

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ A
HUMANITNÍCH VĚD**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Ekonomická efektivnost výroby tepla s využitím
komunálních odpadů**

Bc. Jaromír KNÍŽE

Praha 2023

Vedoucí práce:

doc. Ing Jiří Vašíček, CSc.

Studijní program:

Elektrotechnika, energetika a management

Specializace:

Management energetiky a elektrotechniky

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kníže** Jméno: **Jaromír** Osobní číslo: **483861**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomická efektivnost výroby tepla s využitím komunálního odpadu

Název diplomové práce anglicky:

Economic efficiency of heat production utilizing municipality waste

Pokyny pro vypracování:

1. Transformace teplárenství a úloha ZEVO
2. Technologie ZEVO
3. Metodika hodnocení ekonomické efektivnosti ZEVO a regulace cen tepla
4. Ekonomické hodnocení modelového projektu ZEVO ve vybrané lokalitě

Seznam doporučené literatury:

Brealey, Myers, Allen: Principles of Corporate Finance. 9th edition, McGraw-Hill, 2007
Dokumentace EIA k projektu ZEVO Písek, EVECŮ Brno, 2022

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc. katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **27.02.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **16.02.2025**

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 25. května 2023

Bc. Jaromír Kníže

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost a trpělivost při konzultacích a vypracovávání mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za neomezenou pomoc a podporu v průběhu studia a celého mého života. Děkuji všem, kteří si našli čas a ochotu poskytnout mi potřebné informace a pomocnou ruku.

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o možnostech energetického využití komunálních odpadů jako zdroje tepla. Způsob likvidace odpadů na skládkách je dlouhodobě neudržitelný. Dochází ke zbytečnému plýtvání uložené energie v mase skládkovaných odpadů. Prvá část práce uvádí čtenáře do obecných souvislostí současného a předpokládaného stavu teplárenství u nás. Následně je rozšířen čtenářův obzor i o nároky kladené na zpracování odpadů. Druhá polovina práce již přistupuje k řešení konkrétní situace teplárny ve městě Písek. Ta je postavena před situací, že v blízké době bude nucena nahradit stávající hnědouhelný kotel jiným druhem paliva. Cílem práce je ověření, zda připravovaný projekt spalovny v Písku má reálné obrysy. V návaznosti na toto zjištění je důležitý dopad zavedení nového zdroje výroby tepla do energetického mixu teplárny a jeho vliv na výslednou cenu dodávek tepla koncovým odběratelům.

Klíčová slova: teplárenství, teplo, energie, energetické využití odpadů, město Písek

Abstract

The diploma thesis discusses possibilities of use of the communal waste as an energy source. The method of landfilling of the waste is not sustainable in the long term. We waste energy of the communal waste. The first part of the diploma thesis speaks about the general context of the heating industry in the Czech Republic. Next information is the waste management and necessary claims to the equipment for the utilization of waste. The second part of the diploma thesis solves the current situation in the heating plant in the town of Písek. They have to replace brown coal with another source of energy. The target of the thesis is verification of the reality of the current project of the Písek waste incineration plant. The Second important target is to find how the new source of energy influences the price for the end customers.

Keywords: heat industry, heat, energy, energy use of waste, town Písek

Obsah

1	Úvod	1
2	Teplárenství	3
2.1	Teplárenství v České republice	3
2.2	Legislativa teplárenství	5
2.3	Regulace teplárenství	7
2.3.1	Kalkulace ceny tepla	7
2.3.2	Přiměřený zisk.....	8
2.3.3	Postup kalkulace ceny tepelné energie.....	8
2.4	Současné výzvy teplárenství	9
2.4.1	Konkurenční prostředí.....	9
2.4.2	Vliv na životní prostředí.....	9
2.4.3	Legislativní změny	9
2.4.4	Dostupnost paliv.....	10
3	Odpadové hospodářství České republiky	11
3.1	Produkce odpadů v České republice	12
3.2	Legislativa odpadů	15
4	Energetické využití odpadů	17
4.1	Pyrolytická likvidace odpadů.....	18
4.2	Plazmatické zplyňování odpadů.....	19
4.3	Spalování odpadů	21
4.4	Potenciál využití odpadů v teplárenství	22
4.5	Technologie ZEVO v České republice.....	24
5	Teplárna Písek	25
5.1	Současný stav	26
5.2	Teplárenská infrastruktura.....	26
5.3	Výroba a dodávky tepla.....	27
5.4	Využití paliv na dodávku	28

5.5	Pozemkový fond	29
5.6	Regulovaný zisk teplárny	30
6	Potenciál využití ZEVO v lokalitě Písek	31
6.1	Možnosti umístění	31
6.2	Produkce odpadů na Písecku a Strakonicku	32
6.3	Skladba odpadů.....	33
6.4	Konkurenční záměry v okolí	34
7	Možnosti řešení situace teplárny Písek	36
7.1	Variantní návrhy řešení budoucí výkonové a tepelné bilance teplárny Písek	36
7.1.1	Varianta 1 – zpracovatelská kapacita odvozená od potřebného výkonu	37
7.1.2	Varianta 2 – Vybudování ZEVO v kapacitě spalování 50 kt SKO ročně	37
7.1.3	Varianta 3 – Plná náhrada plynovou kogenerací	37
8	Technický model ZEVO Písek a teplárny Písek	39
8.1	Stanovení instalovaného výkonu ZEVO	39
8.2	Výkonová rovnováha teplárny Písek	40
8.3	Kogenerační jednotka	43
8.4	Výkonová definice variant.....	45
8.5	Roční bilance tepla	46
8.5.1	Podíl mařeného tepla v ZEVO	47
8.5.2	Porovnání tepelné bilance variant	48
8.6	Vstupy technického modelu ZEVO Písek	49
8.6.1	Výhřevnost komunálních odpadů v oblasti Písku	49
8.6.2	Produkce zbytků z činnosti ZEVO	50
8.6.3	Provozní hodiny ZEVO.....	50
8.6.4	Rozdělení tepla ze ZEVO.....	50
8.6.5	Spotřeba materiálů na zpracování SKO	51
9	Ekonomické hodnocení ZEVO Písek	52
9.1	Diskontní míra	52
9.2	Časový horizont.....	52
9.3	Investice.....	53

9.4	Dotace.....	55
9.5	Odpisy	56
9.6	Vstupní předpoklady ekonomického modelu.....	57
9.6.1	Eskalace ekonomických vstupů	58
9.6.2	Vývoj cen energetických komodit.....	58
9.6.3	Cena elektřiny	59
9.6.4	Cena zemního plynu.....	61
9.7	Předpokládané tržby – příjmy	62
9.8	Předpokládané náklady – výdaje.....	62
9.8.1	Poplatek za likvidovaný odpad	62
9.8.2	Spotřeba materiálů	63
9.8.3	Lidské zdroje.....	64
9.8.4	Údržba.....	64
9.8.5	Obnova některých součástí během provozu.....	64
9.8.6	Likvidace popílku.....	65
9.9	Předpokládané finanční toky.....	65
9.10	Stanovení ceny tepla.....	66
9.11	Ekonomické hodnocení efektivnosti	67
9.11.1	Čistá současná hodnota	67
9.11.2	Vnitřní výnosové procento.....	68
9.12	Výsledky ekonomické části ZEVO	68
9.12.1	Varianta 1.....	69
9.12.2	Varianta 2.....	71
9.13	Shrnutí ekonomických výsledků ZEVO.....	73
9.14	Citlivostní analýza ekonomické části ZEVO.....	74
9.14.1	Vliv diskontní míry na NPV	74
9.14.2	Vliv množství spalovaného odpadu a velikosti EBT na NPV.....	74
9.14.3	Vliv kapacity ZEVO a velikosti dotace na cenu tepla.....	75
9.14.4	Vliv nákladů na údržbu na cenu tepla.....	76
9.14.5	Vliv ceny za zpracování SKO na cenu tepla	77
9.14.6	Vliv úrokové míry úvěrů na cenu tepla.....	78
9.15	Shrnutí závěrů ekonomické části ZEVO Písek.....	79
10	Ekonomický model teplárny Písek	80

10.1	Investice	80
10.1.1	Varianta 3 – investice do kogenerace	80
10.2	Variabilní náklady	81
10.2.1	Ceny paliv.....	81
10.2.2	Hnědé uhlí	81
10.2.3	Biomasa.....	83
10.2.4	Bioplynová stanice	83
10.3	Stálé náklady	83
10.3.1	Odpisy	83
10.3.2	Osobní náklady.....	84
10.3.3	Opravy a údržba	84
10.3.4	Ostatní náklady.....	84
10.4	Kalkulace ceny tepla	84
10.5	Výstupy ekonomického modelu TPI.....	86
10.5.1	Varianta 1	88
10.5.2	Varianta 2	89
10.5.3	Varianta 3	89
10.6	Citlivostní analýza ekonomického modelu teplárny.....	90
10.6.1	Vliv diskontní míry na NPV	91
10.6.2	Vliv velikosti požadovaného zisku na cenu tepla.....	91
10.6.3	Vliv ceny likvidace SKO na cenu tepla z TPI.....	92
10.6.4	Vliv velikosti dotace na cenu tepla.....	93
10.6.5	Vliv velikosti investice VAR3 na cenu tepla.....	93
10.6.6	Vliv nákladů na údržbu kogeneračních jednotek na cenu tepla	94
10.6.7	Vliv ceny zemního plynu na cenu tepla	94
10.6.8	Vliv výstupní ceny tepla ze ZEVO na cenu tepla teplárny.....	96
10.6.9	Vliv podílu biomasy v mixu na cenu tepla.....	96
10.7	Shrnutí výstupů ekonomického modelu teplárny.....	97
11	Závěr	99
12	Seznam použité literatury.....	104
13	Seznam příloh	111

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Vývoj prodeje tepla v letech 2010 až 2020	4
Obrázek 3.1 Hierarchie nakládání s odpady	11
Obrázek 3.2 Vývoj produkce odpadů v České republice'	13
Obrázek 3.3 Produkce SKO na jednotlivce v EU, rok 2019 [kg.obyvateľ ⁻¹ .rok ⁻¹]	13
Obrázek 3.4 Složení komunálního odpadu v letech 2021/2022, MŽP	14
Obrázek 4.1 Koncepce koloběhu energetického využití odpadů.....	17
Obrázek 4.2 Způsoby termického rozložení materiálů.....	18
Obrázek 4.3 Schéma plazmového zplyňování.....	19
Obrázek 4.4 Schéma fungování spalovny odpadů - ZEVO.....	21
Obrázek 5.1 Teplofikační infrastruktura města Písek.....	27
Obrázek 5.2 Výroba a prodej tepla v letech 2016 až 2021	28
Obrázek 5.3 Měsíční podíl paliv na dodávkách tepla do SCZT 2022	29
Obrázek 5.4 Majetkové poměry lokality teplárny Písek.....	29
Obrázek 6.1 Poloha města Písek vzhledem k okresům Písek a Strakonice	31
Obrázek 6.2 Okresy Písek a Strakonice	33
Obrázek 7.1 Graf možností řešení výkonové rovnováhy teplárny Písek.....	37
Obrázek 8.1 Výkonová bilance teplárny Písek.....	42
Obrázek 8.2 Výkonová bilance - nový zdroj	43
Obrázek 8.3 Graf porovnání rozložení výkonu variant	45
Obrázek 8.4 Graf závislosti rozložení palivového mixu a velikosti ZEVO	47
Obrázek 8.5 Graf poměru mařeného tepla a kapacity ZEVO	48
Obrázek 8.6 Grafické porovnání tepelné bilance variant.....	49
Obrázek 9.1 Závislost velikosti investice na roční zpracovatelské kapacitě ZEVO	55
Obrázek 9.2 Prognóza ČNB vývoje inflace.....	58
Obrázek 9.3 Vývoj ceny silové elektřiny.....	60
Obrázek 9.4 VAR1 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla s 40% dotací.....	69
Obrázek 9.5 VAR1 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla bez dotace	70
Obrázek 9.6 VAR2 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla s 40% dotací	72

Obrázek 9.7 VAR2 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla bez dotace.....	72
Obrázek 9.8 Citlivostní analýza ZEVO - diskontní míra	74
Obrázek 9.9 Závislost NPV na kapacitě ZEVO a velikosti EBT	75
Obrázek 9.10 Vliv velikosti dotace na cenu tepla v závislosti na kapacitě ZEVO	76
Obrázek 9.11 Vliv ceny likvidace SKO na cenu tepla	77
Obrázek 9.12 Vliv úrokové míry úvěrů na cenu tepla	78
Obrázek 10.1 Měrné ceny paliv	81
Obrázek 10.2 Vývoj ceny uhlí na burze s dodávkou Y+2	82
Obrázek 10.3 Vývoj ceny hnědého uhlí pro teplárnu.....	82
Obrázek 10.4 VAR1 - vývoj EAT a CF TPI.....	88
Obrázek 10.5 VAR2 – vývoj EAT a CF TPI	89
Obrázek 10.6 VAR3 – vývoj EAT a CF TPI	90
Obrázek 10.7 Vliv diskontní míry na čistou současnou hodnotu.....	91
Obrázek 10.8 Vliv požadovaného EBT na cenu tepla.....	92
Obrázek 10.9 Vliv ceny za likvidaci odpadů v ZEVO na cenu tepla.....	92
Obrázek 10.10 Vliv velikosti dotace na cenu tepla.....	93
Obrázek 10.11 Vliv velikosti investice do KGJ na cenu tepla.....	94
Obrázek 10.12 Vliv velikosti reinvestice do KGJ na cenu tepla	94
Obrázek 10.13 Vliv ceny zemního plynu na cenu tepla.....	95
Obrázek 10.14 Vliv ceny za rezervovanou kapacitu zemního plynu na cenu tepla.....	95
Obrázek 10.15 Vliv ceny tepla ze ZEVO na cenu tepla TPI.....	96
Obrázek 10.16 Vliv podílu biomasy v mixu na cenu tepla	97

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Rozvoj teplárenství v čase	3
Tabulka 3.1 Cíle v oblasti odpadů	16
Tabulka 3.2 Vývoj poplatku za uložení energeticky využitelného odpadu na skládku	16
Tabulka 4.1 Potenciál získání tepla ze SKO	23
Tabulka 4.2 Spalovny odpadů v České republice	24
Tabulka 5.1 Současná výrobní zařízení Teplárny Písek, a. s.	26
Tabulka 6.1 Dostupné spalitelné odpady ve zkoumané oblasti	33
Tabulka 6.2 Palivová směs pro ZEVO Písek	34
Tabulka 7.1 Zachovávané zdroje teplárny	36
Tabulka 8.1 Výkony zdrojů teplárny Písek – současnost	40
Tabulka 8.2 Současná a budoucí výkonová rovnováha	41
Tabulka 8.3 Technické parametry kogenerační jednotky	44
Tabulka 8.4 Výkonová rovnováha jednotlivých variant	45
Tabulka 8.5 Současná bilance tepla	46
Tabulka 8.6 Srovnání bilance tepla variant	48
Tabulka 8.7 Výhřevnost směsi odpadů	50
Tabulka 8.8 Spotřeba materiálů při provozu ZEVO	51
Tabulka 9.1 Očekávané investice variant ZEVO	54
Tabulka 9.2 Velikost dotace programu HEAT	56
Tabulka 9.3 Odpisové skupiny	57
Tabulka 9.4 Vývoj ceny silové elektřiny	60
Tabulka 9.5 Náklady na materiály nezbytné pro zpracování SKO	63
Tabulka 9.6 Plán reinvestic ZEVO	64
Tabulka 9.7 VAR2 - Kalkulace nákladů na výrobu elektřiny a tepla ze ZEVO Písek	50
kt.rok ⁻¹	67
Tabulka 9.8 Ekonomické porovnání variant ZEVO	73
Tabulka 9.9 Citlivostní analýza – cena tepla, kapacita ZEVO a náklady na údržbu (% z inv.)	76
Tabulka 10.1 VAR2 - Kalkulace ceny TPI se ZEVO v roce 2028	85
Tabulka 10.2 VAR3 - Kalkulace ceny tepla TPI s KGJ v roce 2028	86
Tabulka 10.3 Vývoj ceny tepla TPI – s investičními dotacemi	87
Tabulka 10.4 Shrnutí výstupů ekonomického modelu teplárny	98

Seznam použitých zkratek

BAT	Nejlepší dostupné techniky (Best Available Techniques)
BioP	Bioplyn
BPS	Bioplynová stanice
BREF	Referenční dokument o BAT (Reference Document on BAT)
CZT	Centrální zásobování teplem
ČB	České Budějovice
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
EVO	Energetické využití odpadů
DŠ	Dřevní štěpka
HÚ	Hnědé uhlí
IRR	Vnitřní výnosové procento
KN	Katastr nemovitostí
k. ú.	Katastrální území
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
kt	Kilotuna
LTO	Lehký topný olej
LV	List vlastnictví
MWe	Megawatt elektrického výkonu

MWh	Megawatthodina
MWt	Megawatt tepelného výkonu
NN	Nízké napětí
NPV	Čistá současná hodnota
SCZT	Soustava centrálního zásobování teplem
SKO	Směsný komunální odpad
TPI	Teplárna Písek
VN	Vysoké napětí
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadů
ZP	Zemní plyn

1 Úvod

Teplárenství je jeden z oborů energetiky, na který bývá ve veřejném prostoru trochu zapomínáno, ale dnes si bez něj neumíme svět ani představit. Stejně jako ostatní energetické specializace, ani teplárenství není ušetřeno nových výzev a problémů. Máme dost paliva pro naše teplárny? Může teplárenství pracovat stále v současné podobě, nebo musí hledat nové principy svého fungování? Jedno je jisté. Pokud teplárenství nemá zaniknout, pak se musí přizpůsobit novým situacím a nalézat odpovědi na nové otázky dneška a zítřka.

Odpadové hospodářství stojí před novými výzvami a trendy v otázkách vlivu na životní prostředí. Současné způsoby nakládání s komunálními odpady na skládkách je z mnoha důvodů neperspektivní. Je třeba rostoucí objem produkovaných odpadů efektivně řešit. Hledat nové cesty, jak neplýtvat omezenými zdroji, ale využít je naplno.

Mají směry teplárenství a odpadového hospodářství něco společného? Jeden něco hledá a druhý by se rád něčeho elegantně zbavil. Možná by bylo možné spojit své síly dohromady. Následující řádky se budou blíže věnovat spojení těchto problémových otázek. Samotné teplárenství má svá pravidla hry a historii, kterou nelze opomenout. Právě tato historie udává klady a zápory dneška.

Následující řádky diplomové práce se nejprve věnují jednotlivě aktuálnímu fungování a možnostem teplárenství. Blíže shrnuje současné problémy teplárenství jako takového, jež se netýkají jenom dostupnosti paliv, ale též legislativy. Důležitým prvkem teplárenství je regulace odvětví ze strany Energetického regulačního úřadu, která má zásadní vliv na fungování oboru.

Odpadové hospodářství, jemuž je věnována další část práce, stojí taktéž před velkou výzvou. V příštích letech má být výrazně omezováno skládkování odpadů. Plynule na tuto skutečnost navazuje kapitola o možnostech transformace teplárenství a možnostech energetického využití komunálních odpadů. Pokračuji shrnutím současných možností energetického využití odpadů, kdy stále nejlépe fungující metodou je tzv. spalování odpadů.

ÚVOD

Druhá část diplomové práce se zaměřuje na současnou situaci Teplárny Písek, a. s., jež dnes přemýšlí, jakým způsobem nahradit hnědouhelný kotel sloužící od konce 80. let minulého století, který nebude možné v delším časovém horizontu provozovat. Shrnutí jsou současné technické parametry teplárny a její budoucí možnosti.

Písecká teplárna disponuje v současnosti studií proveditelnosti, která slibuje a hodnotí možnosti výstavby ZEVO v Písku o zpracovatelské kapacitě 50 kt.rok⁻¹. Bude slibovaný dopad na teplárnu opravdu tak příznivý? Není vhodné uvažovat o jiné kapacitě díla, nebo zvolit jiný zdroj?

Na základě těchto třech variant řešení je sestaven technický model písecké teplárny s novými zdroji. Podstatné je zakomponování potřebného zdroje do celkové struktury teplárny s ohledem na požadavky soustavy centrálního zásobování teplem.

První ekonomický model je sestaven pro samotný útvar Zařízení pro energetické využití odpadů Písek. Není reálné, že by Teplárna Písek byla schopna takový projekt realizovat sama. Je nutné předpokládat spolupráci s dalšími místními subjekty. ZEVO Písek se má nacházet v těsné blízkosti písecké teplárny, kam bude dodáváno veškeré vyrobené teplo. Pro teplárnu se tak důležitým vstupem stane cena za odebrané teplo vyrobené z komunálních odpadů.

V pořadí druhý ekonomický model náleží samotné teplárně, která bude i nadále výhradním dodavatelem tepla do soustavy. Výstupem obou modelů je zjištění cen na výstupu jednotlivých uskupení ve všech navrhovaných variantách. Cílem práce je ověření relevantnosti v současnosti připravovaného záměru ZEVO v Písku. Dalším zjištěním je dopad zařazení nového zdroje na vývoj ceny tepelné energie pro koncové zákazníky teplárny. V případě, že by nebyla spalovna realizována, diplomová práce poskytuje informace o dopadu tohoto rozhodnutí na koncové zákazníky a teplárnu.

2 Teplárenství

Soustavy na dodávku tepla, podobné těm našim, můžeme nalézt už v době starého Říma. Zde v 1. století našeho letopočtu využívali Římané parovodů k vytápění svých domovů a větších komplexů. V době středověku došlo v tomto směru k velkému zaspání pokroku a k myšlence CZT (centrálního zásobování teplem) se společnost vrací až v druhé polovině 19. století. Za zlatý věk teplárenství lze považovat druhou polovinu 20. století, kdy s rozvojem průmyslu a urbanizace rostla poptávka po pohodlném zdroji tepla.¹

2.1 Teplárenství v České republice

Energetický sektor teplárenství je v České republice poměrně dosti rozvinutý. Přeci jen první fungující sítě vznikaly dávno v 19. století, ve století páry. Od v té době vznikajících parovodní sítí se z důvodu energetických ztrát upouští a přechází se na horkovodní strukturu rozvodů. Časový vývoj zaznamenává následující tabulka se stručnou charakteristikou každého období.²

	Období	Charakteristika	Popis
1. gen.	Od konce 19. století	<ul style="list-style-type: none">• Založené na produkci páry spalováním uhlí• Vysoké provozní teploty• Nízká efektivita, spolehlivost a bezpečnost	První pokusy o dálkové vytápění v jednotlivých oblastech
2. gen.	Od 50. let 20. století	<ul style="list-style-type: none">• Spalování uhlí a ropy• Produkce páry o více než 100 °C• Přeprava pomocí betonového potrubí	Úspornější řešení než I. generace Rozšiřování KVET
3. generace	od 70. let 20. století do 90. let 20. století	<ul style="list-style-type: none">• tzv. Skandinávská technologie• Využívání domácích paliv (uhlí, biomasa, odpad)• Prefabrikované izolované potrubí• Teplota média pod 110 °C	Snaha zajistit bezpečnost a stabilitu dodávek Snížení ceny tepla
4. gen.	Současnost	<ul style="list-style-type: none">• Teploty do 70 °C• Zvyšování efektivity CZT	Snaha o nevyužívání fosilních paliv, snaha o snížení ceny tepla
5. gen.		<ul style="list-style-type: none">• Teploty do 45 °C• Zvyšování efektivity CZT	Snaha o nevyužívání fosilních paliv, snaha o snížení ceny tepla

Tabulka 2.1 Rozvoj teplárenství v čase³

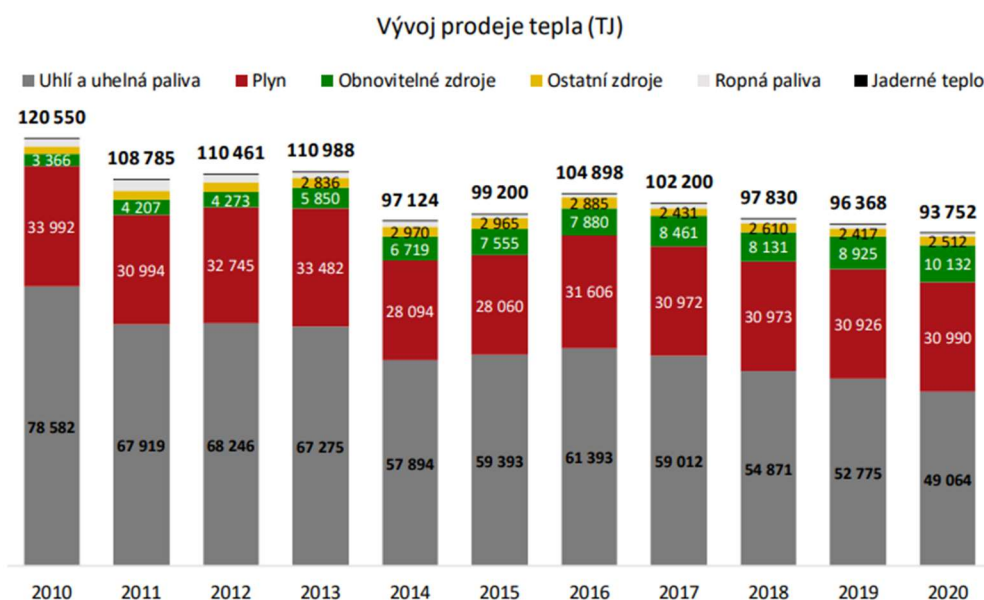
¹ Potenciál úspor energie při přechodu CZT pára-horká voda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - efekt* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0209_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf

² Tamtéž

³ Tamtéž, sestaveno autorem práce, 2023

TEPLÁRENSTVÍ

S postupnými inovacemi a rozvojem se dostáváme od století páry do 70. let 20. století k tzv. 3. generaci teplárenství. Skandinávské země daly tomuto odvětví nové možnosti dopravy tepla v předizolovaných prefabrikovaných potrubích pro povrchovou i podpovrchovou montáž nebo vizi stabilních dodávek tepla z vlastních národních zdrojů. Po tomto období se začíná uvažovat o teplárenství jinak a to s odkazem na vliv na životní prostředí. Důraz je kladen na zvyšující se efektivitu výroby tepla. Dnes se postupnými rekonstrukcemi a novými myšlenkami přesouváme do období 4. a 5. generace, která dále snižuje teplotu přenosového média v rozvodných sítích. Směřuje k dalšímu snížení ztrát a k energeticky efektivnějším řešením. Dalším hnacím motorem je tlak na využívání jiných paliv než fosilních. Ve světle nedávné přítomnosti se znovu ve veřejném prostoru probouzí otázka energetické bezpečnosti, která ne vždy byla pokládána za důležitou.⁴



Obrázek 2.1 Vývoj prodeje tepla v letech 2010 až 2020⁵

Klesající tendence objemu prodaného tepla dokresluje poslední myšlenky minulého odstavce. Postupem času jsou hledány a realizovány možné energetické úspory. Budovy se zateplují, rozvody rekonstruují apod. Ke klesající tendenci množství prodaného tepla

⁴ Potenciál úspor energie při přechodu CZT pára-horká voda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - efekt* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0209_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf

⁵ Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2020. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-panic/2022/10/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2020.pdf>

dále přispívá rostoucí průměrná roční teplota (resp. průměrná venkovní teplota v topné sezóně). S tím jde ruku v ruce nižší potřeba topit, což zákonitě vede k nižší spotřebě.

Soustavy centrálního zásobování teplem (SCZT) představují v České republice větší množství různě velikých sítí s celkovou délkou rozvodů kolem 10 tis. km. Domácností, které jsou připojené a závislé na dodávkách tepla z místní teplárny, je téměř 1,6 milionu a představují 40% podíl všech obyvatel ČR. Mimo soukromé byty je teplo též dodáváno do škol, nemocnic, domů sociálních služeb nebo úřadů.⁶ KVET hraje podstatnou celospolečenskou roli. Porovnáme-li způsoby zásobování teplem samostatně (resp. mám vlastní kotel) nebo centrálně, musíme dojít k závěru, že energie uložená v palivu je účelněji využita v teplárnách, kde je maximum energie „přetaveno“ na teplo a elektřinu. Přidanou hodnotou teplárny je určitá schopnost využít vstupní surovinu na maximum.

2.2 Legislativa teplárenství

Oblast teplárenství je, podobně jako ostatní energetická odvětví, zakotvena v *Energetickém zákoně č. 458/2000 Sb, ve znění pozdějších předpisů*.⁷ Zákon specifikuje základní hranice energetického pole pro všechny subjekty vstupující do energetiky. Mimo jiné deklaruje fungování Energetického regulačního úřadu a jeho povinnost zveřejňovat cenová rozhodnutí a metodiku výpočtu cen regulovaných odvětví (jako je teplárenství).

Pod pojem „legislativa teplárenství“ lze zahrnout i mnoho normativů týkajících se technologií staveb, kotelen, vodohospodářství a mnoha dalších, pro něž zde není prostor je blíže popisovat. Pevná paliva jsou zatížena daní zakotvenou v *zákoně č. 261/2007 Sb, o stabilizaci veřejných rozpočtů, ve znění pozdějších předpisů v části 46*. Výše odvedené daně se vypočítávají vynásobením hodnoty spalného tepla a sazby daně 8,5 Kč.GJ⁻¹,

⁶ Potenciál úspor energie při přechodu CZT pára-horká voda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - efekt* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e4e41fa66875530f33e8a/0209_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf

⁷ ČESKÁ REPUBLIKA. § 76 až § 89 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 26. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458#p76>

pokud není subjekt osvobozen od daně. Pro situaci tepláren může být takové palivo od daně osvobozeno, pokud je využíváno pro KVET s dodávkou tepla do domácností.⁸

Dalším ekologickým zatížením tepláren jsou emisní povolenky, jejichž cena stále stoupá. Povinnost zakoupení povolenky (na produkci oxidu uhličitého) náleží zdrojům s instalovaným výkonem vyšším než 20 MWt v jedné lokalitě, jak vyplývá ze zákona č. 383/2012 Sb. o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů.⁹ Je patrné, že této povinnosti se vyhýbají menší zdroje lokálního charakteru. Povolenkami je zatíženo pouze teplo, které je většinou dodáváno do bytových domů. K narovnání tohoto rozdílu dojde dle dostupných zpráv asi v roce 2027, kdy má vejít v platnost druhý systém obchodování s povolenkami EU ETS2, vztahující se i na ostatní ještě nezatížená odvětví. Hlavním rozdílem nového systému je stanovený cenový strop 45 € za povolenku, který by neměl přesáhnout. Hodnota příslušné povolenky bude připočtena k ceně paliva v okamžiku prodeje podle jeho emisivity.¹⁰

Poslední popisované zatížení větších zdrojů vyplývá z emisních poplatků a nároků, plynoucích ze zákona č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů specifikující emisní limity, požadavky na stacionární zdroje a z toho plynoucí případné poplatky.¹¹

Teplárny využívající obnovitelné zdroje energie mohou čerpat podporu na výrobu tepla z těchto zdrojů na základě zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.¹² Konečná hodnota podpory závisí na platném cenovém rozhodnutí vydaném ERÚ.

⁸ ČESKÁ REPUBLIKA. Část 46, §6 zákona č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-261#f3812617>

⁹ ČESKÁ REPUBLIKA, Zákon č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-383>

¹⁰ Nejčastější otázky a odpovědi k EU ETS. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20231214_Nejcastejsi_otazky_a_odpovedi_k_EU_ETS

¹¹ ČESKÁ REPUBLIKA. zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 26. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

¹² ČESKÁ REPUBLIKA. zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 1. 5. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#f7296759>

2.3 Regulace teplárenství

Na komoditu tepelné energie nelze v plné míře uplatnit principy fungování volného trhu. Z tohoto důvodu je uplatňován princip věcně usměrňované ceny, která je regulována ze strany ERÚ pomocí cenových rozhodnutí. Hlavní myšlenkou je vytvoření tržního prostředí (nebo alespoň přiblížení se), aby výrobce tepla nemohl zneužívat svého téměř monopolního postavení v dané cenové lokalitě. Věcně usměrňovaná cena je zakotvena v §6 zákona o cenách č 526/1990 Sb., ve znění pozdějších předpisů.¹³ Může být stanoven maximální rozsah zvýšení ceny, maximální podíl promítnutí zvýšení vstupních cen do konečné ceny nebo závazný postup pro stanovení ceny s přiměřeným ziskem. Konečná metodika stanovení kalkulované ceny tepla a přiměřeného zisku je stanovena v aktuální době platném cenovém rozhodnutí ERÚ.

2.3.1 Kalkulace ceny tepla

Postup pro stanovení ceny tepla je dán cenovým rozhodnutím č. 4/2021, ve znění pozdějších předpisů, ERÚ. Pro stanovení ceny tepla je jasná metodika, která stanovuje, že do ceny tepla (nebo KVET) lze zahrnout pouze oprávněné náklady vynaložené na danou výrobu a dodávku tepla. V případě KVET je ještě nutné stanovit koeficient, který rozdělí vynaložené náklady mezi komodity elektřiny a tepla. Pro účely této diplomové práce je daný poměr vypočítán metodou poměru dodaného tepla dle metodiky ERÚ dané následujícím vztahem. Výsledná kalkulovaná cena je dána součinem celkových nákladů, poměrného koeficientu a podílem objemu dané komodity.

$$\beta_{t,max} = \frac{Q_{tep+ost}}{Q_{Vn}}, \quad (1)$$

kde $Q_{tep+ost}$ je tepelná energie dodaná do SCZT z výroby [GJ],
 Q_{Vn} je tepelná energie vyrobená na kotli (resp. kotlích) [GJ].¹⁴

¹³ ČESKÁ REPUBLIKA. § 6 zákona č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1990-526#p6>

¹⁴ Cenové rozhodnutí - *Energetický regulační věstník* [online]. 6/2021. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021 [cit. 2023-01-31]. 21. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-6-2021>

2.3.2 Přiměřený zisk

Cenové rozhodnutí stanovuje přiměřený zisk jako maximální hodnotu zisku před zdaněním a úroky, který se vztahuje výhradně k činnostem souvisejícím s výrobou nebo rozvodem tepla. ERÚ stanovuje následující předpis:

$$zisk_{sum} = \sum_{k=0}^n CAPEX(1+i)^t \cdot ROA; [Kč], \quad (2)$$

kde $CAPEX$ je pořizovací cena položky nezbytné pro výrobu nebo rozvod tepla [Kč],
 i je časová hodnota peněz [-],¹⁵
 t je počet ukončených let od aktivace majetku [-],¹⁶
 n je počet položek nezbytného majetku pro výrobu nebo rozvod tepla [-],
 ROA je míra výnosnosti; stanovena na 0,065 (nebo 0,03 na část zařízení sloužící pro KVET na výrobu vlastní spotřeby elektřiny).¹⁷

2.3.3 Postup kalkulace ceny tepelné energie

Hodnota regulované ceny platí vždy pouze pro danou cenovou lokalitu (stanovené území dodavatelem) zahrnující zdroje a součásti definované aktuálním cenovým rozhodnutím ERÚ. Do kalkulace ceny je možné zanášet pouze ekonomicky oprávněné náklady a přiměřený zisk příslušející danému množství tepelné energie. Celková měrná hodnota maximálního zisku je ošetřena následujícím předpisem:

$$zisk_{maximální} = \frac{1,5 \cdot zisk_{sum}}{Q}; [Kč \cdot GJ^{-1}], \quad (3)$$

kde Q je teplo dodané vč. vlastní spotřeby [GJ].¹⁸

¹⁵ Pro majetek zařazený do užívání před 1. 1. 2022 je $i=0,02$. Jinak 0,01

¹⁶ Všechna zařízení uvedená do provozu před rokem 1992 počítají dobu využívání až od roku 1992 ($t=0$)

¹⁷ Cenové rozhodnutí - *Energetický regulační věstník* [online]. 6/2021. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021 [cit. 2023-01-31]. 21. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-6-2021>

¹⁸ Tamtéž

2.4 Současné výzvy teplárenství

Každé z odvětví je zkoušeno nejednou zkouškou, kterou klade pokrok v daném směru, společenské změny nebo nová zjištění na poli vědy a techniky. Vznikající krize či jiné příležitosti mohou vést k rozkvětu lidského činění, nebo k úplnému zániku.

2.4.1 Konkurenční prostředí

Názor, že dodávky tepla musejí být monopolním prostředím, je už velmi zastaralý a realita ukazuje omylnost takového názoru. S rostoucí technickou vyspělostí kotlů a tepelných čerpadel roste zřejmá konkurence teplárnám. Současné kotle je možné umístit prakticky kamkoliv a není tak vyloučeno, že stejnou službu, jako zajišťovala teplárna, si může majitel objektu zajistit „sám“ s vlastním dominantním vlivem na fungování. Odběratel již není v zajetí jediného možného řešení dodávek tepla. Dnes má možnost sám se rozhodnout a zařídit podle vlastních preferencí. Vzniká tím částečný tlak na efektivní řízení teplárny vedoucí k minimalizaci ceny pro odběratele.

2.4.2 Vliv na životní prostředí

Lokální stacionární zdroje nepodléhají (s trochou nadsázky) žádné kontrole. Naopak teplárny (resp. větší zdroje) jsou vázány emisními limity, nákupem povolenek, odsířením nebo kontrolou spalovaných paliv. Meziročně dochází k poklesu emisí oxidů dusíku, oxidů síry a prachových částic z velkých zdrojů jako následek modernizace zdrojů.

Pro vyzdvižení předchozího tvrzení uveďme příklad. Rodinný dům s roční spotřebou tepla kolem 80 GJ a prohořivacím kotlem. Množství prachových částic, které vyprodukuje, je totožné jako emise prachu z moderní teplárny při dodávce 80 GJ do 325 bytů. Obrovský rozdíl mezi emisemi takových zdrojů je zcela jasný.¹⁹

2.4.3 Legislativní změny

Taxonomie bude mít na nové zdroje (i na reinvestice do stávajících) své slovo a bude rozhodovat o uskutečnění investice. Respektive označí a vyhodnotí, jestli daný záměr přispívá k dosažení unijních klimatických cílů. Pokud je záměr v rozporu

¹⁹ Teplárny snížily díky investicím emise prachu o více než třetinu. TZB.info.cz [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/teplarenstvi/16507-teplarny-snizily-diky-investicim-emise-prachu-o-vice-nez-tretinu>

s enviromentálním směřováním EU, pak bude na základě směrnice o taxonomii znemožněno záměr uskutečnit.²⁰

Legislativní změny lze odhadovat na základě dokumentu BREF, který shrnuje technicky nejlepší techniky daného oboru (BAT). Je velmi pravděpodobné, že pokud bude nové či rekonstruované dílo alespoň na technické úrovni dokumentu BREF, pak bude splňovat i budoucí technické požadavky dosud nepřijaté legislativy. Konkrétně pro teplárny (resp. KVET nebo ZEVO) shrnuje dosažitelné emisní limity, minimální energetickou účinnost díla nebo možnosti využívání alternativních paliv.²¹

2.4.4 Dostupnost paliv

Dnes je stále dominantním palivem v teplárnách tuzemské hnědé uhlí, které má být do budoucna z mnoha důvodů vyřazeno. Požadavek na změnu palivové základny vychází z tendencí přechodu na nízkouhlíkové hospodářství. Podpůrným prvkem pro tyto změny je již zmíněná taxonomie. Cílovou páskou pro využívání fosilních paliv je nulová produkce emisí oxidu uhličitého z jejich využívání do roku 2050.²²

Rok, kdy má dojít k ukončení využívání uhlí se mění v závislosti na aktuálním rozpoložení společenské situace. Uhelná komise vystoupila se scénářem ukončení používání uhlí do roku 2038.²³ Ve veřejném prostoru se objevují i snahy o dřívější snahy odklonění od uhlí blíže k roku 2030. Bude vhodnou náhradou, nebo alespoň doplněním palivové základny, energetické využití odpadů?

