

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Technologie energetického využití odpadu

Lukáš Vyhlídka

Vedoucí: doc. Ing. Vašíček Jiří CSc.

Obor: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní program: Elektrotechnika a management

Květen 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vyhlička** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **422775**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Technologie energetického využití odpadu

Název bakalářské práce anglicky:

Technologies for energy recovery of waste

Pokyny pro vypracování:

- popis technologií zpracování odpadu se zaměřením na pyrolýzu
- složky získané z procesu termického rozkladu, a jejich možné využití
- struktura zpracovávaného odpadu
- analyzujte bilanci vstupních surovin a energií pro různé vstupní materiály
- technologie kogenerace na bázi plynu a oleje - navrhnete možnosti kogenerace a technické parametry modelového projektu ve srovnání s přímým prodejem produktů ze zpracování odpadů vybranou technologií (pyrolýza)
- vyhodnocení ekonomické efektivity modelového projektu zpracování odpadu
- porovnejte varianty energetického nebo jiného využití produktů ve srovnání s možností jejich přímého prodeje

Seznam doporučené literatury:

Lenka JÍLKOVÁ, Karel CIAHOTNÝ a Radek ČERNÝ. Technologie pro pyrolýzu paliv a odpadů [online]. , 7 [cit. 2017-12-17].
Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/>
3MAR SYSTEMS A.S. TEVO - principy a parametry. Karlovy Vary, 2017

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **10.10.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **08.01.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

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

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi CSc. za vedení, pomoc a nespočet rad při vedení bakalářské práce. Dále mé poděkování patří panu Ing. Zdeňkovi Fulínovi za cenné rady ohledně použité technologie a firmě 3MAR Systems a.s. za poskytnutí firemních materiálů.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje

V Praze, 19. května 2019

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je posoudit pyrolýzní zpracování odpadů a následné využití výstupních surovin pro výrobu elektrické energie. Zhodnotit ekonomickou efektivnost v rámci České Republiky, zda-li by se investice vyplatila. Navrhl jsem různé varianty provedení, ve kterých se různě využívají výstupní suroviny. Nakonec jsem důležité vstupní parametry, které výrazně ovlivňují efektivnost vstupní investice, podrobil citlivostní analýze.

Klíčová slova: zpracování odpadu, TEVO, ekologie, pyrolýza, energetika

Vedoucí: doc. Ing. Vašíček Jiří CSc.

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to evaluate the pyrolysis waste processing, subsequent use of output materials for the production of electricity and assess economic efficiency within Czech Republic. I proposed few possible variants, which differently use the output materials and in the end I analyzed the input parameters that have significant effect on the investment efficiency with sensitivity analysis.

Keywords: waste recovery, TERW, ecology, pyrolysis, energetics

Title translation: — Technologies for energy recovery of waste

Obsah

1 Úvod	1	3.2.3 Parní turbíny	11
2 Popis technologií zpracování odpadu se zaměřením na pyrolýzu	3	3.3 Kogenerační jednotky pro modelový projekt	12
2.1 Zpracování odpadu	3	4 Modelový projekt	15
2.2 Pyrolýzní rozklad	4	4.1 Úvod	15
2.3 Složky získané pyrolýzním rozkladem	5	4.2 Investiční náklady	16
2.3.1 Pevná frakce - uhlík	5	4.2.1 Varianta 1	16
2.3.2 Pyrolýzní olej	5	4.2.2 Varianta 2	16
2.3.3 Pyrolýzní plyn	6	4.2.3 Varianta 1.1	17
2.4 Proces pyrolytického rozkladu	6	4.2.4 Varianta 2.1	17
2.5 Výstupní bilance surovin a energií pro různé vstupní materiály	8	4.2.5 Budova a infrastruktura	18
3 Kogenerace na bázi plynu a oleje	9	4.3 Provozní náklady	18
3.1 Princip kogenerace	9	4.3.1 Vstupní materiál	18
3.2 Kogenerační jednotky	9	4.3.2 Ceny a poplatky za elektrickou energii od dodavatele	19
3.2.1 Vznětové motory	9	4.3.3 Vlastní spotřeba elektrické energie	20
3.2.2 Spalovací turbíny	11	4.3.4 Údržba a servis zařízení	21
		4.3.5 Osobní náklady obsluhy zařízení	21

4.4 Energetická výstupní bilance ...	22
4.4.1 Příjmy z jednotlivých výstupů	22
4.5 Výpočet CF + NPV / IRR	23
4.5.1 Cash Flow	23
4.5.2 NPV / IRR	24
4.5.3 Výpočet CF a IRR pro jednotlivé varianty	26
4.6 Citlivostní analýza	27
4.6.1 Diskontní míra	27
4.6.2 Cena silové elektřiny	28
4.6.3 Cena aktivního uhlí	30
5 Závěr	33
A Literatura	35

Obrázky

2.1 Pyrolýzní část linky TEVO - jednotka s jejími moduly a manipulačním jeřábem	6
2.2 Kapsle modulu PTR jednotky pro vstupní materiál	7
2.3 Naplněná kapsle modulu vstupními materiály	7
3.1 Dvanáctiválcový přeplňovaný vznetový motor TATRA T3-930-50	10
3.2 Turbodmychadlo motoru TATRA T3-930-50.....	10
3.3 Štítkové parametry kogenerační jednotky TEDOM v Londýně	13
4.1 Citlivostní analýza diskontní míry	28
4.2 Citlivostní analýza ceny elektrické energie	29
4.3 Citlivostní analýza výkupní ceny aktivního uhlí	31

Tabulky

2.1 Výstupní bilance surovin a energií	8
4.1 Investiční náklady varianty 1 ...	16
4.2 Investiční náklady varianty 2 ...	17
4.3 Investiční náklady varianty 1.1 .	17
4.4 Investiční náklady varianty 2.1 .	17
4.5 Náklady na vstupní materiál ...	18
4.6 Jednotlivé náklady elektrické energie od dodavatele	19
4.7 Náklady na vlastní spotřebu PTR jednotky za jeden rok	20
4.8 Náklady na vlastní spotřebu ostatní technologie	20
4.9 Náklady na údržbu a servis zařízení	21
4.10 Náklady na mzdy	21
4.11 Produkce jednotky PTR 1000 kW6 - pro odpadní pneumatiky ...	22
4.12 Použité vstupní tarify	23
4.13 Příjmy pro jednotlivé varianty provedení	23

4.14 Výpočet CF, IRR a NPV pro jednotlivé varianty	26
4.15 NPV pro různé diskontní míry .	27
4.16 NPV pro různé ceny elektrické energie	29
4.17 NPV pro různou výkupní cenu aktivního uhlí za kilogram	30

Kapitola 1

Úvod

V dnešní době je stále větší problém s odpady, které zatěžují životní prostředí jejich spalováním nebo skládkováním, což může být veliký problém ve vysoce zalidněných aglomeracích, a proto se lidstvo snaží přijít na nové způsoby zpracování odpadu a výroby elektrické energie. U nás v České Republice sněmovna v roce 2014 schválila zákaz veškerého skládkování odpadu od roku 2024, přičemž už od roku 2020 musí na skládky putovat o 800 tisíc tun odpadu méně. Dále Čína v roce 2018 přestala vykupovat odpad ze zahraničí, tím pádem celá Evropa musí řešit, jak s nimi bude dál nakládat.

V první části mé práce se zaměřím popisem technologie pro pyrolýzní rozklad a způsoby výroby elektrické energie. V druhé části mé bakalářské práce návrhem modelového projektu se zaměřením na ekonomickou efektivnost pro různé varianty provedení a různé následné zhodnocení výstupních surovin. Pyrolýzní rozklad se z technologického hlediska dělí podle dosahované teploty a to na nízkoteplotní, středně teplotní, vysokoteplotní a v závislosti na těchto teplotách se pak liší kvalita výstupních surovin. **TEVO** neboli technologie energetického využití odpadu je projekt, který využívá technologické zařízení pro zpracování odpadních materiálů různých druhů, principem pyrolýzního rozkladu při nízkých teplotách na jiné, energeticky využitelné suroviny. Zpravidla na plyn, olej a pevnou frakci (uhlíkový zbytek), tyto suroviny se dále dají různými způsoby využít.

