

**České vysoké učení technické v Praze**

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Technické a ekonomické posouzení  
možností vytápění rodinného domu

Technical and economical assessment of the family house heating  
possibilities

**Bakalářská práce**  
Bachelor's thesis

Kamila Roučková

Praha 2020

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Libor Straka, Ph.D.

## **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 Paze dne.....

.....

Kamila Roučková

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu práce Ing. Liboru Strakovi, Ph.D. za odborné vedení, za vstřícnost při konzultacích a za cenné rady při zpracování této bakalářské práce, stejně tak za jeho čas, který mi v průběhu práce věnoval. Také bych chtěla vyjádřit poděkování své rodině za trpělivost a podporu během celého studia.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Roučková** Jméno: **Kamila** Osobní číslo: **474629**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací 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:

**Technické a ekonomické posouzení možností vytápění rodinného domu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Technical and economical assessment of the family house heating possibilities**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou energetické náročnosti budov a moderních systémů vytápění.
2. Proveďte technické posouzení variant vytápění na konkrétním objektu.
3. Ekonomickými ukazateli porovnejte navrhované varianty.

Seznam doporučené literatury:

1. Brož, K: Vytápění, ČVUT, Praha, 2006
2. Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb.
3. Hradílek, Z, et al.: Elektrotepelná technika, ČVUT, 2011, 1. vydání.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Libor Straka, FS, ústav přístrojové a řídicí techniky - 12110**

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

Datum zadání bakalářské práce: **13.01.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Libor Straka  
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

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem zdroje vytápění konkrétního rodinného domu. K určení vhodného zdroje vytápění je potřeba vypočítat tepelné ztráty, opírající se o legislativu, která je popsána v první části této práce. Dalšími parametry pro vhodný výběr jsou proměnné samotného objektu, parametry zdrojů vytápění ale i uživatelský komfort. V ekonomické části této práce posuzuji ekonomickými ukazateli navržené možnosti a za jejich pomoci navrhuji nejvýhodnější variantu.

## **Klíčová slova**

Roční ekvivalentní cashflow, plynový kotel, součinitel prostupu tepla, tepelné čerpadlo, tepelné ztráty, vytápění.

## **Abstract**

This bachelor thesis focused on heating system design of a family house. Temperature Losses must be calculated to determine the available heating sources. Mentioned calculation is followed by legislation which is briefly described in the first part of the thesis. Other parameters for a suitable selection are the properties of the heating sources and the house itself. Comfort and ease of use is also an important criterion. In the next part of this thesis is an economic evaluation of the proposed systems using several economic criteria.

## **Key words**

Cash flow, energy performance of building, gas boiler, heat losses, heat pump, heating.

# Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Legislativa tepelně-technických hodnocení konstrukcí a budov</b> .....	<b>11</b>
1.1 Energetická náročnost budov .....	12
1.2 Součinitel prostupu tepla.....	13
<b>2. Moderní systémy vytápění</b> .....	<b>14</b>
2.1 Infrapanely .....	14
2.2 Tepelná izolace a řízené větrání .....	14
2.3 Teplovzdušné vytápění.....	15
<b>3. Konvenční typy vytápění</b> .....	<b>15</b>
3.1 Tepelné čerpadlo .....	15
3.2 Plynové kotle.....	18
<b>4. Základní informace o zvoleném objektu</b> .....	<b>20</b>
4.1 Obecná charakteristika .....	20
4.2 Klimatické podmínky .....	20
4.3 Technické parametry .....	21
4.4 Vytápění rodinného domu .....	22
<b>5. Výpočet tepelných ztrát</b> .....	<b>24</b>
5.1 Tepelné ztráty prostupem tepla .....	25
5.2 Tepelné ztráty větráním.....	27
<b>6. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů</b> .....	<b>27</b>
<b>7. Tepelné ztráty objektu</b> .....	<b>28</b>
<b>8. Varianty zdroje vytápění</b> .....	<b>31</b>
8.1 Výběr typu tepelného čerpadla.....	31
8.2 Výběr typu plynového kotle .....	32
8.3 Poptávka .....	32
8.4 Unifikace cenových nabídek .....	33
8.5 Porovnání technických parametrů .....	34
<b>9. Ekonomická část</b> .....	<b>36</b>
9.1 NPV – čistá současná hodnota .....	36
9.2 CF – peněžní tok .....	37
9.3 RCF – roční ekvivalentní peněžní tok .....	37
9.4 DCF – diskontovaný peněžní tok (discounted cash flow).....	37
9.5 Dotace .....	38

<b>10.</b>	<b>Výběr konkrétního typu vytápění.....</b>	<b>39</b>
10.1	Plynový kotel .....	39
10.2	Tepelné čerpadlo .....	41
10.3	Porovnání plynového kotle a tepelného čerpadla.....	42
10.4	Postup.....	43
<b>11.</b>	<b>Závěrečné porovnání .....</b>	<b>45</b>
11.1	Citlivostní analýza.....	47
<b>12.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>51</b>
	<b>Reference.....</b>	<b>52</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>57</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>58</b>
	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>59</b>
	<b>Seznam elektronických příloh.....</b>	<b>60</b>



## Seznam zkratek

AC	Alternate current (střídavý proud)
CF	Cash Flow (Peněžní tok)
COP	Coefficient Of Performance (topný faktor tepelných čerpadel)
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Evropská norma převzatá do národního systému norem ČR
DC	Direct current (stejnoseměrný proud)
DCF	Discounted cash flow (diskontovaný peněžní tok)
DPH	Daň z přidané hodnoty
EER	Energy Efficiency Ratio (Koeficient energetické účinnosti)
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
HUP	Hlavní uzávěr plynu
NN	Nízké napětí
NPV	Net Present Value (čistá současná hodnota)
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
Pk	Plynový kotel
RCF	Roční ekvivalentní peněžní tok
SŠ	Severní šířka
Tč	Tepelné čerpadlo
TUV	Teplá užitková voda
UNFCCC	United Nation Framework Convention on Climate Change (Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu)
VD	Východní délka

# Úvod

Teplo je jednou ze základních potřeb člověka a považuje se za samozřejmost, každá domácnost má zdroj tepla, který používá většinu roku. Proto by se měl klást zřetel na výběr vhodného zdroje vytápění, a to ze všech pohledů: ekonomického, technologického, uživatelského ale i ekologického. V dnešní době je cena elektrické energie nestálá a přichází i čím dál více emisních norem, které kladou nároky právě na účinnost a ekologičnost daného zdroje.

Z těchto důvodů bych se ráda v této práci zaměřila na návrh pro výběr nového zdroje vytápění pro rodinný dům v Praze. Dům je starý 19 let, topení a ohřev teplé vody je řešen plynovým kotlem, jehož životnost se blíží ke konci a majitel se rozhodl pro jeho nahrazení. Použití stejného zdroje vytápění se jeví jako nejjednodušší varianta, avšak vzhledem k současným možnostem různých variant zdrojů vytápění to nemusí být ta správná volba. Proto jsem se rozhodla navrhnout možné způsoby zdrojů pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody.

Od majitele jsem měla přístup k technické zprávě o vytápění, kde tepelné ztráty byly vypočítány na 12 kW. S ohledem na několik stavebních úprav v minulých letech týkajících se převážně částečného zateplení, jsem přepočítala tepelné ztráty objektu na aktuální hodnotu.

Z možných různých způsobů vytápění a ohřevu TUV jsem vzhledem k technickým možnostem objektu vybrala dva nejvhodnější způsoby. Následně jsem po vyhodnocení ekonomických ukazatelů navrhla nejvhodnější zdroj.

# 1. Legislativa tepelně-technických hodnocení konstrukcí a budov

Česká republika jako součást Evropské unie (EU) musí dodržovat právní předpisy EU, které mimo jiné zahrnují efektivní využívání elektrické energie a vytápění zaměřené na použití obnovitelných zdrojů nebo dálkové vytápění s cílem snížit zátěž na životní prostředí [1].

Problém energetických úspor a renovací budov řeší Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov<sup>1</sup> ze dne 19. května 2010 a říká: „*Podíl budov na celkové spotřebě energie v Unii činí 40 %. Tento sektor se rozrůstá, což bude mít za následek zvýšení spotřeby energie. Snížení spotřeby energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů v sektoru budov proto představují důležitá opatření nutná ke snížování energetické závislosti Unie a emisí skleníkových plynů. Spolu se zvýšeným využíváním energie z obnovitelných zdrojů by opatření přijatá za účelem snížení spotřeby energie v Unii umožnila Unii dodržení závazku splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu (U), dlouhodobého závazku zachovat nárůst globální teploty pod 2 °C i závazku snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % ve srovnání s hodnotami z roku 1990 a v případě mezinárodní dohody o 30 % [2].*“

Dále směrnice nařizuje členským státům Unie přijmout opatření vedoucí k snížování energetické náročnosti budov, které by však mělo brát v úvahu klimatické a místní podmínky, tato opatření však nesmí být v rozporu s dalšími požadavky jako například bezpečnost, přístupnost a využití budovy.

„*Energetická náročnost budov by měla být vypočtena na základě metody, která se může na vnitrostátní a regionální úrovni lišit. Kromě tepelných vlastností zahrnuje další faktory, které hrají stále důležitější úlohu, např. zařízení pro vytápění a klimatizaci, využití energie z obnovitelných zdrojů, prvky pasivního vytápění a chlazení, stínění, kvalita vnitřního ovzduší, odpovídající denní světlo a návrh budovy. Metoda výpočtu energetické náročnosti by neměla být založena pouze na ročním období, ve kterém je nutno vytápět, ale měla by pokrývat roční energetickou náročnost budovy. Tato metoda by měla zohlednit stávající evropské normy [2].*“

V Českém správním řádu je zákon, který zapracovává více uvedené příslušné předpisy Evropské unie, Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění účinném k 25.1.2020. Předmětem zákona jsou opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a nakládání s ní, dále

---

<sup>1</sup> energetickou náročností budovy se rozumí „*vypočítané nebo změřené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s typickým užíváním budovy, což mimo jiné zahrnuje energii používanou pro vytápění, chlazení, větrání, teplou vodu a osvětlení*“

pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce a využití obnovitelných zdrojů a druhotných zdrojů energie, požadavky na ekodesign, udávání spotřeby energie na energetických štítcích výrobků, požadavky na vzdělání a informování v oblasti úspor energie, a nakonec pravidla pro poskytování energetických služeb.

Hlava III, paragraf 5 tohoto zákona zmiňuje státní program na podporu úspor energie. Program byl zřízen pro plnění cílů týkající se využití energie, zvyšování účinnosti a využívání obnovitelných zdrojů energie ve shodě se státní energetickou koncepcí. Program má za úkol vyhodnocovat Ministerstvo průmyslu a obchodu a k naplnění cílů mohou podle tohoto zákona být poskytovány dotace na uvedené předměty vypsány v tomto paragrafu [3].

## **1.1 Energetická náročnost budov**

Energetickou náročností budovy se zabývá vyhláška č. 78/2013 Sb. Tato vyhláška zpracovává předpis Evropské unie (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov). A obsahuje postup výpočtu nákladově optimální úroveň energetické náročnosti budovy, popřípadě odkazy na ČSN 730540, opatření pro snížení energetické náročnosti budovy, vzor a obsah průkazu energetické náročnosti budovy PENB a jeho grafické zpracování uvedené v této práci jako obrázek číslo 1. Vzor obsahuje protokol průkazu energetické náročnosti budov, ve kterém je zahrnuto i doporučení pro snížení energetické náročnosti budovy [4].

Tento průkaz říká, jak daný objekt hospodaří s energií, což znamená, že se nejedná pouze o vytápění, ale i o ohřev teplé vody a další možná technická zařízení budovy jako například klimatizace. PENB je vázán Zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Mezi základní ukazatele, kterými se určuje energetická náročnost jsou tepelné ztráty, prostup tepla, zdroj primární energie ale i kvalita a vlhkost vzduchu. Při koupi nebo prodeji domu máte povinnost nebo právo na předložení PENB. Díky tomuto průkazu můžete na první pohled zjistit například informace o stavu zařízení na vytápění a počítat s tím, že nebude potřeba delší dobu investice do nového zdroje nebo naopak, že je tato investice nezbytná a jak se zvýší náklady na nový domov [3].

Tento průkaz můžeme získat na základě žádosti poslané energetickému poradci zaměřující se na tuto problematiku. Cena vypracování energetického průkazu se u rodinného domu pohybuje od 3 000 Kč do 5 000 Kč [5]. Chceme-li splnit energetickou náročnost musíme se zařadit do skupiny A až C. V případě skupiny D až G je tato budova neúsporná a může být na tomto základě snižena hodnota nemovitosti [6].

Obrázek 1 – Průkaz energetické náročnosti budov [7]

Objekt, se kterým pracuji v této práci, nemá vypracovaný PENB, v době výstavby to zatím nebyla povinnost, majitel o jeho vypracování ani nežádá, neboť se nechystá k prodeji. Povinnost vypracovat si PENB nabyla platnost od 1. ledna roku 2013 kdy je majitel, stavebník budovy povinen zajistit zpracování průkazu:

- při výstavbě nové budovy nebo při větších změnách již dokončené budovy,
- pokud je budova užívaná orgánem veřejné moci
  - a má větší celkovou energeticky vztažnou plochu větší než 500 m<sup>2</sup> (platnost od 1. 7. 2013),
  - a má větší celkovou energeticky vztažnou plochu větší než 250 m<sup>2</sup> (platnost od 1.7. 2015),
- pro administrativní a bytové domy v užívání.

Dále je tato povinnost, vypracovat PENB, v případě prodeje a pronájmů nemovitostí. Vyhotovený průkaz má platnost 10 let [3].

K výpočtu tepelných ztrát je nutné znát součinitel prostupu tepla.

## 1.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla formuluje, kolik tepla unikne konstrukci o ploše 1 m<sup>2</sup> při rozdílu teplot jejich povrchů 1 K [8].

Součinitel prostupu tepla<sup>2</sup> je také dán legislativou, konkrétně jde o normu tepelné ochrany budov ČSN 73 0540-1. Výpočet součinitele prostupu tepla je v souladu s ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.

<sup>2</sup> transmission heat loss coefficient; heat thermal transmittance value, U-value

Značí se  $U$ , proto někdy nese označení  $U$ -value a jednotkou je  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ .

Součinitel prostupu tepla je dán vztahem:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

Kde  $R_T$  je odpor dané konstrukce při prostupu tepla z jednoho prostředí přes konstrukci do druhého. V této práci jsem určila součinitele prostupu tepla podle programu Protech, který není veřejně dostupný, ale přístup jsem získala od vedoucího práce [3].

## 2. Moderní systémy vytápění

V této části budu zmiňovat, méně populární i zahraniční možnosti vytápění, které by v budoucnu mohly být více atraktivní. Je však potřeba je ještě zdokonalovat, neboť nemají prozatím dostatečně sofistikovanou přeměnu elektrické energie.

### 2.1 Infrapanely

Infrapanely jsou moderní alternativou pro vytápění elektrickou energií. Jsou zajímavé tím, že k přenosu tepla nepoužívají konvekci (proudění), ale radiaci (sálání). Díky tomuto systému neohřívají vzduch jako klasické radiátory, ale teplo dokáží dodat přímo obyvatelům dané místnosti, nábytku, stěnám nebo i podlaze. Od těchto předmětů se pak může ohřívat i vzduch, začne probíhat konvekce. Pro dostatečný pocit tepla s touto technologií nemusíme vyhřát celý prostor, což znamená menší spotřebu elektrické energie.

Při využití klasického topení v místnosti cirkuluje vzduch, teplý vzduch stoupá ke stropu, kde zchladne a klesá dolů, kde se zase ohřeje a opět stoupá vzhůru, takže mezi stropem a podlahou může vzniknout až několika stupňový rozdíl, velký teplotní gradient. U infrapanelů k žádnému proudění nedochází, je tedy v celé místnosti relativně stabilní teplota. Toto může být výhoda například i pro astmatiky nebo lidi s alergií, nevíří prach a jiné nečistoty.

Tyto panely jsou dále velmi účinné pro domy s horší izolací nebo tam kde vzniká průvan. Nedostatek izolace při konvekčním způsobu vytápění je velmi neefektivní, teplo ve vzduchu se neustále ztrácí strukturou budovy, kdežto infrapanely dodají teplo přímo obyvatelům a teplo absorbují věci v místnosti, které ukládají teplo lépe než vzduch. Další výhodou může být udržení stěn v suchu a zamezení vytváření plísní a zatuchlého vzduchu. Nevýhodou je vyšší cena za spotřebovanou elektrickou energii [9].

### 2.2 Tepelná izolace a řízené větrání

Tato technologie je velmi důležitá pro úspory elektrické energie na vytápění. Dobré tepelněizolační vlastnosti budovy zamezí ztrátám tepla a ušetří vyrovnání této ztráty. Dobrá a těsná obálka domu se může zjistit blower-door testem, který zjistí vzduchotěsnost dané stavby. Podle

výsledku se pak může hodnotit energetická náročnost budovy. Nevýhodou zatěsnění domu je zamezení přístupu čerstvého vzduchu což je škodlivé jak pro lidské zdraví, tak pro dům samotný. Tento problém se řeší řízeným větráním, tedy rekuperací. Rekuperační jednotky mají při získávání zpětného tepla účinnost až 93 %. Princip činnosti je založen na předávání tepla z odpadního vzduchu, vzduchu odváděného z místnosti, do čerstvého vzduchu proudící z venku. Díky tomuto chodu se neztrácí teplo jako při klasickém větrání a nemusíme vyrovnávat.

Tato technologie se využívá převážně u nových nízkoenergetických staveb, kdy dům je přímo stavěn na tuto technologii a je použit správný materiál. Jestliže zateplíme starší stavbu může se ve zdech držet vlhkost a může začít plesnivět [11].