²⁰ Knápek, J., Valentová, M., Krejcar, R., Vašíček, J., Vecka, J. 2021. Klimaticko-energetické investice v teplárenství 2014–2030. ČVUT v Praze. Dostupné z: <https://ekonom.fel.cvut.cz/cs/katedra/lide/valenmi7/cic2030/reports/ipp-teplarenstvi-report-final.pdf>

²¹ Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF). Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl>

²² Knápek, J., Valentová, M., Krejcar, R., Vašíček, J., Vecka, J. 2021. Klimaticko-energetické investice v teplárenství 2014–2030. ČVUT v Praze. Dostupné z: <https://ekonom.fel.cvut.cz/cs/katedra/lide/valenmi7/cic2030/reports/ipp-teplarenstvi-report-final.pdf>

²³ Doporučení Uhelné komise o konci hnědého uhlí v roce 2038 projednala vláda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR* [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/doporuceni-uhelne-komise-o-konci-hnedeho-uhli-v-roce-2038-projednala-vlada--261557/>

3 Odpadové hospodářství České republiky

Pod názvem této kapitoly napadne asi většinu z nás, že nějaké množství odpadu už máme a potřebujeme ho „jenom“ uklidit z očí. Zjednodušeně je možné takto popsat řešení odpadů ve většině zemí na světě. Každý živočich na planetě Zemi nějakým způsobem musí řešit odklizení svého odpadu, který je nekompromisně spjat s jeho životem. Odklízí jej třeba i tím nejjednodušším způsobem, že své smetí soustřeďují do jednoho rohu svého příbytku, aby jim nepřekážel.

Zákon č. 541/2020 Sb, ve znění pozdějších předpisů v §4 velmi přesně definuje podobu odpadu: „Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“ Zároveň druhým dechem v §12 dodává, že „Každý je povinen při své činnosti předcházet vzniku odpadu, omezovat jeho množství a nebezpečné vlastnosti.“²⁴

Následující obrázek zobrazuje tzv. „odpadovou pyramidu“. Sice svým tvarem nepřipomíná pyramidu, ale představuje určitý způsob uvažování. Nejlepším řešením odpadů je zbytečně odpady neprodukovat. Příkladem jsou věci na jedno použití, zboží s krátkou dobou užitné hodnoty, když existují kvalitnější materiály s delší životností nebo nadměra obalových materiálů. Likvidace by měla být vždy poslední možností, ke které by mělo být přistoupeno, pokud nelze odpad jinak zužítkovat.



Obrázek 3.1 Hierarchie nakládání s odpady²⁵

I s největší snahou není možné v plné míře vzniku odpadu předejít. Jednou z možností minimalizace množství odpadů je **znovupoužívání**. Příkladem může být způsob

²⁴ ČESKÁ REPUBLIKA. §4 odst. 1 a §12 odst. 1 zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#p4-1>

²⁵ Energetické využití odpadu. *Enetiq*a [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.mvv.cz/energeticke-vyuziti-odpadu-evo.html>

využívání oblečení našich předků, kteří měli málo oblečení. Nový kus používali nejprve na parádu a až se obnosilo, tak jej používali jako pracovní oděv. Podobný přístup je možné použít na jakýkoliv materiál. Životní cyklus takového kusu je možné výrazně prodloužit, než skončí v odpadkovém koši.

Dnes již velmi dobře známý pojem **recyklace** je dalším logickým krokem v pyramidě odpadů. Pokud nejsem schopen znovuupotřebit danou věc v současné podobě, je vhodné zamyslet se nad tím, jak a co mohu změnit, abych tento materiál mohl využít znovu. Recyklací získáváme cenné znovu použitelné prvky jako jsou sklo, kovy, papír nebo plasty. Kontejnery na tříděné odpady (sklo, plast apod.) je dnes možné nalézt i v zapadlé vesničce na horách. Tím, že vytríděný materiál znovu využijeme, nebude potřeba vytěžit neobnovitelné prvky pro novou výrobu.²⁶

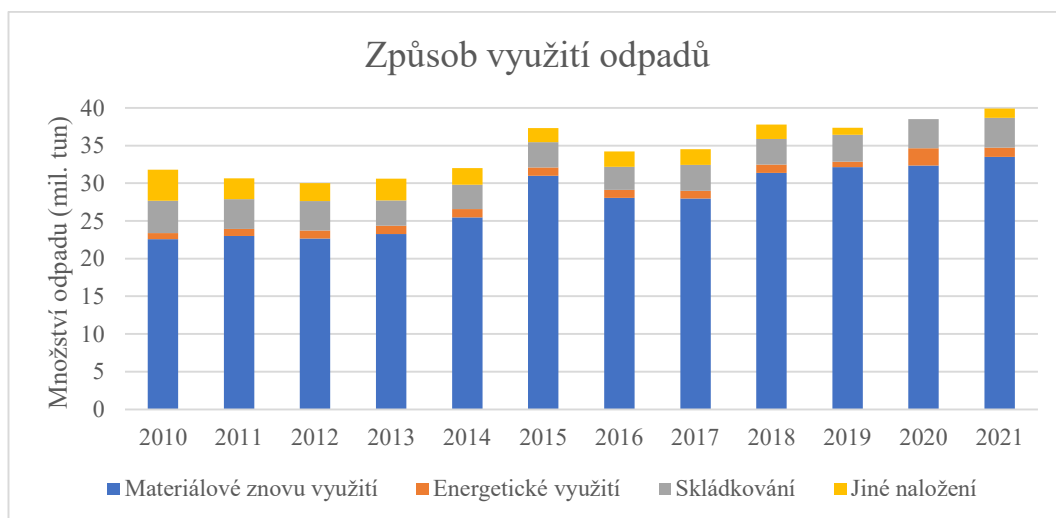
Pokud není možné znovupoužití, pak je vhodné (a do budoucna pravděpodobně nezbytné) využít odpad jiným způsobem jako „palivo“. Uvozovky musíme použít, protože nazývat obecně odpad jako na palivo je opravdovou nadsázkou. Hlavním důvodem, proč se přikloníme ke **spalování**, je redukce objemu odpadu ukládaného na skládku. I po spálení odpadu zůstane „popel“ k uložení. Primárním důvodem spálení je eliminace množství zbývajících odpadů. Vedlejším produktem je vznik tepla, které potřebujeme především v zimních měsících.

3.1 Produkce odpadů v České republice

Meziročně produkce odpadů v České republice roste. Polehčující okolností je, že s rostoucí produkcí odpadů roste i znovu užívaná část materiálů a objem skládkovaného odpadu zůstává podobný. Odpad označený „jiné naložení“, což statistika blíže nespecifikuje, má zmenšující se tendenci.

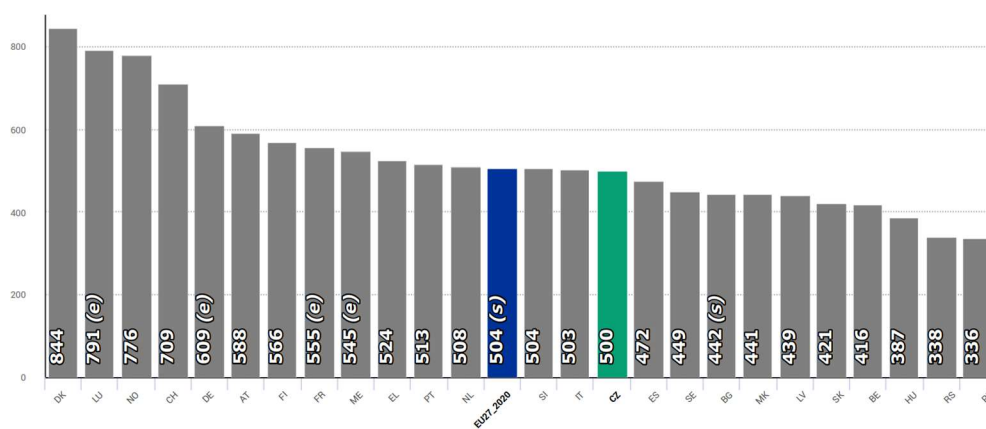
Množství produkovaných odpadů v České republice meziročně (až na drobné výkyvy) roste. V roce 2021 jsme se přiblížili k hranici 40 mil. tun vyprodukovaných odpadků za rok, z toho 5,9 milionů tun tvoří komunální část. Stále dochází k narůstání tohoto typu odpadu.

²⁶ Produkce odpadů v ČR. *Česká spořitelna* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www_csas_cz/Dokumenty-korporat/Dokumenty/Analytici/produkce_odpadu_v%20%C4%8CR_2019.pdf



Obrázek 3.2 Vývoj produkce odpadů v České republice^{27, 28}

Komunální odpad je označení pro veškerý směsný a tříděný odpad z domácností (papír, sklo, kovy, plasty biologický odpad i třeba vyřazená elektronika). Do této kategorie dále řadíme i odpad z jiných zařízení odpovídající svou povahou odpadu z domácností (např. restaurace, školy, úřady či kanceláře). V žádném případě zde není zařazen odpad z výroby, staveb nebo odpadních vod.²⁹



Obrázek 3.3 Produkce SKO na jednotlivce v EU, rok 2019 [kg.obyvateľ¹.rok¹]³⁰

²⁷ Produkce a nakládání s odpady v roce 2021. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/\\$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2021-20221031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2021-20221031.pdf)

²⁸ Souhrnná data o nakládání s odpady za roky 2009-2021. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/\\$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2021-20221031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2021-20221031.pdf)

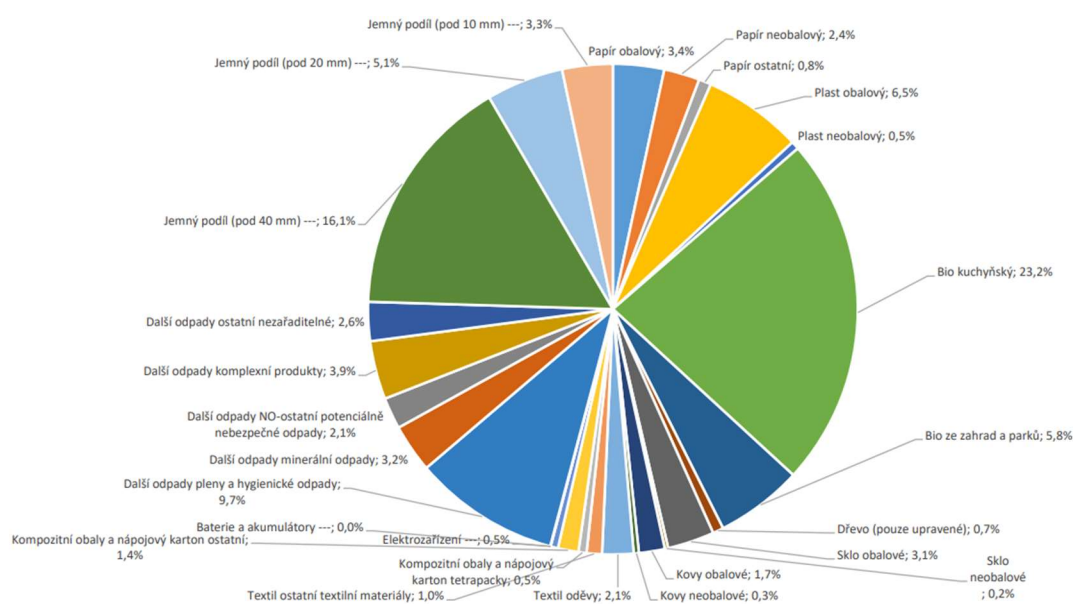
²⁹ Komunální odpady. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady

³⁰ Data Eurostat. Eurostat [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/main/data>

ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ ČR

Na každého obyvatele ČR připadá průměrná roční produkce SKO cca 500 kg za rok. Touto hodnotou se řadíme mezi průměr Evropské unie, který za rok 2019 činil 504 kg ročně na jednoho obyvatele. Rok 2019 byl vybrán záměrně, protože roky 2020 až 2022 byly zatíženy nestandardními situacemi a od toho se odvíjejícím chováním. Srovnáním jednotlivých zemí EU, viz obrázek na předešlé straně, zjišťujeme, že země od České republiky více na západ mají produkci na jednotlivce vyšší, někde i o více než 50 %.

Ministerstvo životního prostředí provádělo přibližně 1,5 roku výzkum skladby sváženého komunálního směsného odpadu (černé popelnice) v ČR a v roce 2022 provedlo vyhodnocení. Zjistilo se, že více než čtvrtinu svezeneho odpadu činí bioodpad převážně z kuchyně. Tato kategorie odpadů může být užitečným jinak, když by byla včas vytríděna, resp. nebyla by do směsného odpadu vůbec přimíchána. Hovoříme o kompostování nebo využití v bioplynových stanicích. Pozitivním zjištěním je, že plastový, papírový a nápojový odpad se vyskytuje pouze v nižších jednotkách procent. Svědčí to o zájmu veřejnosti, dělat pro likvidaci odpadů alespoň to nejmenší, co mohou, a to donést jej separovaným do příslušných nádob.³¹



Obrázek 3.4 Složení komunálního odpadu v letech 2021/2022, MŽP³²

³¹ Výsledky průměrného složení směsného komunálního odpadu v ČR 2022. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prumerne_slozeni_sko/\\$FILE/OODP-Prumerne_slozeni_SKO_MZP-20221114.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prumerne_slozeni_sko/$FILE/OODP-Prumerne_slozeni_SKO_MZP-20221114.pdf)

³² Tamtéž

3.2 Legislativa odpadů

Opadem se stává vše, co zbývá po vykonané činnosti (nepotřebné již k této činnosti). Druhů odpadů je mnoho a ve velmi hrubé podobě jej zákon dělí na nebezpečný odpad a ostatní odpad (dále dělený podle Katalogu odpadů).³³

Katalog odpadů je stanoven vyhláškou č. 8/2021 Sb, ve znění pozdějších předpisů, a mimo jiné stanovuje 20 skupin odpadů, které dále dělí na podskupiny. Pro tuto diplomovou práci je nejvíce zajímavá poslední skupina 20 - *Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru*. Do této skupiny patří všechny běžné složky černých popelnic i použitá drogerie nebo elektronika.³⁴

Zmíněný zákon o odpadech klade na energetické využití odpadů následující nároky v §35: „*Spalování odpadu se za energetické využití odpadu (...) považuje pouze tehdy, jestliže*

- a) použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpůrné palivo (...)*
- b) odpad se použije jako palivo nebo jako přídavné palivo v zařízeních na výrobu energie (...).*“³⁵

Současně jsou kladeny do blízké budoucnosti další menší cíle a závazky, které zákon o odpadech nařizuje. V §40 výslovně zakazuje ukládat odpady s výhřevností vyšší než 6,5 MJ.kg⁻¹ od roku 2030. Je tím vytvořen tlak na rozumné využití produkovaných odpadů.³⁶ Kromě výše zmíněných cílů bylo přijato následující schéma způsobů nakládání s odpady. Zákon o odpadech stanovuje 5 cílů s daty splnění do roku 2035. Je už jen otázkou času, jestli je dokážeme splnit, a otázkou technického pokroku, jestli jsme schopni tuto změnu provést.³⁷

³³ ČESKÁ REPUBLIKA. §6 zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

³⁴ ČESKÁ REPUBLIKA. vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>

³⁵ ČESKÁ REPUBLIKA. § 35 odst. 1 zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#p35-1>

³⁶ Tamtéž, §40

³⁷ Tamtéž, příloha č. 1 – Cíle odpadového hospodářství

ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ ČR

Cíle odpadového hospodářství		Do kdy
Opětovné použití nejméně XX % hmotnosti komunálních odpadů ČR	55 %	2025
	60 %	2030
	65 %	2035
Zákaz ukládat odpady s výhřevností minimálně 6,5 MJ/kg		2030
Skládkovat nejvýše 10 % celkové hmotnosti komunálních odpadů ČR		2035
Energeticky využívat nejvýše 25 % hmotnosti odpadů k energetickým účelům		2035

Tabulka 3.1 Cíle v oblasti odpadů

Zákonem stanovená motivace pro minimalizaci skládkovaného množství odpadů je růst poplatků za uložení energeticky využitelných odpadů na skládky, který roste ze současných 1 000 Kč.t⁻¹ až na hodnotu 1 850 Kč.t⁻¹ v roce 2030. Přesný harmonogram zvyšujícího se poplatku za uložení energeticky využitelných odpadů na skládku je seřazen v následující tabulce.

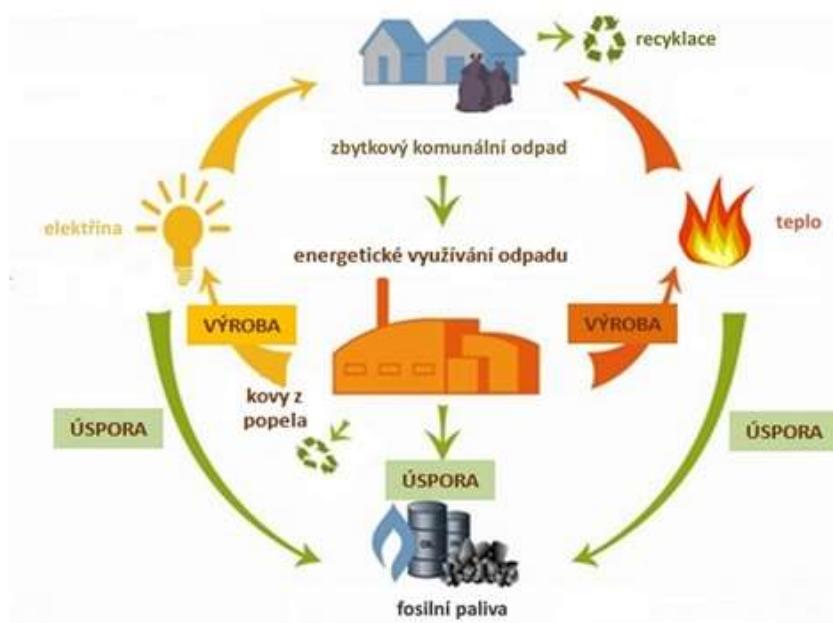
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030+
Poplatek za uložení na skládku [Kč.t-1]	1 000	1 250	1 500	1 600	1 700	1 800	1 850	1 850

Tabulka 3.2 Vývoj poplatku za uložení energeticky využitelného odpadu na skládku³⁸

³⁸ ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 1. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

4 Energetické využití odpadů

Skládkování odpadů s výhřevností vyšší než $6,5 \text{ GJ.t}^{-1}$ je do budoucna nepřijatelné. Pokud je jedinou možností zpracování takových odpadů jejich likvidace, pak by měly mířit do ZEVO. Tato zkratka je složena z prvních písmen slovního spojení *Zařízení pro Energetické Využití Odpadů*. Spalovna odpadů, jak by někteří mohli prohlásit, není v tomto kontextu správným pojmem. Spalovna odpadů pouze spaluje odpad a nevyužívá uvolněnou energii. Zabývá se pouze likvidací odpadů bez jakéhokoliv jiného využití. Naopak ZEVO využívá uvolněnou energii z likvidace odpadů v podobě tepla ke KVET. Teplo je dodáváno k místním obyvatelům a elektrina do místní sítě, viz následující obrázek.³⁹



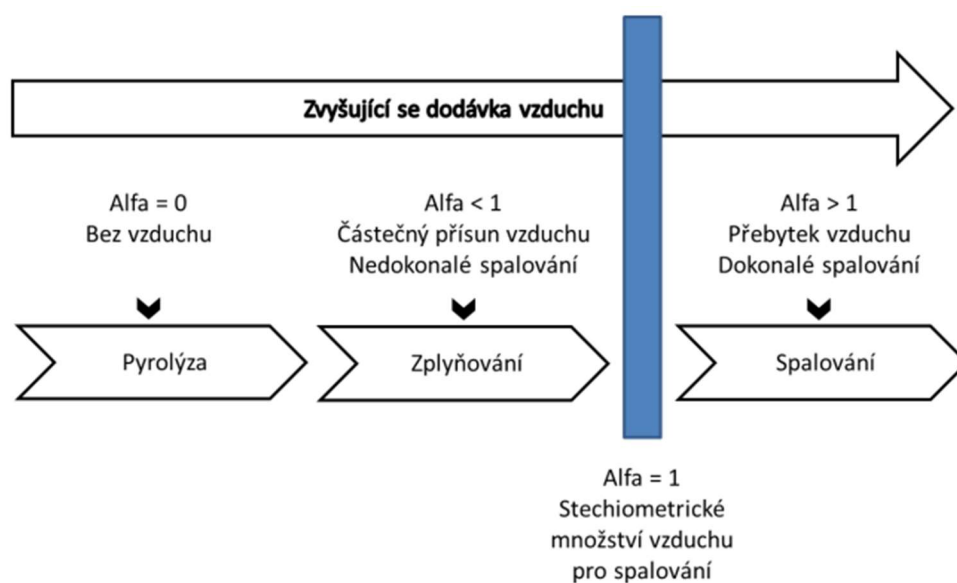
Obrázek 4.1 Koncepte koloběhu energetického využití odpadů⁴⁰

ZEVO je řešením dvou společenských problémů zároveň. Dnes zjišťujeme, že konzumní způsob života, nepřeborné množství druhů odpadů a množství odpadů v přírodě je do budoucna veliký problém. Úvahy o možnostech fungovat bez produkce odpadů je ze své podstaty lichá. Velmi efektivním řešením je a bude maximální možné využití odpadů jakýmkoliv způsobem.

³⁹ Co je to ZEVO. Skupina ČEZ [online]. [cit. 2022-10-26]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>

⁴⁰ Energetické využití odpadu - alternativa za fosilní paliva. O energetice.cz [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/energeticke-vyuziti-odpadu-alternativa-za-fosilni-paliva>

Z předešlého obrázku je jasná celá myšlenka EVO. Komunální odpad, který je produkován se dostává do ZEVO. Spálením vyprodukovaných odpadů je uvolněna energie, která je spotřebována producenty odpadů. Hlavním přínosem je úspora jakýkoliv paliv a minimalizace ukládaných odpadů do země. Je nutné podotknout, že celý obrázek je mírnou nadsázkou, že odpad, který vyprodukuje, mě v zimě zahřeje. ZEVO může pracovat ve třech možných technologických postupech popsanych dále. Způsoby likvidace odpadů se liší především množstvím přiváděného vzduchu, viz obr.



Obrázek 4.2 Způsoby termického rozložení materiálů⁴¹

4.1 Pyrolytická likvidace odpadů

Slovo pyrolýza je složenina dvou řeckých slov *pyros* (oheň) a *lysis* (uvolňovat). Zjednodušeně je možné celý proces popsat pouze těmito dvěma slovy. Materiál je zahříván bez přístupu vzduchu (resp. takových plynů, aby nedocházelo k hoření) a je z něj uvolňována energie uložená v médiu. Dnes rozlišujeme 3 teplotní skupiny pyrolýzy, a to:

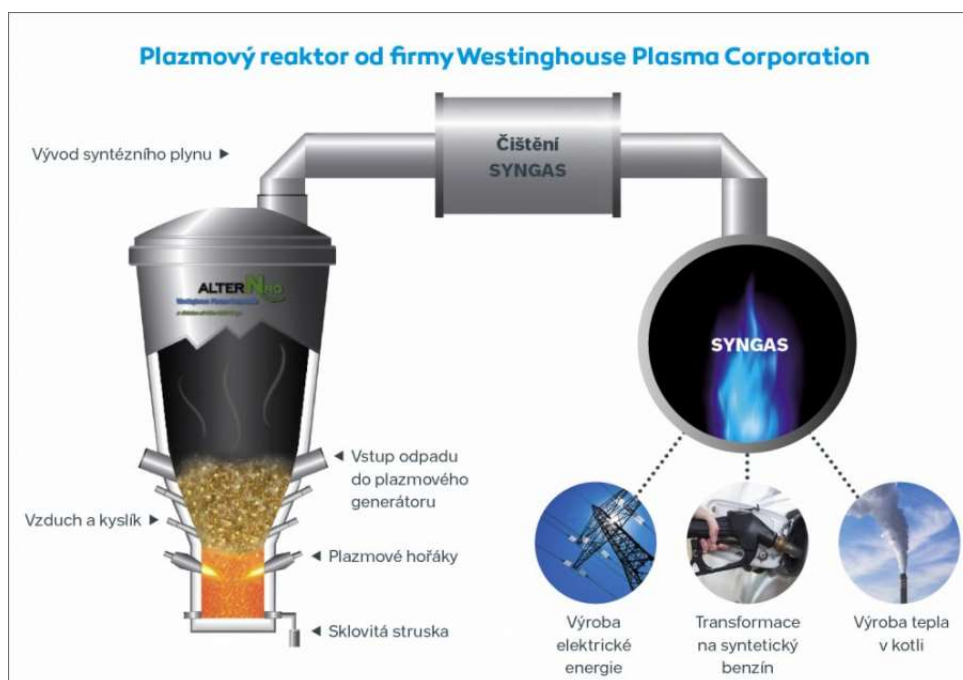
1. nízkoteplotní pyrolýza při teplotě do 500 °C
2. středně teplotní pyrolýza s teplotami do 800 °C
3. vysokoteplotní pyrolýza probíhající při teplotách nad 800 °C

⁴¹ Energetické využití odpadů: Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství OPŽP 2021 – 2027. Ministerstvo životního prostředí [online]. 20.5.2020 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf)

Během celé reakce dochází ke štěpení vysokomolekulárních látek na nízkomolekulární. Kromě teploty je ještě rozlišována rychlost přeměny (rychlá a *pomalá*⁴²). Pro zpracování odpadů je vhodná rychlá pyrolýza s teplotami od 450 do 900 °C a tlaku 0,1 MPa. Vzniká tuhý zbytek, pyrolýzní plyn, pyrolýzní olej a pyrolýzní voda. Pyrolýzní plyn a olej je využitelný jako palivo. Společnost WPP Energy vyvinula pyrolytickou technologii jejímž produktem je palivo získané z odpadu s výhřevností 8,4 MJ/kg.⁴³

4.2 Plazmatické zplyňování odpadů

Zplyňování je založené na principu vysokoteplotní pyrolýzy (řádově tisíce °C) při nedostatku přístupu vzduchu. Dochází k rozkladným procesům na jednoduché molekuly, resp. vznik syntézního plynu, který je energeticky využitelný.⁴⁴



Obrázek 4.3 Schéma plazmového zplyňování⁴⁵

⁴² Pomalá pyrolýza je využívána pro výrobu dřevěného uhlí

⁴³ Pyrolýza - princip, historie a současnost. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost>

⁴⁴ Plazmové zplyňování odpadů - princip a využití. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/plazmove-zplynovani-odpadu-princip-a-vyuziti>

⁴⁵ Tasíme proti odpadu plazmové zplyňování?. *Technickyportal.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/veda-vyzkum-inovace/tasime-proti-odpadu-plazmove-zplynovani_38364.html

ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ

Vstupní surovinou může být bioodpad, komunální směsný odpad, odpadní čistírenské kaly i nebezpečné odpady (což je pro jiné technologie problematické). Před zplyňováním musí dojít k úpravě vstupní suroviny, jako je odstranění přebytečné vody (např. kaly z ČOV a biomasa). Rozdrcením odpadů vznikne homogenní směs, která je následně dávkována do plazmového reaktoru, kde dochází ke zplyňování a *vitrifikaci*⁴⁶. Vzniklý syntézní plyn (syngas) je směsí vodíku a oxidu uhelnatého. Ostatní příměsi, jako oxidy síry, chlorovodíky a vodních páry, jsou odstraněny při čištění plynu. Vzniklé vysoce hořlavé palivo může být využito v kogeneračních jednotkách a vzniklé teplo a elektřina jsou dodávány do příslušných energetických sítí. Odpadem z celého procesu je skelná fáze s možným využitím ve stavebnictví.⁴⁷

Zemí s největším rozvojem plazmatického zplyňování je Japonsko. Zde bylo v pilotním projektu vyzkoušeno zpracování až 151 tun odpadu denně. Následně začaly vznikat díla větších i menších rozměrů. V ČR je tato technologie využívána od roku 2008 ve společnosti Safina. Poslední otázkou technologie je ekonomická stránka, která zatím vychází stále hůř než klasický způsob spalování.⁴⁸

Dnes se na českém poli zabývá vývojem plazmových reaktorů na likvidaci veškerých odpadů společnost *Millenium Technologies*. Tato společnost představila v listopadu roku 2022 reaktor s kapacitou zpracování 0,5 tuny odpadů za hodinu. Teplota v reaktoru se má pohybovat od 1 100 do 1 400 °C. Tím se tento reaktor řadí do skupiny zařízení pro univerzální použití. Může být likvidován veškerý odpad (tedy včetně nebezpečného, nemocničního, nebo v současnosti nerecyklovatelného). Dle názorů vývojářů by se cena takové technologie mohla pohybovat mezi 80 a 250 miliony korun, s předpokládanou návratností investice do 5 let.⁴⁹

⁴⁶ Vitrifikace znamená: „pevné zabudování škodlivin do struktury skla metodou zpracování za vysokých teplot“ - Slovník cizích slov [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz>

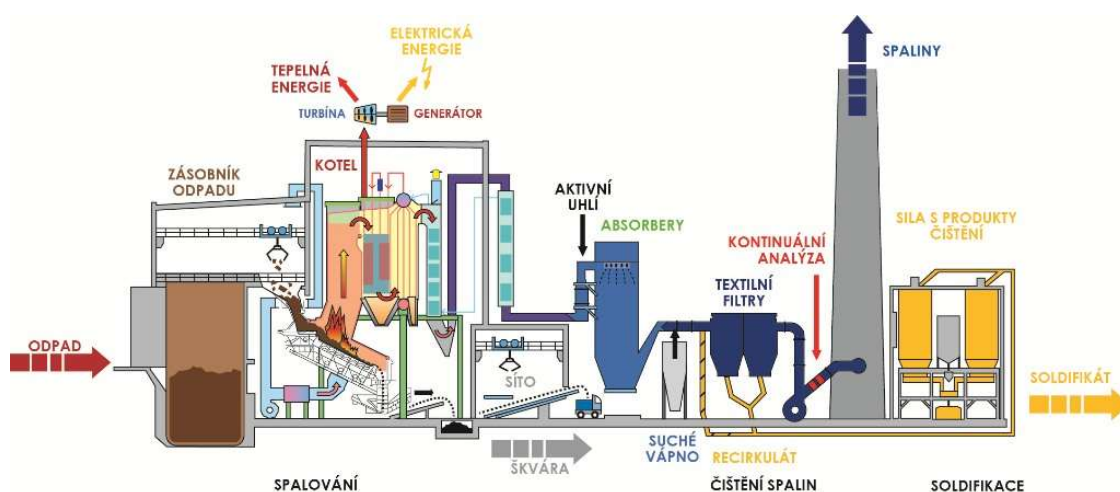
⁴⁷ Plazmové zplyňování odpadů - princip a využití. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/plazmove-zplynovani-odpadu-princip-a-vyuziti>

⁴⁸ Tasíme proti odpadu plazmové zplyňování?. *Technickyportal.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/veda-vyzkum-inovace/tasime-proti-odpadu-plazmove-zplynovani_38364.html

⁴⁹ Český reaktor vyrábí plyn z odpadů. Produkce je bez emisí. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-cesky-reaktor-vyrabi-plyn-z-odpadu-produkce-je-bez-emisi-40415286>

4.3 Spalování odpadů

Rozdíl mezi klasickou teplárnou spalující pevná paliva a spalovnou (resp. ZEVO) není po technologické stránce velký. Patrné je to z následujícího obrázku. Svezeny a vytříděný odpad je zavážen do tzv. bunkru, kde může být nějakou dobu skladován. Bunkr funguje jako „vyrovnávací“ komora, když je odpad nerovnoměrně svážen odpad. Promícháváním jednotlivých závozu vznikne homogenní palivo s relativně neměnnou výhřevností. Připravené palivo putuje násypkou do spalovací komory. Tepelná energie je přeměněna na elektrickou energii pomocí turbíny a generátoru. Spaliny jsou vyčištěny a vypouštěny do atmosféry. Vedlejším produktem spalování je škvára, jejíž produkce je přibližně 0,24 t.t_{SKO}⁻¹, která je dále využitelná ve stavebnictví, a dále nepoužitelný soldifikát, což jsou stabilizované prvky ze spalin z důvodu, aby po uložení tohoto materiálu na skládku nemohlo dojít k vyluhování škodlivin.^{51, 52}



Obrázek 4.4 Schéma fungování spalovny odpadů - ZEVO⁵⁰

Za pomoci podpůrného paliva (obvykle zemní plyn) je zahájeno hoření. Plynové hořáky zajistí první zapálení vsázky, ale následné hoření (jak ukládá zákon) musí probíhat samovolně za pomoci řízeného přívodu vzduchu. Spalování odpadu probíhá při teplotách mezi 800 a 900 °C (teplota spalování nebezpečných odpadů musí být vyšší než 1 200 °C). Vniklé teplo vyrobí páru, která roztáčí turbínu pro výrobu elektrické energie a dále teplo putuje do SCZT. Spaliny jsou vyčištěny a vypouštěny komínem do atmosféry. Vedlejším produktem spalování je škvára, jejíž produkce je přibližně 0,24 t.t_{SKO}⁻¹, která je dále využitelná ve stavebnictví, a dále nepoužitelný soldifikát, což jsou stabilizované prvky ze spalin z důvodu, aby po uložení tohoto materiálu na skládku nemohlo dojít k vyluhování škodlivin.^{51, 52}

⁵⁰ Energetické využití odpadů. SAKO Brno [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>

⁵¹ JAK FUNGUJÍ SPALOVNY ODPADU A KDE JE V ČR NAJDETE?. Siegl kontejnery [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://siegl.cz/blog/likvidace/jak-funguji-spalovny-odpadu-a-kde-je-v-cr-najdete>

⁵² Princip technologie ZEVO. Pražské služby [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>

Spalování odpadů je věnován §35 zákona 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, kde jsou stanoveny podmínky spalování odpadů a výše minimální účinnosti ZEVO. Pro zařízení s vydaným souhlasem k provozu po roce 2008 je vyžadována účinnost alespoň 0,65. Pro výpočet energetické účinnosti stanovuje následující předpis:

$$\mu = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)} \quad (4)$$

kde E_p je roční množství vyrobené energie (teplo nebo elektřina) [GJ.rok⁻¹],⁵³
 E_f je roční vstup energie z paliv přispívající k výrobě páry [GJ.rok⁻¹],
 E_w je energie ve zpracovaných odpadech (nižší čistá výhřevnost [GJ.rok⁻¹],
 E_i je dodaná energie kromě E_w a E_f [GJ.rok⁻¹].⁵⁴

4.4 Potenciál využití odpadů v teplárenství

Předcházející kapitola hovořila o současných výzvách, kterým musí teplárny čelit. Aktuálně nejvíce skloňovanou výzvou je nahrazení uhlí v jakémkoliv energetickém sektoru. Hnědé uhlí je nicméně stále odpovědné za více než polovinu prodaného tepla v ČR (viz *Obrázek 2.1 na straně 4*). Čím jej nahradit? Bude tou správnou odpovědí zemní plyn?

Zemní plyn je fosilního původu a z pohledu dlouhodobých klimatických cílů a taxonomie též není žádoucí přetvářet soustavy trvale na tento palivový zdroj. Jak a čím nahradit v našich končinách 85 % dnes využívaných fosilních paliv? Nabízí se možnost využívat k výrobě tepla spalování odpadů. Jako palivo má své kvality, které zbytečně končí na skládkách bez smysluplného využití. Pokrylo by to ale plně naši spotřebu tepla? Učiňme takovou úvahu.

V České republice se vyprodukuje ročně kolem 5,9 milionů tun komunálních odpadů. Podle posledních dostupných dat je 48 % uloženo na skládku. Předpokládejme, že tato

⁵³ Množství vyrobené elektřiny se násobí hodnotou 2,6. Množství vyrobeného tepla pro komerční využití se násobí hodnotou 1,1.

⁵⁴ ČESKÁ REPUBLIKA. Příloha 7 k zákonu č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

část se bude skládat z 80 % ze spalitelné složky s výhřevností více než 6,5 GJ/t (jak ukládá zákon o odpadech – zákaz skládkování). Pro tento výpočet uvažujeme minimální energetickou účinnost spalování odpadů kladenou zákonem (0,65). Zjišťujeme, že odpady by nám plně nestačily k pokrytí spotřeby tepla, ale mohou alespoň svou částí přispět „do mlýna“. K výpočtu byl využit následující vzorec:

$$T = SKO \cdot U_{skl} \cdot S \cdot V \cdot \eta; [GJ], \quad (5)$$

- kde T je potenciál získaného tepla z odpadů [GJ/rok],
 SKO je množství komunálních odpadů ČR [t/rok],
 U_{skl} je poměrná část uložená na skládku [-],
 S je poměr spalitelné složky skládkovaných odpadů [-],
 V je průměrná výhřevnost SKO [GJ/t],
 η je účinnost přeměny, uvažována 0,65 [-].

Výhřevnost [GJ/t]	Získané teplo [TJ]	Zastoupení v palivovém mixu [-]
7	10 308	11,0 %
8	11 781	12,5 %
9	13 254	14,1 %
10	14 726	15,7 %
11	16 199	17,2 %
12	17 672	18,8 %
13	19 144	20,4 %
14	20 617	21,9 %

Tabulka 4.1 Potenciál získání tepla ze SKO

V tabulce vidíme, že množství uvolněné energie může být různorodé. V případě komunálních odpadů se budeme pohybovat spíše při nižších zmíněných výhřevnostech a mohu tedy prohlásit, že za podmínek daných předpokladem by teplárenství touto transformací na plné využívání dnes dostupných SKO v ČR snížilo svou závislost na fosilních zdrojích o minimálně 11 až 15 % (oproti současné dodávce tepla 94 tis. TJ), což by nebylo kompletním řešením. Dále je nutné připomenout, že ze zákona je nutné zvýšit podíl znovu využitelných složek SKO, a tak bude docházet časem ke snižujícímu se objemu množství dostupného spalitelného SKO.

4.5 Technologie ZEVO v České republice

V naší republice má platný souhlas k provozování ZEVO celkem 34 podnikatelských subjektů (údaj k roku 2020). Nicméně mizivá část z nich aktuálně provozuje spalování odpadů. Jedná se o společnosti zabývající se výhradně likvidací odpadů i závody věnující se výrobě cementu, výrobě zemědělských potřeb a chemikálií nebo nemocnice. Mezi výhradní spalovny komunálních odpadů (tj. nevyužívají odpad pro spoluspalování s jinými palivy) patří spalovny v Plzni, Praze, Liberci a Brně. Celková kapacita těchto 4 zařízení činí 779 tis. tun ročně. Závody se podílejí z 12 % na zpracování odpadů České republiky.⁵⁵

Spalovna	Kapacita [kt/tok]
ZEVO Plzeň - Chotíkov	105
ZEVO Liberec - Termizo	96
ZEVO Praha - Malešice	330
SAKO Brno - Komárov	248

Tabulka 4.2 Spalovny odpadů v České republice⁵⁶

⁵⁵ Informace o zařízeních pro tepelné zpracování odpadu za rok 2021. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/incinerators/index_CZ.html

⁵⁶ Tamtéž

5 Teplárna Písek

Informace v následující části (pokud není řečeno jinak) jsou čerpány z veřejných informací Teplárny Písek, a. s. dostupných na jejich webových stránkách <https://www.tpi.cz/> nebo z informací poskytnutých Teplárnou Písek, a. s.

Okresní město Písek se rozkládá v jižních Čechách na řece Otavě. Svou historii město začalo psát už ve 13. století, kdy se začal na pravém břehu řeky rýžovat zlatý písek. Za osm století své historie prošel ulicemi nespočet významných osobností naší i zahraniční historie. Město si zažilo okamžiky obrovské slávy i situace, na něž se těžce vzpomíná.⁵⁷

Není možné městu Písek upřít jedno energetické prvenství na území Koruny České. V roce 1888 sestrojil a zprovoznil František Křížík v bývalém Podskalském mlýně první vodní elektrárnu určenou pro zásobování místního veřejného osvětlení elektřinou. O 99 let později dochází v neděli 8. května 1987 k slavnostnímu zprovoznění tamní teplárny, která je dnes náplní této diplomové práce.^{58, 59}

Teplárna Písek se nachází na jižním okraji stejnojmenného města Písek (cca 2 km od centra) při cestě do Smrkovic. Právě zde se nachází hlavní výrobní zařízení pro celé město –kotle na hnědé uhlí a biomasu. Do areálu je zavedena železniční vlečka vedoucí z křížení tratí 200 (Zdice – Protivín) a 201 (Tábor – Ražice).⁶⁰ Druhou dopravní infrastrukturu představuje silniční spojení Písek – Smrkovice. Elektrizační soustava se nachází v těsné blízkosti teplárny na hladinách 110 kV a 22 kV (vedoucí do areálu). Právní uskupení teplárny je akciová společnost se základním kapitálem 190 mil. Kč. Majoritním vlastníkem akcií je samotné město Písek (75,59 %). Zbývající část akcií je v držení soukromých osob.

