



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROTECHNOLOGIE**

Ekonomická efektivnost malé kogenerace

Small cogeneration effectiveness

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

**Demura Aleksandra
Praha 2021**

|



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Demura** Jméno: **Aleksandra** Osobní číslo: **483854**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Ekonomická efektivnost malé kogenerace

Název bakalářské práce anglicky:

Small cogeneration effectiveness

Pokyny pro vypracování:

Popište dostupné technologie technologie malé kogenerace (do 1 MW)
Charakterizujte technickoekonomické parametry KGJ
Navrhněte způsob provozu kogeneračních jednotek pro vybrané velikosti
Proveďte ekonomickou analýzu navržených variant včetně vlivu podpor

Seznam doporučené literatury:

Dvorský, E. a Hejtmánková, P. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN - technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-118-7
IBLER, Zdeněk a kol. Technický průvodce energetika 1. a 2. díl, Praha, BEN - technická literatura, 2002
TEDOM a. s., Kogenerační jednotky - FIRMENÍ DOKUMENTACE, www.tedom.cz
Energetický regulační úřad, Podporované zdroje energie, vyhlášky a cenová rozhodnutí

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: **08.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

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

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

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

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 13.08.2021

Aleksandra Demura

Poděkování

Rada bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Jirí Vašíček, CSc. za poskytnuté rady a vstřícnost při tvorbě mé bakalářské práce. Dal bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu během studia a psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se v teoretické části zabývá popisem typů kogeneračních jednotek a jejich technologií, a také popisem ekonomických parametrů vyhodnocení. V praktické části je popsána navržená varianta pro firmu, která bude používat kogenerační jednotku, parametry kogenerační jednotky. V závěru práce je posouzení o vhodnosti použití zvolené kogenerační jednotky a ukázán vliv „zelených bonusů“ na ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova

Kogenerační jednotka, kogenerace, zelený bonus, čista současná hodnota, vnitřní výnosové procento.

Abstract

Theoretical part of this bachelor's thesis deals with a description of the types of cogeneration units and their technologies, as well as a description of the economic parameters of evaluation. The practical part proposes a variant for the company that will use the cogeneration unit and describes the parameters of the cogeneration unit. The main goal of last chapters is to evaluate effectiveness of usage the selected cogeneration unit and to show the effect of "green bonuses" on the economic evaluation.

Key words

Cogeneration unit, cogeneration, green bonus, net present value, internal rate of return.

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Princip kogenerace.....	2
2.1.	Kogenerační jednotka	2
2.2.	Typy kogenerace a popis jejich technologií	2
2.2.1.	Spalovací plynový motor	2
2.2.2.	Spalovací plynová turbína	4
2.2.3.	Parní turbína.....	5
2.2.4.	Mikroturbína	6
2.2.5.	Palivový článek	7
2.2.6.	Stirlingův motor.....	8
2.2.7.	Organický Ranlinův cyklus(ORC).....	8
2.2.8.	Trigenerace	9
2.3.	Popis male kogenerace.....	10
2.4.	Technologii, používané v male KJ.....	10
3.	Technickoekonomické parametry KJ.....	11
3.1.	Ekonomické metody pro hodnocení.....	11
3.2.	Klasifikace nákladů a výnosu kogeneračních jednotek.....	12
3.3.	Zelené bonusy malé kogenerace.....	14
4.	Návrh způsobu provozu kogenerační jednotky	17
5.	Vyber a parametry kogenerační jednotky	18
5.1.	TEDOM Micro 50 a Cento 100.....	18
6.	Parametry ekonomického vyhodnocení navržených variant	20
6.1.	Investiční náklady	20
6.2.	Provozní náklady	20
6.2.1.	Náklady související s provozem	20
6.2.2.	Palivový náklady.....	20
6.2.3.	Odpisy	22
6.3.	Provozní výnosy.....	22
6.3.1.	Zelený bonusy.....	22
6.3.2.	Výnos z prodeje elektřiny.....	23
6.3.3.	Výnos za prodej tepla.....	23
7.	Ekonomické vyhodnocení navržených variant.....	24
7.1.	Stanovení cash flow v jednotlivých letech	24
7.2.	Vypočet čisté současné hodnoty(NPV)	25
7.3.	Vnitřní výnosové procento.....	28
7.3.1.	varianta Micro 50.....	28

7.3.2.	varianta Cento 100.....	28
7.4.	Doba návratnosti	28
7.4.1.	Variantu Micro 50	28
7.4.2.	Variantu Cento 100	28
7.5.	Citlivostní analýza	29
7.5.1.	Vliv vyšší diskontu a zelených bonusu na hodnotu NPV	29
7.5.2.	Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro variantu Micro 50	31
7.5.3.	Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro variantu Cento 100	32
8.	Závěr.....	33
	Použita literatura:	34
	Seznam obrázků.....	35
	Seznam tabulek	35
	Seznam grafů	36
	Seznam rovnic.....	37

