

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2024

**MARTIN
MELIŠÍK**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Melišik** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **508375**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Možnosti řešení problému nárůstu ceny zemního plynu v aquaparku

Název bakalářské práce anglicky:

Options for solving the problem of natural gas price increase in the aquapark

Pokyny pro vypracování:

Popis dosavadního stavu energetického hospodářství aquaparku v souvislosti se zvýšením cen a nedostatkem zemního plynu.
Návrh variant řešení problému úsporou spotřeby či získání jiných zdrojů energie
Ekonomické posouzení variant a závěrečné doporučení

Seznam doporučené literatury:

KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2007. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7179-712-8
MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc. 13116

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

Datum zadání bakalářské práce: **30.01.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **21.09.2025**

Ing. Miroslav Vítek, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen 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 studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských prací.

V Praze, dne 24. května 2024

.....
Martin Melišík

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce, panu inženýru Vítkovi, za jeho čas, trpělivost a cenné rady během celého semestru. Dále děkuji panu Veselému za poskytnuté informace potřebné k vypracování této práce a za jeho vstřícný přístup.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi řešení problému nárůstu ceny zemního plynu v aquaparku. Aquapark Vodní ráj v Jihlavě využívá k vytápění primárně zemní plyn, konkrétně je areál vybaven čtyřmi kogeneračními jednotkami na zemní plyn a třemi plynovými kotli. Mezi lety 2021 a 2023 cena plynu násobně vzrostla, což se významně podepsalo do provozních nákladů aquaparku. Otevírá se tedy myšlenka investice do alternativního tepelného zdroje, jehož provoz by byl ekonomicky méně nákladný. Tento projekt zahrnuje základní ekonomické zhodnocení šesti variant investice do nového tepelného zdroje, konkrétně kotle na biomasu, tepelného čerpadla či fototermtických panelů.

Klíčová slova

Aquapark Vodní ráj v Jihlavě, ekonomické zhodnocení, energetická krize, fototermtické panely, kotel na biomasu, tepelné čerpadlo, tepelný zdroj, vytápění, zemní plyn

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of price increase of natural gas in aqua park. Aquapark Vodní ráj in Jihlava uses for heating of its swimming pools primarily natural gas. The water park is equipped with four cogeneration units powered by natural gas as well as three gas boilers. During a time period between 2021 and 2023 there has been a rapid increase in natural gas prices which affected the heating costs heavily. Therefore, a question can be raised whether there is a better alternative that would provide cheaper heating costs . This thesis contains basic economic evaluation of six potential alternative heating sources such as a biomass boiler, a heat pump or photo thermal panels.

Keywords

Aquapark Vodní ráj in Jihlava, biomass boiler, economical evaluation, energy crisis, heat pump, heat source, heating, natural gas, photo thermal panels, water world

Obsah

1. Motivace	7
1.1 Kogenerační jednotky	7
1.2 Energetická krize	7
1.3 Vývoj ceny zemního plynu	8
1.4 Čím nahradit zemní plyn?	8
2 Současný stav hospodářství aquaparku	9
2.1 Dosavadní topný systém	10
2.2 Náklady	11
3 Varianty řešení	12
3.1 Základní rozvaha	12
3.2 Základní parametry a výtopná plocha	12
3.3 Rozvaha o instalovaném výkonu	14
3.4 Rozhodovací kritérium	15
3.5 Kotel na biomasu	19
3.5.1 Výhody	19
3.5.2 Dotace	19
3.5.3 Palivo	19
3.5.4 Varianta 1: Kotel na biomasu – HAMONT 400	20
3.5.5 Varianta 2: Kotel na biomasu – OPOP BIOPEL LINE 200	22
3.6 Fototermické panely	24
3.6.1 Úvaha	24
3.6.2 Varianta 3: Fototermické panely – EuroSol K02	25
3.7 Tepelné čerpadlo	28
3.7.1 Rozvaha	28
3.7.2 Varianta 4: Tepelné čerpadlo – vzduch-voda	29
3.7.3 Varianta 5: Tepelné čerpadlo – země-voda	32
3.7.4 Varianta 6: Tepelné čerpadlo – vzduch-voda + fotovoltaika	35
4 Kritérium realizace	38
5 Zhodnocení a doporučení	40
6 Literatura	42
7 Přílohy:	45

1. Motivace

Aquapark Vodní ráj v Jihlavě využívá v současné době několik tepelných zdrojů. Tím hlavním je výroba tepla z kogeneračních jednotek, poháněné zemním plynem. Zemní plyn je využíván primárně jako zdroj teplené energie v domácnostech [4]. Výhodou jeho využití je snadná regulace a měření spotřeby, absence popelu při spalování a menší vypouštění škodlivin do ovzduší při spalování než ropa a uhlí.

1.1 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou schopny efektivní a vysoce účinné kombinované výroby elektrické energie a tepla (tj. kogenerace), a dokáží využít až 95 % energie v palivu a přeměnit ho na elektrickou energii a teplo [3]. Základ každé jednotky tvoří soustrojí generátor-motor. Pohon soustrojí je pístový motor upravený na spalování zemního plynu. Generátor je hřídelí roztáčen na synchronní otáčky a vytváří tak napětí s požadovanou frekvencí 50 Hz (umožňuje přifázování elektrické energie do distribuční soustavy). Během provozu motor i generátor produkují teplo, které je odváděno vodou do topného systému. Zdroj energie je tímto způsobem využit dvakrát. Kogenerace je velmi výhodný zdroj, jelikož je možné získat dva druhy energie. Tepelná energie je využita na ohřev vody a vytápění, elektrická energie zajistí napájení řídicích systémů, osvětlení, a v období malého odběru je možné ji prodat a dodávat do sítě.

1.2 Energetická krize

„V posledním roce a půl jsme svědky energetické krize, jejíž jednou z hlavních příčin jsou nedodávky plynu do Evropy v souvislosti s ruskou agresí na Ukrajině.“ [6]. Tento citát poměrně výstižně shrnuje důvod znatelného nárůstu cen za energie mezi lety 2021 až 2023. Zvýšení cen pocítili jak domácnosti, tak velkoodběratelé. A zatímco u malých domácností se bavíme o nárůstu cen za elektřinu o několik tisíc korun českých měsíčně, velkoodběratelé jako např. Aquapark Vodní ráj v Jihlavě pocítili nárůst cen značněji.

1.3 Vývoj ceny zemního plynu

Cena zemního plynu se v posledních letech poměrně stabilně pohybovala mezi 400 Kč/MWh až 1 200 Kč/MWh s výjimkou období mezi roky 2021 až 2023, kdy se cena vyšplhala až na 8 000 Kč/MWh [4].



Graf 1: Vývoj ceny zemního plynu v CZK/MWh [4]

Tento rapidní nárůst znamenal značné znepokojení mezi odběrateli, nejvíce však u velkoodběratelů, pro které mohlo být navýšení cen likvidační. Nedávná energetická krize ukázala, jak nejisté mohou být dodávky zemního plynu a jak závislé na něm jsou importující státy (včetně České republiky).

1.4 Čím nahradit zemní plyn?

Nestabilní dodávky a obecný nedostatek zemního plynu otevírá prostor k diskusi nad tématem alternativního způsobu vytápění v Aquaparku Vodní ráj. Jelikož všechny čtyři kogenerační jednotky instalované ve Vodním ráji jsou poháněny motorem na bázi spalování zemního plynu, bylo by logické se zamyslet nad variantou vytápění, která by v dohledné budoucnosti byla ekonomicky výhodnější.

2 Současný stav hospodářství aquaparku

V tabulce níže lze vidět průměrnou spotřebu energie potřebnou na vytápění v aquaparku za poslední 2 roky.

	El. Energie EON [MWh]	El. Energie JIKO [MWh]	Teplo [GJ]
leden 2022	5,2	56,6	806
únor 2022	3,5	53	726
březen 2022	5,8	54,1	724
duben 2022	7,8	46,8	583
květen 2022	12,5	38	416
červen 2022	17,9	67,1	560
červenec 2022	21,5	72,5	652,8
srpen 2022	25,6	71,5	581,1
září 2022	12,2	32,1	333,7
říjen 2022	14,5	43,1	406,3
listopad 2022	4,7	51,1	545
prosinec 2022	5,4	53	625
celkem	136,6 MWh	638,9 MWh	6 958,9 GJ

Tab. 1: Průměrná měsíční spotřeba energie za rok 2022 [1]

	El. Energie EON [MWh]	El. Energie JIKO [MWh]	Teplo [GJ]
leden 2023	46,8	7,3	469
únor 2023	51,2	0	442
březen 2023	56,5	0,1	448
duben 2023	52,6	0,1	525
květen 2023	55,5	1,1	376
červen 2023	79,4	0,1	383
červenec 2023	102,2	0,2	377
srpen 2023	104,4	0,1	476
září 2023	47,9	0,3	278
celkem	596,5 MWh	9,3 MWh	3 774 GJ

Tab. 2: Průměrná měsíční spotřeba energie za rok 2023 [1]

Z dat výše je zřejmé, že v roce 2022 byla převážná část dodávky elektrické energie odebírána od Jihlavských Kotelen¹ (v tab. 1 a tab. 2 zkratka *JIKO*), tedy z kogeneračních jednotek² (jedná se o elektrickou energii generovanou v kogeneračních jednotkách, kterou Aquapark Vodní ráj odebírá (odkupuje) a dále využívá na provoz [1]). Začátkem roku 2023 vidíme značný pokles odebrané elektrické energie od Jihlavských Kotelen s.r.o., a elektrická energie je od tohoto data odebírána ze sítě³. Důvodem je zvýšení cen zemního plynu [4], který pohání zmíněné kogenerační jednotky, což zapříčinilo zvýšení cen za odebíranou elektrickou energii a teplo od dodavatele JIKO⁴. Od začátku roku 2023 je veškerá elektrická energie odebírána ze sítě (až na leden 2023, kde byla malá část dodávky stále odebírána od JIKO⁵).

2.1 Dosavadní topný systém

Aquapark Vodní ráj disponuje řadou tepelných zdrojů, kterými pokrývá vytápění celého svého areálu [1].

- 1) 3 stejné plynové kotle VIADRUS G 500 12⁶ opatřené hořáky typu APH-M [12].
Maximální jmenovitý tepelný výkon každého plynového kotle je 470 kW.
- 2) 4 stejné kogenerační jednotky typu R – Micro 30 AP od společnosti TEDOM, a.s.
Kogenerační jednotky jsou ve vlastnictví společnosti Jihlavské Kotelny s.r.o.

Na první pohled by se mohlo zdát, že vlastnictví takového množství topných těles je zbytečné. Zde tomu tak není. V tomto případě je vhodné mít více druhů zdrojů, z několika logických důvodů. Zaprvé je objekt připraven na případnou poruchu jednoho či více zařízení, a nebude tudíž připraven o příjmy⁷. Zadruhé má aquapark větší volnost ve volbě dodavatele energie, což je v podstatě hlavní náplní této práce⁸.

¹ Jihlavské Kotelny s.r.o.