⁵⁷ Historie města. *Město Písek* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/historie-mesta-pisek/ds-1027/p1=29503>

⁵⁸ Tamtéž

⁵⁹ Teplárna Písek slaví významné výročí. *Město Písek* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/teplarna-pisek-slavi-vyznamne-vyroci/d-44755>

⁶⁰ Železniční mapa České republiky. *Radek Rychnovský* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://mapa.rychnovsky.cz/>

5.1 Současný stav

Písecká teplárna vyrábí teplo ze 4 různých paliv – biomasa, teplo z bioplynové stanice, zemní plyn a hnědé uhlí. Celý provoz disponuje celkově 5 kotly. V areálu teplárny se nachází kotel na hnědé uhlí K11 (do budoucna by měl být nahrazen novým zdrojem, který nespaluje uhlí), kam je přimícháváno až 16 % biomasy. Druhý kotel K13 (z roku 2021) je výhradně na dřevní štěpku. Společnost dále disponuje ještě dvěma kotly na zemní plyn. Jeden z kotlů je umístěný ve výtopně Samoty K24 a druhý K31 na Dukle. V reakci na energetickou krizi byl plynový kotel K24 předělán na dvoupalivový zdroj s možností spalovat zemní plyn, nebo lehké topné oleje. V prostorech teplárny se nacházejí ještě 2 protitlaká turbosoustrojí s instalovanými výkony 6,0 a 1,8 MWe. V provozu je nyní pouze turbosoustrojí o výkonu 1,8 MWt připojené k hnědouhelnému zdroji. Všechny zdroje jsou seřazeny v následující tabulce.

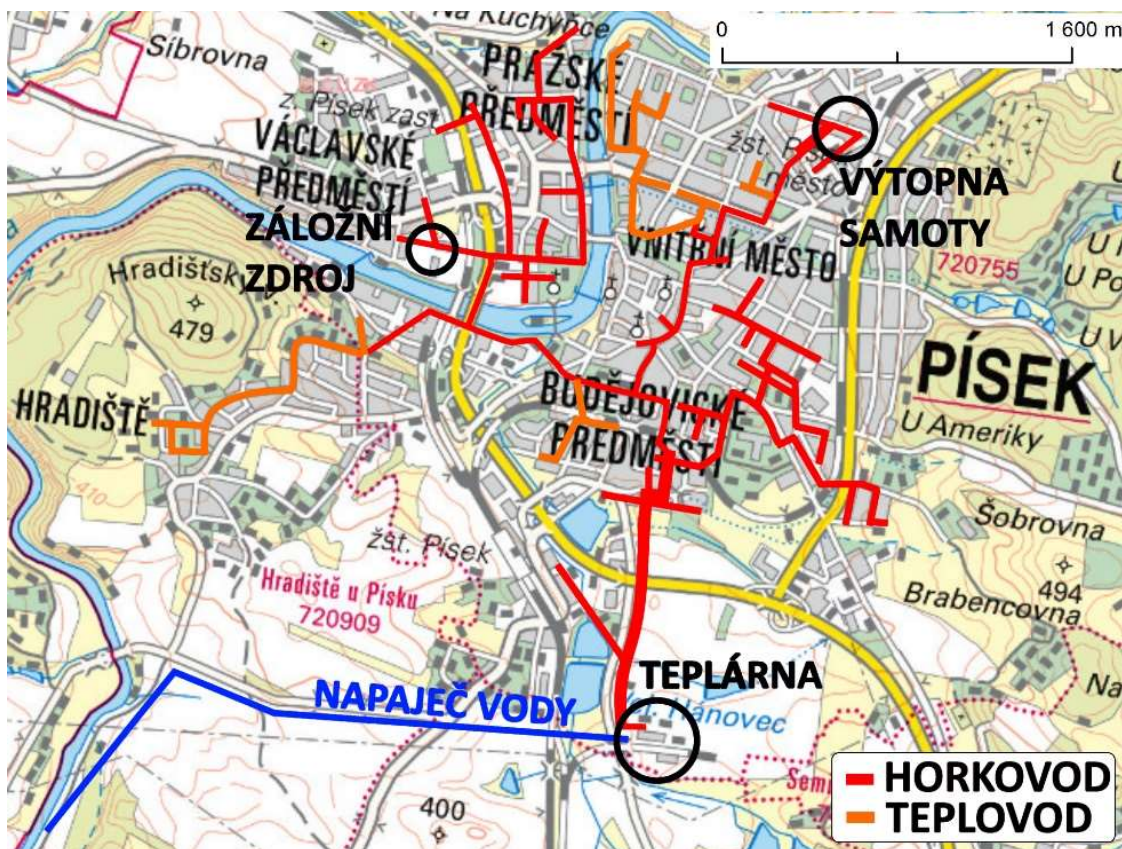
ID	Výkon [MWt]	Palivo	Lokalita	ID	Výkon [Mwe]	Typ
K11	17,43	HÚ+BIO	Teplárna	TG1	6,00	Protitlak
K13	10,00	DŠ	Teplárna	TG2	1,80	Protitlak
K24	18,35	ZP/LTO	Samoty			
K31	4,75	ZP	Dukla			
BPS	0,60	-	-			

Tabulka 5.1 Současná výrobní zařízení Teplárny Písek, a. s.

Celkový instalovaný tepelný výkon všech zdrojů v zimním období je 51,1 MWt. V letních měsících poskytuje bioplynová stanice konstantní dodávky o výkonu 1,4 MWt, tudíž letní dosažitelné maximum výkonu zdrojů je 52,5 MWt. Každý ze zdrojů se nachází v jiné části města a instalované výkony dané lokality tudíž nepřesahují hranici 20 MWt, a proto provoz není zatím zatížen emisními povolenkami.

5.2 Teplárenská infrastruktura

Infrastruktura pokrývá velkou část města. Využívány jsou horkovodní a teplovodní sítě. Veškeré parovodní rozvody byly do roku 2022 transformovány na horkovody. Celková délka všech rozvodných sítí činí 44 km. Následující mapa zobrazuje páteřní rozvodné sítě tepla (zakreslení má pouze informativní charakter). K teplárenské soustavě je k roku 2021 připojeno 8 336 odběratelů, kdy 96,5 % je připojeno na sekundární rozvody. Celkový výkon horkovodních stanic činí 59 MW. Typ odběratelů je od klasické bytové zástavby přes objekty občanské vybavenosti až po nemocnici.



Obrázek 5.1 Teplofikační infrastruktura města Písek⁶¹

Stojící infrastruktura se ve většině případů nachází na pozemcích města Písek. Umístění teplofikační soustavy bývá ošetřeno formou věcného břemene. V držení teplárny jsou pozemky s výrobní technologií a přiléhající okolí teplárny⁶², viz kapitola 5.5.

5.3 Výroba a dodávky tepla

Množství tepla dodaného do sítě CZT bylo 435 tis GJ. Spotřeba tepla meziročně klesá a při srovnatelných teplotních podmínkách dnes činí 307 tis. GJ ročně. Je předpokládáno, že do budoucna bude docházet k dalším úsporám na straně teplárny, přestavba parovodů za účelem úspor byla již dokončena, i odběratelů, předpokladem je další zateplování bytových domů. Následující graf ukazuje vývoj spotřeb tepla společně s průměrnou roční teplotou. Je zde výrazný pokles ztrát tepla a spotřeby

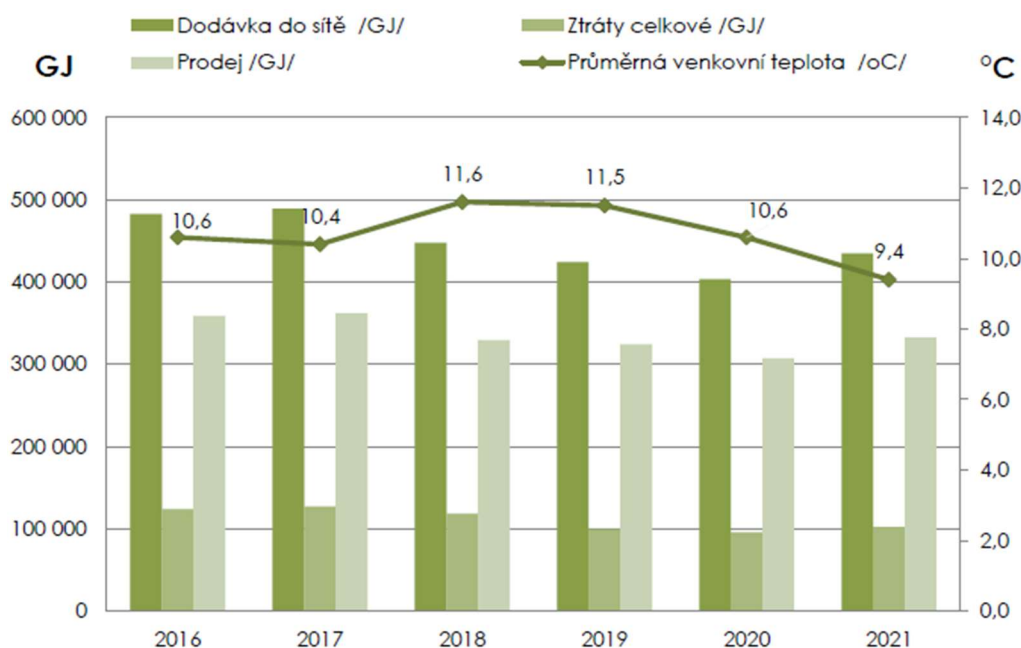
⁶¹ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce, 2023. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁶² KÚ Písek, *Nahlížení do katastru nemovitostí ČÚZK* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberLV.aspx>

TEPLÁRNA PÍSEK

odběratelů. Nejlépe je tento stav viditelný v letech 2016 a 2020, kdy průměrná teplota byla totožná.

Nejsou známy informace, že by mělo v rámci města Písek dojít k připojení nějakého průmyslového podniku nebo větší počet nových odběratelů, který by způsobil změnu klesajícího trendu spotřeby koncových odběratelů. Navýšení objemu ztracené energie nepřipadá též v úvahu.



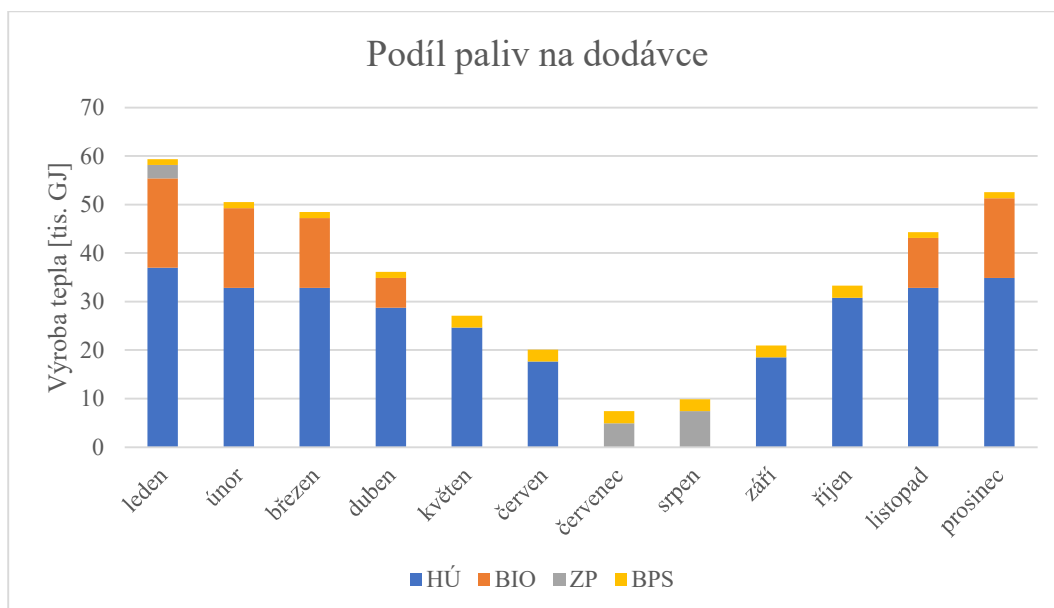
Obrázek 5.2 Výroba a prodej tepla v letech 2016 až 2021

5.4 Využití paliv na dodávku

V posledním kalendářním roce bylo dominantním palivem hnědé uhlí, které je využíváno 10 měsíců v roce. Dalším významným palivem je biomasa. Vzhledem k vývoji cen zemního plynu v posledním období bylo toto palivo využíváno naprosto minimálně. V topné sezóně je využíváno obvykle pouze jako špičkový zdroj. Z tohoto důvodu množství zemního plynu není v grafu v jednotlivých měsících patrné. V případě, že se ceny této komodity přiblíží k dřívějším hodnotám, lze očekávat, že dojde opět k jeho většímu využívání.

Současný návrhový příkon teplárenské soustavy činí 45 MWt. Písecká teplárna připravuje realizaci akumulčních nádrží, které mají omezit potřebný špičkový příkon soustavy. Princip fungování je jednoduchý. V době nižších odběrů soustavy nebude docházet k omezování výkonu zdrojů, ale vyrobené teplo bude směřováno do nádrží,

kteře budou následně využity v době vyšší poptávky po teple. Dle propočtů a sdělení TPI bude možné snížit výkon zdrojů o 6 MWt pod současný návrhový příkon SCZT.



Obrázek 5.3 Měsíční podíl paliv na dodávkách tepla do SCZT 2022

5.5 Pozemkový fond

Samotná teplárna nemá k dispozici jiné souvislé pozemky než ty, na nichž se v současnosti nacházejí výrobní zařízení, které jsou zapsány v katastru nemovitostí pod LV 5 340 v k. ú. Písek. Jsou to prostory současné teplárny s rozlohou cca 6 ha. Využívaný prostor teplárenského komplexu je přibližně obdélníkového tvaru s rozměry 337 x 122 až 128 m, viz následující obrázek.



Obrázek 5.4 Majetkové poměry lokality teplárny Písek⁶³

⁶³ Nahlížení do katastru nemovitostí ČÚZK [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberLV.aspx>, Upraveno autorem práce, 2023

Dalšími pozemky v těsné blízkosti teplárny je železniční vlečka zapsaná pod LV 703 v k. ú. Smrkovice. Zbývající menší parcely se nacházejí v lokalitě Samoty a v prostorech záložního kotle Dukla, které jsou zástavbě města. Z hlediska rozšíření výroby nebo transformace teplárny nehrají poslední zmíněné lokality zásadní roli pro účel této diplomové práce.

Na souvislé pozemky v držení Teplárny Písek, a. s. plynule navazují (v jižním a severozápadním směru) pozemky v držení města Písek. Dnes funguje na zmíněných jižních pozemcích sběrný dvůr Městských služeb Písek, s. r. o. Ostatní (v obrázku bílé) parcely jsou v majetku různých soukromých vlastníků.⁶⁴

5.6 Regulovaný zisk teplárny

Stálá aktiva teplárny k poslednímu dni roku 2022 mají hodnotu 1,1 mld. Kč. Očištěná hodnota aktiv používaných pro výrobu tepla nebo KVET činí 491 mil. Kč.⁶⁵ Pro stanovení maximálního přípustného zisku teplárny před zdaněním a úroky je využita rovnice (2). Na základě tohoto vztahu je maximální přípustný zisk teplárny před úroky a zdaněním 20 mil. Kč.rok⁻¹. Předpoklad tohoto maximálního zisku je zakomponován do ekonomického modelu TPI v další části práce.

⁶⁴ Odpady. *Městské služby Písek, s. r. o.* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.ms-pisek.cz/odpady>

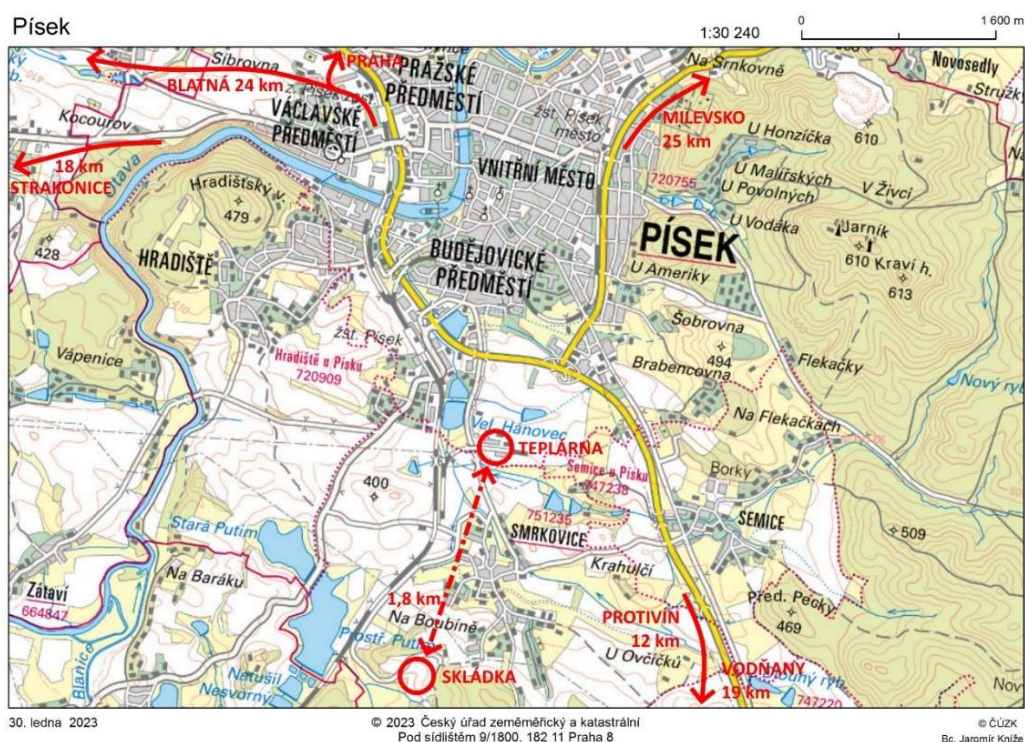
⁶⁵ Výroční zpráva za rok 2022. Teplárna Písek, a. s. [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: http://tpe.cz/vz/vz_2022.pdf

6 Potenciál využití ZEVO v lokalitě Písek

Každý region musí, ač možná nechtěně, řešit problém nakládání s odpady na svém území. Stejný problém řeší město Písek a mnoho dalších na území jižních Čech. V blízkosti Písku je skládka Vydlaby, která slouží pro ukládání odpadů z okresů Písek a Strakonice. Tyto dva okresy rukou společnou řídí společnost ODPADY Písek, s. r. o. zajišťující služby svozu a likvidace komunálních odpadů produkovaných v oblasti. Podíl na společnosti mají města rozdělena rovným dílem.⁶⁶ Po roce 2030 nebude možné energeticky využitelné odpady ukládat na skládku. Vzhledem ke všem skutečnostem se nabízí energetické využití odpadů v rámci písecké teplárny.

6.1 Možnosti umístění

Společnost ODPADY Písek, s. r. o. je vlastníkem skládky Vydlaby u Smrkovic. Zde se nachází potřebná infrastruktura pro zpracování odpadů. Úskalím lokality je vzdálenost k nejbližší teplárenské infrastruktuře více než 2 km. Dalším nedostatkem lokality je absence inženýrských sítí v rozsahu potřebných pro ZEVO.



Obrázek 6.1 Poloha města Písek vzhledem k okresům Písek a Strakonice⁶⁷

⁶⁶ *Odpady-Písek.cz* [online]. [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.odpady-pisek.cz/>

⁶⁷ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2023. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Druhou lokalitou mající vztah k místnímu odpadovému hospodářství je strakonická teplárna, která v současnosti také spaluje hnědé uhlí. Umístění strakonické teplárny je uprostřed města a pro výstavbu nové technologie zde tudíž není dostatečný prostor.⁶⁸

Teplárna Písek, jejíž teplofikační soustavu byla blíže popsána v předcházející kapitole, je z hlediska potenciálu využití technologie ZEVO v mnohem lepší pozici. K teplárně jsou zavedeny veškeré potřebné inženýrské sítě (kromě přípojky ZP, pro případnou realizaci je nutné ji dostavět). V této lokalitě by vytvořením ZEVO nemělo dojít ke zvýšení dopravního zatížení lokality. Dnes je právě silnice vedoucí kolem teplárny hlavním tahem ke skládce. Případné umístění ZEVO by bylo umožněno na pozemcích města za sběrným dvorem v jihovýchodním cípu TPI. Předchozí obrázek poskytuje představu o širší lokalitě Písku a dostupnosti k okolním důležitým bodům a městům.

6.2 Produkce odpadů na Písecku a Strakonicku

Okresy Písek a Strakonice vytvářejí souvislé území s poloměrem od Písku cca 30 km. Na celém území obou okresů zajišťuje svoz komunálního odpadu společnost ODPADY Písek, s. r. o.⁶⁹ Třicetiletý okruh pokrývá celou plochu obou okresů, kde se nacházejí ještě skládky Vodňany, Blatná a Milevsko. Zájmové území zasahuje ve východní části do okresu České Budějovice se skládkou Chrášťany.

Na skládku Vydlaby je ročně ukládáno cca 25 kt.rok⁻¹ spalitelného odpadu, který zde nesmí být po roce 2030 ukládán. Dle sdělení okolních správců skládek v zájmové oblasti je maximální množství spalitelného odpadu (pro který není jiné využití než likvidace) cca 51,3 kt.rok⁻¹. Konkrétní možnosti jednotlivých dodavatelů shrnuje následující tabulka. V poskytnutých datech o dostupném množství spalitelných odpadů pro ZEVO Písek nedochází k výrazným výkyvům. Do kategorie spalitelných odpadů nebyly započítávány složky bioodpadu, popelovin a ostatních složek, které bude možné po roce 2030 likvidovat, či zpracovávat jinak.⁷⁰ Konkrétní hodnoty

⁶⁸ Teplárna Strakonice. Teplárna Strakonice [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <http://www.tst.cz/>

⁶⁹ Plán odpadového hospodářství města Strakonice, *Město Strakonice*[online]. 2016, s. 8 [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: https://www.strakonice.eu/sites/default/files/zivotni_situace/odbor_zivotniho_prostredi/poh_strakonice.pdf

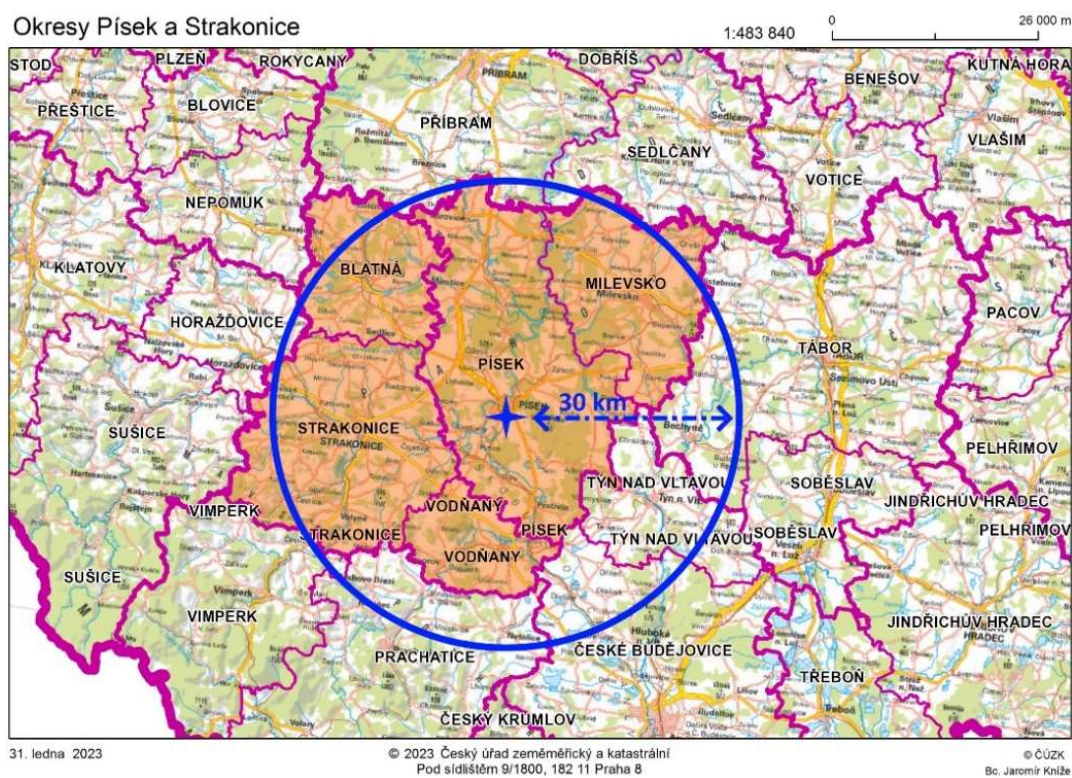
⁷⁰ HANUS, Jan a kol. *Studie proveditelnosti ZEVO Písek*. Brno: EVECO Brno, 2021, 91 s. Arch. č. D52100003Z01.

spalitelných odpadů jsou dostupné pouze pro skládky Vydlaby, Blatná a Milevsko. Sumárně tato hodnota činí cca 28 kt.rok⁻¹.

Skládka odpadů	Spalitelné odpady	2018	2019	2020
Smrkovice – Vydlaby	t.rok ⁻¹	21 486	21 532	21 497
Chrástřany ^A	t.rok ⁻¹	3 000	3 000	3 000
Vodňany ^B	t.rok ⁻¹	20 000	20 000	20 000
Blatná	t.rok ⁻¹	xxx	xxx	3 463
Milevsko	t.rok ⁻¹	3 580	3 540	3 328
Celkem:	t.rok⁻¹	xxx	xxx	51 288

^A – odhadnuto, ^B – poskytnutá data o dostupnosti spalitelné složky

Tabulka 6.1 Dostupné spalitelné odpady ve zkoumané oblasti⁷¹



Obrázek 6.2 Okresy Písek a Strakonice⁷²

6.3 Skladba odpadů

Dostupná směs komunálních odpadů pro spalování v Písku obsahuje části směšného komunálního odpadu a upravené části dřeva, textilu, papírů, plastů a jiných materiálů. Z reálných dat skládek jsou jednotlivým skupinám odpadů přiřazeny referenční

⁷¹ Číselné hodnoty čerpaný z: HANUS, Jan a kol. *Studie proveditelnosti ZEVO Písek*. Brno: EVECO Brno, 2021, 91 s. Arch. č. D52100003Z01.

⁷² Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2023. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

POTENCIÁL VYUŽITÍ ZEVO V LOKALITĚ PÍSEK

výchřevnosti a obvyklé množství. Průměrná výchřevnost odpadů $10,1 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$ byla stanovena jako průměr zastoupení a výchřevnosti jednotlivých skupin, viz tabulka.

Typ odpadů		Průměrná výchřevnost [GJ.t ⁻¹]	Množství odpadů [t.rok ⁻¹]	Podíl	Energie odpadu [MJ.rok ⁻¹]
Směsný komunální odpad	SKO	9,0	37 255	74,5 %	335 291
Mechanicky upravený SKO	MU	12,0	2 677	5,4 %	32 129
Dřevo	DR	14,0	4 315	8,6 %	60 403
Textil	TX	18,0	22	0,0 %	401
Papír	PA	14,0	1	0,0 %	7
Plasty	PL	25,0	2 013	4,0 %	50 315
Chemikálie	CH	15,0	4	0,0 %	54
Ostatní	OO	6,5	3 714	7,4 %	24 144
Celkem:		10,1	50 000	100,0 %	502 744

Tabulka 6.2 Palivová směs pro ZEVO Písek⁷³

6.4 Konkurenční záměry v okolí

Blízko k jižním Čechám se nachází fungující ZEVO Plzeň s kapacitou $105 \text{ kt}\cdot\text{rok}^{-1}$. Na území jihočeského kraje se plánují zrealizovat další spalovny, čímž reálně hrozí nedostatek paliva pro ZEVO Písek. Jako příklad je možné uvést ZEVO v Plané na Lužnici nebo Českých Budějovicích.

Připravovaná budějovická spalovna má být dimenzována pro objem odpadů v celém kraji. S tímto postupem například nesouhlasí město Tábor, které právě jedná s komplexem C-Energy Planá nad Lužnicí o místní podobě ZEVO. Pokud by došlo k postavení spalovny v Budějovicích, pak by ZEVO Písek naprosto ztratilo svůj smysl, protože by bylo bez paliva. Strakoničtí zastupitelé stále váhají a čekají na konečné ekonomické výstupy všech záměrů s dopadem na ně. Současný starosta zmiňuje nepoměr přínosu užitku ze ZEVO Písek pro Strakonice a Písek. Nevyvrátil, že v krajním případě by i Strakonice uvažovaly o vlastní spalovně.⁷⁴

Obyvatelé přílehlých Smrkovic se staví na odpor proti realizaci obou řešení ZEVO (umístění v Písku, nebo Českých Budějovicích), protože v obou případech se obávají

⁷³ Číselné hodnoty z čerpány z: HANUS, Jan a kol. *Studie proveditelnosti ZEVO Písek*. Brno: EVECO Brno, 2021, 91 s. Arch. č. D52100003Z01.

⁷⁴ Kde budou jihočeské spalovny odpadu? Začíná boj o budoucí byznys. *Jižní Čechy TED* [online]. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.jcted.cz/69867-kde-budou-jihoceske-spalovny-odpadu-zacina-boj-o-budouci-byznys/?liveMode=1>

zvýšeného dopravního zatížení obce. V případě ZEVO Písek by nově byly přiváženy odpady z Vodňan právě přes Smrkovice. V případě ZEVO ČB by ve Smrkovicích docházelo k překládání odpadů a zvýšení dopravního zatížení by ještě více narostlo.

7 Možnosti řešení situace teplárny Písek

Odstavení hnědouhelného zdroje je v blízké budoucnosti jisté. Je nutné zvolit vhodnou náhradu. Která bude provozně vyhovovat požadavkům teplárny a zároveň bude reálné ji provozovat za přijatelnou cenu, resp. zavedení nového zdroje by nemělo vyvolat obrovský cenový skok pro koncové zákazníky.

Po odstavení hnědouhelného kotle K11 zůstávají v provozu kotle na biomasu, výtopny na zemní plyn (resp. s možností přepnutí na LTO) a zdroj tepla z bioplynové stanice. Není předpokládáno, že by mělo dojít k zásadním technologickým změnám na dílech. Potenciál většího využití biomasy a bioplynové stanice není reálný. Podíl na výrobě je zachován i pro další roky. Jedinou možností pro vyšší využití představuje zemní plyn. Vlastnosti zachovaných a dále provozuschopných kotlů jsou shrnuty v následující tabulce včetně vlastností užívaných paliv.

Zdroj	Tepelný výkon [MWt]	Účinnost spalování [-]	Palivo	Výhřevnost paliva	
K13	10,00	0,83	BIO	8,5	GJ.t ⁻¹
K24	18,35	0,9	ZP (LTO)	37,98 (42,50)	GJ.m⁻³ (GJ.t⁻¹)
K31	4,75	0,90	ZP	37,98	GJ.m ⁻³
BPS	0,60	-	-	-	-

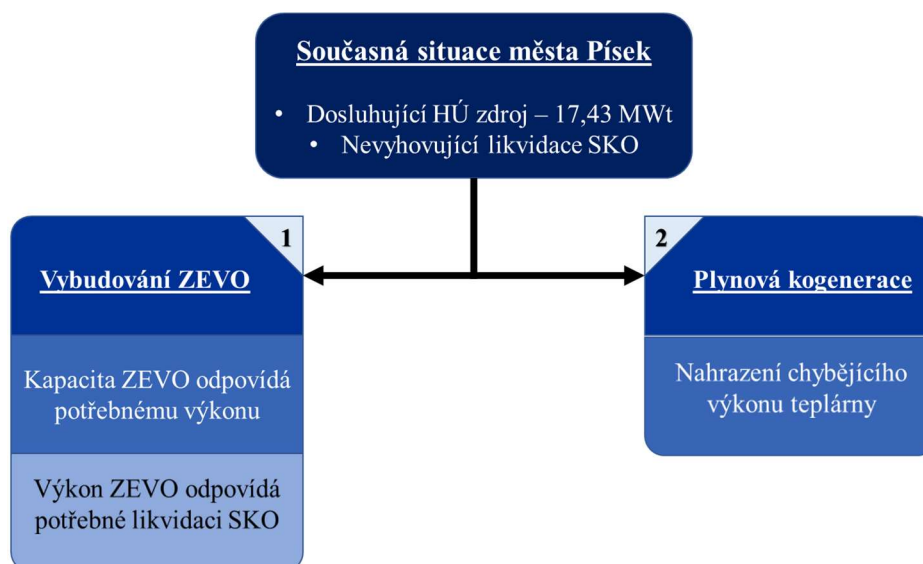
Tabulka 7.1 Zachovávané zdroje teplárny

Spotřeba tepla se dynamicky vyvíjí v závislosti na počasí, množství odběratelů, energetické náročnosti budov, ztrátách v rozvodech atd. Současné dodávky do SCZT jsou na úrovni 410 tis. GJ ročně. Po úplném přechodu na horkovody lze očekávat roční dodávky do sítě 365 tis. GJ. Předpokládejme, že meziročně bude docházet k poklesu odběru tepla ze sítě o 0,25 %, protože potenciál úsporných opatření na straně odběratelů ještě není vyčerpán.

7.1 Variantní návrhy řešení budoucí výkonové a tepelné bilance teplárny Písek

Z poslední tabulky je zřejmé, že po odstavení dosud používaného hnědouhelného kotle s příměsí biomasy bude nutné chybějící výkon něčím doplnit. K realizaci se v současnosti nabízí řešení v podobě vybudování nového tepelného zdroje na spalování směsného komunálního odpadu. Druhou možností zastoupení

odstavovaného zdroje v budoucnu je plynová kogenerace. Varianty řešení situace po odstavení hnědouhelného zdroje je vyobrazena v grafu na následující straně. V níže popisovaných variantách budu zkoumat možné varianty nahrazení odstavovaného kotle novými zdroji s jinými typy paliv.



Obrázek 7.1 Graf možností řešení výkonové rovnováhy teplárny Písek

7.1.1 Varianta 1 – zpracovatelská kapacita odvozená od potřebného výkonu

Varianta pracuje s myšlenkou, že není podstatné zpracovávané množství odpadů, ale důležité je zachování technického fungování teplárny Písek. Hodnota tepelného výkonu ZEVO je dána porovnáním požadavků sítě a součtu instalovaného výkonu zachovaných zdrojů. Hodnota konstantně dodávaného výkonu ZEVO následně určuje, jaké je potřebné množství odpadů ke spálení.

7.1.2 Varianta 2 – Vybudování ZEVO v kapacitě spalování 50 kt SKO ročně

Druhá varianta pracuje s veřejně známou myšlenkou vybudovat v Písku ZEVO o kapacitě spalování 50 kt.rok⁻¹ s tepelným výkonem 15,5 MWt. Cílem této varianty je ověření uveřejňovaných skutečností o plánovaném novém zdroji s přímým dopadem na teplárnu Písek, resp. na její koncové odběratele.

7.1.3 Varianta 3 – Plná náhrada plynovou kogenerací

Poslední varianta nepředpokládá vznik ZEVO. Tato situace může nastat, pokud by nedošlo v rámci jižních Čech ke společné dohodě a veškeré odpady by byly

MOŽNOSTI ŘEŠENÍ SITUACE TEPLÁRNY PÍSEK

zpracovávají v plánovaném ZEVO České Budějovice, které je navrhováno se zpracovatelskou kapacitou pro celý kraj. Taková situace může nastat i tehdy, kdyby místní obyvatelé města Písek a okolí nesouhlasili s výstavbou ZEVO v Písku.

8 Technický model ZEVO Písek a teplárny Písek

Kapitola se zaměřuje na zhodnocení současné výkonové bilance. S přihlédnutím ke všem plánovaným změnám je nutné odvodit minimální instalovaný výkon nového zdroje, aby byla zachována výkonová rovnováha teplárny. V návaznosti na toto zjištění je zhodnocena současná a očekávaná budoucí bilance tepla, resp. využití jednotlivých zdrojů na celkových dodávkách teplárny.

8.1 Stanovení instalovaného výkonu ZEVO

ZEVO je přímo závislé na velikosti produkce odpadů v uvažované oblasti. Změny v dostupnosti paliva v reakci na změnu poptávky ze strany provozovatele ZEVO jsou nereálné, a proto je důležité uváženě zvolit zpracovatelskou kapacitu. Ke stanovení instalovaného výkonu ZEVO je využita následující posloupnost výpočtů. Vycházejme z předpokladu, že výkon ZEVO je po celou dobu víceméně konstantní – podobně jako závoz odpadů. Krátkodobé skladování malého množství odpadů je přípustné, ale „ušetření“ paliva z letních měsíců do zimních je nepřijatelné. Skladování odpadů k pozdějšímu spálení by znamenalo uložení na skládce Vydlaby a v okamžiku potřeby opětovné naložení a převezení zpět. Zvýšené přesuny odpadů by (mimo jiné) měly negativní dopad na ekonomiku provozu ZEVO. Z nerealizovatelnosti předchozího zmíněného řešení předpokládejme konstantní spotřebu paliva a konstantní výkon na výstupu ze ZEVO. Návrhová roční provozní doba ZEVO je 7 920 hodin. Je předpokládáno, že roční doba odstávek nepřesáhne 5 týdnů.

$$q = H \cdot \eta, \quad (6)$$

kde q je měrné získané teplo z paliva [MWh.t⁻¹],
 H je průměrná výhřevnost paliva (průměrná výhřevnost SKO) [MWh.t⁻¹],
 η je účinnost získání tepla ze SKO [-].

$$s = \frac{P_{t,t}}{q}, \quad (7)$$

kde s je měrná spotřeba SKO [t.hod⁻¹],
 $P_{i,t}$ je instalovaný tepelný výkon ZEVO [MWt].

Po úpravě poslední rovnice o získáváme následující závislost mezi množstvím dostupného paliva (odpadů) a instalovaným výkonem ZEVO.

$$P = \frac{S_r \cdot H \cdot \eta}{T_r}, \quad (8)$$

kde S_r je roční množství spalovaných odpadů [t.rok⁻¹],
 T_r je roční doba provozu při rovnoměrné spotřebě a výrobě [h.rok⁻¹].

8.2 Výkonová rovnováha teplárny Písek

Teplárna Písek v současnosti disponuje výkonem zdrojů v zimním období 51 MWt. V letním období disponuje celkovým výkonem 52 MWt. Rozdílnost maximálního výkonu během roku je dána bioplynovou stanicí, která je schopna od dubna do září dodávat konstantně výkon 1,4 MWt, a v zimním období (resp. v topné sezóně, kdy je poptávka po teple největší) dodávat výkon pouze 0,6 MWt.

ID	Výkon [MWt]	Palivo
K11	17,43	HÚ+BIO
K13	10,00	DŠ
K24	18,35	ZP / LTO
K31	4,75	ZP
BPS (l.)	1,20	BioP
BPS (z.)	0,60	BioP
Celkem zima	51,13	
Celkem léto	51,73	

Tabulka 8.1 Výkony zdrojů teplárny Písek – současnost

V blízké budoucnosti bude nutné zajistit náhradu dosluhujícího hnědouhelného kotle K11 o tepelném výkonu 17,43 MWt, který je v provozu od počátku fungování teplárny. Současný návrhový příkon soustavy CZT je 45 MWt. Nynější zdroje jsou již naddimenzované a není potřeba nahrazovat celý instalovaný výkon hnědouhelného kotle. Dalším prostorem pro snížení celkové hodnoty instalovaného výkonu všech zdrojů je připravovaná instalace akumulčních nádrží přinášejících úsporu špičkového výkonu až 6 MWt.

Po odstavení hnědouhelného kotle K11 dojde ke snížení maximálního výkonu soustavy na 34 MWt. Tento výkon ani při využití akumulace není dostatečný. Po realizaci všech opatření je návrhový příkon soustavy 39 MWt. Zdá se, že bude zapotřebí nasadit nový zdroj alespoň o výkonu 5 MWt.

Je nutné zdůraznit, že plynový kotel K31 má primárně sloužit jako záložní zdroj pro nenadálé situace vzniklé v soustavě nebo na vyrovnání špiček. Primárně by neměl sloužit jako standardní zdroj, a proto nebude v první části výpočtu potřebného výkonu nového zdroje zahrnován do výpočtu.

V blízké budoucnosti není očekáván nárůst požadovaného příkonu soustavy. Není nezbytné uvažovat s navýšením instalovaného výkonu zdrojů. Naopak je předpokládáno, že s úsporami na straně teplárny i u odběratelů bude potřebný špičkový příkon soustavy spíš klesat.