Technologie jednotky PTR je založená na pyrolytickém zpracování odpadu a je vcelku nová, zatím je na světě fungující jedna takováto linka, která se vyrobila v České Republice a byla dodána v roce 2016 do Londýna v Anglii. Fotografie této linky a jejích částí, které jsou uvedeny v první části mé práce, jsou pořízeny mou osobou při návštěvě objektu v Londýně s firmou 3MAR a.s., která není výrobcem konkrétní technologie, ale project developer. Modelový projekt v kapitole 4 je tedy také z pohledu této firmy, nikoliv investora.

Kapitola 2

Popis technologií zpracování odpadu se zaměřením na pyrolýzu

2.1 Zpracování odpadu

Odpady se nejčastěji, neberu-li v potaz skládkování, se zpracovávají ve spalovnách, kde dochází k energetickému využití odpadů. Například v největší české spalovně v pražských Malešicích se spálením odpadů v parním kotli vyrábí pára a následně proudí do turbosoustrojí, ve kterém se využívá pro výrobu elektřiny. Část páry je pak z turbíny dodávána do městské sítě centrálního zásobování tepla. V dnešní době se ale spíše od parovodů ustupuje a přechází se k horkovodům pro zásobování města teplem.

V bioplynových zařízeních, přeměňujeme biologicky rozložitelné odpady na bioplyn a digestát. Bioplyn obsahuje metan (50 - 75%), který je nositelem energie a využíváme ho v kogeneračních jednotkách nebo k výrobě biometanu - paliva pro automobily.

2.2 Pyrolýzní rozklad

Technologie TEVO využívá ve svém patentovaném řešení metodu pomalého termického rozkladu (PTR), který je založen na principu pyrolýzního rozkladu při nižších teplotách (300 - 500 °C), kde během dvou až tříhodinového procesu dochází k rozkladu vstupního materiálu. Jde tedy o pomalý termický rozklad bez přístupu médií obsahující kyslík. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek. Technologie TEVO využívá pro proces PTR elektrický ohřev palivových článků a tím minimalizuje veškeré dopady na životní prostředí. [2]

Obecně lze z technologického hlediska pyrolýzní procesy dále dělit na:

- **nízkoteplotní** (< 500 °C)
- **středně-teplotní** (500 - 800 °C)
- **vysokoteplotní** (> 800°C)

V závislosti na dosažené teplotě, lze při pyrolytickém procesu pozorovat řadu dějů, které je možné pro jednoduchost rozdělit do třech teplotních intervalů:

- Při teplotách do 150 °C dochází k odpaření volné i hrubé vody a k desorpci absorbovaných látek, z látek se mohou uvolňovat první páry těkavých uhlovodíků.
- V rozmezí teplot od 300 - 500 °C dochází k uvolňování velkého množství dehtových par a z materiálu odchází také vodní pára a CO_2 vznikající odštěpováním hydroxylových skupin. Nejvíce vyvíjeným plynem v této oblasti teplot je methan.
- Od teplot nad 500 °C ustává vývoj dehtových par a v reaktoru zůstává pevný zbytek (uhlík). Při teplotách nad 600 °C odchází z reaktoru již jen plynné produkty (s rostoucí teplotou roste obsah vodíku a klesá obsah methanu) a polokoks se za těchto teplot přeměňuje na koks.

2.3 Složky získané pyrolýzním rozkladem

Mezi hlavní produkty patří pyrolýzní olej, pyrolýzní plyn a uhlík. Vlastnosti a množství těchto složek závisí na podmínkách procesu (teplota, tlak, rychlost ohřevu, doba zdržení produktů v reakčním prostoru, konstrukce reaktoru). Dá se říci, že s rostoucí teplotou klesá výtěžek uhlíku a roste výtěžek prchavých látek. S rostoucí dobou zdržení klesá výtěžek kapalných produktů, a to z důvodu probíhajících sekundárních reakcí (termické krakování, polymerizace, kondenzace). [1] [2]

2.3.1 Pevná frakce - uhlík

Uhlík je shromažďován v krytých kontejnerech a posléze odvážen k dalšímu zpracování. V případě použití biomasy jako vstupního materiálu často vzniká velmi kvalitní a čistý uhlík. Pyrolýzou dřeva se po staletí vyrábí dřevěné uhlí. To se dnes používá k výrobě tzv. aktivního uhlí, které je mnohonásobně dražší než obyčejné. Získáme jej tak, že nejdříve proběhne odstranění přirozených těkavých složek a zbývající vlhkosti, což proběhne v rámci pyrolýzního rozkladu. Následně proběhne aktivace při teplotách 900 - 1000 °C za přísně kontrolovaného přídatku vodní páry jako oxidačního materiálu. Takto vyrobený produkt, aktivní uhlí, je výkonný adsorbent s množstvím rozdílně velkých pórů až do molekulárních rozměrů. Využívá se například k výrobě pitné vody, zachytu těkavých látek v lakovnách apod.[1] [2]

2.3.2 Pyrolýzní olej

Pyrolýzní olej je směs několika stovek látek. Po určitých úpravách se dále používá jako palivo pro kogenerační jednotky, které vyrábějí elektrickou energii. Odpadní teplo z těchto motorů se dále dá využívat kupříkladu k ohřevu vody apod.. Spalování v klasických dieslových motorech brání vysoká kyselost olejů, vysoká viskozita a jejich nestabilita. Olej také může být odvážen k dalšímu zpracování v jiných technologických celcích. [1] [2]

2.3.3 Pyrolýzní plyn

Plyn je upravován (vysušen a vyčištěn) a střežován do provozní zásoby v plynojemu. Odtud je odebírán nejčastěji jako pohon kogenerační jednotky. Ta vyrábí elektrickou energii a teplo, které lze alternativně přeměnit na chlad. Z největší části tento plyn obsahuje metan a vodík.[1] [2]

2.4 Proces pyrolytického rozkladu

Na začátku celého procesu zpracování vstupního materiálu musíme tento materiál upravit pro vložení do palivových článků (modulů) PTR jednotky. Na příslušné lince tento materiál nadrtíme, případně se pneumatiky nastříhají na malé proužky a vloží se do modulu PTR jednotky na první pozici, kde dochází k elektrickému předehřevu materiálu. Následně se pomocí manipulačního jeřábu, který můžeme vidět na obrázku 2.3, modul přesune z první pozice na druhou, kde už dochází v modulu k pyrolytickému rozkladu materiálu na jednotlivé složky popsané v kapitole 2.3. V tomto okamžiku se z modulu odvádí jednotlivé těkavé složky a jsou ukládány do plynojemu a sběrné nádrže na olej. Na třetí a poslední pozici linky TEVO se modul ochlazuje a pevná frakce se odebírá a je shromažďována v krytých kontejnerech a posléze odvážena k dalšímu zpracování.[1]



Obrázek 2.1: Pyrolýzní část linky TEVO - jednotka s jejími moduly a manipulačním jeřábem



Obrázek 2.2: Kapsle modulu PTR jednotky pro vstupní materiál



Obrázek 2.3: Naplněná kapsle modulu vstupními materiály

2.5 Výstupní bilance surovin a energií pro různé vstupní materiály

Zdrojem hodnot v tabulce 2.1 je studie vlivu na životní prostředí EIA, kterou prováděla firma 3MAR Systems a.s. společně s VŠCHT a Vysokou školou báňskou v Ostravě. Prováděly se i rozborů složení plynu a oleje u různých materiálu a exhalace při jejich spalování.[7] [2]

