat na příslušný krajský úřad. V Moravskoslezském kraji je možné podat žádost elektronicky a do 10 dnů od podání elektronické žádosti musí žadatel doručit i jeho listinnou podobu s požadovanými přílohami na příslušný úřad. Mezi přiloženou dokumentaci se řadí smlouva o vedení běžného účtu (bankovního), fotodokumentace a doklad o kontrole technického stavu a provozu původního kotle. Dotaci lze získat pouze na kotel, který se nachází v Seznamu výrobků a technologií podporovaných v dotačních programech Státního fondu životního prostředí ČR. [31]

Kotlíkové dotace vznikly v Moravskoslezském kraji kvůli nepříznivému stavu ovzduší na začátku roku 2012. Při výměně 600 kotlů se předpokládalo snížení množství prachu o 60 tun ročně. Po odstartování prvních dotací bylo podpořeno 333 žádostí z 562 podaných. Na všechny typy kotlů bez rozdílu se přispívalo 60 000 Kč, celkově byla výzva pokryta 20 miliony korun. Ve dvou dalších kolech podalo žádost 1 950 domácností s podporou na každý kotel 40 000 Kč. Alokovaná částka byla 80 milionů korun. Kotlíkové dotace v roce 2013 vyhlásil Středočeský a Ústecký kraj. [27]

V rámci Operačního programu životního prostředí v letech 2014-2020 byl Ministerstvem životního prostředí vyhlášen celostátní dotační program Kotlíkové dotace. Program je rozdělen do tří výzev s alokovanou částkou 9 miliard korun z fondů Evropské unie. První dvě výzvy jsou již uzavřeny, třetí stále probíhá. Cílem programu je výměna alespoň 85 tisíc starých kotlů. [29]

První výzva byla vyhlášena v červenci 2015 a měla za cíl vyměnit minimálně 20 tisíc kotlů do roku 2018. Druhá výzva se spustila v březnu 2017 a slibovala podporu na výměnu kotlů na tuhá paliva s ručním přikládáním za nový kondenzační kotel, kotel na biomasu, automatický kombinovaný kotel a tepelné čerpadlo. Ve vybraných oblastech s vyšší mírou znečištění dostali žadatelé navíc 7 500 Kč. [29]

Třetí výzva kotlíkových dotací je vyhlášena v Moravskoslezském, Olomouckém a Karlovarském kraji od dubna 2019, v ostatních krajích později v průběhu roku 2019. Příjem žádostí byl ve všech krajích vyhlášen nejpozději na konci října. Jelikož se budova, které se týká tato bakalářská práce, nachází v Praze, budu se dále zabývat jen dotacemi pro toto město. Lhůta pro podání žádosti na kotlíkové dotace je od 21. 10. 2019 do 30. 10. 2020. Vyplněný formulář se podává na podatelnu Magistrátu hl. m. Prahy (osobně nebo poštou). Žádost musí splňovat všechny náležitosti. Pokud bude některá z náležitostí chybět, žadatel ji musí do 15 kalendářních dnů doplnit, jinak hrozí vyřazení žádosti. O poskytnutí dotace rozhoduje Rada hlavního města Prahy. Žádosti nebude vyhověno v případě vyčerpání finančních prostředků nebo nesplnění podmínek. O kotlíkovou dotaci může požádat fyzická osoba vlastníci rodinný dům nebo bytovou jednotku v rodinném domě na území Prahy, ve kterém dojde v termínu od 15. 7. 2015 do 30. 6. 2021 k výměně neekologického kotle na tuhá paliva s ručním přikládáním na ekologičtější zdroj vytápění. O dotaci lze požádat v případě, že se jedná o kotel na tuhá paliva 1. a 2. emisní třídy. Dotace se nevztahuje na kotle, na které byla od roku 2009 už nějaká dotace poskytnuta, na výměnu plynového kotle, kamen, kotle s automatickým přikládáním a na výměnu kotle na pevná paliva za zdroj tepla výhradně na uhlí nebo kombinaci uhlí s biomasou. [31]

Dotace může být poskytnuta pouze na zdroje tepla zapsané v Seznamu výrobků a technologií. Jedná se o kotle na biomasu s výhradně automatickým přikládáním, které musí splňovat

požadavky Nařízení Komise EU č. 2015/1189, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES. Kotle musí mít řízený přísun spalovacího vzduchu pomocí ventilátoru. Dále plynové kondenzační kotle a tepelná čerpadla splňující parametry dané Nařízením Komise EU č. 813/2013. Není možná jen přestavba kotle, vždy musí dojít k výměně za nový. [31]

Dotace se vztahuje i na provedené stavební práce související s projektem. Jedná se stavební práce, dodávky a služby spojené s instalací plynového kondenzačního kotle, tepelného čerpadla nebo kotle na biomasu s automatickým přikládáním, s realizací otopné soustavy nebo její úpravou. Z dotace lze uhradit i výdaje na zkoušky nebo na projektovou dokumentaci. [31]

Výše dotace závisí na typu nového tepelného zdroje. Na plynový kondenzační kotel je možné získat maximálně 95 000 Kč a dotace může tvořit maximálně 75 % z doložených výdajů. Na tepelné čerpadlo nebo kotel na biomasu s automatickým přikládáním je maximální výše dotace 120 000 Kč, přičemž procentuální podíl dotace nemůže být vyšší než 80 % z celkových výdajů. Na všechny zmíněné typy tepelných zdrojů lze navíc získat 7 500 Kč, pokud se nachází v prioritním území, do kterého Praha patří. Zbylou částku zaplatí žadatel. [31]

Aby byla dotace proplacena, musí být tepelný zdroj vyměněn a uveden do provozu nejpozději do 6 měsíců od nabytí účinnosti smlouvy. Žadatel musí do 30 pracovních dnů po uvedení tepelného zdroje do provozu předložit Přílohu k Žádosti o dotaci, která obsahuje následující položky:

- závěrečné finanční vyúčtování projektu,
- kopii účetních dokladů s podrobným rozpisem jednotlivých položek a rozdělených do nákladů na nový zdroj a jeho uvedení do provozu, rekonstrukci otopné soustavy, úpravy spalinových cest, úpravu kotelny a neveřejnou část plynové přípojky,
- doporučení dokládající oprávněnost uplatňovaných nákladů,
- fotodokumentaci nového tepelného zdroje po instalaci nebo otopné soustavy, pokud byla její rekonstrukce nutná k výměně tepelného zdroje,
- kopii záručního listu,
- osvědčení oprávněnosti osoby, která provedla instalaci nového zdroje vytápění,
- oznámení o provedení obměny tepelného zdroje,
- doklad o likvidaci předchozího kotle na tuhá paliva
- zprávu o revizi spalinových cest, plynového zařízení (v případě plynového kondenzačního kotle) nebo elektrického zařízení (tepelné čerpadlo). [31]

Moravskoslezský, Ústecký a Karlovarský kraj také nabízí kotlíkové půjčky. Jedná se o výhodnou půjčku na výměnu kotle bez úroků. S pomocí kotlíkového specialisty požádá žadatel obci o kotlíkovou půjčku a na příslušném kraji o kotlíkovou dotaci. V případě, že žádost o kotlíkovou

dotaci bude schválena, obec poskytne žadateli peníze. Po výměně kotle dojde k obdržení dotace, kterou žadatel vrátí obci v podobě první splátky. Zbývající částku splácí obci na měsíční bázi, maximálně 2 000 Kč měsíčně po dobu splácení 10 let. Kotlíkovou půjčku lze splatit předčasně a to bez sankce. [30]

2.2 Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je mnohem komplexnější než kotlíkové dotace. Kromě finanční podpory na zdroje energie nabízí také podporu při zateplení nebo výstavbě rodinného nebo bytového domu. Dotaci mohou získat nejen fyzické, ale i právnické osoby. Jedná se nejúspěšnější a nejrozšířenější program v České republice v oblasti energetických úspor. Program je financován z prodeje emisních povolenek.

Nová zelená úsporám odstartovala v roce 2009 a pokračovala v roce 2013. Od roku 2014 proběhly 3 výzvy, z nichž poslední má trvání až do roku 2021. U první výzvy pro rodinné domy byl zahájen příjem žádosti 1. 4. 2014 a ukončen do konce téhož roku. Alokace finančních prostředků činila 1,9 miliard korun. Druhá výzva probíhala od 15. 5. 2015 do 31. 10. 2015 a nabízela na podpory 600 milionů korun. Příjem žádostí o dotaci u třetí výzvy pro rodinné domy byl zahájen 22. 10. 2015 a bude trvat do konce roku 2021 nebo do vyčerpání stanovené alokace finančních prostředků. [33]

Nová zelená úsporám je rozdělena do tří oblastí podpory - A, B, C. Oblast A obsahuje snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů a zahrnuje dotace na zateplení obálky domu, výměnu oken, dveří a střechy. Oblast B představuje podporu na výstavbu nových nízkoenergetických domů nebo změnu dokončené budovy, která nesplňuje definici rodinného domu. Oblast C je zaměřena na efektivní využití zdrojů energie. Nabízí dotaci na výměnu neekologického zdroje tepla za ekologičtější varianty, například tepelné čerpadlo, plynový kondenzační kotel nebo kotel na biomasu. Podporuje instalaci solárních termických a fotovoltaických systémů, systémů nuceného větrání s možností zpětného získání tepla z odpadního vzduchu, vyžití tepla z odpadní vody nebo vypracování odborného posudku. [34]

O dotaci mohou požádat fyzické i právnické osoby, které jsou vlastníky nebo stavebníky rodinných domů. Žádost se podává elektronicky ve formě vyplněného formuláře s elektronickým podpisem do datové schránky SFŽP (Státní fond životního prostředí ČR), e-mailem nebo přes informační systém. Spolu s žádostí se odesílají další požadované dokumenty jako projektová dokumentace, energetické hodnocení, faktury, potvrzení o úhradě, doklady o dokončení realizace podporovaných opatření a potvrzení o vlastnictví bankovního účtu. Kontrola žádostí trvá 6 – 9 týdnů, po schválení dotace dochází k jejímu vyplacení. [35]

Výše dotace se odvíjí od typu systému. Na termické solární systémy je možnost získat až 50 000 Kč, na fotovoltaické solární systémy 150 000 Kč. Výměna neekologického zdroje tepla za podporovaný typ je podpořena finanční částkou v rozmezí 25 tisíc až 100 tisíc korun, přičemž se částky liší pro zateplený a nezateplený dům. Nová zelená úsporám nabízí podporu i pro rozšíření solárního systému, vypracování odborného posudku a využití tepla z odpadních vod. [32]

3 Typy vytápění

3.1 Stručná historie

V minulosti se jako první zdroje tepla používala otevřená ohniště. Ve středověku lidé začali používat krby a kamna, které dodnes neztratily na popularitě a mimo jiné slouží i jako dekorace. Nejdříve byl kouř odváděn z místností otvorem ve stěnách nebo stropu, komíny se začaly stavět až ve 14. století. V 18. a 19. století se rozmohlo vytápění teplým vzduchem, které bylo později nahrazeno vytápěním parou. Pára se tvořila v kotli a byla vedena otopným tělesem, které nejčastěji tvořily žebrované trubky. V nich pára zkondenzovala, tím předala teplo a kondenzát se vracel zpět. Teplo se do prostoru šířilo prouděním a sáláním. Mezi hlavní výhody vytápění parou patří rychlé vyhřátí místnosti a poměrně malý průřez potrubí. [9]

Vytápění teplou vodou používali již staří Římané. Na území České republiky se začalo hojně využívat až v 1. polovině 20. století. Otopná tělesa byla litinová nebo železná, tvořily je trubky, žebrované trubky a později radiátory. Zdrojem tepla byl obvykle kotel na pevná paliva (koks, antracit). V 19. století se k vytápění používal svítiplyn, který sloužil i k osvětlení a vaření. Ke konci 20. století byl plně nahrazen zemním plynem. [9]

V moderní době používáme jako zdroje tepla kotle na fosilní paliva (hnědě a černé uhlí, koks, antracit, zemní plyn), elektrické kotle, kotle na biomasu (dřevo, pelety, brikety, štěpku), solární kolektory nebo tepelná čerpadla. Vzhledem k vyčerpatelnosti fosilních paliv a kvalitě životního prostředí se stále více snažíme používat obnovitelné zdroje energie. Za účelem nižší spotřeby energie na teplo dochází ke stavbám nízkoenergetických domů a zateplování starších budov. [9]

3.2 Plynový kotel

Kotle na zemní plyn jsou u nás velmi rozšířené. Svou popularitu si získaly především díky komfortu provozu, jelikož je není nutné pravidelně obsluhovat a dodávka plynu je nepřetržitá v průběhu celého roku. Nezabírají mnoho prostoru a výkon kotle lze snadno regulovat elektronickou řídicí jednotkou. Ačkoli plyn patří mezi fosilní paliva, tak i přes to se jedná o poměrně ekologickou variantu vytápění. Zároveň se v mnoha případech jeví jako nejlevnější varianta. Jedinou případnou omezující podmínkou může být nutnost plynové přípojky. Pokud se přípojka v dané lokalitě nenachází, je možné použít samostatný zásobník s propanem či propanbutanem, který je třeba doplňovat.