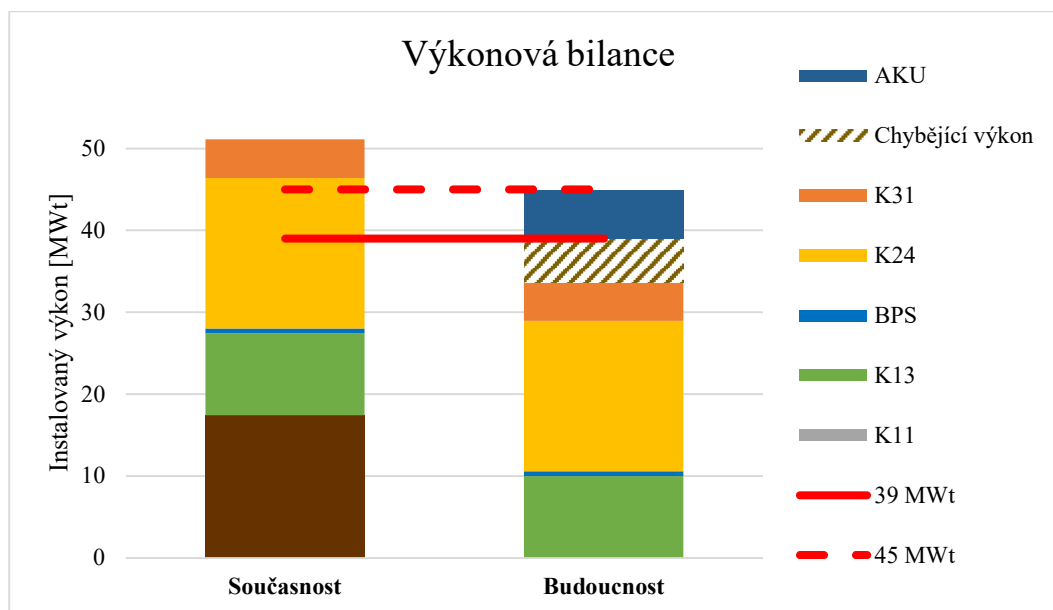
Po odstavení K11 bez využití záloh dosahuje soustava maximálního výkonu zdrojů pouze 29 MWt, což je nedostatečné pro budoucí požadavky sítě. Následující tabulka porovnává současné a budoucí možnosti zdrojové základny teplárny. Z tabulky vyplývá, že je nutné doplnit teplárnu o nový zdroj o výkonu alespoň 5,3 MWt.

	Současný výkon [MWt]	Plánované změny [MWt]	Budoucí výkon [MWt]	Chybějící maximální výkon
Maximální příkon SCZT	45,00	-6,00	39,00	
Plánovaná úspora akumulací	-,--	6,00	-,--	
Běžné užívané zdroje:				
K11	17,43	-17,43	0,00	
K13	10,00	0,00	10,00	
K24	18,35	0,00	18,35	
BPS	0,60	0,00	0,60	
Celkem:	46,38	-17,43	28,95	10,05
Záložní zdroje:				
K31	4,75	0,00	4,75	
Celkem se zálohou	51,13	-17,43	33,70	5,30

Tabulka 8.2 Současná a budoucí výkonová rovnováha

Je patrné, že písecká teplárna již dnes nepotřebuje instalovaný výkon zdrojů přes 51 MWt. Zde je potenciál pro nalezení úspory. Bezpečnostní hledisko teplárny je požadavek na použitelnou výkonovou zálohu alespoň ve výši 60 % instalovaného výkonu největšího zdroje nad příkon soustavy 30 MWt. V současné chvíli je největším

zdrojem kotel K24 o instalovaném výkonu 18 MWt. Z tohoto požadavku vyplývá minimální hodnota záložního výkonu 11 MWt.



Obrázek 8.1 Výkonová bilance teplárny Písek

Hlavním závěrem minulého odstavce je, že instalovaný výkon všech zdrojů TPI by neměl klesnout pod 41 MWt bez započtení výkonu akumulace. Výsledný výkon nového zdroje pak určíme zvolením maximální hodnoty výkonu zdroje tak, aby byly splněny následující podmínky. Shrnutí podmínek a způsob výpočtu potřebného výkonu zobrazuje následující rovnice.

$$P_{NZ} = (1 + p) \cdot \max \left(P_{CZT} - \sum_{j=1}^n P_{ij}; P_{PIZ} - \sum_{j=1}^{n+m} P_{ij} \right), \quad (9)$$

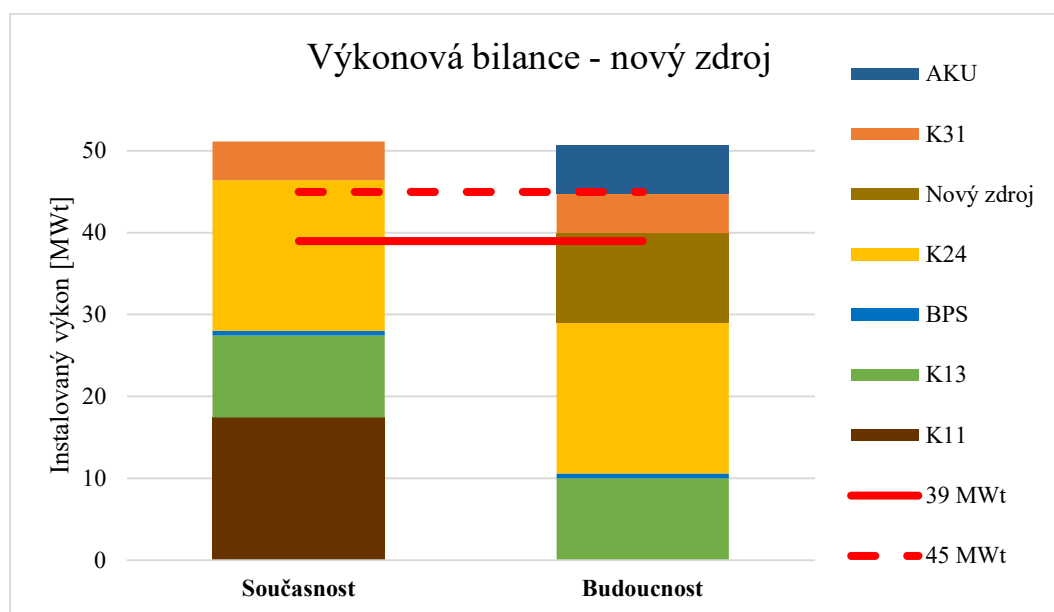
kde P_{NZ} je instalovaný tepelný výkon nového zdroje [MWt],
 P_{CZT} je požadovaný příkon soustavy CZT [MWt],
 P_{PIZ} je požadovaný výkon zdrojů se zohledněním zálohy [MWt],
 P_{ij} je instalovaná výkon j-tého zdroje [MWt],
 p je navýšení instalovaného výkonu nového zdroje [-],
 n je počet všech zdrojů soustavy CZT mimo zálohy [-],
 m je počet zdrojů jako zálohy [-].

V následujících výpočtech je uvažováno s 10% výkonovou rezervou nového zdroje. Po dosazení do předchozí rovnice je potřebný výkon nového zdroje 11 MWt.

$$P_{NZ} = (1 + 0,1) \cdot (\max(39,0 - 28,9; (30,0 + 0,6 \cdot 18,4) - 33,7)) = \quad (10)$$

$$= 11,0 \text{ MWt}$$

Grafické vyjádření změn instalovaných výkonů je na následujícím obrázku. Vidíme, že nový zdroj o instalovaném výkonu 11 MWt splňuje požadavky výkonové bilance teplárny. Z grafu je patrné, že v případě poruchy akumulace je teplárna schopna dostát svým závazkům. Toto zjištění ověřuje správnost postupu stanovení instalovaného výkonu v minulém odstavci.



Obrázek 8.2 Výkonová bilance - nový zdroj

8.3 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka spojuje výrobu tepla a elektřiny. V lokalitě Písek přichází jako jiné možné náhradní palivo za hnědé uhlí zemní plyn. Vznik pouhé výtopny se dnes nejeví jako nejlepší způsob řešení po stránce účelnosti využití omezeného množství paliva. Pro výslednou cenu tepla hraje vhod možnost přesunutí části vynaložených nákladů z komodity tepla na komoditu elektřiny díky společné výrobě.

Pro stanovení potřebného počtu kogeneračních jednotek vycházejme z dodaných podkladů kogeneračních jednotek společnosti TEDOM řady Quanto.⁷⁵ Potřebný tepelný výkon nového zdroje je dle předchozích výpočtů alespoň 11 MWt. Tento

⁷⁵ Kogenerační jednotky. TEDOM [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/>

TECHNICKÝ MODEL ZEVO PÍSEK A TEPLÁRNY PÍSEK

výkon bude vhodné sestavit ze 4 kogeneračních jednotek o maximálním výkonu 2,9 MWt a 2,3 MWe. Celková účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla dosahuje 90 %. Všechny podstatné technické parametry jsou shrnuty v následující tabulce.

Kogenerační jednotka Quanto 2300		
Tepelný výkon maximální	2,87	MWt
Tepelná účinnost	0,47	-
Tepelná účinnost (max)	0,55	-
Elektrický výkon	2,30	MWe
Elektrická účinnost	0,44	-
Celková účinnost	0,91	-

Tabulka 8.3 Technické parametry kogenerační jednotky

Celkový tepelný výkon nových zdrojů bude činit v součtu činit 11,5 MWt. Předpokládaná roční provozní doba kogeneračních jednotek je 8 256 hodin. Předpokládejme, že za celý rok bude nutné v souhrnu provést odstávku KGJ na maximálně 3 týdny. V letních měsících je obvyklý příkon soustavy pouze 5 MWt (po odečtení dodávek BPS). Tato spotřeba s největší pravděpodobností bude pokrývána kogeneračními jednotkami. Tento stav je obdobný k současnému chování teplárny, kdy v letním období využívala pouze plynové zdroje. Období minimálního příkonu soustavy trvá (v závislosti na počasí) přibližně čtvrt roku. Výpočet maximální dodávky tepla do soustavy vyplývá z následující rovnice.

$$Q_{KGJ} = \sum_{j=0}^n T_{Pj} \cdot P_j, \quad (11)$$

kde Q_{KGJ} je teplo dodané kogenerační jednotkou [MWh.rok⁻¹],
 T_{Pj} je doba dosahovaného výkonu P_j [h],
 P_j je dosahovaný výkon j-tého období [MWt],
 n je počet zkoumaných úrovní výkonu (resp. období) [-].

Při výše zmíněných předpokladech a způsobu výpočtu vyplývá, že maximální dodávka navrhovaných kogeneračních jednotek je:

$$Q_{KGJ} = 3650 \cdot 11,48 + 4380 \cdot 5,00 = 63\,802 \text{ MWh} = 229\,687 \text{ GJ} \quad (12)$$

Maximální množství dodaného tepla kogeneračními jednotkami 230 tis. GJ pokrývá cca 60 % dodávek tepla do soustavy. Zbývající část tepla (původně z hnědého uhlí)

dotají ostatní plynové kotle. Celkový podíl výroby tepla z plynu v teplárně se bude pohybovat na úrovni cca 75 %. Očekávaná roční spotřeba zemního plynu činí celkem 137 tis. MWh.

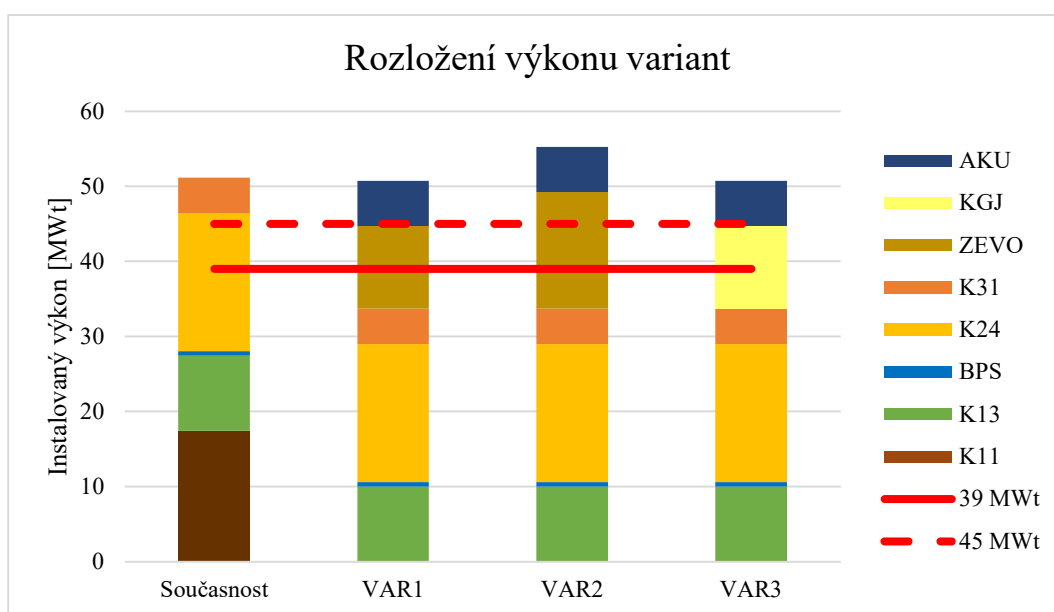
8.4 Výkonová definice variant

Z předcházejícího definování zkoumaných variant a s ohledem na poslední zjištění, jsou v této práci zkoumána následující technická řešení nových zdrojů

	VAR1	VAR2	VAR3
ZEVO [MWt]	11,0	15,5	0,0
Kogenerace [MWt]	0,0	0,0	11,5
Kapacita ZEVO [kt.rok-1]	38,9	50,0	0,0

Tabulka 8.4 Výkonová rovnováha jednotlivých variant

Předchozí tabulka je na níže zakomponována do grafu instalovaných výkonů všech zdrojů tak, aby bylo možné porovnat rozdíly jednotlivých variant v globálním měřítku celé teplárny. Patrné je, že VAR2 svým celkovým výkonem výrazně převyšuje potřeby soustavy. Z pohledu výkonové rovnováhy není takový převis výkonu nutný. Ovšem současná úroveň zjištěných informací ještě nevede k vyloučení některé z variant.



Obrázek 8.3 Graf porovnání rozložení výkonu variant

8.5 Roční bilance tepla

Palivová základna teplárny Písek je různorodá. Největší podíl na celkové výrobě tepla mělo v poslední době hnědé uhlí (až 71 %). Pro další roky je uvažováno, že využívání biomasy zůstane na stejné úrovni jako dnes. Byť se jedná v současnosti o bezemisní a společensky podporovaný zdroj, nelze předpokládat markantní navýšení dostupnosti tohoto paliva.

Palivo	Dodané teplo do SCZT [GJ]	Zastoupení v mixu [-]
HÚ	290 687	0,71
BIO	82 115	0,20
ZP	15 027	0,04
BPS	22 171	0,05
Celkem:	410 000	1,00

Tabulka 8.5 Současná bilance tepla

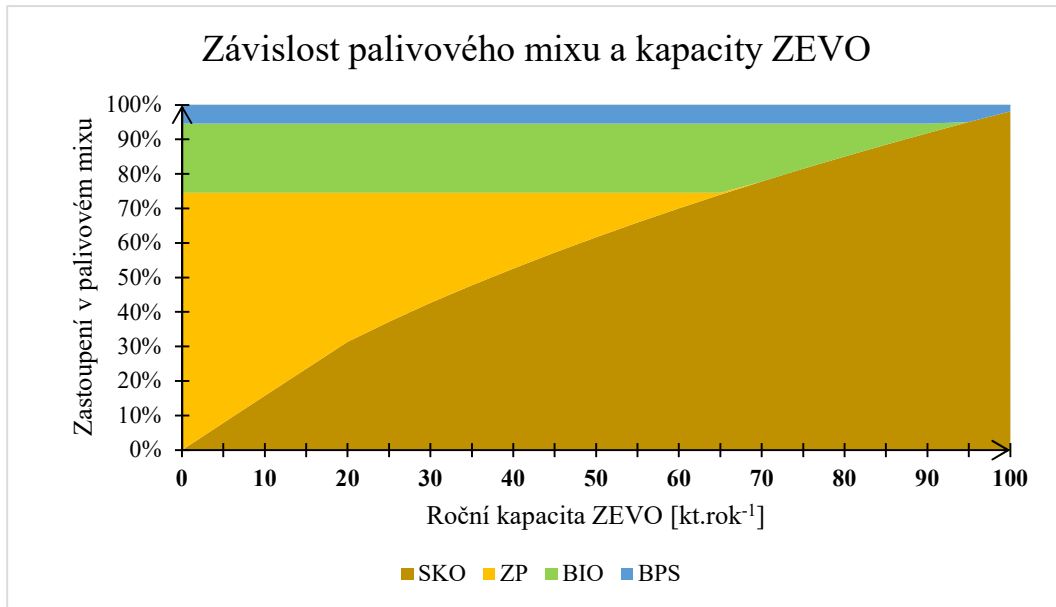
Dodávané množství tepla do písecké soustavy meziročně klesá. Tomuto trendu nahrávají mírnější zimy, úsporná opatření prováděná na straně teplárny a na straně odběratelů. Současný objem spotřebovávaného tepla koncovými zákazníky je 307 tis. GJ.rok⁻¹. Předpoklad meziročního poklesu spotřeby je 0,25 %. Poslední uveřejněná bilance tepla říká, že za rok 2021 bylo do soustavy dodáno cca 410 tis. GJ tepla, z něhož 307 tis. GJ odebrali zákazníci. V roce 2022 došlo k dokončení poslední etapy přestavby parovodních sítí na horkovody. Očekávané snížení ztrát je o 45 tis. GJ.rok⁻¹ oproti roku 2021.⁷⁶

Podstatné je zaměřit se na velikost plánovaného ZEVO. Jaký má vliv množství dostupného paliva na zastoupení v celkové bilanci dodaného a zužitkovaného tepla v SCZT. Sice platí jednoduchá úměra, že s rostoucím množstvím spalovaných odpadů bude i růst podíl tohoto paliva na celkových dodávkách, ale podstatné je i překrytí diagramu výroby ZEVO a diagramu odběrů SCZT.

Minimální příkon SCZT v letních měsících je cca 6 MWt (po odečtení dodávek BPS 5 MWt). Této konstantní hodnotě výkonu odpovídá výkon ZEVO s kapacitou zpracování 20 kt.rok⁻¹. Při dalším zvyšování množství spalitelných odpadů klesá

⁷⁶ Teplárna Písek. Teplárna Písek, a. s. [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.tpi.cz/spolecnost.php>

množství zužitkovaného tepla ze ZEVO. Dochází k přebytku vyrobeného tepla, které je sice více využíváno k výrobě elektrické energie, ale zde stále zůstává zbytkové nevyužitě teplo. Toto je patrné z následujícího grafu, kde při dosažení hodnoty 20 kt.rok⁻¹ dochází ke zlomu a růst podílu odpadů na celkových dodávkách tepla začíná zpomalovat.



Obrázek 8.4 Graf závislosti rozložení palivového mixu a velikosti ZEVO

Z grafu vyplývá, že aby byla pokryta poptávka po teple kompletně z odpadů, muselo by být k dispozici alespoň 100 kt.rok⁻¹ spalitelných odpadů v blízkosti Písku. Tento scénář je nereálný a slouží pro dokreslení situace. Celý graf je sestavován stejnou logikou jako technický model teplárny Písek. Dodávky z biomasy a BPS jsou zachovány v neměnném objemu. Následně je doplněna bilance o dodávky z nového zdroje – tedy ze ZEVO nebo KGJ. Zbývající chybějící objem tepla je vyroben ze zemního plynu ve zbývajících zdrojích.

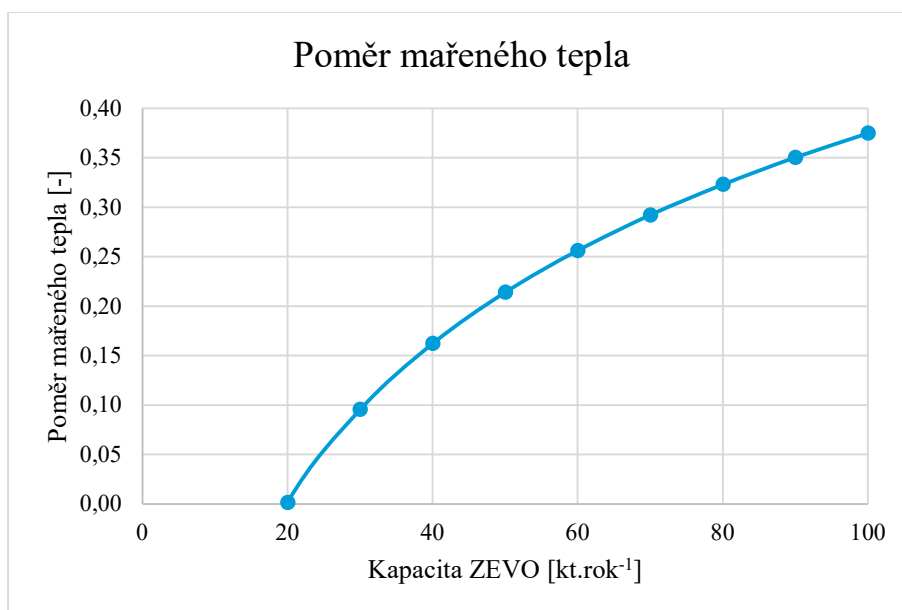
8.5.1 Podíl mařeného tepla v ZEVO

Bylo zmíněno, že může docházet ke zbytečnému maření tepla vyrobeného z odpadů. ZEVO nemůže z podstaty svého konceptu fungovat jako klasický zdroj tepla s širokou regulací výkonu. Množství spalování odpadů musí korespondovat s kontinuální produkcí odpadů. Z tohoto důvodu je nutné očekávat, že v některých částech roku bude docházet k přebytečné výrobě tepla, kterou nebude možné zužitkovat jinak (už ani na výrobu elektřiny – zbytkové teplo). Množství mařeného tepla je po překrytí diagramu odběrů a dodávek možné popsat následující rovnicí a s tím související

grafické vyjádření. Výpočet uvažuje i s pravidelnými letními odstávkami TPI a ZEVO.

$$q_o = \max(0; 0,2319 \ln(S_r) - 2,295) \quad (13)$$

kde q_o je poměrná část mařeného tepla ze ZEVO [-],
 S_r je roční množství spalovaných odpadů [t.rok⁻¹].



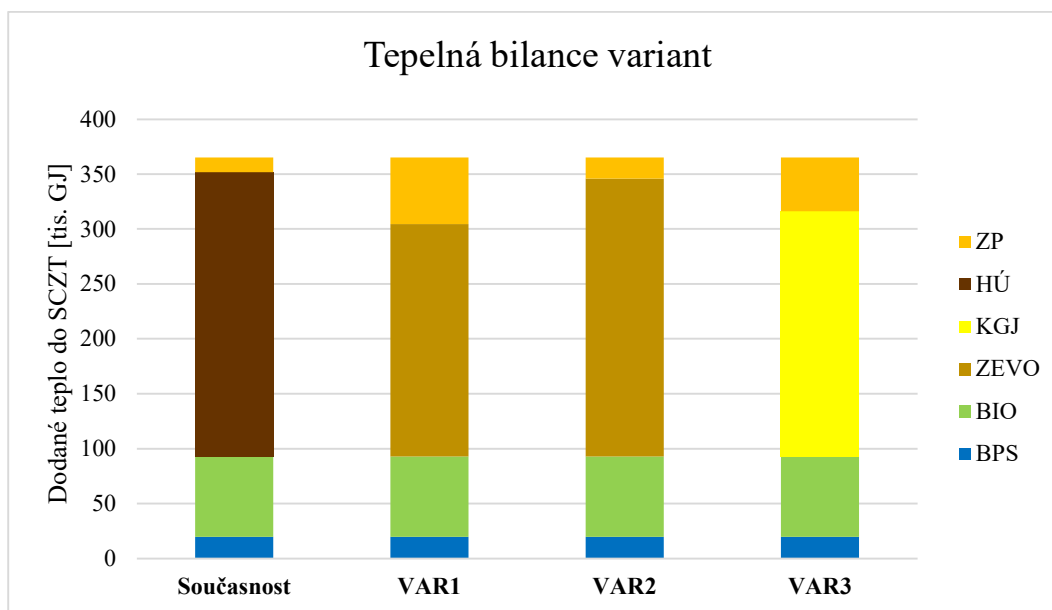
Obrázek 8.5 Graf poměru mařeného tepla a kapacity ZEVO

8.5.2 Porovnání tepelné bilance variant

Rozložení spotřeby paliv na uspokojení požadavků tepla je zřejmé již z obrázku na minulé straně. Nicméně zmíněný graf nerespektuje řešení varianty 3, kdy není ZEVO realizováno. Číselné a grafické porovnání současného stavu a navrhovaných variant řešení je níže.

Palivo (zdroj)	Současnost		VAR1		VAR2		VAR3	
	Dodávka [GJ]	Podíl [-]	Dodávka [GJ]	Podíl [-]	Dodávka [GJ]	Podíl [-]	Dodávka [GJ]	Podíl [-]
HÚ	258 782	0,71	0	0,00	0	0,00	0	0,00
BIO	73 102	0,20	73 102	0,20	73 102	0,20	73 102	0,20
ZP	13 378	0,04	60 503	0,17	19 293	0,05	42 473	0,12
BPS	19 738	0,05	19 738	0,05	19 738	0,05	19 738	0,05
ZEVO	0	0,00	211 657	0,58	252 867	0,69	0	0,00
KGJ	0	0,00	0	0,00	0	0,00	229 687	0,63
Celkem	365 000	1,00	365 000	1,00	365 000	1,00	365 000	1,00

Tabulka 8.6 Srovnání bilance tepla variant



Obrázek 8.6 Grafické porovnání tepelné bilance variant

8.6 Vstupy technického modelu ZEVO Písek

Pro správné sestavení technického modelu je nezbytné přijmout některé vstupní předpoklady. Mezi ně patří výhřevnosti paliv, spotřeby materiálů, možnosti využití zdrojů apod.

8.6.1 Výhřevnost komunálních odpadů v oblasti Písku

Obvyklé spektrum odpadů vč. jejich výhřevností v lokalitě Písek a okolí je uvedeno v tabulce níže. Dominantní typ odpadů (až 80 %) je směsný komunální odpad, který je jinak než likvidací nezpracovatelný. V menších množstvích se zde nacházejí zbytková množství papíru nebo plastů, která z různých důvodů nemohou být odstraněna na třídících linkách. Průměrná výhřevnost dostupné směsi odpadů je 10,1 MJ/kg odpadu.

Tabulka je vytvořena z hodnot sesbíraných v oblasti a množství odpadů 50 tis. tun ročně. V dalších výpočtech je předpokládáno, že poměrové rozložení skupin odpadů zůstává stejné bez ohledu na množství spalovaného odpadu. Z předešlého předpokladu vychází skutečnost, že průměrná výhřevnost směsi bude neměnná, a to 10,1 MJ.kg⁻¹.

Typ odpadů	Zn.	Průměrná výhřevnost [GJ/t]	Množství odpadů [t/rok]	Podíl na směsi	Energie v odpadu [MJ/rok]
Směsný komunální odpad	SKO	9,0	37 254,7	74,51 %	335 292
Mechanicky upravený SKO	MU	12,0	2 677,4	5,35 %	32 129
Bioodpad	BIO	4,0	0,0	0,00 %	0
Dřevo	DR	14,0	4 314,5	8,63 %	60 403
Textil	TX	18,0	22,3	0,04 %	401
Papír	PA	14,0	0,5	0,00 %	7
Plasty	PL	25,0	2 012,6	4,03 %	50 315
Chemikálie	CH	15,0	3,6	0,01 %	54
Ostatní	OO	6,5	3 714,4	7,43 %	24 144
Celkem		10,1	50 000,0	100,0 %	502 745

Tabulka 8.7 Výhřevnost směsi odpadů⁷⁷

8.6.2 Produkce zbytků z činnosti ZEVO

Ke spalování odpadů neodmyslitelně patří produkce zbytků po spalování jako je škvára nebo popílek. Produkce škváry je přibližně rovna čtvrtině hmotnosti odpadu před spálením. Škvára pocházející ze spalování odpadů neuvolňuje nebezpečné látky a je ji možné dále využívat (např. ve stavebnictví). Popílek vzhledem k obsahu nebezpečných látek má být upraven, aby neohrožoval okolí, a uložen na skládku. Jedná se o zamezení možnosti vylouhování nebezpečných sloučenin při uložení na skládku.⁷⁸

8.6.3 Provozní hodiny ZEVO

Ideálním stavem by byl celoroční provoz ZEVO bez přestávky. Reálně tohoto stavu nelze dosáhnout. Celkový součet času odstávek nepřesáhne 5 týdnů. Celkové roční provozní hodiny ZEVO Písek jsou koncipovány na hodnotě 7 920 hodin.rok⁻¹.

8.6.4 Rozdělení tepla ze ZEVO

Hlavním provozním výstupem je především teplo pro odběratele tepla ze soustavy v Písku. Vedlejším produktem spalovny odpadů je elektrická energie. Dle historického vývoje je poměr vyrobeného tepla určeného na dodávky do SCZT v ročním úhrnu 0,8.

⁷⁷ Konkrétní číselné hodnoty jednotlivých skupin odpadů jsem čerpal z HANUS, Jan a kol. Studie proveditelnosti ZEVO Písek. Brno: EVECŮ Brno, 2021, 25 s. Arch. č. D52100003Z01.

⁷⁸ SPALOVNA - ZEVO. *Pražské služby* [online]. [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/spalovna-zevo>

Zbývající množství tepla 0,2 je určeno pro výrobu elektřiny s účinností výroby 0,39. Hodnota vlastní spotřeby vyplývá ze spotřebované energie na zpracování SKO v následující podkapitole.

8.6.5 Spotřeba materiálů na zpracování SKO

Zpracování odpadů s sebou nese nejen úkon. Mezi jasně spotřebované energie na zpracování odpadů je zařazena elektrická energie a podpůrné palivo (resp. zemní plyn). Nelze opomenout, že spotřeba se týká nejenom energií, ale i materiálů potřebných k samotnému fungování tepelného okruhu jako je voda nebo chemikálie potřebné ke správnému čištění spalin. Spotřeby jednotlivých položek vztažených na zpracovávanou tunu odpadů je vyjádřeno v následující tabulce.

	Spotřebováno na 1 t zpracovaných odpadů
Elektrická energie	62,40 kWh
Zemní plyn	0,026 MWh
Voda	0,40 m ³
Odpadní voda	0,32 m ³
Chemikálie pro úpravu vody	0,15 kg
Roztok 40% močoviny	6,60 kg
Bicar (sorbent čištění spalin)	24,30 kg
Aktivní uhlí	0,37 kg
Zeolit	0,04 kg

Tabulka 8.8 Spotřeba materiálů při provozu ZEVO⁷⁹

⁷⁹ Konkrétní číselné hodnoty vycházejí z informací získaných v HANUS, Jan a kol. Studie proveditelnosti ZEVO Písek. Brno: EVECO Brno, 2021, 25 s. Arch. č. D52100003Z01.

9 Ekonomické hodnocení ZEVO Písek

9.1 Diskontní míra

Velikost diskontu bývá u většiny projektů stěžejním ekonomickým ukazatelem. Míra určuje, jaký výnos je požadován z realizace projektu. Teplárenské komplexy (resp. provozovny dodávající teplo) jsou vázány cenovou regulací vydávanou Energetickým regulačním úřadem. Pro odvětví teplárenství je právě stanovena hranice míry výnosnosti 6,5 %, kterou nesmí dodavatel tepla překročit.⁸⁰ Pro ekonomický model je užitá hodnota diskontní míry 5 %. Závěrem kapitoly je provedena citlivostní analýza na velikost diskontní míry včetně ověření splnění podmínek věcně usměrněné ceny. Dodržení cenové regulace je hlavní podmínkou pro provozování zdroje tepla v České republice.

9.2 Časový horizont

Příprava celého projektu ZEVO (včetně všech posudků) a samotná jeho výstavba je otázkou několika let. Od prvního okamžiku přípravy projektu do uvedení celého zařízení do plného provozu napočítáme v nejlepším případě 5 let. V této diplomové práci je pracováno se současným stavem všech přípravných činností. Aktuálně je již provedeno posouzení EIA a konečné uvedení do provozu je zatím reálné v roce 2027. Tento rok je brán jako okamžik zařazení ZEVO do provozu teplárny a vyřazení hnědouhelného kotle K11. Změna zdrojové základny ve výpočtech proběhne v době nejmenších odběrů tepla, tedy přibližně v polovině roku 2027.

Kategorie provozů ZEVO se řadí do projektů se středně dlouhou dobou délky životnosti. Pokud není zanedbána průběžná údržba všech provozů, pak se životnost celého zařízení může pohybovat v nižších jednotkách desítek let. Ostatně dnes provozované spalovny odpadů v Praze, Brně nebo Liberci jsou toho dobrým dokladem. Po skončení technologické životnosti, tzn. v okamžiku, kdy je nutné hlavní technologii nahradit, nelze ji opravit, je možné provést kompletní rekonstrukci a pokračovat v činnosti dále s novým technologickým zařízením.

⁸⁰ Cenové rozhodnutí - *Energetický regulační věstník* [online]. 6/2021. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021 [cit. 2023-01-31]. 21. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-6-2021>

Obvyklá doba provozu spaloven odpadů v ČR je cca 20 let, než je nutné provést zásadní rekonstrukci. Lze očekávat, že ani zvažované dílo ZEVO Písek by nemělo být výjimkou. Sestavovaný ekonomický model předpokládá dobu hodnocení 20 let od okamžiku uvedení do provozu. Po uplynutí této doby je nutné hodnocení provést znovu podle stavu technických částí. Na toto období je sestaven technický model a též se k tomuto horizontu fungování upíná model ekonomický. Porovnávacím zařízením z oblasti Čech může být ZEVO Praha – Malešice, které po cca 20 letech provozu přistoupilo ke generální rekonstrukci, aby mohlo pracovat dále.⁸¹

9.3 Investice

Tato diplomová práce rozebírá dvě možnosti investičních akcí. Jednou variantou je vybudování ZEVO a druhá situace předpokládá investici do vybudování plynových kogeneračních jednotek. Obě varianty řešení se budou nacházet na totožném místě a lze tak vyloučit vznik rozdílných výdajů na připojení k současné SCZT způsobených rozdílnou lokalitou umístění nového zdroje. Ze stejného důvodu je též možné vyloučit vznik rozdílných výdajů na připojení k energetickým sítím. Cílem této podkapitoly je stanovení rámcové hodnoty investice pro realizaci všech dříve zmíněných variant ZEVO.

Stanovení přesné hodnoty investice do konkrétní podoby ZEVO by vydalo na samostatný knižní titul. Konečná hodnota vynaložených prostředků na vybudování ZEVO v Písku ukáže až konečná bilance po uvedení do provozu. Základní rámcovou představu o finanční náročnosti celého díla lze vyčíst ze studie proveditelnosti výstavby ZEVO Písek 50 kt.rok⁻¹ od společnosti EVELO. Ta k roku 2021 odhaduje potřebnou investici ve výši 1,448 mld. Kč. Upravením uvedené částky do hodnoty dnešních peněz (při zohlednění inflace minulých let⁸²) lze hodnotu investice prezentovat jako 1,879 mld. Kč, potřebných ke zbudování ZEVO Písek v návrhu zpracovatelské kapacity 50 kt.rok⁻¹.

⁸¹ Historie pražské spalovny. Pražské služby [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/o-spalovne>

⁸² Míra inflace, růst spotřebitelských cen. Český statistický úřad [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZEVO PÍSEK

V rámci stanovení variant řešení aktuální situace teplárny Písek vyplynulo, že by bylo možné uvažovat i o spalovně mající nižší zpracovatelskou kapacitu, která výkonově bude dostatečně nahrazovat odstavovaný hnědouhelný zdroj. Varianta 1 pracuje s myšlenkou, že nové ZEVO Písek by mělo instalovaný tepelný výkon 11 MWt a zpracovatelskou kapacitu odpadů na úrovni 39 kt.rok⁻¹.

V rámci varianty 1 bude nutné provést citlivostní analýzu na velikost tepelného zdroje ZEVO (resp. na roční zpracovatelskou kapacitu). Pro tyto účely je nutné znát chování investičních výdajů v závislosti na roční kapacitě ZEVO. Pro tyto účely je možné využít výpočtového modelu investičních nákladů ZEVO z diplomové práce Ing. Martina Čecha z VUT Brno.⁸³ Výsledkem tohoto modelu je následující vztah hodnoty investice vzhledem k velikosti ZEVO vyjádřený v hodnotě dnešních peněz. Vyplyvající rovnici je možné použít v rozsahu zpracovatelské kapacity dostupných odpadů v lokalitě Písek (od 5 do 100 kt.rok⁻¹). Hodnotu investice popisuje následující polynom 3. stupně se závislou proměnou roční zpracovatelské kapacity. Platnost rovnice (14) ověřuje i skutečnost, že investice uvažovaná ve studii společnosti EVECŮ eskalovaná do dnešních cen se liší o cca 3 %.

$$I = 1,50 \cdot 10^{-3} S_r^3 - 3,53 \cdot 10^{-1} S_r^2 + 47,62 S_r + 294,27, \quad (14)$$

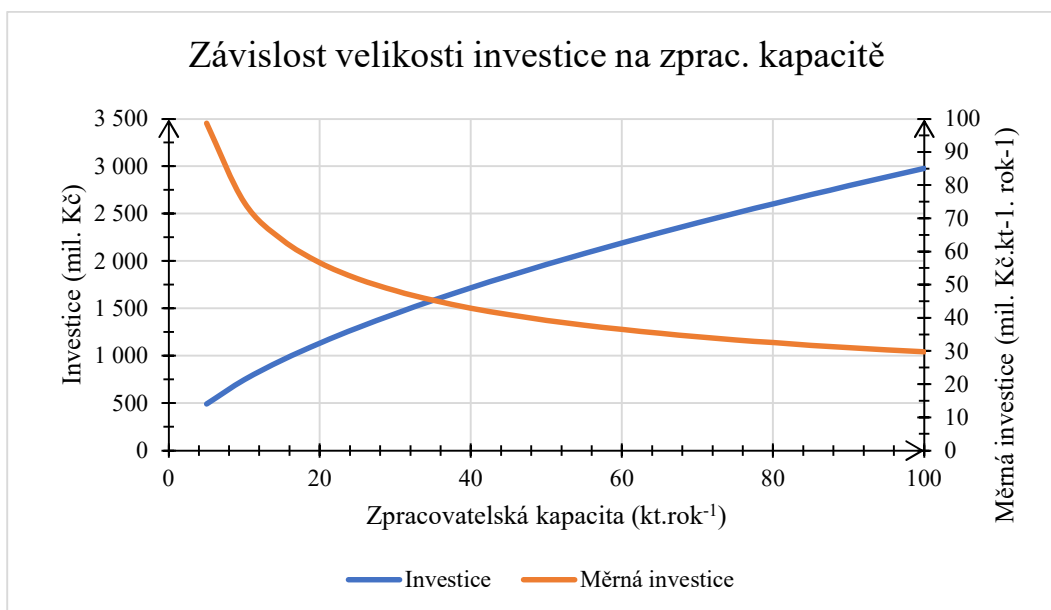
kde I je očekávaná investice do ZEVO dané zprac. kapacity [mil. Kč],
 S_r je roční množství spalovaných odpadů [t.rok⁻¹].

Dosazením očekávané kapacity navrhovaných variant zpracovatelské kapacity ZEVO Písek zjišťujeme, že podle prvotního odhadu je investiční náročnost v rozsahu od 0,5 do 2 mld. Kč v současných cenách. Konečná hodnota dlouhodobého majetku zařazeného do užívání je roven celkové investici dané varianty, viz níže.

		VAR1	VAR2
Výkon ZEVO	MWt	11,0	15,5
Zprac. kapacita	kt.rok ⁻¹	38,9	50,0
Očekávaná investice	mil. Kč	1 623	1 810

Tabulka 9.1 Očekávané investice variant ZEVO

⁸³ ČECH, Martin. Technicko-ekonomické modely spaloven komunálního odpadu s využitím energie [online]. Brno, 2012 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/10059>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Martin Pavlas.