² Kogenerační jednotky instalované v Aquaparku Vodní ráj jsou ve vlastnictví společnosti Jihlavské Kotelny s.r.o.

³ Dodavatel EP ENERGY TRADING, a.s.

⁴ Jihlavské Kotelny s.r.o.

⁵ Jihlavské Kotelny s.r.o.

⁶ Výrobní číslo 730102127.

⁷ Tj. nemusí se zavřít celý aquapark kvůli výpadku jednoho kotle.

⁸ Pokud jeden dodavatel resp. komodita zdraží, lze přejít k levnější variantě. Dále je možné jednotlivé kotle dle aktuální situace úplně vypínat – tato situace nastala u kogeneračních jednotek, které byly od ledna 2023 vypnuté.

2.2 Náklady

Níže jsou uvedeny platby za odebranou energii (elektrickou a tepelnou)⁹.

Celkové energetické náklady leden 2022 - září 2023				
Zúčtovací období	Elektrická energie - síť bez DPH [Kč]	Elektrická energie - JIKO bez DPH [Kč]	Teplo - JIKO bez DPH [Kč]	Celkem bez DPH [Kč]
leden 2022	65 tis. Kč	121 tis. Kč	4 593 tis. Kč	7 569 tis. Kč
únor 2022	51 tis. Kč	113 tis. Kč		
březen 2022	76 tis. Kč	116 tis. Kč		
duben 2022	75 tis. Kč	100 tis. Kč		
květen 2022	104 tis. Kč	81 tis. Kč		
červen 2022	185 tis. Kč	144 tis. Kč		
červenec 2022	261 tis. Kč	155 tis. Kč		
srpen 2022	397 tis. Kč	153 tis. Kč		
září 2022	162 tis. Kč	69 tis. Kč		
říjen 2022	101 tis. Kč	92 tis. Kč		
listopad 2022	59 tis. Kč	109 tis. Kč		
prosinec 2022	72 tis. Kč	113 tis. Kč		
leden 2023	235 tis. Kč	-		
únor 2023	251 tis. Kč	-	-	
březen 2023	232 tis. Kč	-	-	
duben 2023	206 tis. Kč	-	-	
květen 2023	186 tis. Kč	-	-	
červen 2023	301 tis. Kč	-	-	
červenec 2023	356 tis. Kč	-	-	
srpen 2023	360 tis. Kč	-	-	
září 2023	193 tis. Kč	-	-	
celkem	3 928 tis. Kč	1 367 tis. Kč	4 593 tis. Kč	9 889 tis. Kč

Tab. 3: Celkové energetické náklady Aquaparku: leden 2022 - září 2023 [1]

Jelikož tato práce vznikala v průběhu konce roku 2023, neměl jsem k dispozici úplné hodnoty pro celý rok 2023. Pro rok 2022 jsem měl k dispozici kompletní údaje, dále jsem uvažoval, že roční výdaje Aquaparku Vodní ráj spojené s energetickými vstupy na **vytápění** byly za rok 2022 přibližně **4 500 000 Kč¹⁰**.

⁹ Hodnoty byly odečteny z faktur za elektřinu a teplo pro zúčtovací období 1. 1. 2022 – 30. 9. 2023 [1]. Detailní rozpis jednotlivých položek fakturovaných částek je k nalezení v sekci *Přílohy (Příloha 1, Příloha 2)*.

¹⁰ Je důležité si uvědomit, že toto číslo odpovídá období s nejvyšší cenou plynu za poslední desetiletí [3]. Pro rok např. 2024 tato hodnota bude jistě vypadat jinak.

3 Varianty řešení

Existuje několik alternativních řešení způsobů vytápění.

3.1 Základní rozvaha

Z analýzy hodnot odebraného tepla z tab. 1 a tab. 2 vyplívá, že stabilní dodávka energie je potřebná v průběhu celého roku. Spotřebovaná energie v různých měsících mírně kolísá, nicméně během každého měsíce se hodnota spotřebované energie pohybuje ve stovkách GJ. Na první pohled by se zdálo, že během zimy bude spotřeba na vytápění mnohem vyšší než v létě. Tuto skutečnost však nepodporují reálné hodnoty odebraného tepla z tab. 1 a tab. 2. Důvodem je sezónní otevření venkovního areálu aquaparku, který bývá otevřen veřejnosti v závislosti na počasí od 24. 6. do 3. 9 [2]. Potřeby na vytápění budou tedy nižší, avšak musíme pokrýt mnohem větší plochu.

V návrhu alternativního tepelného zdroje jsem se z těchto důvodů zaměřil na taková řešení, která umožňují celoroční provoz, jelikož měsíční náklady aquaparku se znatelně neliší v závislosti na počasí a ročním období. V rámci porovnání jsem nicméně vypracoval i varianty, které umožňují pouze sezónní provoz.

3.2 Základní parametry a výtopná plocha

Aquapark Vodní ráj nabízí zákazníkům kryté bazény a venkovní areál. Přehled provozovaných atrakcí je uveden níže [2]:

Atrakce	Rozloha [m ²]	Objem [m ³]	Vyhřívaná teplota [°C]
velký rekreační bazén	330	400	29-30
vířivý bazén	9	15	33-34
dětské brouzdaliště	19	9	33-34
venkovní kruhový bazén - celoroční provoz	65	110	27-28

Tab. 4: Přehled vyhřívání ploch krytého areálu Aquaparku Vodní ráj [2]

atrakce	rozloha [m ²]	Objem [m ³]	vyhřívání teplota [°C]
velký rekreační bazén	1313	1662	28-29
plavecký bazén	312	454	27-29
dětský bazén	240	172	31-33
dětské brouzdaliště	77	31	31-33

Tab. 5: Přehled vyhřívání ploch venkovního areálu Aquaparku Vodní ráj [2]

Tab. 1 poskytuje informaci o celkovém množství tepla spotřebovaného na vytápění areálu aquaparku za rok 2022. Za rok 2023 jsou k dispozici data pouze do září, nicméně při uvažování vyrovnaného odběru po zbytek roku lze určit hrubou hodnotu celkové spotřeby energie za rok 2023. Přibližnou hodnotu spotřebované energie jsem vypočítal takto:

$$E_{2023} = \frac{E_s}{p_{ms}} * p_{mr} = \frac{3774}{9} * 12 = 5032 \text{ [GJ]}$$

kde E_{2023} ... předpokládaná spotřeba energie za rok 2023,

E_s ... dosavadní spotřeba za rok 2023,

p_{ms} ... počet měsíců dosavadní spotřeby,

p_{mr} ... počet měsíců v roce.

Přibližná celková roční spotřeba energie v Aquaparku Vodní ráj za roky 2022 a 2023 je tedy 6958,9 GJ resp. 5032 GJ (hodnoty jsou přibližné, nicméně pro potřeby této práce jsou důležité spíše řádové jednotky než přesná čísla). Spotřeba dále závisí na několika faktorech jako počasí, minima a maxima teplot po celý rok, tlak, vlhkost atd. Pro analýzu možných alternativ vytápění jsem potřeboval získat jednu hodnotu celkové roční spotřeby energie, od které se bude dále odvíjet výběr adekvátního zařízení. Průměrnou hodnotu spotřeby energie jsem vypočítal takto:

$$E_{celk.} = \frac{E_{2022} + E_{2023}}{2} = \frac{6958,9 + 5302}{2} = 6130,45 \text{ [GJ]}$$

kde $E_{celk.}$... předpokládaná roční spotřeba energie,

E_{2022} ... spotřeba energie za rok 2022,

E_{2023} ... předpokládaná spotřeba energie za rok 2023.

Přesně odhadnout spotřebu energie na následující roky bylo nemožné, nicméně jsem vycházel z předpokladu, že průměrné teploty jsou v ročním srovnání víceméně podobné. Jelikož pro potřeby této práce jsem považoval za důležité především řádové jednotky, dovolil jsem si zaokrouhlit výsledek na celé číslo.

V následujících výpočtech jsem za vstup průměrné roční spotřeby energie na vytápění použil hodnotu **6 000 [GJ]**.

3.3 Rozvaha o instalovaném výkonu

Celkovou roční spotřebu energie na vytápění jsem si přepočítal na hodnotu instalovaného výkonu, podle které jsem mohl správně vybrat nejvýhodnější a nejefektivnější variantu tepelného zdroje. Měsíční spotřeba byla za uplynulé roky přibližně konstantní, výpočet jsem této skutečnosti přizpůsobil. Převod energie z GJ na MWh jsem získal následovně:

$$E = \frac{W_g}{3600} = \frac{6000}{3600} = 1,66 \text{ [GWh]} \sim 1667 \text{ [MWh]}$$

kde W_g ... celková energie [GJ],

E ... celková energie [MWh].

Teplota vnitřních bazénů je udržována po celý rok konstantní [1], jelikož je tento přístup ekonomicky výhodnější než odepínání topení a následné ohřívání vychladlé vody [7].

Rok má 8760 hodiny [8], jmenovitý výkon hledaného zdroje tepla pro nepřetržitý provoz jsem stanovil následovně:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1667}{8760} = 0,19 [MW] = 190 [kW]$$

kde P ... instalovaný výkon [kW],

E ... celková energie [MWh],

t ... čas (počet hodin v roce) [hod].

Hledaný tepelný zdroj jsem vybíral dle několika parametrů, tím základním byl tepelný výkon, který by měl být nejméně $P = 190 [kW]$ za předpokladu nepřetržitého ročního provozu. Zdroje jsem hledal výkonnější, jelikož je třeba počítat s výkyvy počasí, teploty, vlhkosti vzduchu atd., aby bylo možné pokrýt i nárazové topné poptávky.

3.4 Rozhodovací kritérium

Aby bylo možné potenciální varianty mezi sebou z ekonomického hlediska porovnat, je třeba zavést takové kritérium, které je schopno zohlednit různé vstupní parametry¹¹ a převést je, v ideálním případě, na jedno číslo.

Pro potřeby této práce jsem použil metodu *Čisté současné hodnoty* (anglicky *Net Present Value*) [19]. Jedná se o jeden z nevhodnějších finančních ukazatelů, jelikož bere v úvahu nejen dobu životnosti investice, ale i časovou hodnotu peněz.

Je důležité si správně hodnotu NPV interpretovat. Pokud by vyšlo NPV kladné, je investice výdělečná. Pokud by vyšlo NPV záporné, investice je ztrátová. Pokud by vyšlo NPV nulové, investice je neutrální, nicméně z účetního hlediska již nulová hodnota NPV znamená určitý účetní zisk, jehož hodnota je závislá na uvažované diskontní míře.

¹¹ Zde se jedná o parametry typu různá doba životnosti, různé investiční náklady atd.

Vzorec pro výpočet této hodnoty vypadá následovně:

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

kde NPV ... čistá současná hodnota [Kč],

CF_t ... peněžní tok (*Cash flow*) v jednotlivých letech¹² [Kč],

T ... doba životnosti [rok],

N_i ... investiční náklady [Kč],

r ... diskont [%].

Délku životnosti T jednotlivých variant jsem stanovil z katalogů a literatury přiložené k jednotlivým zařízením, hodnotu peněžních toků CF výpočtu jsem získal porovnáním dosavadních provozních nákladů a potenciálních úspornějších nákladů a určení resp. výpočet diskontu r jsem uvedl v odstavci níže.