Plynové kotle můžeme dělit podle umístění na závěsné a stacionární. Závěsné kotle jsou pověšeny na zeď a v prostoru zabírají málo místa. Při rekonstrukcích nebo výměnách kotlů nevyžadují žádné větší stavební zásahy. Často bývají kombinované s ohřevem užitkové vody. Stacionární

kotle jsou postaveny na zemi nebo betonové podložce a dosahují větších rozměrů. Vyznačují se větším vodním objemem, vyšším výkonem a jsou vhodné k vytápění objektů s většími vodními objemy. Na rozdíl od závěsných kotlů mají delší životnost a menší poruchovost. [10]

3.2.1 Konvenční plynové kotle

Konvenční teplovodní kotle vynikají nízkou pořizovací cenou. Často se využívají ve starších stavbách se starou otopnou soustavou například s litinovými radiátory kvůli vysoké teplotě topné vody dosahující až 80 °C. Teplota spalin se pohybuje v rozmezí 90 °C až 160 °C. Aby nedošlo ke kondenzaci, která je u tohoto typu kotlů nežádoucím jevem, nesmí teplota vstupní vody klesnout pod 60 °C. To se dá zajistit například pomocí směšovacích ventilů vstupní a ohřáté vody. Pokud by teplota vstupní vody byla příliš nízká a docházelo by ke kondenzaci, mohla by se objevit koroze ve výměníku a tím by došlo k jeho znehodnocení. Maximální účinnost těchto kotlů je do 90 %, je tedy nutné počítat s vyššími provozními náklady spojené s vyšší spotřebou plynu. [10]

Atmosférické konvenční plynové kotle jsou založené na spalování zemního plynu s otevřenou spalovací komorou. Odvod spalin je zajištěn přirozeným tahem komínu. Nevýhodou atmosférického kotle je sání vzduchu z místnosti, ve které se nachází, a kvůli tomu i nízká účinnost a zajištění dostatečného odvětrání místnosti. [15]

Turbokotle mají uzavřenou spalovací komoru a odvod spalin zajišťuje ventilátor obvodovou stěnou nebo střechou. Spalovací vzduch se většinou přivádí potrubím z venku, ale může být nasáván i z místnosti. Dosahují větší účinnosti než atmosférické konvenční kotle. [15]

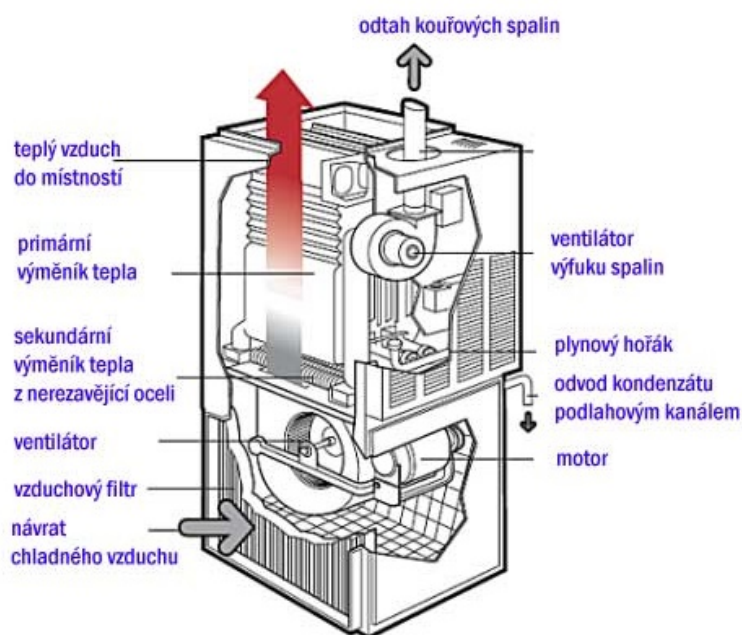
Podle nařízení č. 813/2013 je zakázáno po 26. září 2015 uvádět na trh kotle na zemní plyn do jmenovitého výkonu 70 kW s nižší účinností než 86 %. Klasické plynové kotle je možné nadále používat, výrobci kotlů mohou doprodat skladové zásoby plynových kotlů s napojením do komína a plynových turbo kotlů. Výjimku tvoří kotle malých jmenovitých výkonů do 10 kW (kombinované do 30 kW), u kterých je povolena minimální sezónní účinnost 75 %. Záměrem tohoto opatření je používání efektivnějších kondenzačních kotlů a snížení spotřeby energie. [11]

Nízkoteplotní kotle oproti konvenčním dokáží pracovat i s nižší teplotou vstupní vody (30 až 40 °C). Kotel pracuje se suchými spalinami, ale kvůli nízké teplotě může docházet i ke kondenzaci. K tomu je třeba výměník z odolných materiálů vůči korozi, například litiny, proto tyto kotle bývají většinou stacionární. Dosahují účinnosti okolo 92 %. [10]

3.2.2 Kondenzační kotle

Nejnovějším a také nejefektivnějším plynovým kotlem je kotel kondenzační. Oproti konvenčním kotlům dosahuje vyšší účinnosti a menší spotřeby paliva. Nevýhodou je jeho vyšší pořizovací cena a při výměně starého kotle také nezbytné stavební úpravy. Jedná se však o jednorázovou investici, která se díky menší spotřebě paliva vrátí průměrně do pěti let, přičemž životnost kotle je až 20 let.

Princip plynového kondenzačního kotle spočívá ve spalování zemního plynu za přítomnosti vzduchu. Při spalování vzniká voda, která se vlivem hoření ohřívá a mění ve vodní páru a oxid uhličitý. Vodní pára s oxidem uhličitým tvoří spaliny, které by u běžného kotle odcházely komínem. Spaliny ovšem obsahují nevyužitou tepelnou energii neboli latentní teplo. Pokud požadujeme uvolnění tohoto tepla a tím využití většího množství energie, musí teplota spalin klesnout pod teplotu rosného bodu. Při dokonalém hoření je tato hodnota stanovena na 57 °C. Dochází pak ke kondenzaci vodní páry a uvolnění tepla, které je následně využito na předehřev vratné vody. Kotel dokáže fungovat i při vyšší teplotě vratné vody než je teplota rosného bodu. V tomto případě nedojde ke kondenzaci a snižuje se jeho účinnost. [8, 10]



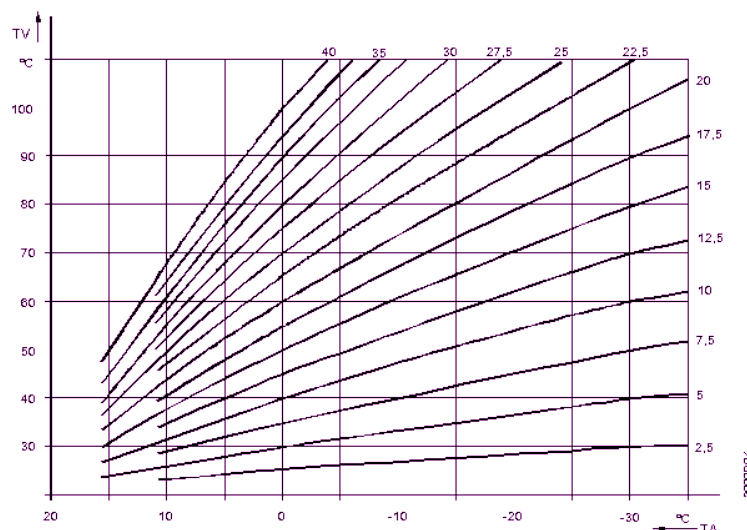
Obrázek 1 Princip kondenzačního kotle [49]

Kondenzační plynové kotle slibují účinnost až 108 %. Správně z fyzikálního hlediska se nejedná o účinnost, ale hovoříme o normovaném stupni využití. U konvenčních kotlů se účinnost stanovuje z výhřevnosti, která odpovídá spalnému teplu. Neobsahuje však energii ukrytou ve vodní páře, která tvoří latentní teplo. Normovaný stupeň využití byl zaveden hlavně pro porovnání efektivity konvenčních a kondenzačních kotlů. Kdybychom uvažovali účinnost kondenzačního

kotle pouze ze spalného tepla, získáme hodnotu 98 %, která je oproti účinnosti konvenčních (do 90 %) nebo nízkoteplotních kotlů stále vyšší. Díky kondenzaci vodní páry lze získat teplo dosahující 11 % výhřevnosti zemního plynu. Pokud tedy k výhřevnosti 100 % (spalné teplo bez zohlednění tepla z kondenzace) přičteme získaných 11 % kondenzací, dostáváme se na hodnotu 111 %. Z toho 1 % tvoří nevyužitelné teplo, 1 % ztráty spalinami a 1 % ztráty povrchem. Normovaný stupeň využití tak dosahuje hodnoty 108 % za předpokladu ideálního spalování. [8]

Důležitým faktorem pro spalování je součinitel přebytku vzduchu λ . Pro ideální spalování $\lambda = 1$. Při přebytku vzduchu ve spalinách uvažujeme $\lambda > 1$ a dochází ke zmenšení hodnoty rosného bodu. V praxi se λ pohybuje mezi hodnotami 1,2 až 1,5, čímž teplota rosného bodu klesá na 50 až 55 °C. Aby docházelo ke kondenzaci a kotel pracoval s co nejvyšší účinností, je nutné, aby teplota vratné vody byla pod teplotou rosného bodu a to ideálně o 5 °C. Pro tak nízkou teplotu je třeba vhodně vybudovaná otopná soustava s velkou plochou otopných těles, což splňuje podlahové nebo stěnové vytápění. Pokud je otopná soustava navržena na teplotu vratné vody vyšší než je hodnota rosného bodu (například teplotní spády 90/70 °C u starých otopných soustav), tak se normovaný stupeň využití sníží. Proto vyhláška 151/2001 Sb. stanovuje u nuceného oběhu maximální teplotu přiváděné vody do otopných těles 75 °C. Týká se všech nových a rekonstruovaných zařízení. [8]

Značné úspory paliva lze také dosáhnout regulací výkonu. Namísto dvoubodového regulátoru, který umožní pouze stav zapnuto nebo vypnuto, se využívají regulátory s plynulou regulací řízené mikroprocesory. Často se setkáme s ekvitermní regulací, ke které je nutný snímač venkovní teploty. Podle žádané teploty v místnosti a aktuální teploty venku se pomocí regulátoru nastaví potřebná teplota topné vody. Pokud je venku příliš chladno, tak pro udržení tepelné pohody v místnosti se zvýší teplota topné vody. V průběhu teplejších dní se naopak snižuje výkon kotle, zvyšuje se jeho účinnost vlivem chladnější topné vody a dochází k úsporám energie. Ekvitermní regulace probíhá podle ekvitermních křivek, kde na svislé ose se nachází teplota topné vody a na vodorovné ose venkovní teplota. Další možností regulace je řízení otáček oběhového čerpadla u nuceného oběhu, ovšem vyšší otáčky znamenají větší spotřebu elektrické energie. [8]



Obrázek 2 Závislost teploty topné vody na teplotě okolí [42]

Při pořizování kondenzační kotle je nutné vyřešit odtok kondenzátu a odvod spalin. Kondenzát je mírně kyselý, pH se pohybuje okolo 4,5 až 5. Pokud není požadováno jinak, kondenzát může být odveden do kanalizace bez neutralizace. V některých případech je třeba použít k neutralizaci např. dolomit nebo vápenec. Komín pro odvod spalin musí být odolný vůči kondenzátu. Nejčastěji se používá koncentrický systém tvořen vnitřní plastovou vložkou (polypropylen) a vnější ocelovou vložkou. Koncentrický systém umožňuje odvod spalin i přívod vzduchu. Pokud komín neumožňuje přívod vzduchu, tak kotel nasává vzduch z místnosti. Vložkování komínu představuje další investici při pořízení kondenzačního kotle. [16]

3.2.3 Cena plynu a budoucnost plynových kotlů

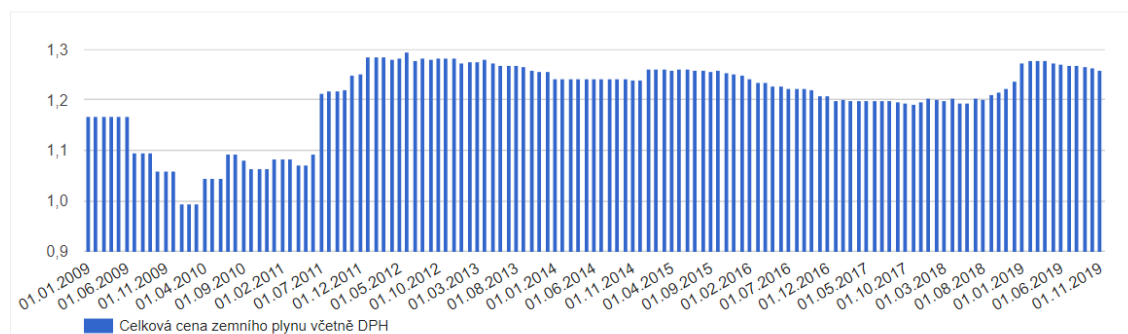
Plynové kotle patří mezi oblíbenou variantu vytápění rodinných domů. Při spalování zemního plynu nevznikají nebezpečné látky jako furany, dioxiny a pevné částice snižující kvalitu ovzduší. Emise oxidu uhličitého jsou oproti spalování uhlí nebo biomasy zhruba poloviční. Navíc díky novým technologiím plynových kondenzačních kotlů dosahujeme menší spotřeby paliva na vytápění domů.

Zemní plyn patří mezi fosilní paliva a těží se ze země. V České republice se nacházejí pouze nevýznamná ložiska zemního plynu v oblasti Jižní a Východní Moravy, která zdaleka nepokryjí spotřebu. Proto je ČR závislá na dovozu plynu ze zahraničí, hlavními dodavateli jsou Rusko a Norsko. Jelikož stále přibývají nová naleziště, tak se v nejbližších desítkách let nepočítá s ukončením dodávky zemního plynu. [12]

Klíčovým parametrem je cena plynu a uvádí se za spotřebované kWh. Množství spotřebovaného plynu je měřeno plynoměrem v m³ a přepočítává se na energetické jednotky kWh nebo MWh. Přesný přepočet upravuje vyhláška č. 108/2001 Sb. K přepočtu se využívá objemový koeficient,

který se liší podle odběrného místa (závisí na tlaku a teplotě plynu). Orientačně platí $1 \text{ m}^3 = 10,55 \text{ kWh}$. Cena plynu se skládá z regulované a neregulované složky. Regulovaná složka ceny je stanovena Energetickým regulačním úřadem (ERÚ) a skládá se z přepravy a distribuce plynu a služby operátora trhu (OTE, a. s.). Neregulovanou složku určuje dodavatel a skládá se ze samotné ceny odebraného plynu a poplatků dodavatele. Platba za plyn se dále skládá z fixní platby za rezervovanou kapacitu, která se platí stále bez ohledu na spotřebu a variabilní platbu, která je daná množstvím spotřebovaného plynu v Kč/kWh. [13]

Celková cena plynu (zahrnující všechny výše uvedené složky) se během posledních 8 let příliš nemění. Významné zdražení nastalo v roce 2011 a od té doby se ceny pohybují okolo stejných hodnot.



Obrázek 3 Vývoj ceny plynu při odběru 20-25 MWh/rok na území ČR [43]

3.3 Biomasa

Pojem biomasa představuje veškerou organickou hmotu rostlinného či živočišného původu, jedná se o zdroj obnovitelné energie.[50] K vytápění se nejčastěji používá kusové dřevo, pelety, brikety nebo dřevní štěpka. Hlavní nevýhodou tohoto typu vytápění je potřeba dostatečného prostoru pro skladování paliva. Další nevýhodou je omezení komfortu, kdy je třeba pravidelně přidávat palivo do kotle. V dnešní době je tento problém částečně vyřešen zásobníky s podavačem.

V domácnostech se používají roštové kotle na biomasu. Kotel se skládá z hořáku sloužícího k zapálení paliva. Ve spodní části se nachází výsypka, do které padá mezerami v roštu popel. Spaliny jsou odváděny nejčastěji komínem. V kotli dochází v trubkách k ohřevu vody, která pokračuje do radiátorů. Kotle mohou sloužit zároveň i k ohřevu teplé užitkové vody v kombinaci se zásobníkem. [51]

3.3.1 Kusové dřevo

V minulosti bylo kusové dřevo často používaným palivem, dnes se však dává přednost komfortnějším variantám. Tento způsob vytápění je výhodný především pro vlastníky lesů, neboť

náklady na vytápění zahrnují pouze dopravu a zpracování dřeva. Zároveň se však nesmí opomenout časová a fyzická náročnost práce v lese. Palivové dřevo je možné koupit v podobě neštípaného dřeva nebo štípané na polena různých délek, často se prodává přímo v paletách. Cena se obvykle uvádí za prm (prostorový metr). Dřevo se musí skladovat v suchých prostorech, což pro mnohé domácnosti není možné. Další nevýhodou je neustálé přikládání dřeva při potřebě v domě zatopit a tím snížení komfortu.