1. Úvod

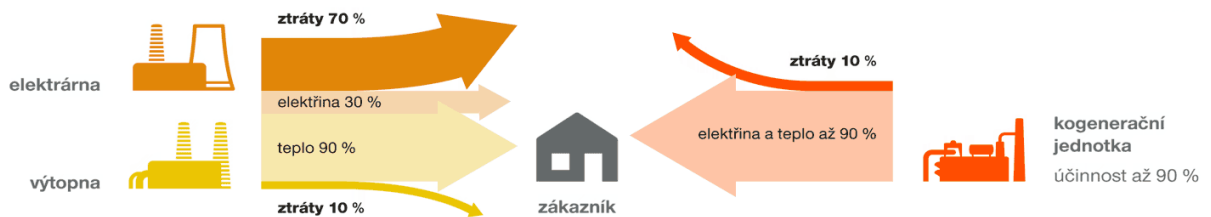
V dnešní době se musíme starat o životní prostředí kolem nás, protože je vzduch hodně znečištěn. Proto musíme začít používat alternativní zdroje energie. Jednou takovou variantou je kogenerační jednotky.

Předmětem této bakalářské práce je prozkoumat a navrhnout způsoby provozu kogeneračních jednotek pro různé velikosti vybraných strojů. Cílem práce je provádění ekonomického zhodnocení zvolených variant se vzhledem na „zelené bonusy“ od státu a zjistit, jaká varianta je výhodnější.

V úvodu této práce představím obecnou informaci o principech kogenerace a třídění ji podle technologií, používaných při výrobě. V další části ukážu technickoekonomické parametry, které obvykle používáme pro hodnocení investic. Pak navrhnu variantu provozu a dál spočítám výhodnost navržené varianty se zadanými parametry,

2. Princip kogenerace

Kombinovaná výroba energie je společná, postupná nebo současná produkce konečných forem energie přeměněných z primární formy v transformačních řetězcích a připravených k využití u spotřebitele. Nejčastějšími formami koncových energií využívaných ve spotřebě je elektrická a tepelná energie, takováto výroba se nazývá kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET, KV) nebo kogenerace.[1] Slovo kogenerace pochází s anglického co-generation.



Obrázek 1 Princip kogenerace [2]

2.1. Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je aparát, který vyrábí společně teplo a elektrický proud pomocí spalovaného paliva. Technologie kogenerace jsou rozdělena na druhy podle maximálního dosažitelného výkonu a typů využívaného paliva. Podle výkonu můžeme rozdělit do dvou skupin: velké kogenerace (teplárenství), malé kogenerace (do 5 MW_E).



Obrázek 2 Kogenerační jednotky [4]

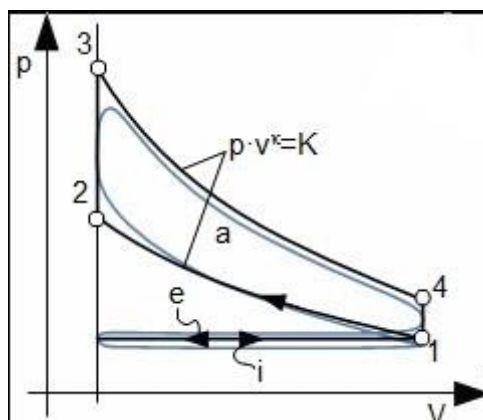
2.2. Typy kogenerace a popis jejich technologií

2.2.1. Spalovací plynový motor

Základním technologickým prvkem těchto jednotek jsou spalovací motory upraveny na plyné palivo. Spalovací motor je zpravidla pevnou spojkou spojen s elektrickým generátorem.[3]

Spalovací plynové motory je nejvíce zavedený typ primární kogenerační jednotky. V tomto typu motoru používáme pístové motory s vnitřním spalováním a dělí se na dvě skupiny podle způsobu zapalování paliva: zážehové, který používá jako palivo benzín a vznětové s používáním nafty.

Pro pohon zážehových motoru používáme zapalování vzduchu a paliva pomocí jiskry. Tepelný oběh, který probíhá při tomto zapalování, nazývá se Ottův. Ottův cyklus představuje ideální tepelní oběh, který se skládá z vratných termodynamických dějů.

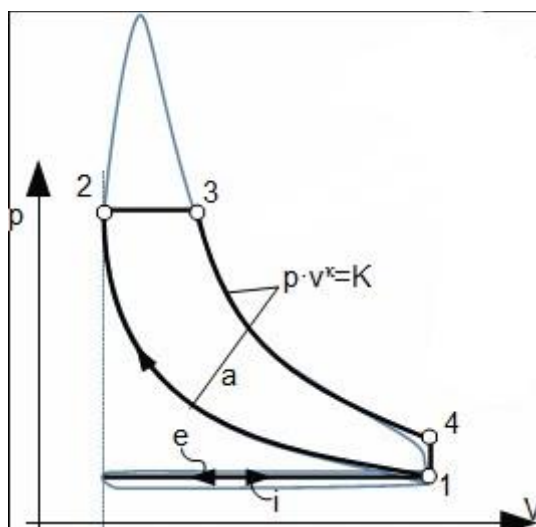


Obrázek 3 Ottův oběh-P-V diagram[10]

Na obrázku 3 je znázorněn ideální cyklus, který má plnou čáru a skuteční oběh, vyjádřeny pomocí tečkované čáry. Ve skutečnosti vidíme jiný oběh, protože motor neustále běží a kvůli tomu můžeme se jenom přiblížit k ideálnímu.