Diskont, neboli náklady na vlastní kapitál, je číslo vyjádřené v procentech udávající minimální požadovanou roční výnosnost investice. Správné určení této hodnoty závisí na hospodářském cyklu a rizikovosti konkrétní investice. Nejvíce používaný přístup je tzv. model CAPM (Capital Asset Pricing Model). Výpočet modelu CAPM vypadá následovně [21]:

$$r_E = r_f + (r_m - r_f) * \beta_L$$

kde r_E ... náklady na vlastní kapitál [%],

r_f ... bezriziková výnosová míra (např. výnos státních obligací) [%],

r_m ... očekávaná výnosová míra kapitálového trhu [%],

$r_m - r_f$... prémie za tržní riziko – ERP (Equity Risk Premium) [%],

β_L ... koeficient míry tržního rizika [-].

¹² V tomto případě se nejedná o příjmy, avšak o úspory. V účetnickém světě mají obě tyto hodnoty kladné znaménko, a tudíž lze bez problému tento vzorec pro potřeby této práce použít.

Jelikož je hodnota diskontu pro všechny varianty investic stejná, uvedl jsem konkrétní výpočet v tomto odstavci, abych nemusel stejný postup opakovat u všech variant. Hodnotu diskontu r_E jsem vypočítal následovně.

Hodnotu r_f jsem získal z webových stránek finanční firmy patria.cz zprostředkující služby finančního charakteru (zpravodajství, akcie, měny atd.), a tato hodnota pro výnos českého státního dluhopisu se šestnáctiletou dobou splatnosti činí $r_f = 4,2$ [%] *p. a.*¹³ [25]. Očekávanou výnosovou míru kapitálového trhu jsem stanovil ze stránek Damodaram, kde pro Českou republiku odpovídá $RMP = 5,48$ [%] [26]. Koeficient míry tržního rizika jsem stanovil též ze stránek Damodaram, kde pro odvětví rekreace (Recreation) je hodnota *unlevered beta* $\beta_L = 0,82$ [-] [26].

Diskont jsem vypočítal takto:

$$r_E = r_f + (r_m - r_f) * \beta_E = 4,2 + (5,48) * 0,82 = 8,69$$
 [%]

Tuto hodnotu diskontu jsem následně použil ve výpočtech pro všechny varianty, jelikož charakter investice se nemění.

Kritérium NPV lze použít pouze pro investice se stejnou životností, pro různé životnosti nemá tato hodnota správnou vypovídající hodnotu. V této práci jsem zahrnul pouze varianty se stejnou dobou životnosti, tedy jako hlavní porovnávací kritérium jsem použil ukazatel NPV. Nicméně pokud by se naskytl nějaká nová alternativní varianta, která nemá stejnou dobu životnosti, bylo by potřeba jiného porovnávacího kritéria. Tímto kritériem může být např. hodnota RCF roční (cash-flow). Jelikož jedním ze vstupů do vzorce pro výpočet RCF je právě hodnota NPV, kterou jsem již pro všechny varianty počítal, rozhodl jsem se dopočítat i kritérium RCF, abych měl více parametrů, podle kterých bych mohl jednotlivé varianty mezi sebou porovnat. Vynásobením hodnoty NPV anuitou dojde v podstatě k rovnoměrnému rozdělení diskontovaných peněžních toků do jednotlivých let po dobu životnosti projektu.

¹³ Státní dluhopis 1,50/40

Vzorec pro výpočet RCF vypadá následovně [19]:

$$RCF = NPV * a$$

kde RCF ... roční ekvivalentní peněžní tok (cash-flow) [Kč],

NPV ... čistá současná hodnota [Kč],

a ... anuitní faktor [Kč].

Anuitní faktor se vypočítá dle následujícího vzorce [19]:

$$a = \frac{q^T * (q - 1)}{q^T - 1}$$

kde a ... anuitní faktor [Kč],

q ... $q = 1 + r$ [-],

r ... diskont [%],

T ... počet období/doba životnosti [rok].

Anuitní faktor je pro všechny varianty stejný, jelikož diskont **8,69 %**) ani doba životnosti **(15 let)** se nemění, a proto jsem anuitu vypočítal v tomto odstavci, abych výpočet nemusel opakovat u každé investice.

$$a = \frac{q^T * (q - 1)}{q^T - 1} = \frac{1,0869^{15} * (1,0869 - 1)}{1,0869^{15} - 1} = \mathbf{0,1218} [-]$$

3.5 Kotel na biomasu

„Kotle na biomasu jsou alternativním zdrojem energie určeným na úsporné a ekologicky šetrné vytápění rodinných domů [...]“ [10]. Jsou určeny na spalování biomasy ve formě briket, pelet či kusového dřeva. V dnešní době se často dodávají i objemné zásobníky, které vysoce snižují potřeby na obsluhu.

3.5.1 Výhody

Pořízení kotle na biomasu s sebou přináší několik výhod [9]:

- Kotle na biomasu disponují vysokou účinností (u spalování pelet až 95 %).
- Jde o zdroj šetrný k životnímu prostředí.
- Nabízí komfortní automatizaci provozu.

3.5.2 Dotace

„Od 1. září 2024 bude podle zákona o ochraně ovzduší povoleno používat **pouze kotle pouze 3. a vyšší emisní třídy podle ČSN EN 303-5.**“ [10]. V souvislosti s tímto nařízením poskytuje Ministerstvo životního prostředí podporu z fondů EU prostřednictvím tzv. Kotlíkových dotací. Aquapark Vodní ráj bohužel nesplňuje podmínky pro udělení dotace¹⁴, v této variantě jsem proto možnost dotací nezohlednil.

3.5.3 Palivo

Na výběr jsem měl z několika druhů paliv. „*Palivem pro takové typy kotlů je kusové dřevo, dřevní štěpka, pelety a brikety.*“ [13]. V porovnání s plynem je cena paliva do kotlů na biomasu poměrně výhodná [13]. Do celkové ceny za palivo jsem však musel započítat i cenu za dopravu, která v těchto objemech není zanedbatelná a která znatelně navyšuje celkové náklady.

¹⁴ Kotlíková dotace se vztahuje především na rodinné domy a bytové jednotky, jejichž tepelné zdroje nebudou v souladu s ČSN EN 303-5. Dotace se vztahují výhradně na výměnu starých kotlů za nové. Na výměnu plynového kotle (který je instalován v Aquaparku Vodní ráj) není možné dotace čerpat [11].

3.5.4 Varianta 1: Kotel na biomasu – HAMONT 400

Pro konkrétní variantu řešení jsem zvolil biomasový kotel HAMONT 400 od společnosti CSTfire, s.r.o [22]. Jedná se o biomasový kotel se jmenovitým výkonem $P = 400 [kW]$. Ke kotli by byl třeba vybudovat zásobník paliva a pásový dopravník, který by dopravoval palivo ze zásobníku do kotle.

Rámcová cena této soustavy technologie HAMONT 400 je **1 350 000 Kč** bez DPH¹⁵. Cena nezahrnuje topenářské práce, stavební práce, výstavbu skladu paliva, dopravníku, čerpadla atd. Pro vyčíslení těchto položek by bylo třeba vypracování již konkrétní studie proveditelnosti, pro kterou by bylo třeba certifikovaného pracovníka z oboru. Pro potřeby této práce jsem vyčíslil cenu těchto položek na stejnou, jako je pořizovací cena kotle, tedy **1 350 000 Kč** bez DPH.

Dále jsem provedl hrubé vyčíslení potenciálních ročních provozních nákladů. Kotel na biomasu HAMONT 400 používá jako palivo dřevní štěpku. Po analýze dostupné nabídky jsem vybral dodavatele PALIVA SEVER, s. r. o.¹⁶ Jedná se o velkododavatele biopaliv. Na trhu s dřevní štěpkou jsem našel i levnější varianty, nicméně jsem se rozhodl pro tuto variantu zvolit právě dodavatele PALIVA SEVER, s. r. o. Tato firma má kapacitu pro dodání potřebných objemů paliva, přičemž poměrně vysoké ceny za dopravu mohou reflektovat reálné výdaje v případě realizace této varianty.

Roční provozní náklady jsem stanovil následovně. Dodavatel PALIVA SEVER, s. r. o. nabízí dřevní štěpku ve výši **505 Kč za prms** bez DPH [23]. Tento typ dřevní štěpky [23] má výhřevnost přibližně $12 [MJ/kg]$ [41], teoretická účinnost kotle je až 95 %. Pro požadované množství tepla¹⁷ je tady třeba přibližně 520 tun paliva, cena za toto množství dřevní štěpky je **1 329 000 Kč** bez DPH. Cena za dopravu tohoto objemu paliva je dodavatelem vyčíslena na **2 251 200 Kč** bez DPH¹⁸ [23]. Dále je třeba započítat cenu údržby soustavy, kterou jsem vyčíslil na **50 000 Kč** za rok.

¹⁵ Tato rámcová cena není uvedena v katalogu [22], tuto hodnotu jsem získal po krátké komunikaci s jedním ze zaměstnanců firmy CSTfire, s. r. o.

¹⁶ Adresa: Chudenická 1059/30, 102 00, Praha 10

¹⁷ 6 000 GJ

¹⁸ Tato hodnota je opravdu vysoká, pravděpodobně by bylo možné sjednat nějakou množstevní slevu, nicméně pro utvoření realistického dohadu jsem v této práci ponechal tuto částku.

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69\%$; $T = 15 \text{ let}$) se jedná o roční eskalaci ceny dřevní štěpky o **3 %**, roční eskalaci dopravy štěpky o **2 %** a roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**. Tyto hodnoty jsem stanovil po konzultaci s vedoucím této práce, jelikož jsem nebyl schopen přesně určit vývoj cen dotčených komodit z poslední let.

Hodnotu ročních dosavadních nákladů (**4 500 000 Kč**), od které jsem dopočítal výši ročních úspor, jsem se rozhodl neeskalovat, z důvodu charakteru této práce.

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned}
 NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 2\,700 \text{ tis.} \\
 &= \frac{870 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{785 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{-534 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 2\,700 \text{ tis.} \\
 &= \mathbf{220 \text{ [tis. Kč]}}^{19}
 \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = 220 \text{ tis.} * 0,1218 = \mathbf{27 \text{ [tis. Kč]}}$$

Varianta kotle na biomasu HAMONT 400 z vypočtených hodnot NPV a RCF vyšla jako výnosná. Vstupem, který zde má největší vliv na výši úspor u této investice, je cena za palivo a jeho dopravu. Pokud by bylo možné najít jiného dodavatele (např. lokálního distributora), než kterého jsem v této práci uvedl, který by nabízel přijatelnější cenu za dopravu, hodnota NPV by výrazně vzrostla.