Jednotlivé druhy dřeva se liší svou výhřevností. Na výhřevnost má vliv především vlhkost. Abychom dosáhli co nejvyšší výhřevnosti, dřevo by mělo obsahovat maximální vlhkosti 20 %. Čerstvé dřevo obsahuje okolo 50 % vody a jeho výhřevnost se snižuje až na polovinu. Drobné kusy dřeva schnou zhruba půl roku, velká polena potřebují k dosažení optimální vlhkosti dva až tři roky skladování v suchých prostorech. Doba schnutí závisí i na druhu dřeva, měkká dřeva vysychají rychleji. Vysychání urychlíme odstraněním kůry. Obsah vody se doporučuje měřit pomocí digitálního vlhkoměru. [14]

Tabulka 2 Přehled výhřevnosti dřeva s obsahem vody 20 % [14]

Typ dřeva	kWh/prm	kWh/kg
jasan	2100	4.2
smrk	1600	4.4
borovice	1700	4.4
modřín	1700	4.4
topol	1400	4.2
buk	2100	4.2
habr	2200	4.2
jedle	1500	4.4
ořeš	1500	4.1
dub	2100	4.2
bříza	1900	4.3
jasan	2100	4.2
jablko	1900	4.1

K vytápění dřevem se používají zplyňovací kotle. Těleso kotlů neboli hlavní konstrukci tvoří svařenec z kvalitních ocelových plechů s tloušťkou 3 až 8 mm. Ve spodní části násypky se nachází zplyňovací tryska, která zajišťuje přívod vzduchu do spalovacího prostoru. Prostor nad násypkou slouží jako zásobník paliva, který je dostatečně velký a umožňuje tak dlouhou dobu hoření. Mohou se do něj vkládat i větší kusy dřeva. Ve spodní části kotle najdeme popelník pro sběr nespalitelného odpadu, který se zde dostává ze spalovacího prostoru přes rošt. V zadní části kotle se spaliny ochlazují přes výměník, předávají teplo a pomocí ventilátoru odcházejí komínem.

Ventilátor též slouží k vtahování vzduchu dovnitř. Zplyňovací kotle dosahují účinnosti 85 až 90 %. Nové typy kotlů umožňují automatickou regulaci a automatické vypnutí kotle po dohoření paliva. [17]

3.3.2 Pelety

Pelety mají podobu malých válečků s průměrem 6 až 8mm a délkou 2 až 3 cm. Jsou tvořeny lisováním odpadu při zpracování dřeva. Obsahují velmi malé množství vody (vlhkost 7 – 10 %) a vyznačují se vysokou výhřevností. Výhřevnost pelet ze suchého dřeva se pohybuje okolo 18 MJ/kg (5 kWh/kg) u pelet z listnatých stromů, z jehličnatých stromů až 19,5 MJ/kg (5,42 kWh/kg). S uvažováním vlhkosti se dostáváme na průměrnou výhřevnost pelet 16,5 MJ/kg. Někteří výrobci uvádějí výhřevnost pelet bez započítání vlhkosti. Pelety se třídí podle kvality na tmavé pelety obsahující i kůru a světlé pelety pouze ze dřeva. Pelety bývají certifikovány a podle normy EN 14961 jsou rozděleny do tříd jakosti. Nejvyšší jakosti pelety jsou označeny ENplus - A1, dále pak ENplus – A2 a EN – B. Pelety horší jakosti jsou sice levnější, ale kvůli nižší výhřevnosti se zvýší celková spotřeba paliva. Za zhruba poloviční cenu lze pořídit alternativní pelety. Ty jsou vyrobeny lisováním rostlin nebo jejich částí (agropelety) nebo lisováním nevyužitelných starých materiálů jako starý drcený papír nebo uhelný prach. Často se vyrábí jako kombinace obou. Alternativní pelety mají vyšší popelnatost (až 9 %, dřevěné pelety do 2,5%). Při spalování alternativních pelet v klasickém kotli na dřevěné pelety dochází po určité době k spékání popele a vzniku agresivních spalin, proto je nutné pro používání alternativních pelet pořízení speciálního kotle. Pelety se prodávají v pytlích nebo paletách. [18, 20]

Kotle na pelety se vyrábí buď s automatickým zápalem a bez automatického zápalu. Vedle kotle je umístěn zásobník (vyrábí se o různých objemech), ze kterého jsou pomocí šnekového dopravníku odebrány pelety do hořáku. Tento proces probíhá automaticky a v kotli s automatickým zápalem dojde k zapálení topnou spirálou. Podle potřeby intenzity topení se automaticky reguluje výkon hořáku. Účinnost kotlů na pelety se pohybuje okolo 90 – 93 %. Pelety je třeba doplňovat podle velikosti zásobníku a frekvence vytápění, doporučuje se vybírání popela a čištění hořáku alespoň jedenkrát za měsíc. Nevýhodou vytápění peletami je podobně jako u vytápění dřevem nutnost mít dostatečný skladovací prostor. [19]

Při pořizování kotle na pelety je třeba počítat s vyšší počáteční investicí. Provoz je ve srovnání s plynem nebo elektřinou levnější. Vytápění peletami je výhodné pro vytápění velkých ploch (nad 250 m²) s vyšší tepelnou ztrátou. Pro menší objekty vzhledem k počáteční investici není vytápění peletami výhodné.

3.3.3 Brikety

Brikety mají tvar plných válečků s průměrem 7,5 až 10 cm a délkou 20 až 30 cm. Vznikají lisováním pilin a hoblin za vysokého tlaku nebo teploty. Na trhu se nachází brikety o různé kvalitě, nejvyšší výhřevnost mají dřevěné brikety bez příměsí chemických látek nebo různých odpadních materiálů. Brikety se vyrábí i z kůry, ovšem brikety z tvrdého dřeva hoří déle. Na délce hoření závisí i velikost briket, malé se spálí rychleji a snadněji se podpalují. Podobně jako u dřeva nebo pelet je obsah vody v palivu nežádoucí a snižuje jeho výhřevnost, která se u briket pohybuje v rozmezí 16 až 19 MJ/kg. [21]

Kotle se vyrábějí buď speciální přímo na brikety, častěji se však setkáme s kombinovanými kotli na dřevo a kvalitní brikety. Jedná se o kotle zplyňovací, kdy dochází k přivedu předehřátého sekundárního vzduchu. Kotle se dají snadno vyčistit, popel ze spodní části musí být vynášen. Dosahují účinnosti až 90 %. Brikety se též používají pro doplňkové vytápění místností, kde se spalují v krbových kamnech, která často slouží i jako designový doplněk. [21]

3.3.4 Dřevní štěpka

Dřevní štěpka je štěpené nebo drcené dřevo, často vzniká jako odpad při opracovávání dřeva. Jednotlivé kusy mají velikost 2 až 10 cm, štěpka se tedy poměrně dobře skladuje. Rozlišujeme štěpku zelenou (vyrobena ze zbytků po lesní těžbě, obsahuje listí i jehličí, má vyšší vlhkost), hnědou (obsahuje kůru, obvykle se jedná o zbytkové části kmenů) a bílou, která obsahuje pouze odřezky dřeva. Optimální vlhkost štěpky se pohybuje okolo 20 – 30 %, při nízké vlhkosti dochází k rychlému spalování, teplo se nevyužije a odchází komínem se spalinami. Kvůli vyššímu obsahu vody je štěpka náchylná na plísně, proto je důležité štěpku skladovat v dostatečně větrané místnosti. Dosahuje výhřevnosti 8 – 16 MJ/kg. Štěpka se spaluje ve speciálních kotlích, některé umožňují i spalování pelet. Účinnost kotlů se pohybuje okolo 90 %. Podle požadovaného výkonu a velikosti kotle lze použít jemnější štěpku nebo hrubou. [22]

3.4 Uhlí

Uhlí patří mezi tuhá fosilní paliva, jedná se o neobnovitelný zdroj energie. Uhlí je tvořeno odumřelými rostlinami, které postupem času vlivem tlaků, teplot a nepřítomnosti kyslíku v hlubinách země uhelnatěly. Uhelná ložiska vznikala několik desítek milionů let, nejstarší černé uhlí se tvořilo v období prvohor. Hnědé uhlí vznikalo v druhohorách. [23]

Uhlí je složeno z uhlíku, vodíku a kyslíku, obsahuje také síru, dusík a fosfor. Čím je uhlí starší, tím má větší podíl uhlíku, podle kterého se uhlí dělí na několik druhů. Lignit pochází z třetihor a jedná se o nejméně kvalitní formu uhlí, k vytápění domácností se nepoužívá. Hnědé uhlí

obsahuje okolo 80 % uhlíku, získává se povrchovou těžbou a je už vhodné k vytápění. Černé uhlí vznikalo v období prvohor a druhohor, je typické svou černou barvou a vysokou hustotou, slouží k výrobě koksu. Nejvyšší formou uhlí je antracit, který obsahuje přes 90 % uhlíku. Nevýhodou uhlí je vznik skleníkového plynu oxidu uhličitého a oxidu uhelnatého při jeho spalování. Dále kvůli obsahu síry vzniká i oxid siřičitý, který reaguje s vodou a je příčinou kyselých dešťů. Dnes se však vyrábí kvalitní kotle splňující i emisní třídu 5. Emise jsou velmi ovlivněny spalovací technologií, ve starých neekologických kotlích vzniká větší množství škodlivých látek. I přes to je tlak ze strany Evropské unie na omezení vytápění uhlím a nahrazením ho za ekologičtější a obnovitelné varianty, jako je například biomasa. [23]

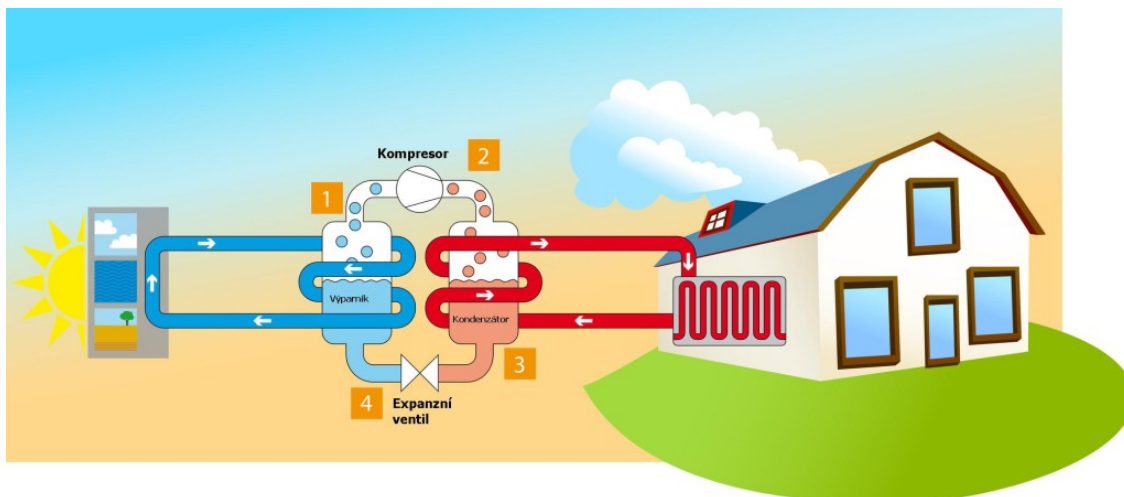
Uhlí se vyznačuje vysokou výhřevností. Hnědé uhlí má výhřevnost 15 – 20 MJ/kg, černé uhlí dosahuje výhřevnosti až 30 MJ/kg. Výrobci při prodeji uvádějí údaje o obsahu uhlíku v hořlavině, obsahu síry, vodíku, prchavé hořlaviny, popela v bezvodém stavu, dále spalné teplo v hořlavině, měrnou sirnatost a výhřevnost v původním stavu. Ke spalování uhlí se používají speciální kotle, dnes se vyrábí kotle automatizované pro větší pohodlí při vytápění.

3.5 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla patří mezi „hity“ vytápění moderní doby. Jedná se totiž o ekologickou a pohodlnou variantu vytápění s nízkými provozními náklady.

U tepelných čerpadel se nemluví o výhřevnosti, ale o tzv. topném faktoru (z anglické zkratky COP - Coefficient of Performance). Jeho hodnota se pohybuje mezi 2,5 až 5. Topný faktor udává, kolikrát více energie získáme, než kolik bylo energie dodáno. V praxi požadujeme co nejvyšší hodnotu topného faktoru, ta se ovšem během roku mění v závislosti na okolních podmínkách. [25]

Tepelné čerpadlo funguje na podobném principu jako lednice. Jedná se o obrácený Carnotův cyklus. Teplo z chladnějšího místa je odváděno na místo teplejší. Je zřejmé, že tento systém nemůže fungovat samovolně, protože by došlo k porušení druhého zákona termodynamiky. Teplo je odebíráno z vnějšího prostředí, buď z vzduchu, země nebo vody, záleží na provedení čerpadla. Ve výparníku dojde k předání tepla kapalnému chladivu s nízkou teplotou varu. Díky nízkému tlaku je tato teplota nižší než teplota zdroje energie a dojde k vypaření chladiva. Chladivem může být například fluorovaný uhlovodík. Odpařené chladivo s sebou nese tepelnou energii. V kompresoru dojde k náhlému stlačení a zvýšení tlaku, vzroste teplota kondenzace a chladivo začne kondenzovat. Při kondenzaci dochází k uvolňování tepelné energie a předání tepla zásobníku, ve kterém se ohřeje topná voda. Po kondenzaci se chladivo dostane do původního stavu a přes expanzní ventil dochází opět ke snížení tlaku a teploty. Kompresor je zařízení, kterému musíme dodávat elektrickou energii. [25]



Obrázek 4 Princip tepelného čerpadla [25]

3.5.1 Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Tento typ tepelného čerpadla se využívá nejčastěji, protože nevyžaduje výrazné stavební zásahy. Instalace čerpadla je časově i finančně nenáročná. Čerpadlo lze umístit v podstatě kdekoli venku vedle domu, nevyžaduje mnoho prostoru, obecně se ho však nedoporučuje instalovat na návětrné straně, protože by mohlo dojít k namrzání jednotlivých komponentů. Nevýhodou čerpadla může být jeho hlučnost, která je u levnějších čerpadel vyšší, u kvalitních se hlučnost pohybuje do 50 dB. Další nevýhodou je pokles topného faktoru při nízkých venkovních teplotách, v krajním případě může dojít až k zamrznutí venkovní jednotky. Pokud je v létě čerpadlo užíváno pro chlazení místností, topný faktor vlivem vysoké teploty okolí klesá. Naopak ohřev teplé vody je v tomto období velmi efektivní. K instalaci tepelného čerpadla vzduch – voda není třeba stavební povolení. [24]

Zdrojem energie je teplo z proudícího vzduchu, které je předáváno výparníku. Čerpadla volíme podle potřeby vytápění, najdeme je v mnoha provedeních a hodnotách výkonů. Výrobci nabízejí čerpadla s plynulou regulací výkonu a bez plynulé regulace pouze s funkcemi zapnuto a vypnuto. Čerpadla bez plynulé regulace jsou sice levnější, ale je třeba k nim pořídit akumulaci nádrží. Tepelná čerpadla s plynulou regulací výkonu jsou dražší, ale nedochází k jejich neustálému zapínání a vypínání. Tím se prodlužuje jejich životnost, dosáhneme větších úspor a udržení konstantní teploty v místnosti. [24]