Podle P-V diagramu vidíme, že cyklus má 4 děje. V úseku („i“) vidíme podání pracovní směsi do válce. Jako druhou fází („1-2“) můžeme pozorovat izoentropickou kompresi, což znamená, že máme uzavřený ventil a stlačovanou směs. V konečném stavu této fáze musí být dosažena teplota hoření, ale společně s tím musí být tlak a teplota menší, než je teplota zapálené směsi. V následujícím ději („2-3“) směs hoří, pomocí zapalovací svíčky, která přivede k rychlému shoření paliva. Kvůli tomu tlak a teplota se zvýší na konečný stav fáze. Přičemž víme, že ideální hoření probíhá izochronicky, to znamená, že objem zůstává konstantním. Pak máme adiabatickou expanzi horkých spalin („3-4“), při které píst pohybuje dolů. Poslední fází („4-1“) větší část spalin je dopravena do výfuku a teplo se odvede. Cyklus končí v případě, když zbyly spáleny byly vytlačeny přes ventil („e“). Dále tento děj můžeme opakovat.

Pro pohon druhého způsobu, tj. vznětových motoru po dosažení zápalných hodnot, směs se zapálí sama. Do stlačeného vzduchu se píchá palivo. Oběh při tomto způsobu nazývá se Dieselův a přívod tepla prochází jenom při konstantním tlaku.

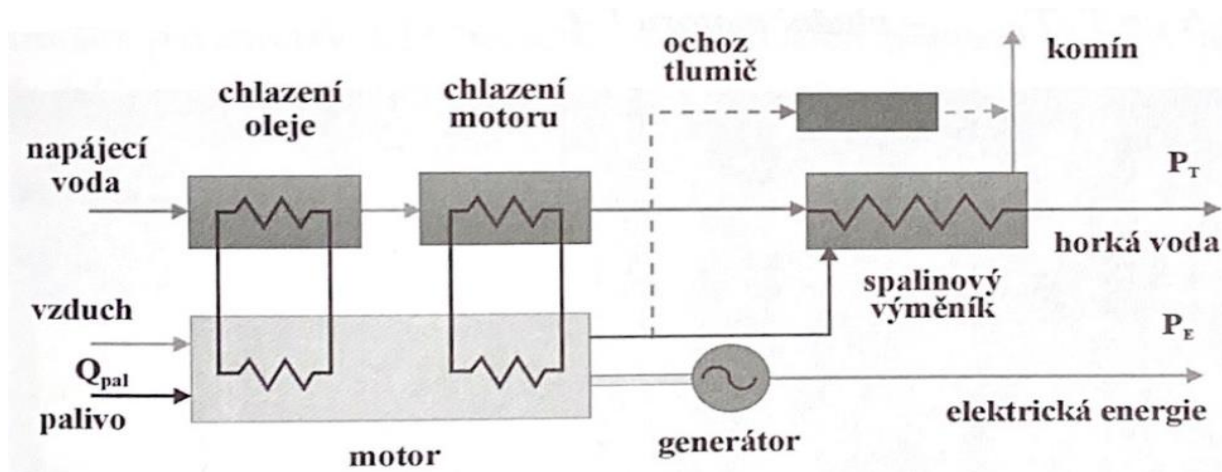


Obrázek 4 Dieselův oběh- P-V diagram[10]

Na obrázku 4 vidíme graf, který představuje tepelný ideální cyklus. V tomto cyklu odvod tepla prochází velmi rychle a při tom píst nepohybuje, přívod tepla se realizuje během expanze. Modrou čarou je označen průběh, který považujeme za reálný oběh, černou čarou máme předpokládané, tj. ideální oběh. Na rozdíl od oběhu zážehového vzletový oběh pro zažehnutí paliva musíme dosáhnout většího stlačení a na začátku stlačujeme jenom vzduch.

Oběh taky má 4 děje. Za první („i“) musíme, aby píst byl dopraven k dolní úvratí pomocí sání vzduchu a ventil musí být otevřen. Pak se ventil uzavírá a kvůli tomu dochází k izoentropické kompresi vzduchu na konci fázi 1-2 tlak a teplota musí být na bodu samovznícení vzduchu a paliva. Do stavu 3 za úkol máme dosáhnout správné rychlosti pístu k dolní úvratí, protože hoření směsi musí probíhat izobarický. V další fázi („3-4“) probíhá adiabatické rozšiřování. V poslední fázi tlak musí klesnout do hodnoty tlaku v bodě 1, to probíhá pomocí vyfouknutí přetlakem větší části spalin. Ten děj probíhá izohorický a píst se zastaví do té doby, když nedojde do požadovaného tlaku. Teplo z paliva vždycky uvolňuje se ideální izobarický.

Princip práce kogenerační jednotky využívající spalovací motor je znázorněn na obrázku 5. Jako palivo používáme nejčastěji zemní plyn, ale také můžeme se potkat případy použití bioplynu či důlního plyn. Na začátku spalujeme plyn pro výrobu elektřiny, pak z jednotlivých částí motoru a ze spalin obdařeno teplo dopravuje do spotřebitele. Plyn a vzduch podáváme do spalovací komory motoru. Motor je poháněn generátorem, který používáme pro výrobu elektrické energie. Pak ze spalinového výměníku a z části motoru dostáváme tepelnou energii, kterou dodáváme do spotřebitele.