¹⁹ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.5.4

3.5.5 Varianta 2: Kotel na biomasu – OPOP BIOPEL LINE 200

Pro možnosti porovnání stejného tepelného zdroje jsem se rozhodl vypracovat další variantu kotle na biomasu. V tomto případě jsem vybral biomasový kotel OPOP BIOPEL LINE 200 od výrobce Opop [24]. Jmenovitý tepelný výkon tohoto kotle je 200 kW. Kotel disponuje systémem automatického zapalování a je vybaven podavačem pelet v délce až 3 metry, nicméně pro potřebné objemy spotřebovaného paliva jsem se rozhodl počítat opět s nutností vybudování skladu paliva.

Cena samotného kotle činí **453 060 Kč** bez DPH [24]. Dále je třeba vyčíslit všechny ostatní podpůrné práce včetně výstavby skladu paliva. Tuto částku jsem se rozhodl použít totožnou jako u kotle HAMONT 400, tedy **1 350 000 Kč** bez DPH.

Jedním z hlavních důvodů, proč jsem se rozhodl vypracovat i druhou variantu kotle na biomasu, byla snaha ukázat, jakou roli hraje u tohoto tepelného zdroje typ a cena paliva, a cena jeho dopravy. Tyto položky mají na celkové náklady největší vliv. Kotel OPOP BIOPEL LINE 200 má předepsané palivo dřevěné pelety 6-8 mm. Po důkladné analýze dostupných dodavatelů jsem se rozhodl použít nabídku od společnosti OKPaliva.cz²⁰ [28]. Jednotková cena dřevních pelet je 8,61 Kč/kg s DPH včetně dopravy, tedy 6,8 Kč/kg bez DPH²¹ včetně dopravy. Z technických parametrů kotle jsem vyčetl, že průměrná spotřeba paliva pro maximální výkon²² je 45 kg/hod, předpokládal jsem nepřetržitý provoz. Cenu údržby jsem opět vyčíslil na **50 000 Kč** za rok.

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69 \%$; $T = 15 \text{ let}$) se jedná o roční eskalaci ceny dřevních pelet včetně dopravy o **3 %** a roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**. Tyto hodnoty jsem stanovil opět po konzultaci s vedoucím této práce, jelikož jsem nebyl schopen přesně určit vývoj cen dotčených komodit z poslední let.

²⁰ Dodavatelů dřevních pelet jsem našel desítky a cena byla u všech nabídek víceméně podobná. U této nabídky je důležité zmínit, že dřevní pelety jsou baleny do pytlů po 15 kg, což by pro obsluhu znamenalo práci navíc. Pro potřeby této práce však tato technická komplikace není kritická, nicméně je důležité o ní vědět. V ideálním případě by bylo dobré uvažovat o dodavateli, který by palivo zavážel pomocí objemných cisteren/kamionů. Ekonomické vyčíslení takového způsobu dopravy by již vyžadovalo konkrétní domluvu s vybraným dodavatelem.

²¹ Sazba DPH palivového dřeva je od 1. 1. 2024 21 % [27]

²² 200 kW

Hodnotu ročních dosavadních nákladů (**4 500 000 Kč**), od které jsem dopočítal výši ročních úspor, jsem opět neeskaloval, z důvodu charakteru této práce.

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned}
 NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 1\,803 \text{ tis.} \\
 &= \frac{1\,719 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{1\,637 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{315 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 1\,803 \text{ tis.} \\
 &= \mathbf{8\,147 \text{ [tis. Kč]}}^{23}
 \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = 8\,147 \text{ tis.} * 0,1218 = \mathbf{992 \text{ [tis. Kč]}}$$

Varianta kotle na biomasu OPOP BIOPEL LINE 200 z vypočtených hodnot NPV a RCF vyšla opět jako výnosná, přičemž výnosnost²⁴ je v tomto případě mnohem vyšší u kotle HAMONT 4000. Z tohoto poznatku jsem odvodil skutečnost, že u varianty kotle na biomasu tolik nezáleží na výběru konkrétní varianty, ale značně záleží na ceně paliva a jeho dopravy.

²³ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.5.5

²⁴ Zde je třeba interpretovat jako výše úspor.

3.6 Fototermické panely

Fototermické panely jsou jedním z bezemisních zdrojů, které využívají sluneční energii na přímý ohřev vody. Bývají často zaměňovány s panely fotovoltaickými, které však fungují na úplně jiném principu [14]. Jedním z velkých benefitů tohoto tepelného zdroje jsou v podstatě nulové palivové náklady. Nevýhodou je poté skutečnost, že tento tepelný zdroj nabízí pouze přerušovaný chod.

3.6.1 Úvaha

Pro tuto variantu jsem uvažoval několik skutečností.

Jelikož je tato práce zaměřena na ekonomický charakter investic, zanedbal jsem technické provedení instalace fototermických panelů. Provedl jsem pouze základní úvahu, zda je v areálu aquaparku dostatečně velká plocha na umístění soustavy. Zanedbal jsem parametry typu umístění oběhového čerpadla, ideální natočení panelů pro maximální efektivnost, nosnost střechy atd.

Zadruhé jsem uvažoval u této varianty pouze sezónní provoz. Je logické, že panely fungují pouze v případě, že na ně dopadají sluneční paprsky. Množství dopadající energie závisí na několika faktorech, mimo jiné na počasí, ročním období, hustota oblačnosti atd. Pro určení hrubé hodnoty průměrného ročního svitu jsem analyzoval data z minulých let a stanovil, že v Jihlavě svítí slunce přibližně **1 500** hodin za rok [15].

Fototermické panely (podobně jako panely fotovoltaické) se vyrábí zpravidla v menších rozměrech, a následně se zapojují do větších soustav, přičemž jejich výkony se sčítají. Aby bylo možné tuto variantu porovnat s ostatními, vzal jsem opět v úvahu soustavu se jmenovitým výkonem $P = 200 [kW]$.

3.6.2 Varianta 3: Fototermické panely – EuroSol K02

Pro konkrétní návrh jsem vybral nabídku od firmy Schlieger²⁵ [20]. Jedná se o orientační cenový návrh fototermického ohřevu vody, se strukturou panelů 3x 25 trubic a bez akumulční nádrže, kde probíhá dodávka tepla ze solárního panelu na ohřev TUV²⁶. Koeficient výkonu 25 trubic je $P = 1570 [W]$ ²⁷. Minimální životnost soustavy je 25 let bez ztráty výkonu, záruka je platná 15 let. S přihlédnutím k ostatním variantám jsem se rozhodl i zde použít dobu životnosti 15 let²⁸.

Nejdříve jsem vypočítal potřebné množství panelů. Pro možnost porovnání jsem uvážil jmenovitý výkon $P \sim 200 [kW]$. Počet panelů jsem získal následovně:

$$a_c = \frac{P_c}{P_j} = \frac{200}{1,57} = 127,38 = \mathbf{128 [panelů]}$$

kde a_c ... počet panelů [kus],

P_c ... celkový výkon [kW],

P_j ... výkon jednoho panelu [kW].

Pro získání konkrétní ceny jsem kontaktoval firmu Schlieger a po krátké konzultaci jsem získal informace o jednom z balíčků, který momentálně nabízejí. Jedná se o soustavu 3 solárních kolektorů Eurosol K02 – 25T včetně solární sestavy a tepelného čerpadla. Celková cena tohoto systému včetně montáže, instalace a připojení je **176 855 Kč** bez DPH²⁹. Pro získání přesné ceny by bylo třeba provést podrobnější studii. Pro potřeby této práce jsem se rozhodl jednoduše nabídku výše rozšířit o potřebné množství panelů včetně ceny za montáž a další příslušenství.

²⁵ Konkrétní nabídka v Příloze 4.

²⁶ Teplá užitková voda

²⁷ Jedná se o maximální výkon při ideálním osvětlení.

²⁸ Nicméně reálná minimální životnost této soustavy by byla již zmíněných 25 let.

²⁹ Konkrétní nabídka v Příloze 4.

Investiční náklady jsem stanovil následovně:

$$p_{fp} = p_s * \frac{x_c}{x_j} = 176\,885 * \frac{128}{3} = 7\,546 \text{ tis. Kč}$$

kde p_{fp} ... cena investice fototermtických panelů [Kč]

p_s ... cena jedné soustavy [Kč]

x_c ... celkové množství panelů [kus]

x_j ... počet panelů v jedné soustavě [kus]

Jak jsem již zmínil, významnou výhodou této varianty jsou velmi nízké provozní náklady. Palivové náklady jsou minimální, jediné provozní náklady budou spojené s údržbou a spotřebou elektřiny na pohon cirkulačních čerpadel. Po konzultaci s vedoucím práce jsem tuto částku vyčíslil na **20 000 Kč**.

Nakonec jsem přepočítal hodnotu současné ceny za vytápění, jelikož fototermtické panely mají využitelnost pouze 1 500 hodin ročně. Tento tepelný zdroj má tudíž schopnost vykřít pouze část celkové roční spotřeby. Výpočet jsem provedl následovně:

$$p_{sn} = c_{rn} * \frac{m_v}{m_r} = 4\,500\,000 * \frac{1500}{8760} = 771 \text{ tis. Kč}$$

kde p_{sn} ... částečné náklady za vytápění [Kč],

p_{rn} ... roční náklady za vytápění [Kč]

h_v ... počet hodin využití [hod],

h_r ... počet hodin v roce [hod].

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69\%$; $T = 15 \text{ let}$) se jedná pouze o roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**.

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 7\,546 \text{ tis.} \\ &= \frac{751 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{750 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{749 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 7\,546 \text{ tis.} \\ &= -1\,388 \text{ [tis. Kč]}^{30} \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = -1\,388 \text{ tis.} * 0,1218 = -169 \text{ [tis. Kč]}$$

Hodnoty NPV resp. RCF vyšly záporné, tuto variantu bych nedoporučil, nicméně je důležité zde nezapomenout na několik skutečností, které do výpočtu vstupovali. Zaprvé se jedná o pouze hrubý odhad investičních nákladů, reálný projekt by mohl být levnější. Zadruhé jsem uvážil životnost pouze 15 let pro možnosti porovnání s ostatními variantami, nicméně reálná životnost této soustavy by mohla být až dvakrát větší, což by s přihlédnutím k velmi nízkým provozním nákladům hodnotu NPV resp. RCF překlátilo na kladnou stranu³¹.

³⁰ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.6.2

³¹ Jednalo by se o dalších deset až patnáct let s pozitivním cash-flow (kladné úspory).

3.7 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je poměrně moderní zařízení určené k vytápění, ohřevu vody či přitápění bazénů [16]. Nabízí bezobslužnou činnost a nízké provozní náklady. Energií odebírá tepelné čerpadlo z okolního prostředí³². Výhodou je možnost celoročního nepřerušovaného provozu.

3.7.1 Rozvaha

Tepelných čerpadel existuje několik druhů. Využívají rozdíl dvou teplot pro vytvoření tepelného okruhu, které funguje díky prudkému stlačení topného média kompresorem (poháněn elektřinou) [29]. Hledal jsem opět zařízení se jmenovitým výkonem přibližně $P \sim 200 [kW]$. U této skupiny tepelných zdrojů jsem se rozhodl propočítat tři varianty, rozdílné v typu čerpadla a způsobu napájení. Jedná se o varianty:

- Tepelné čerpadlo vzduch-voda, elektřina odebírána ze sítě.
- Tepelné čerpadlo země-voda, elektřina odebírána ze sítě.
- Tepelné čerpadlo vzduch-voda, elektřina odebírána z fotovoltaických panelů³³.