Název položky	Biomasa	Plasty (PET a PE)	Odpadní pneumatiky
Upravená vstupní surovina	1 Kg	1 Kg	1 Kg
Výstupy z jednotky			
Olej	0,38 Kg	0,34 Kg	0,303 Kg
Plyn	0,272 m ³	0,38 m ³	0,4 m ³
Uhlík	0,41 Kg	0,37 Kg	0,4 Kg
KJ - palivo plyn			
Elektrická energie	0,603 kWh	0,844 kWh	1,15 kWh
Tepelná energie	3,17 MJ	3,98 MJ	4,48 MJ
KJ - palivo olej			
Elektrická energie	0,86 kWh	0,91 kWh	1,25 kWh
Tepelná energie	4,52 MJ	4,86 MJ	5,28 MJ
Suma vyrobené energie			
Elektrická energie	1,46 kWh	1,75 kWh	2,4 kWh
Tepelná energie	7,69 MJ	8,84 MJ	9,76 MJ
Dohromady	12,9 MJ	15,7 MJ	18,31 MJ

Tabulka 2.1: Výstupní bilance surovin a energií

V tabulce 2.1 vidíme příklad bilance surovin a energií. Z hlediska vyrobené energie mají v uváděném případě největší energetickou výtěžnost pneumatiky, naopak biomasa nejmenší. Ale takový uhlík, který vzniká po pyrolýze biomasy je většinou mnohem kvalitnější než například u pneumatik. Bilance se mohou lehce lišit podle složení odpadu v dané lokalitě a kupříkladu podle konkrétní zpracovávané biomasy.

Pro můj modelový projekt, který je uveden v kapitole 4, budu uvažovat jako vstupní materiál pouze odpadní pneumatiky.

Kapitola 3

Kogenerace na bázi plynu a oleje

3.1 Princip kogenerace

Kogenerací rozumíme společnou výrobu jak elektrické tak tepelné energie. Jedná se o co nejefektivnější využití tepelné energie uvolněné spalováním paliva v jednom technologickém řetězci. Chceme využít teplo, které by jinak při výrobě elektrické energie odešlo bez užitku. Teplo využíváme pro vytápění objektů či ohřev teplé vody. Kogenerace šetří palivo a finanční prostředky. [2]

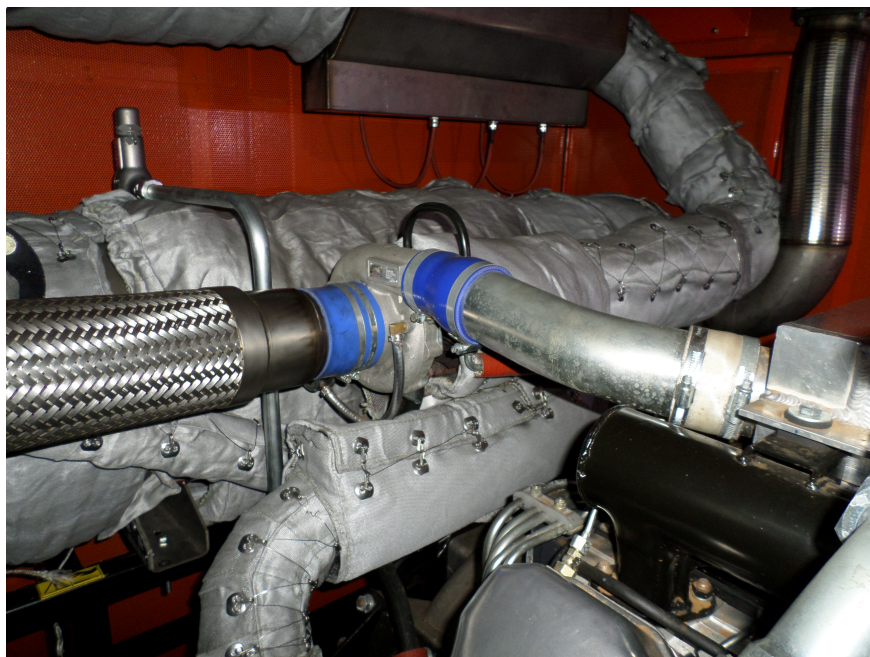
3.2 Kogenerační jednotky

3.2.1 Vznětové motory

Jedním ze způsobů kogenerace je spalování plynu ve vznětovém motoru pohánějící alternátor se současným využitím odpadního tepla z motoru. Pyrolýzní olej není nejkvalitnější palivo. Aby bylo možné jej použít, používají se motory, které jsou schopné speciálních úprav tak, aby výfukové plyny splňovaly normy EU. Zpravidla se vybírají motory z pracovních strojů, ve kterých se spaluje mix pyrolýzního oleje a plynu, nafty. Jedná se o jednotky s výkonem od 15 kW až do 50 MW, kde velké jednotky mají 12 až 18 válců. [2]



Obrázek 3.1: Dvanáctiválcový přepínaný vznětový motor TATRA T3-930-50



Obrázek 3.2: Turbodmychadlo motoru TATRA T3-930-50

Pro zvýšení výkonu vznětového motoru se používají kompresory nebo turbodmychadla, takto vybavené motory jsou nazývány přeplňované. Vhánějí více vzduchu do motoru a umožňují spálit více paliva. Výkon motoru může být až dvojnásobný oproti motoru, který není přeplňovaný.

Výhoda: Možnost rychlého najetí kogenerační jednotky při odstávce, vysoké účinnosti.

Nevýhoda: Hlučnost, spotřeba mazacích olejů a hlavně **emise NO_x a CO**, které se řeší různými filtry a katalyzátory.

■ 3.2.2 Spalovací turbíny

Spalovací turbíny, jinak nazývané plynové turbíny se skládají z kompresoru, spalovací komory, plynové turbíny a generátoru. Kvalita paliva není tak důležitá, ale spaliny, které jdou do turbíny, musí být čisté. Kompresor nasává vzduch, který stlačuje na požadovaný tlak a pokračuje do spalovací komory, kde je zvyšována jeho energie hořením paliva. Vzniklé spaliny následně expandují a přemění svůj energetický potenciál na mechanickou práci, která se transformuje v generátoru na elektrickou energii. Spaliny, vystupující z expanzní části turbíny, mají ještě relativně dostatečnou teplotu (450 až 750°C), která se využívá pro rekuperaci, tj. přehřívání vzduchu před spalovací komorou, anebo jsou vedeny do kotle na odpadní teplo, kde je vyráběna pára a ohřívána voda.[5] [3]

Výhody: Vysoká spolehlivost, rychlý náběh a odstavení, snadná možnost automatizace provozu

Nevýhody: Potřeba kvalitního a čistého paliva, vysoké nároky na údržbu, hlučnost, obtížná regulace výkonu.

Použití: Velké průmyslové objekty s nepřetržitým odběrem tepla a elektřiny.[3]

■ 3.2.3 Parní turbíny

Parní turbíny nejsou vhodné pro systém s pyrolýzním rozkladem. Používají se spíše u jiných druhů spaloven, elektráren a tepláren.

U parní turbíny lze využít jakýkoliv zdroj tepla, který nám bude generovat páru. Vysokotlaková pára je vedena do turbíny, kde expanduje a pohání rotor generátoru. Pára má pak sytost 80 a 90 % a je dále používána jako zdroj tepla. Jsou využívány 2 typy koncepcí parních turbín - protitlaké a kondenzační. U protitlaké turbíny je odebírána pára pro zdroj tepla i na výstupu z turbíny. U kondenzačních turbín je energie primárně využívána na výrobu elektrické

V následujícím obrázku 3.3 lze pro ukázkou vidět štítkové hodnoty kogenerační jednotky TEDOM cento T180, která je použita v Londýně pro spalování pyrolýzního plynu, po zpracování odpadních pneumatik.



Obrázek 3.3: Štítkové parametry kogenerační jednotky TEDOM v Londýně

Ze štítku lze například vyčíst jmenovitý elektrický výkon, jmenovité napětí, proud, účinník, typ paliva a v tomto případě, protože se jedná o plyn tak provozní a maximální tlak plynu.