### **2.3 Teplovzdušné vytápění**

Tento systém je velmi populární v USA a mohl by se zdát podobný jako je rekuperace, avšak rekuperace na rozdíl od teplovzdušného vytápění netopí ani nechladí, jen přivádí čerstvý vzduch. Teplovzdušné vytápění lze považovat za nejuniverzálnější systém rozvodu vzduchu, dokáže v jednom chladit, větrat i topit. Jde o vzduchotechnické jednotky s vnitřní cirkulací, tedy systém bez potřeby větrání a ztráty cenné energie.

Princip rekuperace se v tomto systému objevuje, avšak má navíc systém na dohřátí například od krbu, elektrického nebo plynového kotle a dochlazení, kde se používají tepelná čerpadla. Odpadní vzduch se sbírá od stropu místnosti, vede se k filtraci a ohřívá čerstvý vzduch z venku, jako rekuperace, dále je vyváděn ven z objektu. Čerstvý vzduch se tedy ohřeje od odpadního a dále pokračuje na místo, kde se ohřeje anebo ochladí. Tento vzduch se pak podlahovým rozvodem přivádí do jednotlivých místností [12].

## **3. Konvenční typy vytápění**

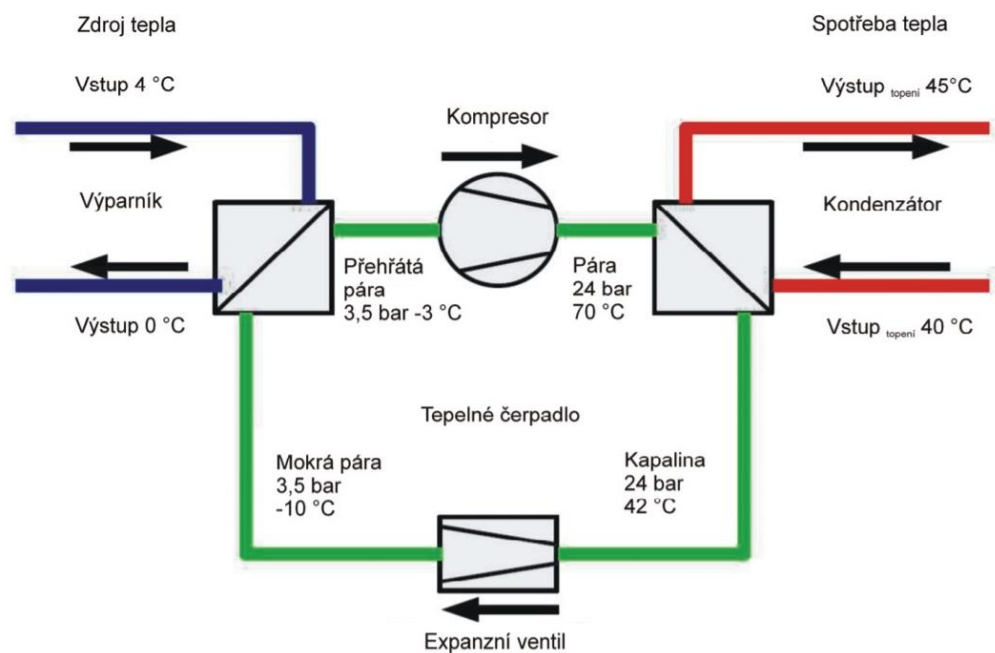
Mezi konvenční typy vytápění patří především kotle na tuhá paliva, elektrokotle, plynové kotle, tepelná čerpadla a krbové vložky s teplovodním výměníkem. Pro další postup jsem zvolila pouze popis tepelného čerpadla a plynového kotle se kterými budu dále pracovat.

### **3.1 Tepelné čerpadlo**

Hlavním principem tepelného čerpadla je přeměna nízko potencionální energie na energii s potenciálem větším za pomoci elektrické energie. Tepelné čerpadlo se skládá ze 4 hlavních částí:

- výparník,
- kompresor,
- kondenzátor,
- expanzní ventil.

Ve **výparníku** se odpařuje teponosné médium za nízkého tlaku, zdrojem tepla může být vzduch, voda nebo energie získaná ze země, podle toho, který typ tepelného čerpadla bude vybrán. Dále je přehřátá pára nasávána do **kompresoru**, kde se stlačuje, čímž získává větší tlak i teplotu. Tato pára dále vede do **kondenzátoru**, zde se pára kondenzuje a odevzdává výparné teplo otopné soustavě. Vzniklá kapalina vede z kondenzátoru do **expanzního ventilu**, kde se vytvoří mokrá pára o nízkém tlaku a ta je zase přiváděna do výparníku, kde se právě díky nízkému tlaku dokáže médium odpařit. Jde o periodický tepelný cyklus podobný Carnotově cyklu pro dosažení co nejvyšší účinnosti [13].



Obrázek 2 – princip funkce tepelného čerpadla [13]

Důležitým ukazatelem tepelného čerpadla je topný faktor neboli výkonové číslo. Toto číslo udává kolikrát více energie dostaneme při daném množství energie dodané čerpadlu (hnací energie). Lze ho spočítat jako poměr výkonu předaného do topného systému a dodaným elektrickým výkonem

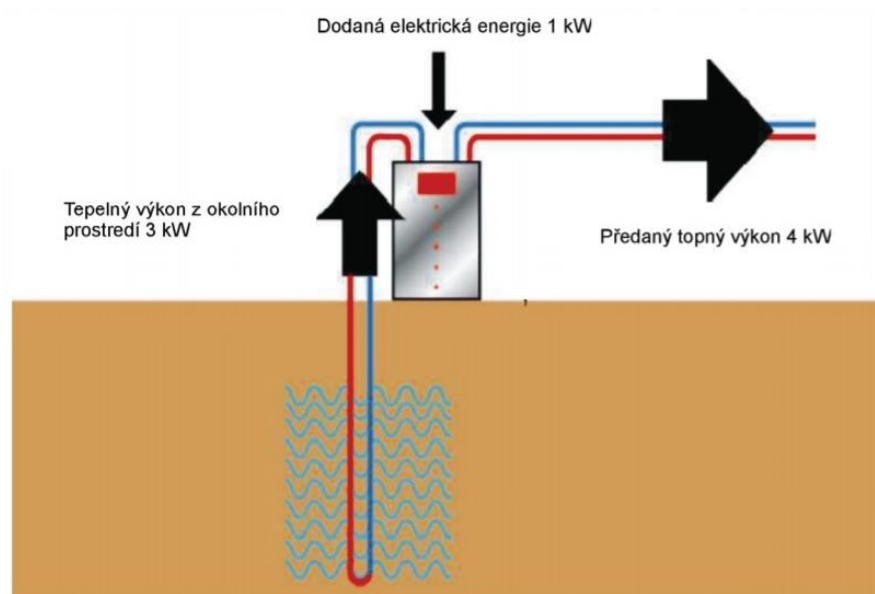
$$COP = \frac{P_p}{P_d} \quad (2)$$

kde  $COP$  (-) je topný faktor<sup>3</sup>,  $P_p$  je výkon předaný do topného systému (W) a  $P_d$  je dodaný elektrický výkon (W).

Tyto hodnoty v současné době bývají v rozmezí 2,5 až 5 a v závislosti na ročním období a na venkovní teplotě se mění [13].

<sup>3</sup> Označení topného faktoru jako COP z anglického Coefficient of Performance





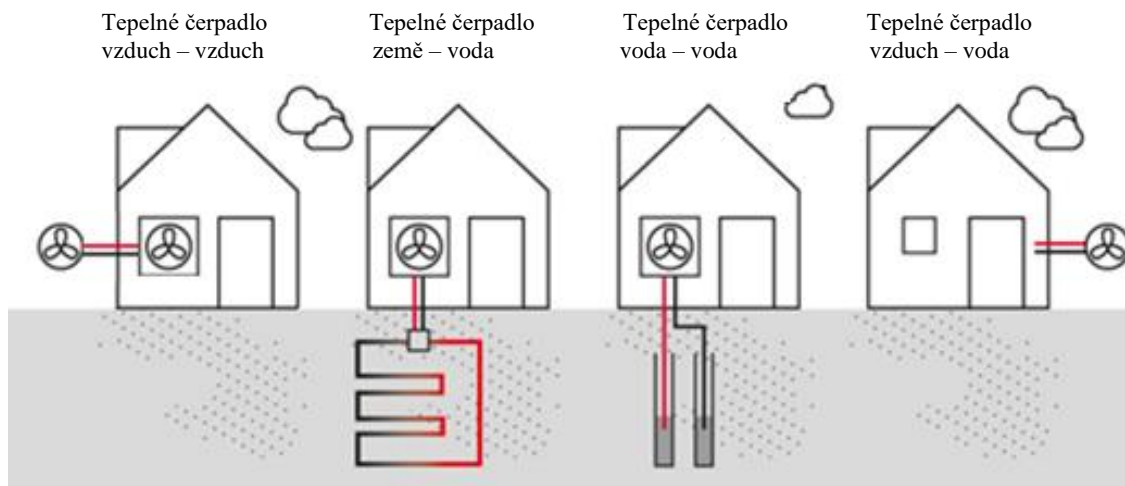
Obrázek 3 – princip topného faktoru tepelného čerpadla země-voda [13]

## Druhy tepelných čerpadel

- Vzduch – voda,
- země – voda,
- voda – voda,
- vzduch – vzduch.

### Výhody a nevýhody daných druhů tepelných čerpadel

- Vzduch – voda
  - nejnižší pořizovací náklady, jednoduchá instalace, větší benevolence v umístění,
  - hlučnější, rozdíl výkonu v průběhu roku, velké výkyvy v létě a v zimě.
- Země – voda
  - tišší chod čerpadla, stabilní topný faktor,
  - má větší pořizovací náklady, příčinou je instalace plošných zemních kolektorů.
- Voda – voda
  - v průběhu roku má velmi vyrovnaný výkon, velká účinnost,
  - je zapotřebí studna, vrt, voda musí mít dostatečnou kvalitu a vydatnost.
- Vzduch – vzduch
  - odvlhčuje vzduch, po zapnutí, rychlý nástup tepla,
  - není vhodný jako hlavní zdroj topení, neslouží pro ohřev vody, vysušuje vzduchu, vytváří teplo, teplo rychle opadne [14] [15][16].



Obrázek 4 – Typy tepelných čerpadel [17]

## 3.2 Plynové kotle

Stále velmi oblíbený zdroj vytápění a ohřevu TUV jsou plynové kotle, je k tomu však zapotřebí plynové přípojky, která není všude zavedená. Nejčastějším palivem plynových kotlů je zemní plyn, může se ale objevit i bioplyn nebo propan-butan [19].

### Druhy plynových kotlů

Plynové kotle mají nejrůznější rozdělení, například podle umístění rozdělujeme stacionární a závěsné kotle, dále podle konstrukce jsou nejběžnější klasické plynové kotle a kondenzační plynové kotle.

Zde si uvedeme stručný popis výše rozepsaných typů kotlů:

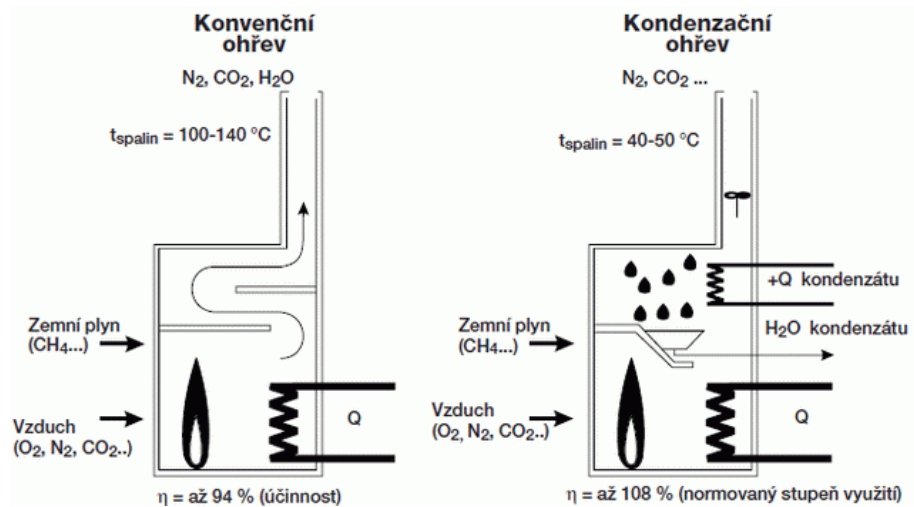
#### Umístění

- **Stacionární** – zařízení větších rozměrů umístěný na podlaze místnosti. Obvykle mívá větší výkon a používají se pro větší rodinné domy.
- **Závěsný** – je menších rozměrů než stacionární plynový kotel a má menší výkon. Lze ho pohodlně zavěsit i do menších prostor a používá se v bytových jednotkách a rodinných domech.

#### Konstrukce a proces spalování

- **Konvenční** – tyto plynové kotle se považují za starší, mají účinnost okolo 90 %. Na rozdíl od moderních kotlů neumí využít teplo ze spalin, které z kotle unikají pryč, ale pořizovací náklady jsou nižší.
- **Kondenzační** – vyznačují se vyšší účinností. Jejich výhodou spočívá ve využití kondenzace vodních par obsažených ve spalinách, které by jinak odešly komínem ven bez využití. Někdy se udává účinnost až 108 %, tato hodnota se používá pro

hodnotu výhřevnosti paliva, jinak se uvádí fyzikálně správná účinnost okolo 95 % a ta je počítána ze spalného tepla [18].

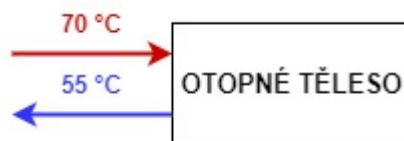


Obrázek 5 – Rozdíl mezi konvenčním a kondenzačním ohřevem [19]

#### Odvod spalin

- Nucený odtah spalin (Turbo kotle) – tyto kotle se již od roku 2015 na základě nařízení evropské unie nevyrábí a nebudou zde ani z tohoto důvodu popsány.
- Odkouření do komína – Z kotle je nataženo odkouření do komína nebo nad střechu [19][20].

Důležitý pojem u plynových kotlů je tepelný spád, což lze vysvětlit jako rozdíl teplot mezi dvěma místy. Jednotkou pro teplotní spád je 1 K, ale používají se i °C. Označení jako například 70/55 °C znamená, že teplota vody v přívodním potrubí je 70 °C a teplota vody ve vratném potrubí je 55 °C [19].



Obrázek 6 – Princip tepelného spádu

Možnosti, jaké vytápění lze použít jsou již nastíněné, avšak bez znalosti konkrétního objektu a jeho technických možností se rozhodovat nelze. Je třeba znát konkrétní situaci, například zda je zavedena plynová přípojka, ceny za elektrickou energii a zda je možné umístit tepelné čerpadlo. Proto se v následující kapitole zabývám technickým i konstrukčním popisem daného objektu.

## 4. Základní informace o zvoleném objektu

### 4.1 Obecná charakteristika

Objekt je samostatně stojící rodinný dům na severu Prahy. Z architektonického hlediska je navrhovaný objekt dvoupodlažní nepodsklepený s půdním prostorem a garáží. Objekt je zastřešen sedlovou střechou se sklonem střešní roviny min. 20°. Světlá výška přízemí je 2,9 m a prvního patra je 2,8 m. V přízemí se nacházejí tyto místnosti<sup>4</sup>: předsíň (0.1), šatna (0.8), chodba (0.2), obývací pokoj s kuchyní a jídelnou (0.3), pracovna (0.5) a 2x WC (0.6 a 0.7).

Rodinný dům a garáž je přístupný ze severní strany z přímo sousedící komunikace. V prvním patře se nachází chodba (1.1) vedoucí do 4 oddělených ložnic (1.2, 1.3, 1.4 a 1.5), do 2 koupelen s WC (1.6 a 1.8) a sauny (1.7), ze sauny je východ na horní terasu, což je prostor nad garáží.



Obrázek 7 – Současný vzhled rodinného domu

### 4.2 Klimatické podmínky

Klima neboli podnebí je dlouhodobí stav počasí a je odlišný pro jednotlivé části Země v závislosti na variabilitě stavů klimatického systému. Klimatické podmínky jsou velmi důležitou částí pro určování tepelných ztrát a vypočtení celkového výkonu potřebného pro vytápění. Klimatické podmínky lze určit pro konkrétní oblast pomocí dlouhodobého sledování a průměrování hodnot teploty vzduchu, oblačnosti, slunečního svitu, rychlosti a směru větru a atmosférických

---

<sup>4</sup> Každá místnost má svoje číslo pro lepší orientaci v excelových tabulkách a půdorysech.

srážek. Na základě těchto hodnot se určí venkovní návrhové<sup>5</sup> teploty pro výpočet tepelných ztrát budov [21].

Tabulka 1 – Klimatické podmínky meteorologické stanice Praha Kbely [22] [23]

Měsíc	průměrná teplota vzduchu (°C)	Teplota vzduchu podle TNI 73 0330 (°C)
leden	-1,4	-1
únor	0,8	1
březen	4,4	4
duben	9,6	9
květen	14,1	14,6
červen	17,6	17
červenec	19,4	18,2
srpen	19,1	18,8
září	14,5	13,8
říjen	9,3	9,4
listopad	4,4	4
prosinec	0,4	-0,5
zeměpisné údaje stanice	50,1232° SŠ 014,538° VD	
nadmořská výška stanice	284,5 m n. m.	
průměrná roční teplota	9,35 °C	
průměrné roční srážky	496 mm	
zeměpisné údaje objektu	50,151223° SŠ 014,445495° VD	
nadmořská výška objektu	302,69 m.n.m.	
<b>venkovní návrhová teplota</b>	<b>-13 °C</b>	
globální sluneční záření	1000 kWh/m <sup>2</sup>	

V tabulce číslo 1 je zvýrazněná, již zmíněná, venkovní návrhová teplota -13 °C brána z ČSN 73 0540 pro danou lokalitu Praha. Dolní Chabry, kde se objekt nachází, leží na severním okraji Prahy, z toho důvodu jsem se rozhodla použít hodnoty z meteorologické stanice Praha – Kbely, která je umístěna nejbližší k objektu.