Varianta 1 (vzduch-voda, elektřina ze sítě) nevyžaduje žádné speciální dodatkové investice, jelikož by čerpadlo bylo umístěno ve venkovní části areálu aquaparku.

Varianta 2 (země-voda, elektřina ze sítě) vyžaduje mimo samotné čerpadlo dostatečně hluboký zemní vrt. Podrobnou analýzu takového vrtu jsem neprováděl, provedl jsem pouze základní úvahu, že s přihlédnutím k rozsáhlosti venkovního areálu aquaparku by bylo možné zmíněný vrt vytvořit a tudíž má smysl se touto variantou dále zabývat.

Varianta 3 (vzduch-voda, elektřina z fotovoltaiky) vyžaduje instalaci fotovoltaických panelů, které nabízí v podstatě nulové provozní náklady, ale umožňují pouze přerušovanou dodávku se sezónním průběhem.

³² Z pravidla sluneční energie, která se uchovává v zemi, vzduchu či vodě.

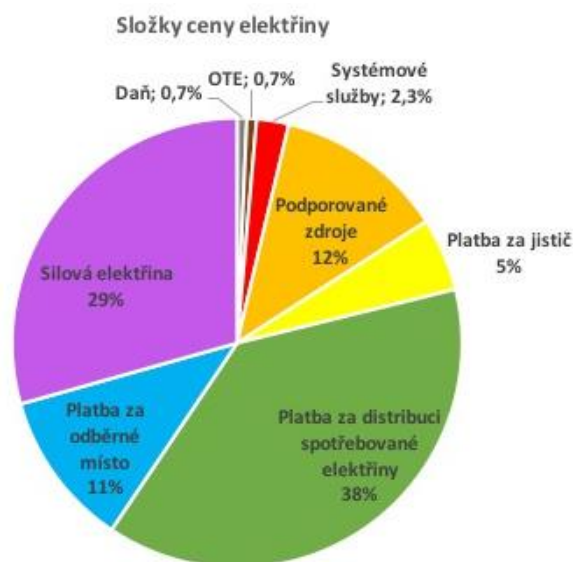
³³ Fotovoltaické panely by bylo třeba nejdříve vystavět, budou zahrnuty v investičních nákladech této varianty.

3.7.2 Varianta 4: Tepelné čerpadlo – vzduch-voda

Pro konkrétní řešení jsem vybral tepelné čerpadlo *Fairland RAPID INVERTER IPHC300T* s výkonem 110 kW [17]. Jedná se o zařízení s plně invertorovým stavem, plynule regulovatelným příkonem a maximální efektivitou vytápění.

Aktuální cenová nabídka³⁴ pro tento typ čerpadla je **560 648 Kč** bez DPH [18]. Jelikož toto zařízení umožňuje nepřetržitý provoz, uvažoval jsem požadovaný výkon opět $P \sim 200$ [kW]. Aby byl tento výkon pokryt, vzal jsem v úvahu instalaci dvou těchto jednotek, jejichž společný by byl 220 kW³⁵. Do investičních nákladů je dále třeba vzít v úvahu cena instalace, cena vybudování dodatečné infrastruktury atd. Tuto částku jsem po konzultaci s vedoucím práce odhadl na **200 000 Kč**.

Důležitým parametrem je u tepelných čerpadel vstupní elektrický výkon, který zajišťuje chod kompresoru v čerpadle. Do provozních nákladů se tudíž nejvíce podepíše cena za odběr elektrické energie. Z technické dokumentace jsem vyčetl, že jmenovitý vstupní výkon tohoto typu čerpadla je $P = 17,6$ [kW]. Celková cena za odebranou elektrickou energii však má několik složek. Jejich přibližné procentuální rozdělení je patrné z grafu níže³⁶:



Graf 2: Struktura platby za elektřinu [30]

³⁴ Ke dni 22. 4. 2024

³⁵ $P = P_1 + P_2 = 110 + 110 = 220$ [kW].

³⁶ Obrázek má sloužit pro grafické znázornění složek ceny za elektřinu, procentuální rozdělení neodpovídá této variantě.

Na rok 2024 má Aquapark vodní ráj sjednanou fixní cenu za silovou elektřinu ve výši **3 400 [Kč/MWh]** [1]. Distribuční služby poskytuje v současnosti³⁷ distributor elektřiny a plynu EG. D. Pro domácnosti využívající tepelná čerpadla je od 1. 4. 2016 možné sjednávat distribuční sazbu D 57d, která nabízí dvou tarifní režim (vysoký a nízký tarif – VT a NT) s operativním řízením platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin denně [31]. V zájmu vypovídající hodnoty této práce jsem po podrobné analýze nabídek rozhodl zůstat u stejného distributora³⁸. Po vyplnění *průvodce distribučními sazbami* mi byla doporučena distribuční sazba C 56d [32]. Jedná se o dvou tarifní sazbu určenou pro odběrná místa, kde je pro vytápění objektu instalováno tepelné čerpadlo. U tohoto tarifu by však mohl nastat problém se sjednáním, jelikož tento tarif je určen pro vytápění objektů, nikoliv vyhřívání bazénů. Proto jsem pro výpočet zvolil bezpečnější tarif C 03d, který je úplně bez podmínek. Cena za distr. množství elektřiny je v C 03d **1 627 [Kč/MWh]**.

Další položkou je platba za jistič neboli cena za rezervovaný příkon. Pro 2 tepelná čerpadla s celkovým příkonem 35,2 [kW] by odpovídala hodnota hlavních jističů v rozmezí nad 3x50 A do 3x63 A včetně [34], jejichž měsíční plat je roven **5 018 [Kč/měsíc]** bez DPH [33].

K cenám za zajišťování distribuce se dále dle [33]³⁹ připočítávají cena za systémové služby ve výši **212,85 [Kč/MWh]** bez DPH a cena za úhradu nákladů s podporou elektřiny z podporovaných zdrojů energie (POZE) v maximální výši **495 [Kč/MWh]** bez DPH⁴⁰.

Nakonec je třeba opět započítat nutnost údržby, kterou jsem s přihlédnutím k automatizaci chodu vyčíslil na **20 000 Kč** za rok.

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69 \%$; $T = 15 \text{ let}$) se jedná o roční eskalaci ceny elektrické energie (komplet) o **2 %** a roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**. Tyto hodnoty jsem stanovil opět po konzultaci s vedoucím této práce.

³⁷ Ke dni 23. 4. 2024.

³⁸ EG.D, a. s.

³⁹ V kapitole: Všeobecné podmínky pro zajišťování distribuce elektřiny a základní pojmy; odst. 12.

⁴⁰ Další složky ceny elektřiny (daň, cena za administraci POZE, cena za zaúčtování odchylek) jsou pro potřeby této práce zanedbatelné.

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 1\,321 \text{ tis.} \\ &= \frac{2\,631 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{2\,594 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{2\,039 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 1\,321 \text{ tis.} \\ &= \mathbf{18\,480 \text{ [tis. Kč]}}^{41} \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = 18\,480 \text{ tis.} * 0,1218 = \mathbf{2\,251 \text{ [tis. Kč]}}$$

Hodnoty NPV resp. RCF vyšly kladné, tuto investici bych označil jako velmi přívětivou. Výše úspor dosahuje skoro 19 milionů Kč, což dělá z této alternativy velmi atraktivní variantu. Důvodem jsou relativně nízké provozní náklady (v porovnání s kotli na biomasu). Navíc je tato technologie poměrně spolehlivá a vyžaduje minimální údržbu.

⁴¹ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.7.2

3.7.3 Varianta 5: Tepelné čerpadlo – země-voda

Další možností pro variantu s tepelným čerpadlem je tepelné čerpadlo pracující na principu země-voda. Disponuje několika výhodami jako je stabilní výkon a nezávislost na venkovní teplotě [38]. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a nutnost vykopání hlubinných vrtů.

Pro konkrétní řešení jsem vybral zařízení *Industrial Line EcoTouch 5240T*, konkrétně *ET 5300.5TAD* od firmy HENNLICH, s. r. o. [40]. Tepelná čerpadla řady ET 5240T jsou vhodná pro nasazení v objektech s velkou tepelnou ztrátou a pro průmyslové aplikace vytápění. Tato zařízení se vyrábějí převážně na zakázku, pro získání potřebných hodnot jsem kontaktoval produkt-manážera této firmy [39]. Po krátké konzultaci jsme dospěli k několika skutečnostem. Tou nejdůležitější je fakt, že hlubinné vrty pro získání požadovaného množství energie⁴² nestačí. Jejich instalace by pokryla cca 1/3 požadované energie [39]. Dále se objevuje problém umístění samotných vrtů. Aquapark disponuje poměrně rozsáhlým venkovním areálem s volnými plochami určenými primárně pro rekreaci, instalací těchto vrtů by se tato plocha výrazně zmenšila, což by bylo pro aquapark nežádoucí.

Pro možnosti porovnání s ostatními variantami jsem se však rozhodl tuto variantu též rámcově zpracovat a vypočítat.

„...pro běžné podmínky např. 20 vrtů á 150 m odpovídá cca 4 500 000 Kč samotné vrtání. Se strojovnou odhad 7 mil. + 2 mil. TČ...“ [39]. Takto by velmi rámcově mohla vypadat cena investice do celé soustavy s tepelným čerpadlem včetně hlubinných vrtů a strojovny. Konkrétní čerpadlo jsem vybral *ET 5300.5TAD* z nabídky níže:

⁴² 6000 GJ za rok.

Industrial Line EcoTouch 5240T (111 bis 299 kW) - Wärmepumpen-Kompaktgerät

Baureihe EcoTouch 5240T mit Kältemittel R410A und digitalem Sanftanlasser , 4,3 Zoll Touch-Display



Bezeichnung	Art.-Nr.	Nennleistung Aufn. / Abg. (kW bei) ¹⁾		Gewicht (kg)	Preis/ Stück(VE) €	Rabatt-gruppe
Geräteausführung: Anthrazit		Energieeffizienz ²⁾				
		W10/W35	B0/W35			
ET 5145.5TAD mit Anzugsstromdämpfung	ET145501TAD-1	24,0/146,4 A+++	23,2/111,1 A+++	803	50.738,00	Global
ET 5182.5TAD mit Anzugsstromdämpfung	ET182501TAD-1	30,3/183,2 A+++	29,4/140,3 A+++	863	57.783,00	Global
ET 5235.5TAD mit Anzugsstromdämpfung	ET235501TAD	38,7/238,1 A+++	37,4/181,5 A+++	1.100	69.047,00	Global
ET 5300.5TAD mit Anzugsstromdämpfung	ET300501TAD	50,0/299,0 A+++	47,2/229,0 A+++	1.200	77.128,00	Global

¹⁾Für oben genannte Leistungsangaben gelten die Toleranzen nach EN 12900. ²⁾Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienzklasse bei durchschnittlichen Klimaverhältnissen - Mitteltemperaturanwendung (55 °C) / Niedertemperaturanwendung (35 °C).