Kapitola 4

Modelový projekt

4.1 Úvod

Nyní se přesunu do druhé části mé práce, kde budu popisovat modelový projekt v rámci České Republiky a jeho ekonomickou efektivnost. Konkrétně tento projekt bude umístěn v obci Tušimice, která se nachází na západě Čech. Ve stejných místech je i uhelná elektrárna skupiny ČEZ Tušimice II. V okolí obce Tušimice je několik velkých skládek pneumatik a ostatního odpadu, které provozuje a spravuje společnost Marius Pedersen. Tato společnost má v daných místech u těchto skládek funkční drtičku na pneumatiky, které pak prodává jako drť například do cementáren. Jenže po tomto materiálu už není taková poptávka a mnoho těchto pneumatik se pouze ukládá na skládku a musí tak platit poplatky obci za skládkování, přičemž, jak už jsem uvedl v úvodu této práce od roku 2024 bude veškeré skládkování zakázáno. Proto logicky tato společnost hledá způsoby jak do budoucna s odpadními pneumatikami bude nakládat. Z toho důvodu se nabízí jako možnost tento objekt, kde se pneumatiky pouze drtí, přestavit a umístit zde PTR jednotky na pyrolýzní zpracování. Vstupní materiál pro tento projekt budeme tedy uvažovat pouze odpadní pneumatiky. Nedaleko roste fabrika jednoho z předních výrobců pneumatik Nexen Tire Europe s.r.o., proto se také nabízí do budoucna případná spolupráce v dané lokalitě. Ročně se vyrobí mnoho tun nových pneumatik všeho druhu a dokud budou jezdit po silnicích automobily, tak tu vždy bude otázka, co s těmi starými. Podle modelu ekonomické efektivnosti budeme posuzovat, zdali se investovat vyplatí, nebo ne. Případně které varianty řešení budou v místě výstavby výhodnější.

4.2 Investiční náklady

Investiční náklady jsou z hlediska hodnocení projektu pro investora zásadní. V následujících tabulkách uvádím jednotlivé technologické prvky celého zařízení a jejich pořizovací ceny. Budou se lišit podle zvolené varianty provedení, ty jsem vytvořil různými kombinacemi využití výstupních materiálů a jsou celkově čtyři.

4.2.1 Varianta 1

První možná varianta provedení je taková, že budeme vyrábět a prodávat elektrickou energii z kogeneračních jednotek jak z oleje, tak z plynu. Pevnou frakci (uhlík) nebudeme nijak dále upravovat, pouze na další lince balit na brikety a přímo prodávat.

Položka	Kč
Linka přípravy vstupního materiálu	25 000 000
Linka pyrolýzního rozkladu PTR 1000	100 000 000
Kogenerační jednotka na olej	17 500 000
Kogenerační jednotka na plyn	17 500 000
Linka briketování a balení uhlíku	9 000 000
Celkem	169 000 000

Tabulka 4.1: Investiční náklady varianty 1

4.2.2 Varianta 2

Varianta 2 se liší v tom, že v kogenerační jednotce budeme zpracovávat pouze pyrolýzní plyn a pyrolýzní olej prodávat přímo jako palivo (lehký topný olej). Pevnou frakci, stejně jako ve variantě 1, budeme na lince briketovat, balit a poté prodávat, tudíž nám klesnou tyto náklady o jednu kogenerační jednotku.

Položka	Kč
Linka přípravy vstupního materiálu	25 000 000
Linka pyrolýzního rozkladu PTR 1000	100 000 000
Kogenerační jednotka na plyn	17 500 000
Linka briketování a balení uhlíku	9 000 000
Celkem	151 500 000

Tabulka 4.2: Investiční náklady varianty 2

4.2.3 Varianta 1.1

Varianta 1.1 je rozdílná především v tom, jak dále naložíme s pevnou frakcí na výstupu PTR jednotky. Konkrétně tak, že ji dále upravíme na příslušné lince na aktivaci uhlíku a tím zhodnotíme. Narostou nám sice o něco investiční náklady, protože tato linka má vyšší pořizovací cenu než balící a briketovací linka, ale prodejní cena aktivního uhlíku například pro aktivní filtry apod. je mnohonásobně vyšší než cena obyčejného uhlíku určeného pouze na topení.

Položka	Kč
Linka přípravy vstupního materiálu	25 000 000
Linka pyrolýzního rozkladu PTR 1000	100 000 000
Kogenerační jednotka na olej	17 500 000
Kogenerační jednotka na plyn	17 500 000
Linka na aktivaci uhlíku	35 000 000
Celkem	195 000 000

Tabulka 4.3: Investiční náklady varianty 1.1

4.2.4 Varianta 2.1

Poslední možná varianta spočívá v tom, že pyrolýzní olej prodáváme jako ve variantě 2 přímo v podobě lehkého topného oleje, zároveň však máme linku na aktivaci uhlíku. Znovu tedy máme nižší investiční náklady o jednu kogenerační jednotku.

Položka	Kč
Linka přípravy vstupního materiálu	25 000 000
Linka pyrolýzního rozkladu PTR 1000	100 000 000
Kogenerační jednotka na plyn	17 500 000
Linka na aktivaci uhlíku	35 000 000
Celkem	177 500 000

Tabulka 4.4: Investiční náklady varianty 2.1

■ 4.2.5 Budova a infrastruktura

Vzhledem k tomu, že společnost Marius Pedersen už v místech disponuje funkční budovou, trafem a elektrickou přípojkou, počítám tyto náklady jako nulové. Ve skutečnosti by možná nějaké náklady vznikly, byla by potřeba důkladnější analýza stávajícího provozu a budovy.

■ 4.3 Provozní náklady

Dalším velmi důležitým hlediskem, který se promítne do celkové ekonomické efektivity projektu, jsou náklady na provoz celého zařízení.

■ 4.3.1 Vstupní materiál

Když začneme úplně na začátku celého procesu, potřebujeme vstupní materiál na zpracování. Zařízení bude provozováno na už dnes funkční skládce pneumatik, kam lidé vozí za určitý poplatek staré pneumatiky, pokud jim již nejsou k užitku. Máme tedy ve výsledku záporné náklady na vstupní materiál. Dalším nákladem, se kterým musíme počítat, je doprava těchto pneumatik k zařízení, protože skládka je velmi rozlehlá a nachází se na několika místech v okolí obce Tušimice. Doprava bude hrazena společností Marius Pedersen z prostředků, které budou inkasovány za likvidaci pneumatik. Ve výsledku tedy počítám s nulovými náklady jak na vstupní materiál, tak na dopravu.

Položka	Kč
Vstupní materiál - odpadní pneumatiky	0
Doprava vstupního materiálu	0

Tabulka 4.5: Náklady na vstupní materiál

■ 4.3.2 Ceny a poplatky za elektrickou energii od dodavatele

Cena elektrické energie se skládá z několika částí, a to z ceny silové elektřiny, kterou stanovuje dodavatel a dále z regulovaných plateb stanovených Energetickým regulačním úřadem. Objekt bude napájen ze sítě VN 22 kV, u VN se nastavují dále také poplatky za rezervovanou měsíční a roční kapacitu. Nastavit lze roční a k ní, v případě potřeby, dokupovat měsíční, nebo je možné sjednat pouze roční nebo pouze měsíční rezervaci. Avšak součet roční a měsíční rezervované kapacity nesmí přesáhnout rezervovaný příkon na odběrném místě, takový případ může ohrozit spolehlivost distribuce elektřiny pro další zákazníky, platí se pak celkem drahé sankce za překročení. Rezervovaným příkonem se u VN rozumí hodnotě průměrného čtvrt hodinového příkonu. Při nedodržení účinníku, a tím spojené dodávky nevyžádané jalové energie do sítě, jsou také účtovány poplatky. Všechny tyto ceny a poplatky spojené s odběrem elektrické energie ze sítě jsou uvedeny v tabulce 4.6.