Na základě stanovené venkovní návrhové teploty se dimenzují topné soustavy. Tato teplota je nejnižší průměr teplot měřených 5 dní za sebou na daném území. Je to z toho důvodu, že kdyby byla brána nejmenší naměřená teplota, byla by zbytečně předimenzovaná otopná soustava, nehledě na to, že existují určité akumulární schopnosti budovy, který vliv těchto extrémů eliminují [24].

### 4.3 Technické parametry

Objekt byl vystaven v roce 2001 jako novostavba. Vzhledem k nízkému stáří budovy nebyla nutná kompletní rekonstrukce, ale proběhlo zde několik stavebních a technických úprav.

<sup>5</sup> Někdy se označuje jako venkovní výpočtová teplota

Některé z těchto úprav nejsou zakresleny v původní projektové dokumentaci a budou označeny v příloze u konkrétního půdorysu.

Stavba je provedena z cihelných bloků Porotherm obložených Styrodurem<sup>6</sup> tl. 50 mm, opatřena tenkovrstvou štukovou omítkou vyztuženou sítí ze skleněných vláken. Střešní konstrukce je navržena z dřevěných sbíjených vazníků. Stropní konstrukce je z keramických panelů. Půdorysná plocha je 19,7 x 12,3 m. Okna jsou dřevěná konkrétně smrková s izolačním dvojsklem.

Na tepelnou izolaci stropu je použito Orsil<sup>7</sup> 200 mm, v podlaze přízemí je použit Styrodur tl. 60 mm. Izolace proti zemní vlhkosti je osazená na podkladním betonu a je tvořena hydroizolační folií Penefol tl. 1,5 mm, chráněnou po obou stranách netkanou textilií Netex.

Skladba konstrukcí je uvedena v příloze Př. E. 4.

Tabulka 2 – Geometrická charakteristika budovy

Plocha zdí celkem	435,21 m <sup>2</sup>
Plocha oken a dveří celkem	73,23 m <sup>2</sup>
Plocha podlah přízemí	125,78 m <sup>2</sup>
Vytápěný objem	556,606 m <sup>3</sup>

## 4.4 Vytápění rodinného domu

Vytápění je zajištěno topnou vodou z plynového závěsného kotle na zemní plyn, s nuceným oběhem, o tepelném spádu 70/55 °C. Kotel je v provedení turbo<sup>8</sup>, odkouření je provedeno nad střechu. Kotel značky Vaillant o nastaveném výkonu pro vytápění 12 kW je umístěn na chodbě v 1. patře vedle koupelny. Zásobník TUV o objemu 120 l je umístěn pod kotlem.

Potrubí pro rozvod topné vody je navrženo v systému Revel – Pex s izolací. Otopná tělesa jsou navržena desková Radik Ventik kompakt o stavební výšce 500 mm. Tělesa jsou opatřena termostatickou hlavicí Heimeier typu wk s ručním ovládním.

Regulace systému je zajištěna prostorovým termostatem vrt Pza (Vaillant) s týdenní programem. Systém větrání objektu je přirozený, tedy okny a tyto ztráty jsou započteny v tepelných ztrátách.

### Plyn

Plynovodní přípojka je napojena na středotlaký plynovodní řád v přílehlé komunikaci. Přípojka je přivedena k pilíři oplocení na hranici pozemku, kde je umístěn HUP a regulátor tlaku plynu společně s plynoměrem.

Plyn je odebírán od společnost Pražská plynárenská.

<sup>6</sup> Styrodur je extrudovaný polystyren, což je tepelná izolace s hladkým a rovným zpevněným povrchem, jeho další vlastnosti jsou: nenasákavost, odolnost vůči zemině, plísním, hmyzu a hlodavcům, vysoká pevnost v tlaku

<sup>7</sup> Izolace z čedičové vlny.

<sup>8</sup> Typy jednotlivých kotlů jsou popsány v kapitole 3.2.

## **Voda**

Vodovodní přípojka je napojena na stávající vodovodní řád v přilehlé komunikaci. Přípojka je navržena z Ipe o 32 mm v délce 13 m. Na pozemku u hranice je vystavěna vodoměrná šachta, v níž je umístěna vodoměrná souprava a přípojka je opatřena samostatným přípojkovým uzávěrem se zemní soupravou v místě napojení na veřejný vodovod.

## **Elektrická energie**

Objekt je napojen na rozvod NN v části obce z rozvodné skříně umístěné v ulici: stavební objekt má rozvody pro osvětlení, zásuvky a fotovoltaickou elektrárnu. Elektroměr je umístěn ve venkovním elektrickém rozvaděči v pilíři. Jistič je od 3x20 A do 3x25A.

Elektrická energie je odebírána od společnosti PRE s tarifem D02D.

## **Fotovoltaická elektrárna**

Fotovoltaická elektrárna s celkovým instalovaným výkonem 4,92 kWp je umístěna na střeše rodinného domu. Skládá se z 24 ks polykrystalických panelů rozdělené do 2 sekcí po 12 panelech zapojených do série. Panely jsou typu KYOCERA KD 205 GH-2P. Zdrojem energie pro výrobu elektřiny je sluneční záření, které je v instalovaných fotovoltaických panelech přeměněno na stejnosměrný elektrický proud. Ve střídači AC/DC je stejnosměrný elektrický proud přeměněn na jednofázový střídavý proud o kmitočtu 50 Hz, napětí 230 V. Proud je přes rozvaděč výroby převeden do domovního rozvaděče a dále do elektroměrového rozvaděče celého objektu. Fotovoltaická elektrárna je provozována pro vlastní spotřebu s prodejem přebytků do distribuční soustavy jako „Zelené bonusy“.

Pro základní představu o rodinném domu zde uvádím nejdůležitější hodnoty.

Tabulka 3 – Důležité hodnoty a parametry zvoleného objektu

<b>Typ objektu</b>	Rodinný dům
<b>Umístění</b>	Praha 8 – Dolní Chabry
<b>Rok výstavby</b>	2001
<b>Počet podlaží</b>	2
<b>Zastavěná plocha<sup>9</sup></b>	220 m <sup>2</sup>
<b>Obytná plocha<sup>10</sup></b>	231 m <sup>2</sup>
<b>Okna</b>	Tepelně izolační dvojsklo
<b>FVE</b>	4,96 kWp
<b>Počet osob</b>	3
<b>Společnost dodávající plyn</b>	Pražská plynárenská
<b>Společnost dodávající elektrickou energii</b>	PRE
<b>Tarif odběru elektické energie</b>	D02D
<b>Cena na kWh elektrické energie s DPH</b>	3,63 Kč
<b>Průměrná cena (průměr za 3 roky) na kWh elektrické energie včetně poplatků</b>	4,22 Kč
<b>Cena na kWh plynu</b>	0,94 Kč
<b>Průměrná cena (průměr za 3 roky) na kWh plynu včetně poplatků</b>	1,35 Kč
<b>Energie potřebná na rok</b>	17 MWh
<b>Orientace většiny výplní otvorů</b>	Jih
<b>Počet panelů FVE</b>	24 ks
<b>Ohřev teplé užitkové vody</b>	Ano, objem zásobníku 120 l

Ukázky faktur za elektřinu, plyn a také část smlouvy o platbách za vyrobenou elektřinu z obnovitelných zdrojů jsou uvedeny v elektronické příloze Př. E. 2, Př. E. 3 a Př. E. 5.

Typy možného vytápění i technické možnosti jsem definovala, je však ještě nutné znát samotný výkon tepelného zařízení. Ten jsem se rozhodla zjistit výpočtem tepelných ztrát podle kterých budu systém dimenzovat.

## 5. Výpočet tepelných ztrát

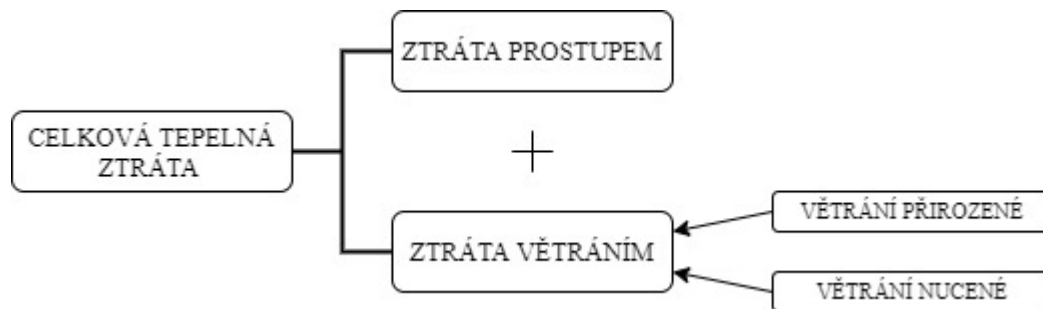
Tepelná ztráta je určena tepelným tokem unikajícím v daném okamžiku z domu do exteriéru a její výpočet je nezbytný pro návrh otopné soustavy objektu, tudíž i pro zajištění tepelné pohody obyvatel. Nejčastější postup výpočtu je pro každý vytápěný prostor zvlášť a skládá se ze 2 základních složek: ztráty prostupem tepla a ztráty větráním. Pro potřeby bakalářské práce je zde stručný přehled, více je možné nalézt v normě ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách.

---

<sup>9</sup> Plocha domu i s garáží.

<sup>10</sup> Plocha 1. a 2. patra k bydlení.





Obrázek 8 – Princip výpočtu tepelných ztrát

Celkový součet tepelných ztrát u vytápěných místností a prostor tvoří celkovou ztrátu daného objektu. Na základě tohoto výpočtu je možné určit výkon otopné soustavy. Tento údaj obsahuje i dokument PENB.

Celková tepelná ztráta  $\phi_i$  (W) lze vypočítat pomocí vzorce:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} - \phi_z \quad (3)$$

kde  $\phi_{T,i}$  (W) je součet tepelných ztrát prostupem stěnami a  $\phi_{V,i}$  (W) je součet tepelných ztrát větráním, to celé se snižuje o stále tepelné zisky  $\phi_z$  (W).

Pro potřeby dimenzování zdroje vytápění jsem počítala s tepelnými zisky z okolních místností s jinou teplotou a toto jsem již započítala v hodnotě tepelných ztrát prostupem tepla [25].

## 5.1 Tepelné ztráty prostupem tepla

Podle vzorečku:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (4)$$

kde  $H_{T,ie}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí,  $H_{T,iue}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) je měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor,  $H_{T,ig}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) je měrná tepelná ztráta do zeminy,  $H_{T,ij}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) je měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou,  $\theta_{int,i}$  ( $^{\circ}C$ ) je návrhová teplota vytápěného prostoru a  $\theta_e$  ( $^{\circ}C$ ) je návrhová venkovní teplota,  $i$  je index  $i$  určuje  $i$ -té teplosměnnou konstrukci tvořící obálku budovy na systémové hranici budovy, vypočítáme tepelné ztráty prostupem.

V následujícím textu upřesním výpočet jednotlivých měrných tepelných ztrát

### $H_{T,ie}$ ( $W \cdot K^{-1}$ ) – měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí.

Využívá se pro konstrukce na hranici vytápěného prostoru a exteriéru jako jsou stěny, dveře, okna, a další a tepelné mosty<sup>11</sup>. K výpočtu  $H_{T,ie}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) použijeme vzoreček, který se skládá ze 2 částí.

<sup>11</sup> Tepelný most, někdy se označuje jako tepelná vazba, je takové místo ve stavební konstrukci, ve kterém dochází k většímu a rychlejšímu průniku tepla z vnitřního prostředí do vnějšího.

První část lze napsat jako měrná ztráta prostupem konstrukcí dána vzorečkem:

$$H_{T,ii} = \sum(A_K \cdot U_K \cdot e_K) \quad (5)$$

Druhou část lze vyjádřit jako měrné ztráta prostupem přes tepelné mosty, dány vzorcem:

$$H_{T,ik} = \sum(\Psi_i \cdot l_i \cdot e_i) + \sum(X_i \cdot e_i) \quad (6)$$

přičemž součet těchto dvou vzorečků nám dá výsledné  $H_{T,ie}$ , dáno vzorcem:

$$H_{T,ie} = \sum(A_K \cdot U_K \cdot e_K) + \sum(\Psi_i \cdot l_i \cdot e_i) + \sum(X_i \cdot e_i) \quad (7)$$

kde  $e_K, e_i$  jsou korekční činitele zahrnující exponování<sup>12</sup>, klimatické podmínky (-),  $A_K$  je plocha teplosměnné konstrukce tvořící obálku budovy na systémové hranici budovy stanovená z vnějších rozměrů ( $m^2$ ),  $U_K$  je součinitel prostupu tepla k-té konstrukce ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ),  $l_i$  je délka lineárního tepelného mostu (m),  $\Psi_i$  je činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu, vazby (výpočet dle normy)

( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ),  $X_i$  je bodový činitel prostupu tepla (bodové tepelné vazby mezi konstrukcemi) (výpočet dle normy) ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ) a  $U_K$  je součinitel prostupu tepla konstrukce ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ).

Místo stanovení veličin  $\Psi_i$  a  $X_i$  z norem lze provést zjednodušený způsob, a tedy korekci součinitele prostupu tepla, který je dán vzorcem:

$$U_{KC} = U_K + \Delta U \quad (8)$$

kde  $\Delta U$  je korekční součinitel ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ) a  $U_{KC}$  je součinitel prostupu tepla po korekci ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )

Lze tedy napsat zjednodušený vzorec pro měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí. Což je možno napsat ve tvaru:

$$H_{T,ie} = \sum(A_K \cdot U_{KC}) \quad (9)$$

**$H_{T,iue}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) – měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor)** je dána vzorcem:

$$H_{T,iue} = \sum(A_K \cdot U_K \cdot b_U) + \sum(\Psi_i \cdot l_i \cdot b_U) \quad (10)$$

Kde druhá část vzorečku tedy  $\sum(\Psi_i \cdot l_i \cdot b_U)$  lze nahradit zjednodušeným vzorečkem číslo (8) napsaným výše. V uvedeném vzorci je  $b_U$  (-) součinitel redukce teploty a lze ho stanovit jako:

$$b_U = (\theta_{int,i} - \theta_u) + (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (11)$$

kde  $\theta_u$  je teplota v nevytápěném prostoru ( $^{\circ}C$ ).

<sup>12</sup> Závislost na umístění budovy a nadmořské výšce

### $H_{T,ig}$ ( $W \cdot K^{-1}$ ) – měrná tepelná ztráta do zeminy<sup>13</sup>

Podlahou v kontaktu se zeminou nebo zdí v kontaktu se zeminou, hodnotu můžeme určit podle normy nebo zjednodušeným způsobem vzorcem:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_K \cdot U_{equie,k}) \cdot G_W \quad (14)$$

kde  $f_{g1}$  je opravný součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty (1,45) (-),  $f_{g2}$  je opravný teplotní součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou (-),  $U_{equie,k}$  je ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou (s vlivem zeminy) ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ),  $G_W$  je opravný součinitel na vliv spodní vody. Je-li předpokládaná hladina méně než 1 m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se 1,15. Jinak je roven 1 (-) [25].

## 5.2 Tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním se vypočítají pomocí vzorce:

$$\Phi_{V,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (15)$$

kde  $H_{T,i}$  ( $W \cdot K^{-1}$ ) je měrná tepelná ztráta větráním,  $\Theta_{int,i}$  ( $^{\circ}C$ ) je návrhová teplota vytápěného prostoru,  $\Theta_e$  ( $^{\circ}C$ ) je návrhová venkovní teplota. Měrnou tepelnou ztrátu určíme jako:

$$H_{T,i} = V_{min,i} \cdot \rho \cdot c \cdot n_{min} = V_i \cdot 0,34 \quad (16)$$

kde  $\rho$  je hustota ( $kg \cdot m^{-3}$ ),  $c$  je měrná tepelná kapacita ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ),  $V_{min,i}$  ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ), je objem požadované výměny vzduchu z hygienických důvodů,  $n_{min}$  (-) je koeficient minimální výměny vzduchu podle normy na větrání,  $n_{min}$  jsem stanovila jako 0,3 dle normy ČSN EN 15665, norma na větrání [25][26].

Výpočet tepelných ztrát se zaobírá pouze externími podmínkami jako je venkovní a vnitřní teplota. Je-li však dům brán jako celek, ve kterém se vyskytují obyvatelé, kteří nějak žijí, používají nejrůznější spotřebiče, jako jsou počítače, lednice, televize nebo si večer svítí, vaří, a dokonce i sami topí, tak je dobré toto všechno vzít v potaz a zamyslet se nad těmito věcmi jako nad dalšími zdroji tepla.