3.5.2 Tepelné čerpadlo země – voda

Tento typ čerpadel odebírá potřebnou energii ze země. Vnější okruh se tedy nachází pod zemí buď jako plošný kolektor nebo vrt. Plošný kolektor je tvořen soustavou plastových trubek naplněných chladivem. Nachází se v hloubce 1,2 až 1,5 metru. Pro tento typ čerpadla je potřeba

velký pozemek, protože na 1 kW výkonu je zapotřebí zhruba 30 m². Pro 1 kW výkonu je třeba okolo 12 metrů vrtu, běžně bývají vrty hluboké 100 – 150 metrů. Hloubka vrtu též závisí na podloží, v některých oblastech není možné provést hlubší vrt než 50 m. Počet vrtů se volí podle potřebného výkonu. Čerpadla země – voda se provozují s akumulací nádrží a neumožňují plynulou regulaci výkonu. V porovnání s ostatními typy patří mezi nejspornější. V zemi nedochází k velkým výkyvům teplot, proto je tento typ čerpadla vhodný i v oblastech s častými mrazy. Hlavní nevýhodou těchto čerpadel je nutný stavební zásah, buď vykopání velké plochy pozemku, nebo hlubokého vrtu, což vyžaduje vysokou počáteční investici. [24, 52]

3.5.3 Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch

Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch odebírá teplo ze vzduchu z venku a ohřívá vzduch v místnosti. Ohřev vzduchu probíhá přímo, není třeba teplovodních otopných těles. Tím pádem s nimi není možné ohřívat teplou užitkovou vodu. Systém vzduch – vzduch je výhodné používat na jaře nebo na podzim, popřípadě se hodí jako vytápění na chatu. Kromě vytápění nebo chlazení může mít tento typ čerpadla funkci odvodu vlhkosti, větrání nebo ionizace vzduchu. Nevýhodou systému je jeho hlučnost. Ze všech typů tepelných čerpadel mají nejnižší pořizovací cenu a vyznačují se vysokým topným faktorem. Tyto systémy mohou pracovat i obráceně jako klimatizace. [25]

3.5.4 Tepelné čerpadlo voda – voda

Tepelná energie je odebírána z povrchové nebo podzemní vody. Ideálním případem jsou dvě studny vzdálené od sebe alespoň 10 až 15 metrů, jedna je zdrojová a druhá vsakovací. Výhodou studny je stabilní teplota vody po celý rok pohybující se okolo 10 °C. Je zřejmé, že tento typ čerpadla může být použit jen v určitých lokalitách. Topný faktor dosahuje hodnoty až 5,5, což znamená, že z 1 kW elektrické energie získáme 5,5 kW tepelné energie. V České republice bývá poslední roky sucho a dochází k vysychání některých studen. K vyčerpání vody ve studni může dojít i za provozu, proto se tento typ čerpadla příliš nepoužívá. Navíc je poměrně náročný na údržbu. [26]

4 Ekonomické hodnocení

4.1 Metody hodnocení investic

Metody hodnocení investic dělíme na statické a dynamické. Statické metody neberou v úvahu faktor rizika a čas zohledňují jen v malé míře. Naopak dynamické metody zahrnují faktor času i riziko pomocí diskontní sazby. Mezi nepoužívanější metody se řadí NPV (čistá současná hodnota) a IRR (vnitřní výnosové procento). Pro porovnání investic s rozdílnou dobou životnosti se používá metoda RCF (roční ekvivalentní hotovostní tok).

V práci řeším výběr optimální varianty vytápění pro rodinný dům. Jedná se o investici, která nepřináší žádné výnosy. Po pořízení nového typu vytápění následují výdaje na provoz – palivo, revize a případně opravy. NPV i RCF bude záporné, cílem práce je vybrat variantu, která bude majitele domu stát ročně co nejméně peněz.

4.1.1 Čistá současná hodnota

Metoda čisté současné hodnoty neboli NPV (z anglického Net Present Value) patří mezi nejvyužívanější metody při rozhodování mezi projekty nebo zda do projektu vůbec investovat. Princip spočívá v součtu všech hotovostních toků po celou dobu životnosti projektu s tím, že hotovostní toky v jednotlivých letech jsou diskontovány.

Hotovostní tok (cash flow) je toková veličina a ukazuje změnu stavu za určité období. Lze určit buď přímo jako rozdíl příjmů a výdajů nebo nepřímo. Příjmem rozumíme reálné (fyzické) peněžní přírůstky a výdajem reálné peněžní úbytky. Oproti tomu v případě nákladů se nemusí jednat o okamžité snížení peněžních prostředků. Náklady vznikají za účelem realizace produkce, může se jednat například o spotřebovaný materiál. Výnosem se rozumí peněžní vyjádření realizované produkce. [36]

Diskontní sazba zohledňuje časovou hodnotu peněz a alternativní náklady. Hodnota peněz se v průběhu let mění, kvůli inflaci ztrácí svou hodnotu, což znamená, že za několik let si za stejnou peněžní částku nekoupíme stejnou věc jako dnes. Alternativním nákladem se rozumí náklad nevyužití příležitosti (opportunity costs), slouží k hodnocení dané investice s ohledem na další možné varianty. Určení diskontu je poměrně složitá záležitost, protože se jedná o odhad a závisí na mnoha faktorech. Nevýhodou této metody může být provádění výpočtu s konstantním diskontem ve všech letech. [37]

Pro určení NPV je nutné znát všechny budoucí hotovostní toky v jednotlivých letech. Je zřejmé, že tyto hodnoty vychází z odhadů a určitých předpokladů. Zjišťují se z předpokládaných příjmů

a výdajů. Při pořízení nového stroje do firmy se počítá s počáteční investicí a v dalších letech s výdaji na provoz a údržbu, které se dají odhadnout poměrně snadno. NPV se vypočítá podle vztahu (1),

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

kde T je doba životnosti, r je diskont a CF_t jsou peněžní toky v jednotlivých letech, které se každý rok mohou lišit. Hotovostní tok v roce 0 představuje investici. Po dosazení do vzorce $t = 0$ bude jmenovatel roven 1, tím pádem nedochází k diskontování počáteční investice. Pomocí NPV se získá celková hodnota projektu v době realizace projektu, počáteční investice už tedy představuje současnou hodnotu. Někdy se vztah (1) používá ve tvaru (2),

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I \quad (2)$$

kde I vyjadřuje počáteční investici. Hotovostní toky se počítají od roku 1 a jsou diskontovány.[36]

Při rozhodování, zda jít do projektu či nikoliv, se vychází z hodnoty NPV. Pokud se rozhoduje mezi více projekty, je výhodnější projekt s větší hodnotou NPV. To znamená, že daný projekt vynese vyšší finanční obnos. Nikdy není výhodné zrealizovat projekt se zápornou hodnotou NPV. Ovšem v případě investice do nového typu vytápění pro rodinný dům nedochází k žádným příjmům, pouze k výdajům na provoz, palivo nebo údržbu. Kvůli absenci příjmů je hodnota NPV vždy záporná. Při rozhodování se dává přednost projektu s nižší absolutní hodnotou NPV, což znamená, že nás tato varianta stojí méně peněz.

Aby bylo možné použít metodu NPV, musí být doba životnosti projektů, mezi kterými se rozhoduje, stejná. Ovšem životnost různých typů vytápění se liší a tím se stává výsledná hodnota NPV neporovnatelná. Proto se NPV přepočítává na roční ekvivalentní hotovostní tok (RCF). Zjednodušeně se jedná o průměrný hotovostní tok, který říká, kolik daná varianta každý rok stojí.[37]

Přepočet se provádí pomocí poměrné anuity, což je převrácená hodnota zásobitele a počítá se na dobu životnosti dané varianty. Vynásobením NPV poměrnou anuitou získáme roční ekvivalentní hotovostní tok. RCF se vyjádří pomocí vzorce (3),

$$RCF = NPV \cdot a = NPV \cdot \frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \quad (3)$$

kde a je poměrná annuita, n je doba životnosti a r je diskont.

4.1.2 Vnitřní výnosové procento

IRR je taková hodnota výnosové míry, při které je NPV nulová. Při porovnání projektů je lepší projekt s vyšší hodnotou IRR. Může nastat situace, kdy určitý projekt bude mít vyšší hodnotu NPV, ale nižší IRR než alternativní projekt. Znamená to tedy, že první projekt přinese více peněz, ale druhý projekt bude výnosnější z hlediska lepšího zhodnocení peněz.

Metoda vnitřního výnosového procenta neboli IRR (Internal Rate of Return) se používá k hodnocení investic podobně jako NPV. Vnitřní výnosové procento slouží pro porovnání výnosnosti různých projektů, ovšem oproti NPV má několik omezení. Jednou z nich je problém velikosti, kdy u IRR nevíme, kolik nás bude projekt stát peněz nebo jak velké výnosy přinese. Další problém nastává, pokud se hodnoty ročních hotovostních toků mění z kladných na záporné a naopak. Proto se metoda IRR používá jen v případě, že se znaménko peněžních toků změní pouze jednou. Dále může nastat situace, že IRR nebude vůbec existovat.[36]

Hodnota IRR je určena vztahem (4).

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4)$$

Vypočet IRR spočívá v řešení polynomiálních rovnic. Pokud se jedná o projekt s dlouhou životností, výpočet bude poměrně náročný.

4.2 Energetická bilance objektu

Rodinný dům se nachází v Praze 4. Jedná se o dvoupodlažní dům se sklepními prostory, garáží a zimní zahradou s obytnou plochou na vytápění 180 m². K vytápění se používá starý konvenční plynový kotel a k ohřevu teplé vody plynový průtokový ohřívač. V domě doposud bydlely 2 osoby, od roku 2020 zde budou 4 osoby a do 5 let se očekává až 6 lidí. K dispozici mám informace o roční spotřebě plynu od roku 2007, přičemž v roce 2011 proběhla rekonstrukce a zateplení domu, což mělo za následek téměř poloviční spotřebu plynu v dalších letech. V následující tabulce je přehled spotřeby plynu a odhad energie potřebné k vytopení domu.

Tabulka 3 Přehled spotřeby plynu v rodinném domě

Od	Do	Spotřeba [m ³]	Energie [kWh]	Energie vytápění [kWh]	Energie potřebná [kWh]
9-12	9-13	2 500	26 375	23 725	18 980
9-13	9-14	2 461	25 964	23 314	18 651
9-14	9-15	2 498	26 354	23 704	18 963
9-15	9-16	2 408	25 404	22 754	18 204
9-16	9-17	2 910	30 701	28 051	22 440
9-17	9-18	2 667	28 137	25 487	20 389
9-18	9-19	2 717	28 664	26 014	20 811
Průměrná spotřeba za rok [kWh]				24 721	19 777

Uvedená spotřeba plynu v m³ je převedena na kWh pomocí koeficientu 1 m³ = 10,55 kWh. Jedná se o množství plynu spotřebovaného k vytápění, ohřevu teplé vody a k vaření. Na vaření se odhadem spotřebuje 500 kWh. Průměrná spotřeba teplé užitkové vody byla spočítána ze statistických údajů za rok 2018. [53] Spotřeba vody pro jednu osobu činila 90 l, z toho bylo využito zhruba 50 % teplé vody. Počítám tedy se spotřebou 90 l teplé vody pro 2 osoby na den, ročně 32 900 l. Potřebná energie k ohřevu tohoto množství vody o 45 °C se určí pomocí výpočtu

$$E = m \cdot c \cdot \Delta t = 32900 \cdot 4180 \cdot 45 \doteq 1720 \text{ kWh},$$

kde c je měrná tepelná kapacita vody [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], m hmotnost vody [kg] a Δt teplotní rozdíl [K]. Účinnost plynového průtokového ohříváče se pohybuje okolo 80 %, na ohřev vody bylo spotřebováno 2 150 kWh. Po odečtení energie na vaření a ohřev TUV se ve sloupci „Energie vytápění“ objevuje spotřebovaná energie na vytopení domu. Při uvážení průměrné účinnosti starého plynového kotle 80 % je zapotřebí k vytopení objektu množství energie uvedené v posledním sloupci. Průměrná hodnota této energie během posledních sedmi let je 19 777 kWh, přičemž v posledních třech letech bylo zapotřebí 21 200 kWh. Tento nárůst potřebné energie může být způsoben klesající účinností plynového kotle nebo potřebou vytopit místnosti na vyšší teplotu. Pro výpočty budu tedy uvažovat 20 000 kWh jako množství energie, které musí být dodáno pro vytopení rodinného domu.

Pro zvolení vhodného výkonu vytápěcího systému je potřeba znát tepelné ztráty daného objektu, které závisí na velikosti domu, zateplení, provedení a stáří otopné soustavy. Dům nemá vyhotovený energetický posudek ani PENB. Tepelné ztráty je možné orientačně zjistit z potřebného množství energie. Uvažuji požadovanou teplotu v obydlených místnostech 22 °C. Podle dat z webu vytapeni.tzb-info.cz se v průběhu topné sezóny průměrná venkovní teplota pohybuje okolo 8 °C během 220 topných dní. Za předpokladu, že během zbylých dnů se

nespotřeboval žádný plyn na vytápění, lze zjednodušeně odhadnout tepelné ztráty na 9,2 kW při venkovní výpočtové teplotě v Praze – 12 °C. Při – 20° C tepelné ztráty dosahují 11,4 kW. Výkon kotle by měl být lehce vyšší než vypočtené tepelné ztráty. Neměl by však být předimenzovaný, aby nedocházelo k cyklování, tj. neustálému zapínání a vypínání, kterému lze mimo jiné předejít vhodným systémem regulace.

4.3 Navrhované varianty vytápění

4.3.1 Kondenzační plynový kotel

Nejjednodušší variantou je výměna starého plynového kotle za nový kondenzační kotel. Voda se bude ohřívat stejným způsobem jako doposud – plynovým průtokovým ohřivačem, který je uveden samostatně v kapitole 4.3.2. Z široké nabídky kondenzačních kotlů jsem zvolila kotel Thermona THERM 24 KDN, jehož pořizovací cena se pohybuje na hranici 29 000 Kč. [54] Jedná se o závěsný kotel s plynulou regulací výkonu od 4,9 do 20,7 kW. Výrobce slibuje účinnost 99 - 107 %, pro výpočet spotřeby energie budu uvažovat hodnotu 103 %, jelikož se účinnost kotle mění v závislosti na zatížení a teplotě vratné vody.

Výměnu starého kotle a instalaci nového může provést pouze kvalifikovaná osoba. Cena montáže se pohybuje okolo 5 900 Kč. [55] Další položku tvoří materiál potřebný k připojení kotle, například nové trubky, příruby, kolena, spojky a ukončovací sety, dosahující hodnoty až 4 000 Kč. Spaliny odcházejí komínem s plastovou vložkou, jejíž cena je 200 Kč/m, vyvložkování osmimetrového komínu stojí 1 600 Kč. Pro uvedení do provozu je zapotřebí odvodušnění topného okruhu (případně vypuštění před instalací a následné napuštění), montáž a nastavení termostatu a tlakové zkoušky – 1 700 Kč. Montáž i s potřebným materiálem se pohybuje okolo 13 200 Kč. [56] Tato částka závisí na náročnosti práce a přesném množství spotřebovaného materiálu. Před uvedením kotle do provozu je nutné provést výchozí revizi kotle po nové instalaci a rovněž revizi komína. Ceny revizí se na trhu velmi liší, za revizi kotle se průměrně zaplatí 1 000 Kč a za revizi komína dalších 1 000 Kč.