Regulované platby		
Cena za použití distribuční sítě	60,77	Kč/MWh
Cena za systémové služby	76,19	Kč/MWh
Složka na podporu el. z podporovaných zdrojů	495	Kč/MWh
Cena za činnost operátora trhu	6,93	Kč/měs.
Rezervace příkonu		
Cena za měsíční rezervovanou kapacitu	194 125	Kč/MWh
Cena za roční rezervovanou kapacitu	174 541	Kč/MWh
Poplatky a sankce		
Cena za překročení rezervované kapacity	776 550	Kč/MWh
Nevyžádaná dodávka jalové energie	440	Kč/MVArh
Cena silové elektřiny	1600	Kč/MWh

Tabulka 4.6: Jednotlivé náklady elektrické energie od dodavatele

4.3.4 Údržba a servis zařízení

Životnost projektu je počítána na dvacet let, za tuto dobu budeme většinu technologie muset udržovat, případně opravovat, a musíme s těmito náklady počítat. Nejvíce namáhané budou točivé části kogeneračních jednotek, proto se počítá, že zhruba po 10 letech bude provedena generální oprava. Tyto náklady tedy počítám vyšší, než všechny ostatní, a to **7%** na rok z pořizovací ceny na jednu kogenerační jednotku.

Náklady na údržbu PTR jednotky a vstupních/výstupních linek počítám s **5%** z pořizovací ceny na jeden rok. Tyto náklady uvádím v tabulce 4.9.

Kogenerační jednotky	2 450 000 Kč
PTR jednotka	5 000 000 Kč
Balící linka	450 000 Kč
Linka na aktivaci uhlíku	750 000 Kč
Linka na přípravu vstupního materiálu	1 250 000 Kč

Tabulka 4.9: Náklady na údržbu a servis zařízení

4.3.5 Osobní náklady obsluhy zařízení

I když je většina provozu automatizovaná, tak i přesto bude potřeba zaměstnat několik osob pro obsluhu zařízení a jeho údržbu. Obsluhou zařízení je myšlena příprava vstupního materiálu a zajištění plynulého provozu všech částí technologie. Bude zde přítomen jeden hlavní odborný údržbář a k němu 3 směny po 2 zaměstnancích, kteří budou zajišťovat provoz 24 hodin denně. Navíc dva zaměstnanci, kteří budou zajišťovat veškerý marketing a prodej výstupního materiálu. Tyto náklady shrnuje tabulka 4.10.

	Náklady/měsíc [Kč]	Náklady/rok [Kč]
Údržba - odborný technik	47 250	567 000
Obsluha zařízení	202 500	2 430 000
Marketing	81 000	972 000
Celkem	330 750	3 969 000

Tabulka 4.10: Náklady na mzdy

4.4 Energetická výstupní bilance

Pro výpočet příjmů je zapotřebí nejdříve znát energetickou výstupní bilanci, tj. jaké množství pyrolýzního plynu, oleje a pevné frakce, vznikne z 5000 tun pneumatik. Tyto informace najdeme v následující tabulce 4.11. Dále uvádí produkci elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách využitím těchto výstupů.

Při výpočtu je uvažována doba chodu 320 dní v roce a 24 hodin denně.

Položka	Množství z PTR							
	Za rok		Za den		Za hodinu		Jednotková bil.	
	mn.	jedn.	mn.	jedn.	mn.	jedn.	mn.	jedn.
Vstup - pneu	5 000	t	15,63	t	679	kg	1	kg
Výstupy z PTR								
Olej	1 515	t	4,73	t	206	kg	0,303	kg
Plyn	2 000 000	m ³	6 250	m ³	272	m ³	0,4	m ³
Uhlíkatá drť	1 995	t	6,23	t	271	kg	0,399	kg
Kogenerační jednotka - plyn								
Elektřina	5 750	MWh	17,97	MWh	0,78	MWh	1,15	kWh
Teplo	22 400	GJ	70,00	GJ	3,04	GJ	4,48	MJ
Kogenerační jednotka - olej								
Elektřina	6250	MWh	19,53	MWh	0,85	MWh	1,25	kWh
Teplo	26 400	GJ	82,50	GJ	3,59	GJ	5,28	MJ
Suma vyrobené energie								
Elektřina	12 000	MWh	37,50	MWh	1,63	MWh	2,4	kWh
Teplo	48 800	GJ	152,50	GJ	6,63	GJ	9,76	MJ

Tabulka 4.11: Produkce jednotky PTR 1000 kW6 - pro odpadní pneumatiky

4.4.1 Příjmy z jednotlivých výstupů

Už známe energetickou bilanci PTR jednotky, vypočetl jsem tedy jednotlivé příjmy z těchto výstupů, které se budou podle zvolené varianty provedení. Nízkopotenciální teplo, které vzniká při výrobě elektrické energie v kogeneračních jednotkách, v dané lokalitě **nebude možné žádným způsobem využít**. Proto ve všech variantách provedení budou z tepelné energie nulové příjmy.

Je také důležité uvést tarify, se kterými při výpočtech počítám.

Cena vykupované elektřiny za MWh	1100 Kč
Cena lehkého topného oleje za 1 l	10 Kč
Cena uhlíku ve formě briket za 1 kg	8 Kč
Cena aktivního uhlíku za 1 kg	120 Kč

Tabulka 4.12: Použité vstupní tarify

		V1 [Kč]	V2 [Kč]	V1.1 [Kč]	V2.1 [Kč]
Elektrická energie z plynu	5 750 MWh	6 325 000	6 325 000	6 325 000	6 325 000
Elektrická energie z oleje	6 250 MWh	6 875 000	0	6 875 000	0
Pyrolýzní olej	1 578 l	0	15 781 250	0	15 781 250
Uhlíkové brikety	3 325 t	9 576 000	9 576 000	0	0
Aktivní uhlík	400 t	0	0	47 880 000	47 880 000
Příjmy celkem za rok		22 776 000	31 682 250	61 080 000	69 986 250

Tabulka 4.13: Příjmy pro jednotlivé varianty provedení

V této tabulce najdeme pro jednotlivé varianty provedení jejich příjmy. Na první pohled můžeme vidět, že největší příjmy máme ve variantách, kde se pevná frakce (uhlík) dále upravuje na aktivní uhlík a také, že bude pro nás výhodnější pyrolýzní olej přímo prodávat, než jej využívat pro výrobu elektrické energie v kogenerační jednotce.

4.5 Výpočet CF + NPV / IRR

Pro ekonomické hodnocení projektu je nutné vypočítat diskontované budoucí hotovostní a peněžní toky za dobu ekonomické životnosti projektu.

4.5.1 Cash Flow

Peněžní tok investora - Cash flow (CF_T):

V našem případě počítáme bez daně a bez předpokladu financování úvěrem. Proto některé položky, které jsou uvedeny ve vzorcích, nebudou uvažovány.

$$CF_T = V_t - N_{pt} - N_{ut} - D_z - N_{it} + DOT_t + U_t - S_{plt}$$

kde jednotlivé položky jsou:[6]

V_t	příjmy (tržby, úspory) plynoucí z realizace investice
N_p	provozní výdaje (náklady na paliva a energie, mzdy, opravy a údržba, režie, ostatní)
N_u	úroky z úvěru (nákladové úroky po uvedení do provozu)
N_i	investiční výdaje (včetně úroků v době výstavby)
DOT	nevratná investiční dotace
U	investiční úvěr
S_{pl}	úmor úvěru v době jeho splácení
D_z	daň z příjmu investora, vypočtena podle vztahu:

$$D_{zt} = d_z * (V_t - N_{pnt} - N_{ot} - N_{ut} \pm O, P_t)$$

N_{pn}	provozní náklady
N_o	daňové odpisy
O, P	odpočitatelné položky, popř. úprava o daňové ztráty minulých let, připočitatelné položky k základu daně
d_z	sazba daně z příjmu
t	jednotlivé roky životnosti

■ 4.5.2 NPV / IRR

Správné kritérium hodnocení je založeno na maximalizaci budoucích peněžních toků. S ohledem na cenu peněz je v čase musíme převést na sčitatelnou hodnotu. Výpočtem čisté současné hodnoty (NPV) jejich diskontováním k vhodně zvolenému okamžiku. [6]