Obrázek 9.1 Závislost velikosti investice na roční zpracovatelské kapacitě ZEVO

9.4 Dotace

Faktické informace o možnostech čerpání dotace na nové zdroje řešené v této diplomové práci jsou v následující pasáži čerpány z *dotační výzvy Modernizačního fondu HEAT MŽP*⁸⁴.

V současné době jsou podporované projekty mající za cíl nahradit zastaralé či dosluhující zdroje tepla. Podpora se vztahuje na nahrazení stávajících zdrojů za zdroje mající menší dopad na životní prostředí. Do této skupiny projektů, o nichž je hovořeno, spadá i současné projekční záměry v lokalitě Písek. Dotační výzva MŽP se vztahuje na všechny varianty řešení, které byly dříve uvedeny.

Podle dostupných informací je prioritně podporovanou variantou ze strany MŽP zbudování ZEVO Písek. Takový záměr se svou povahou řadí do skupiny „prioritních“ projektů s možným vyšším podílem dotované části investičních výdajů. Nezbytnou podmínkou je splnění příslušných zákonných podmínek na fungování ZEVO.

Hlavní podmínkou pro přiznání dotace je nahrazení starého emisně, náročného zdroje za zdroj, nový s nižšími emisemi CO₂. Není možné zachovat provoz stávajícího zdroje. Nahrazovaný zdroj musí být bezpodmínečně vyřazen z provozu během 5 let od

⁸⁴ Výzva HEAT 1/2022 - Modernizace tepláren. Státní fond životního prostředí České republiky [online]. [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=19>

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZEVO PÍSEK

přiznání nároku na dotaci. V konkrétním zkoumaném případě mé diplomové práce je nahrazení hnědouhelného zdroje buď v podobě ZEVO (v kombinaci s vysokoúčinnou KVET) nebo nového zdroje na zemní plyn.

Další podmínkou je zajištění udržitelného provozu dotované technologie alespoň 10 let. Započítávaná doba začíná běžet okamžikem ukončení projektu, tzn. uvedením do plného provozuschopného stavu.

Velikost dotace závisí na typu projektu, lokalitě a velikosti podniku, který do projektu vstupuje. V krajním případě se může dotace vyšplhat až na 80 % (pro neprioritní projekty maximálně 70 %) oprávněných investičních výdajů. Vyšší hodnota podpory by měla směřovat do krajů postižených těžbou uhlí – Karlovarský, Ústecký a Moravskoslezský. Vzhledem k velikosti zamýšleného projektu ZEVO Písek a samotné lokalitě Písek, nezatížené ekologickou zátěží, předpokládáme, že maximální velikost dotace, jež by mohla být čerpána na realizaci ZEVO, nepřekročí 40 % hodnoty uvažované investice. Konečná velikost dotace je v gesci Fondu MŽP a přesnou hodnotu nelze v tento okamžik stanovit. V případě plynové kogenerace lze předpokládat přiznanou dotaci nižší. A to do 30 % investičních výdajů. Bližší porovnání možností velikosti podpory poskytuje následující tabulka.

Podnik/podpora (%)	Praha	Regiony a)	Regiony c)
Velký podnik	45	60	50
Střední podnik	55	70	60
Malý podnik	65	80/70 ¹	70

Tabulka 9.2 Velikost dotace programu HEAT

9.5 Odpisy

Zařazení jednotlivých položek a předepsaný způsob výpočtu hodnoty odpisů je jednoznačně dán zákonem č. 586/1992 Sb. *České národní rady o daních z příjmu*. Ten zavádí systém 6 odpisových skupin s dobou odepisování od 1 do 50 let. Dále ke každé odpisové skupině stanovuje příslušné koeficienty, které jsou potřebné k provedení

správného stanovení hodnoty odpisů.⁸⁵ Pro kalkulaci cen v teplárenství je přípustné používat pouze rovnoměrný způsob odepisování.

Definice odpisových tříd		Rovnoměrné	
skupina	počet let	S1	Sn
1	3	20,00 %	40,00 %
2	5	11,00 %	22,25 %
3	10	5,50 %	10,50 %
4	20	2,15 %	5,15 %
5	30	1,40 %	3,40 %
6	50	1,02 %	2,02 %

Tabulka 9.3 Odpisové skupiny

Zařízení na energetické využití směsných komunálních odpadů se skládá z mnoha technologických částí s rozdílnou očekávanou dobou životnosti a liší se odpisovou skupinou. Všechny součásti, drobný majetek z 1. odpisové skupiny je vzhledem k velikosti investice možné zanedbat, zařízení spadají do 2. až 4. odpisové skupiny. Většina zařízení mající delší horizont života se pro energetické účely řadí do 4. odpisové skupiny. Příkladem jsou výrobní budovy pro energetiku, průmyslové komíny nebo potrubní systémy. Na tuto část alokujeme 70 % investičních výdajů s dobou odepisování 20 let – tedy celou životnost projektu.

Pro majetek zařazený do 3. odpisové skupiny předpokládáme 25 % investičních výdajů a zařazujeme sem turbíny, rozvodná zařízení, manipulační zařízení, stroje na čištění plynů, elektrické motory a další. Doba odepisování je 10 let. Opravy (resp. rekonstrukce) těchto částí jsou naplánované dle kapitoly 9.8.5. Poslední uvažovanou skupinu tvoří pouze 5 % investičních výdajů, jež zahrnují vnitřní vybavení prostor apod.

9.6 Vstupní předpoklady ekonomického modelu

Ekonomický model potřebuje pro své správné fungování adekvátní vstupní data, jež se s postupem času budou vyvíjet. Otázkou je „jak se budou vyvíjet?“ Mezi nutné

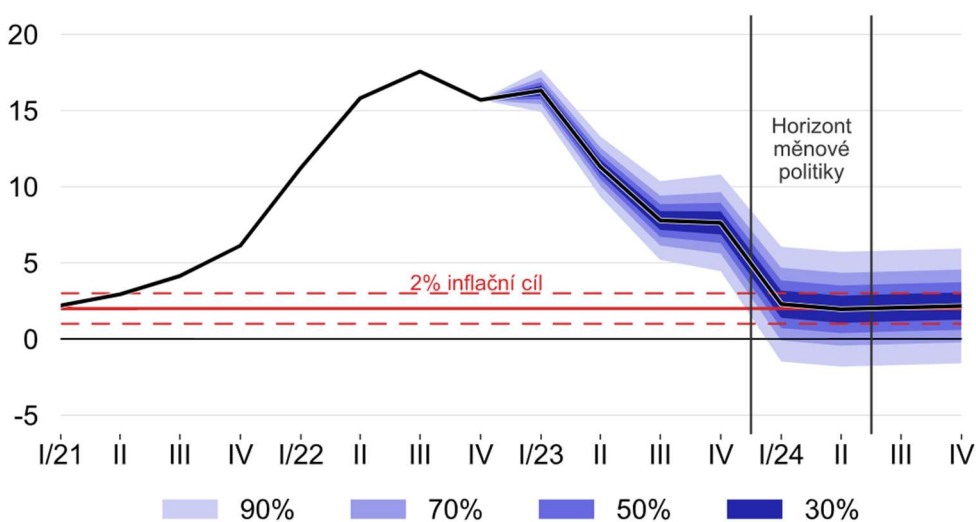
⁸⁵ ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 18. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586>

technologické vstupy všech variant a teplárny se řadí voda, elektřina, paliva, technologická aditiva a další.

9.6.1 Eskalace ekonomických vstupů

Každá položka vstupující do plánovaného projektu může mít zásadní vliv na ekonomický vývoj celého díla. Míra důležitosti daného vstupu je blíže rozebrána níže v podkapitolách citlivostní analýzy.

Začátek tohoto desetiletí je poznamenán mnoha méně, či více očekávanými negativními m. Reakcí na nejednu situaci byl růst cenové hladiny vysoko nad obvyklou úroveň nebo dlouhodobý cíl ČNB. Inflačním dlouhodobým cílem jsou cca 2 %. Prognóza ČNB vývoje inflace se nachází v následujícím grafu a předpokládá postupné přiblížení se k 2 % v průběhu roku 2024. Cílem modelu není zkoumání minulosti, ale pohled dopředu v čase. Z tohoto důvodu je uvažováno, že ceny použité v modelu budou meziročně růst o 2,5 % (pokud nebude uvedeno jinak).



Obrázek 9.2 Prognóza ČNB vývoje inflace⁸⁶

9.6.2 Vývoj cen energetických komodit

V uplynulém období jsme byli svědky turbulentních změn na poli cen energetických komodit. Byli jsme svědky růstu cen, o němž se nikomu z nás nezdálo ani v nejhorších snech. Čelili jsme nejistotě, zda bude vůbec dostupné takové množství energií na

⁸⁶ Prognóza ČNB – zima 2023. Česká národní banka [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognóza/>

evropské půdě, aby to pokrylo alespoň základní lidské potřeby. Rok 2022 jsme překonali a zatím vše nasvědčuje určitému uklidnění a stabilizaci situace.

Predikce vývoje cen energetických komodit je složitou činností v dobách klidných, natož za současné situace vysoké inflace. Dnešní vyhlídky jsou nejisté na stranu pozitivních scénářů (tzn. na ustálení cen na hodnotách bližších starým zvyklostem), tak směrem ke scénářům predikujícím strmý růst cen do budoucna. Pro predikci blízkého vývoje vhodně poslouží aktuálně obchodované produkty na příslušných energetických burzách. Celý technicko-ekonomický model je koncipován na roční bázi. Z tohoto důvodu je relevantní zaměřovat se na produkty ročního typu s dodávkou v příslušném roce.

9.6.3 Cena elektřiny

Hodnota ceny elektřiny se skládá z vícero složek. V situaci teplárny a ZEVO není možné předpokládat standardní maloodběr na úrovni NN, a z toho plynoucí způsob vyúčtování, jež mnozí znají z domova, ale odběr z vedení VN s nutností zajištění složky silové elektřiny a složky rezervovaného výkonu.

V posledních letech docházelo z mnoha důvodů k dosud nevídaným a dříve nepředstavitelným situacím na trhu s elektrickou energií. Byl překonán ne jeden „rekord“ ceny elektřiny. Situace se snad zklidňuje a lze již vytvořit předpoklad vývoje cen silové části elektrické energie, která by se mohla více blížit realitě budoucích let.

Pro stanovení ceny silové složky elektrické energie, která je dále užívána v ekonomickém modelu, je sestavena následující tabulka. Ceny vycházejí z dostupných dat na EEX pro produkty CAL na následující roky⁸⁷. Z podstaty fungování ZEVO (víceméně kontinuální provoz po většinu roku) je předpokládáno, že bude dominantně využíváno produktu BASE LOAD (celoroční konstantní dodávka). Nelze vyloučit nákup produktu PEAK LOAD, jež mívá zpravidla vyšší cenu. Z tohoto důvodu je v modelu předpokládáno, že výsledná cena bude dána váženým průměrem cen produktu CAL pro jednotlivé roky z cen BASE LOAD a PEAK LOAD v poměru

⁸⁷ Czech power futures 14. 4. 2023. European Energy Exchange AG [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.eex.com/en/market-data/power/>

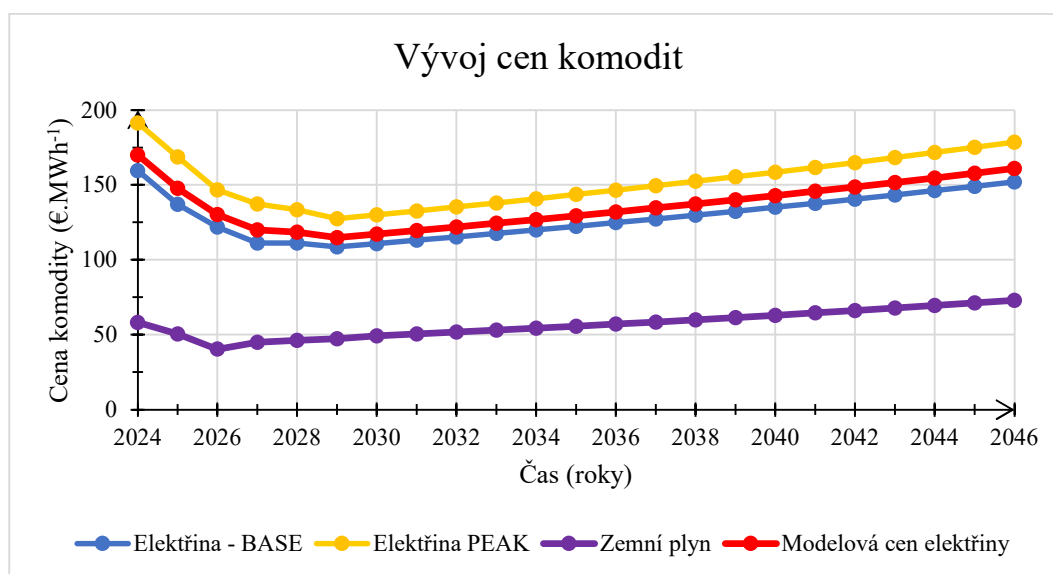
EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZEVO PÍSEK

vah 2:1. Pro přepočítání evropské měny na Kč byl využit aktuální kurz České národní banky v hodnotě 23,42 Kč.€⁻¹ k datu 12. dubna 2023.⁸⁸

Do roku 2029 je předpokládána cena silové složky elektřiny ve výši vypočítaného průměru aktuálních cen CAL na příslušný rok dle metody popsané v předchozím odstavci. Od roku 2030 očekáváme, že bude docházet k 2% meziročnímu růstu ceny silové složky elektrické energie. Grafické znázornění přijatého předpokladu vývoje ceny elektřiny se nachází v následující tabulce a grafu níže.

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	dále
Elektřina BASE	€.MWh ⁻¹	159	137	122	111	111	109	+2 %
Elektřina PEAK	€.MWh ⁻¹	191	169	147	137	133	128	+2 %
Modelová cena el.	€.MWh⁻¹	170	148	130	120	119	115	+2 %
Zemní plyn	€.MWh ⁻¹	58	50	40	45	46	47	+2 %

Tabulka 9.4 Vývoj ceny silové elektřiny



Obrázek 9.3 Vývoj ceny silové elektřiny

Teplárna Písek ani plánované ZEVO Písek nebude mít v žádném případě jako svoji hlavní pracovní náplň produkci elektrické energie. Hlavním produktem provozů bude stále výroba a dodávka tepla. Předpokládejme, že výkupní cena elektřiny se nebude rovnat v jednotlivých letech nákupní ceně. Poměr mezi těmito cenami je pro další výpočty 0,9.

⁸⁸ Kurzy devizového trhu. Česká národní banka [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/devizovy-trh/kurzy-devizoveho-trhu/kurzy-devizoveho-trhu/>

9.6.4 Cena zemního plynu

Spalovna odpadů využívá jako podpůrné palivo zemní plyn. Jeho spotřeba je sice malá, ale pro výpočty ZEVO (resp. všech modelů v diplomové práci) figuruje a nelze tuto položku opomenout. Ve zjednodušené podobě se cena zemního plynu skládá z položky ceny samotné komodity a složky za dopravení plynu do místa spotřeby.

V ceně distribuce plynu je započtena údržba infrastruktury, poplatky za zajištění přepravy, uskladnění plynu, protože odběr není obvykle po celý rok konstantní atd. Ve výpočtech rozdělme cenu na komoditní složku, zahrnující cenu za odebrané množství, a zjednodušeně distribuční poplatek za schopnost soustavy dopravit plyn do požadovaného místa.

Město Písek se nachází na distribučním území společnosti EG.D. Dodávky pro ZEVO Písek i teplárnu bude na úrovních velkoodběratele a středoodběratele. Pro ně je nutné sjednat tzv. denní rezervovanou kapacitu, jejíž minimální cena má být $40 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-3}$. Ceník umožňuje přepočítat cenu distribuce včetně položky rezervované kapacity na jednotku dodané energie. Pro potřeby teplárny a ZEVO vychází cena za distribuci zemního plynu obdobně, a to cca $712 \text{ Kč}\cdot\text{MWh}^{-1}$ (včetně všech ostatních poplatků nesouvisejících s koupí komodity).^{89,90}

Na poli Evropské unie došlo ke schválení nového systému povolenek na produkci oxidu uhličitého. Systém ETS2 se má vztahovat na všechna spotřebovávána fosilní paliva. Cena povolenky bude připočtena k ceně za komoditu podle emisivity CO_2 komodity a odvedena dodavatelem. Tento systém se dle všeho začne vztahovat i na píseckou teplárnu, jež dosud nemusela nákup povolenek řešit. Cena za 1 povolenku nemá přesáhnout 45 €. Ve výpočtech předpokládáme, že přepočtená cena povolenky na 1 MWh zemního plynu bude 10 €.⁹¹

⁸⁹ Distribuční ceny plynu pro domácnosti a firmy. EG.D [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.egd.cz/cenik-sazeb-plynu>

⁹⁰ Cenové rozhodnutí č. 12/2022. Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-142022>

⁹¹ Nejčastější otázky a odpovědi k EU ETS. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20231214_Nejcastejsi_otazky_a_odpovedi_k_EU_ETS

9.7 Předpokládané tržby – příjmy

Hlavním a dominantním příjmem celého ZEVO jsou tržby za prodané teplo teplárně Písek na rozhraní těchto dvou provozů. Výsledná cena tepla je výstupem z celého ekonomického modelu. Druhým energetickým produktem ZEVO je vyrobená elektrická energie. Jak bylo zmíněno dříve, tak cenu, za kterou bude elektrina prodávána, je 0,9 ceny nákupní v daném roce.

V objemu spalovaného odpadu se nachází i železný odpad pocházející z příměsí směsných odpadů. Tato část je v procesu energetické přeměny oddělena a následně zpeněžena. Předpokládejme výkupní cenu 3 tis. Kč za 1 tunu železného odpadu.

Posledním očekávaným příjmem je prodej škváry, která je na rozdíl od popílku ze ZEVO dále zpracovatelná. Zájem o tuto komoditu povětšinou projevují stavitelské firmy. Předpokládejme v současných cenách sumu 50 Kč.t⁻¹ škváry.

9.8 Předpokládané náklady – výdaje

ZEVO má podobnou skladbu nákladů jako obdobně velká teplárna spalující pevná paliva. Zajímavým rozdílem je záporná velikost palivových nákladů, jež jsou ve své podstatě příjmy. I když předchází věta zní velmi zvláště, tak spalovna odpadů ze své podstaty v první řadě musí likvidovat odpady, tuto činnost provádí za úplatu, a jako svou vedlejší činnost dodává teplo a elektrinu do sítě.

9.8.1 Poplatek za likvidovaný odpad

Konečná cena likvidace SKO je zásadním vstupním parametrem. Vycházejme z předpokladu, že lidé se neradi vystavují novinkám. V tomto případě je novinkou právě zamýšlené ZEVO. Lze předpokládat, že k vybudování bude ze strany místních obyvatel odpor. Tento odpor, pokud se ho nepodaří překonat argumenty typu, že skládkování je z dlouhodobého hlediska neudržitelné, je možné zmírnit nějakou finanční pobídkou.

Finanční pobídka může v tomto konkrétním případě být vidina nižšího poplatku za likvidaci SKO, než má být v případě skládkování. Rozdíl mezi současnou a budoucí hodnotou poplatku je značný, čímž je dán dostatečný manipulační prostor pro vytvoření ekonomicky zajímavějšího způsobu likvidace pro obyvatele.

Prostředky na likvidaci SKO jsou vybírány od občanů a subjektů v dané lokalitě. Výše poplatku za spálení odpadu musí být z podstaty motivační, aby byl ekonomický důvod upřednostnit energetické využití odpadů před jejich skládkováním. Zákonem stanovený poplatek za ukládání odpadů na skládky se má postupně zvedat z letošních 1 000 Kč/t do roku 2029 na 1 850 Kč/t (a dále tatáž částka). Benefitem plynoucím pro každého poplatníka svozu odpadů v oblasti je zamezení růstu ceny za svoz odpadů. V ekonomickém modelu je stanovena hodnota za likvidaci 1 tuny odpadů na 1 200 Kč s 2,5% meziroční eskalací. Podobnou cenu za zpracování SKO vyžaduje např. SAKO Brno.⁹²

Doprava na svoz odpadu a ostatní spojené náklady je předpokládejme, že zůstanou v gesci současných společností svážející odpady. Vzhledem k poloze plánovaného ZEVO by minimálně nemělo dojít ke změnám svozových vzdáleností společnosti ODPADY Písek, s. r. o. (cca 50 % odpadů v lokalitě). Pro ostatní společnosti by nemělo dojít k prodloužení svozových vzdáleností o více než 20 km.

9.8.2 Spotřeba materiálů

V podkapitole 8.6.5 byly zmíněny nutné materiály potřebné ke správnému chodu spalovny odpadů, přepočítané na jednotku zpracovaného odpadu. Ke každé položce náleží jednotková cena, která bude eskalována dle předchozí podkapitoly. Celý soupis vč. ocenění je v následující tabulce. Celkové náklady spojené s tunou zpracovaného odpadu jsou 375 Kč.t_{SKO}⁻¹.

	Spotřebováno na 1 t SKO	Kč.t _{SKO} ⁻¹
Voda	0,40 m ³	20,00
Odpadní voda	0,32 m ³	16,00
Chemikálie pro úpravu vody	0,15 kg	6,00
Roztok 40% močoviny	6,60 kg	55,44
Bicar (sorbent čištění spalin)	24,30 kg	262,44
Aktivní uhlí	0,37 kg	14,80
Zeolit	0,04 kg	0,80
Náklady na zpracování odpadů		375,48

Tabulka 9.5 Náklady na materiály nezbytné pro zpracování SKO⁹³

⁹² Ceník za příjem odpadu. SAKO Brno [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/>

⁹³ Ceny čerpány z: HANUS, Jan a kol. *Studie proveditelnosti ZEVO Písek*. Brno: EVECO Brno, 2021, 91 s. Arch. č. D52100003Z01.

9.8.3 Lidské zdroje

Pro obsluhu ZEVO v rozsahu kapacity nižších desítek kilotun za rok bude zapotřebí cca 20 zaměstnanců. Možnosti rozdělení práce zůstávají stejné bez rozdílu na objemu odpadů. Podstatné je zajistit v provozu obsluhu v daném čase. Při průměrné hrubé mzdě v ZEVO Písek 40 tis. Kč měsíčně (v dnešních cenách) činí celkové roční náklady na všechny zaměstnance včetně všech zákonných odvodů zaměstnavatele 12,9 mil. Kč ročně.

9.8.4 Údržba

Celý provoz spalovny je nutné udržovat v provozuschopném stavu. Předpokladem je, že roční náklady na údržbu ZEVO nepřesáhnou 1 % z celkové investice před odečtením dotace. Platnost tohoto předpokladu potvrzují výroční zprávy provozovaných ZEVO v Liberci⁹⁴ a Praze.⁹⁵

9.8.5 Obnova některých součástí během provozu

Mezi součásti, které bude nutné opakovaně nahrazovat za nové, jsou součásti kotle (vyzdívky apod.), filtrační elementy či katalyzátor. K těmto výměnám bude nutné přistupovat v periodách dle následující tabulky vč. očekávaných výdajů v dnešních cenách.

	Perioda [roky]	Očekávané výdaje [mil. Kč]
Vyzdívka kotle	6	12,25
Přehřívák kotle	6	7,35
Filtrační elementy	6	5,39
Mlýn	12	8,57
Katalyzátor	5	17,15
Ostatní strojní technologie	5	3 % investice

Tabulka 9.6 Plán reinvestic ZEVO⁹⁶

⁹⁴ Výroční zpráva za rok 2021-2022. Termizo Liberec [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://tmz.enetiq.a.cz/wp-content/uploads/2023/01/Termizo-VZ-2022-FINAL.pdf>

⁹⁵ Výroční zpráva za rok 2021. Pražské služby [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/upload/files/vz-2021-final.pdf>

⁹⁶ Původní číselné hodnoty vycházejí z informací získaných v HANUS, Jan a kol. Studie proveditelnosti ZEVO Písek. Brno: EVELO Brno, 2021, 75 s. Arch. č. D52100003Z01 přepočtené koeficienty růstu dle hodnot ČSÚ, Inflace. Český statistický úřad [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny

9.8.6 Likvidace popílku

Popílek pro své negativní vlastnosti na okolí nemůže být zpracováván např. ve stavitelství. Způsobem jeho likvidace je jeho úprava a uložení na zajištěnou skládku. Cenu za takovou likvidaci můžeme uvažovat (k dnešnímu roku) na úrovni 6 tis. Kč za 1 tunu uloženého popílku.

9.9 Předpokládané finanční toky

Kompletní výkazy předpokládaných finančních toků jsou přiloženy v závěru této práce jako příloha. Pro fungování modelu předpokládáme, že tržby, které jsou zároveň příjmy, byly přijaty a zaneseny do výkazu CF v příslušném roce vzniku nároku. Obdobná optika je uplatňována na stranu nákladů, které jsou zároveň výdaji. Výjimkou je položka daně z příjmu, jež je hrazena dle místních zvyklostí až v novém roce.

Finanční náročnost na vybudování ZEVO je značná. Je předpokládáno, že úhrada investice proběhne ve 3 etapách v letech 2025 až 2027. Zaplacené částky v jednotlivých letech jsou rozděleny na 30 %, 30 % a 40 %. Na platby v letech 2025 a 2026 je možné uvažovat, že by byly částečně hrazeny pomocí úvěrů. První splátka úvěru by vždy následovala až 2. rok po čerpání dané částky. Doba splácení úvěru je předpokládána po dobu 20 let s úrokem 5 % p. a. Připsání 40% investiční dotace na účet ZEVO je uvažováno v témže roce jako spuštění ZEVO, tedy v roce 2027.

Velikost zisku ZEVO se plně odvíjí od ceny tepla na výstupu ze ZEVO. Ze strany města i občanů je tlak, aby cena tepla byla minimální, a tím pádem neočekávají, že ZEVO bude generovat velký zisk. Z tohoto důvodu model pracuje s fixovaným ročním ziskem před zdaněním 500 tis. Kč s 2% meziročním růstem. Máme-li to vztáhnout na množství tepla, které ZEVO dodá do TPI, pak tento kladný zisk představuje zvýšení ceny pro TPI o cca 2 Kč.GJ⁻¹. Z této podmínky je dopočítávána a upravena konečná cena tepla pro TPI, která splňuje všechny podmínky cenové regulace.

V letech realizace se CF celého projektu nachází v záporných číslech. Následující roky již vše nasvědčuje, že konečný stav peněžních prostředků v jednotlivých letech zůstává v kladných číslech. Výjimkou jsou 3 situace, kdy dochází k výměnám podstatných celků ZEVO.

9.10 Stanovení ceny tepla

Účelem a podstatou této diplomové práce je rozpočítat jednotlivé náklady na části užitě pro výrobu tepla a část pro výrobu elektrické energie, protože ZEVO funguje jako KVET. V době, kdy není taková poptávka po teple, je nuceně vyráběné teplo užíváno na výrobu elektřiny a naopak. Demonstrace kalkulace ceny tepla je provedena pro variantu 2 – ZEVO 50 kt.rok⁻¹ za rok 2028 při uvažování dotace 40 %, kdy je předpokládán plný celoroční provoz ZEVO. Poměr rozdělení nákladů mezi jednotlivé energetické výstupy je provedena metodou poměru dodaného tepla dle následujícího vztahu. Pro 2. variantu jsou náklady na výrobu tepla a elektřiny rozděleny v poměru 0,52 ve prospěch tepla.

$$\beta_{t,max} = \frac{210\,722}{402\,196} = 0,52 \quad (15)$$

Celá kalkulace je shrnuta v následující tabulce podle 2. přílohy příslušného cenového rozhodnutí ve zjednodušené podobě, resp. nadbytečné položky byly vyňaty. Kolonka „režie“ není vyplněna z několika důvodů. Jedním z cílů této práce je zjištění podmínek a ceny možnosti vyrábět v Písku teplo spalováním odpadů. Bez započítání režie je možné hovořit o nejnižší možné ceně, která je nutná k uhrazení vzniklých nákladů z činnosti.

Kalkulace nákladů na výrobu tepla ze ZEVO činí 215 Kč.GJ⁻¹ bez započítání jakékoliv provozní nebo správní režie. K této ceně je možné, dle platné regulace, připočítat ještě přiměřený zisk. Ten je vypočítán podle rovnice (2) a (3) v kapitole 2.3 Regulace teplárenství. Pro daný rok kalkulace ceny tepla vyplývá následující maximální přiměřený zisk 293 Kč.GJ⁻¹. Z hodnoty přiměřeného zisku je nutné uhradit všechny položky nákladů, které není možné promítnout do ceny tepelné energie (v tomto případě úrok úvěru). Obdobný výpočet kalkulace ceny je proveden pro všechny uvažované roky modelu ve všech variantách. Výsledná cena tepla je výstupem následující kapitoly.

Položky	Výrobní náklady	Náklady na elektrinu		Náklady na teplo		
		Ni [tis. Kč]	β_{ei} [-]	Nei [tis. Kč]	β_{ti} [-]	$\beta_{t,max}$ [-]
Palivo	-58 022	0,48	-27 623	0,52	0,52	-30 399
Elektrická energie (vlastní spotřeba)	9 767	0,48	4 650	0,52		5 117
Popeloviny	14 530	0,48	6 917	0,52		7 612
Ostatní proměnné náklady (materiály, voda, apod.)	20 723	0,48	9 866	0,52		10 857
Mzdy a zákonné pojištění	14 199	0,48	6 760	0,52		7 440
Opravy a údržba	19 985	0,48	9 514	0,52		10 471
Odpisy	65 233	0,48	31 056	0,52		34 177
Suma proměnných nákladů	-13 003		-6 190			-6 813
Suma stálých nákladů	99 417		47 330		52 088	
Suma nákladů	86 414		41 139		45 275	
Jednotkové stálé náklady na dodávku					247	
Jednotkové náklady na dodávku	[Kč/kWh]		2,87		773	
	[Kč/GJ]				215	

Tabulka 9.7 VAR2 - Kalkulace nákladů na výrobu elektřiny a tepla ze ZEVO Písek 50 kt.rok¹

9.11 Ekonomické hodnocení efektivity

9.11.1 Čistá současná hodnota

Výpočet čisté současné hodnoty (Net Present Value) projektu je jeden z efektivních způsobů hodnocení výsledků záměru. Obecně je činnost s kladným NPV vždy doporučitelná k realizaci. Projekty se zápornou výslednou hodnotou NPV je nutné vždy posuzovat s ohledem na okolnosti a s ohledem na metodiku sestavení očekávaných peněžních toků.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (16)$$

kde NPV je čistá současná hodnota investice [Kč],
 CF_t je hodnota cash flow v daném roce t [Kč],
 T je doba hodnocení [roky],
 r je diskontní míra [-].

Pokud se pro danou investici máme rozhodnout, pak by NPV měla být větší, nebo rovna nule. V případě záporných hodnot NPV závisí doporučení na okolnostech, za nichž má být projekt realizován.⁹⁷

9.11.2 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (Internal Revenable Ratio) reprezentuje výnosnost investice při zachování rovnosti čisté současné hodnoty nule. Obecný předpis je dán následujícím vztahem. Kladné doporučující stanovisko by mělo být vydáno v případech, že hodnota IRR je rovna, nebo vyšší než uvažovaná diskontní míra celého projektu.

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + \frac{IRR}{100})^t} = 0, \quad (17)$$

kde IRR je kritérium vnitřní výnosové procento [%],

CF_t je hodnota cash flow v daném roce [Kč],

T je doba hodnocení [roky],

t je indexové označení daného roku [-].⁹⁸

9.12 Výsledky ekonomické části ZEVO

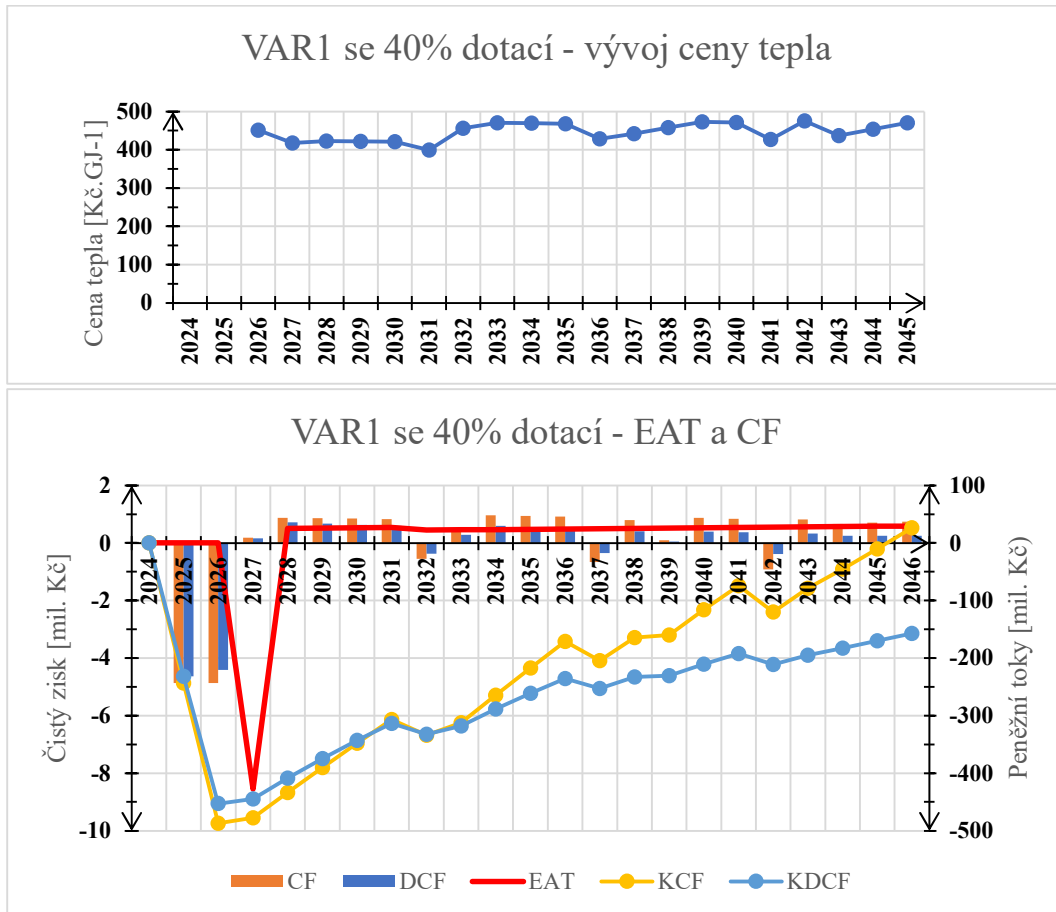
Jedním důležitým výsledkem ekonomické části je zjištění předpokládané ceny tepla na výstupu ze ZEVO. Připomeňme si, že provoz ZEVO ze své podstaty nemůže spadat pod společnost Teplárny Písek, a. s. Celá spolupráce místní teplárny a spalovny odpadu bude fungovat na principu dodání tepla ze ZEVO do primárního rozvodu v prostorách teplárny. Zjištěná cena tepla na výstupu ze ZEVO a vstupní cena zdroje do teplárny Písek je totožná. Chování projektu v závislosti na poskytnuté dotaci a z toho plynoucí skutečnosti jsou blíže rozebrány v kapitole citlivostních analýz.

⁹⁷ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021

⁹⁸ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021

9.12.1 Varianta 1

Připomeňme, že první varianta pracuje s myšlenou, že tepelný výkon ZEVO odpovídá potřebnému výkonu teplárny po odstavení hnědouhelného kotle. Výkon ZEVO je na úrovni 11 MWt a je schopno zpracovat za rok 39 kt směsného komunálního odpadu. Očekávaná hodnota investice je 1,6 mld. Kč. Níže zmiňované hodnoty předpokládají přiznání dotace 40 %.



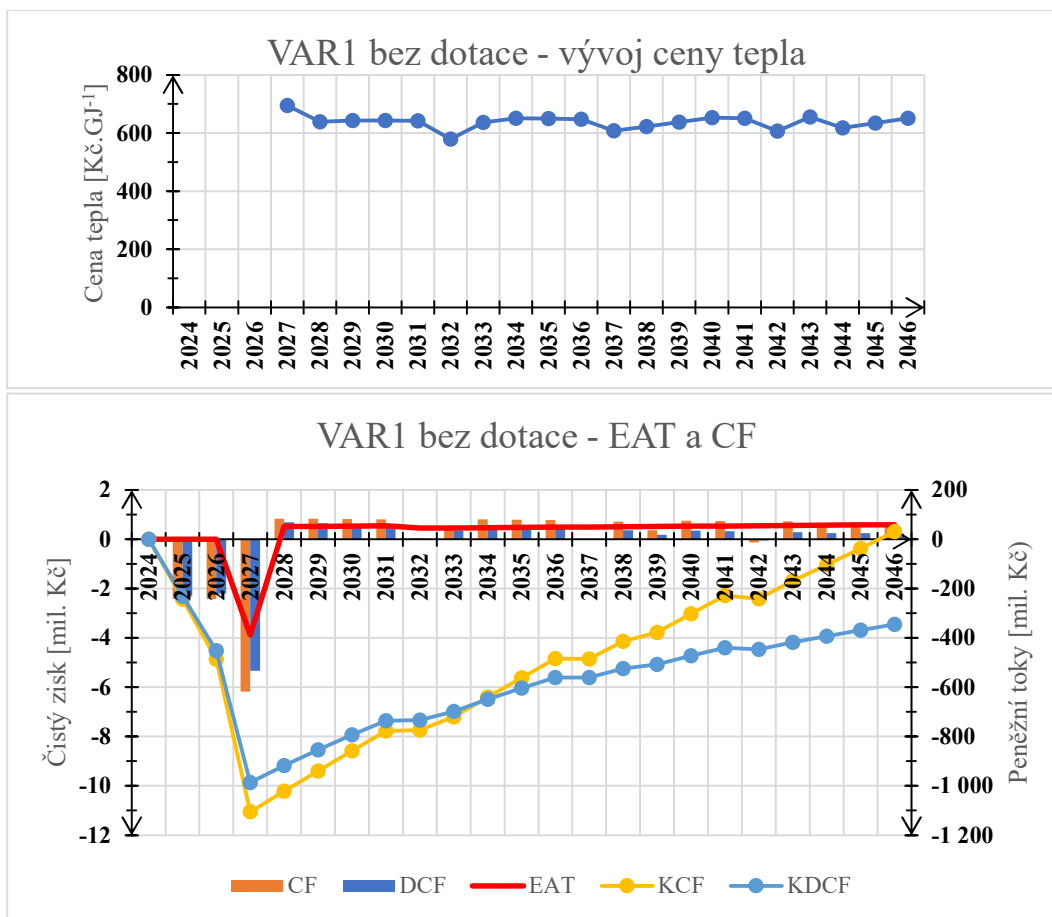
Obrázek 9.4 VAR1 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla s 40% dotací

Maximální měrný zisk je v jednotlivých letech vypočítáván podle aktuálně platného cenového rozhodnutí ERÚ. Průměrná hodnota maximálního měrného zisku za celé období je 314 Kč.GJ⁻¹. Při dodržení všech výše popsaných předpokladů je cena v 1. roce provozu ZEVO 417 Kč.GJ⁻¹. Průměrná cena tepla za celý posuzovaný horizont 20 let je 447 Kč.GJ⁻¹. Tento stav lehce rostoucí ceny je zapříčiněn předpokládaným rostoucím poplatkem za likvidaci odpadů, viz přijaté předpoklady. Kromě prvního roku provozu vykazuje ZEVO předepsaný zisk na úrovni 500 mil. Kč.rok⁻¹. Ztráta, vykázaná v prvním roce, jde především na vrub první splátky úvěru v době, kdy ZEVO není v provozu celý rok. Grafy na předchozí straně zobrazují vývoj ceny tepla a

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZEVO PÍSEK

peněžních toků. Čistá současná hodnota VAR1 s dotací činí -157 mil. Kč. Prostá doba návratnosti činí 19 let (reálná doba návratnosti je delší než doba hodnocení). Vnitřní výnosové procento je 0,41 %.

Cena tepla v jednotlivých letech roste průměrně o 0,36 %. Je možné si všimnout, že ve vývoji ceny tepla jsou určité nerovnosti. Tyto odchylky jsou způsobené 5letým cyklem obnovy některých nezbytných zařízení ZEVO. Je možné namítnout, že v posledních 10 letech časového horizontu k tomuto stavu nedochází. Při zpětném pohledu na plán oprav a rekonstrukcí zjistíme, že cykly výměn zařízení přicházejí v horizontech 5, 6 a 12 let. Další podstatný vliv představuje rostoucí cena za likvidaci SKO, která velmi vylepšuje cenu tepla.