Obrázek 5 Schema kogenerační jednotky se spalovacím motorem[1]

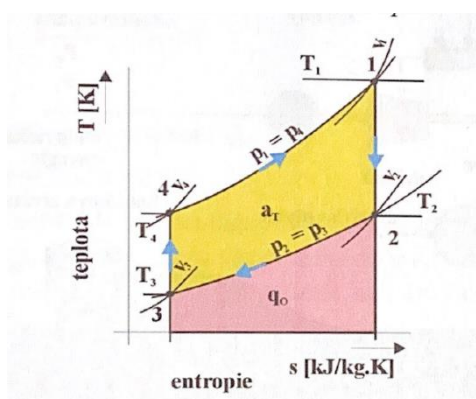
Dodávané teplo může být ve formě horké vody nebo páry o nízkých parametrech. Tepelnou energii můžeme odebírat ze 4 míst: vyfukovacích spalin, chladicí vody motoru, chlazení kompresoru spalovacího vzduchu a mazacího oleje motoru. Spaliny mohou dosahovat 450-650°C na výstupu z motoru. Skoro polovina tepla jde na chlazení motoru. Chladicí voda má teplotu 90-100°C. z celkového množství odváděného tepla můžeme regenerovat 70-80%. [1]

Za hlavní nevýhody považujeme vysoké náklady na údržbu a nutnost chladit, i když nepracuje. Jako hlavní výhody jsou nízké investice za instalovaný elektrický výkon, můžeme provádět opravy přímo v místě použití.

2.2.2 Spalovací plynová turbína

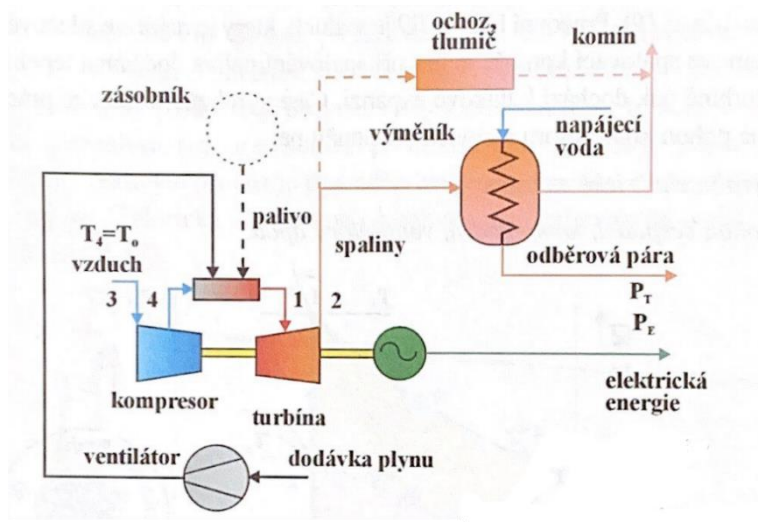
Plynové (spalovací) turbíny jsou nejpoužívanějším typem primární kogenerační jednotky, se kterým pracuje plynové turbíny se nazývá Braytonův cyklus. Braytonův oběh (cyklus) znamená to, že přívod a odvod tepla prochází při konstantním tlaku. Jako pracovní látku používáme vzduch, který na začátku stlačujeme kompresorem, při spalování paliva ve spalovací komoře dodáme tepelnou energii a pak v turbíně dojde k tlakové expanzi. Vyrobenu technickou orací můžeme použít několika způsoby: většina

práce jde na pohon kompresoru, zbytek můžeme dat například do výroby elektrické energie nebo do pohonu čerpadel, kompresorů a ventilátorů.



Obrázek 6 Braytonův oběh se spalovací turbínou[1]

Vstupní a výstupní teploty jsou vysoké, což způsobuje větší nároky na materiály.



Obrázek 7 Schéma KJ se spalovací turbínou[1]

Existuje několik důležitých výhod použití plynové turbíny. Mezi nimi je velký rozsah využitých paliv, má vysokou spolehlivost, což umožňuje dlouhodobý nepřerušovací provoz. Ale má malý počet vyrabených výkonů ve výkonovém prostředí, vysokou hlučnost, klesání výkonu z růstem teploty.

Při volbě pro požití této technologii musíme dat pozor na velikost základního zatížení, dostupnost plynu a splnění požadavek na horké plyn.