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\dot{z}}} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN$$

kde je: $(1 + r)^{-t}$ odúročitel při diskontní (úrokové) míře r
 $T_{\dot{z}}$ doba ekonomické životnosti
 IN investiční výdaje (na počátku hodnoceného období)

Matematicky lze dojít ke třem základním výsledkům:

1. **NPV > 0** projekt lze doporučit k realizaci, výnos bude větší než cena kapitálu do něj vloženého
2. **NPV = 0** projekt je na hranici rentability
3. **NPV < 0** projekt není vhodné realizovat

V případě, že budeme mít několik variant, vybíráme variantu, která má NPV nejvyšší.

$$NPV \rightarrow \max$$

Druhým používaným kritériem pro hodnocení investic je vnitřní výnosové procento (IRR), což je taková hodnota úrokové míry, která použita pro diskontování dává za dobu životnosti právě nulovou hodnotu diskontovaného toku hotovosti. [6]

$$\sum_{t=1}^{T_{\dot{z}}} CF_t * (1 + IRR)^{-t} - IN \stackrel{!}{=} 0$$

4.5.3 Výpočet CF a IRR pro jednotlivé varianty

rok	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 1.1	Varianta 2.1
	CF			
0	-169 000 000	-151 500 000	-195 000 000	-177 500 000
1	8 595 279	17 628 249	45 599 279	55 730 529
2	8 608 425	17 822 054	46 352 505	56 686 380
3	8 612 308	18 010 210	47 111 269	57 651 822
4	8 659 787	18 261 236	47 877 749	58 654 602
5	8 643 879	18 437 375	48 646 218	59 638 608
6	8 616 345	18 605 691	49 418 711	60 630 950
7	8 576 215	18 765 349	50 194 629	61 631 112
8	8 522 535	18 915 451	50 973 317	62 638 530
9	8 454 269	19 055 044	51 754 067	63 652 584
10	8 370 315	19 183 106	52 536 110	64 672 597
11	8 269 500	19 298 546	53 318 610	65 697 827
12	8 150 575	19 400 202	54 100 667	66 727 469
13	8 012 213	19 486 832	54 881 307	67 760 644
14	7 853 001	19 557 113	55 659 477	68 796 401
15	7 671 437	19 609 631	56 434 042	69 833 705
16	7 465 925	19 642 883	57 203 782	70 871 438
17	7 234 765	19 655 263	57 967 380	71 908 389
18	6 976 155	19 645 062	58 723 422	72 943 251
19	6 688 173	19 610 458	59 470 385	73 974 611
20	6 368 782	19 549 513	60 206 638	75 000 948
IRR	-1%	11%	25%	33%
NPV	- 70 541	60 451	372 821	517 809

Tabulka 4.14: Výpočet CF, IRR a NPV pro jednotlivé varianty

V tabulce 4.14 uvádím spočítané cash flow pro jednotlivé roky, IRR a NPV pro každou z variant. U první varianty mi vyšlo záporné NPV, IRR a prostá doba návratnosti 21 let, mohu tedy s přesvědčením říci, že by se téhle variantě pokud jsou k dispozici jiné a lepší měl investor vyhnout, protože bude ztrátová. Nejspíše, kdyby bylo v místě projektu možné nějakým způsobem využít teplo z kogeneračních jednotek, dalo by se o takové variantě také uvažovat. Varianta 2, u které vyšlo IRR 11%, kladné NPV a prostá doba návratnosti 8 let je podle mě už slušný a realizovatelný projekt. Lze vidět z tabulky, že varianty 1.1 a 2.1 vychází mnohem lépe, je to především způsobeno mnohonásobně vyšší cenou aktivního uhlíku nad obyčejným. Počítám s cenou aktivního uhlíku 120 Kč za kilogram, cena se může pohybovat od desítek korun až po stovky, záleží především na kvalitě a čistotě aktivního uhlíku. Tuto skutečnost zohledňuji v citlivostní analýze, která je uvedena v následující části práce. Prostá doba návratnosti investic u těchto variant se pohybuje mezi 2 až 4 lety.

4.6 Citlivostní analýza

Pomocí citlivostní analýzy můžeme zjistit, jak moc nám změna vstupních parametrů změni parametry výstupní. Na jejím základě můžeme určit faktory (veličiny), jejichž změny budou nejvíce ovlivňovat výsledek rozhodování a pořadí hodnocených variant. Důležitými vstupními parametry v tomto projektu jsou určitě cena elektrické energie a diskontní míra, tyto dva vstupní parametry jsem podrobil citlivostní analýze.[6]

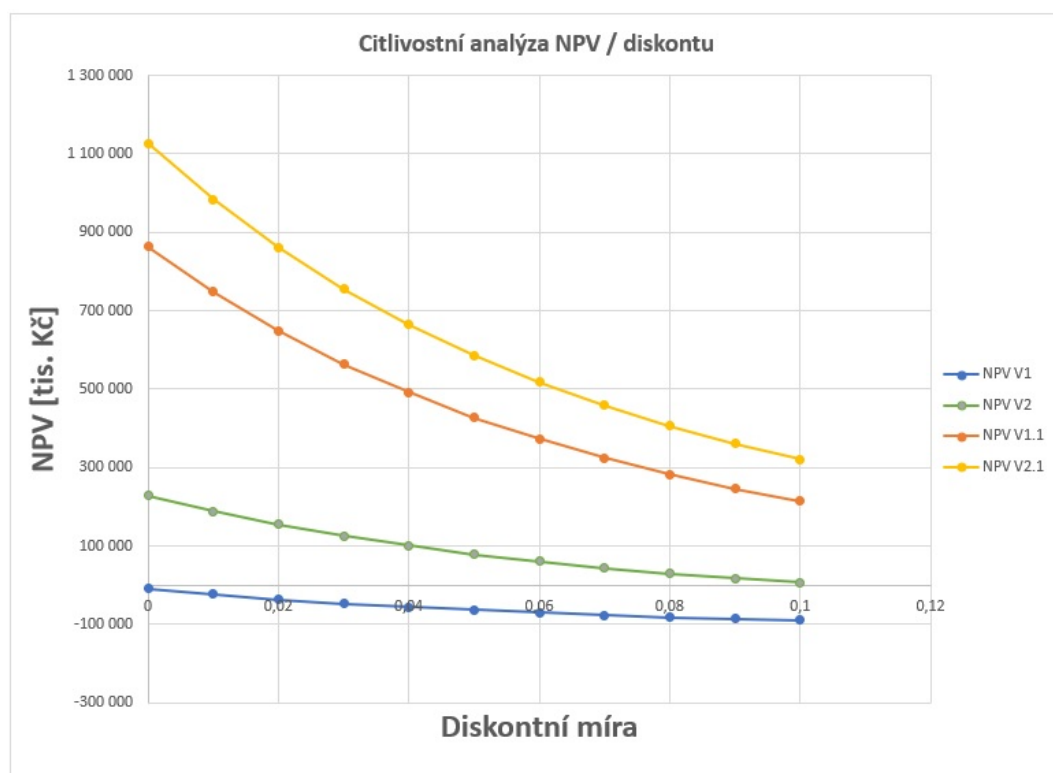
4.6.1 Diskontní míra

Diskontní míra je parametr, který zohledňuje hodnotu budoucích peněžních toků v čase při výpočtu NPV. Kupříkladu hodnota jednoho miliónu Kč dnes, bude mít jinou hodnotu než za 10 let, a proto se budoucí peněžní toky adekvátně ponížší o diskont, většinou na roční bázi. Pro určení závislosti NPV na diskontní míře, je nutné pro jednotlivé varianty vypočítat jejich NPV, uvažují diskont od 0 do 10 %.