Obrázek 9.5 VAR1 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla bez dotace

ZEVO Písek není primárně projekt budovaný za účelem generování zisku. V určitém slova smyslu se jedná o veřejnou službu hledající uspokojivou odpověď na problém likvidace odpadů. Z grafu je patrné, že podle kritéria NPV ani IRR není možné za diskontní míry 5 % doporučit projekt k realizaci. V tomto případě je vhodné podívat se

na celou situaci trochu jiným pohledem. Zamítavé stanovisko bylo očekávatelné již z přijatého předpokladu generování minimálního zisku (resp. minimální ceny tepla). Pro porovnání je na následujícím obrázku sestaven stejný graf pro variantu 1 bez předpokladu dotace.

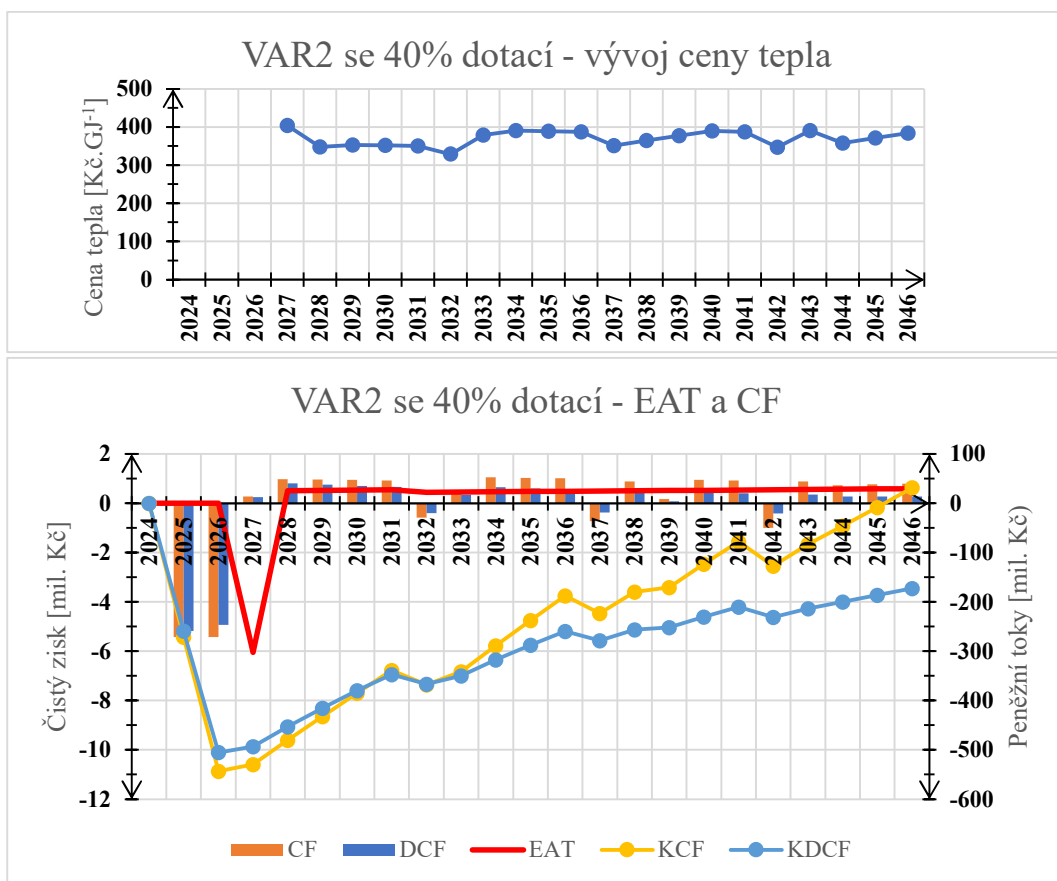
Z porovnání grafů je patrné, že bez 40% investiční dotace by došlo k navýšení cena tepla v této variantě o cca 230 Kč.GJ⁻¹. Takové zvýšení ceny by jistě mělo neblahý dopad na cenu teplárny pro konečné zákazníky. Potenciál na snížení ceny tepla ze ZEVO bez dotace je pouze už ve zvýšení poplatků za likvidaci odpadů. Jak bylo řečeno dříve, toto řešení není též všespásné a mělo by společenský dopad na celé Písecko a Strakonicko. Čistá současná hodnota VAR2 bez dotace činí -350 mil. Kč. Prostá doba návratnosti je 19 let (reálná doba návratnosti přesahuje posuzovaný horizont 20 let). Vnitřní výnosové procento činí 0,2 %.

9.12.2 Varianta 2

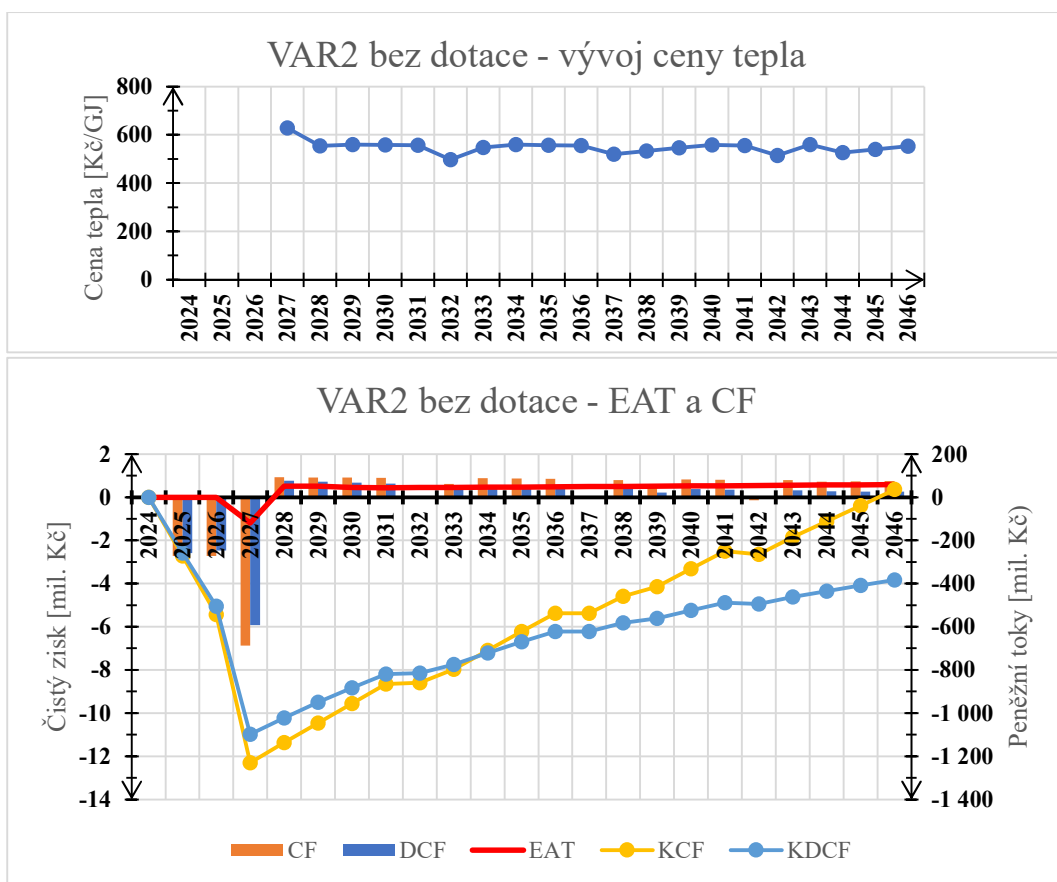
Situace 2. varianty je do jisté úrovně totožná s předchozí částí. Předpokládaná investice činí 1,8 mld. Kč. ZEVO zpracovává ročně 50 kilotun směsného spalitelného odpadu. Kalkulovaná cena tepla je nižší než v předchozí variantě. Dochází k předpokládané úspoře z rozsahu. Průměrná výstupní cena tepla ze ZEVO Písek s dotací se pro TPI pohybuje kolem 370 Kč.GJ⁻¹. Cena v 1. roce plného provozu činí 347 Kč.GJ⁻¹. Čistá současná hodnota VAR2 s investiční dotací činí -173 mil. Kč. Prostá doba návratnosti činí 19 let. Reálná doba návratnosti překračuje dobu posouzení. Vnitřní výnosové procento je 0,33 %.

Obě varianty dosahují téměř shodných výsledků kritérií ekonomické efektivity. Důležitým rozdílem je konečná cena, za níž je zařízení schopno ještě fungovat a dodávat teplo do TPI. Jako minimální přijatelná cena na straně ZEVO je 345 Kč.GJ⁻¹. Tato cena vyplývá z maximálního využití dostupných odpadů lokality, dotačního očekávání a nulového hospodářského výsledku ZEVO. Potenciál pro snížení ceny je už pouze v rukách poplatku za likvidaci SKO nebo ve zvýšení dotačního nároku.

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZEVO PÍSEK



Obrázek 9.6 VAR2 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla s 40% dotací



Obrázek 9.7 VAR2 - vývoj zisku a stavu peněžních toků v závislosti na ceně tepla bez dotace

Cena za jednotku tepla v případě VAR2 bez nároku na dotaci činí 554 Kč.GJ⁻¹. Dochází k podobnému nárůstu ceny tepla jako ve VAR1. Čistá současná hodnota VAR2 bez dotace činí -388 mil. Kč. Prostá doba návratnosti je 19 let. Reálná doba návratnosti je delší než doba posuzování projektu. Vnitřní výnosové procento dosahuje 0,3 %.

9.13 Shrnutí ekonomických výsledků ZEVO

Ani jedna z navrhovaných variant ZEVO nespĺňuje podmínky pro doporučení realizace na základě výsledků kritérií ekonomické efektivnosti při zvolené diskontní míře 5 %. Vnitřní výnosové procento obou variant (ať s dotací či bez) se pohybovalo do hodnoty 0,5 %. Ke kladnému doporučení by mohlo být přistoupeno v případě, že by se na celý projekt pohlíželo optikou projektu veřejné služby, od níž neočekáváme téměř žádný výnos. ZEVO tuto podmínku plně splňuje. Obě varianty vykazují všechny podmínky ekonomické provozuschopnosti. Nenacházejí se, dle návrhů a předpokladů, ve ztrátě nebo v záporných hodnotách peněžních toků. Jednotlivé ekonomické výstupy jsou shrnuty v následující tabulce.

		VAR1		VAR2	
		Se 40% dotací	Bez dotace	Se 40% dotací	Bez dotace
Investice	mil. Kč	1 623	1 623	1 811	1 811
Cena tepla v 1. roce	Kč.GJ⁻¹	417	638	347	554
Průměrná cena celé období	Kč.GJ ⁻¹	447	638	370	557
Průměrný roční růst ceny	%	0,36	0,00	0,33	0,03
Koeficient R1	-	0,75	0,75	0,71	0,71
NPV	mil. Kč	-157	-346	-173	-383
IRR	%	0,41	0,27	0,33	0,29
Prostá doba návratnosti	roky	19	19	19	19
Diskontovaná doba návratnosti	roky	>20	>20	>20	>20

Tabulka 9.8 Ekonomické porovnání variant ZEVO

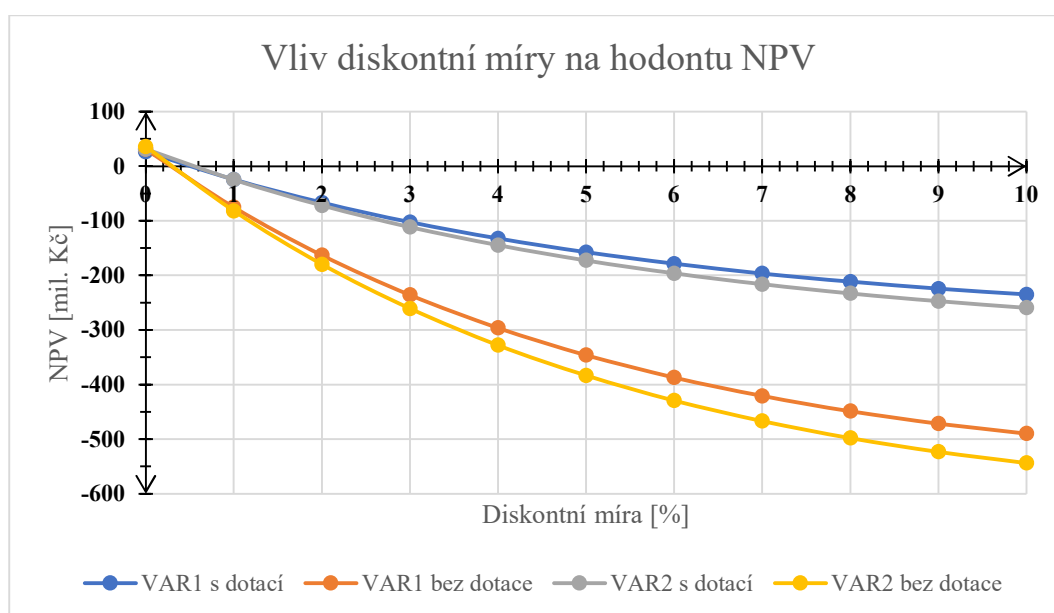
Jako nejlepší variantou se jeví VAR2 s čerpáním dotace, protože dosahuje nejnižší ceny tepla na výstupu pro TPI. Splňuje hlavní kritérium pro společenskou podporu ZEVO ze strany města Písek a občanů odebírající teplo z teplárny.

9.14 Citlivostní analýza ekonomické části ZEVO

Citlivostní analýza je nezbytnou součástí každého ekonomického modelu, protože odhalí silné a slabé stránky celého projektu. V této části práce je určitě velmi důležitým parametrem cena na výstupu ze ZEVO, resp. cena tepla pro teplárnu Písek ze spalování odpadů. Z pohledu celého projektu bude velmi důležité zaměřit se na diskontní míru, nebo vliv velikosti investice nebo množství spalovaného odpadu. Citlivostní analýzy jsou sestavovány při předpokládané dotaci 40 %, pokud není řečeno jinak.

9.14.1 Vliv diskontní míry na NPV

Diskontní míra značně rozhoduje, jak bude vypadat naše rozhodnutí. Zda bude kladné, nebo záporné. Následující graf pracuje se závislostí hodnoty NPV na velikosti diskontní míry. Hraniční hodnotou jsou dříve zmíněné hodnoty IRR, které ani v jednom případě nepřekročí hodnotu 0,5 %.



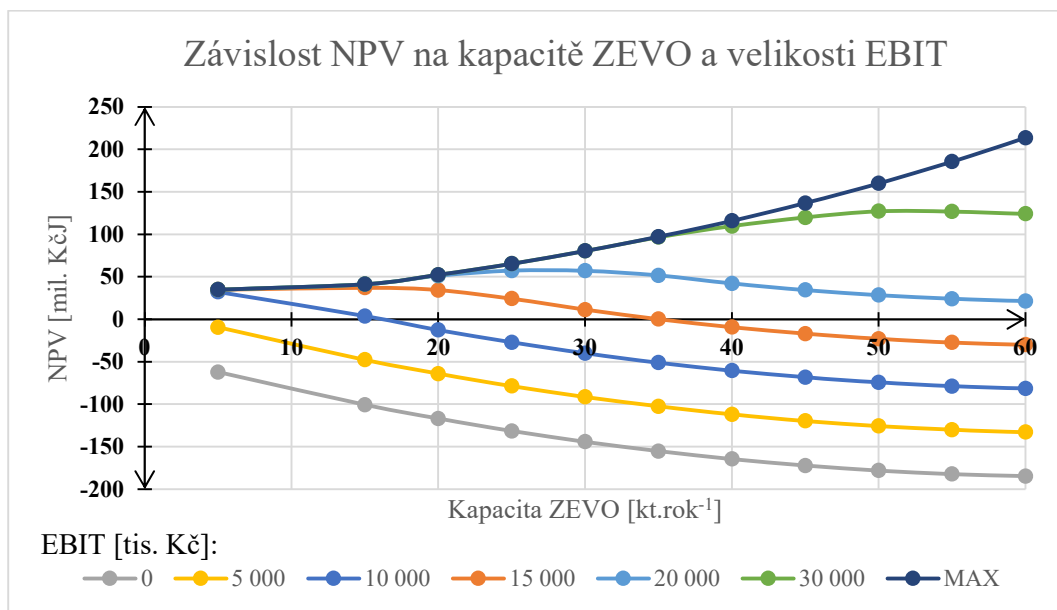
Obrázek 9.8 Citlivostní analýza ZEVO - diskontní míra

9.14.2 Vliv množství spalovaného odpadu a velikosti EBT na NPV

Stanovení optimální velikosti ZEVO (resp. jakéhokoliv zdroje) je důležité po stránce technické, tak ekonomické. Hlavním technickým omezením ZEVO Písek je omezenost dostupnosti paliva. Hraniční hodnotou je 50 kt.rok^{-1} . Celkem nepřekvapivým zjištěním je, že s vyšším ziskem před zdaněním je dosaženo lepších ekonomických výsledků. Potenciál na dosažení kladného NPV je značný. Rozhodující

je stanovení veřejně přijatelného zisku ZEVO jeho zřizovateli. Křivka nazvaná „MAX“ je hranicí, kdy ZEVO ještě splňuje cenovou regulaci. Dle předpokladů vyšších hodnot NPV nelze dosáhnout při diskontní míře 5 %.

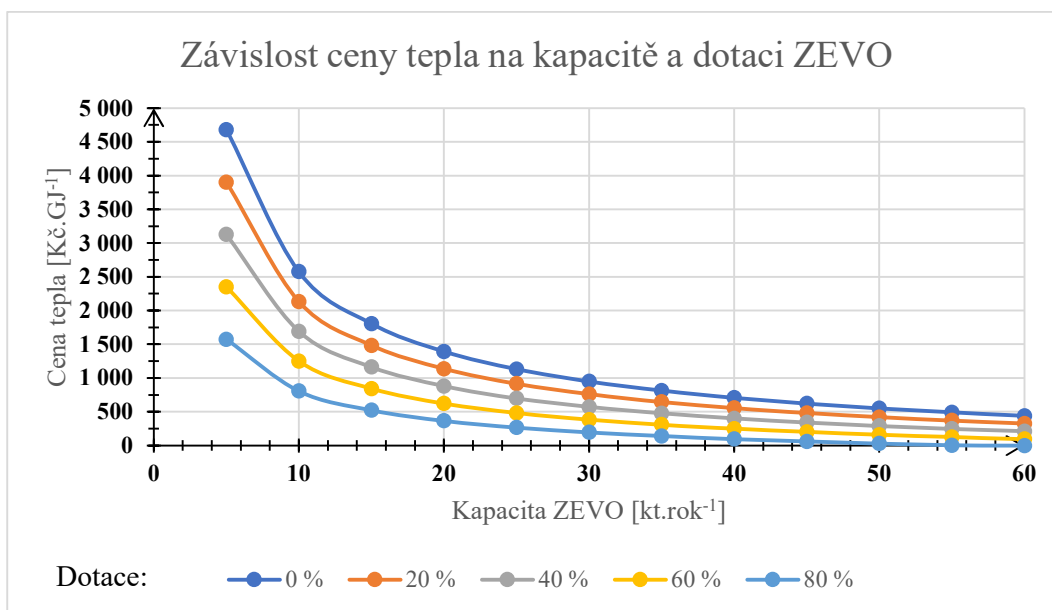
Níže uvedený graf nahlíží na ZEVO z pohledu projektu. Na základě této citlivostní analýzy je vhodné směřovat ZEVO spíše k nižším hodnotám zpracovatelské kapacity (v případě téměř nulového zisku – šedivá křivka). V případě, že by zisk měl být vykazován vyšší, pak vše vede k doporučení maximálního využití dostupných spalitelných odpadů v oblasti, což znamená větší výkon ZEVO.



Obrázek 9.9 Závislost NPV na kapacitě ZEVO a velikosti EBT

9.14.3 Vliv kapacity ZEVO a velikosti dotace na cenu tepla

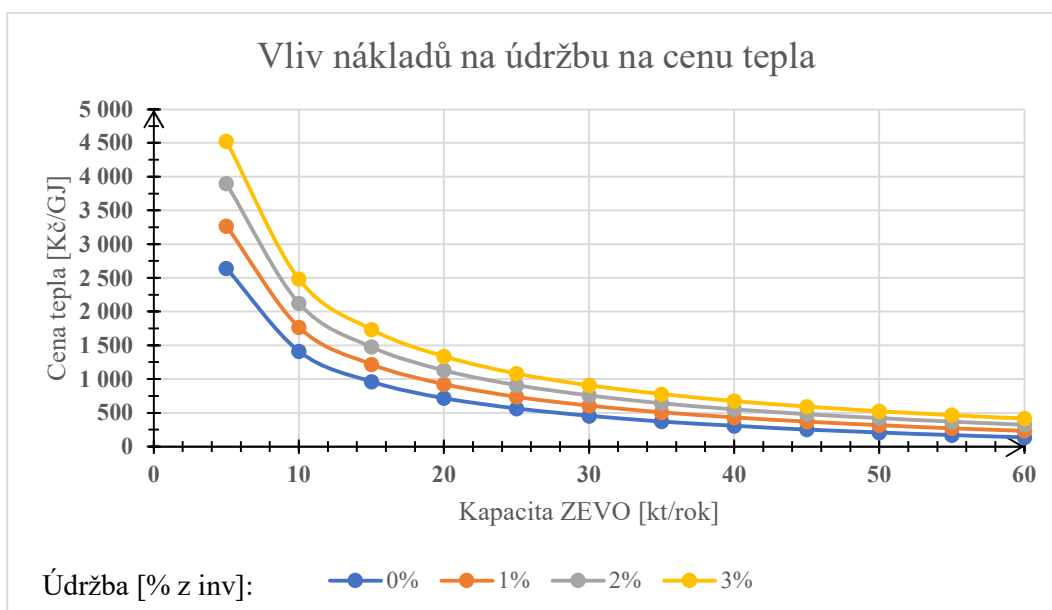
Cena tepla nemůže být přímo úměrná velikosti. Tento nesoulad vyplývá již z nelineárního růstu velikosti investice a zpracovatelské kapacity ZEVO. Graf zobrazuje průměrnou cenu tepla ze zdroje za celé zkoumané období. S rostoucí kapacitou ZEVO klesá cena tepla z důvodu úspory z rozsahu. Dotace hraje významnou roli v konečné ceně tepla. V krajním případě mohou ceny tepla ze ZEVO klesnout i pod 200 Kč.GJ⁻¹, a to v případě, že by bylo vystavěno ZEVO s kapacitou 50 kt.rok⁻¹ a dotační titul by byl na úrovni 80 %.



Obrázek 9.10 Vliv velikosti dotace na cenu tepla v závislosti na kapacitě ZEVO

9.14.4 Vliv nákladů na údržbu na cenu tepla

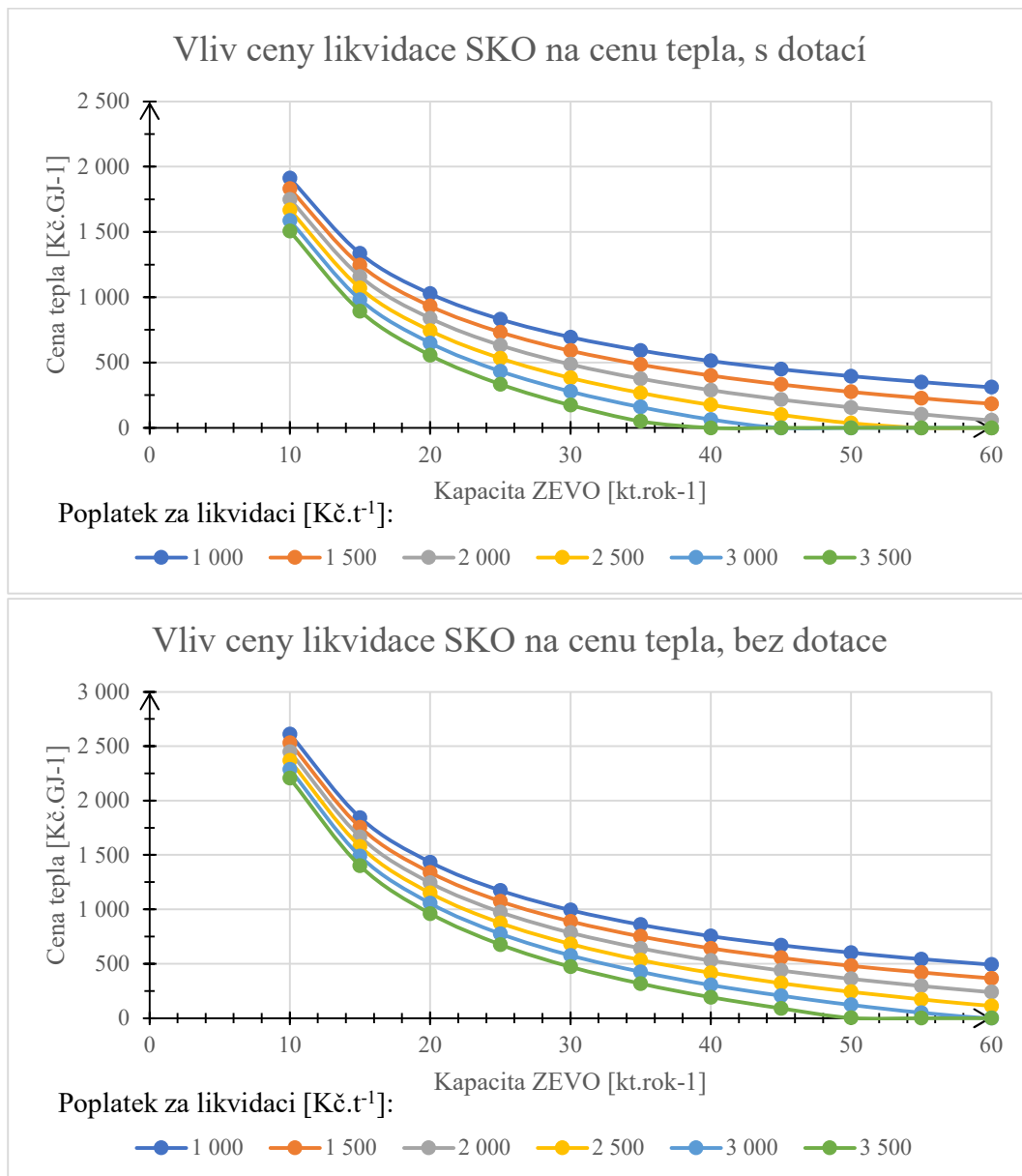
Náklady na údržbou jsou jedním ze stálých nákladů vynaložených víceméně bez ohledu na velikost provozu. Jejich velikost se nutně promítá do kalkulace ceny tepla. S rostoucí kapacitou ZEVO klesá vliv této položky na konečnou cenu tepla. Nelze předpokládat pokles ceny tepla ze ZEVO by mohl klesnout výrazněji pod 300 Kč.GJ⁻¹ (za předpokladu nulových nákladů na údržbu). Část nákladů na údržbu bude stejná v případě malého ZEVO.



Tabulka 9.9 Citlivostní analýza – cena tepla, kapacita ZEVO a náklady na údržbu (% z inv.)

9.14.5 Vliv ceny za zpracování SKO na cenu tepla

Spalovna odpadů není klasickým tepelným zdrojem. Z části je provoz financován vybranými poplatky za zpracování SKO. V současnosti je uložení na skládku též zpoplatněno, ale o tom bylo již zmíněno dříve. Výsledná cena za likvidaci odpadů má přímý vliv na hodnotu variabilních nákladů vynaložených na výrobu tepla, resp. na konečnou cenu tepla pro teplárnu.



Obrázek 9.11 Vliv ceny likvidace SKO na cenu tepla

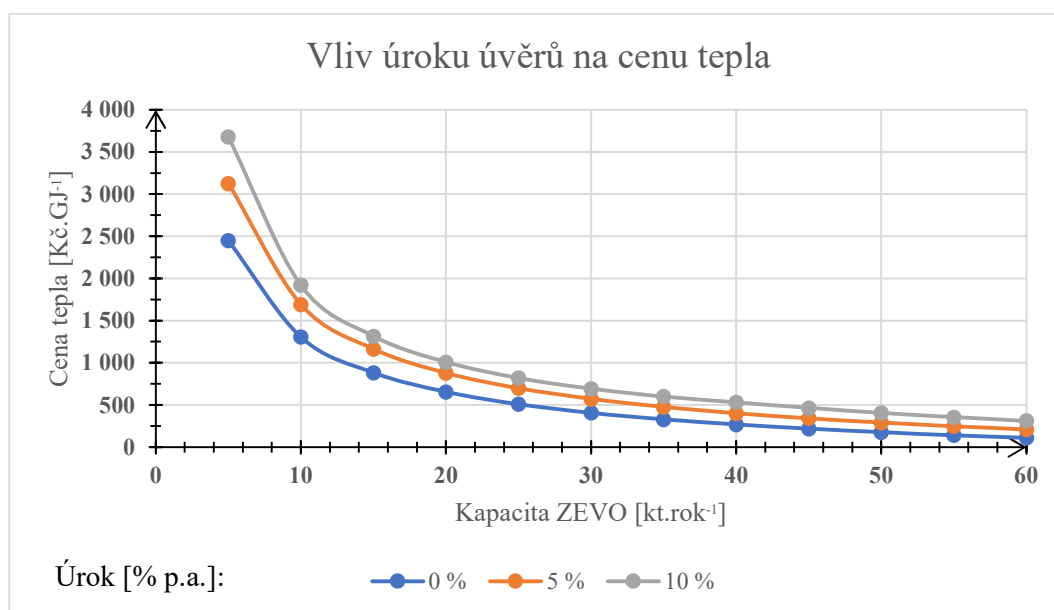
S rostoucí zpracovatelskou kapacitou klesá kalkulovaná cena tepla ze ZEVO. Dle očekávání dochází k poklesu ceny tepla s rostoucím poplatkem za likvidaci SKO. Ze společenských důvodů by cena za spalování odpadů měla být nižší, než je poplatek za skládkování odpadů. Lze to nazvat motivací k lepšímu nakládání s odpady. Dalším

společenským aspektem je, že poplatek za likvidaci odpadů platí všichni v dané lokalitě, ale užitek z vyšších poplatků za spalování odpadů mají pouze ti připojení k CZT Písek. V krajním případě, že by poplatek za likvidaci byl stanoven nad $2\,500 \text{ Kč.t}^{-1}$, by došlo k situaci, kdy by cena tepla byla nulová. Při zohlednění předpokladu ekonomické motivace využívat ZEVO, je to levnější než uložit na skládku, zjišťujeme, že nejnižší cena, které lze dosáhnout, je cca 325 Kč.GJ^{-1} .

Z grafů je ještě patrné, že předpokládaná 40% dotace výrazně pomáhá snížit cenu tepla ze ZEVO. Pro příklad srovnajme ceny tepla pro VAR2 (50 kt.rok^{-1}) na modré křivce. Rozdíl mezi cenami s a bez dotace je 206 Kč.GJ^{-1} .

9.14.6 Vliv úrokové míry úvěrů na cenu tepla

Lze předpokládat, že bez poskytnutí cizího kapitálu nebude možné výstavbu ZEVO realizovat. Citelný dopad na výslednou cenu tepla ze ZEVO má velikost úrokové míry úvěrů, které by musela společnost ZEVO čerpat. Celý model předpokládá, že úroková míra úvěrů činí 5 % p. a. a splátky jsou anuitního charakteru. Citlivostní analýza porovnává možnosti poklesu i vzrůstu úrokové míry od 0 do 10 %. V lokalitě Písek je možné, že pokud by byl zajištěn bezúročný úvěr, pak by cena tepla ze ZEVO mohla klesnout i pod 200 Kč.GJ^{-1} . Křivka nulového úročení lze připodobnit k možnosti, že by peníze poskytl např. město Písek (či jiný subjekt), který by nepožadoval úrok za tuto službu.



Obrázek 9.12 Vliv úrokové míry úvěrů na cenu tepla

9.15 Shrnutí závěrů ekonomické části ZEVO Písek

Na předchozích řádcích byl popsán ekonomický model ZEVO Písek, který sloužil pro výpočet variant 1 a 2. Samotné ekonomické výsledky při zvolených vstupních předpokladech nebyly uspokojivé po všech stránkách. Obě varianty po stránce NPV nedosáhly při zvolené diskontní míře 5 % kladné hodnoty. Kalkulovaná cena tepla vychází pro variantu 2 lépe než pro variantu 1. Pravděpodobně nelze předpokládat, že by výstupní cena ze ZEVO mohla klesnout pod 345 Kč.GJ⁻¹ při zvolených předpokladech (zisk ZEVO je roven nule). Potenciál snížení ceny tepla je ve zvyšování poplatku za likvidaci odpadů. Další možností je zvýšení podílu dotace na celkové investici nebo snížení úrokové míry úvěrů.

Po stránce ceny tepla je doporučeno realizovat VAR2, kde cena tepla dosahuje ve všech situacích nejnižších možných hodnot. Hodnota NPV je u obou variant záporná při přijatých předpokladech. Potenciál zlepšení hodnoty NPV je ve snížení diskontní míry na úroveň pod 0,5 % nebo při zvýšení EBIT v jednotlivých letech. Nicméně zvýšení EBIT s sebou přináší zvýšení konečné ceny pro TPI, ale lze dosáhnout situace, že NPV má kladnou hodnotu i při zachování diskontní míry 5 %.

ZEVO není jenom energetickým zdrojem. Jeho fungování má společenský i enviromentální dopad. Výstupem ekonomického modelu je, že v obou navrhovaných variantách nebude ZEVO schopno generovat velký zisk, ale mělo by být schopno, kromě prvotní investice, po finanční stránce fungovat samostatně i při požadavku nulového hospodářského výsledku v jednotlivých letech. Vliv ceny na výslednou cenu tepla v teplárně Písek bude výsledkem následující kapitoly. Již teď je možné říci, že cena tepla nakupovaného ze ZEVO je klíčová a ze strany teplárny lze očekávat tlak na nejnižší možnou cenu komodity.

10 Ekonomický model teplárny Písek

Zprovoznění nového zdroje s sebou nutně přinese změny ve fungování teplárny. Výstupem předchozí kapitoly je zjištění, jaká je očekávatelná cena tepla ze ZEVO. Následující řádky se blíže věnují dopadům výstupní ceny ZEVO na cenu tepla koncových zákazníků. Dále je blíže rozvedena varianta 3, která nepředpokládá vznik ZEVO, ale vybudování kogenerační jednotky a dopady tohoto řešení. Hlavními podklady pro ekonomickou analýzu současného stavu fungování písecké teplárny jsou využity dostupné výroční zprávy TPI.

10.1 Investice

Písecká teplárna v nedávno uplynulých letech provedla zásadní investiční akce jako převedení parovodních rozvodů na horkovodní. Výtopna Samoty prošla rekonstrukcí a přeměnou na dvoupalivový zdroj. Kotel na biomasu též patří k mladším zdrojům uvedeným do provozu v uplynulých 10 letech. Teplárna je v současné době zrekonstruovaná a připravena na dobré fungování v příštích dekádách. Z dříve uváděných důvodů není nutné předpokládat, že by ve zkoumaném období mělo docházet k větším investičním akcím za účelem rozsáhlé obnovy rozvodů nebo zdrojů (mimo případné řešení varianty 3, jako náhrady hnědouhelného kotle). Celková suma investic v posledních 10 letech překonala částku 500 mil. Kč.

10.1.1 Varianta 3 – investice do kogenerace

Již dříve byla zmíněna společnost TEDOM jako jeden z výrobců kogeneračních jednotek, které by bylo možné použít jako nový zdroj písecké teplárny. Jednou z předností kogeneračních jednotek firmy TEDOM je jejich kontejnerová konstrukce, která umožňuje relativně jednoduché umístění kogenerační jednotky bez komplikovaných staveb. Po konzultaci se společností TEDOM bylo odhadnuto, že investice do kogeneračních jednotek dříve zmíněných proporcí by mohla mít hodnotu 210 mil. Kč.

Na financování je uvažováno, že TPI bude úvěrovat 50 % celkové investice v roce 2026. Vzhledem k povaze projektu, by mělo být žádosti o úvěr vyhověno. Výsledkem poskytnutého úvěru bude snížení emisí skleníkových plynů – projekt je v souladu

s taxonomií. Dále výpočet předpokládá, že by bylo možné žádat o dotaci ve výzvě HEAT, viz předešlá kapitola. Hodnota dotace je uvažována na úrovni 30 % investice.

Po uplynutí 30 tis. hodin provozu je nutné zahrnout do výpočtu reinvestici na obnovu opotřebovaných částí. Doba do nutné rekonstrukce částí v tomto případě je cca 4 roky. Obnova opotřebovaných částí obvykle představuje částku 30 % vstupní investice. Částka potřebné reinvestice je rovnoměrně rozložena do celého období mezi obnovami.

10.2 Variabilní náklady

10.2.1 Ceny paliv

Vývoj cen jednotlivých paliv je v poslední době velmi rozkolísaný. Pro výslednou cenu tepla koncových odběratelů jsou zásadní ceny komodit palivové základny místní teplárny. Ve výpočtech je nutné uvažovat zatím i s cenou hnědého uhlí. Mezi další paliva dále náleží biomasa, zemní plyn a dodané teplo z bioplynové stanice. Současné přepočtené ceny jednotlivých paliv na jednotku získané energie jsou v následující tabulce. Výpočet zahrnuje výhřevnost paliv a energetickou účinnost daného zdroje. Uváděné ceny jsou přepočtené včetně všech souvisejících plateb (doprava, distribuce apod.). Vývoj cen elektřiny a zemního plynu je totožný jako pro část ZEVO, viz kapitoly 9.6.3 a 9.6.4. Cena tepla ze ZEVO pro TPI je dle výstupu minulé kapitoly.

Palivo	HÚ	BIO	BPS	ZP (2028)	ZEVO (2028)
Výhřevnost	GJ.t ⁻¹	GJ.t ⁻¹	-	-	-
	13,0	8,5	-	-	-
Cena komodity (2024)	Kč.t ⁻¹	Kč.t ⁻¹	Kč.GJ ⁻¹	Kč.MWh ⁻¹	Kč.GJ ⁻¹
	1 400	2 000	200	1 800	377
Účinnost zdroje	0,85	0,83	-	0,90	-
Měrná cena tepla	Kč.GJ⁻¹	Kč.GJ⁻¹	Kč.GJ⁻¹	Kč.GJ⁻¹	Kč.GJ⁻¹
	100	283	200	556	347

Obrázek 10.1 Měrné ceny paliv

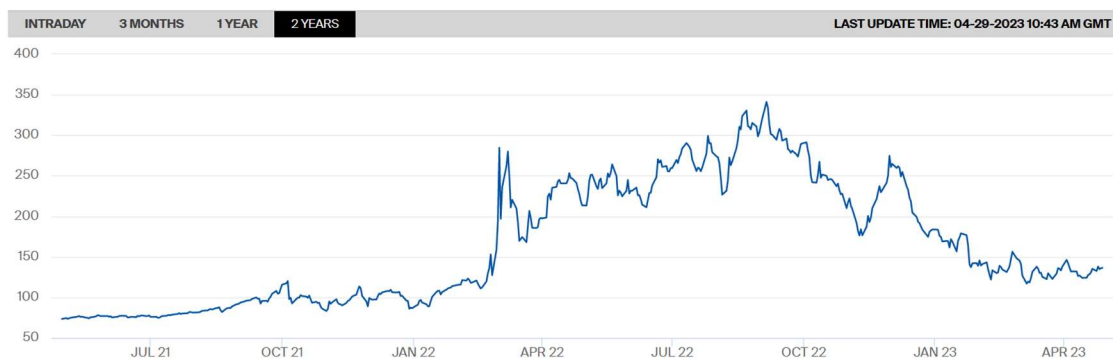
10.2.2 Hnědé uhlí

Podobně jako ostatní energetické komodity i cena hnědého uhlí může být odvozena od ceny na mezinárodní burze. Pro obchodování s uhlím funguje pro evropský trh burza ICE. Ta uveřejňuje index, který je vztažen k výhřevnosti černého uhlí 29 GJ.t⁻¹.

EKONOMICKÝ MODEL TEPLÁRNY PÍSEK

Výsledná cena daného typu uhlí se následně přepočte poměrem výhřevnosti referenčního paliva a výhřevnosti dané suroviny.