Obrázek 5 Kondenzační kotel Thermona THERM 24 KDN [46]

Podle zákona nejsou revize plynového kotle pro fyzické osoby povinné, pouze právnické osoby musí mít provedenou provozní revizi plynového kotle každé 3 roky. Nicméně výrobci doporučují

provádět revizní kontroly každý rok, buď před začátkem, nebo na konci topné sezóny. Špatně seřízený kotel má vyšší spotřebu plynu, nižší účinnost a snižuje se doba jeho životnosti. Z těchto důvodů je vhodné si nechat kotel pravidelně zkontrolovat a investovat do revize, která může zajistit ekonomičtější provoz a delší životnost. Navíc někteří výrobci nabízejí prodloužení záruční lhůty na 3 roky při provedení revize v prvních dvou letech. Revize spalinových cest (komína) se musí ze zákona provádět jedenkrát za rok. Doba životnosti kotlů se pohybuje v rozmezí 15 až 20 let. Vzhledem k pravidelným revizím a údržbě jsem se rozhodla počítat s dobou životností 20 let. Nutno též počítat s dalšími opravami, například s výměnou desky s řídicí elektronikou, která může být poškozena vzniklým přepětím v síti nebo se k ní může dostat voda.[41]

Spotřeba plynu pro vytápění se odvíjí od potřebné teploty v místnosti a venkovní teploty. V zimních měsících spotřeba roste, přes léto se plyn používá jen k vaření nebo ohřevu vody. Pro daný objekt je třeba dodat v průměru 20 000 kWh ročně, při účinnosti kondenzačního kotle 103 % se jedná o 19 400 kWh spotřebované energie z plynu. Majitelé domu odebírají plyn i elektrickou energii od BOHEMIA ENERGY entity s. r. o. a neuvažují o změně dodavatele. Od 1. 1. 2020 je nabízena cena 1,27238 Kč/kWh se stálou měsíční platbou 279,17 Kč. Cena plynu se skládá z ceny za distribuci (služby operátora trhu) a ceny za odebraný plyn s ostatními službami dodávky.

Tabulka 4 Určení ceny za spotřebovaný plyn varianty 1

Položka	měsíčně	ročně
Stálá platba [Kč]	279,17	3 350
Cena za 1 kWh [Kč]	1,27238	
Spotřeba [kWh]	19 400	
Konečná cena [Kč]	28 034	

Konečná cena za palivo na vytápění zahrnující měsíční platby a cenu za odebraný plyn dosahuje 28 034 Kč. Kotel odebírá i malé množství elektrické energie, při příkonu 70 W uvažujeme 300 kWh ročně. Pro rodinný dům je vhodný tarif D02d s cenou 5,3795 za kWh. Elektrická energie pro kotel stojí ročně 1 614 Kč. Měsíční platba do výpočtu není zahrnuta, protože u všech variant vytápění je využit stejný tarif (s výjimkou tepelného čerpadla, kde se počítá s rozdílem) a tudíž nemá vliv na porovnání. Pokud by se zvolil jiný typ vytápění nevyužívající jako hlavní palivo elektrickou energii, stále by domácnost používala stejný tarif pro provoz spotřebičů a osvětlení a hradila měsíční platbu.

4.3.2 Ohřev teplé vody

Pomocí kondenzačního kotle je řešeno pouze vytápění domu. Vzhledem ke stávajícímu způsobu ohřevu teplé vody je možné vyměnit starý průtokový ohříváč za nový s vyšší účinností. Průtokový ohříváč MORA Top Vega 10.N012 dokáže ohřát až 10 l vody za minutu a dosahuje účinnosti

92 %. Pořizovací cena průtokového ohřívače je 7 600 Kč. [57] Za montáž kvalifikovanou osobou a použitý materiál se zaplatí 6 000 Kč. [55] U plynového ohřevu vody se doporučuje provádět kontroly a revize každoročně, průměrná cena se pohybuje okolo 1 000 Kč. Za dobu životnosti 15 let se počítá s opravami v celkové hodnotě 2 000 Kč. Cena plynu za 1 kWh je stejná jako v případě kondenzačního kotle. Energie potřebná k ohřevu 90 l vody je 1 720 kWh. Maximální účinnost průtokového ohřívače je 92 %, průměrně uvažují 90 %. K ohřevu vody je zapotřebí dodat plynovému spotřebiči 1 910 kWh. Cena paliva je 2 430 Kč. Měsíční stálý plat je již zahrnut ve výpočtech pro kondenzační kotel.

4.3.3 Kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem pro ohřev teplé vody

Tento typ kotle slouží k vytápění domu a zároveň k ohřevu teplé vody. Vybraný kotel Thermona THERM 24 KDZ 5 obsahuje integrovaný zásobník vody o objemu 55 l a poskytuje až 24 kW tepelného výkonu pro její ohřev. Pro vytápění nabízí regulaci výkonu od 4,9 do 20,7 kW. Účinnost kotle dosahuje 98 - 107 %, pro výpočty uvažují průměrnou účinnost 102 %.

Pořizovací cena kotle je 45 000 Kč. [58] Mezi další investiční náklady se řadí cena montáže, jež se pohybuje okolo 8 000 Kč. [55] Z důvodu náročnější instalace a připojení vody je třeba větších stavebních zásahů. Materiál potřebný k montáži kotle a vložka do komína cenově odpovídá variantě kondenzačního kotle bez ohřevu vody, tedy okolo 7 300 Kč. [56] Opět se jedná o plynové zařízení, u kterého je nutné provést výchozí revizi před uvedením do provozu a revizi komína.

Energie potřebná k vytápění je 20 000 kWh a pro ohřev vody 1 720 kWh. Kotel pracující s účinností 102 % spotřebuje $(20\,000 + 1\,720)/1,02 = 21\,300$ kWh.

Tabulka 5 Určení ceny za spotřebovaný plyn varianty 2

Položka	měsíčně	ročně
Stálá platba [Kč]	279	3350
Cena za 1 kWh [Kč]	1,27238	
Spotřeba [kWh]	21 300	
Konečná cena [Kč]	30 452	

Celková cena za spotřebovaný plyn na vytápění a ohřev vody je 30 452 Kč ročně. Standardní doba životnosti se pohybuje mezi 15 až 20 lety, vzhledem ke kombinaci s ohřevem teplé vody jsem zvolila 18 let. Obecně platí, že čím složitější systém a větší počet součástí, tím se pravděpodobnost poruchy zvyšuje.

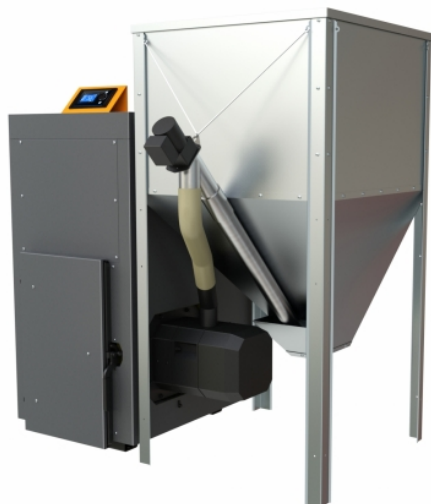
4.3.4 Kondenzační kotel s externím zásobníkem teplé vody

Kondenzační kotel slouží k vytápění i ohřevu teplé vody, která se nachází vedle kotle v externím zásobníku. Značka Thermona nabízí výhodný set kotle THERM 24 KDZN se zásobníkem OKH 125 NTR/HV o objemu 115 l za celkovou cenu 42 000 Kč. [59] Cena za montáž a materiál se odhaduje na 16 000 Kč a zahrnuje práci kvalifikovaných osob, instalaci komínové vložky a veškeré propojovací trubky, těsnění a kolena. [55,56] Nevyhnutná je výchozí revize kotle a komína. Revize komína se musí se zákona provádět jedenkrát za rok. Revize kotle se taktéž doporučuje provádět jedenkrát ročně, aby se zachovala ekonomičnost provozu a nedocházelo k předčasnému poškození kotle.

Zásobník teplé vody je zařazen do energetické třídy B. Vykazuje stálé ztráty 49 W, za celý rok se jedná o ztrátu 430 kWh. Průměrná účinnost kotle je 103 %, na vytápění je zapotřebí 20 000 kWh a na ohřev teplé vody 1 720 kWh. Celkově tedy $(20\,000 + 1\,720)/1,03 + 430 = 21\,520$ kWh. Při ceně plynu 1,27238 Kč/kWh jsou palivové náklady 30 730 Kč. V této ceně je zahrnut stálý měsíční poplatek i cena za elektrickou energii k provozu kotle 1 613 Kč. Životnost kondenzačního kotle s externím zásobníkem teplé vody se odhaduje stejně jak u předchozí varianty na 18 let.

4.3.5 Kotel na pelety

Vytápění biomasou stále nabývá na popularitě. Pelety oproti kusovému dřevu nabízejí větší komfort, proto se mnoho domácností rozhodne právě pro pelety. Český tradiční výrobce Benekov nabízí kotle na tuhá paliva, výrobky řady K jsou určeny pro vytápění peletami a splňují 5. emisní třídu podle normy ČSN EN 303-5. Pro daný rodinný dům jsem zvolila kotel Benekov K20 s možností regulace výkonu od 6 do 20 kW a účinností 89,1 – 90,4 %. Součástí kotle je zásobník paliva o objemu 370 l s automatickým šnekovým podavačem přímo do hořáku. Cena kotle je 91 000 Kč. [60] Výsledná částka za montáž kotle 35 000 Kč zahrnuje materiál v podobě ventilů, kolen, odboček, pojistných ventilů, trubek, venkovního čidla teploty a práci. [61]



Obrázek 6 Kotel na pelety Benekov K20 [47]

Nevýhodou kotle na pelety je nutnost vynášet popel přibližně jednou za měsíc. V případě používání nekvalitních pelet obsahujících kůru je pro správnou funkci kotle nevyhnutelné čištění hořáku opět jedenkrát za 4 týdny. Podle aktuální spotřeby paliva se do zásobníků doplňují pelety, zpravidla jednou za 2 až 6 dní. Zcela automatické doplňování pelet lze vyřešit například textilním zásobníkem s pneumatickým podavačem do zásobníku u kotle.

Podle zákona musí mít od roku 2017 všechny kotle na tuhá paliva platnou revizi. Revize se provádí jednou za 3 roky, ale z důvodu zachování ekonomičnosti provozu jsem se rozhodla pro pravidelné kontroly každý druhý rok. Cena se pohybuje v průměru okolo 1 000 Kč. Při používání kotle na tuhá paliva se musí čistit spalinové cesty třikrát za rok. Cena za čištění komína je individuální, každé kominictví má své vlastní ceny. Za kontrolu komína se zpravidla zaplatí 1 000 Kč. [40, 41]

S ohledem na životnost a čištění kotle se nevyplatí používat nekvalitní pelety. Navíc mají nižší výhřevnost a je tedy zapotřebí nechat do domu přivést větší množství paliva, což klade další nároky na prostor a práci. Pelety ENplus A1 s výhřevností 18 MJ/kg lze pořídit za cenu 6 Kč/kg buď v sáčcích po 15 kg, nebo na paletách o hmotnosti 975 kg.

Průměrná účinnost zvoleného kotle je 90 %. Potřebná energie k vytopení je 20 000 kWh. Kotel tedy spotřebuje z pelet 22 200 kWh, což odpovídá 79 920 MJ. Za rok se na vytápění spálí 4 440 kg pelet s výhřevností 18 MJ/kg. Cena za pelety je dohromady 29 140 Kč a zahrnuje i 2 500 Kč za dopravu. [45] Peletový kotel spotřebovává i elektrickou energii. Při uvážení roční spotřeby 900 kWh kotle s příkonem 395 W se za elektrickou energii zaplatí 4 840 Kč.

Ohřev teplé vody je vyřešen pomocí plynového průtokového ohříváče, který je podrobně rozebrán ve variantě vytápění kondenzačním kotlem.

4.3.6 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla patří mezi nemodernější typy vytápění. Existují celkem ve 4 různých variantách. Pro zadaný rodinný dům vyhovuje typ vzduch/voda nebo země/voda. Okolo domu se nachází malá zahrada, plošný kolektor tak nepřipadá v úvahu. Vhodnou variantou se může zdát vrt, ovšem je k němu zapotřebí povolení a posouzení hydrogeologa. Navíc podle majitelů domu vrt nejspíš nebude možno provést. Zbylá varianta vzduch/voda je na instalaci nejjednodušší, skládá se z venkovní jednotky kompaktních rozměrů a vnitřní jednotky. Zvolené čerpadlo Vaillant flexo THERM exclusive VWF 157/4 stojí 245 000 Kč.[44] Nabízí 13,9 kW výkonu a topný faktor dosahuje hodnoty 4,1. Hodnota topného faktoru je uvedena při teplotě vzduchu 2 °C a teplotě vody 35 °C. Při nízkých teplotách účinnost čerpadla klesá, v případě silných mrazů může dojít k zamrznutí venkovní jednotky. Pro výpočty budu uvažovat hodnotu topného faktoru 3,5. Cena montáže a příslušenství lze orientačně odhadnout na 120 000 Kč, přesná cena se určí až po konzultaci s odborníkem. [44] Cena za instalaci zahrnuje propojovací sady potrubí, nemrzoucí směs, zásobník vody o objemu 300 l, regulátor na ekvitermní řízení teploty, ventily, hydraulické propojení a montáž.

Revize tepelných čerpadel nejsou povinné, pokud se jedná o hermeticky uzavřený okruh naplněný chladicí kapalinou už od výrobce. Nicméně výrobci doporučují nechat provést servisní prohlídku alespoň jednou za dva roky. Nejvíce namáhanou částí tepelného čerpadla je kompresor, ve výpočtech uvažujeme v desátém roce s jeho výměnou a v patnáctém roce se předpokládají další opravy. Doba životnosti tepelného čerpadla se udává okolo 20 let.

Tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,5 spotřebuje v daném objektu 6 200 kWh elektrické energie za rok na vytápění i ohřev teplé vody. Dodavatel BOHEMIA ENERGY entity s. r. o. nabízí produkt pro tepelná čerpadla D56d, jež nabízí provoz v nízkém a vysokém tarifu.

Tabulka 6 Cena za elektrickou energii pro tepelné čerpadlo

D56d	VT	NT
Měsíční plat [Kč]	218,9	
Cena za 1 kWh [Kč]	2,45636	2,07315
Spotřeba [kWh]	2 000	4 200
Spotřeba [Kč]	4 913	8 707
Celkem [Kč]	16 247	

Za předpokladu, že se bude domácnost snažit provozovat tepelné čerpadlo převážně v nízkém tarifu, roční náklady na elektrickou energii budou činit 16 247 Kč. Měsíční poplatek je 498,1 Kč, ovšem řeším rozdíl oproti tarifu D02d, u kterého se měsíčně zaplatí 279,2 Kč.

4.4 Vyhodnocení navrhnutých variant

4.4.1 Vyhodnocení navrhnutých variant při nezměněném počtu osob

Jednotlivé typy vytápění mají rozdílnou dobu životnosti. Z toho důvodu nelze zvolené varianty porovnávat na základě NPV, ale musí být pomocí poměrné annuity přepočteny na roční ekvivalentní hotovostní toky. Výsledkem je částka, kterou majitelé ročně zaplatí za daný typ vytápění. Hledám tedy nejnižší absolutní hodnotu RCF.