Obr. 1: Nabídka tepelných čerpadel do firmy HENNLICH, s. r. o. [39]

Z nabídky výše jsem vyčetl, že čerpadlo *ET 5300.5TAD* má jmenovitý výkon 229 kW⁴³ a elektrický vstupní výkon $P = 47,2$ [kW]. Cenu za elektřinu jsem použil stejnou jako u tepelného čerpadla vzduch-voda, všechny položky jsem detailně rozepsal v předchozí kapitole 3. 7. 2.

Tato soustava by byla schopna pokrýt pouze 1/3 požadované energie, proto jsem současné roční náklady na vytápění ekvivalentně přepočítal na hodnotu **1 500 000 Kč bez DPH**.

Náklady na údržbu jsem opět vyčíslil s přihlédnutím k automatizaci chodu na **20 000 Kč** za rok.

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69$ %; $T = 15$ let) se jedná o roční eskalaci ceny elektrické energie (komplet) o **2 %** a roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**. Tyto hodnoty jsem stanovil opět po konzultaci s vedoucím této práce.

⁴³ Tato hodnota odpovídá požadovanému výkonu $P \sim 200$ [kW].

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 9\,000 \text{ tis.} \\ &= \frac{-971 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{-1\,021 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{-1\,756 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 9\,000 \text{ tis.} \\ &= -19\,366 \text{ [tis. Kč]}^{44} \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = -19\,366 \text{ tis.} * 0,1218 = -2\,359 \text{ [tis. Kč]}$$

Hodnoty NPV resp. RCF vyšly záporné, tato varianta by byla v případě realizace ztrátová⁴⁵. S přihlédnutím k náročnosti a objemu prací spojených s instalací této soustavy, která by byla schopna pokrýt pouze třetinu požadované dodávky energie, bych tuto alternativu jednoznačně zavrhnul.

⁴⁴ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.7.3

⁴⁵ Náklady by byly ještě vyšší než současné.

3.7.4 Varianta 6: Tepelné čerpadlo – vzduch-voda + fotovoltaika

Zajímavou variantou je provoz tepelného čerpadla, které je poháněno na elektrickou energii získanou z fotovoltaických panelů. Tato kombinace nabízí v podstatě nulové provozní variabilní náklady a jednoduchou automatizaci chodu. Nevýhodou je skutečnost, že tato soustava nabízí pouze přerušovaný (sezónní) provoz. Nicméně pro možnosti porovnání s ostatními variantami jsem se rozhodl i u této možnosti vypracovat rámcový návrh.

Na trhu je v současné době několik firem, které nabízí přímo soustavy fotovoltaiky s tepelným čerpadlem. Jedna z těchto firem je například firma Schlieger, s. r. o. [35]. Většina těchto nabídek se však vztahuje na vytápění rodinných domů, a disponují tepelnými čerpadly s mnohem menším výkonem, než je v této práci požadován. Proto jsem tuto variantu vypracoval poskládáním různých zařízení od různých dodavatelů, což jsem si pro přibližné finanční výpočty mohl dovolit.

Tepelné čerpadlo vzduch-voda jsem opět zvolil *Fairland RAPID INVERTER IPHC300T* s výkonem 110 kW [17]⁴⁶. Pro pokrytí požadovaného výkonu $P \sim 200$ [kW] jsem opět uvážil investici do dvou těchto zařízení. Cenu instalace a dalších prací jsem opět vyčíslil na **200 000 Kč** jako ve variantě 3. 7. 2, cenu instalace fotovoltaických panelů jsem vyčíslil samostatně.

Jak již bylo zmíněno výše, tepelné čerpadlo by v této variantě bylo poháněno pomocí elektrické energie získané z fotovoltaických panelů. Celkový vstupní výkon pro 2 tepelná čerpadla je 35,2 [kW] [18]. Pro konkrétní návrh fotovoltaických panelů jsem vybral *Solární panel JA Solar 385 Wp* [36]. Jedná se o monokrystalický solární panel s technologií half-cell, která nabízí výhody vyššího výkonu. Záruka výkonu od výrobce je 25 let 82,37 % jmenovitého výkonu. Pro možnost porovnání jsem opět do výpočtů stanovil dobu životnosti 15 let. Výrobce nabízí možnost hromadných zakázek.

⁴⁶ Jedná se o stejné zařízení jako ve variantě 3.7.2

Panel má rozměry 1 x 1,7 m. Potřebný počet panelů jsem zjistil následujícím způsobem:

$$a_c = \frac{P_c}{P_j} = \frac{35\,200}{385} \sim 92 \text{ [panelů]}$$

kde a_c ... minimální počet panelů [kus],

P_c ... požadovaný výkon [W],

P_j ... špičkový výkon jednoho panelu [W].

Jelikož výkon jednotlivých fotovoltaických panelů je uveden ve špičkových hodnotách, vypočtenou hodnotu množství panelů jsem proto rozšířil po konzultaci s vedoucím práce o 40 %, aby byla zajištěna rezerva pro provoz s plným výkonem tepelného čerpadla. Požadované množství fotovoltaických panelů bude 128 kusů. Pro technický aspekt realizace této varianty jsem provedl základní analýzu rozlohy aquaparku a usoudil, že instalace tohoto množství panelů by byla možná⁴⁷. Cena jednoho panelu **2 060 Kč** bez DPH [36].

V poslední řadě je třeba vyčíslit náklady na podpůrnou soustavu. Do této kategorie spadají solární regulátory, baterie, měniče napětí, monitorovací zařízení, sledovače stavu baterií, ochrany, kabely a konektory, jističe atd. Všechny tyto položky je možné najít v nabídce např. od firmy NEOSOLAR [37]. Pro určení konkrétních hodnot jednotlivých komponentů by bylo třeba provést konkrétní technické řešení. Pro potřeby této práce jsem po konzultaci s vedoucím této práce vyčíslil tyto položky na **500 000 Kč** bez DPH⁴⁸.

Náklady na roční údržbu celé soustavy tepelného čerpadla s fotovoltaikou jsem vyčíslil na **50 000 Kč**.

Je důležité zmínit, že tato varianta nabízí pouze přerušovaný provoz. Dodávka elektrické energie je přímo závislá na době osvětlení panelů. Roční využití fotovoltaických panelů jsem uvažil pro jistotu trochu nižší než u fototermiky v kapitole 3. 6. 1, a sice na 1 100 hodin za rok.

⁴⁷ Samotné panely by bylo možné v ideálním případě umístit na střechu hlavní budovy, která má dostatečnou rozlohu po instalaci požadovaného množství panelů.

⁴⁸ Dle mého názoru je tato částka mírně nadhodnocená, což však u charakteru této práce příliš nevádí.

Nakonec jsem přepočítal hodnotu současné ceny za vytápění, jelikož fotovoltaické panely mají využitelnost pouze 1 500 hodin ročně. Stejně jako u varianty s fototermickými panely se jedná o částku **565 tis. Kč**⁴⁹.

Pro výpočet hodnot NPV resp. RCF této varianty jsem zadal následující vstupy. Mimo společné vstupy pro všechny varianty ($r = 8,69\%$; $T = 15\text{ let}$) se jedná pouze o roční eskalaci ceny údržby o **0,5 %**.

Hodnotu NPV jsem vypočítal následovně:

$$\begin{aligned}
 NPV &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - N_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,0869)^t} - 2\,085 \text{ tis.} \\
 &= \frac{515 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^1} + \frac{515 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^2} + [\dots] + \frac{511 \text{ tis.}}{(1+0,0869)^{15}} - 2\,085 \text{ tis.} \\
 &= \mathbf{2\,132 \text{ [tis. Kč]}}^{50}
 \end{aligned}$$

Hodnotu RCF jsem získal takto:

$$RCF = NPV * a = 2\,132 \text{ tis.} * 0,1218 = \mathbf{260 \text{ [tis. Kč]}}$$

Tuto variantu bych opět označil s přihlédnutím k vypočteným hodnotám NPV resp. RCF za přívětivou. V porovnání např. s investicemi obsahující kotle na biomasu se tato varianta jeví velmi atraktivně, jelikož dosahuje podobných úspor za pouze částečného provozu (u kotlů na biomasu jsem uvažoval celoroční nepřetržitý provoz).

⁴⁹ Konkrétní výpočet je naznačen v kapitole 3. 6. 2.

⁵⁰ Podrobný výpočet včetně všech vstupních hodnot jsem uvedl v Příloze 3 – Výpočty: list 3.7.4

4 Kritérium realizace

Jak jsem již uvedl výše, vypočtené hodnoty výhodnosti jednotlivých variant se odvíjejí od současných ročních nákladů na vytápění, v tomto případě od celkové roční ceny za teplo odebrané z kogeneračních jednotek. Není překvapením, že cena zemního plynu⁵¹ je v současnosti⁵² jiná, než byla průměrně za roky 2022 resp. 2023. Aby měla tato práce nějakou vypovídající hodnotu i za několik let, sestavil jsem níže tabulku výhodnosti jednotlivých variant.

Tabulku je třeba interpretovat následujícím způsobem. Provedl jsem reverzní výpočet hodnoty NPV, kde jsem dosadil $NPV = 0$. To znamená, že jsem hledal takové roční náklady na vytápění, pro který by varianta vyšla neutrální. Jinak řečeno, **jaká může být nejnižší cena za odebrané teplo z kogeneračních jednotek za rok, aby se vyplatilo konkrétní alternativní variantu realizovat.**

Vycházel jsem z tohoto vztahu:

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

Tato hodnota je schovaná pod položkou *Roční Cash-Flow* (CF). Jelikož do CF vstupuje více hodnot (odpisy, náklady na údržbu atd.), neuváděl jsem níže konkrétní postup výpočtu pro jednotlivé varianty. V *Příloze 3 – Výpočty v záložce Porovnání variant* jsem sestrojil primitivní kalkulačku, která pro zadané hodnoty *diskontu*, *doby životnosti*⁵³ a v tomto případě přednostně *současné roční náklady na vytápění bez DPH*, vypočítá hodnoty NPV resp. RCF automaticky. Do kolonky *současné roční náklady na vytápění bez DPH* jsem zadal takové hodnoty, aby hodnota NPV pro jednotlivé varianty vyšla nulová. V tabulce níže jsem vypsál získané údaje:

⁵¹ Kogenerační jednotky jsou poháněny na plyn, tudíž cena za odebrané teplo se přímo úměrně odvíjí od ceny zemního plynu.

⁵² V roce 2024.

⁵³ A dalších vstupů typu eskalace cen elektřiny, paliva do kotlů na biomasu atd.

varianta	roční náklady na vytápění pro NPV=0
kotel na biomasu: HAMONT	4 475 tis. Kč
kotel na biomasu: BIOPEL	3 508 tis. Kč
fototermické panely	5 490 tis. Kč
tepelné čerpadlo: vzduch-voda	2 250 tis. Kč
tepelné čerpadlo: země-voda	11 580 tis. Kč
tepelné čerpadlo: vzduch-voda + fotovoltaika	2 431 tis. Kč

Tab. 6: Cena za odebrané teplo za rok z kogeneračních jednotek, aby byla alternativní varianta výhodnější.