Aktuální ceny na ICE se pro příští období (všechny v současnosti dostupné produkty) ustalují na ceně 133 €. t^{-1} .⁹⁹ Obvyklá výhřevnost hnědého uhlí pro píseckou teplárnu je 13 GJ. t^{-1} . Přepočteno aktuálním kurzem (23,42 Kč.€ $^{-1}$) a výhřevností HÚ se dostáváme na cenu cca 1 400 Kč. t^{-1} hnědého uhlí jako suroviny vč. dopravy. Poslední uvedenou cenu uvažujeme pro rok 2024. Následný vývoj nelze přesně odhadnout. Níže stojící graf ukazuje vývoj ceny CAL s dodávkou za 2 roky, kde je vidět, že ceny rostly značně. Při vynechání období roku 2022 je patrné, že cena je dvojnásobná oproti době v roce 2021, kdy nedocházelo k cenovým výkyvům. Předpokládáme, že vývoj změny ceny tepla se ustálí opět na hodnotách do září roku 2021, tedy 2% meziroční růst.



Obrázek 10.2 Vývoj ceny uhlí na burze s dodávkou Y+2¹⁰⁰

Cena uhelného referenčního paliva byla k roku 2021 (dodávka v roce 2023) na úrovni 100 €. t^{-1} . To v přepočtu odpovídá ceně 1 000 Kč. t^{-1} . Zbývající částka ceny je vynakládána na dopravu. Stejný poměr výdajů na surovinu a dopravu předpokládáme i dále. Používaný vývoj ceny hnědého uhlí v ekonomickém modelu je v následující tabulce.

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cena HÚ	Kč. t^{-1}	1 400	1 536	1 567	1 598	1 630	1 663	1 730
	Kč.GJ $^{-1}$	108	118	121	123	125	128	130

Obrázek 10.3 Vývoj ceny hnědého uhlí pro teplárnu

⁹⁹ API2 Rotterdam Coal Futures. ICE [online]. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.ice.com/products/243/API2-Rotterdam-Coal-Futures/data?marketId=5467849&span=1>

¹⁰⁰ Tamtéž

10.2.3 Biomasa

Biomasa se sice řadí mezi obnovitelné zdroje energie, ale její dostupné množství není neomezené. Současná cena biomasy pro píseckou teplárnu je 2 000 Kč.t⁻¹ včetně dopravy. Nelze předpokládat, že v blízké době může dojít k poklesu ceny biomasy – napadené porosty kůrovcem jsou ve větší míře již vytěženy. Ve výpočtech je uvažován stejný objem spalované biomasy jako dnes. Dnes předpokládáme, že meziroční růst ceny biomasy bude 2,5 %.

Spalování biomasy je podporováno jako obnovitelný zdroj energie. Tomuto palivu náleží podpora ve výši 121 Kč.GJ⁻¹ podle posledního platného cenového rozhodnutí ERÚ.¹⁰¹

10.2.4 Bioplynová stanice

Cena tepla z bioplynové stanice je vázána na konkrétní smluvní dohody mezi TPI a místní BPS. V současné době je smluvní cena 200 Kč.GJ⁻¹, která by měla být stejná i nadále. Lze předpokládat, že ceny tepla z BPS má na konečnou cenu tepla minimální vliv, protože zastoupení na celkových dodávkách je na úrovni cca 5 %.

10.3 Stálé náklady

10.3.1 Odpisy

Hodnota odpisů se odvíjí od hodnoty odepisovaného majetku. Minulá kapitola zmiňovala, že v uplynulých 10 letech byly provedeny investiční akce do nových zdrojů a výrobních prostředků v hodnotě cca 500 mil. Kč. Celková hodnota dlouhodobého majetku činí dle posledních dostupných informací 536 mil. Kč, kterým odpovídá roční hodnota odpisů cca 24,5 mil. Kč. Hodnota těchto odpisů meziročně rostla o 7 %. K takto vysokému růstu odpisů nejvíce přispěly investice posledních 5 let, jež přesahovaly i 100 mil. Kč. Předpokládáme, že do dalších let (bez dalších významných investičních akcí) bude hodnota odpisů růst jako v dobách před rekonstrukcí o 2 % ročně. Při výpočtu varianty 3 je hodnota odpisů vypočítávána rovnoměrným způsobem dle příslušných předpisů.

¹⁰¹ Energetický regulační věstník 13/2022 - Cenové rozhodnutí č. 11/2022. *Energetický regulační úřad* [online]. Str 14. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-132022>

10.3.2 Osobní náklady

Náklady na osobní ohodnocení minulého období činily 52 mil. Kč ročně. V budoucnu mohou nastat 2 možnosti. V případě, že bude realizováno ZEVO, pak předpokládáme, že dojde ke snížení počtu zaměstnanců a poklesu osobních nákladů o 20 %. V případě realizace KGJ bude počet zaměstnanců zachován ve stejné výši jako dnes. Růst mezd koresponduje s předpokládaným růstem cen.

10.3.3 Opravy a údržba

V posledních letech bylo na udržovací práce vynakládáno přes 20 mil. Kč ročně. Průměrná částka oprav posledních 5 let je téměř 26 mil. Kč. Roční hodnota meziročně kolísá, ale za sledované období posledních 10 let roste. Předpokládáme, že bude docházet k růstu průměrných vynaložených nákladů na opravy stejným tempem jako růst cen.

10.3.4 Ostatní náklady

Do této skupiny řadíme náklady, které nelze přímo přiřadit některé z technologií nebo účelu. Příkladem takových ostatních nákladů je pronájem prostor od města Písek, jež stojí každý rok teplárnu 5 mil. Kč.

10.4 Kalkulace ceny tepla

Princip kalkulace ceny tepla je stejný jako pro technologii ZEVO a je dán poměrným rozdělením nákladů na výrobu tepla a elektřiny. Po zavedení ZEVO není předpokládáno, že bude docházet k výrobě elektrické energie v rámci teplárny. Všechny náklady musejí jít na vrub vyrobenému teplu. V případě spuštění kogenerační jednotky je poměr nákladů v KVET na výrobu tepla 0,66. Kalkulace v následujících tabulkách jsou pro variantu 2 – ZEVO 50 kt.rok⁻¹ spuštěné v roce 2027 a pro variantu 3 – kogenerační jednotky 11,5 MWt spuštěné v témže roce. Pro porovnání cen tepla jednotlivých variant je proveden výpočet kalkulované ceny v roce 2028, kdy je předpokládáno, že mohou být v plném provozu oba typy zdrojů.

Pro přehlednost a možnost porovnání je zachováno stejné zobrazení způsobu kalkulace ceny tepla, přestože v případě odběru tepla ze ZEVO nebude vyráběna v rámci teplárny elektřina. Při realizaci varianty 2 stoupne kalkulovaná cena tepla minimálně na 904 Kč.GJ⁻¹. Současná konečná cena tepla pro zákazníky je 901 Kč.GJ⁻¹ bez DPH a

byla v reakci na zvyšování cen paliv opakovaně navyšována. Cena tepla v roce 2022 činila 720 Kč. GJ⁻¹. Nejvíce patrný je nárůst ceny tepla v grafu na obrázku 10.3 níže.

Položky	Výrobní náklady N _i [tis. Kč]	Náklady na elektřinu		Náklady na teplo		
		β _{ei} [-]	N _{ei} [tis. Kč]	β _{ti} [-]	β _{t,max} [-]	N _{ti} [-]
Palivo	134 712	0,00	0	1,00	1,00	134 712
Elektrická energie (vlastní spotřeba)	8 816	0,00	0	1,00		8 816
Ostatní proměnné náklady (materiály, voda, apod.)	24 011	0,00	0	1,00		24 011
Mzdy a zákonné pojištění	50 095	0,00	0	1,00		50 095
Opravy a údržba	21 129	0,00	0	1,00		21 129
Odpisy	27 890	0,00	0	1,00		27 890
Režie	5 943	0,00	0	1,00		5 943
Suma proměnných nákladů	167 540		0			167 540
Suma stálých nákladů	105 058		0			105 058
Suma nákladů	272 597		0			272 597
Jednotkové stálé náklady na dodávku						348
Jednotkové náklady na dodávku	[Kč/kWh]		0,00			3 253
	[Kč/GJ]					904

Tabulka 10.1 VAR2 - Kalkulace ceny TPI se ZEVO v roce 2028

Kalkulovaná cena tepla pro rok 2028 teplárny s kogeneračními jednotkami je 1 051 Kč.GJ⁻¹ (při uvažované ceně zemního plynu kolem 50 €.MWh⁻¹). Nárůst ceny by tak představoval z dnešních cca 900 Kč.GJ⁻¹ o 150 Kč více. Takový nárůst ceny tepla je vzhledem k okolnostem přijatelný, ale z pohledu alternativ je skokem největším. Navíc otázkou s neznámou odpovědí je vývoj ceny komodity zemního plynu nebo jeho případné budoucí omezování. Vývoj cen jednotlivých variant je možné sledovat v grafu na níže.

EKONOMICKÝ MODEL TEPLÁRNY PÍSEK

Položky	Výrobní náklady	Náklady na elektrinu		Náklady na teplo		
		N_i [tis. Kč]	β_{ei} [-]	N_{ei} [tis. Kč]	β_{ti} [-]	$\beta_{t,max}$ [-]
Palivo	311 449	0,36	113 300	0,64	0,64	198 149
Elektrická energie (vlastní spotřeba)	7 066	0,36	2 571	0,64		4 496
Ostatní proměnné náklady (materiály, voda, apod.)	26 508	0,36	9 643	0,64		16 865
Mzdy a zákonné pojištění	50 095	0,36	18 224	0,64		31 871
Opravy a údržba	41 978	0,36	15 271	0,64		26 707
Odpisy	35 100	0,36	12 769	0,64		22 331
Režie	5 943	0,36	2 162	0,64		3 781
Suma proměnných nákladů	345 023		125 513			219 510
Suma stálých nákladů	133 116		48 425		84 691	
Suma nákladů	478 139		173 939		304 201	
Jednotkové stálé náklady na dodávku					281	
Jednotkové náklady na dodávku	[Kč/kWh]		2,92		3 630	
	[Kč/GJ]				1 008	

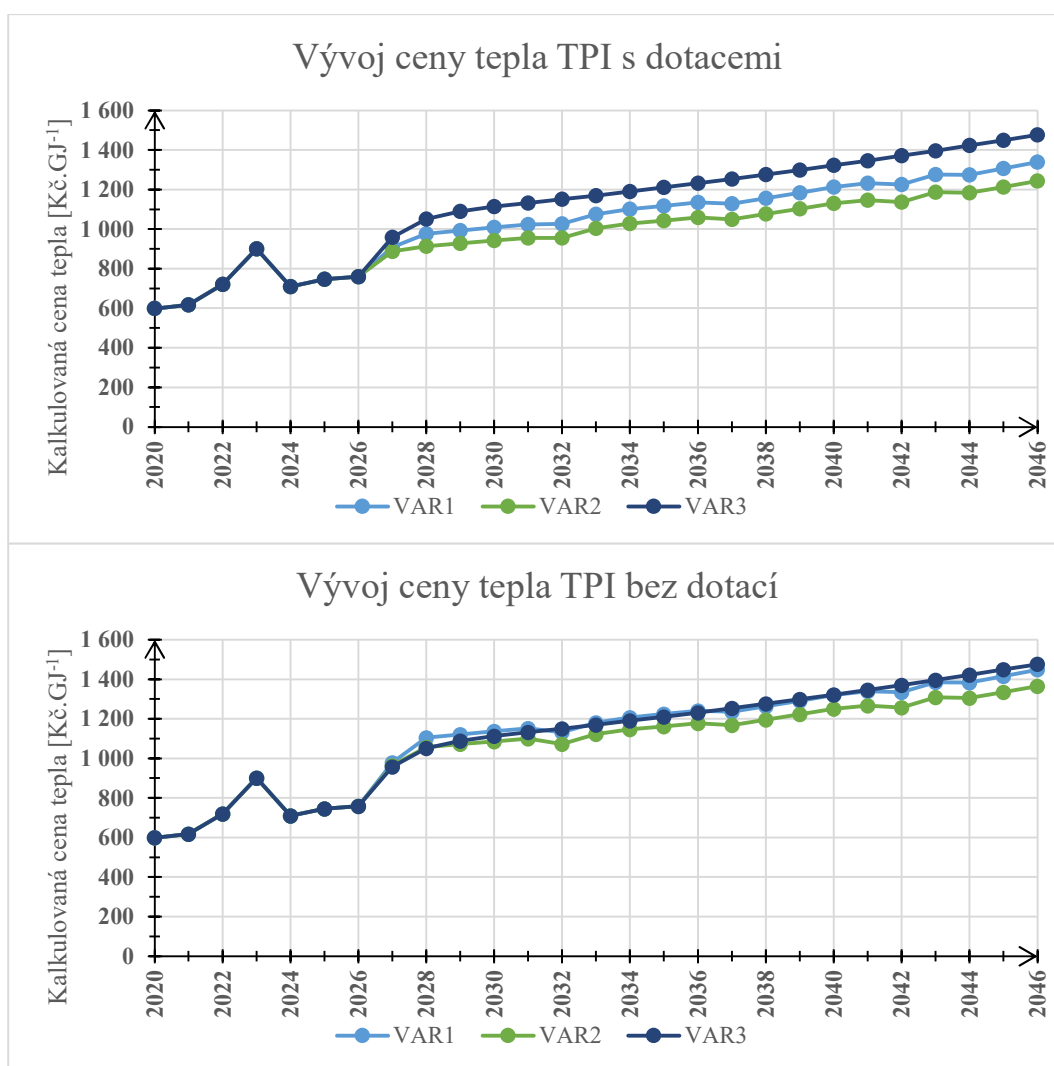
Tabulka 10.2 VAR3 - Kalkulace ceny tepla TPI s KGJ v roce 2028

10.5 Výstupy ekonomického modelu TPI

Celý model je koncipován tak, aby hlavní výstupní hodnotou byla cena tepla pro koncové odběratele v jednotlivých letech. Výsledky uváděné v této kapitole vycházejí ze vstupní podmínky, že teplárna Písek dosahuje zisku před zdaněním (EBIT) 20 mil. Kč. Tato hodnota je maximální zisk, kterého TPI může dosahovat dle platné regulace. Po zdanění představuje tato hodnota cca 16 mil. Kč, což odpovídá hodnotě hospodářského výsledku posledního období. V návaznosti na tuto podmínku je dále provedena citlivostní analýza. Z této podmínky vyplývá, že ceny tepla jednotlivých variant uvedených v této podkapitole jsou maximální vzhledem k předpokládaným vstupním hodnotám, resp. vyšší cena by v lokalitě Písek neměla nastat bez zvýšení vstupních cen.

Cena před zařazením nového zdroje by neměla přesáhnout současnou hodnotu 901 Kč.GJ⁻¹, pokud na energetickém poli nedojde k nějakým neočekávaným situacím.

Z ekonomického modelu TPI vyplývá, jaký vývoj ceny tepla je možné očekávat po změně zdrojové základny TPI. Variantou s nejmenším vlivem na změnu ceny tepla je výstavba ZEVO podle varianty 2 s roční zpracovatelskou kapacitou 50 kt.rok⁻¹ SKO. Ovšem i zde může dojít ke změně některých vlivů, které mohou mít pozitivní i negativní vliv na výslednou cenu tepla, například výše poplatku za likvidaci SKO nebo poskytnutá dotace.



Tabulka 10.3 Vývoj ceny tepla TPI – s investičními dotacemi

Cenový skok tepelné energie v Písku je po zprovoznění nového zdroje jistý. Snahou by mělo být zvolit takové technické řešení, které skok cenové hladiny tepla minimalizuje. V optimistickém případě nemusí dojít k cenovému skoku (vzhledem k letošnímu roku). V grafu jsou znázorněny i ceny před rokem 2023. Je zde patrné, že již došlo k velkému skokovému zdražování ceny tepla. Zdá se nepravděpodobné, že by do budoucna mohlo dojít k přiblížení se původní ceně 600 Kč.GJ⁻¹.

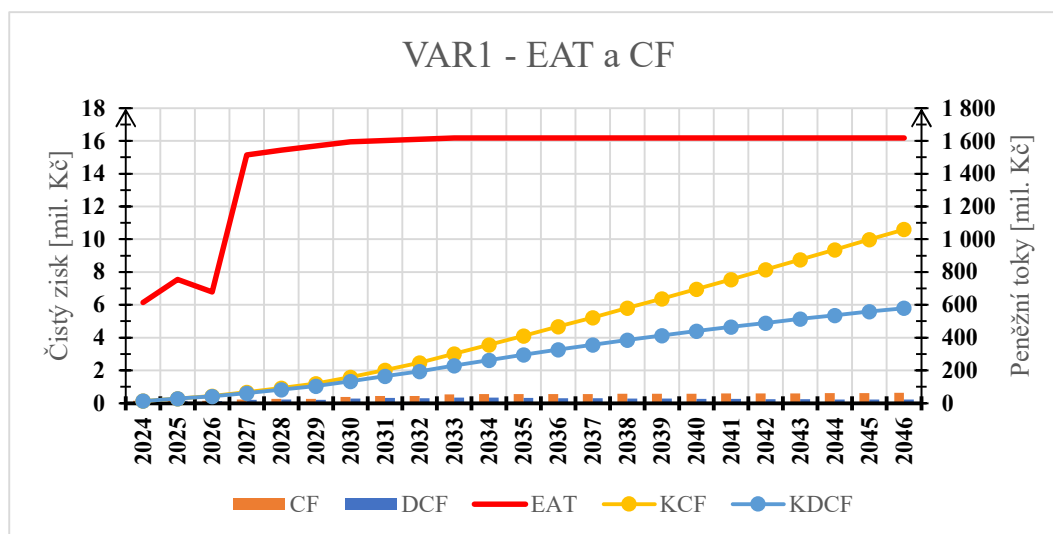
EKONOMICKÝ MODEL TEPLÁRNY PÍSEK

Velké rozhodovací pole o konečné ceně tepla může mít v kompetenci vedení města Písek, resp. společnost Odpady Písek, v jejichž gesci by mohlo být nastavení ceny poplatku za likvidaci odpadů. Odběratelé tepla z TPI by ve vlastním zájmu neměli brojit proti možnosti zařízení na energetické využití odpadů a zajištění si levnější varianty vytápění než v případě nerealizace ZEVO. Dalším kladem ZEVO je malá závislost na zemním plynu, který v poslední době výrazně přispěl ke zvyšování ceny tepla.

10.5.1 Varianta 1

Vývoj ceny tepla je patrný z předešlého grafu. První navrhovaná varianta sice nepřináší tak dobré výsledky jako varianta 2, ale je možné uvažovat i o tomto způsobu řešení a nebrat tento návrh jako špatný způsob realizace. Perspektivu dostává tento záměr v okamžiku, že by dříve avizované množství spalitelných odpadů 50 kt.rok⁻¹ nebylo možné zajistit (např. některá ze skládek v okolí by nebyla spolupráci plně nakloněna). Roční nároky na spalitelné odpady této varianty činí 39 kt.rok⁻¹. V tomto případě cena pro koncové zákazníky v roce plného provozu zdroje (2028) činí 977 Kč.GJ⁻¹ bez DPH. Lze očekávat, že oproti dnešku dojde k nárůstu ceny o cca 80 Kč, což představuje pouze 8,4 %.

Vývoj CF společnosti se nachází mezitím v kladných číslech a nic nenasvědčuje tomu, že by po ekonomické stránce teplárna nebyla schopna dále fungovat. Výsledný roční zisk je v černých číslech, tudíž lze očekávat spokojenost na straně akcionářů. Vývoj ekonomických ukazatelů v jednotlivých letech je patrný v následujícím grafu.



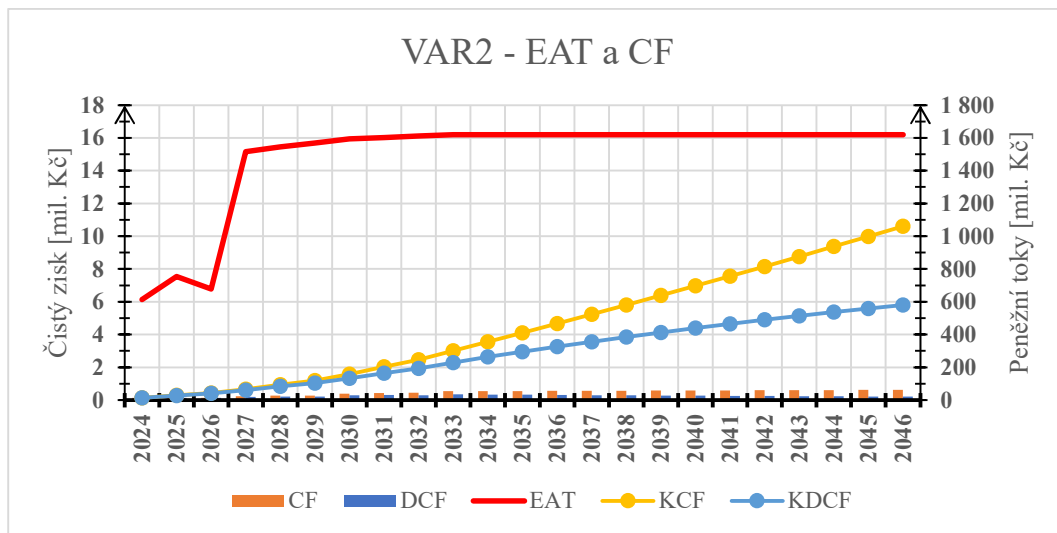
Obrázek 10.4 VAR1 - vývoj EAT a CF TPI

10.5.2 Varianta 2

Varianta 2 předpokládá dosažení nižší koncové ceny pro odběratele tepla z TPI. Už samotná cena tepla na výstupu ze ZEVO dosahuje nižší hodnoty. Další snížení ceny plyne z menšího využití zemního plynu (podíl na konečných dodávkách je o cca 10 % nižší než u VAR1). Cena tepla pro odběratele činí 903 Kč.GJ⁻¹ bez DPH. Oproti dnešní ceně je předpokládán nárůst ceny tepla o pouhé 2 Kč, což znamená nárůst ceny o 1 %.

Vše nasvědčuje tomu, že snížení ceny tepla nebude v budoucnu reálné. Potenciál na další snížení ceny tepla z TPI vyplývá z fungování ZEVO, které pravděpodobně nebude schopno snížit svou výstupní cenu pod 345 Kč.GJ⁻¹. Bližší prozkoumání možností změny ceny je v kapitole citlivostních analýz.

Nic nenasvědčuje tomu, že by písecká teplárna po odstavení hnědouhelného kotle a zapojení ZEVO do zdrojové základny nebyla schopna po ekonomické stránce dále fungovat. Oblast zisků se nachází po celé zkoumané období v černých číslech. Čistá současná hodnota TPI činí 583 mil. Kč. Vývoj čistého zisku a peněžních toků je zobrazen v následujícím grafu.



Obrázek 10.5 VAR2 – vývoj EAT a CF TPI

10.5.3 Varianta 3

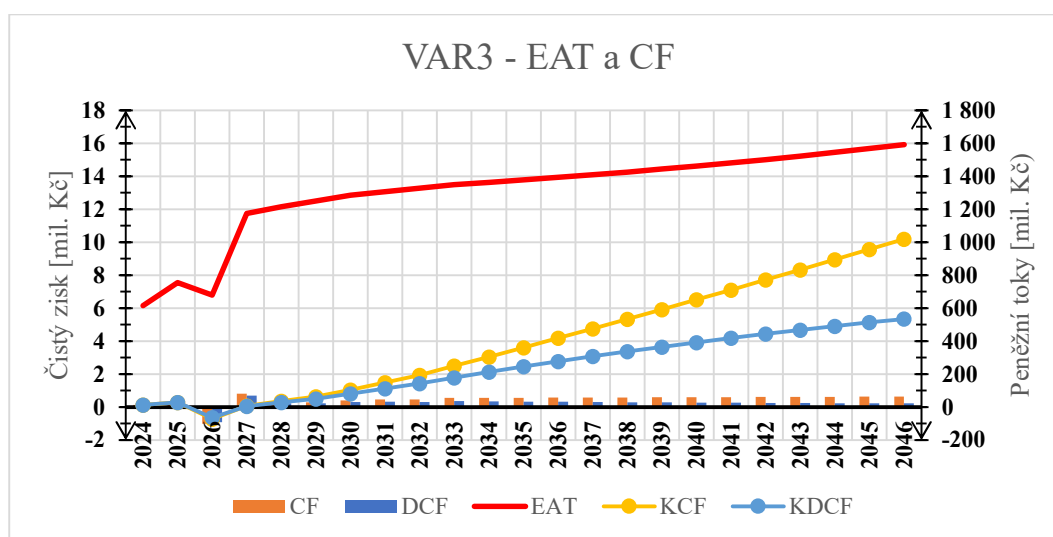
Poslední varianta neuvažuje zakomponování nového typu paliva do základny TPI. Předpokládá plné nahrazení chybějící výroby plynovým zdrojem. V této situaci dochází k největšímu nárůstu ceny tepelné energie pro koncové zákazníky. Cena po

EKONOMICKÝ MODEL TEPLÁRNY PÍSEK

plném nahrazení kogeneračními jednotkami by dle předpokladů cena tepla narostla na 1 051Kč.GJ⁻¹ (při ceně komodity ZP cca 50 €.MWh⁻¹). V porovnání s dnešní cenou tepla v lokalitě Písku je tato cena vyšší o 150 Kč, resp. cenový skok je o 17 %. Tento nárůst je v porovnání s ostatními variantami značný. Dalším negativem je výrazný nárůst závislosti teplárny na jednom druhu paliva.

Investice do kogeneračních jednotek se může pohybovat na úrovni 210 mil. Kč. V globálním porovnání s variantami ZEVO je investiční náročnost výrazně nižší (cca o 85 %). Předpokladem je, že tuto investici je písecká teplárna schopna realizovat sama (na rozdíl od ZEVO). Výše uvedená cena zahrnuje i poskytnutou dotaci ve výši 30 %. Na celou realizaci je uvažováno, že teplárna bude úvěrovat 50 % celkové investice.

Čistá současná hodnota TPI za sledované období do roku 2046 činí 560 mil. Kč při 5% diskontní míře. Dosahované hodnoty čistého zisku jsou kladné. Peněžní toky jednotlivých let nejsou záporné, kromě roku investice do kogeneračních jednotek. Peněžní toky jednotlivých let a dosahované zisky jsou v následujícím grafu.



Obrázek 10.6 VAR3 – vývoj EAT a CF TPI

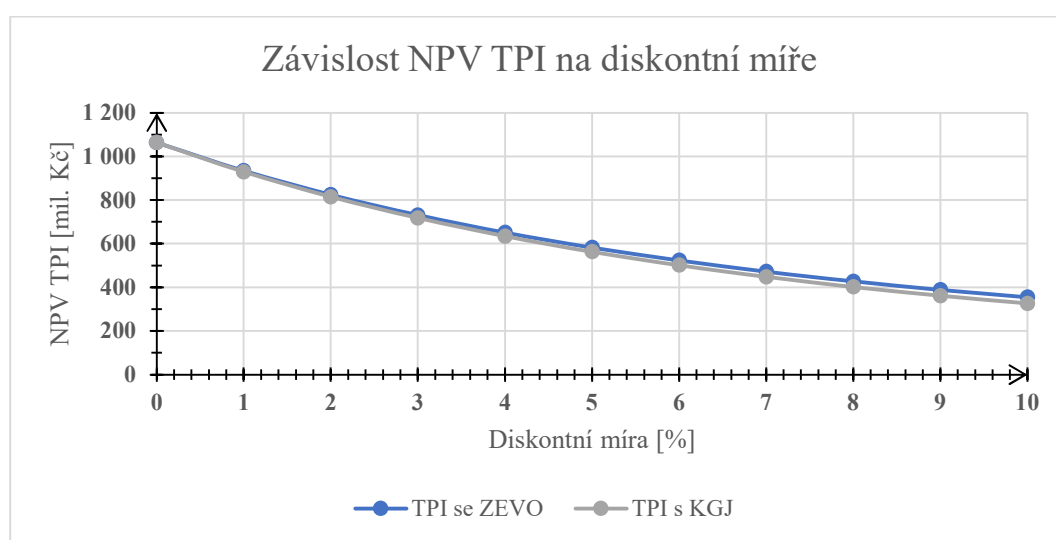
10.6 Citlivostní analýza ekonomického modelu teplárny

Již z porovnání výsledků jednotlivých variant vyplývají některé nutné citlivostní analýzy. Pro varianty se zpracováním odpadů je důležité zjistit vliv měnící se ceny tepla ze ZEVO na TPI. Pro teplárnu je podstatné, jaký vliv mají vstupní ceny jednotlivých paliv. Především pro poslední variantu řešení bude velmi zajímavým

vstupním parametrem cena zemního plynu. Mimo jiné je provedena citlivostní analýza ceny tepla v závislosti na podílu biomasy na celkových dodávkách. Všechny citlivostní analýzy na cenu tepla jsou prováděny k roku 2028, kdy je předpokládán potenciální plný provoz všech variant.

10.6.1 Vliv diskontní míry na NPV

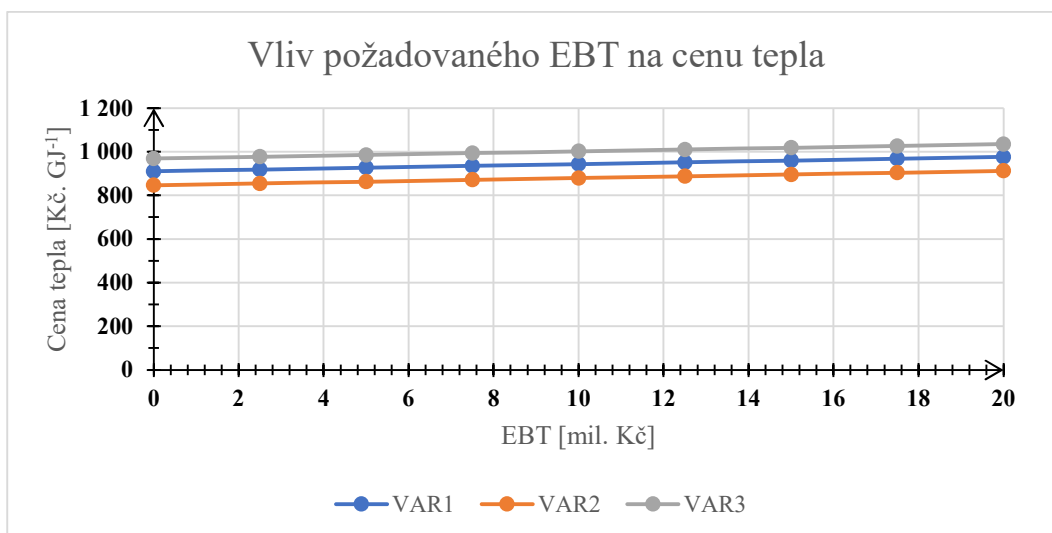
Čistá současná hodnota má vliv na konečné rozhodnutí, zda realizovat zkoumanou investiční akci. Závislost čisté současné hodnoty je klesající s rostoucím diskontem. Je dosahováno lepších hodnot se ZEVO, protože vstupní investice není uvažována na straně teplárny. V případě NPV teplárny je možné zjištěnou hodnotu připodobnit k očekávané ceně teplárenského komplexu.



Obrázek 10.7 Vliv diskontní míry na čistou současnou hodnotu

10.6.2 Vliv velikosti požadovaného zisku na cenu tepla

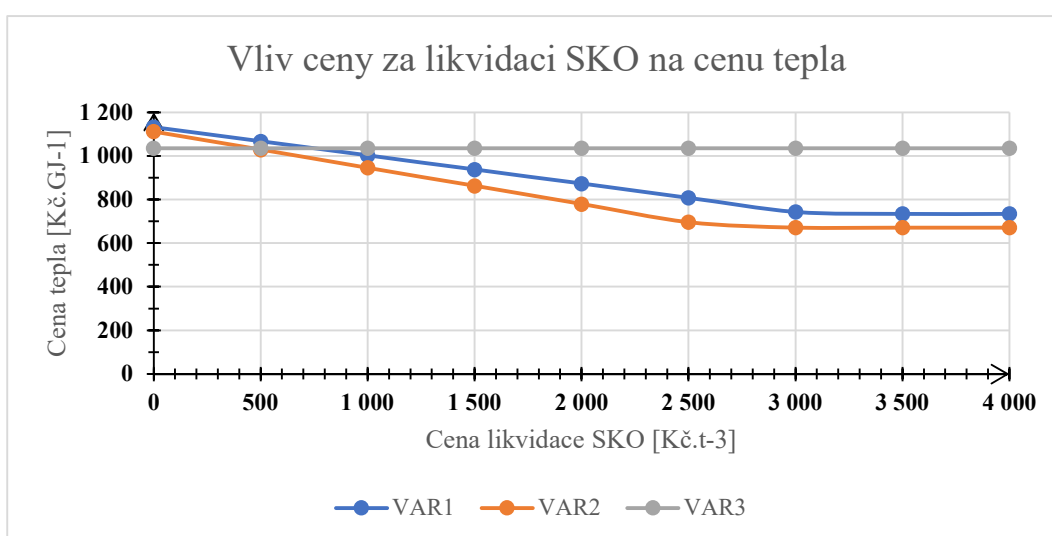
Požadovaný zisk, který splňuje příslušnou regulaci, nehraje ve výsledné ceně tepla hlavní roli. Od teplárny ročně odeberou zákazníci cca 300 tis. GJ tepla. To znamená, že zvýšení ceny o 1 Kč na jednotku tepla znamená zvýšení tržeb o cca 300 tis. Kč. Pokud bychom chtěli celý maximální zisk poskládat pouze ze zvýšení ceny tepla nad kalkulovanou cenu, pak je tato cena zvýšena o 67 Kč.GJ⁻¹. Přiměřený zisk do této hodnoty je na straně zákazníků snesitelný (v porovnání vlivu cen paliv a ostatních vstupů). Toto je vidět v následujícím grafu. Vzhledem k relativně malé citlivosti přiměřeného zisku na cenu tepla a splnění věcně usměrněné ceny není nutné tuto část dále zkoumat.



Obrázek 10.8 Vliv požadovaného EBT na cenu tepla

10.6.3 Vliv ceny likvidace SKO na cenu tepla z TPI

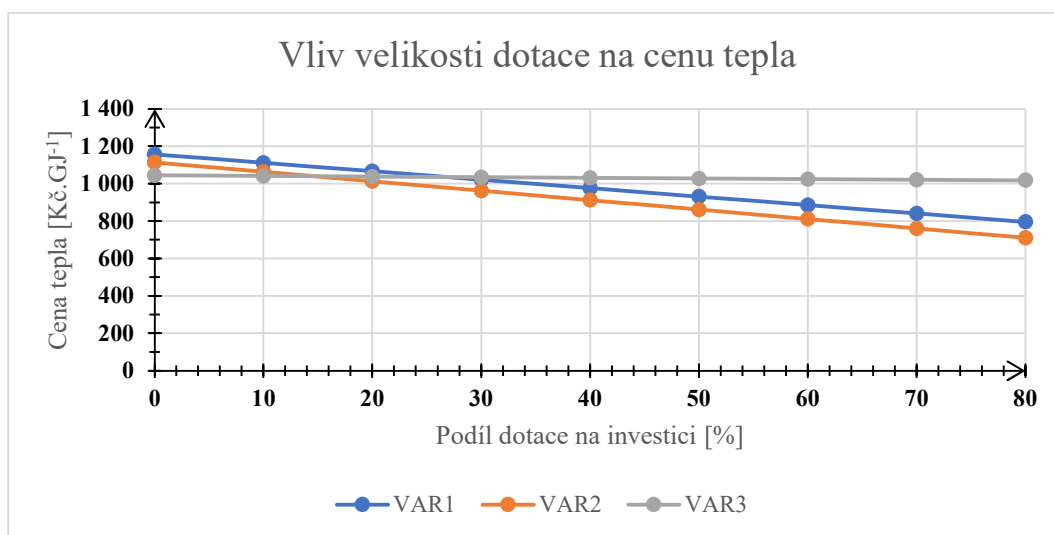
Výstupní cena tepla ze ZEVO je velmi závislá na vstupní ceně likvidace SKO. Z grafu citlivostní analýzy v obrázku 9.11 vyplývá, že teoreticky může nastat případ, kdy cena odebraného tepla ze ZEVO je nulová. Pro obě varianty byla hraniční hodnota cca 3 tis. Kč.t⁻¹ likvidovaného odpadu, kdy by výstupní cena tepla již byla nulová. Z následujícího grafu je patrné, že s rostoucí cenou likvidace odpadů klesá cena tepla pro koncové zákazníky TPI. Dle analýzy má tento vstupní parametr vážný vliv na konečnou cenu teplárny. V každém případě lze očekávat, že poplatek za likvidaci odpadů pro místní obyvatele v budoucnu vzroste. Pokles ceny za likvidaci odpadů se zdá po všech stránkách nereálný.



Obrázek 10.9 Vliv ceny za likvidaci odpadů v ZEVO na cenu tepla

10.6.4 Vliv velikosti dotace na cenu tepla

Dotace hraje v každém variantě svou roli. Není vyloučeno, že konečná dotovaná částka může vzrůst, nebo klesnout. Investiční dotace hraje podstatnou roli pro varianty uvažující vznik ZEVO. Investice na vybudování kogeneračních jednotek je v celku malá v porovnání s provozem energetického využití odpadů. Poměr mezi těmito investicemi je až 10násobný.

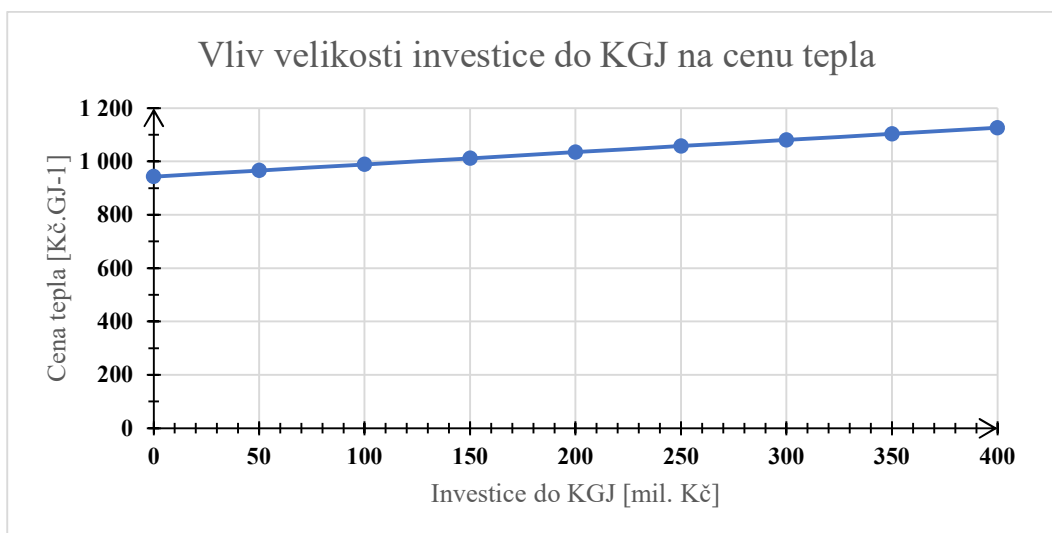


Obrázek 10.10 Vliv velikosti dotace na cenu tepla

Neposkytnutí investiční dotace na zřízení KGJ nemá zásadní vliv na konečnou cenu tepla. Podstatný vliv je jasně zřejmý na ZEVO, kde dotace může podstatným způsobem zasáhnout do velikosti odpisů, jež se propisují do konečné ceny tepla pro teplárnu. Pokud by nemělo dojít k nárůstu ceny tepla z teplárny, pak by poskytnutá dotace na ZEVO ve VAR2 měla být alespoň 40 %.