Přehled variant¹

1. Kondenzační kotel + ohřev teplé vody plynovým průtokovým ohřivačem
2. Kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem pro ohřev teplé vody
3. Kondenzační kotel s externím zásobníkem teplé vody
4. Kotel na pelety + ohřev teplé vody plynovou karmou
5. Tepelné čerpadlo pro vytápění i ohřev vody

Tabulka 7 Vyhodnocení variant při nezměněném počtu osob

Položka	Varianta				
	1	2	3	4	5
Investice [Kč]	-29 000 (-7 600)	-45 000	-42 000	-91 000 (-7 600)	-245 000
Montáž + materiál [Kč]	-13 200 (-6 000)	-15 300	-16 000	-35 000 (-6 000)	-120 000
Revize [Kč]	-42 000 (-16 000)	-38 000	-38 000	-56 000 (-16 000)	-22 000
Opravy [Kč]	-10 000 (-2 000)	-5 000	-5 000	-10 000 (-2 000)	-60 000
Energie [Kč]	-779 400	-686 600	-692 600	-629 700	-394 800
Doba životnosti [roky]	20 (15)	18	18	15	20
RCF [Kč]	-45 880	-44 350	-44 510	-58 850	-47 880

V případě variant č. 1 a 4 jsou ceny spojené s plynovým průtokovým ohřivačem uvedeny v závorce, protože se jedná o dvě na sobě nezávislá zařízení a v podstatě o dvě investice. Kondenzační kotel a kotel na pelety slouží pouze k vytápění a plynový průtokový ohřivač k ohřevu vody. Navíc kondenzační kotel má rozdílnou dobu životnosti.

Podle tabulky se jako nejlevnější varianta jeví kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem teplé vody, který je ročně pouze o 160 Kč levnější než kondenzační kotel s externím zásobníkem. V této situaci závisí na volbě majitele, kterému kotli dá přednost. Kotle se liší v ohřevu teplé

¹ Dále budu k rozlišení variant v legendě grafů používat tato čísla

vody. Varianta č. 2 je výhodnější z hlediska potřeby pouze jednoho zařízení a je méně náročná na prostor. Kondenzační kotel s plynovým průtokovým ohřivačem se kvůli nižší účinnosti plynového průtokového ohřivače a jeho pravidelným kontrolám stává méně výhodný. Kotel na pelety vychází v porovnání s kondenzačními kotli dražší o 14 000 Kč, navíc klade největší nároky na prostor a na obsluhu. Varianta s tepelným čerpadlem se také nejvíce jeví jako ekonomicky nejvhodnější, i přes to, že má ze všech variant nejnižší náklady na palivo. Ve všech výpočtech se uvažovala inflace 2 %.

4.4.2 Vyhodnocení navržených variant pro více osob

V roce 2020 se očekává, že v domě budou bydlet 4 osoby a za dalších 5 let přibudou další 2 obyvatelé. Tato změna se nejvíce projeví ve spotřebě elektrické energie a vody. Beru v úvahu, že doposud nebyly všechny místnosti užívány a nebylo třeba je vytápět na požadovanou teplotu, ale docházelo pouze k jejich temperování. Pokud v domě bude bydlet 6 osob, bude nezbytné vytápět všechny místnosti a vzroste spotřeba energie na vytápění odhadem o 10 %. Ke kompletnímu vytápění daného objektu bude tedy zapotřebí 22 000 kWh energie.

Od začátku investice budu počítat s dvojnásobnou spotřebou teplé vody 180 l pro 4 osoby. K ohřevu tohoto množství vody je zapotřebí 3 440 kWh energie. Od pátého roku provozu očekávám již 6 osob a spotřebu teplé vody 270 l, k jejímuž ohřevu je třeba dodat 5 160 kWh.

Tabulka 8 Vyhodnocení variant pro více osob

Položka	Varianta				
	1	2	3	4	5
Investice [Kč]	-29 000 (-7 600)	-45 000	-42 000	-91 000 (-7 600)	-245 000
Montáž + materiál [Kč]	-13 200 (-6 000)	-15 300	-16 000	-35 000 (-6 000)	-120 000
Revize [Kč]	-42 000 (-16 000)	-38 000	-38 000	-56 000 (-16 000)	-22 000
Opravy [Kč]	-10 000 (-2 000)	-5 000	-5 000	-10 000 (-2 000)	-60 000
Dotace	35 000	35 000	35 000	100 000	75 000
Energie [Kč]	-947 480	-822 900	-827 660	-800 860	-536 730
Doba životnosti [roky]	20 (15)	18	18	15	20
RCF (bez dotace) [Kč]	-53 590	-51 690	-51 780	-66 650	-54 600
RCF (s dotací) [Kč]	-51 230	-49 150	-49 240	-58 280	-49 560

Ceny počátečních investic za zařízení a montáž se nemění, stejně tak jako výdaje na revize a opravy. Došlo však k navýšení spotřeby energie. Hodnota RCF u kondenzačního kotle s integrovaným nebo externím zásobníkem teplé vody je při vyšší spotřebě energie téměř shodná a opět se tento typ zdroje tepla jeví jako nejvhodnější varianta vytápění a ohřev teplé vody pro zvolený rodinný dům. Nastává tedy obdobná situace jako v případě výpočtů prováděných pro 2 osoby.

V případě, že by byla majitelům schválena žádost o dotaci, tak se ekonomicky výhodné zdá i tepelné čerpadlo. RCF u tepelného čerpadla se pohybuje těsně pod hranicí 50 000 Kč, stejně jako u kondenzačních kotlů ve variantách 2 a 3. Kotel na pelety je i přes nejvyšší částku dotace nejdražší variantou. Nicméně Kotlíkové dotace i Nová zelená úsporám nabízí dotaci pouze při výměně neekologického kotle na tuhá paliva za nový typ vytápění, nebo výměnu elektrického vytápění za tepelné čerpadlo. Rodinný dům je vytápěn pomocí plynového kotle, tudíž se na něj podpora nevztahuje a výpočet s dotací má pouze ilustrativní charakter.

4.5 Stanovení diskontu

Volba správné velikosti diskontní sazby hraje při výpočtu NPV významnou roli a vyžaduje kvalifikovaný odhad. Právě pomocí diskontu se budoucí peněžní toky přepočítávají na současnou hodnotu a při různých hodnotách diskontní sazby se změní hodnota NPV, respektive RCF.

Diskont zahrnuje časovou hodnotu peněz a riziko. Může se také interpretovat jako úroková míra vyjadřující ušlou příležitost. V případě rozhodování mezi zdroji vytápění tvoří ušlou příležitost alternativní varianta. Pokud si tedy vyberu tepelné čerpadlo, ostatní varianty, mezi kterými se rozhoduji, jsou ušlými příležitostmi. Výše diskontu by neměla být nižší než úroková míra na spořicímu účtu nebo u státních dluhopisů, které lze považovat za bezrizikové. Dále se velikost diskontní sazby odvíjí od zdroje financování dané investice, může být použit vlastní kapitál, cizí nebo kombinovaný. Diskont pak zahrnuje požadovanou výnosnost kapitálu. Investice do zdroje vytápění pro rodinný dům v budoucnu nepřináší žádné příjmy, pouze výdaje za palivo, údržbu a energii. Diskont stanovím zahrnutím průměrné míry inflace 2 % a dále rizika, jež je v případě této malé investice nízké, tedy 1 %. Počítám s diskontní sazbou 3 %. Pro srovnání uvádím výši diskontu 5 %, která se běžně používá u českých firem pro výpočty NPV při rozhodování, zda na daný projekt přistoupit či nikoliv.[39]

4.6 Citlivostní analýza

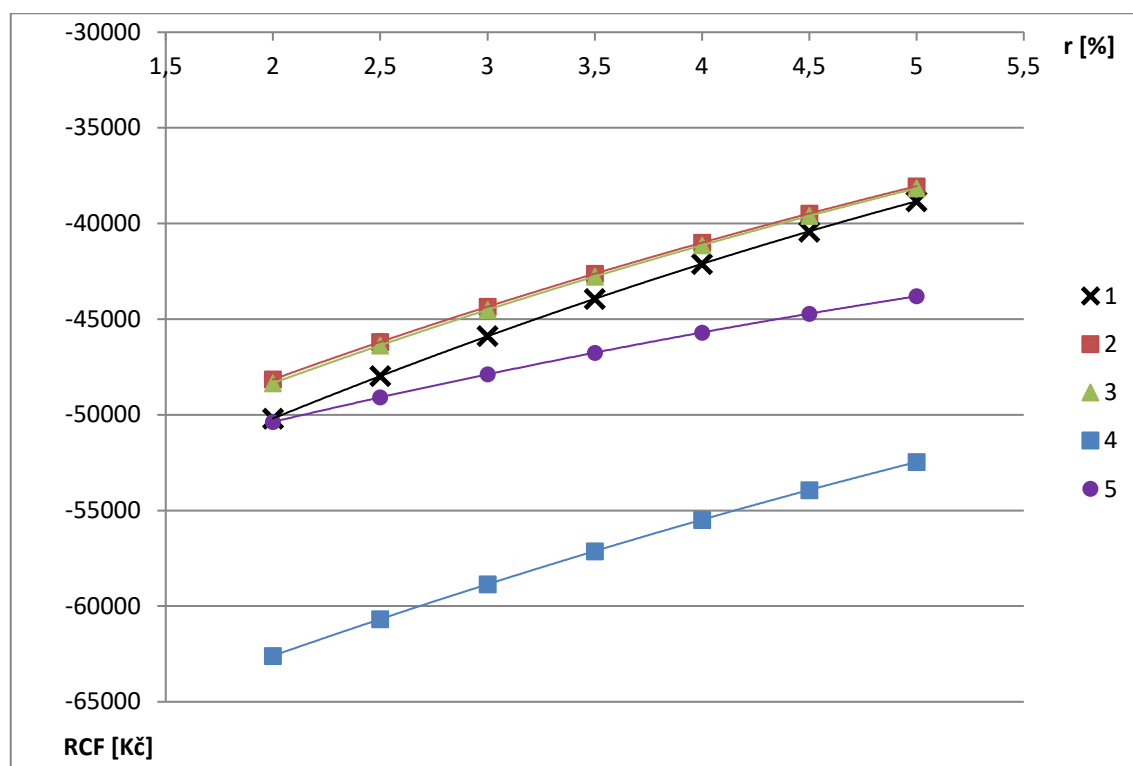
Citlivostní analýza představuje míru závislosti na vstupní veličině. Konkrétně budu řešit, jak se změní hodnota RCF, pokud dojde k:

- zvolení jiných hodnot diskontu,
- změně ceny za plyn,
- změně ceny za pelety,
- změně ceny za elektrickou energii.

4.6.1 Citlivostní analýza na diskont

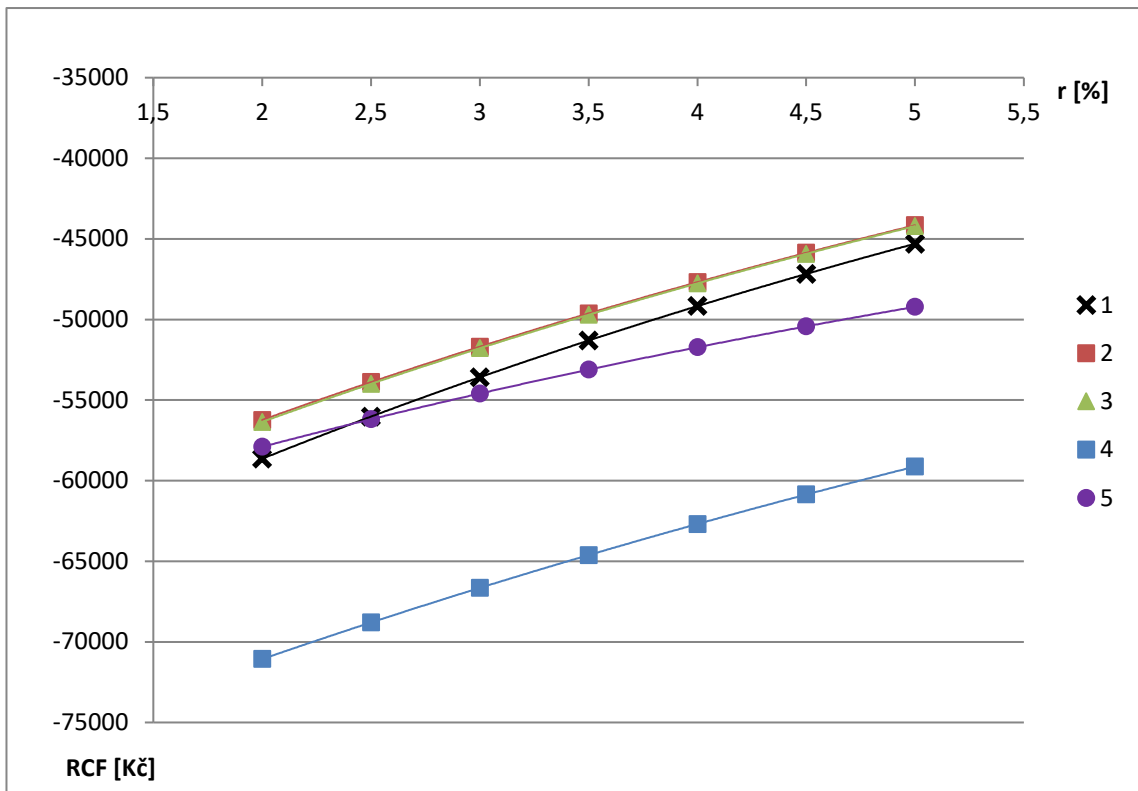
Stanovení diskontní sazby má zásadní vliv na hodnotu RCF a může tak ovlivnit výsledné rozhodnutí při výběru z více variant. Diskontní sazba je tedy klíčovým parametrem. Čím vyšší hodnota diskontu bude zvolena, tím budou roční ekvivalentní peněžní toky nižší. Pro porovnání jsem provedla citlivostní analýzu pro 2 již výše rozebrané scénáře a ilustrační příklad se zahrnutím dotace.