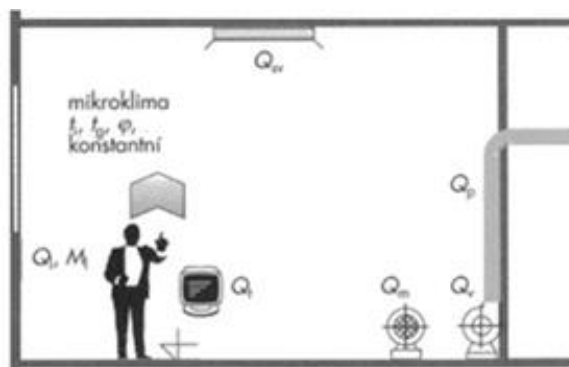
## 6. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Tepelné zisky se určují spíše pro navrhování chlazení, klimatizace nebo při možnostech větrání. Je však dobré je zmínit, protože mohou mít vliv i na příjem tepla. Tepelné zisky se určují jako součet dílčích zdrojů tepla uvnitř budovy, zohledňuje se i vzduch ohřátý mezi chladičem a klimatizovanou místností nebo odpařování vody z mokrých klimatizovaných povrchů. Dále se počítají tepelné zisky ze slunce, ty se nazývají jako solární zisky. U solárních zisků záleží

---

<sup>13</sup> Tato hodnota byla určena v sw. Protech

na natočení a umístění budovy ke slunci. Zde je ilustrativní obrázek, co všechno se může do tepelných zisků započítávat [27].



- $Q_{sv}$  – produkce tepla svítidel (J)
- $Q_l$  – tepelná produkce lidí (J)
- $Q_t$  – tepelná produkce záření (J)
- $Q_m$  – produkce tepla motorů (J)
- $Q_v$  – produkce tepla ventilátorů (J)
- $Q_p$  – tepelná produkce teplých povrchů (J)
- $M_1$  – produkce vodní páry lidí (kg)
- $t_{i,g}$  – vnitřní teplota a globeteplota ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\phi_i$  – relativní vlhkost vzduchu (-)

Obrázek 9 – Schéma složek vnitřní tepelné zátěže z [27]

Tepelné zisky mají pro zvolený objekt malý vliv, a proto je zde podrobněji nebudu uvádět a ani počítat. Na regulaci otopné soustavy nejsou potřeba a budu tedy počítat pouze s tepelnými ztrátami a pro dimenzování zdroje vytápění jsem počítala pouze tepelné zisky z okolních místností s jinou teplotou.

## 7. Tepelné ztráty objektu

Pro výpočet tepelných ztrát je na internetu možné najít řadu kalkulaček na přibližný výpočet. U těch nejjednodušších je nutné zadat lokalitu, průměrnou vnitřní výpočtovou teplotu, celkovou vytápěcí plochu objektu a průměrnou konstrukční výšku. Jsou však i sofistikovanější kalkulačky do kterých můžete zadat i jednotlivé parametry a typy konstrukcí, počet těsnících a netěsnících dveří. Je však nezbytné podotknout, že tyto výpočty jsou pouze orientační. Proto jsem se v této práci rozhodla počítat pouze s profesionálním programem Protech. Jak jsem již zmínila, program Protech není veřejně dostupný, přístup jsem získala od vedoucího práce.

Nejprve jsem se rozhodla zjistit jednotlivé součinitele prostupu tepla. K tomu bylo zapotřebí půdorysů přízemí a prvního patra a řezu domu. Do programu Protech jsem zadala jednotlivé parametry jako jsou tloušťka zdí, stropů a podlah, jejich skladba a zateplení. Výsledné vypočtené hodnoty z programu Protech jsem zanesla do tabulky s názvem Součinitel prostupu tepla v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení, hodnoty jsem nazvala podle dané konstrukce či skladby, takže například U K2, U strop nebo U SO1, apod.

Dále jsem vypsala návrhové teploty<sup>14</sup> jednotlivých místností, návrhovou teplotu venkovního vzduchu a země ( $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )<sup>15</sup>. Hodnoty pro přízemí jsou vypsány v tabulce Teplota přízemí v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení. Hodnoty pro první patro jsou uvedeny v tabulce Teplota 1. patro v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení.

<sup>14</sup> Návrhová teplota je teplota místnosti dána normou a přáním investora.

<sup>15</sup> Tyto teploty jsem vzala z normy ČSN 73 0540

Pro lepší přehlednost jsou uvedeny místní pracovní názvy místností jako je: obývací pokoj, pracovna, předsíň a také číselné označení jednotlivých místností, také pro lepší orientaci.

Tabulka 4 – Návrhové teploty

Přízemí	Označení místnosti	Návrhová teplota (°C)
Venek	0.0	-13
Země	0.z	-3
Obývací pokoj	0.3	22
Pracovna	0.5	18
Chodba	0.2	18
Koupelna	0.7	20
Chodba do pracovny	0.4	18
WC firemní	0.6	18
Předsíň	0.1	18
Šatna	0.8	18
Komora	0.10	10
Garáž	0.9	10

Pomocí návrhových teplot tabulky číslo 4, z rozměrů daných místností vyčtených z půdorysů a hodnot součinitelů prostupu tepla z tabulky Součinitel prostupu tepla v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení, jsem vypočítala ztráty prostupem z jednotlivých místností do okolních místností s jinou návrhovou teplotou, do země a ven. Zde uvádím pouze příklad pro jednu místnost a jen pro zdi, ostatní jsou uvedeny v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení.

Tabulka 5 – Výpočet tepelný ztrát, prostup tepla zdí v přízemí

Zdi přízemí	Číslo prostupu	Prostup z – do	Délka l (m)	Výška v (m)	Obsah celkový S (m <sup>2</sup> )	Obsah oken/dveří S <sub>a</sub> (m <sup>2</sup> )	Obsah zdí S <sub>z</sub> (m <sup>2</sup> )	Rozdíl teplot ΔΘ(K)	U zed' (W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> )	Φ zdi [W]
Obývací místnost	1	0.3–0.0	20,7	3,3	68,31	14,88	53,43	35	0,2	379,62
	2	0.3–0.5	5,4	3,3	17,82	4,41	13,41	4	0,61	32,72
	3	0.3–0.2	6,95	3,3	22,94	3,78	19,16	4	0,61	46,74
	4	0.3–0.10	3,45	3,3	11,39	1,89	9,5	12	0,2	23,13

Tabulky v příložené excelovské tabulce v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení jsou rozděleny na přízemí a první nadzemní podlaží. Dále se dělí na výpočet prostupu tepla zdí a podlah a také stropu. Při určování jednotlivých prostupů jsem zvolila variantu vypočítání celkového obsahu zdí pomocí součinu délky a výšky místnosti i s obvodovou zdí. Poté jsem podle plánu změřila zvlášť obsah dveří<sup>16</sup> a oken, z důvodu jiného součinitele prostupu tepla. Následoval výpočet rozdílu teplot, tedy zadaná teplota v místnosti mínus návrhová venkovní teplota. Poslední krok byl výpočet výsledné tepelné ztráty okny/dveřmi a zdi. Tepelná

<sup>16</sup> Výška dveří byla brána včetně dveřního rámu podle normy 73 0540 a je tedy určena na 2,1 m

ztráta okny/dveřmi a zdi se počítala stejně, ale s jiným součinitelem prostupu tepla. Výpočet obsahoval součin obsahu oken/dveří, zdí, dále rozdíl teplot, a nakonec příslušný součinitel prostupu tepla. Výsledné tepelné ztráty jsem sečetla nejprve jednotlivě pro dané sekce, a nakonec jsem udělala celkový součet. Tento celkový výkon vyšel na 6889 W, ale je nutné podotknout, že tento výpočet, je pouze pro celkový výkon bez větrání.

Při výpočtu tepelných ztrát větráním jsem vypočítala objem místností a ten znásobila konstantou 0,34. Výsledný součin dal za výsledek měrné tepelné ztráty větráním a ty už jsem jen vynásobila rozdílem teplot v místnosti a venkovní návrhovou teplotou. Takto jsem pokračovala u všech místností, kde se vyskytují okna a dveře a probíhá zde větrání . Například chodba (číslo místnosti 2) sice má okno, ale větrání zde neprobíhá, z toho důvodu jsem tuto ztrátu větráním zanedbala.

Tabulka 6 – Výpočet tepelných ztrát větráním v přízemí

Přízemí	Číslo místnosti	Objem místností (m <sup>3</sup> )	Konstanta c.ρ	Měrná tepelná ztráta větráním H <sub>T,I</sub> (W)	Tepelná ztráta větráním Φ <sub>V,i</sub> (W)
Obývací pokoj	0.3	154	0,34	52,39	1833,52
Pracovna	0.5	98	0,34	33,28	1031,60
WC	0.6	4,8	0,34	1,65	51,05
Předsíň	0.1	23	0,34	7,81	242,08

V tabulce 6 uvádím tepelné ztráty pouze pro přízemí. Ostatní data jsou v tabulce 1.patro v elektronické příloze Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení. Součet všech tepelných ztrát v přízemí a v 1. patře dá celkové výsledné ztráty větráním bez výměny vzduchu. Tento výsledek byl vynásoben konstantou 0,3, která zahrnuje i výměnu vzduchu. Celkový výsledek ztrát větráním je 1851 W.

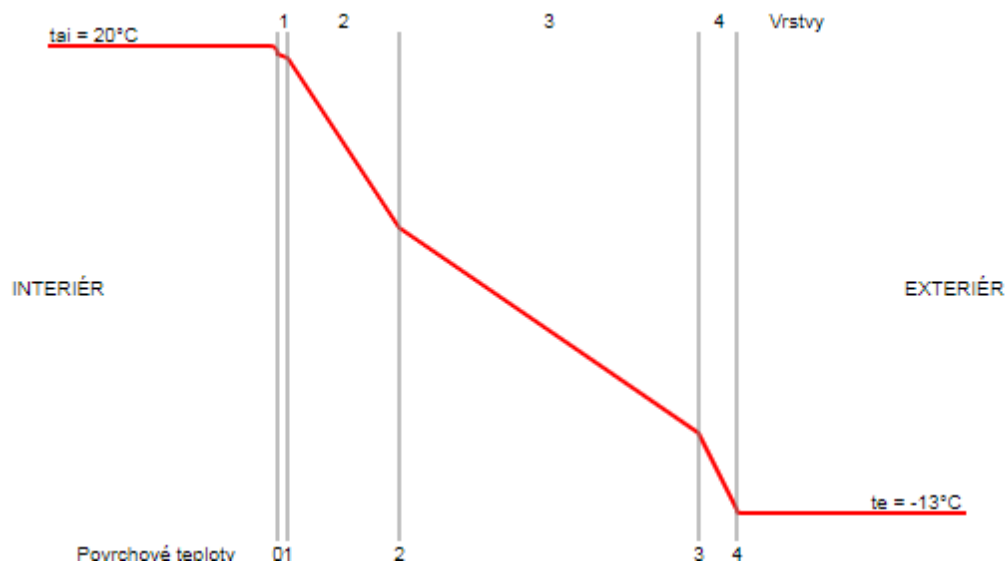
Sečtením celkových ztrát prostupem tepla a celkových ztrát větráním dostanu hodnotu celkových tepelných ztrát.

<b>CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA<sup>17</sup></b>	<b>9 000 W</b>
--	----------------

Tato hodnota je stěžejní pro určení výkonu systému vytápění. Od této hodnoty se bude odvíjet mé rozhodování.

Pro lepší představu, jak jednotlivé vrstvy zdi zamezují úniku tepla, zde přikládám graf 1. Je patrné, že konstrukce s nižší tepelnou vodivostí se vyznačuje větším tepelným spádem.

<sup>17</sup> Celková tepelná ztráta je zaokrouhlená na celé W



Graf 1 – Graf průběhu teplot v konstrukci zdi s dodatečnou izolací v dětském pokoji [28]

Číslo konstrukce

1. Sádrokarton, tl. 12 mm
2. Minerální vlna, tl. 150 mm
3. Porotherm 40, tl. 400 mm
4. Styrodur, tl. 50 mm

## 8. Varianty zdroje vytápění

Výše jsem vypsala všechny aspekty, podle kterých je možné udělat rozhodnutí pro konkrétní typ vytápění, zohledňuji zde i lidský faktor, určité potřeby a pohodlnosti užívání. Z toho důvodu byl zamítnut, po domluvě s investorem, kotel na tuhá paliva i s automatickým příkládáním, tato technika není dostatečně komfortní. Dále jsem se rozhodla vynechat infrapanely a teplovzdušné vytápění z důvodu potřeby ohřevu teplé užitkové vody, což infrapanely ani teplovzdušné vytápění nezajistí. Výsledná zařízení, se kterými jsem rozhodla dále pracovat a budou pro vytápění nejvhodnější jsou konvenční typy vytápění a konkrétně:

- plynový kotel,
- tepelné čerpadlo.

Tyto dvě varianty byly zvoleny mimo jiné i z důvodu jednoduché obsluhy. Plynový kotel sice potřebuje plynovou přípojku, tu však objekt vzhledem k dosavadnímu používání plynového kotle má. U tepelného čerpadla, při špatném umístění by mohl být problém s hlukem. Řešením by byla instalace dál do obytných místností, což je vzhledem k prostorovému umístění možné.

### 8.1 Výběr typu tepelného čerpadla

Z variant vzduch – voda, země – voda, voda – voda, vzduch – vzduch, můžu hned vyloučit variantu vzduch – vzduch, tento typ čerpadla nesplňuje požadavky na vytápění vodou a ohřev

teplé vody, zbylé 3 varianty vodu sice ohřívají, ale pro čerpadlo voda – voda je nezbytný vrt a podzemní voda, která se v daném místě v potřebné hloubce nenachází. Můžu tedy vybírat ze dvou variant vzduch – voda a země – voda. Při instalaci tepelného čerpadla země – voda, je zapotřebí plošných kolektorů do půdy, takovéto čerpadlo by bylo sice účinnější, ale protože je zde již vybudovaná zahrada a investor si nepřeje do ní, jakkoliv zasahovat, tak zemní kolektory také nepřipadají v úvahu. Z toho vyplývá nejjednodušší varianta, a tedy tepelné čerpadlo vzduch – voda.

## 8.2 Výběr typu plynového kotle

Výběr kotle není tak složitý, investor si přeje podobný typ, co už se v domácnosti nachází, takže jsme se zaměřila na závěsné kondenzační kotle s odkouřením nad střechu.

## 8.3 Poptávka

Po rozhodnutí, jaký typ tepelného vytápění by byl nejvhodnější, jsem poptala tři tepelná čerpadla a plynové kotle. Výběr firem a předběžný výběr produktů jsem konzultovala na mezinárodním odborném veletrhu Aquatherm Praha 2020. Zde jsem s investorem vybrala 3 nejzajímavější firmy, které nabízejí jak tepelná čerpadla, tak plynové kotle.

- Vaillant Group Czech s. r. o.
- Bosch Termotechnika s. r. o.
- Viessmann, spol. s. r. o.

Investor požaduje systém na vytápění a zároveň na ohřev teplé vody. Z tohoto důvodu je potřeba počítat i s rezervou výkonu na teplou vodu. Na základě komunikace s obchodními specialisty na topná zařízení jsme zvolili ideální výkon pro plynový kotel od 10 do 13 kW a pro tepelné čerpadlo od 8 do 11 kW. Tepelné čerpadlo bude sloužit k ohřevu teplé vody v zásobníku, která bude dále rozvedena do topného systému, z toho důvodu je topný výkon 8 kW dostačující. Tepelný spád je volen vyšší vzhledem ke kombinaci topných těles a podlahového vytápění. Jmenovitý výkon se liší i v závislosti teplotního spádu. Plyn je použit i na vaření.

Na základě poptávky mi oslovené firmy poslaly cenové nabídky na konkrétní typy plynových kotlů:

- Viessmann, spol. s. r. o.
  - Vitodens 200-W, regulace Vitotronic 100, Typ HC1B 12-49 kW 1
- Vaillant Group Czech s. r. o.
  - Vaillant VU 206/5-5 ecoTEC plus +VIH R120
- Bosch Termotechnika s. r. o. – poslal 4 varianty na výběr
  - ZSB 14-3 CE + WD 120 B
  - ZSB 14-1 DE + WST 120-50
  - GC 2300iW 15 P + WST 120-50



- ZSBR 16-3 E + WD 120 B

a tepelných čerpadel:

- Viessmann, spol. s. r. o. – 2 varianty
  - Vitocal 200-S AWB-E 201.D, typ D10, 10,09 kW
  - Vitocal 100-S AWB-E101.A16
- Vaillant Group Czech s. r. o.
  - aroTHERM SPLIT VWL 105/5
- Bosch Termotechnika s. r. o. – 2 varianty
  - Compress 7000i AW 9 ORM
  - Compress 7000i AW 9 ORE

V cenové nabídce firmy zahrnuly i přibližnou cenu za montáž, použitý materiál a celou instalaci. Tyto ceny jsou ovšem jen orientační, ale přesto s nimi budu počítat, aby byl výsledek co nejbližší realitě.

## 8.4 Unifikace cenových nabídek

### Plynové kotle

**Viessmann Vitodens 200-W** – obchodník mi nabídl předdimenzovaný kotel Vitodens 200-W o výkonu 27,7 kW při tepelném spádu 80/60 °C, proto jsem se rozhodla ho požádat o cenovou nabídku, kde jsem zvolila stejný typ kotel s nižší účinností, a tedy s účinností 12,3 kW při tepelném spádu 80/60 °C. Cena původního kotle byla 66 460 Kč bez DPH a cena kotle s nižší účinností je 64 060 Kč bez DPH, v nabídce je původní cena, ale pro výpočty počítám s nižší. Tato nová cena je v elektronické příloze Př.E.1.a – Plynové kotle.

**Vaillant VU 206/5-5 ecoTEC plus** – dostala jsem velmi podrobnou nabídku, kde jsem jednotlivé rozepsané položky sepsala podle stejného vzoru jako byla nabídka od firmy Viessmann, tedy na položky montáž, materiál pro montáž a uvedení do provozu. V elektronické příloze Př.E.1.a – Plynové kotle jsou tyto položky podrobněji rozepsány.