NPV pro citlivostní analýzu				
diskont	NPV V1	NPV V2	NPV V1.1	NPV V2.1
0	-8 650	228 639	863 430	1 127 602
0,01	-23 431	188 961	747 909	984 159
0,02	-36 016	155 028	649 064	861 374
0,03	-46 756	125 911	564 179	755 883
0,04	-55 938	100 846	491 021	664 918
0,05	-63 802	79 200	427 748	586 196
0,06	-70 546	60 450	372 835	517 828
0,07	-76 337	44 161	325 016	458 245
0,08	-81 314	29 970	283 236	406 141
0,09	-85 593	17 572	246 615	360 425
0,1	-89 272	6 712	214 414	320 183

[tis. Kč]

Tabulka 4.15: NPV pro různé diskontní míry



Obrázek 4.1: Citlivostní analýza diskontní míry

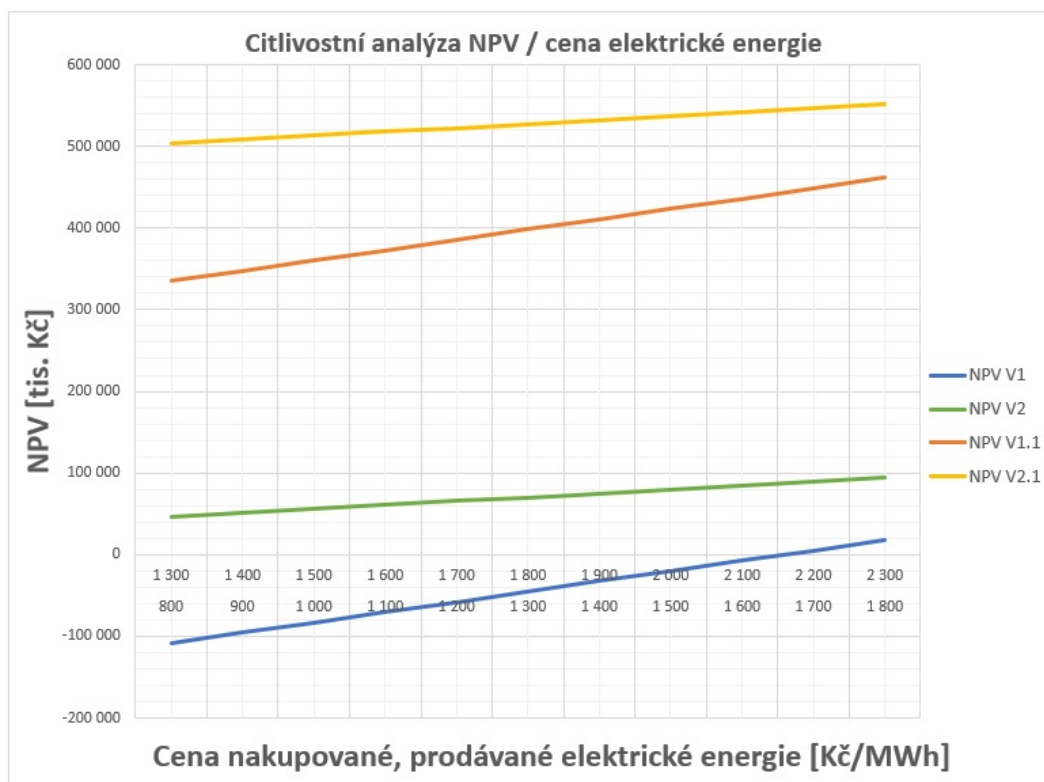
Z grafu 4.1 lze vidět, že varianty se nikde neprotínají, zachovávají se svoje pořadí i při různé velikosti diskontní míry. U varianty 2 můžeme v grafu vidět, že pokud by diskontní míra byla větší než 10 %, tak jeho NPV bude záporné.

4.6.2 Cena silové elektřiny

Cena silové elektrické energie je z dlouhodobého hlediska velmi nejistá, a proto je významným rizikem. Jednotlivé vlivy, které mohou tuto cenu ovlivňovat závisí na mnoha ohledech a jsou samy o sobě rizikové, proto uvažují v analýze oba scénáře, že cena elektrické energie může klesat a nebo také růst.

Prodejní cena elektrické energie [Kč/MWh]	Nákupní cena elektrické energie [Kč/MWh]	NPV V1	NPV V2	NPV V1.1	NPV V2.1
800	1 300	-108 543	45 641	334 819	503 539
900	1 400	-95 879	50 574	347 483	508 292
1 000	1 500	-83 216	55 507	360 147	513 045
1 100	1 600	-70 552	60 440	372 810	517 798
1 200	1 700	-57 888	66 579	385 474	522 550
1 300	1 800	-45 224	70 305	398 138	527 303
1 400	1 900	-32 561	75 238	410 802	532 056
1 500	2 000	-19 897	80 171	423 465	536 809
1 600	2 100	-7 233	85 104	436 129	541 562
1 700	2 200	5 431	90 037	448 793	546 315
1 800	2 300	18 094	94 970	461 457	551 068

Tabulka 4.16: NPV pro různé ceny elektrické energie



Obrázek 4.2: Citlivostní analýza ceny elektrické energie

V grafu 4.2 je na svislé ose vyneseno NPV a na vodorovné ose cena nakupované silové elektrické energie od 1300 do 2300 Kč/MWh a prodejní cena od 800 do 1800 Kč/MWh. Lze říci, že jako u citlivostní analýzy na diskontní míře si varianty zachovávají svoje pořadí při uvažovaném růstu cen silové elektrické energie. Křivky variant 1 a 1.1 rostou se zvyšující se cenou elektrické energie rychleji a pravděpodobně by při ještě vyšší ceně protnul varianty 2 a 2.1, děje se tak proto, že v daných variantách vyrábíme elektrickou energii z obou výstupních produktů. Reálně tak vysokou cenu elektrické energie, ale očekávat nejspíše nemůžeme.

4.6.3 Cena aktivního uhlí

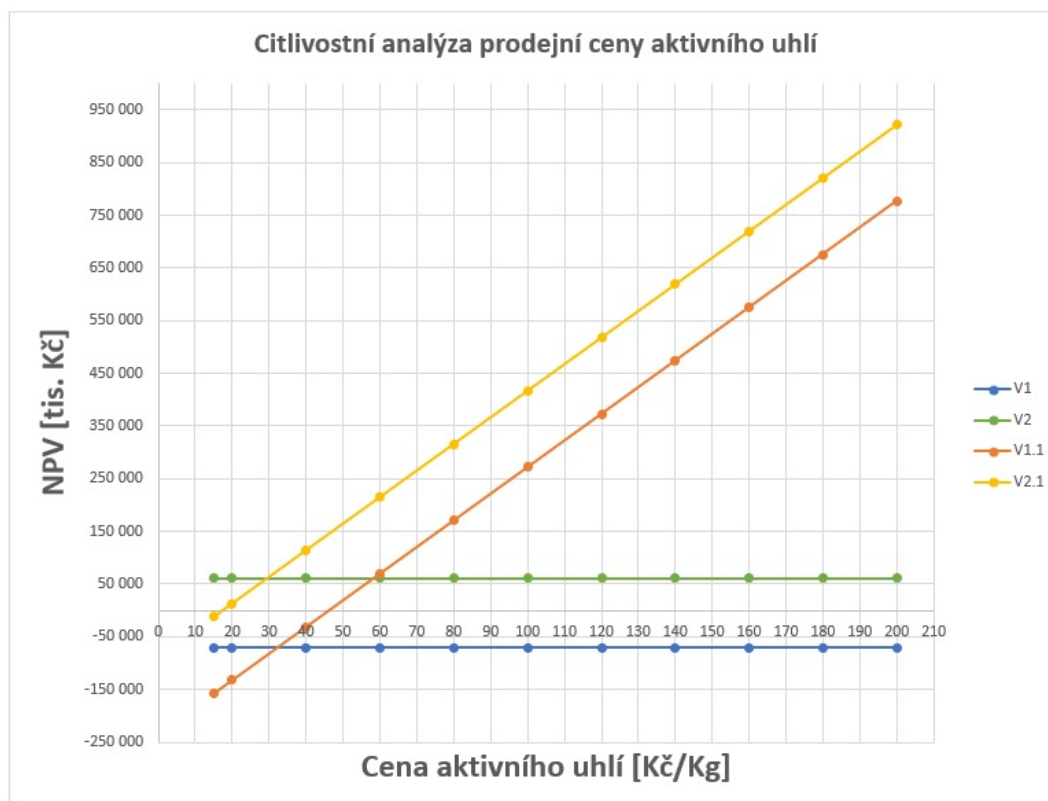
Důležitým vstupním parametrem při rozhodování jestli se vyplatí vyšší počáteční investice variant 1.1 a 2.1, které z ekonomického hlediska vychází až neuvěřitelně dobře, je prodejní cena aktivního uhlí. Tato cena se pohybuje různě od 50 Kč/Kg až do 200 Kč/Kg, v mém projektu počítám s přibližnou průměrnou cenou 120 Kč/Kg. V tabulce 4.17 uvádím spočítané NPV pro jednotlivé prodejní ceny od 15 Kč.