Graf 1 Závislost RCF na diskontu – varianta pro 2 osoby

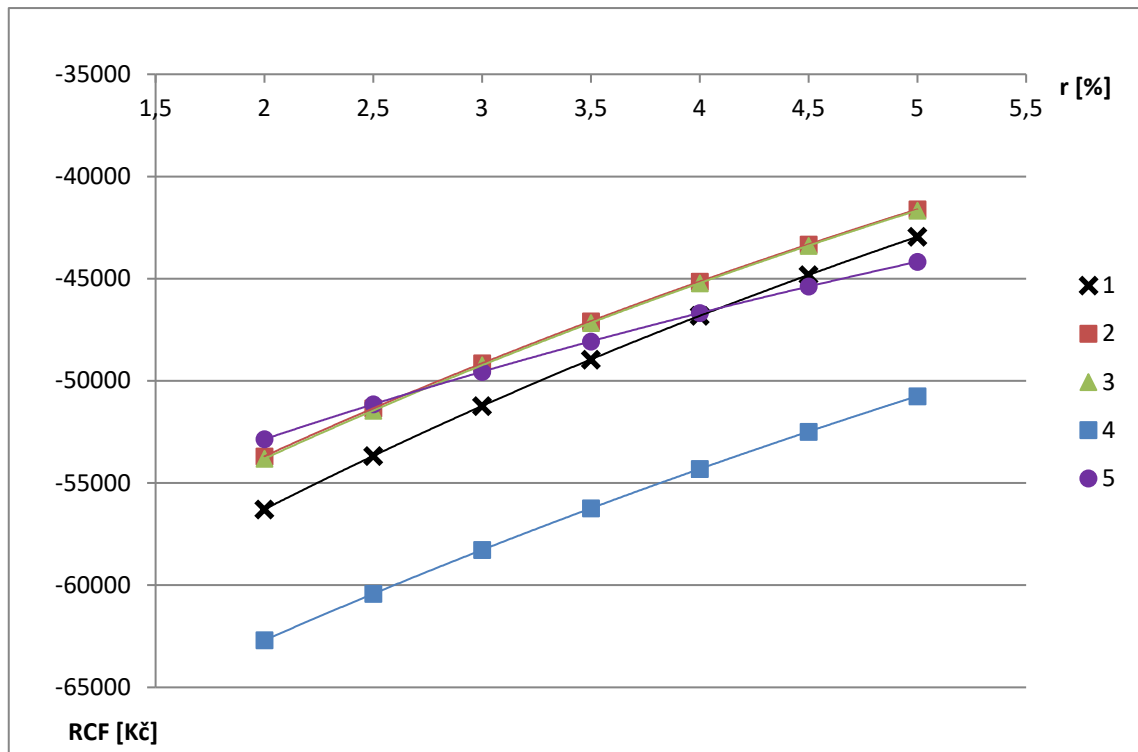


Z grafu je patrné, že se zvyšující se diskontní sazbou se stávají výhodnější varianty s kondenzačními kotli. Tepelné čerpadlo vykazuje nejnižší citlivost na diskont. Pokud se zvýší počet obyvatel rodinného domu, nastane obdobná situace. Nejvýhodnější variantou vytápění bude kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem teplé vody pro všechny porovnávané hodnoty diskontu.

Graf 2 Závislost RCF na diskontu - varianta pro více osob



Graf 3 Závislost RCF na diskontu - varianta pro více osob + dotace

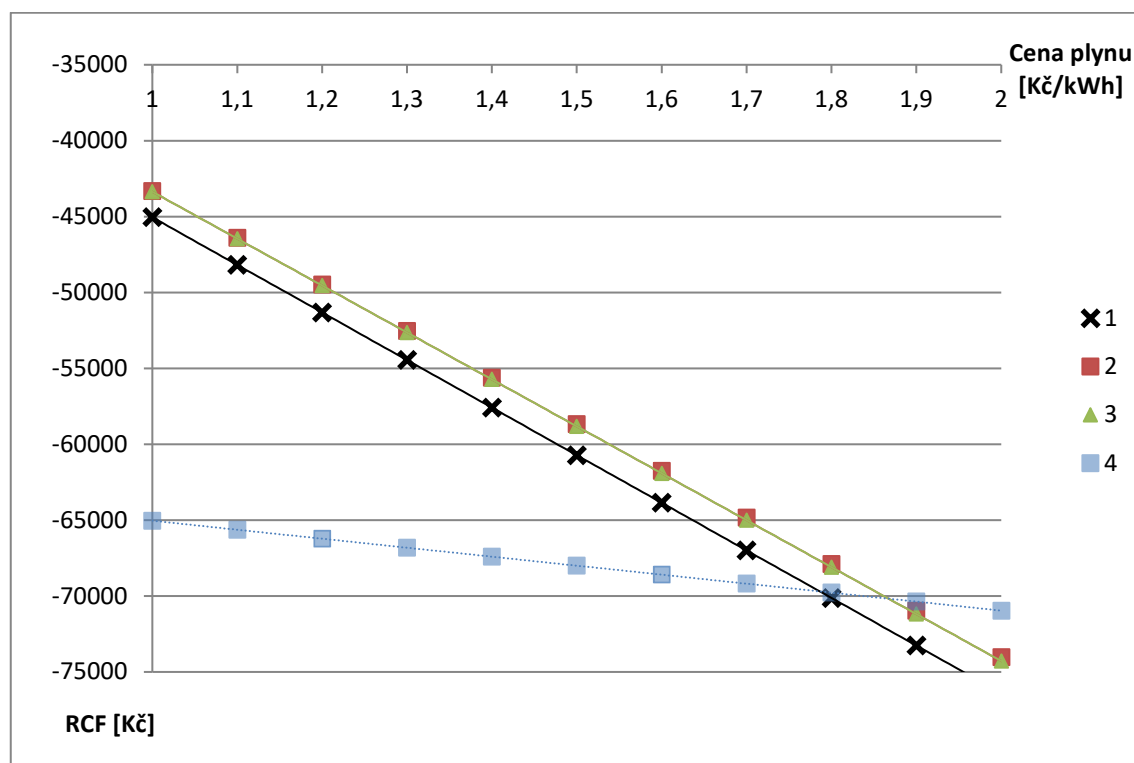


Odlišná situace nastane při zahrnutí dotací. Tentokrát již volba diskontu hraje významnější roli a má vliv na výsledné rozhodnutí. Zvolením diskontu do 2,5 % je tepelné čerpadlo ekonomicky nejvhodnější variantou. Po překročení 3 % (zvoleného diskontu pro výpočty) se opět stávají optimální variantou kondenzační kotle s integrovaným nebo externím zásobníkem teplé vody. Kondenzační kotel s plynovým průtokovým ohřivačem se stává výhodnější variantou oproti tepelnému čerpadlu až od diskontu 4 %.

4.6.2 Citlivostní analýza na cenu plynu

Plyn je palivem pro kondenzační kotle. Jeho cena se v posledních 10 letech pohybovala mezi 1 a 1,3 Kč/kWh při odběru mezi 20 – 25 MWh. Citlivostní analýzu proto provádím na ceny plynu od 1 do 2 Kč/kWh a pro variantu s více osobami bez dotace. Tato analýza má smysl pouze pro kondenzační kotle, které jsou plně závislé na dodávce plynu. Nicméně u vytápění peletami je k ohřevu vody použit plynový průtokový ohřivač, a tím se stává tato varianta také částečně závislá na ceně plynu. Vzhledem k tomu, že majoritním palivem jsou pelety, tak má závislost mnohem menší strmost než v případě kondenzačních kotlů.

Graf 4 Závislost RCF na ceně plynu

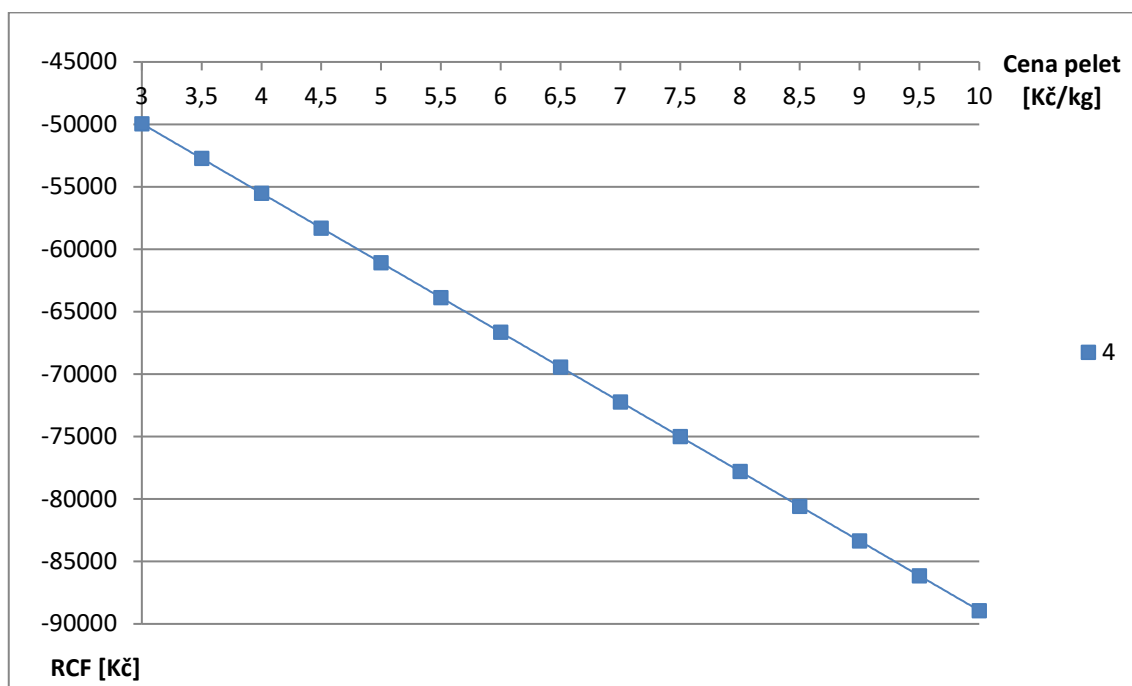


Při změně ceny plynu o 50 % oproti aktuální ceně dojde k navýšení RCF o 42 % v případě varianty 1 a o 38 % u variant kondenzačních kotlů s integrovaným nebo externím zásobníkem teplé vody.

4.6.3 Citlivostní analýza na cenu pelet

Cena dřevěných pelet se v dnešní době pohybuje průměrně 6 Kč za 1 kg. Před deseti lety stál 1 kg pelet 5,5 Kč, nedošlo tedy k výrazným změnám cen. Cena pelet též závisí na roční době, kdy jsou kupovány. Před a během topné sezóny jsou pelety dražší, naopak na jaře jejich ceny klesají. Méně kvalitní pelety s nižší výhřevností je možné pořídit za nižší cenu, ale vzhledem k vyšší spotřebě není tato možnost ekonomicky výhodná. Pokud by došlo k 50 % zvýšení aktuální ceny pelet, znamenalo by to nárůst RCF o 25 %. [38]

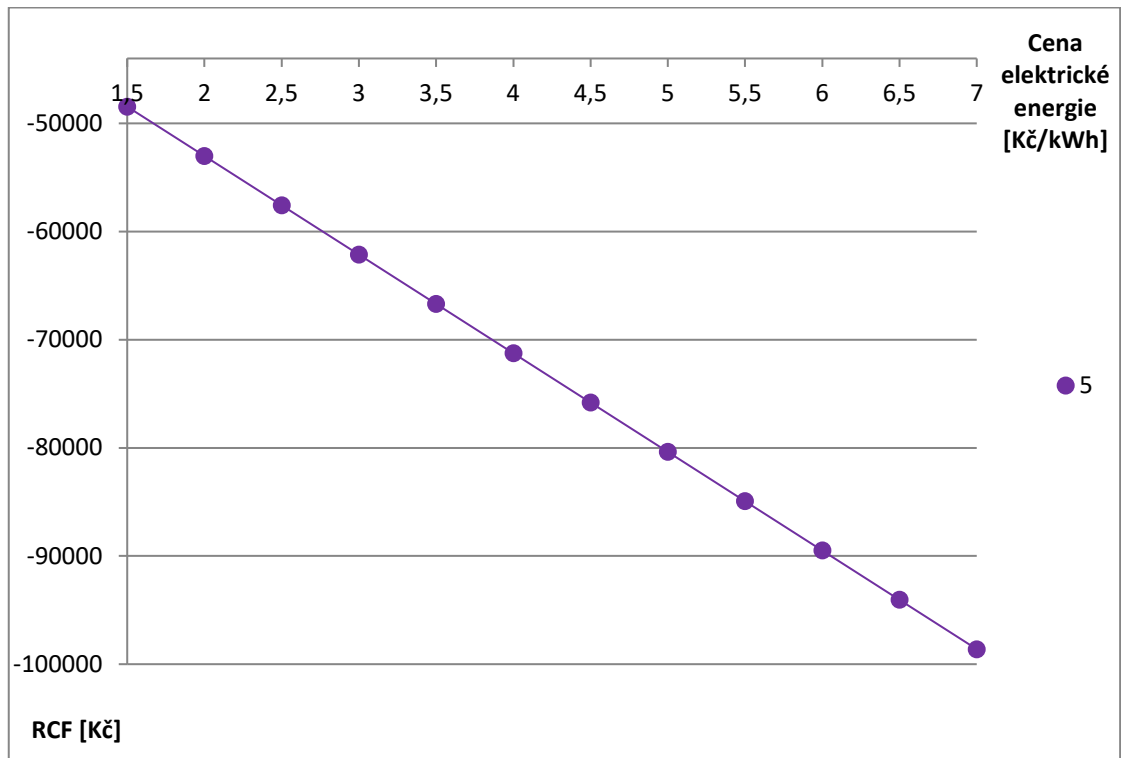
Graf 5 Závislost RCF na ceně pelet



4.6.4 Citlivostní analýza na cenu elektrické energie

Elektrická energie slouží k pohonu tepelného čerpadla. Tarif D56d nabízí provoz v nízkém a vysokém tarifu, v citlivostní analýze budu uvažovat průměrnou cenu za 1 kWh elektrické energie bez ohledu na tarif. Ze všech variant je tato nejméně závislá na změně ceny paliva, při zvýšení ceny elektřiny o 50 % za 1 kWh oproti aktuální ceně dojde k nárůstu RCF pouze o 18 %, což je v porovnání s plynovými kotli výrazně menší procentuální navýšení.

Graf 6 Závislost RCF na ceně elektrické energie



Závěr

V práci jsem se věnovala problematice vytápění rodinného domu. První kapitolu jsem věnovala energetickému auditu s cílem poukázat na to, že se nejedná pouze o formální záležitost, ale že může být v praxi užitečným nástrojem k dosažení požadovaných výsledků.

Protože pořízení nového typu vytápění je pro mnohé finančně náročná záležitost, vyhledala jsem aktuální dotační programy nabízející finanční podporu. V České republice se jedná o Kotlíkové dotace a program Nová zelená úsporám. Popsala jsem hlavní cíle dotací, podmínky získání a nezbytné formální náležitosti. Oba zmíněné programy nabízejí podporu při výměně starého neekologického kotle na pevná paliva, Nová zelená úsporám podpoří i pořízení tepelného čerpadla při přechodu z elektrického vytápění. V rodinném domě se nachází plynový kotel, na jehož výměnu se dotace nevztahují. Na začátku bakalářské práce bylo cílem zjistit, kde je možné získat od státu finance a ukázalo se, že pro řešený případ není nabízena žádná podpora.

Stěžejní částí bakalářské práce je přehled a popis možných typů vytápění. Rozebrala jsem princip fungování jednotlivých zdrojů tepla a uvedla výhody a nevýhody. Největší pozornost jsem věnovala kondenzačním kotlům, kotlům na biomasu a tepelným čerpadlům. Tyto varianty jsem zvolila jako vhodné pro zadaný rodinný dům. Z doložených dat o spotřebě plynu za posledních 7 let jsem se pokusila odhadnout tepelné ztráty domu a zvolit nejnižší potřebný výkon zdroje tepla. Pokud by byl k domu vypracován energetický audit nebo posudek energetickým specialistou, výsledek by byl mnohem přesnější. Následně jsem vybrala konkrétní výrobky a vyhledala jejich pořizovací ceny společně s cenami za montáž a údržbu. Na základě predikce spotřeby energií na vytápění a ohřev teplé vody jsem provedla ekonomické vyhodnocení pěti navržených variant. Zvolila jsem metodu čisté současné hodnoty přepočtenou na roční ekvivalentní peněžní tok. Velký vliv na výpočty měla velikost diskontu a odhad doby životnosti.