2.2.3. Parní turbína

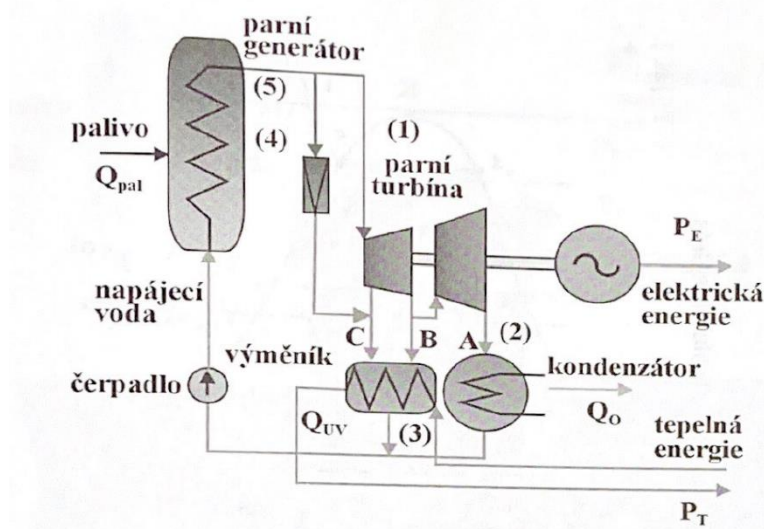
Jako další starší metodu uvedeme parní turbínu (PT) a používá většinou ve velkých kogeneracích. Při práci PT využívají Rankinův oběh. Princip tohoto oběhu spočívá v přeměně energii akumulované v páře na mechanickou. V spalovací komoře parního generátoru nebo přiváděním jiné parní turbíny, popřípadě z jiného zdroje bude procházet proces uvolňování tepelné energie. Pak v parním generátoru dochází k vytváření páry, když se energie vytvořena čerpadlem předává vodě o vysokém tlaku.

Parametry vstupní páry jsou závislé na použité teplotě. Pro získání až vysoce přehřátých pár musíme použít vysoké teploty, naopak s nízkými teplotami získáme sytou páru. V parní turbíně se rozšiřuje

výstupní pára, a tím získáváme technickou práci. Do tepelné spotřeby může vstupovat veškeré množství páry, která prochází skrz turbínu. Samotná výstupní para vstupuje do kondenzátoru nebo do tepelného výměníku.

Systémy s parními turbínami můžeme rozdělit na dvě skupiny: protitlaké a kondenzační. A to rozdělení děláme s ohledem na místo odběru tepelné energie pro dodávku tepla a množství páry podílející se na výrobě elektrické energie a tepla. Rozdíl mezi těmito skupinami spočívá v tom, že protitlaky turbíny využívají pro dodávku tepla veškeré množství páry použité pro získání technické práce a dodávají tepelnou energii, u kondenzační turbíny naopak preferuje výroba elektrické energie.

Parní turbíny mají dlouhou dobu životnosti a vysokou celkovou účinnost, ale pomalý start. [1]



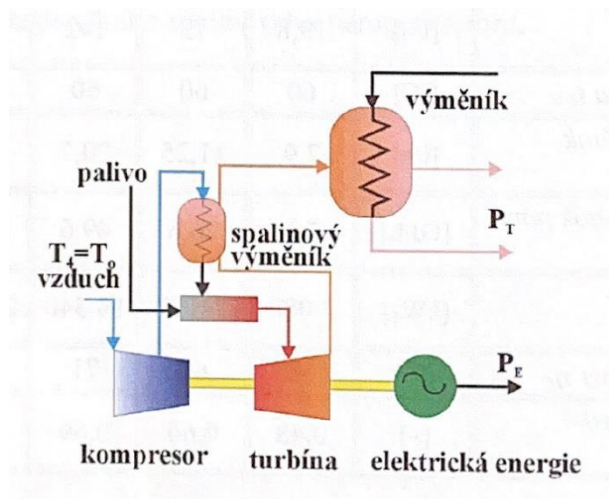
Obrázek 8 Schema KJ s parní turbínou[1]

2.2.4. Mikroturbína

Mikroturbína jednou z nejnovějších technologií, používaných u kogenerace. Pracuje na principu spalovací turbíny a mají vysokorychlostní generátory. Nova technologii spočívá v tom, že nemusíme používat převodovku, a s tím nemusíme provádět kontrolu stavu oleje a jeho doplňování a výměnu, protože rotor generátoru vydrží vysoké otáčky. Zároveň generátor bez použité převodovky lehčí a kratší. Pracuje s Braytonovým oběhem stejně jako velké plynové turbíny. V mikroturbíně používají co nejnižší teplota vzduchu do kompresoru, ale musí být větší tlakový poměr a vstupní teploty. Můžeme použít dvou hřídelové uspořádání, kdy na jednom hřídeli bude kompresor o vysokých otáčkách a na jiném turbína s generátorem. S takovým uspořádáním nemusíme upravovat elektrický proud, ale musíme využít více rotujících částí. Pro dosažení úspory místa, větší účinnosti a menších ztrát sáláním při malých výkonech v MT používá radiální proudění pracovního média. Při použití spalínového výměníku pro přehřev spalovacího vzduchu (rekuperátor) bude výrazně zvyšuje účinnost, ale snižuje se teplota využitelná při dodávce tepla.

Jako hlavní výhody KJ s použitím technologii mikroturbíny je malá hmotnost a malé rozměry, přijatelná výška hluku, jednoduchá instalace a malé náklady na údržbu, ale za hlavní nevýhodu považujeme vysoké náklady na instalaci a zakoupení stroje.