Tabulku výše jsem sestrojil primárně pro možnost jednoduchého porovnání s budoucími fakturami za odebrané teplo z kogeneračních jednotek. Pro jednoznačnou interpretaci jsem dále uvedl krátkou modelovou situaci.

Je rok 2027. V letech 2024, 2025 a 2026 byla cena za odebrané teplo z kogeneračních jednotek za rok přibližně 2 500 000 Kč bez DPH. Z *Grafu 1* je patrné, že se ceny zemního plynu vrátili k dlouhodobým průměrům před krizí. Pokud nepříjde další nepředvídatelná událost, lze se domnívat, že by měly tyto ceny setrvat na současné úrovni. V tomto případě je možné uvažovat nad provedením jedné z variant 4 nebo 6, jelikož je vysoká pravděpodobnost, že budou výnosné (zvýší se úspora). Naopak investice např. do kotlů na biomasu bude ztrátová⁵⁴, jelikož bude hodnota NPV záporná.

⁵⁴ Záporné NPV v tomto případě znamená záporné úspory, tedy ještě vyšší náklady na vytápění než jsou v současnosti.

5 Zhodnocení a doporučení

V této práci jsem zanalyzoval možnosti řešení problému nárůstu ceny zemního plynu v aquaparku. Provedl jsem rozbor současného způsobu vytápění a nákladů s ním spojených. Nakonec jsem vypracoval možnosti alternativního způsobu vytápění a vypočítal investiční a provozní náklady pro šest variant tepelných zdrojů.

Je důležité uvést, za jakých podmínek mají tato data vypovídající hodnotu. Zaprve se jedná o průměrné současné roční náklady ve výši **4 500 000 Kč bez DPH**. Vypočtené hodnoty NPV resp. RCF odpovídají pouze v případě, když po dobu následujících patnácti let⁵⁵ bude tato částka konstantní, tj. po dobu následujících patnácti let bude cena a množství odebraného tepla z kogeneračních jednotek přibližně stejná. Pro tento způsob zpracování jsem se rozhodl z důvodu jednoduché a jasné interpretace, jelikož celá úvaha je vztažena na jedno číslo, které lze velmi rychle zjistit z ročních vyúčtování (faktur). V dalším kroku by bylo možné přepočítat tuto hodnotu pro konkrétní cenu zemního plynu, která však v průběhu roku značně kolísá a její přesné určení by bylo značně obtížnější.

Za dobu, co jsem tuto práci vypracovával, cena zemního plynu opět výrazně klesla [4]. Aby bylo možné výsledky této práce využít i v budoucnosti, vytvořil jsem v *Příloze 3 – Výpočty* jednoduchou kalkulačku, kde po dosažení aktuální hodnoty do pole *současné roční náklady na vytápění bez DPH* v záložce *Porovnání variant* se hodnoty NPV resp. RCF automaticky přepočítají pro nový vstup.

V tabulce níže jsem uvedl výsledky jednotlivých variant.

varianta	provoz	NPV	RCF
kotel na biomasu: HAMONT	nepřerušovaný	220 tis. Kč	27 tis. Kč
kotel na biomasu: BIOPEL	nepřerušovaný	8 147 tis. Kč	992 tis. Kč
fototermické panely	přerušovaný (1500 hod. ročně)	- 1 388 tis. Kč	- 169 tis. Kč
tepelné čerpadlo: vzduch-voda	nepřerušovaný	18 480 tis. Kč	2 251 tis. Kč
tepelné čerpadlo: země-voda	nepřerušovaný	- 19 366 tis. Kč	- 2 359 tis. Kč
tepelné čerpadlo: vzduch-voda + fotovoltaika	přerušovaný (1500 hod. ročně)	2 132 tis. Kč	260 tis. Kč

Tab. 7: Vypočtené hodnoty NPV, RCF

⁵⁵ Předpokládaná doba životnosti uvedených variant.

Nejvýhodnější tj. nejúspornější variantou mi vyšlo tepelné čerpadlo vzduch-voda, které nabízí nepřerušovaný roční chod a nenáročnou obsluhu. Kotle na biomasu též vyšly výhodně, nicméně s přihlédnutím k vysokým provozním nákladům (palivo + doprava) bych tuto variantu příliš nedoporučoval. Varianta s fototermitickými panely vyšla záporná, nicméně je důležité opět zmínit, že jsem počítal s nižší dobou životnosti, než by byla využita. Přesto bych nedoporučoval se touto alternativou dále zabývat, jelikož z ekonomického i praktického hlediska je tato varianta pro potřeby vytápění aquaparku nepřilíš atraktivní. Tepelné čerpadlo poháněné fotovoltaikou mi vyšlo jako úsporné a to i pro mnohem nižší současné roční náklady (viz. *Tab. 6*). V kombinaci s již existující infrastrukturou by se mohlo jednat o zajímavou hybridní soustavu, kde po zbytek roku by mohlo být čerpadlo poháněno elektřinou ze sítě. Nad variantou tepelného čerpadla země-voda nemá smysl dále uvažovat, jelikož požadovaná dodávka tepla do aquaparku značně převyšuje kapacity potenciálních zemních vrtů [39].

Cílem této práce bylo nastínění alternativních možností vytápění v aquaparku, a zda by mělo vůbec smysl se touto otázkou podrobněji zabývat. Toto zadání jsem splnil, přičemž jsem vypracoval ekonomický posudek pro šest různých alternativních variant. V *Příloze 3* jsem následně vytvořil matematický model, do kterého je možné zadat jiné vstupy při změně vstupních podmínek. Jak s těmito informacemi bude dále naloženo, je již na rozhodnutí vedení Aquaparku Vodní ráj v Jihlavě.

6 Literatura

1. Provozní informace a faktury poskytnuté vedením Aquaparku Vodní ráj
Kontaktní osoba: Miroslav Veselý; vedoucí divize V.; e-mail: vesely@smj.cz
2. *Aquapark Vodní ráj* [online]. SLUŽBY MĚSTA JIHLAVY, s. r. o. [vid. 21. 11. 2023].
Dostupné z: <https://www.vodniraj.cz/venkovni-koupaliste/>
3. *Jak funguje kogenerační jednotka* [online]. ČEZ Energo, s. r. o. [vid. 21. 11. 2023].
Dostupné z: <https://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/jak-funguje-kogeneracni-jednotka>
4. *Zemní plyn – ceny a grafy* [online]. Kurzy.cz, spol. s. r. o. [vid. 21. 11. 2023]. Dostupné z:
https://www.kurzy.cz/komodity/zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-30-let?dat_field=03.12.2013&dat_field2=20.11.2023
5. *Výkladový slovník – zemní plyn* [online]. ČEZ, a. s. [vid. 22. 11. 2023]. Dostupné z:
https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/zem_plyn.html
6. Lucie Ješátková & Tiskové odd. MŽP. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online].
Ministerstvo životního prostředí, 2023. [vid. 25. 11. 2023]. Dostupné z:
https://www.mzp.cz/cz/news_20230828-Energeticka-krize-zcela-neskoncila-Vladni-kroky-vsak-zmirmily-dopady-rustu-cen-na-domacnosti-cilena-podpora-zajisti-dlouhodobu-reseni-energeticke-nouze
7. Filip Grygera. In: *iDNES.cz/magazíny* [online]. MARFA, a. s. [vid. 25. 11. 2023].
Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/energie/jak-usetrit-za-energie.A131024_164410_uspory-energii_web
8. *Chytré převody jednotek* [online]. Tomáš Pětivoký. [vid. 25. 11. 2023]. Dostupné z:
<https://www.jednotky.cz/cas/obycejny-rok>
9. *Jak vybrat kotel na biomasu?* [online]. Kadria, s. r. o. [vid. 25. 11. 2023]. Dostupné z:
<https://kadria-kotle.cz/kotel-na-biomasu/>
10. *Kotlíkové dotace* [online]. Státní fond životního prostředí ČR. [vid. 25. 11. 2023].
Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/zakladni-informace/>
11. *Minimanuál na kotlíkové dotace 2021 – 2022* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [vid. 27. 11. 2023]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20210726-Minimanual-na-kotlikove-dotace-2021-2022
12. *Plynové hořáky* [online]. POWER EQUIPMENT, s. r. o. [vid. 28. 12. 2023]. Dostupné z:
<https://www.pbspe.cz/monoblokove-plynove-horaky/>
13. *Princip fungování kotle na biomasu* [online]. Carrier Global Corporation. [vid. 28. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/peletove-kotle/fungovani-kotle-na-biomasu.html>
14. *Fotovoltaika a Fototermika - porovnání* [online]. Československá společnost pro sluneční energii [vid. 19. 4. 2024]. Dostupné z:
<https://www.solarnispolecnost.cz/cz/fotovoltaika-a-fototermika-porovnaní>
15. *Kolik vyrobí jeden 300Wp solární panel* [online]. 100MEGA Distribution, s. r. o. [vid. 19. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.i4wifi.cz/cs/faq/1741-kolik-vyrobi-jeden-300wp-solarni-panel>
16. *Montáž tepelných zdrojů* [online]. Schlieger, s. r. o. [vid. 30. 12. 2023]. Dostupné z:
https://web.schlieger.cz/tepelnacerpadlaprincip/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAnLs

[BhBnEiwAJRGigifrStvHZ_5MlelfqZ5rNjH7rh0Oxg4VTaTlhMtyBkB8EQoFmSqRoCU7gQAvD_BwE](#)