**Bosch Termotechnika s. r. o.** – tato firma mi nabídla 4 různé kotle s různými parametry a rozdílnou cenou. Pro všechny kotle byla nabídnuta stejná cena za montáž a materiál. Materiál byl rozepsán podle jednotlivých položek. Proto jsem počítala se stejnou cenou za materiál a za montáž, ale s různou cenou za plynový kotel.

### Tepelná čerpadla

Z důvodu nejednotnosti cenových nabídek jsem u některých tepelných čerpadel musela zahrnout i bojler, který nebyl v cenové nabídce zahrnut. Všechny změny jsou v nabídkách přepočítány a uvedeny v je v elektronické příloze Př.E.1.b – Tepelná čerpadla.

**Bosch ORM:** Pro tepelné čerpadlo ORM je počítáno i integrovaným 190 l zásobníkem teplé vody pro vytápění, v ceně není zahrnut bojler, který volím s objemem 120 l: Regulus RGC 120 H včetně izolace s cenou 11 500 Kč bez DPH.

**Bosch ORE:** V nabídce není obsažen zásobník na teplou vodu na vytápění, obchodník mi připočítal externí zásobník 200 l za 25 200 Kč bez DPH, což je uvedeno v cenové nabídce, není zde však uveden bojler, který volím také Regulus RGC 120 H včetně izolace s cenou 11 500 Kč bez DPH.

Cena bojleru je k oběma variantám připočtena.

**Viessmann 100:** V cenové nabídce je zahrnuta 300 l akumulární nádrž a byl zde zahrnut i boiler regulus 300 l za 17 400 Kč bez DPH, což je pro naše potřeby moc velké, proto jsme se rozhodla vyměnit tento boiler za menší a tedy za zásobník Regulus RGC 120 H včetně izolace s cenou 11 500 Kč bez DPH. Jako u předchozích variant, původní cena bude z nabídky odečtena a přičtena cena za nový, menší bojler.

**Viessmann 200:** v ceně materiál pro montáž je zahrnut bojler o objemu 250 l REGULUS RDC 250 za 17 200 Kč bez DPH, stejně jako u předchozí varianty jsme se rozhodla tento bojler nahradit menším, opět volím zásobník Regulus RGC 120 H včetně izolace s cenou 11 500 Kč bez DPH. Akumulární nádrž je zde stejná, tedy 300 l jako u předchozí varianty.

**Vaillant:** V ceně tepelného čerpadla je zahrnuta cena za 300l zásobník na teplou vodu pro vytápění, chybí zde však cena za bojler, kterou obchodník vůbec nezmínil. Určuji zde tedy opět stejný bojler tedy Regulus RGC 120 H včetně izolace s cenou 11 500 Kč bez DPH. Tato cena je přičtena k cenové nabídce.

## 8.5 Porovnání technických parametrů

### Plynové kotle

U plynových kotlů není porovnání parametrů složité, je zde méně vstupních hodnot a jsou poměrně jasné. Nejdůležitější u plynových kotlů je výkon, ze kterého se odvíjí spotřebované množství plynu, dále tepelný spád a životnost. Tepelný spád jsem zvolila vyšší vzhledem ke kombinaci topných těles a podlahového vytápění. A brala jsem v potaz i původně volený tepelný spád z technické zprávy, který byl 70/55 °C.

### Tepelná čerpadla

U tepelných čerpadel jsou tyto parametry složitější. Za nejdůležitější parametry považuji topný výkon a topný faktor. Při využití tepelného čerpadla jako klimatizace se uvádí i koeficient energetické účinnosti.

## Topný výkon

Topný výkon tepelných čerpadel je lepší porovnávat v parametrech A-7/W35, tento údaj ukazuje teplotu vzduchu vstupující do výparníku  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  a teplotu otopné vody z kondenzátoru  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na rozdíl od údaje A7/W35, údaj A-7/W35 udává výkon i v zimním období což je pro posouzení topného výkonu více vypovídající a při  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  pracují na plný výkon i tepelná čerpadla s frekvenčně řízeným kompresorem a lze je tedy lépe porovnat s čerpadly bez frekvenčního řízení [29].

## Topný faktor COP (Coefficient of Performance)

Topný faktor se mění v závislosti na ročním období, tj. na teplotě. Při teplotách od  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  dodává tepelné čerpadlo nejvíce energie, v tomto provozním režimu pracuje čerpadlo nejdéle, proto je dobré volit COP v rozmezí těchto teplot. Topný faktor při  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  tedy A7/W35 nezahrnuje odtávání a znevýhodňuje tepelná čerpadla s inteligentním systémem tohoto odtávání. Z těchto důvodů je nejlepší pro porovnání parametrů tepelných čerpadel vzít hodnoty uvedené u A2/W35, nehledě na to, že tento údaj jsou všichni výrobci povinni uvádět [29].

Výrobce uvádí někdy větší COP až například 5,01 jako v mém případě firma Viessmann, není to lživý údaj, je to ta hodnota, která se udává s podmínkou právě A7/W35 a je potřeba si na to dávat pozor, je to spíše marketingový tah. S větším COP by byl celkový odběr energie ze sítě menší a tím pádem bychom předpokládali menší náklady [29].

## Koeficient energetické účinnosti EER (Energy Efficiency Ratio)

EER je takzvaný chladicí faktor, čím vyšší tento koeficient, tím větší je i účinnost klimatizace a nižší náklady na vytápění. Hodnota EER se pohybuje od 2 do 4 [30]

Tabulka 7 – Standardní, normované podmínky pro jednotlivé druhy tepelných čerpadel [31]

Vzduch-voda	A2/W35	Teplota vzduchu na vstupu do výparníku $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota otopné vody z kondenzátoru $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
Země-voda	B0/W35	Teplota solanky na vstupu do výparníku $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota otopné vody z kondenzátoru $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
Voda-voda	W10/W35	Teplota vody na vstupu do výparníku $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota otopné vody z kondenzátoru $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 9. Ekonomická část

Rozhodování kam a kolik vložit peněz bývá pro investora velmi důležité. Je snadné říct, že chceme co nejvíce ušetřit, a tak vezmeme na první pohled nejlevnější variantu, to ale často může být chyba. Při takovýchto investicích jako jsou investice do nové otopné soustavy je důležité zohlednit soustavu faktorů jako jsou: účinnosti zařízení, jejich životnost, náklady na údržbu, počáteční investice ale také komfort jejich využívání. Pro taková rozhodnutí se nejvíce nabízejí kritéria pro výběr investic. Máme hned několik typů: absolutní, relativní, uvažující časové rozložení hotovostního toku a neuvažující časové rozložení hotovostního toku. V této práci jsme pracovala s nejběžnějšími kritérii NPV - čistá současná hodnota (z anglického Net Present Value) a RCF roční ekvivalentní peněžní tok. [32]

Následující část je věnována popisu těchto kritérií a dalším ekonomickým výrazům jako je diskontní sazba, CF nebo kumulované DCF, které jsou podstatné pro závěrečné vyhodnocení.

### 9.1 NPV – čistá současná hodnota

Jak již bylo řečeno NPV je zkratka z anglického Net Present Value, český význam pro tuto zkratku je čistá současná hodnota a je dána vzorečkem:

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

Kde  $CF_t$  je peněžní tok<sup>18</sup> v daném čase  $t$ ,  $r$  představuje diskontní sazbu<sup>19</sup>, a označení  $T$  je životnost projektu [33].

NPV je rozdíl mezi současnou hodnotou peněžních toků a současnou hodnotou peněžních toků v průběhu časového období. Jinými slovy to je současná hodnota budoucí investice. Nevýhodou tohoto kritéria je, že závisí na diskontu, který je nutno správně zvolit. Porovnávané varianty musí mít stejnou životnost, dobu  $T$ . Pro investici se rozhodnu, když NPV bude nula nebo kladné, jestliže budu mít více investic s kladným NPV, rozhodnu se pro tu, která má NPV maximální [32] [34].

#### Diskontní sazba, diskontování a inflace

Diskont je cena ušlé příležitosti, představuje časovou hodnotu peněz a lze použít i anglický název opportunity cost [32].

Před výpočtem NPV je nutné uvážit, zda se bude pracovat ve výpočtech s reálným diskontem (reálná hodnota je očištěná od inflace), nebo s uvážením inflace a s vývojem cen či nikoliv. Inflace má vliv na míru výnosu, znehodnocuje ho, je to vzrůst cenové hladiny, ztráta kupní

---

<sup>18</sup> Anglicky Cash Flow, proto zkratka CF

<sup>19</sup> Diskont zahrnuje riziko a časovou hodnotu peněz

síly peněz. Měří se podle indexů, které se určují z pohledu například výrobce (PPI), spotřebitele (CPI) nebo celé ekonomiky (deflátor) [34].

Vzhledem k zásadnímu vlivu inflace na cenu jsem se rozhodla pracovat s nominální hodnotou, která inflaci zahrnuje. Míru inflace jsem určila podle inflačního cíle České národní banky na 2 %. A výši nominálního diskontu určuji odhadem na 3 % [35] [36].

## 9.2 CF – peněžní tok

Cashflow vypovídá o schopnosti podniku generovat peníze, je to přehled o peněžních tocích, pohyb finančních prostředků. Cash flow určujeme 2 způsoby přímou a nepřímou metodou, obě tyto metody rozlišují 3 oblasti činnosti podniku: provozní cashflow, investiční cashflow a finanční cashflow [37].

## 9.3 RCF – roční ekvivalentní peněžní tok

Roční ekvivalentní peněžní tok se používá pro porovnání projektů se shodným rokem investice, ale různou dobou životnosti. Jde o čistou současnou hodnotu (NPV) vynásobenou anuitou, tímto krokem je zapříčiněno, že se diskontované peněžní toky rozdělí do jednotlivých let po celkovou dobu životnosti projektu. RCF je dáno vzorcem:

$$RCF = NPV \cdot \frac{q^T \cdot (q - 1)}{q^T - 1}$$

Kde T je doba životnosti projektu,  $q = (1+i)$  a i je roční úroková míra (v tomto případě to nazýváme diskont). RCF chceme co nejnižší [38].

### Anuita

Je investice, ze které plyne stejný, rovnoměrný proud hotovostních toků daný po omezený počet časových intervalů. Jinými slovy je to stálá platba hrazená v pravidelných časových intervalech a zohledňuje časovou hodnotu peněz [39].

## 9.4 DCF – diskontovaný peněžní tok (discounted cash flow)

DCF je založeno na časové hodnotě peněz. Jsou to budoucí hotovostní toky vynásobené diskontním faktorem, tímto krokem získáme současnou hodnotu. NPV je DCF + počáteční investice [39].

### Kumulované DCF

Kumulované DCF je získáno postupným součtem diskontovaných peněžních toků za dobu života projektu. K hodnotě investice je přičteno DCF z 1. roku, k této hodnotě je pak přičteno DCF z 2. roku a takto výpočet pokračuje až do doby, kdy je součet kladný. Tento moment udává diskontovanou dobu návratnosti, jestliže jsou takto postupně sečteny všechny hodnoty za dobu projektu, tak poslední číslo dá totožné číslo jako je vypočítané NPV. Tento postup

je s NPV úzce svázaný a říká, za jak dlouho bude NPV kladné, a tedy jak dlouho by měl být daný projekt provozován [40].

## 9.5 Dotace

Dotace je finanční pomoc, dar, poskytnutý z veřejných rozpočtů. Dotace se považuje za obecný zájem veřejnosti a je udělována na podporu sociálního dobra nebo hospodářské politiky [41].

V problematice výměny topného tělesa existuje možnost výběru ze 3 současných dotačních programů:

- Nová zelená úsporám
- Kotlíková dotace
- Program Čistá energie Praha

Tyto dotace vznikly především na podporu snižování energetické náročnosti budov, environmentálně šetrné způsoby vytápění a instalaci obnovitelných zdrojů energie. Hlavní cíle těchto programů jsou snížit emise znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší ze starých kotlů, snížit produkci skleníkových plynů, především CO<sub>2</sub> a zvýšit kvalitu bydlení občanů ČR [42] [43].

### Nová zelená úsporám

Poskytuje dotace na výměnu elektrického vytápění za systém s tepelným čerpadlem nebo na výměnu lokálních topidel jako je kotel na biomasu nebo kamna, používaná jako hlavní zdroj tepla na vytápění. Bohužel tuto dotaci také nelze využít pro účel tohoto projektu, na plynové kotle se nevztahuje. [42]

### Kotlíková dotace

Kotlíková dotace je určena na výměnu neekologických kotlů na tuhá paliva s ručním příkládáním. Z toho je zřejmé, že se na výměnu starého plynového kotle nevztahuje a nemůžeme ji tedy použít, z toho důvodu zde nebude blíže popsána [43].

### Program Čistá energie Praha

Tato dotace běžela od 1.9.2018 do 30.8.2019. Byla určena fyzickým osobám s občanstvím členského státu EU a bytovým družstvům, družstvům a společenstvím vlastníků, jednotek se sídlem na území ČR.

Dotaci bylo možné získat na výměnu ekologického topného systému tepelným čerpadlem<sup>20</sup>. Ekologickým topným systémem se rozumí: plynový kotel, kotel na biomasu a elektrokotel. Dále se dotace vztahovala na rekonstrukci plynového vytápění ve prospěch zdrojů s vyšší

---

<sup>20</sup> Bod b) ve článku A. 3. odstavec Na co lze získat dotaci.

energetickou účinností, tedy výměna starého plynového kotle na nový elektrický nebo kondenzační kotel<sup>21</sup>. Výše dotací je uvedena v tabulce číslo 8. Program obsahuje i další body na co se dotace vztahuje, avšak pro tuto práci nemají význam a nebudu je zde tedy uvádět [44].

Na stránkách Portál životního prostředí hlavního města Prahy je uvedeno, že informace o pokračování Programu Čistá energie Praha budou zveřejněny během prvního čtvrtletí roku 2020, bohužel tato informace uveřejněna zatím nebyla a po telefonátu s kontaktní osobou bylo řečeno, že se s dotací počítá, jen není prozatím ujasněno datum vyhlášení tohoto programu pro rok 2020. Z toho důvodu jsem se rozhodla vytvořit další výpočet, který tuto dotaci obsahuje a výši dotace byla brána stejná jako pro rok 2019.

Tabulka 8 – Program Čistá energie Praha 2019 [44]

	Projekt dle článku A. odst. 3	Nový tepelný zdroj		Maximální výše dotace	Omezení z pohledu doložených nákladů
a)	Náhrada ekologického topného systému tepelným čerpadlem	Tepelné čerpadlo		90 000 Kč	max. 50 %
g)	Rekonstrukce plynového vytápění ve prospěch zdrojů s vyšší energetickou účinností	Plynový kotel, elektrický kotel	1–3 bytové jednotky	20 000 Kč	max. 50 %

## 10. Výběr konkrétního typu vytápění

### 10.1 Plynový kotel

Přepočty spotřeby plynu a spotřeby elektrické energie jsou uváděny v kWh, MWh.

V nabídce jsem dostala 6 plynových kotlů od 3 firem. Všechna uvedená data jako účinnost, investiční náklady, životnost a další jsou čerpány z konkrétních nabídek nebo dohledány na internetových stránkách a v prospektech nebo určeny přímo obchodními zástupci. Od firmy Bosch Termotechnika s. r. o. jsem dostala na výběr ze 4 variant s různými parametry, z nich jsem se rozhodla vybrat jen jeden. Montáž, materiál pro montáž i uvedení do provozu byla u všech variant napočtená stejně, rozhodovala jsme se tedy jen podle parametrů a ceny kotle ve kterém byla pro všechny varianty zahrnut i příslušný 120 l zásobník hodící se k dané soupravě.

<sup>21</sup> Bod g) ve článku A. 3. odstavce Na co lze získat dotaci

Tabulka 9 – Rozhodování mezi plynovými kotly Bosch Termotechnika s.r.o.

Číslo varianty	1	2	3	4
Varianta plynového kotle	ZSB 14-3 CE + WD 120 B	ZSB 14-1 DE + WST 120-5O	GC 2300iW 15 P + WST 120-5O	ZSBR 16-3 E + WD 120 B
Účinnost kotle (%)	93	93	93	93
Energie potřebná na rok (MWh)	17	17	17	17
Investiční náklady po slevě bez DPH (Kč)	47 855	43 032	42 680	56 015
Životnost (let)	20	20	20	20
Jmenovitý tepelný výkon (kW)	13	14	15	20
Tepelný spád (°C)	80/40	50/30	50/30	80/60

Energie potřebná na rok je vypočítaná z faktur jako průměrná spotřeba plynu za 3 roky vynásobená účinností 0,75 starého plynového kotle podle normy.

Jak jsem již psala výše tepelný spád je volen vyšší (tepelný spád původního plynového kotle je 70/55 °C) vzhledem ke kombinaci topných těles a podlahového vytápění. Z tohoto důvodu jsem vyloučila variantu 2 a 3. Zbylé 2 varianty jsem porovnávala podle výkonu a ceny. U 4 varianty je vidět, že jmenovitý tepelný výkon má 20 kW a je za vyšší cenu, tento typ plynového kotle je zbytečně předimenzovaný, proto jsem se rozhodla vybrat variantu číslo 1.

Další postup byl porovnat jednotlivé plynové kotle od všech firem. Z dostupných dat jsem vypočítala spotřebovanou energii za rok, roční náklady a RCF celé investice, viz tabulka číslo 10.