Vytvořila jsem dva scénáře. První počítá s pokračováním stávajícího stavu, kdy v domě bydlí 2 osoby. Další zahrnuje výpočty pro 4 osoby a od pátého roku počítá s navýšením až na 6 osob. V obou scénářích byl nejvhodnější variantou kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem teplé vody. Nutno zmínit, že varianta s kondenzačním kotlem s externím zásobníkem se liší pouze v řádech desítek korun. Z důvodu potřeby pouze jednoho zařízení bych však volila variantu č. 2.

Pro ilustraci jsem provedla výpočty se započítáním dotací. V tu chvíli připadá jako vhodná varianta i tepelné čerpadlo, které je charakteristické vysokou počáteční investicí, ale zato nízkými provozními náklady. V případě této varianty vytápění by došlo k nejvýraznějším stavebním zásahům a při silných mrazech by nejspíš bylo nutné použít přídatný zdroj tepla. Poslední

variantu tvořil kotel na pelety, jež se ukázal jako nejdražší ve všech scénářích a zároveň nejvíce náročný na obsluhu a prostor.

Nutno podotknout, že veškeré výpočty a následné vyhodnocení byly provedeny pouze z dat o spotřebě plynu. V závěru bych chtěla doporučit vyhotovení energetického posudku kvalifikovaným energetickým specialistou, který dokáže určit přesnou hodnotu tepelných ztrát a přizpůsobit výběr zdroje tepla technickým parametrům rodinného domu.

Seznam použité literatury

- [1] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii>
- [2] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>
- [3] Energetický audit. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-energ.cz/energeticky-audit.html>
- [4] Energetický posudek. *PRE* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/velkoodberatele/sluzby-zakaznikum/informace/energeticka-legislativa-a-dotacni-programy/energeticky-posudek/>
- [5] Průkaz energetické náročnosti budovy. *Enerfís* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/prukaz-energeticke-narocnosti-penb/penb-mapa-prukazu>
- [6] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [7] Průkaz energetické náročnosti budovy - PENB. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-energ.cz/penb.html>
- [8] FUČÍK, Zdeněk. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. *TZB-info* [online]. 2.4.2004 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [9] LÝDIE, Vacková. *Historický vývoj vytápění a zdravotně-technických instalací v budovách* [online]. Praha, 2017 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: dspace.cvut.cz. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [10] 12. PLYNOVÉ KOTLE PRO VYTÁPĚNÍ. *FAST* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/12.html>
- [11] KOPAČKOVÁ, Dagmar. Co se změní u plynových kotlů od září 2015? *TZB-info* [online]. 3.7.2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12934-co-se-zmeni-u-plynovych-kotlu-od-zari-2015>
- [12] MUSIL, Ladislav. Co možná nevíte o zemním plynu. *TZB-info* [online]. 30.3.2004 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1908-co-mozna-nevite-o-zemnim-plynu>
- [13] Jaké jsou složky celkové ceny za dodávku zemního plynu? *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/204-jake-jsou-slozky-celkove-ceny-za-dodavku-zemniho-plynu>

- [14] Výhřevnost dřeva. *Naše stromy* [online]. 24.6.2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <http://www.nasestromy.cz/vyhrevnost-dreva/>
- [15] Konvenční kotle. *AllTech* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.alltechsro.cz/konvencni-kotle>
- [16] NOVÁK, Zdeněk. Hlavní úskalí při instalaci kondenzačních kotlů. *ASB* [online]. 9.5.2014 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/hlavni-uskali-pri-instalaci-kondenzacnich-kotlu>
- [17] Ekologické zplynovací kotle na kusové dřevo. *ATMOS* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo/>
- [18] *Alternativní pelety – budoucnost vytápění* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/data/sharedfiles/4514/vyuziti-alternativni-pelet34.pdf>
- [19] Ekologické a plně automatické kotle na pelety ATMOS. *ATMOS* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [20] LYČKA, Zdeněk. Náklady na vytápění dřevními peletami. *TZB-info* [online]. 22.2.2010 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/6263-naklady-na-vytapeni-drevnimi-peletami>
- [21] *Kombinované zplynovací kotle na dřevěné brikety a dřevo* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.atmos-kotle-na-tuha-paliva.cz/seznam-produktu-atmos/kombinovane-zplynovaci-kotle-na-drevene-brikety-a-drevo/>
- [22] STUPAVSKÝ, Vladimír a Tomáš HOLÝ. Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 1.1.2010 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- [23] Uhlí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%AD>
- [24] KAPOUN, Michal. Co je to tepelné čerpadlo - základní části, druhy. *TZB-info* [online]. 30.4.2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12629-co-je-to-tepelne-cerpadlo-zakladni-casti-druhy>
- [25] BUDÍN, Jan. Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. *Oenergetice.cz* [online]. 25.3.2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
- [26] Tepelné čerpadlo voda/voda princip. *Abeceda* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda>
- [27] STUPAVSKÝ, Vladimír. Kotle Kamna - přehledně. *TZB-info* [online]. 9.9.2013 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/10312-kotlikova-dotace-prehledne>

- [28] HORÁK, Jiří a kol. Co musí splnit nový kotel na tuhá paliva po roce 2020? *TZB-info* [online]. 29.6.2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/12909-co-musi-splnit-novy-kotel-na-tuha-paliva-po-roce-2020>
- [29] Kotlíkové dotace. *Státní fond životního prostředí České republiky* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/>
- [30] Prezentace Kotlíkové půjčky - tisková konference. *Státní fond životního prostředí České republiky* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dokumenty/detail/?id=1767>
- [31] Kotlíkové dotace III. *Portál životního prostředí hlavního města Prahy* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/energetika_a_doprava/kotlikove_dotace_iii/kotlikove_dotace_Praha_III.html
- [32] Rodinné domy – zdroje energie. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [33] Rodinné domy. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://archiv.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/index.htm>
- [34] Nabídka dotací. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/>
- [35] Krok za krokem. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>
- [36] STARÝ, Oldřich. *Finanční management* [přednášky] ČVUT v Praze, 2018.
- [37] RŮČKOVÁ, Petra a Michaela ROUBÍČKOVÁ. *Finanční management*. Praha: Grada, 2012. Finance (Grada). ISBN 978-80-247-4047-8.
- [38] Dřevěné pelety – vývoj cen a novinky na trhu. *TZB-info* [online]. 14.3.2013 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/peletky/9653-drevene-pelety-vyvoj-cen-a-novinky-na-trhu>
- [39] ČÍŽEK, Bohuslav. Diskontní sazba (Discount rate). *Středoevropské centrum pro finance a management* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <http://www.finance-management.cz/080vypisPojmu.php?IdPojPass=116>
- [40] ČÍŽEK, Bohuslav. Revize, kontroly a čištění komínů. *Revizekontroly.cz* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://revizekontroly.cz/odborne-clanky/technicka-zarizeni-budov/revize-kontroly-a-cisteni-kominu>

- [41] KUBÍČEK, Milan a Martin ČEPIČKA. Vytápíte kotlem? Přinášíme přehled povinných revizí, díky kterému se vyhnete pokutám. *TZB-info* [online]. 3.1.2017 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/15205-vytapite-kotlem-prinasime-prehled-povinnych-revizi-diky-kteremu-se-vyhnete-pokutam>
- [42] *5Úroveň pro konečného uživatele* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/topeni/rva66.540/servisni/S2370cz5.htm
- [43] Vývoj celkových cen zemního plynu. *Kalkulátor cen energií* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-zemniho-plynu>
- [44] Ceník produktů. *Vaillant* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/cen-ky/cenik-produktu-vaillant-2019-v20082019-1551805.pdf>
- [45] Pelety ENplus A1. *Zdeněk Kulda Ekopaliva* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.pelety-praha.cz/pelety-enplus-a1>
- [46] THERM 24 KDN. In: *Thermona* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/pouze-pro-topeni/therm-24-kdn>
- [47] BENEKOV K 20. In: *Benekov* [online]. [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <http://www.benekov.com/produkt/benekov-k-20>
- [48] Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-194>
- [49] *Kotle plynové a kondenzační - ekologie a vysoká účinnost topení* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove/kondenzacni.php>
- [50] Biomasa - definice a členění. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/5641-biomasa-definice-a-cleneni>
- [51] Princip fungování kotle na biomasu. *Viessmann* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/fungovani-kotle-na-biomasu.html>
- [52] K čemu slouží a kolik stojí vrty pro tepelná čerpadla? *E.ON* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vrty-pro-tepelna-cerpadla>
- [53] Spotřeba vody. *SČVK* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
- [54] Thermona THERM 24 KDN. *GAS* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/thermona-therm-24-kdn/produkt/14603/248/>

- [55] Montáž kotlů. *Kotel na klíč* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: https://www.kotelnaklic.cz/montaz_kotlu/
- [56] Vložkování komínu pro kondenzační kotel - odkouření. *Kominictví 24* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.kominictvi24.cz/kominictvi24/e-news/0/2/32>
- [57] MORA TOP VEGA10.N012. *GAS* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/mora-top-vega10.n012/produkt/227/361>
- [58] Kotel Thermona THERM 24 KDZN 5 - vestavěný zásobník. *GAS* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/kotel-thermona-therm-24-kdzn-5---vestaveny-zasobnik/produkt/14605/249/>
- [59] Thermona THERM 24 KDZN + OKH 125 NTR/HV Sestava kotlová. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/thermona-therm-24-kdzn-okh-125-ntr-hv-p55064/>
- [60] Benekov K 20 - Automatický kotel na pelety. *Centrumvytápění.cz* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/benekov-k-20-automaticky-kotel-na-pelety-kotlikova-dotace/>
- [61] *Cenový kalkulátor instalace* [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: https://montazkotlu.benekov.com/?page_id=522

Příloha – výpočty RCF

1 - Kondenzační kotel																					
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investice [Kč]	-29000																				
Montáž + materiál [Kč]	-13200																				
Revize kotle [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Revize komína [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Dotace [Kč]	35000																				
Opravy [Kč]											-5000					-5000					
Palivo [Kč]		-32116	-32759	-33414	-34082	-34764	-35459	-36168	-36892	-37630	-38382	-39150	-39933	-40731	-41546	-42377	-43225	-44089	-44971	-45870	-46788
Σ bez dotace [Kč]	-44200	-33123	-32764	-32409	-32059	-31713	-31371	-31034	-30701	-30373	-33769	-29727	-29411	-29098	-28789	-31693	-28182	-27885	-27590	-27300	-27013
Σ s dotací [Kč]	-9200	-33123	-32764	-32409	-32059	-31713	-31371	-31034	-30701	-30373	-33769	-29727	-29411	-29098	-28789	-31693	-28182	-27885	-27590	-27300	-27013
NPV bez dotace [Kč]											-650204										
NPV s dotací [Kč]											-615204										
a [počet let]											0,067216										
RCF bez dotace [Kč]											-53587										
RCF s dotací [Kč]											-51234										

2 - Kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem teplé vody																				
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Investice [Kč]	-45000																			
Montáž + materiál [Kč]	-15300																			
Revize kotle [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Revize komína [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Dotace [Kč]	35000																			
Opravy [Kč]											-5000									
Palivo [Kč]		-36699	-37433	-38181	-38945	-42046	-42887	-43745	-44620	-45512	-46422	-47351	-48298	-49264	-50249	-51254	-52279	-53325	-54391	
Σ bez dotace [Kč]	-62300	-37571	-37169	-36771	-36379	-37995	-37592	-37195	-36802	-36414	-39751	-35652	-35278	-34908	-34543	-34182	-33825	-33472	-33124	
Σ s dotací [Kč]	-27300	-37571	-37169	-36771	-36379	-37995	-37592	-37195	-36802	-36414	-39751	-35652	-35278	-34908	-34543	-34182	-33825	-33472	-33124	
NPV bez dotace [Kč]											-677799									
NPV s dotací [Kč]											-675923									
a [počet let]											0,072709									
RCF bez dotace [Kč]											-49282									
RCF s dotací [Kč]											-49145									

3 - Kondenzační kotel s externím zásobníkem teplé vody																			
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Investice [Kč]	-42000																		
Montáž + materiál [Kč]	-16000																		
Revize kotle [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Revize komína [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Dotace [Kč]	35000																		
Opravy [Kč]											-5000								
Palivo [Kč]	-36938	-37676	-38430	-39198	-42282	-43128	-43991	-44870	-45768	-46683	-47617	-48569	-49540	-50531	-51542	-52573	-53624	-54697	
Σ bez dotace [Kč]	-60000	-37803	-37399	-36999	-36604	-38198	-37794	-37394	-37000	-36610	-39945	-35844	-35468	-35097	-34729	-34367	-34008	-33654	-33303
Σ s dotací [Kč]	-25000	-37803	-37399	-36999	-36604	-38198	-37794	-37394	-37000	-36610	-39945	-35844	-35468	-35097	-34729	-34367	-34008	-33654	-33303
NPV bez dotace [Kč]																			
NPV s dotací [Kč]																			
a [počet let]																			
RCF bez dotace [Kč]																			
RCF s dotací [Kč]																			

4 - Kotel na pelety																
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Investice [Kč]	-91000															
Montáž + materiál [Kč]	-35000															
Revize kotle [Kč]	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Revize komína [Kč]	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000
Dotace [Kč]	100000															
Opravy [Kč]																
Palivo [Kč]	-36646	-37378	-38126	-38889	-39666	-40460	-41269	-42094	-42936	-43795	-44671	-45564	-46475	-47405	-48353	
Σ bez dotace [Kč]	-130000	-38491	-39003	-37636	-38106	-36804	-37234	-35995	-36387	-35206	-43005	-34438	-34763	-33690	-33985	-32962
Σ s dotací [Kč]	-30000	-38491	-39003	-37636	-38106	-36804	-37234	-35995	-36387	-35206	-43005	-34438	-34763	-33690	-33985	-32962
NPV bez dotace [Kč]																
NPV s dotací [Kč]																
a [počet let]																
RCF bez dotace [Kč]																
RCF s dotací [Kč]																

5 - Tepelné čerpadlo pro vytápění i ohřev vody																					
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investice [Kč]	-245000																				
Montáž + materiál [Kč]	-120000																				
Dotace [Kč]	75000																				
Servis [Kč]	-2000	-2000			-2000		-2000		-2000		-2000		-2000		-2000		-2000		-2000		-2000
Opravy [Kč]											-40000					-20000					
Palivo [Kč]		-18462	-18832	-19208	-19592	-24713	-25208	-25712	-26226	-26750	-27285	-27831	-28388	-28956	-29535	-30125	-30728	-31342	-31969	-32609	-33261
Σ bez dotace [Kč]	-367000	-17925	-19636	-17578	-19185	-21318	-22786	-20906	-22282	-20502	-51555	-20106	-21313	-19717	-20848	-32174	-20395	-18963	-19953	-18596	-19523
Σ s dotací [Kč]	-292000	-17925	-19636	-17578	-19185	-21318	-22786	-20906	-22282	-20502	-51555	-20106	-21313	-19717	-20848	-32174	-20395	-18963	-19953	-18596	-19523
NPV bez dotace [Kč]											-812261										
NPV s dotací [Kč]											-737261										
a [počet let]											0,067216										
RCF bez dotace [Kč]											-54597										
RCF s dotací [Kč]											-49555										