Za hlavní faktory při volbě mikroturbíny považujeme malou produkci emise, vysoký modul teplotenské výroby a koncentrace tepelné spotřeby do malé oblasti. [1] [6]



Obrázek 9 schéma KJ s mikroturbínou.[1]

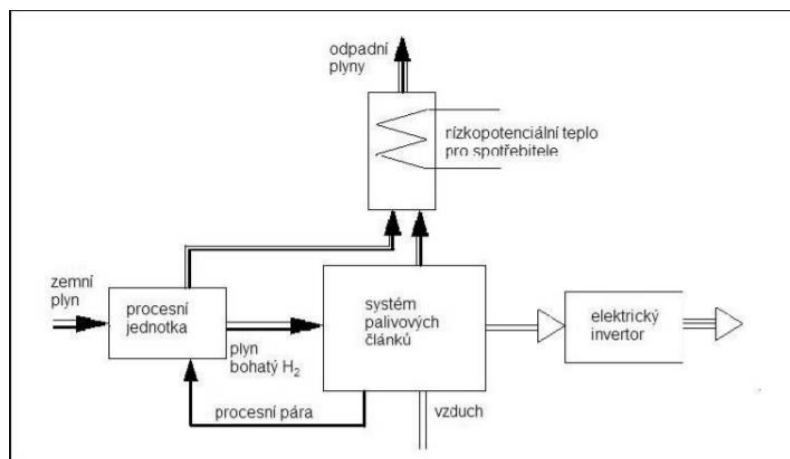
2.2.5. Palivový článek

Palivový článek představuje sebou elektrochemické zařízení, které slouží pro přeměnu chemické energie na elektrickou. S využitím elektrolytu pomoci exotermního procesu musí vyrábět elektrickou energii, kde zdrojem slouží vodík a kyslík přímo ze vzduchu.

Na obrázku 10 je znázorněn princip práce kogenerační jednotky s využitím palivového článku. Zařízení pracuje na základě elektrochemických procesů. Kogenerační soustava, kde bude využit palivový článek zahrnuje v sobě kromě článku ještě palivový procesor, měnič proudu a systém na rekuperaci tepla.

Palivový článek představuje sebou dvě elektrody, které jsou oddělené elektrolytem. Z elektrod odebíráme elektrický proud. Elektrolyt může být jak voda, tak i kapalně látky. Záporná elektroda, které říkáme anoda, přijímá vodík a kladná elektroda, katoda, přivádí k sobě kyslík. Pak rozdělujeme vodík na kladné nabitě vodíkové ionty a elektrony pomocí katalyzátorů na anodě. Kyslík je ionizovaný a dopravuje se elektrolytem k části anody, a tam stlačuje se s vodíkem.

Za nejlepší palivo pro palivový článek považuje se přímo vodík, ale s tím souvisí problém skladování. Proto používá zemní plyn. Dneska palivové články se moc nepoužívají vzhledem v velké ceně výroby. Ale v budoucnu existuje možnost snížení ceny, jestli bude probíhat hromadná výroba. Ten způsob je velmi nadějný pro kogenerační jednotky z několika hledisek. Například palivové články nemají otáčivé části, které musíme nahrazovat vždycky po dobu životnosti novými. Jsou provozně spolehlivé a velice tiché, mají velmi nízkou emisi.



Obrázek 10 Schéma zařízení pro kogenerační využití palivových článků[5]

2.2.6. Stirlingův motor

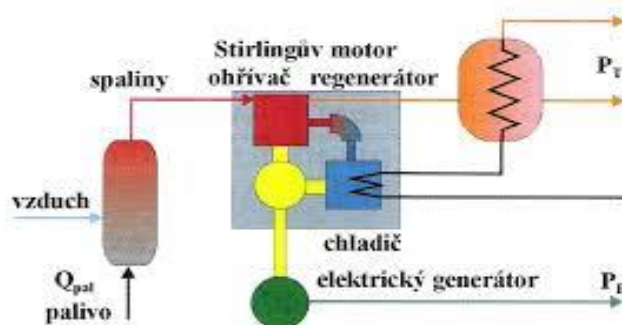
Stirlingův motor je jednou z nejstarších technologií, používaných v kogeneračních jednotkách. byl vyvinut v 19. století jako alternativa parním motorům. Tento motor jako první obsahoval generátor, který zvyšoval účinnost stroje.

Stirlingův motor je pístový motor s vnějším spalováním, ve kterém se uvolněná tepelná energie předává pracovní látce tepelného oběhu. Nejčastěji je to helium, vzduch, dusík nebo CO_2 . Látka je střídavě stlačována ve studeném válci (kompresní prostor) a expanduje v horkém válci (expanzí prostor). Teplo je přiváděno do okruhu z vnějšího zdroje přes tepelný výměník (ohřívač). [1]

Princip práce motoru spočívá ve využití horké spaliny kotle. Pracovní plyn nachází v motoru uzavřeným a zahřátím rozpíná se, tlačí na píst a otáčivý pohyb vyvolává přes klukovou hřídel. Elektrický proud získáváme pohybem v generátoru. Tímto způsobem tepelná energie se změnila na kinetickou, dále kinetická energie na elektrickou. Motor musí mít vhodně vybrány plyn, který bude dobře tepelný vodivý. Takže musí být vybraná správná tepelná roztažnost neboli jak hodně se změnil objem plynu při změně teploty. Aby pracovní médium pracoval pod vysokým tlakem, staví se přetlakový motor. [9]

Za výhody Stirlingova motoru můžeme považovat žádný dodatečný zdroj tepla, nezávislost výroby elektrické energie na tepelné, nízké emise, jednoduchost řízení. Jako nevýhody uvedeme provoz v oblasti nízkých výkonů a nízkou mechanickou účinnost.