Data o účinnosti kotlů jsou z technických listů [47] [48] [50] [51] [52] [53]. Investiční náklady jsou vypočítány z nabídek od obchodníků. V těchto hodnotách jsou zahrnuty ceny zařízení, ceny za montáž, za materiál a za uvedení do provozu, včetně slev od obchodníků. Informace o životnosti jsem získala od obchodníků. Jmenovitý tepelný výkon a tepelný spád jsou opět z technických listů [47] [48] [50] [51] [52] [53]. Spotřebovaná energie za rok je vypočítaná z množství potřebované energie na rok vynásobená 100/účinností. Množství potřebné energie za rok je určeno z faktur za roky 2016–2018 jako průměr spotřebované energie (plynu), dále je tato hodnota vynásobena účinností dosavadního plynového kotle tedy 75 % (tato hodnota je brána z norem). Roční náklady jsou vypočítané jako množství spotřebované energie (plynu) krát průměrná cena za energii i za služby včetně DPH, tedy 1,35 Kč/MWh. RCF investic jsem počítala podle vzorce pro výpočet RCF uvedeném výše. V tomto výpočtu pracuji s investičními náklady, životností a hodnotou diskontu. Tyto hodnoty RCF nejsou finální a jsou použity pouze pro rozhodnutí jaký typ plynového kotle je nejlepší a později bude počítáno s dalším RCF zahrnující i poplatky za údržbu a inflaci. Hodnotu diskontu jsem určila na 3 %.



Tabulka 10 – Výpočet RCF kotlů od jednotlivých firem.

	Účinnost kotle (%)	Investiční náklady s DPH po slevě (Kč)	Životnost (let)	Jmenovitý tepelný výkon (kW)	Tepelný spád (°C)	Spotřebovaná energie za rok (plyn)(MWh)	Roční náklady s DPH(Kč)	RCF investice do kotle bez údržby (Kč)
<b>Viessmann</b>	98	135 072	20	12	80/60	17	22 683	-31 762
<b>Vaillant</b>	94	106 934	15	12	80/60	18	23 648	-32 606
<b>Bosch</b>	94	101 456	20	13	80/40	18	24 331	-31 151

RCF jsme použila jednak z důvodu, že jsou různé doby životnosti a také kvůli tomu, že tato hodnota vyjadřuje diskontované peněžní toky rozdělené do jednotlivých let po celkovou dobu životnosti projektu. Víme tedy kolik přibližně bude daný projekt investora ročně stát. Z toho plyne, že hodnota RCF by měla být co nejmenší, aby investor platil co nejméně. Z těchto výpočtů je tedy zřejmé, že výběr plynového kotle od firmy Bosch Termotechnika s.r.o., konkrétně typ **ZSB 14-3 CE + WD 120 B** cenou 47 855 Kč bez DPH a s ročním ekvivalentním cashflow - 31 151 Kč s DPH, bude nejvýhodnější.

Hodnota RFC zde nezahrnuje cenu za údržbu, tyto hodnoty jsou pro všechny plynové kotle stejné. Hodnota RCF je tedy pouze orientační nikoliv konečná, slouží pouze pro výběr nejvhodnějšího tepelného čerpadla

## 10.2 Tepelné čerpadlo

Nabídku tepelných čerpadel jsem musela upravit z důvodů jinak naceněných jednotlivých typů a chybějících bojlerů. Od 3 firem jsem obdržela celkem 5 nabídek na tepelná čerpadla. Vzhledem k jejich velké podobnosti (někde je rozdíl jen ve starší a novější verzi) jsem se rozhodla porovnat všechna tato tepelná čerpadla najedou.

Tepelná čerpadla jsem posuzovala podle parametrů uvedených dříve v předchozích kapitolách. Hodnoty COP A2/W35 a topný výkon A-7/W35 jsem vyčetla z technických listů [45] [46] [49] [54] [55]. Investiční náklady s DPH po slevě jsou z nabídek od investorů, kde je v nabídce zahrnut zásobník na vodu, venkovní jednotka, bojler, kompresor a další jednotky pro instalaci, dále cena za montáž, materiál za montáž a uvedení do provozu. Životnost byla stanovena od všech obchodníků na 20 let. Skutečný odběr ze sítě je počítán jako energie spotřebovaná na rok v kWh vydělená hodnotou COP. Energie spotřebovaná na rok je určena z faktur za roky 2016 – 2018 jako průměr spotřebované energie, dále je vynásobena účinností dosavadního plynového kotle tedy 75 % (tato hodnota určena normami). Roční náklady s DPH jsou vypočteny ze skutečného odběru elektrické energie ze sítě vynásobené průměrnou cenou za kWh s DPH včetně služeb vypočtenou jako průměr za roky 2016 – 2018, tato hodnota je 4,22 Kč/MWh s DPH. RCF je zde počítáno stejně jako u plynových kotlů, i když by zde stačila hodnota NPV, protože všechna tepelná čerpadla mají stejnou životnost. Pro lepší přehlednost jsem zvolila RCF, aby to u obou

variant bylo stejné. Hodnota RFC zde nezahrnuje investici do kompresoru po 15 letech a cenu za údržbu, tyto hodnoty jsou pro všechna čerpadla stejné. Hodnota RCF je tedy pouze orientační nikoliv konečná, slouží pouze pro výběr nejvhodnějšího tepelného čerpadla

I když tepelná čerpadla mají stejnou životnost, zvolila jsem porovnávání investic pomocí RCF pro větší přehlednost. Stejně jako u plynových kotlů je požadováno, aby hodnota byla co nejmenší, z toho plyne, že je ekonomicky nejvýhodnější tepelné čerpadlo od firmy Viessmann s ročním ekvivalentním cashflow -35 334 Kč typ Vitocal 100-S.

Jak jsem zmiňoval v předešlých kapitolách, topný faktor COP je velmi důležitá hodnota u výběru tepelných čerpadel. Při uvažování jiného COP, například 5,01 jak uvádí v nabídce firma Viessmann, by se cena za rok lišila o 4 075 Kč s DPH. Tato hodnota není leživá, je pouze uvedena pro jinou hodnotu a ne pro A2/W35.

Tabulka 11 – Porovnání tepelných čerpadel

	COP A2/W35 (-)	Investiční náklady s DPH po slevě (Kč)	Život- nost (let)	Topný výkon A- 7/W35 (kW)	Skutečný odběr ze sítě (elektřina) (MWh)	Roční náklady s DPH (Kč)	RCF in- vestice do čerpadla bez údržby a kompresoru (Kč)
<b>VISSMANN - VITOCAL 200- S</b>	4,1	295 630	20	10	4 146	17 493	-37 364
<b>VISSMANN - VITOCAL 100- S</b>	3,9	252 078	20	9	4 359	18 390	-35 334
<b>VAILLANT</b>	3,9	255 918	20	10	4 359	18 390	-35 592
<b>BOSCH - ORM</b>	4,3	309 994	20	8	3 963	16 719	-37 555
<b>BOSCH - ORE</b>	4,3	282 826	20	8	3 963	16 719	-35 729

### 10.3 Porovnání plynového kotle a tepelného čerpadla

Z předchozích výpočtů je patrné, že ekonomicky nejvýhodnější typ plynového kotle je

- **plynový kotel od firmy Bosch typ ZSB 14-3 CE + WD 120 B** (RCF investice do čerpadla bez údržby -31 151 Kč)

a tepelného čerpadla je

- **tepelné čerpadlo od firmy VISSMANN typ VITOCAL 100-S** (RCF investice do čerpadla bez údržby a kompresoru -35 334).

Dále jsem tyto dva produkty porovnala z různých pohledů a s různými cenovými podmínkami.

## 10.4 Postup

Další výpočty jsem udělala z pohledů různých variant. Zahrnula jsem další aspekty, které by mohly ovlivnit výsledný výběr soustavy a její cenu. Jsou to:

- prodloužená živostnost na 25 let,
- zahrnutí dotace Čistá Praha,
  - výše dotace a popis dotace je v kapitole 9.5.
- změna tarifu,
  - s fotovoltaickou elektrárnou lze změnit tarif poskytnutý od PRE – konkrétně s tepelným čerpadlem by bylo možné změnit tarif na D57D. je potřeba se osobně dostavit na zákaznické centrum pro změnu smlouvy a po schválení je nutné počítat s platbou za výjezd technika ve výši 1 500 Kč bez DPH plus materiál. Při žádosti o tento tarif je potřeba předložit příkony spotřebičů, jako je tepelné čerpadlo, klimatizace, a dalších větších spotřebičů. Tato cena je připočtena k celkovým nákladům.
- Částečná spotřeba z FVE,
  - rozhodla jsem se udělat příklad výpočtu, kdy uvažuji fotovoltaickou elektrárnu, tj. určit kolik energie by tepelné čerpadlo spotřebovalo. Spotřeba z FVE je těžko predikovatelná, proto jsem se rozhodla pouze pro odhad na základě dosavadní spotřeby elektrické energie domácnosti. Fotovoltaická elektrárna má podporu výroby elektřiny formou zeleného bonusu. Z výkazu výroby elektřiny FVE jsem udělala tabulky pro rok 2017, 2018 a 2019. V každé z nich uvádím spotřebu z FVE a celkovou spotřebovanou energii. Pro každý rok jsem z těchto hodnot udělala poměr, tedy číslo, které značí, kolik z celkové spotřeby elektrické energie bylo z FVE (je to přibližně na 15 % ročně). Tento výpočet jsem udělala pro každý rok (2017-2019). Poté jsem tyto hodnoty sečetla, vydělila 3 a vynásobila zvoleným koeficientem 0,9, který bere v potaz to, že průměr je vypočtený za celý rok, topí se hlavně v zimě, kdy spotřeba z FVE je malá oproti letním dnům. Avšak uvažuje i to, že se tepelné čerpadlo se bude využívat na ohřev teplé vody, tím pádem spotřeba elektrické energie oproti předcházejícím rokům vzroste, protože by se na ohřev teplé vody jinak využíval plynový kotel. Výpočty jsou uvedeny v elektronické příloze PŘ.E.1.e – FVE.

Tabulka 12 – Základní podklady pro rozhodování

	TEPELNÉ ČERPADLO	PLYNOVÝ KOTEL
Typ	Vitocal 100-S AWB-E101.A16	ZSB 14-3 CE + WD 120 B
Cena za položku bez DPH (Kč)	150 960	56 300
Cena za montáž bez DPH (Kč)	22 500	12 500
Materiál pro montáž bez DPH (v ceně Tč je zahrnut bojler 120 l) (Kč)	50 934	20 868
Uvedení do provozu bez DPH (Kč)	9 900	7 000
Cena celkem bez DPH (Kč)	234 294	96 668
Sleva na položku (10 % na Tč, 15 % na Pk) (Kč)	15 096	8 445
Celková cena po slevě bez DPH (Kč)	219 198	88 223
DPH 15% (Kč)	32 880	13 233
Cena po slevě s DPH (Kč)	252 078	101 456
Cena s dotací Program Čistá energie Praha 2019 (Kč)	162 078	81 456
Topný výkon A-7/W35 // jmenovitý tepelný výkon (kW)	8,7	13
COP, A2/W35 (-) // účinnost kotle (%)	3,9	94
Energie potřebná na rok (MWh)	17	17
Energie spotřebovaná za rok elektrická energie // plyn (MWh)	4,36	18,09
Celkové roční náklady s DPH (Kč)	18 390	24 331
Průměrná cena s DPH včetně služeb za 3 roky elektrická energie//plyn (Kč/kWh)	4,22	1,35
Průměrná spotřeba elektrické energie // plynu za 3 roky (MWh)	5,02	22,03
Průměrná cena za rok za vytápění (průměr z 3 roky) (Kč)	29 610	29 610
Průměrná cena za rok za spotřebu elektrické energie// plynu s DPH za 3 roky (Kč)	22 689	29 610
Inflace (%)	2	2
Diskont (%)	3	3
Anuita 20 let (-)	0,067	0,067
Servisní poplatek (Kč)	3 000	2 000
Investice do kompresoru (Kč)	15 000	
Anuita 25 let (-)	0,057	0,057

Servisní poplatek pro plynový kotel jsem volila na základě průměru poplatku vyměřených od jednotlivých firem, tyto poplatky se velmi mění na základě umístění objektu. Pro Prahu bývá cena nejvyšší. Servisní poplatek pro tepelné čerpadlo jsem vyhotovila na základě rozpočtu od daných firem, tepelné čerpadlo potřebuje jednou za 4-5 let větší servis, který je dražší než běžný servis, který se provádí jednou za dva roky. Tyto ceny jsem zprůměrovala a vytvořila cenu, která je dána jako servisní poplatek na rok, i když se u tepelného čerpadla bude provádět servis po delších časových úsecích.

Změna jističe z 3x25 A na 3x32A z důvodu předpokládané větší spotřeby. Cena rezervovaného příkonu je stanovena na základě vyhlášky o podmínkách připojení k elektrizační soustavě č. 16/2016 Sb., ve které je stanovena cena za navýšení 1 A u 3fázového připojení 500 Kč, v tomto případě se jedná o navýšení 7 A tedy cena bude 3 500 Kč. Za práci a spotřebovaný materiál zaplatí majitel přibližně 2 500 Kč. Celkem tedy nový jistič bude stát 6 000 Kč bez DPH, tedy 7 260 Kč s DPH. Tato cena je zahrnuta do celkových nákladů.

## 11. Závěrečné porovnání

Hodnoty jsou v nominálních cenách, hodnoty nazvány s dotací se myslí s dotací Program Čistá energie Praha. Ceny jsou brány jako náklady, proto jsou s kladným znaménkem oproti předchozím tabulkám. Všechny ceny v následujících tabulkách jsou uvedeny včetně DPH.

*Tabulka 13 – RCF s bazickými hodnotami*

TABULKA RCF		
	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel
<b>Bazická cena bez dotace (Kč)</b>	44 299	38 821
<b>Bazická cena s dotací (Kč)</b>	37 762	37 476

Bazická cena v tabulce 13 uvádí cenu pro plynový kotel a tepelné čerpadlo, za předpokladu, že neproběhne žádné zvýhodnění a rovnou se vymění stávající plynový kotel za nové zařízení s životností 20 let. Další hodnoty RCF uvedené v následujících tabulkách 14, 15, 16 pak uvažují nejrůznější zvýhodnění.

Je tedy vidět, že za normálních okolností bez jakékoliv dotace a při uvažování životnosti 20 let, je ekonomicky nejzajímavější plynový kotel s ročním ekvivalentním peněžním tokem 38 821 Kč. I při započtení dotace je sice stále nejvýhodnější plynový kotel s ročním ekvivalentním peněžním tokem 37 476 Kč, ale cena se liší jen velmi málo o 286 Kč na rozdíl od bazických cen, kdy se cena lišila o 5 478 Kč.

*Tabulka 14 – RCF s životností na 25 let*

TABULKA RCF s životností na 25 let		
	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel
<b>Cena s životností 25 let bez dotace (Kč)</b>	42 756	39 209
<b>Cena s životností 25 let s dotací (Kč)</b>	37 171	38 061

Když bych však uvažovala životnost 25 let bylo by výhodnější u cen bez dotací zvolit opět plynový kotel s RCF 39 209 Kč. Avšak jestliže v tomto případě započítáme i dotaci bylo by výhodnější zvolit variantu tepelného čerpadla s RCF 37 171 Kč. Na prodlouženou dobu životnosti však nemůžeme spoléhat. Výpočet je zde uveden pro demonstraci a je zajímavý proto, jak má délka životnosti vliv na celkový roční ekvivalentní peněžní tok. Investice se rozprostře

do více let a tím pádem se projeví nižší cena za energii, konkrétně za elektrickou energii. I když je plyn levnější než elektrická energie, tepelné čerpadlo dokáže elektrickou energii využít lépe.

Tabulka 15 – RCF s částečným využitím energie z FVE

<b>TABULKA RCF s částečným využitím energie z FVE</b>		
	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel
<b>Cena s částečným využitím energie z FVE bez dotace (Kč)</b>	41 218	38 821
<b>Ceny s částečným využitím energie z FVE s dotací (Kč)</b>	34 681	37 476

S FVE jsem počítala z důvodu výroby elektřiny formou zeleného bonusu. Vzhledem k tomu, že výpočet s FVE lze využít pouze na tepelné čerpadlo u plynových kotlů uvádím cenu bazickou. Při pohledu na ceny bez dotace se vyplatí opět plynový kotel s RCF 38 821 Kč, i když hodnota RCF za tepelné čerpadlo bez dotace klesla z 44 299 Kč na 41 218 Kč, tedy o 3 081 Kč. Na druhou stranu při ceně s dotací je nyní zajímavější tepelné čerpadlo s hodnotou RCF 34 681 Kč oproti plynovému kotli. Je to z toho důvodu, že zde cena klesla z původních 37 762 Kč na 34 681 Kč, tedy o 2 490 Kč, což je méně, než u cen bez dotace, ale rozdíl obou cen byl velmi malý, 286 Kč. V případě uznání dotace v plné výši, tedy 90 000 Kč, se zde vyplatí tepelné čerpadlo.

Tabulka 16 – RCF s tarifem D57D

<b>TABULKA RCF s tarifem D57D</b>		
	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel
<b>Ceny s tarifem D57D bez dotace (Kč)</b>	25 891	38 821
<b>Ceny s tarifem D57D s dotací (Kč)</b>	19 230	37 476

Další, s čím jsem počítala je změna tarifu, o který lze zažádat v případě pořízení tepelného čerpadla. Tarif by se změnil z D02D na D57D, což je tarif využívající 20 hodiny NT a 4 hodiny VT. Rozpis zapínání a vypínání je v elektronické příloze Př. E. 6 – Rozpis zapínání a vypínání VT a NT. Protože se změna tarifu týká opět jen tepelného čerpadla, pro plynový kotel jsem uvadla stejné bazické ceny.