17. *Návod k instalaci a použití* [online]. Rapid by FAIRLAND. [vid. 30. 12. 2023]. Dostupné z: https://plavte.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=1146
18. *Fairland tepelné čerpadlo RAPID INVERTER IPHC300T 110kW s chlazením* [online]. Plavte.cz [vid. 30. 12. 2023]. Dostupné z: https://plavte.cz/tepelna-cerpadla-dobazenu/2147-fairland-tepelne-cerpadlo-rapid-inverter-iphc300t-110kw-s-chlazenim.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAnL_sBhBnEiwAJRGiggr2tFUNrwCC7XdCAL7zK8c96YPDb-Ku1UVi2ZAt_wILVLOI6VFM1xoC6TEQAvD_BwE
19. *Kritéria ekonomické efektivity* [online]. Centrum znalostního managementu [vid. 18. 4. 2024]. Dostupné z: https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/466284/mod_resource/content/3/05ZFM_kriteria%20ekonomicke%20efektivnosti.pdf
20. *Solární ohřev vody* [online]. Schlieger, s. r. o. [vid. 3. 1. 2024]. Dostupné z: <https://schlieger.cz/solarni-ohrev-vody/>
21. *Zadluženost podniku, vážená cena kapitálu* [online]. Centrum znalostního managementu [vid. 18. 4. 2024]. Dostupné z: https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/475828/mod_resource/content/2/09ZFM_Zadluzenost_WACC.pdf
22. *Univerzální automatické teplovodní kotle na spalování dřevní biomasy* [online]. CSTfire, s. r. o. [vid. 18. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.cstfire.com/wp-content/uploads/2023/03/katalog-CSTfire-2023-cz.pdf>
23. *Tříděná dřevní mulčovací štěpka* [online]. PALIVA SEVER, s. r. o. [vid. 17. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.palivazdemar.cz/mulcovaci-stepka---volne-lozena-34.html>
24. *OPOP BIOPEL LINE 200 Kotel na tuhá paliva* [online]. PROFI-UNION, s. r. o. [vid. 19. 4. 2024]. Dostupné z: https://www.topenilevne.cz/opop-biopel-line-200-p43459/?_gl=1*1rrp80k*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjw2uiwBhCXARIsACMviU3we_Hj5m2-TGvOcVOQ0mcfhELDN08WQEwmPTMPm90ktw0OPXRE8-gaAsg7EALw_wcB
25. *Dluhopisy online – Státní ČR* [online]. Patria Online, a. s. [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.patria.cz/kurzy/online/govcz/dluhopisy.html>
26. *Damodaran online* [online]. Aswath Damodaran [vid. 18. 4. 2024]. Dostupné z: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
27. *Nakupte do konce roku dřevní paliva se sníženou sazbou DPH a ušetřete tisíce Kč!* [online]. RVF.eu [vid. 19. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.rvf.eu/blog/nakupte-do-konce-roku-drevni-paliva-se-snizenou-sazbou-dph-a-usetrete-tisice-kc/>
28. *Dřevěné palety A1* [online]. OKPaliva.cz [vid. 19. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.okpaliva.cz/drevene-pelety/drevene-pelety-a1?fid=r5in&cart=1>
29. Jan Strmniska: *Jak funguje tepelné čerpadlo?* In: *Kalkulator.cz* [online]. Kalkulátor.cz, s. r. o. [vid. 20. 4. 2024]. Dostupné z: https://www.kalkulator.cz/clanky/42/jak-funguje-tepelne-cerpadlo?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21189610253&utm_term=&utm_content=&gclid=CjwKCAjwrlxjBhBbEiwACEqDJXlyLpmaf3BwKEAx_Hm1zDM4-E1aebPbZzwX4Diw3ongiSjIVSINFhoCvm0QAvD_BwE
30. *Složky ceny elektřiny* [online]. Informační portál energetické gramotnosti [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/slozky-ceny-elektriny#article-top>

31. *Ceny za distribuci* [online]. CENTROPOL ENERGY, a. s. [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.centropol.cz/clanky/ceny-za-distribuci/>
32. *Průvodce distribučními sazbami* [online]. EG.D, a. s. [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.egd.cz/pruvodce-distribucnimi-sazbami>
33. *Přehled sazeb a cen za zajišťování distribuce elektřiny* [online]. EG.D, a. s. [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: https://www.egd.cz/sites/default/files/2024-01/egd_brozura_distribuce_ee_c_2024_01.pdf
34. *Jak vypočítám velikost hlavního jističe* [online]. ProMistry.cz [vid. 23. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.promistry.cz/blog/jak-vypocitam-velikost-hlavniho-jistice/>
35. *Fotovoltaika s tepelným čerpadlem* [online]. Schlieger, s. r. o. [vid. 24. 4. 2024]. Dostupné z: <https://schlieger.cz/fotovoltaika/s-tepelny-m-cerpadlem/>
36. *Solární panel JA Solar 385 Wp* [online]. Neosolar, s. r. o. [vid. 24. 4. 2024]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/solarni-panel-ja-solar-385wp/>
37. *NEOSOLAR, energie a úsporné technologie* [online]. Neosolar, s. r. o. [vid. 24. 4. 2024]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/>
38. *Srovnání ceny a instalace tepelného čerpadla země-voda a vzduch-voda* [online]. ČEZ, a. s. [vid. 9. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/tepelna-cerpadla/srovnani-ceny-a-instalace-tepelneho-cerpadla-zeme-voda-a-vzduch-voda-174089>
39. Informace poskytnuté produkt-manážerem firmy HENNLICH, s. r. o.; Ing. Petr Hoftych; e-mail: hoftych@hennlich.cz
40. *Tepelná čerpadla země-voda, 111-1000 kW* [online]. HENNLICH, s. r. o. [vid. 9. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/g-term/tepelna-cerpadla-zeme-voda-111-1-000-kw/>
41. *Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva* [online]. Topinfo, s. r. o. [vid. 15. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>

7 Přílohy:

Příloha 1 – fakturační údaje, údaje o spotřebě, tarify - síť

Dodávka energie - elektřina - síť									
Zúčtovací období	Dodavatel	Množství [MWh]	Jednotková cena [Kč/MWh]	Spotřeba elektřiny a služeb [Kč]	Daň z elektřiny [Kč]	Cena bez DPH [Kč]	Zprostředkovatel - distribuční služby	Služby distribuční soustavy [Kč]	Celková cena s DPH [Kč]
leden 2022	innogy Energie, s.r.o.	6,166	4 562,88	28 134,72	174,50	28 309,22	EG.D, a.s.	36 804,25 Kč	78 787,30 Kč
únor 2022	innogy Energie, s.r.o.	3,628	4 257,09	15 444,72	102,67	15 547,39	EG.D, a.s.	35 641,63 Kč	61 938,72 Kč
březen 2022	innogy Energie, s.r.o.	6,007	6 473,91	38 888,78	170,00	39 058,78	EG.D, a.s.	36 652,48 Kč	91 610,62 Kč
duben 2022	innogy Energie, s.r.o.	8,019	4 526,13	36 295,04	226,94	36 521,98	EG.D, a.s.	38 006,40 Kč	90 179,34 Kč
květen 2022	innogy Energie, s.r.o.	13,127	4 758,00	62 458,27	371,49	62 829,76	EG.D, a.s.	41 572,73 Kč	126 327,01 Kč
červen 2022	innogy Energie, s.r.o.	18,642	5 703,59	106 326,32	527,57	106 853,89	EG.D, a.s.	78 373,85 Kč	224 125,57 Kč
červenec 2022	innogy Energie, s.r.o.	22,373	7 769,57	173 828,59	633,16	174 461,75	EG.D, a.s.	86 608,86 Kč	315 895,44 Kč
srpen 2022	innogy Energie, s.r.o.	26,66	12 143,22	323 738,25	754,48	324 492,73	EG.D, a.s.	72 739,85 Kč	480 651,42 Kč
září 2022	innogy Energie, s.r.o.	12,648	9 425,89	119 218,66	357,94	119 576,60	EG.D, a.s.	42 475,90 Kč	196 083,52 Kč
říjen 2022	innogy Energie, s.r.o.	15,089	4 310,25	65 037,36	427,02	65 464,38	EG.D, a.s.	35 496,32 Kč	122 162,45 Kč
listopad 2022	innogy Energie, s.r.o.	4,968	5 048,05	25 078,71	140,59	25 219,30	EG.D, a.s.	33 481,85 Kč	71 028,39 Kč
prosinec 2022	innogy Energie, s.r.o.	5,687	6 805,21	38 701,23	160,94	38 862,17	EG.D, a.s.	33 611,73 Kč	87 693,42 Kč
leden 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	48,483	3 938,46	190 948,36	1 372,07	192 320,43	EG.D, a.s.	42 570,54 Kč	284 218,07 Kč
únor 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	53,254	3 858,80	205 496,54	1 507,09	207 003,63	EG.D, a.s.	43 831,78 Kč	303 510,84 Kč
březen 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	58,854	3 147,16	185 222,95	1 665,57	186 888,52	EG.D, a.s.	45 070,32 Kč	280 670,20 Kč
duben 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	54,803	2 925,32	160 316,31	1 550,92	161 867,23	EG.D, a.s.	43 933,99 Kč	249 019,48 Kč
květen 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	57,78	2 415,01	139 539,28	1 635,17	141 174,45	EG.D, a.s.	44 346,94 Kč	224 480,88 Kč
červen 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	82,313	2 744,94	225 944,25	2 329,46	228 273,71	EG.D, a.s.	72 386,79 Kč	363 799,20 Kč
červenec 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	109,912	2 513,31	276 242,93	3 110,51	279 353,44	EG.D, a.s.	76 905,98 Kč	431 073,90 Kč
srpen 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	108,631	2 672,40	290 305,48	3 074,26	293 379,74	EG.D, a.s.	66 969,69 Kč	436 022,82 Kč
září 2023	EP ENERGY TRADING, a.s.	50,157	2 965,47	148 739,08	1 419,44	150 158,52	EG.D, a.s.	43 052,90 Kč	233 785,82 Kč
celkem 2022		143,014	75 783,79	1 033 150,64	4 047,30	1 037 197,94		571 465,85 Kč	1 946 483,19 Kč
celkem 2023		624,187	27 180,87	1 822 755,17	17 664,49	1 840 419,66		479 068,93 Kč	2 806 581,20 Kč
celkem		767,201	102 964,66	2 855 905,81	21 711,79	2 877 617,60		1 050 534,78 Kč	4 753 064,39 Kč

Příloha 2 – fakturační údaje, údaje o spotřebě, tarify - JIKO

Dodávka energie - Kogenerační jednotky (JIKO)										
Zúčtovací období	Dodavatel	elektřina				teplo				Cena celkem s DPH
		Množství [MWh]	Jednotková cena [Kč/MWh]	Cena bez DPH [Kč]	Celková cena s DPH [Kč]	Množství [GJ]	Jednotková cena [Kč/GJ]	Cena bez DPH [Kč]	Celková cena s DPH [Kč]	
leden 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	56,601	2 140,00 Kč	121 126,14 Kč	146 562,63 Kč	6994,7	656,68 Kč	4 593 279,60 Kč	5 052 607,56 Kč	6 707 096,92 Kč
únor 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	53,002	2 140,00 Kč	113 424,28 Kč	137 243,38 Kč					
březen 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	54,078	2 140,00 Kč	115 726,92 Kč	140 029,57 Kč					
duben 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	46,753	2 140,00 Kč	100 051,42 Kč	121 062,22 Kč					
květen 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	37,998	2 140,00 Kč	81 315,72 Kč	98 392,02 Kč					
červen 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	67,134	2 140,00 Kč	143 666,76 Kč	173 836,78 Kč					
červenec 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	72,498	2 140,00 Kč	155 145,72 Kč	187 726,32 Kč					
srpen 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	71,458	2 140,00 Kč	152 920,12 Kč	185 033,35 Kč					
září 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	32,103	2 140,00 Kč	68 700,42 Kč	83 127,51 Kč					
říjen 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	43,155	2 140,00 Kč	92 351,70 Kč	111 745,56 Kč					
listopad 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	51,142	2 140,00 Kč	109 443,88 Kč	132 427,09 Kč					
prosinec 2022	JIHHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	53,025	2 140,00 Kč	113 473,50 Kč	137 302,94 Kč					
celkem		638,947		1 367 346,58 Kč	1 654 489,36 Kč					

Příloha 3 – Výpočty

Výpočty hodnot NPV resp. RCF pro všechny varianty jsem provedl v souboru excel:
Bakalarska_prace_Melisik_vypocty

Příloha 4

Nabídka solárního systému pro ohřev vody a přitápění Eurosol K02 pro rok 2023:
Nabidka_solarnich_kolektoru_schlieger