Hlavní faktory pro volbu Stirlingova motoru je možnost požití odpadového paliva, požadavek snížené hlučnosti, mobilní umístění zdroje, vysoký modul teploty výroby.



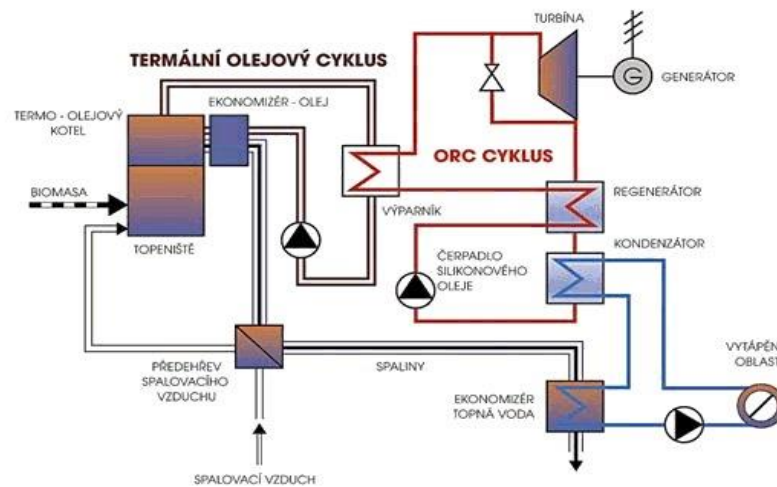
Obrázek 11 schéma KJ se Stirlingovým motorem[1]

2.2.7. Organický Rankinův cyklus (ORC)

Organický Rankinův cyklus (ORC) funguje na principu tepelného oběhu v konvekčních elektrárnách a teplárnách, ale rozdíl je v použité pracovní látce pro pohon turbín. V klasickém bloku používáme vodu, avšak u ORC se využívá směs organických sloučenin, nejčastěji silikonový olej. Tato hmota je vhodná k požití v tepelném oběhu kvůli svým termodynamickým vlastnostem. Organické látky je vhodné používat ve dvou případech: při nízkých teplotách nebo při požití nízkých výkonů.

Velkou výhodou požití oleje je to, že drží v kapalném stavu při značně nižších teplotách než voda. Do sekundárního okruhu ve výparník předává olej teplo, kde se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expanduje. Do kondenzátoru je vedena para za turbínou, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladičím vodou, která pak do objektu na této síti dodává teplo. Organické látky, které používáme jako alternativa vody v sekundárním tepelném oběhu musí splňovat předpisy a normy ve vztahu k životnímu prostředí.

Typickým využitím pro ORC je kotelny na biomasu, kde primární energie paliva využívá se na výrobu tepla a elektrické energie. Při takovém požití celková účinnost kogenerace kolem 85%, ale v klasické tepelné elektrárně účinnost dosahuje cca 30% a teplo s kondenzací odvedeno do okolí. [8]

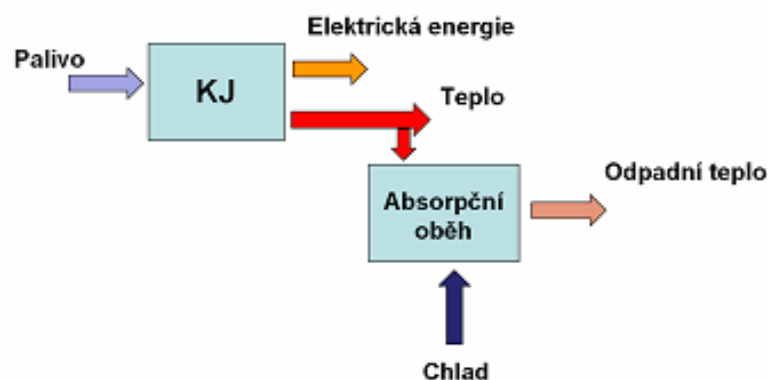


Obrázek 12 Princip ORC [8]

2.2.8. Trigenerace

Trigenerace je současná výroba tepla a elektřiny v zimě (kogenerace), rozšířená v letním období o chlazení. Teplo je v létě přeměňováno na chlazenou vodu. K chlazení není používán kompresor poháněný vyšší formou energie (kupovanou elektřinou), ale absorpční chladicí jednotka poháněná odpadním teplem ze spalovací turbíny nebo plynového motoru, vyrábějícího elektrický proud. [6]

Spojení kogenerační a absorpční jednotky je nezávislé na sobě a fyzické je to propojeno pouze v místech tepelných výměníků. Pomocí využití technologií trigenerace můžeme používat stroj delší dobu, také použití je výhodné z ekonomického hlediska. Existuje dva způsoby, kterými můžeme provést chlazení: kompresorové a absorpční. Základem kompresorového chlazení je pohlcení tepla ze systému pracovní látkou a zároveň její odpařování ve výměníku. Principu absorpčního chlazení požívá znalost, že pracující látka (voda) má při různé vypařovací teploty při odlišných tlacích. Absorpční chlazení je horší než kompresorové z několika hledisek: investiční náklady, hluk, rozměry.