10.6.5 Vliv velikosti investice VAR3 na cenu tepla

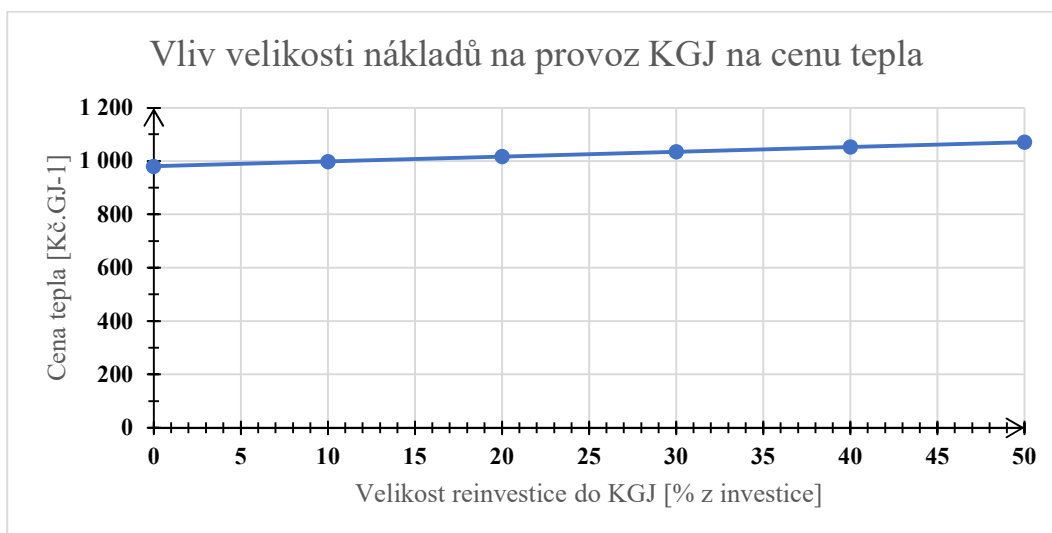
Investice do kogeneračních jednotek je v porovnání se ZEVO malá. Konečný vliv na cenu tepla z TPI nelze plně přisuzovat výši investice. Stále se více než odpisy zařízení do konečné ceny tepla propisuje cena paliva a údržby. Vzhledem k méně významné citlivosti ceny tepla na vstupní investici do ZEVO není nutné tento parametr dále více zkoumat.



Obrázek 10.11 Vliv velikosti investice do KGJ na cenu tepla

10.6.6 Vliv nákladů na údržbu kogeneračních jednotek na cenu tepla

Předpokládané náklady na provoz kogenerace odpovídají dle předpokladů 30 % vstupní investice v každých 4 letech. Velikost nákladů na potřebnou obnovu částí KGJ nemá zásadní vliv na konečnou cenu tepla. Vše nasvědčuje tomu, že dominantní vliv na konečnou cenu tepla bude mít samotná komodita zemního plynu a s tím související platby.

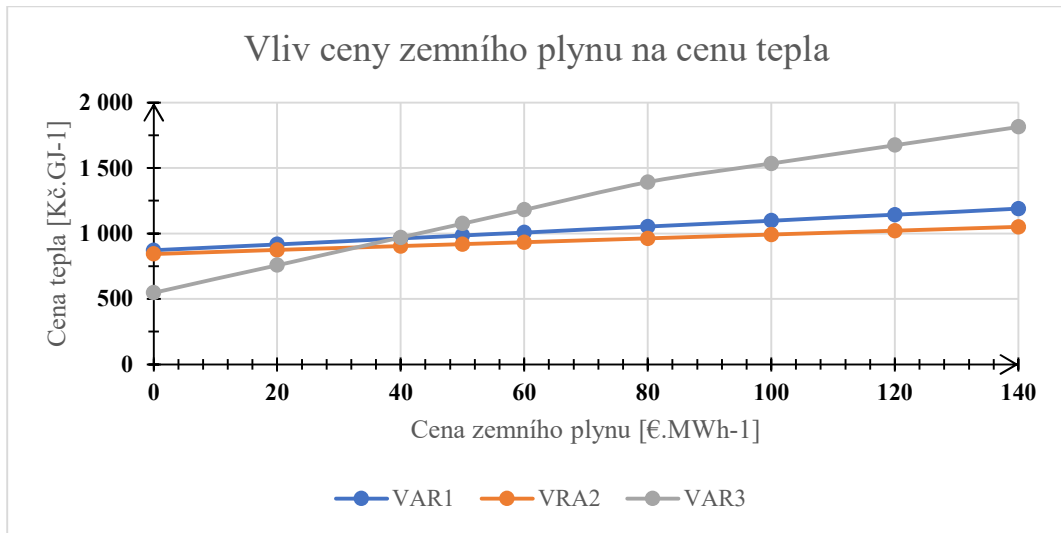


Obrázek 10.12 Vliv velikosti reinvestice do KGJ na cenu tepla

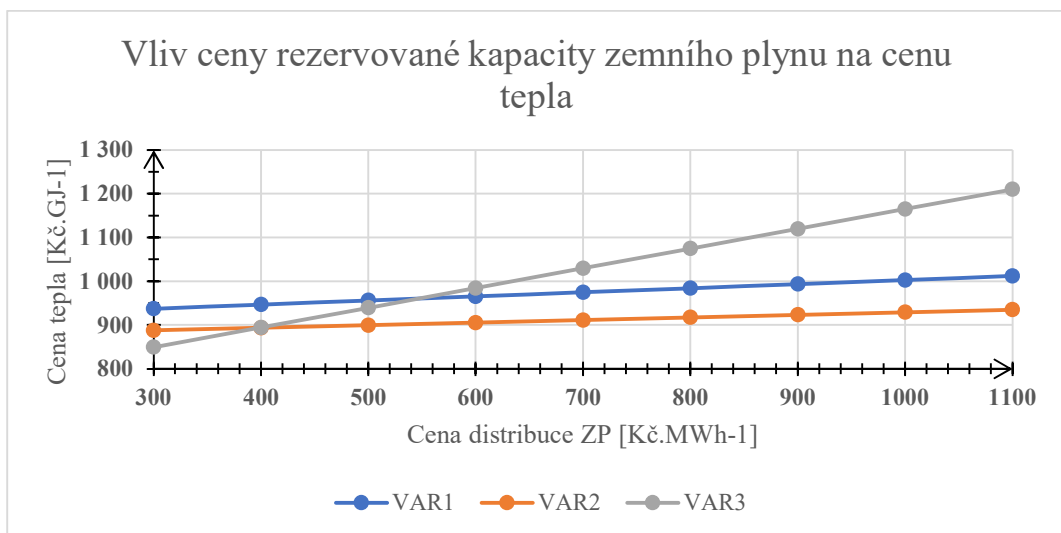
10.6.7 Vliv ceny zemního plynu na cenu tepla

Již z podstaty koncepce jednotlivých variant řešení situace písecké teplárny je patrné, že některá řešení budou více citlivá na změny ceny zemního plynu (vč. ceny za

distribuci plynu). První z grafů ukazuje vliv změny ceny tepla v závislosti na ceně komodity. Uváděná cena komodity je v Eurech s přepočtovým kurzem 23,42 Kč.€⁻¹.



Obrázek 10.13 Vliv ceny zemního plynu na cenu tepla



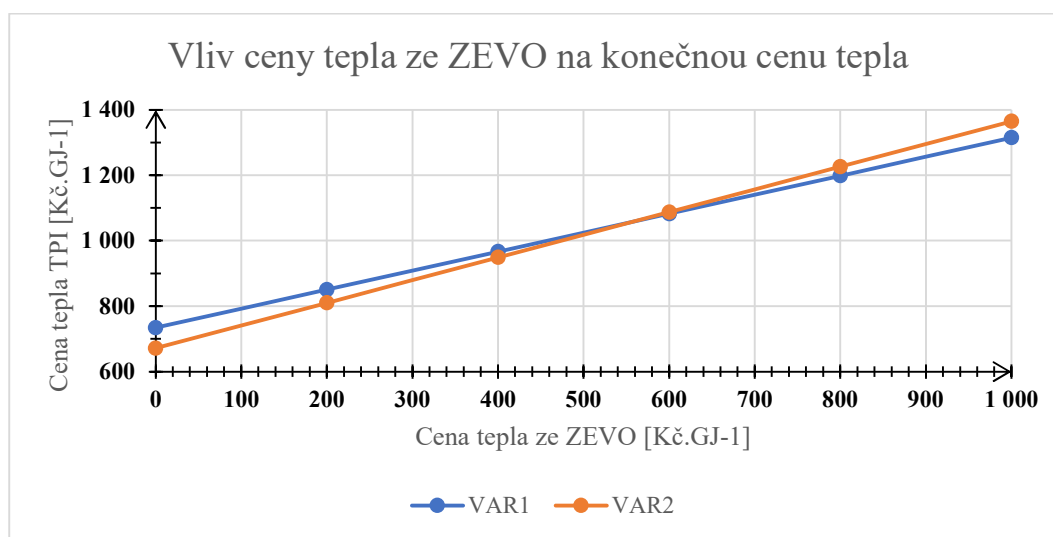
Obrázek 10.14 Vliv ceny za rezervovanou kapacitu zemního plynu na cenu tepla

Největší vliv změny ceny zemního plynu je u třetí varianty, která předpokládá využití zemního plynu jako paliva pro 75 % vyrobeného tepla. Cena zemního plynu též ovlivňuje cenu ZEVO, ale zde se jedná pouze jednotky Kč, protože se zemní plyn je pouze podpůrné palivo pro započítání procesu spalování odpadů. Spotřeba je nízká, a proto je vliv na konečnou cenu malý. Využití plynové kogenerace by mělo jasné klady, pokud by bylo možné předpokládat, že cena zemního plynu se bude dlouhodobě pohybovat pod 40 €/MWh⁻¹. Této situaci bohužel nic nenavádí. Velikost ceny za distribuci plynu také hraje svou roli ve výsledné ceně tepla. U této položky rovněž

nelze předpokládat, že by mohlo dojít k výraznému poklesu. Zatím vše ukazuje na velkou nejistotu ve využití zemního plynu pro výrobu tepla v teplárně Písek.

10.6.8 Vliv výstupní ceny tepla ze ZEVO na cenu tepla teplárny

S rostoucí cenou tepla ze ZEVO roste cena tepla TPI. Ceny tepla ze ZEVO plynoucí z návrhů v mé diplomové práci se pohybují na úrovni 400 Kč.GJ⁻¹. Při zvyšování ceny tepla z odpadů dochází k rozdílnému růstu ceny tepla z TPI. Rozdílný přírůstek pramení z velikosti ZEVO, kdy VAR1 má menší podíl na konečných dodávkách tepla do písecké soustavy. Zlomovým bodem je cena ze ZEVO 600 Kč. GJ⁻¹. Po překročení této hodnoty, je již výhodnější vyrábět teplo ze zemního plynu (za předpokladu ceny ZP cca 50 €.MWh⁻¹).



Obrázek 10.15 Vliv ceny tepla ze ZEVO na cenu tepla TPI

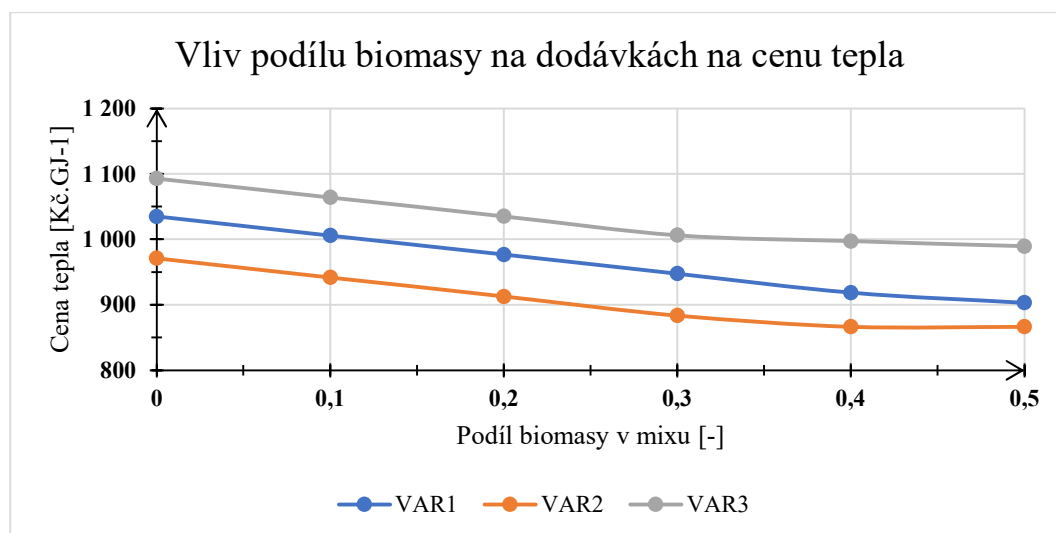
Je zajímavé, že i v případě poklesu ceny tepla ze ZEVO na hodnotu 0 (tedy teplo z odpadů by nebylo předáváno teplárně za úplatu) by neznamenal nulovou cenu pro zákazníky teplárny. Zjištění je celkem logické. Teplárna dále využívá i jiných paliv, musí zajišťovat chod soustavy apod., což si žádá další vynaložené náklady. Graf ještě potvrzuje, že pokles ceny pro odběratele pod 600 Kč.GJ⁻¹ (cena roku 2020) pravděpodobně nenastane.

10.6.9 Vliv podílu biomasy v mixu na cenu tepla

Biomasa se v přepočtu jeví jako jedno z potenciálně levnějších paliv (vzhledem k variantám). Současné zastoupení na energetickém mixu je 20 %. V rámci DP nebylo

předpokládáno, že dojde k nárůstu spotřebované biomasy. Množství biomasy má na konečnou cenu tepla pozitivní vliv.

Zploštění křivek na úrovni 0,4 až 0,5 odpovídá stavu, kdy jsou dodávky tepla pokrývány ze ZEVO a biomasy, tzn. více tepla již není potřeba vyrobit, a tudíž podíl biomasy již dále nemůže růst. Biomasa, pokud nedojde k dalšímu výraznému zdražení, bude přispívat ke snižování ceny tepla.



Obrázek 10.16 Vliv podílu biomasy v mixu na cenu tepla

10.7 Shrnutí výstupů ekonomického modelu teplárny

Vše nasvědčuje tomu, že cena tepla pro koncové odběratele z teplárny vzroste. Druhá navrhovaná varianta řešení plně využívá potenciál dostupných odpadů v okolí Písku. Zpracovatelská kapacita ZEVO 50 kt.rok⁻¹ by měla vyřešit problém likvidace odpadů v okruhu 30 km od teplárny. Pozitivním efektem je, že nárůst ceny tepla by mohl být pouze v jednotkách Kč.GJ⁻¹. Cena tepla z teplárny v nejlepší variantě může být na úrovni 913 Kč.GJ⁻¹.

Velikost investiční dotace na ZEVO má podstatný vliv na konečnou cenu tepla. Dotace snižuje velikost odpisů ve spalovně, což nutně znamená nižší cenu, za níž nakupuje teplo teplárna. V případě využití kogeneračních jednotek není velikost dotace významným parametrem pro konečnou cenu tepla. Poskytnutá dotace na kogenerační jednotku znamená pouze rozdíl v řádu korun.

EKONOMICKÝ MODEL TEPLÁRNY PÍSEK

S dotací		VAR1	VAR2	VAR3
NPV	tis. Kč	580 545	580 545	534 997
Cena tepla s novým zdrojem	Kč.GJ⁻¹	974	910	1 048
Současná cen	Kč.GJ ⁻¹	901	901	901
Nárůst ceny	Kč.GJ ⁻¹	73	9	147
Nárůst ceny	%	8,07	0,96	16,36
Bez dotace		VAR1	VAR2	VAR3
NPV	tis. Kč	580 545	580 545	519 170
Cena tepla s novým zdrojem	Kč.GJ⁻¹	1 102	1 053	1 059
Současná cen	Kč.GJ ⁻¹	901	901	901
Nárůst ceny	Kč.GJ ⁻¹	201	152	158
Nárůst ceny	%	22,30	16,84	17,49

Tabulka 10.4 Shrnutí výstupů ekonomického modelu teplárny

Potenciál na snížení ceny tepla při realizaci ZEVO je ve stanovení ceny za likvidaci SKO. Ta hraje dominantní roli ve výsledné ceně tepla. Zvýšení ceny za likvidaci odpadů na více než 1 200 Kč.t⁻¹ je velmi pravděpodobné a lze očekávat, že tím dojde k poklesu ceny tepla. Velkým úskalím ceny likvidace s sebou může přinést negativní efekt ze strany občanů. Již dnes je patrné, že ekonomický užitek ze ZEVO Písek budou požívat pouze občané města Písek. Když by se vytratí ekonomický užitek u poplatníků mimo město v podobě nižších vybíraných poplatků za likvidaci odpadů, lze očekávat, že odpor k ZEVO vzroste.

Třetí varianta je nejvíce závislá na cenách zemního plynu. Ta za současné situace a výhledů se jeví být nejdražší možností. Pokud nedojde k výstavbě ZEVO, pak současná situace není téměř jinak řešitelná. Potenciál na snížení ceny tepla z kogeneračních jednotek je, ale předpoklad výrazného poklesu ceny zemního plynu není za pravděpodobný.

Potenciál na snížení ceny tepla se může nacházet ve větším využití biomasy. Ta se v přepočtu současných cen jeví jako nejlevnější druh paliva. Navíc je na tuto výrobu poskytována podpora.

11 Závěr

V diplomové práci se věnuji možnostem transformace teplárenství se zaměřením na energetické využití komunálních odpadů. Teplárenství je podstatnou součástí energetických soustav nejenom u nás. V České republice zajišťují teplo pro domácnosti teplárny ze 40 %. Obor je postaven před nové výzvy, které musí zvládnout, pokud nemá zaniknout.

Úvodem práce jsem se věnoval aktuálnímu stavu teplárenství v Čechách. Považoval jsem za podstatné zaměřit se na platnou a připravovanou legislativu týkající se oboru. Čtenáře jsem seznámil se současnými výzvami, které dodávky tepla z centrálních zdrojů sužují. Jsou to otázky dostupnosti paliv, drobnohledu v oblasti vlivu na životní prostředí nebo konkurenční způsoby dodávek tepla.

Množství odpadů, které jako společnost produkujeme i přes všechny snahy meziročně roste. Dominantním způsobem likvidace komunálních odpadů u nás je skládkování. Tímto způsobem je mařena energie uložená v odpadech. Negativní vliv skládek na životní prostředí je dlouhodobě známou věcí. Budoucí legislativní cíle zakazují skládkovat odpady, které mají potenciál být dále energeticky využity. Zákon o odpadech stanovuje minimální hranici výhřevnosti odpadů na $6,5 \text{ GJ.t}^{-1}$, které po roce 2030 nebudou moci být skládkovány. Jiným způsobem likvidace těchto odpadů může být jejich energetické využití. Dalším přínosem tohoto procesu je úspora primárních energetických zdrojů.

V návaznosti na předešlé kapitoly, uvádějící čtenáře do obecných informací o jednotlivých odvětvích, se blíže věnuji způsobům energetického využití odpadů. V praxi jsou odzkoušené 3 možnosti zpracování. Jsou to pyrolytická likvidace, plazmatické zplyňování a spalování odpadů. Poslední jmenovaná možnost je celosvětově nejvíce rozšířená a oproti ostatním způsobům ekonomicky provozovatelná. Pouze v České republice se nacházejí 4 spalovny komunálních odpadů s energetickým využitím (ZEVO). V rámci kapitoly jsem provedl menší úvahu, jak moc by se odpady mohly podílet na celkových dodávkách tepla. Trochu smutným zjištěním bylo, že při průměrné výhřevnosti 10 GJ.t^{-1} by podíl na celkových dodávkách tepla byl cca 16 %. Není to mnoho, ale potenciál na větší využití se potvrdil.

ZÁVĚR

V dalších kapitolách se již věnuji písecké teplárně, která aktuálně řeší otázku náhrady hnědouhelného kotle, který je dominantním zdrojem teplárny. Město Písek se zamýšlí nad otázkou vyřešení zákazu skládkování odpadů na jejich území. Jednou z možností náhrady starého kotle je využití odpadů. V současnosti zde probíhají diskuse o podobě ZEVO a o spolupráci celku s teplárnou. Má diplomová práce přináší odpovědi na možnosti výstavby ZEVO ve městě Písek s vlivem na cenu tepla pro koncové zákazníky místní teplárny. V případě, že by nebylo ZEVO realizováno, navrhuji alternativní řešení a shrnuji z toho plynoucí následky.

Teplárna Písek provozuje svůj poslední hnědouhelný kotel od počátku provozu v 80. letech minulého století. Po jeho odstavení dojde k poklesu výkonu zdrojů celé soustavy o 18 MWt. Dle současných nároků na příkon soustavy je nutné nahradit alespoň 11 MWt. Po doplnění novým zdrojem může teplárna dostát všem svým závazkům. Navyšování výkonu teplárny není v současné době nutné, protože nic nenasvědčuje zvýšení poptávky po teple v lokalitě. Naopak předpokládám meziroční pokles spotřeby tepla o 0,25 %.

V práci jsem definoval 3 návrhové varianty řešení. První varianta ZEVO odpovídá svým výkonem 11 MWt. Tomuto výkonu odpovídá ZEVO s roční zpracovatelskou kapacitou 39 kt. Druhá varianta návrhu zkoumá aktuálně zvažovanou velikost ZEVO s kapacitou až 50 kt.rok⁻¹, což je maximální dostupné množství odpadů v 30km okruhu od města Písek. Třetí, a poslední, varianta zkoumá řešení dodávek tepla bez energetického využití odpadů. Jako nový zdroj navrhuji kogenerační jednotky na zemní plyn. Toto palivo je v písecké lokalitě jedinou alternativou k odpadům. Rokem, kdy by mohlo dojít ke spuštění nových zdrojů je rok 2027.

V rámci technického modelu jsem prozkoumal technické možnosti současných a navrhovaných zdrojů. Po stránce diverzifikace paliv jsou jednoznačně ve výhodě první dvě varianty, kde písečtí nebudou většinou závislí pouze na jednom druhu paliva. Odpady nebudou schopny plně nahradit současné dodávky tepla z hnědého uhlí. Zbývající množství tepla předpokládám vyrobit ze zemního plynu. Nárůst spotřeby plynu by tak byl jen v jednotkách procent.

Ekonomický model jsem nejprve sestavil pouze pro ZEVO, které bude muset vzniknout mimo společnost Teplárna Písek. a. s. Jako hlavní vstupní předpoklad jsem

přijal cenu za likvidaci odpadů na úrovni 1 200 Kč.t⁻¹. Cena je obdobná i v ostatních ZEVO v České republice a zároveň je tato cena nižší než budoucí poplatek za skládkování. Vycházel jsem z myšlenky, že ZEVO by mělo být pro poplatníky ekonomicky motivační. Tedy cena za spálení odpadů nemá převyšovat hodnotu poplatku za uložení na skládku. Podstatné bylo si uvědomit, že poplatek za likvidaci odpadů musí platit všichni v lokalitě bez ohledu na to, zda nějaké teplo ze ZEVO mohou odebrat. Přitom cena za likvidaci je jedním z příjmů (záporných nákladů) ZEVO a má tak přímý vliv na cenu tepla ze ZEVO i na cenu tepla v celém městě Písek.

ZEVO lze zařadit mezi veřejné projekty mající za cíl vyřešit konkrétní veřejnou potřebu jako je likvidace odpadů. Z tohoto důvodu je předpokládáno, že ZEVO bude vykazovat minimální zisk. Stanovil jsem jej pro jednotlivé roky na hodnotu 500 tis. Kč. V přepočtu na jednotku tepla to znamená zvýšení ceny o cca 2 Kč.GJ⁻¹. Dalším důležitým předpokladem je, že dle aktuální dotační výzvy by bylo možné čerpat na ZEVO investiční dotaci, která v konečném důsledku sníží cenu tepla. Velikost uvažované dotace jsem stanovil na 40 % investice, která se blíží 2 mld. Kč. Pokles dotačního titulu o 10 % znamená nárůst ceny tepla ze ZEVO o cca 50 Kč.GJ⁻¹.

Druhá návrhová varianta dosahuje minimální ceny tepla 347 Kč.GJ⁻¹. Hodnota NPV při 5% diskontní míře dosahuje hodnoty -173 mil. Kč (bez dotace -383 mil. Kč). V případě, že by dotace nebyla poskytnuta, cena by činila 554 Kč.GJ⁻¹. Ke snížení ceny tepla nemůže dojít, pokud nedojde ke zvýšení dotačního titulu nebo ceny za likvidaci SKO.

První návrhová varianta přináší horší výsledky, resp. vyšší cenu tepla ze ZEVO. Za stejných předpokladů a zpracovatelské kapacity 39 kt.rok⁻¹ jsem došel k závěru, že cena tepla ze ZEVO bude činit 417 Kč.GJ⁻¹ (s dotací) a 638 Kč.GJ⁻¹ (bez dotace). Čistá současná hodnota při vstupní investici 1,6 mld. Kč činí -157 (resp. -346) mil. Kč

Ani jedna varianta ZEVO nedosahuje kladných hodnot NPV a neměly by být doporučeny k realizaci. Potenciál, jak toto doporučení změnit, je ve snížení diskontní míry pod 0,5 % nebo zvýšení předpokládaného zisku ZEVO v jednotlivých letech, což znamená zvýšení ceny tepla.

ZÁVĚR

V pořadí druhý ekonomický model se věnuje ekonomice provozu teplárny Písek. Namodeloval jsem předpokládané fungování teplárny od roku 2024 do roku 2046. V průběhu roku 2027 předpokládám, že dojde k uvedení nového zdroje tepla do provozu. Od roku spuštění jsem zvolil horizont hodnocení 20 let, po které je obvykle ZEVO schopno pracovat bez významné rekonstrukce.

Z tohoto modelu vyplývají 3 různé scénáře vývoje ceny tepla. Jako nejlepší variantou se jeví výstavba ZEVO o zpracovatelské kapacitě 50 kt.rok⁻¹, což je maximální dostupné množství spalitelných odpadů v oblasti. V tomto případě by cena tepla se 40% dotačním titulem mohla vzrůst pouze o 12 Kč na hodnotu 913 Kč.GJ⁻¹. Do roku 2021 se cena tepla z teplárny pohybovala lehce nad 600 Kč.GJ⁻¹ a do té doby rostla velmi malým tempem. První skok byl v roce 2022 o 100 Kč.GJ⁻¹ následovaný nárůstem ceny v letošním roce o 200 Kč.GJ⁻¹. Z modelu vyplývá, že zvýšení ceny tepla v posledních letech je značné a nic nenasvědčuje tomu, že by cena tepla mohla s novým zdrojem klesnout.

Dalším řešením v pořadí je využití ZEVO podle návrhu VAR1. Zde vyplývá, že cena po plném spuštění ZEVO bude činit 977 Kč.GJ⁻¹. I zde se jedná o zvýšení ceny tepla – v porovnání současné ceny i ceny před nedávnou dobou. Potenciál minimalizace cenového skoku, nebo i drobné snížení ceny pod 900 Kč.GJ⁻¹, může nastat, pokud by byl výrazně zvýšen poplatek za likvidaci odpadů nebo by došlo k výraznému navýšení dotačního titulu.

Již dnes ale vystupují hlasy, že z rostoucího poplatku za likvidaci komunálních odpadů budou mít užitek pouze lidé odebírající teplo z písecké teplárny. Přitom poplatek za likvidaci musejí hradit všichni obyvatelé regionu, tedy okresů Strakonice a Písek. Ekonomický užitek z nárůstu ceny za likvidaci odpadů by požívala jenom minoritní skupina obyvatel města Písek.

Poslední varianta je alternativou k využívání odpadů. Zabýval jsem se využitím kogeneračních jednotek ke kombinované výrobě tepla a elektřiny ze zemního plynu. Sázka na tuto komoditu je nejistá. Pro výpočtovou cenu tepla v roce spuštění jsem vycházel z optimistického předpokladu, že by mohlo dojít k ustálení ceny plynu kolem 50 €.MWh⁻¹. Při této ceně by výstupní cena tepla byla 1 051 Kč.GJ⁻¹ a jednalo by se o variantu řešení s největším nárůstem ceny tepla. Určitým pozitivním zjištěním je, že

pokud by nebyla na pořízení kogeneračních jednotek čerpána dotace, cena tepla by výrazněji nerostla (pouze v řádu jednotek procent).

Ve světle posledních období, kdy cena zemního plynu přesáhla nejeden rekord, jsem provedl citlivostní analýzu na cenu komodity. Nejvíce závislou variantou na ceně zemního plynu je právě výroba tepla v kogeneračních jednotkách. Kdyby cena zemního plynu opět vystoupala k cenám nad $100 \text{ €} \cdot \text{MWh}^{-1}$, pak by cena tepla pro zákazníky atakovala hodnotu $2\,000 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$

Jedním z bodů zadání bylo ověření pravdivosti studie proveditelnosti již připravovaného ZEVO Písek, kde autoři uváděli minimální cenu tepla ze ZEVO $243 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$. Výstupy mého modelu ukazují na minimální cenu $345 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$ při stejné velikosti ZEVO jako ve studii. Z tohoto důvodu nemohu potvrdit, že uváděné ekonomické výstupy podkladové studie proveditelnosti ZEVO Písek (viz seznam doporučené literatury) mohou být reálné.

Závěrem si dovoluji shrnout, že by energetické využití odpadů mělo být občany podpořeno, protože benefity pro ně převažují nad negativy. Konkrétně v situaci lokality Písek se jedná o zdroj se stabilními dodávkami tepla, které je možné dobře predikovat. Ekonomický přínos plyne pro každého obyvatele oblasti, protože přispívá ke snížení ceny tepla ve městě Písek a pro všechny občany Písecka a Strakonicka znamená spalování odpadů levnější variantu likvidace odpadů než jejich ukládání na skládku. Z toho pramení i určitá nezávislost města na vnějších vlivech. S využitím odpadů bude palivová základna teplárny diverzifikovaná, takže odběratelé nebudou odkázáni na jeden druh paliva, který není možné, v případě rostoucí ceny nebo nedostatku paliva, jiným způsobem nahradit. Ostatní alternativní řešení zvyšují závislost teplárny a odběratelů na třetích osobách dodávajících paliva. Není tedy důvod se bránit popsanému stabilnímu a cenově přijatelnému řešení dodávek tepla. Cílem práce měla být také odpověď na otázku, jak zajistit potřebu tepla a nutnost vytápění, a to s minimální cenou, v regionu města Písek. Spalování odpadů, namísto jejich skládkování, a nebo nákup zemního plynu, je ve všech ohledech levnější varianta. Odpor občanů k ZEVO se zcela prokazatelně (na ekonomických a technických datech) jeví být jako nedůvodný, nelogický a zbytečný.

12 Seznam použité literatury

- [1] API2 Rotterdam Coal Futures. ICE [online]. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.ice.com/products/243/API2-Rotterdam-Coal-Futures/data?marketId=5467849&span=1>
- [2] BREALEY, Richard A., Stewart C. MYERS a Franklin ALLEN. Principles of corporate finance. 8th. vyd. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2006. ISBN 0073130826
- [3] Ceník distribuce. *GasNet* [online]. [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.gasnet.cz/pro-obchodniky-a-odberatele/legislativa-a-ceniky/cenik-distribuce>
- [4] Ceník za příjem odpadu. SAKO Brno [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/stranka/cz/1642/cenik-za-prijem-odpadu-k-energetickemu-vyuziti-v-zevo-sako-2023/>
- [5] Cenové rozhodnutí č. 10/2022 - *Energetický regulační věstník* [online]. 12/2022. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2022 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-122022>
- [6] Cenové rozhodnutí č. 11/2022 - *Energetický regulační věstník* [online]. 13/2022. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2022 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-142022>
- [7] Cenové rozhodnutí č. 12/2022 - *Energetický regulační věstník* [online]. 14/2022. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2022 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-142022>
- [8] Cenové rozhodnutí č. 4/2021- *Energetický regulační věstník* [online]. 6/2021. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021 [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-6-2021>
- [9] Co je to ZEVO. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2022-10-26]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [10] Czech power futures 14. 4. 2023. European Energy Exchange AG [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.eex.com/en/market-data/power/futures#%7B%22snippetpicker%22%3A%2219%22%7D>
- [11] ČECH, Martin. Technicko-ekonomické modely spaloven komunálního odpadu s využitím energie [online]. Brno, 2012 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/10059>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Martin Pavlas.
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA, Zákon č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů. In:

- Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-383>
- [13] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>
- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 1. 5. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#f7296759>
- [15] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 26. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- [16] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-261#f3812617>
- [17] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 26. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458#p76>
- [18] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 31. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1990-526#p6>
- [19] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 4. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [20] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 18. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586>
- [21] Český reaktor vyrábí plyn z odpadů. Produkce je bez emisí. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-cesky-reaktor-vyrabi-plyn-z-odpadu-produkce-je-bez-emisi-40415286>
- [22] Daň ze zemního plynu. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/plyn/dan-ze-zemniho-plynu>
- [23] Data Eurostat. Eurostat [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/main/data>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [24] Distribuční ceny plynu pro domácnosti a firmy. EG.D [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.egd.cz/cenik-sazeb-plynu>
- [25] Doporučení Uhelné komise o konci hnědého uhlí v roce 2038 projednala vláda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR* [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/doporuzeni-uhelne-komise-o-konci-hnedeho-uhli-v-roce-2038-projednala-vlada--261557>
- [26] Energetické využití odpadu - alternativa za fosilní paliva. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/energeticke-vyuziti-odpadu-alternativa-za-fosilni-paliva>
- [27] Energetické využití odpadů. SAKO Brno [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>
- [28] Energetické využití odpadů. *Enetiqa* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.mvv.cz/energeticke-vyuziti-odpadu-evo.html>
- [29] Energetické využití odpadů: Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství OPŽP 2021 – 2027. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 20.5.2020 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf)
- [30] HANUS, Jan a kol. *Studie proveditelnosti ZEVO Písek*. Brno: EVECO Brno, 2021, 91 s. Arch. č. D52100003Z01.
- [31] Historie města. *Město Písek* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/historie-mesta-pisek/ds-1027/p1=29503>
- [32] Historie pražské spalovny. Pražské služby [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/o-spalovne>
- [33] Informace o zařízeních pro tepelné zpracování odpadu za rok 2021. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/incinerators/index_CZ.html
- [34] JAK FUNGUJÍ SPALOVNY ODPADU A KDE JE V ČR NAJDETE?. *Siegl kontejnery* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://siegl.cz/blog/likvidace/jak-funguji-spalovny-odpadu-a-kde-je-v-cr-najdete>
- [35] Kde budou jihočeské spalovny odpadu? Začíná boj o budoucí byznys. *Jižní Čechy TED* [online]. [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.jcted.cz/69867-kde-budou-jihoceske-spalovny-odpadu-zacina-boj-o-budouci-byznys/?liveMode=1>

- [36] Knápek, J., Valentová, M., Krejcar, R., Vašíček, J., Vecka, J. 2021. Klimaticko-energetické investice v teplárenství 2014–2030. ČVUT v Praze. Dostupné z: <https://ekonom.fel.cvut.cz/cs/katedra/lide/valenmi7/cic2030/reports/ipp-teplarenstvi-report-final.pdf>
- [37] Kogenerační jednotky. TEDOM [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/>
- [38] Komunální odpady. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady
- [39] KÚ Písek, *Nahlížení do katastru nemovitostí ČÚZK* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberLV.aspx>
- [40] Kurzy devizového trhu. *Česká národní banka* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/devizovy-trh/kurzy-devizoveho-trhu/kurzy-devizoveho-trhu/>
- [41] Mapy ČÚZK, 2023. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [42] Míra inflace, růst spotřebitelských cen. Český statistický úřad [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny
- [43] MRÁZ, Ondřej. *Ekonomická efektivnost energetického využití odpadu*. Praha, 2020. Dostupné také z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/88233>. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce prof. Ing. Oldřich Starý, CSc.
- [44] *Nahlížení do katastru nemovitostí ČÚZK* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberLV.aspx>
- [45] Nejčastější otázky a odpovědi k EU ETS. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20231214_Nejcastejsi_otazky_a_odpovedi_k_EU_ETS
- [46] Odpady. *Městské služby Písek, s. r. o.* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.ms-pisek.cz/odpady>
- [47] *Odpady-Pisek.cz* [online]. [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.odpady-pisek.cz/>
- [48] Osobní konzultace se společností EG.D - <https://www.egd.cz/>
- [49] Osobní konzultace se společností TEDOM - <https://www.tedom.com/cs/>
- [50] Plán odpadového hospodářství města Strakonice, *Město Strakonice* [online]. 2016, s. 8 [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: https://www.strakonice.eu/sites/default/files/zivotni_situace/odbor_zivotniho_pr_ostredi/poh_strakonice.pdf

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [51] Plazmové zplyňování odpadů - princip a využití. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/plazmove-zplynovani-odpadu-princip-a-vyuziti>
- [52] Potenciál úspor energie při přechodu CZT pára-horká voda. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - efekt* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0209_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf
- [53] Princip technologie ZEVO. *Pražské služby* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>
- [54] Produkce a nakládání s odpady v roce 2021. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/\\$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2021-20221031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2021-20221031.pdf)
- [55] Produkce odpadů v ČR. *Česká spořitelna* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www_csas_cz/Dokumenty-korporat/Dokumenty/Analytici/produkce_odpadu_v%20%C4%8CR_2019.pdf
- [56] Prognóza ČNB – zima 2023. Česká národní banka [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>
- [57] Pyrolýza - princip, historie a současnost. *O energetice.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost>
- [58] Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF). Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl>
- [59] Souhrnná data o nakládání s odpady za roky 2009-2021. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/\\$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2021-20221031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2021-20221031.pdf)
- [60] STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021
- [61] ŠTĚPÁNEK, Matěj. *Ekonomické hodnocení instalace a provozu kogenerační jednotky v teplárně*. Praha, 2022. Dostupné také z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/101651>. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
- [62] Tasíme proti odpadu plazmové zplyňování?. *Technickyportal.cz* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/veda-vyzkum-inovace/tasime-proti-odpadu-plazmove-zplynovani_38364.html

- [63] Teplárna Písek slaví významné výročí. *Město Písek* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/teplarna-pisek-slavi-vyznamne-vyroci/d-44755>
- [64] Teplárna Písek. Teplárna Písek, a. s. [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.tpi.cz/spolecnost.php>
- [65] Teplárna Strakonice. Teplárna Strakonice [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <http://www.tst.cz/>
- [66] Teplárny snížily díky investicím emise prachu o více než třetinu. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/teplarenstvi/16507-teplarny-snizily-diky-investicim-emise-prachu-o-vice-nez-tretinu>
- [67] Vitřifikace. Slovník cizích slov [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz>
- [68] Výroční zpráva za rok 2021. Pražské služby [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/upload/files/vz-2021-final.pdf>
- [69] Výroční zpráva za rok 2021-2022. Termizo Liberec [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://tmz.energetika.cz/wp-content/uploads/2023/01/Termizo-VZ-2022-FINAL.pdf>
- [70] Výsledky průměrného složení směsného komunálního odpadu v ČR 2022. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prumerne_slozeni_sko/\\$FILE/OO-DP-Prumerne_slozeni_SKO_MZP-20221114.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prumerne_slozeni_sko/$FILE/OO-DP-Prumerne_slozeni_SKO_MZP-20221114.pdf)
- [71] Výzva HEAT 1/2022 - Modernizace tepláren. Státní fond životního prostředí České republiky [online]. [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=19>
- [72] Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2020. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/2022/10/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2020.pdf>
- [73] Železniční mapa České republiky. *Radek Rychnovský* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://mapa.rychnovsky.cz>

13 Seznam příloh

Příloha I: Komentář k používání technicko-ekonomického modelu

Příloha II: Soupis vstupních dat technicko-ekonomického modelu

Příloha III: Bilance výkonů teplárny

Příloha IV: Technický model VAR1 – ZEVO 39 kt.rok⁻¹ (11,0 MWt)

Příloha V: Technický model VAR2 – ZEVO 50 kt.rok⁻¹ (15,5 MWt)

Příloha VI: Technický model VAR3 – KGJ (11,5 MWt)

Příloha VII: Ekonomický model ZEVO VAR1 – ZEVO 39 kt.rok⁻¹ (11,0 MWt)

Příloha VIII: Ekonomický model ZEVO VAR2 – ZEVO 50 kt.rok⁻¹ (15,5 MWt)

Příloha IX: Ekonomický model TPI VAR1 – ZEVO 39 kt.rok⁻¹ (11,0 MWt)

Příloha X: Ekonomický model TPI VAR2 – ZEVO 50 kt.rok⁻¹ (15,5 MWt)

Příloha XI: Ekonomický model TPI VAR3 – KGJ (11,5 MWt)

Elektronická příloha A: Technicko-ekonomický model DP – pod názvem „KnizeJaromir_DP_PrilohaA_TechnickoEkonomickyModel.xlsx“ na přiloženém CD