Existuje zařízení, které hlídá spínání a rozpínání VT a NT a nechá čerpadlo běžet pouze tehdy, kdy je sepnut nízký tarif, proto jsem při výpočtech výkonu tepelného čerpadla použila pouze tarif nízký s cenou 2,217 Kč/kWh což je o 1,47 Kč/kWh levnější než původní cena. Dále jsem uvažovala, celkové úspory za elektrickou energii za normálního provozu domu. Průměrná cena za spotřebovanou elektrickou energii v domácnosti byla za rok 22 689 Kč s DPH. Při využití nového tarifu D57D by náklady domácnosti na spotřebu elektrické energie mimo tepelné čerpadlo byly 13 942 Kč s DPH. Domácnost by tedy ušetřila až 8 747 Kč s DPH ročně. Tuto cenu 8 747 Kč s DPH jsem zahrнула do výpočtu jako kladný přínos investice, což se taky odrazilo na celkovém

RCF. Proto je použití tohoto tarifu jednoznačně nejvýhodnější jak u hodnoty s dotací, tak i bez ní.

Následující tabulky shrnují všechna data, tedy vypočítaná RCF a jsou rozděleny na hodnoty s dotací a bez dotace.

*Tabulka 17 – RCF všech položek bez dotací*

<b>TABULKA RCF BEZ DOTACE</b>		
	Tepelné čerpadlo	plynový kotel
<b>Bazická cena (Kč)</b>	44 299	38 821
<b>Cena s životností 25 let (Kč)</b>	42 756	39 209
<b>Cena s částečným využitím energie z FVE (Kč)</b>	41 218	-
<b>Ceny s tarifem D57D (Kč)</b>	25 891	-

*Tabulka 18 – RCF všech položek s dotacemi*

<b>TABULKA RCF S DOTACÍ</b>		
	Tepelné čerpadlo	plynový kotel
<b>Bazická cena (Kč)</b>	37 762	37 476
<b>Cena s životností 25 let (Kč)</b>	37 171	38 061
<b>Ceny s částečným využitím energie z FVE (Kč)</b>	34 681	-
<b>Ceny s tarifem D57D (Kč)</b>	19 230	-

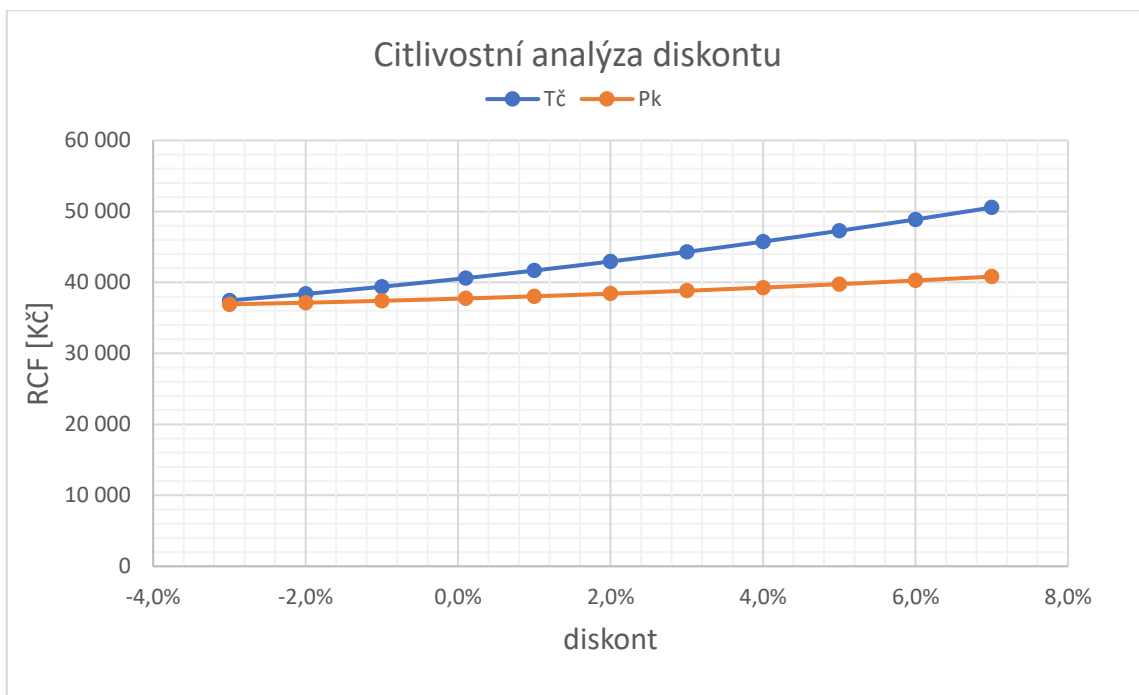
Tabulky číslo 17 a 18 ukazují soupis všech vypočítaných RCF s dotací i bez dotace a z nich vyplývá, že nejvýhodnější hodnoty u obou variant jsou u tepelného čerpadla, pokud se změni tarif z D02D na D57D. Při hodnotách bez dotace by RCF bylo 25 891 Kč a s dotací 19 230 Kč.

Jako zdroj vytápění bych tedy tomto případě doporučila zvolit tepelné čerpadlo Vitocal 100-S od firmy Viessmann s tím, že zákazník požádá následně o změnu tarifu na D57D.

## **11.1 Citlivostní analýza**

Citlivostní analýza nebo také analýza citlivosti je uvážení okolností, co by se stalo v případě, že základní předpoklady, podle kterých byl uvažovaný projekt postaven, nebudou splněny nebo se změni [56].

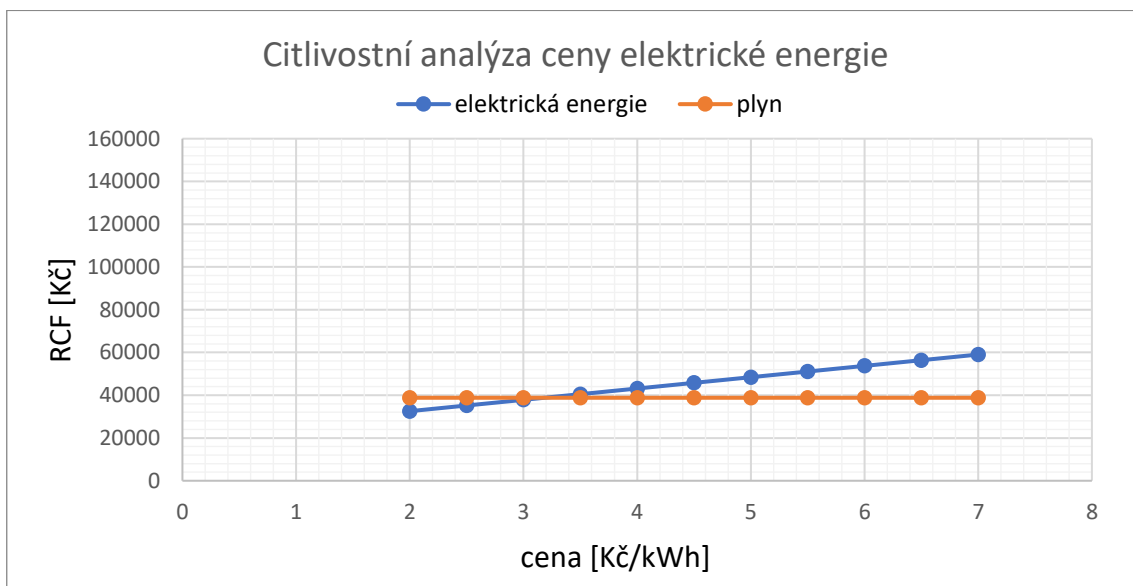
Pro tento projekt jsem vybrala nejprve citlivostní analýzu závislosti RCF na diskontu. Ceny jsou uvedeny jako náklady a citlivostní analýzy jsou počítány s bazickou cenou.



Graf 2 – Citlivostní analýza diskontu

V grafu 2 je vidět, že křivky se lehce s narůstajícím diskontem oddalují, takže se nikdy neprotnou, zůstává tedy pořád výhodnější plynový kotel.

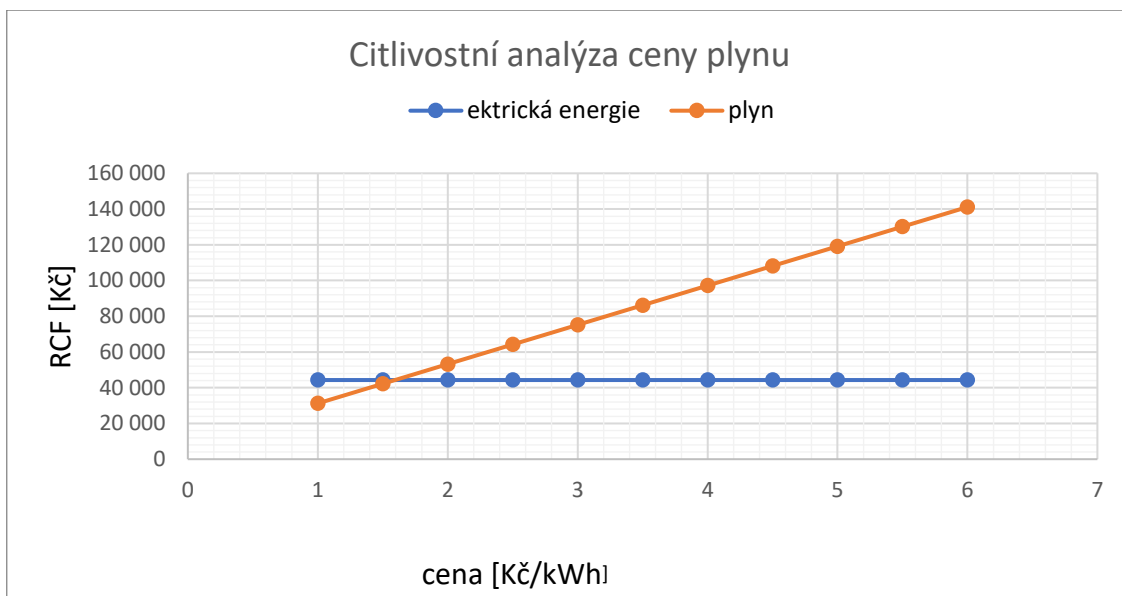
Dále jsem uvažovala změnu ceny za kWh u tepelného čerpadla a plynového kotle.



Graf 3 – Citlivostní analýza ceny elektrické energie

V této citlivostní analýze je vidět, že při změně ceny pouze elektrické energie by se investice do tepelného čerpadla vyplatila pouze s cenou do 3,2 Kč/kWh. Oproti současné ceně 3,63 Kč/kWh.

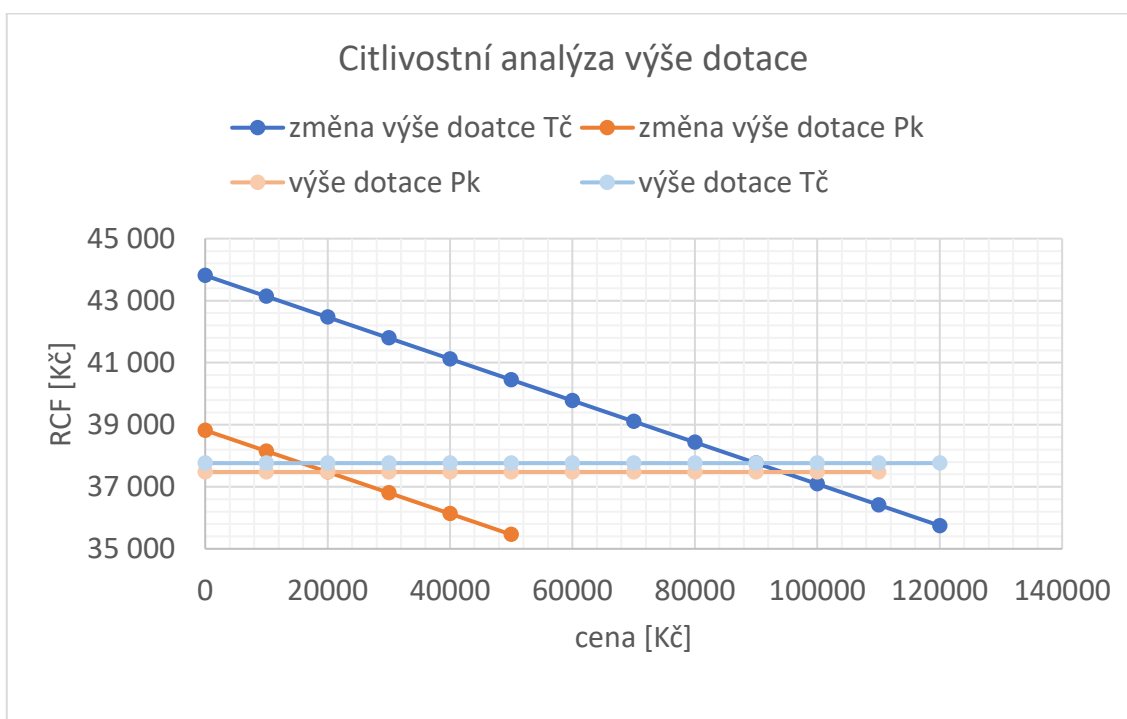




Graf 4 – Citlivostní analýza ceny plynu

Zde je vidět, že při stále ceně elektrické energie a změně ceny za plyn, by se plynový kotel vyplatil i při ceně do 1,7 Kč/kWh. Oproti současné ceně 1,35 Kč/kWh.

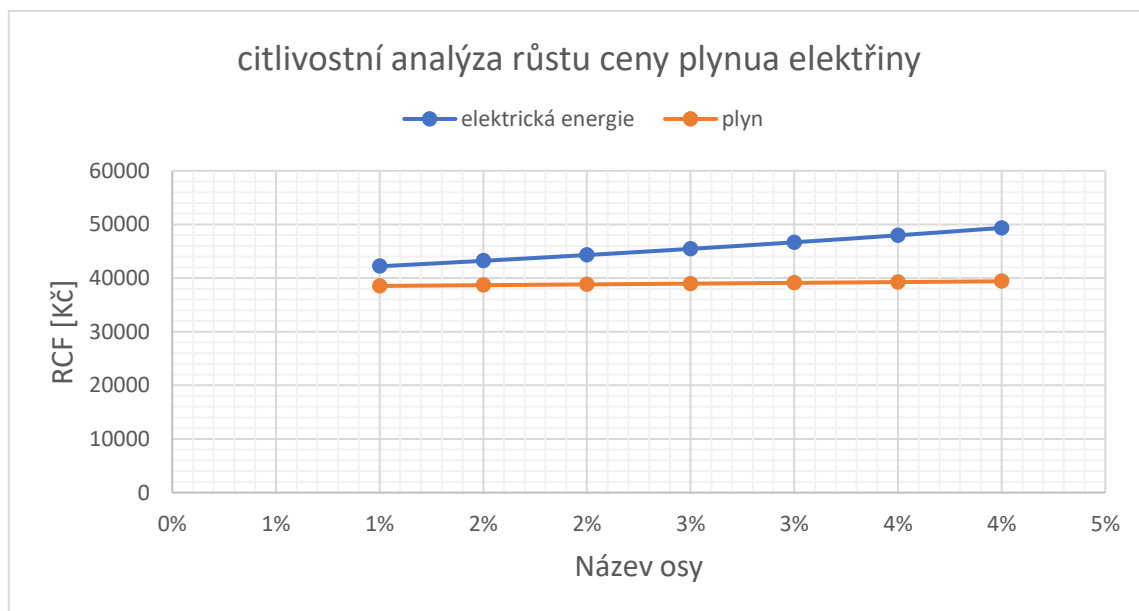
Jako další jsem zvolila citlivostní analýzu závislosti RCF na výši dotace. Do grafu jsem vynesla hodnotu RCF pro oba zdroje při aktuální výše dotace tedy pro plynový kotel 20 000 Kč a pro tepelné čerpadlo 90 000 Kč, dále jsem vynesla závislost tepelného čerpadla a plynového kotle na změnu více dotace od 0 do maximální možné výše dotace bez omezení finančně, ale pouze procentuálně, tedy max. 50 % doložených nákladů, pro tepelné čerpadlo to je 120 000 Kč a pro plynový kotel 50 000 Kč.



Graf 5 – Citlivostní analýza výše dotace

Při stejném růstu dotace se vyplatí vždy plynový kotel, křivky klesají stejnou rychlostí a nikdy se neprotnou. Pokud by rostla dotace pouze u tepelného čerpadla, vyplatilo by se ho pořídit při minimální výše dotace 88 000 Kč, Pokud by se měnila výše dotace plynového kotle, vyplatil by se tento zdroj i při menší dotaci a tedy při 18 000 Kč.

Jako poslední jsem vytvořila citlivostní analýzu růstu ceny plynu a elektřiny



Graf 6 – Citlivostní analýza růstu ceny plynu a elektřiny

Při konstantním nárůstu cen lze pozorovat, že se obě křivky od sebe lehce oddalují, respektive, že křivka elektrické energie má rychlejší nárůst, a tedy větší reakci na změnu ceny. Znamená to, že elektrická energie je více náchylná na změnu ceny a bude se s ní více měnit i RCF.

## 12. Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabývala návrhem nového zdroje vytápění pro rodinný dům na okraji Prahy. Před samotným výpočtem tepelných ztrát nezbytných pro návrh soustavy bylo potřeba se seznámit s příslušnou legislativou, možnostmi typů vytápění a popsat základní informace o objektu. Konkrétní systémy vytápění jsem po zhodnocení všech parametrů, především pak žádosti investora, zvolila tepelné čerpadlo a plynový kotel. Dále na základě výpočtu tepelných ztrát, které jsem vypočítala na hodnotu 9 kW, jsem určila vzhledem k ohřevu TUV výkony pro dané systémy, pro plynový kotel od 10 do 13 kW a pro tepelné čerpadlo od 8 do 11 kW. Hodnotu 8 kW jsem určila jako dostačující vzhledem k tomu, že tepelné čerpadlo bude sloužit k ohřevu teplé vody v zásobníku, která bude dále rozvedena do topného systému. Po popsání technických parametrů jsem na základě ekonomických ukazatelů vybrala nejvhodnější varianty z obou možností, tedy jeden plynový kotel od firmy Bosch typ ZSB 14-3 CE a jedno tepelné čerpadlo od firmy Viessmann typ Vitocal 100-S.