cena aktivního uhlí	NPV pro citlivostní analýzu			
	NPV V1.1	NPV V2.1	NPV V1	NPV V2
15	-157 472	-12 485		
20	-132 221	12 766		
40	-31 214	113 773		
60	69 792	214 779		
80	170 798	315 785		
100	271 804	416 791	-70 541	60 451
120	372 810	517 798		
140	473 817	618 804		
160	574 823	719 810		
180	675 829	820 816		
200	776 835	921 882		

Tabulka 4.17: NPV pro různou výkupní cenu aktivního uhlí za kilogram

Samotný proces aktivace uhlí záleží na tom, jak moc kvalitní a čisté aktivní uhlí má být. Dá se využívat například v průmyslu, kde slouží při výrobě pitné vody, bazénové technologii, ale také třeba v lékařství, kde požadavky na čistotu a kvalitu aktivního uhlí budou určitě mnohonásobně vyšší, což se také promítne do ceny. Za rok je pyrolýzní jednotka schopná vyprodukovat až 400 tun aktivního uhlí, musíme také brát v potaz to, jestli v rámci České republiky by jsme byli takové množství schopni každým rokem prodat. Myslím si, že v

dnešní době, kdy se aktivní uhlí používá pořád ve více a více aplikacích, by to neměl být problém.



Obrázek 4.3: Citlivostní analýza výkupní ceny aktivního uhlí

V grafu 4.3 lze vidět lineární závislost ceny aktivního uhlí a NPV variant 1.1 a 2.1. Do grafu jsem vynesl i zbylé dvě varianty 1 a 2, na které sice cena aktivního uhlí nemá vliv, ale můžeme vidět, že s klesající cenou aktivního uhlí přímka variant 1.1 a 2.1 variantu 2 protínají. Lze tedy říci, že varianta 1.1 by byla lepší možností než varianta 2, za předpokladu, že by jsme byli schopni prodávat aktivní uhlí alespoň za 60 Kč/Kg a více. Varianta 2.1 protíná variantu 2 při ceně 30 Kč/Kg. U nižších prodejních cen by bylo poté lepší zvolit variantu 2. Do záporných hodnot NPV varianta 1.1 vstupuje přibližně při 45 Kč/Kg a varianta 2.1 při cca. 17 Kč/Kg.

Kapitola 5

Závěr

V mojí bakalářské práci jsem se zaměřil na možnosti energetického zhodnocení odpadu, konkrétně na technologii pyrolytického rozkladu. Jedná se o ekologickou technologii zejména protože, při samotném pyrolýzním rozkladu je materiál elektricky ohříván, nedochází tak k procesu hoření a ke vzniku emisí. Toto téma jsem si vybral především z toho důvodu, že v následujících desetiletích bude důležité, jak bude lidstvo dále s odpadem nakládat.

Nejdříve jsem popsal o jakou technologii zpracování odpadu se jedná, jaké vznikají výstupní suroviny, které se dají dále zhodnotit a jaký odpadní materiál tímto způsobem můžeme likvidovat. V následující kapitole jsem přiblížil kogeneraci a kogenerační jednotky, jejich typy a možnosti použití.

Hlavní část mé práce je modelový projekt a jeho ekonomická efektivnost. Pro tento projekt, který jako vstupní materiál zpracovává pouze pneumatiky, jsem vymyslel čtyři různé varianty provedení, liší se především způsobem zhodnocení výstupních surovin. Porovnávám z ekonomického hlediska, zda-li by byl výhodnější přímý prodej těchto surovin, nebo jejich přímé využití pro výrobu elektrické energie v kogeneračních jednotkách. U pevné frakce, zda-li by se vyplatilo dále tuto surovinu upravit za cenu vyšších investičních nákladů. Z analýzy okolí, kde by projekt byl situován jsem zjistil, že v dané lokaci není možnost využití odpadního tepla, které vzniká v kogeneračních jednotkách při spalování pyrolýzního oleje a plynu.

Pro hodnocení a investičního rozhodování jsem u jednotlivých variant určil ekonomické ukazatele, a to čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento. Uvedl jsem jednotlivé položky investičních nákladů pro jednotlivé varianty, dále určil jednotlivé provozní náklady a ceny ze kterých vycházím při výpočtech příjmů. Vyšlo mi, že při daných cenách za výstupní suroviny nejlépe vychází varianta, kde pyrolýzní olej přímo prodáváme jako lehký topný olej, z pyrolýzního plynu vyrábíme elektrickou energii v kogenerační jednotce a pevnou frakci prodáváme jako aktivní uhlí.

Významné vstupní veličiny jsem podrobil citlivostní analýze, a to meziroční růst cen, cenu silové elektrické energie a zejména pro varianty 1.1 a 2.1 cenu aktivního uhlí. U citlivostní analýzy meziročního růstu cen je vidět, že si varianty zachovávají svoje pořadí a v případě rozhodování, by nejlépe vyšla varianta 2.1. V případě, že by investor z nějakého důvodu nechtěl variantu s aktivním uhlím, připadala by poté v úvahu nejlépe varianta 2. Cena silové elektrické energie v uvažovaném rozsahu, také nemění pořadí jednotlivých variant, z grafu lze vidět, že pokud by prodejní cena elektrické energie vzrostla nad 1650 Kč/MWh, tak by čistá současná hodnota varianty 1 byla kladná. Při pokračujícím růstu cen by protнула přímkou varianty 2, ale tak vysoké ceny elektrické energie myslím nejsou reálné. Poslední citlivostní analýzu jsem provedl na základě prodejní ceny aktivního uhlí. Pokud by se aktivní uhlí prodávalo za cenu nižší než 30 Kč/Kg u varianty 2.1 a 60 Kč/Kg u varianty 1.1, tak by se vyšší počáteční investice těchto variant nevyplatila a volil bych spíše variantu 2.

Příloha A

Literatura

- [1] Lenka JÍLKOVÁ, Karel CIAHOTNÝ a Radek ČERNÝ. Technologie pro pyrolýzu paliv a odpadů [online]. , 7 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/download.php?id=76>
- [2] 3MAR SYSTEMS A.S. TEVO - principy a parametry. Karlovy Vary, 2017.
- [3] KRBEK, J. – POLESNÝ, B. Kogenerační jednotky - Zřízení a provoz. 1. vydání. Praha: GAS s.r.o., 2007. 73 s. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [4] KRBEK, J. – OCHRANA, L. – POLESNÝ, B. Zásobování teplem a kogenerace. 1. vydání. Brno: PC-DIR Real, 1999. 143 s. ISBN 80-214-1347-6.
- [5] KARAFIÁT, J. a kolektiv. Sborník technických řešení zdrojů s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla. [online]. [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/15.pdf>
- [6] Jaroslav Knápek, Oldřich Starý, Jiří Vašíček. Zásady hodnocení ekonomické efektivity energetických projektů. [online]. [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://efekt.xf.cz/metodikaEFEKT.pdf>
- [7] LAPČÍK, Vladimír. Technologie energetického využití odpadu Tušimice: EIA. 2013.