Pro tyto dva produkty jsem vypočítala RCF z pohledu různých možných scénářů. Nejprve jsem určila bazickou cenu, která nezahrnuje žádné zvýhodnění, tedy ani dotaci, ani prodlouženou životnost ani změnu tarifu. Dále jsem vypočítala hodnoty RCF pro každé uvedené zvýhodnění zvlášť, a to s dotací a bez dotace. Hodnoty RCF jsem zapsala do tabulek a podrobně okomentovala. Z hodnot jasně vyplývá, že bych doporučila pořídit tepelné čerpadlo Vitocal 100-S od firmy Viessmann a následnou změnu tarifu. Toto opatření, tedy změna tarifu, je výhodné u obou variant, tj. s dotací i bez dotace.

Pokud by byl investor silně proti změně tarifu a nebyla by vypsána dotace, doporučila bych mu plynový kotel ZSB 14-3 CE od firmy Bosch, který je nejekonomičtější ve všech ostatních variantách. Jestliže by dotace byla vypsána v dané výši 90 000 Kč na tepelné čerpadlo a 20 000 Kč na plynový kotel, doporučila bych stejně plynový kotel i když jsou hodnoty u tepelného čerpadla nižší. Je to z důvodu, že hodnoty se neliší o velké částky, ale pouze v řádu stovek Kč. Navíc prodloužení životnosti na 25 let je nezaručené a nelze na něj jednoznačně spoléhat. Hodnota u tepelného čerpadla je nižší i u FVE, avšak predikce spotřeby je také pouze odhad a hodnoty se opět liší jen v nepatrné částce, proto bych i zde doporučila plynový kotel.

## Reference

- [1] VOBOŘIL, David. Návrh EU pro vytápění upřednostňuje OZE a dálkové vytápění. *OENERGETICE.cz* [online]. Třebíč, Solutions, 2015 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/navrh-eu-pro-vytapeni-uprednostnuje-oze-a-dalkove-vytapeni>
- [2] *O energetické náročnosti budov*. In: . EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE, 2010, (přepřevládání). Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>
- [3] *Zákon o hospodaření energií*. In: . Praha, 2001, 406/2000 Sb
- [4] *Vyhláška o energetické náročnosti budov*. In: Praha, 2013, 78/2013 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>
- [5] BÍLÁ, Jarmila. Průkaz energetické náročnosti budov (PENB). *Remax Alfa* [online]. 19.1.2020 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.remaxalfa.cz/kdy-majitele-nemovitosti-potrebuji-prukaz-energeticke-narocnosti-budov/#kdy-potrebujete-prukaz-energeticke-narocnosti-budov-pri-prodeji>
- [6] Jak na energetickou náročnost budovy. *Tzb-info.cz* [online]. Czech Republic: oekoplan Czech Republic, 2018, 8.12.2018 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/18357-jak-na-energetickou-narocnost-budovy>
- [7] Energetická náročnost budov. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>
- [8] Součinitel prostupu tepla. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [9] *YouGen Energy made easy: Are Infrared panel heaters a good way to heat a room?* [online]. Anglie: YouGen, 2017 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <http://www.yougen.co.uk/blog-entry/2867/Are+Infrared+panel+heaters+a+good+way+to+heat+a+room'3F/>
- [10] HELUZ CIHLÁŘSKÝ PRŮMYSL, V.O.S. Měření vzduchotěsnosti obálky domu z cihel HELUZ pomocí Blower door testu. *Tzb-info.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/obalove-konstrukce-nizkoenergetickych-staveb/19805-mereni-vzduchotesnosti-obalky-domu-z-cihel-heluz-pomoci-blower-door-testu>
- [11] Tzb-info.cz: Rekuperace není nezbytnou funkcí. *Tzb-info.cz: Rekuperace není nezbytnou funkcí* [online]. Czech Republic: BEAM ČR, 2018, 30.9.2018 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/17980-rekuperace-neni-nezbytnou-funkci>
- [12] Atrea. *Atrea: Větrání a teplovzdušné vytápění rodinných domů a bytů* [online]. Jablonec nad Nisou: ATREA, 2014 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/teplovzdušne-vytapeni-vetrani-a-chlazení>

- [13] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9.
- [14] BUDÍN, Jan. Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. *OENERGETICE.cz* [online]. Třebíč, Solutions, 2015 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/teplo/tepelna-cerpadla>
- [15] TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH VZDUCH. *Klimarapid* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://klimarapid.cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch/>
- [16] TOMÁŠEK, Petr. Výhody a nevýhody tepelného čerpadla. *STAVBA BYDLENÍ* [online]. Fišerová, 2016 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://stavbabydleni.cz/2016/02/vyhody-a-nevyhody-tepelneho-cerpadla/>
- [17] Glen Dimplex Thermal Solution. *Gdts* [online]. USA, 2017 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://gdts.one/en/heat-pumps-falsch>
- [18] Účinnost a výkon plynového kotle. *Viessmann* [online]. ČR [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/ucinnost-a-vykon-plynoveho-kotle.html>
- [19] JUNKERS Tipy pro topenáře (XII) - Teoretické základy kondenzační techniky. *Tzb-info.cz* [online]. Praha, 2011 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vy-tapime-plynem/7912-junkers-tipy-pro-topenare-xii-teoreticke-zaklady-kondenzacni-techniky>
- [20] MAJLING, Eduard. Lokální zdroje tepla aneb čím si doma zatopit. *OENERGETICE.cz* [online]. Třebíč: Solutions, 2015 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/lokalni-zdroje-tepla-aneb-cim-si-doma-zatopit>
- [21] LIPINA, Pavel. Meteorologie: Meteorologie aneb jak měříme počasí. *Brána do vesmíru* [online]. Český hydrometeorologický ústav pobočky Ostrava, 2014 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.branadovesmiru.eu/odborne-clanky/meteorologie.html>
- [22] Praha - Kbely. *In-pocasi.cz* [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: [https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha\\_kbely/?&typ=vitr&historie\\_bar\\_mesic=3&historie\\_bar\\_rok=2020#monthly\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/praha_kbely/?&typ=vitr&historie_bar_mesic=3&historie_bar_rok=2020#monthly_graph)
- [23] *TNI 73 0330: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*. In: . Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [24] BROŽ, Karel. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2536-5.
- [25] POČINKOVÁ, Marcela. *Vytápění: Výpočet tepelného výkonu, tepelné soustavy a otopné soustavy v budovách (rozdělení)*. VUT v Brně [přednáška]. Dostupné také z: [https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_P2.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P2.pdf)
- [26] *ČSN EN 12831: Otopné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro tepelné ztráty*. Praha, 2003.
- [27] Tepelné zisky od vnitřních zdrojů. *Tzb-info.cz* [online]. 2006 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>

- [28] *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci* [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [29] Jak porovnávat tepelná čerpadla vzduch/voda. *IVT centrum tepelná čerpadla* [online]. IVT s.r.o., organizační složka, 2015 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [30] 38 COP a ERR. *Cmc-heating* [online]. Brno [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.cmc-heating.cz/poradna/cop-a-err/>
- [31] MATUŠKA, Tomáš. Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP. *Tzb-info.cz* [online]. Buštěhrad, 2015 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [32] STARÝ, Oldřich. *Vliv inflace a daní na finanční rozhodnutí*, ČVUT v Praze [přednáška]. 2018. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=255&v=ZC1KC05FJj4&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=255&v=ZC1KC05FJj4&feature=emb_logo)
- [33] STARÝ, Oldřich. *Kritéria efektivity*, ČVUT v Praze [přednáška]. 2018. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=fJrzkf96T44&list=PLQL6z4JeTTQntg7UR-XbsV37wpTC\\_AARLB&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=fJrzkf96T44&list=PLQL6z4JeTTQntg7UR-XbsV37wpTC_AARLB&index=4)
- [34] KUČERA, Lukáš. Cenová hladina. *Statistika&My* [online]. 2013 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp](https://www.statistikaamy.cz/2015/03/cenova-hladina-rostla-prumerne-o-11-rocne/KENTON, Will. Net Present Value (NPV). Investopedia [online]. 2019, 25.06.2019 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp)
- [35] Inflace, spotřebitelské ceny: Míra inflace. *Český statistický úřad* [online]. 14.4.2020 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebitelske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny)
- [36] Cílování inflace v ČR. *Česká národní banka* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/cilovani/>
- [37] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1992-4.
- [38] KUČERKOVÁ, Blanka. *Kritéria ekonomické efektivity*. 2018. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/133154/mod\\_resource/content/1/cv10%20Krit%3%A9ria%20ekonomick%3%A9%20efektivnosti.pdf](https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/133154/mod_resource/content/1/cv10%20Krit%3%A9ria%20ekonomick%3%A9%20efektivnosti.pdf)
- [39] BREALEY, Richard A. a Stewart C. MYERS. *Teorie a praxe firemních financí*. Praha: Victoria Publishing, 1992. ISBN 80-856-0524-4.
- [40] MATUŠKA, Tomáš. Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP. *Tzb-info.cz* [online]. Buštěhrad, 2015 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [41] CHAPPELOW, Jim. Subsidy. *Investopedia* [online]. 29.01.2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/s/subsidy.asp>

- [42] Rodinné domy – zdroje energie. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [43] Kotlíkové dotace. *Státní fond životního prostředí české republiky* [online]. Praha [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/>
- [44] 35 Program Čistá energie Praha 2019. *Portál životního prostředí hlavního města prahy* [online]. 2019, 6. května 2019 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: [http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/energetika\\_a\\_doprava/program\\_cista\\_energie\\_praha/index.xhtml](http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/energetika_a_doprava/program_cista_energie_praha/index.xhtml)
- [45] Viessmann, spol. s.r.o.: Splitová tepelná čerpadla vzduch/voda, VITOCAL 100-S, Chrášťany, 2020. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelnna-cerpadla/splitova-tepelnna-cerpadla-vzduchvoda/vitocal-100s.html>
- [46] Viessmann, spol. s.r.o.: Splitová tepelná čerpadla vzduch/voda, VITOCAL 200-S, Chrášťany, 2020. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelnna-cerpadla/splitova-tepelnna-cerpadla-vzduchvoda/vitocal-200s.html>
- [47] Viessmann, spol. s.r.o.: Splitová tepelná čerpadla vzduch/voda, Vitodens 200-W, Chrášťany, 2020. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/vitodens-200w.html>
- [48] Vaillant Group Czech s. r. o.: Závěsné kotle, Vaillant VU 206/5-5 ecoTEC plus, Chrášťany, 2019. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/pp-kl-05-z2-ver-1-vu-vuw-ecotec-pro-plus-c1-425648.pdf>
- [49] Vaillant Group Czech s. r. o.: Tepelná čerpadla vzduch/voda, Tepelné čerpadlo aroTHERM split VWL 105/5, Chrášťany, 2019. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.vaillant.cz/downloads/prospekty/prospekt-arotherm-split-25042019-1475830.pdf>
- [50] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, ZSB 14-3 CE 23, Štěrboholy, 2020. Prospekt. Dostupné také z: [https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o273984v288\\_6720836804.pdf](https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o273984v288_6720836804.pdf)
- [51] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, ZSB 14-1 DE, Štěrboholy, 2020. Prospekt. Dostupné také z: [https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o301575v288\\_6720838366.pdf](https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o301575v288_6720838366.pdf)
- [52] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, GC2300iW 15 P, Štěrboholy, 2020. Prospekt. Dostupné také z: [https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o398838v288\\_6720890652.pdf](https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o398838v288_6720890652.pdf)
- [53] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, ZSBR 16-3 E, Štěrboholy, 2020. Prospekt. Dostupné také z: [https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o267910v288\\_6720831127.pdf](https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o267910v288_6720831127.pdf)
- [54] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, Compress 7000i AW- CS7000iAW 9 ORM-S, Štěrboholy, 2019. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.kto.cz/wp-content/uploads/prospekt-bosch-tepelnna-%C4%8Derpadla.pdf>

- [55] Bosch Termotechnika s. r. o.: Informační list výrobku, Compress 7000i AW- CS7000iAW 9 ORE-S, Štěrboholy, 2019. Prospekt. Dostupné také z: <https://www.kto.cz/wp-content/uploads/prospekt-bosch-tepelna-%C4%8Derpadla.pdf>
- [56] KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: C.H. Beck, 2007. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7179-903-0.



## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Průkaz energetické náročnosti budov [7].....	13
Obrázek 2 – princip funkce tepelného čerpadla [13].....	16
Obrázek 3 – princip topného faktoru tepelného čerpadla země-voda [13].....	17
Obrázek 4 – Typy tepelných čerpadel [17] .....	18
Obrázek 5 – Rozdíl mezi konvenčním a kondenzačním ohřevem [19].....	19
Obrázek 6 – Princip tepelného spádu .....	19
Obrázek 7 – Současný vzhled rodinného domu .....	20
Obrázek 8 – Princip výpočtu tepelných ztrát .....	25
Obrázek 9 – Schéma složek vnitřní tepelné zátěže z [27] .....	28

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Klimatické podmínky meteorologické stanice Praha Kbely [22] [23] .....	21
Tabulka 2 – Geometrická charakteristika budovy .....	22
Tabulka 3 – Důležité hodnoty a parametry zvoleného objektu .....	24
Tabulka 4 – Návrhové teploty .....	29
Tabulka 5 – Výpočet tepelný ztrát, prostup tepla zdí v přízemí .....	29
Tabulka 6 – Výpočet tepelný ztrát větráním v přízemí .....	30
Tabulka 7 – Standardní, normované podmínky pro jednotlivé druhy tepelných čerpadel [31] .....	35
Tabulka 8 – Program Čistá energie Praha 2019 [45] .....	39
Tabulka 9 – Rozhodování mezi plynovými kotly Bosch Termotechnika s.r.o. ....	40
Tabulka 10 – Výpočet RCF kotlů od jednotlivých firem .....	41
Tabulka 11 – Porovnání tepelných čerpadel .....	42
Tabulka 12 – Základní podklady pro rozhodování .....	44
Tabulka 13 – RCF s bazickými hodnotami .....	45
Tabulka 14 – RCF s živostností na 25 let .....	45
Tabulka 15 – RCF s částečným využitím energie z FVE .....	46
Tabulka 16 – RCF s tarifem D57D .....	46
Tabulka 17 – RCF všech položek bez dotací .....	47
Tabulka 18 – RCF všech položek s dotacemi .....	47

## Seznam grafů

Graf 1 – Graf průběhu teplot v konstrukci zdi s dodatečnou izolací v dětském pokoji [28].....	31
Graf 2 – Citlivostní analýza diskontu.....	48
Graf 3 – Citlivostní analýza ceny elektrické energie .....	48
Graf 4 – Citlivostní analýza ceny plynu.....	49
Graf 5 – Citlivostní analýza výše dotace.....	49
Graf 6 – Citlivostní analýza růstu ceny plynu a elektřiny .....	50

..

## Seznam elektronických příloh

Př. E. 1 – Příloha 1.....	priloha_1.xlsx
Př.E.1.a – Plynové kotle.....	priloha_1.xlsx
Př.E.1.b – Tepelná čerpadla.....	priloha_1.xlsx
Př.E.1.c – Výpočet výkonu zařízení.....	priloha_1.xlsx
Př.E.1.d – Porovnání investic.....	priloha_1.xlsx
Př.E.1.e – FVE.....	priloha_1.xlsx
Př. E. 2 – Faktury za elektřinu.....	pr2_faktura_za_elektrinu.pdf
Př. E. 3 – Faktury za plyn.....	pr3_faktura_za_plyn.pdf
Př. E. 4 – Skladba konstrukcí.....	pr4_skladba_konstrukci.pdf
Př. E. 5 – Část smlouvy o platbách za vyrobenou elektřinu z OZE.....	pr5_smlouva.pdf
Př. E. 6 – Rozpis zapínání a vypínání VT a NT.....	Spinani_VT_a_NT_PRE.xlsx
Př. E. 7 – Půdorys prvního patra.....	pudorys_prvn_patro.pdf
Př. E. 8 – Půdorys přízemí.....	pudorsy_pryzemi.pdf
Př. E. 9 – Řez A.....	rez.pdf
Př. E. 10 – Cenová nabídka: Compress 7000i AW 9 ORM.....	Bosch_TC_ORM.pdf
Př. E. 11 – Cenová nabídka: Compress 7000i AW 9 ORE.....	Bosch_TC_ORE.pdf
Př. E. 12 – Cenová nabídka: variant plynového kotle.....	Bosch_varianty_PK.pdf
Př. E. 13 – Cenová nabídka: Vitocal 100 – S.....	Viessmann_TC_Vitocal 100.pdf
Př. E. 14 – Cenová nabídka: Vitocal 200 – S.....	Viessmann_TC_Ka Vitocal 200.pdf
Př. E. 15 – Cenová nabídka: Vitodens 200 – W.....	Viessmann_PK_Vitodens 200.pdf
Př. E. 16 – Cenová nabídka: Vaillant VU 206/5-5 ecoTEC plus.....	Vaillant_plynovy_kotel.xlsx
Př. E. 17 – Cenová nabídka: aroTHERM SPLIT VWL 105/5.....	Vaillant_tepelne_cerpadlo.xlsx