Obrázek 13 Princip trigenerace [7]

2.3. Popis male kogenerace

Pod pojmem malá kogenerace rozumíme kogenerační jednotky do výkonu 5 MW, které vyrábí tepelnou a elektrickou energii v místě použití. Vyrobené teplo slouží k ohřevu vody a vytápění objektu. Malá kogenerační jednotka vyrábí energii, která bude spotřebovaná a zbytek můžeme prodávat do sítě. Nejčastěji toto zařízení instaluje do rodinných domů nebo do menších skupin budov, například školy a administrativní budovy.

Pro ohřev vody a otápění budovy malou kogenerační jednotku můžeme nahradit kotlem, ale v tomto případě budeme musít spotřebovat elektřinu od distributora přes síť. Vzhledem k vysokým nákladům na KJ ve srovnání s kotlem má smysl ji instalovat jenom tam, kde se budeme snažit co nejvíce pokrýt svůj diagram spotřeby. Podle toho kogenerační jednotku bude vhodné instalovat v místě, kde bude největší odběr tepla a elektřiny. Například penziony, malé hotely, nemocnice.

V dnešní době existuje několik výrobců malých kogeneračních jednotek. Například společnost TEDOM je jednou z největších na trhu výroby v České republice. Také velmi rozvinutá je německá firma Viessmann, která má více než 25 let zkušeností ve výrobním oboru. Ale existuje ještě velká řada podniků, které vyrábí nebo používají kogenerační jednotky, například Rolls Royce, Bosh a další.

2.4. Technologii, používané v male KJ

Existuje několik z výše uvedených technologií, které se používají při výrobě malých kogeneračních jednotek: spalovací motory, mikroturbíny, palivový články a Stirlingovy motory.

Nerozšířenějším způsobem je spalovací motory. To má několik důvodů, například cenová nedostupnost ostatních variant, proto ostatní technologii považuje spíše za doplňkové. Takže společnosti mají velkou výrobu kogeneračních jednotek se spalovacími motory, ostatní nejsou tak dostupné. Jako další příčina je velká nedostupnost součástek a servisu. Ale v budoucnu existuje velká možnost zvětšení výroby ostatních technologií z důvodu jejich významných výhod.

Velkou výhodou spalovacích motorů je jejich široké využití, například v automobilu. Také mají nízkou cenu a je už dost vyzkoušena. Jako nevýhoda je velké množství otáčivých částí, což musíme měnit po době jejich životnosti. Jako novou technologii můžeme používat palivové články s nízkou emisí, ale není to výhodné, protože mají vysoké náklady, nízkou dobu životnosti a neschopnost skladování a dopravy vodíku do KJ. Další možností je Stirlingův motor, který taky má nízkou emisii a velmi jednoduché složení. Avšak nemůžeme to použít kvůli malé zkušenosti v používání malých výkonů. Takže potřebují vnější přívod tepla. Jako poslední typ je kogenerační jednotky využívající mikroturbínu. Z hlediska servisu má výhodu v menším počtu rotujících částí, což znamená lehkou údržbu, ve svých rozměrech je malá. Ale jak ostatní nové technologie nemá velkou výrobu a je používána zejména v nějakých výzkumech.

Nejrozšířenějším typem paliva je zemní plyn. Používáme ho, protože má jednoduchou dopravu do místa nacházení kogenerační jednotky, z ekonomického hlediska, což je nízká cena a velké množství dodavatelů, má také velký plus. Navíc nemusím provádět nějakou úpravu navíc před použitím. Jako další paliva se používají bioplyn, nafta nebo benzin pro spalovací motory či dūlní plyn. Ale použití biologických paliv je složité z důvodu velkých technologických požadavků. Navíc skoro všechny výrobce počítají s zemním plynem, když počítají dobu životnosti.

3. Technickoekonomické parametry KJ

3.1. Ekonomické metody pro hodnocení

Před instalaci a začátkem provozu kogenerační jednotky musíme posoudit o výhodnosti instalace vybrané KJ oproti dalším variantám výrobku a jiným možnostem, které můžeme použít pro pokrytí požadované spotřeby energie. Když musíme posuzovat o výhodnosti instalace a využití určitého typu podání energetického produktu, budeme respektovat jejich dlouhodobost. Také si musíme pamatovat jiné obecné zásady ekonomických výpočtů. Například při těchto výpočtech musíme použít správná kritéria ekonomické efektivnosti. Také nesmíme zapomenout na daňové souvislosti, důsledky financování, nalezení správného hlediska pro hodnocení vybrané varianty. Dále důležité věci jsou výpočet peněžního toku, tak zvaného cash flow (CF) a počítání se všemi položkami, jako výnos kapitálu, diskont a podobné.

Pro ekonomické hodnocení a porovnání vybraných kogeneračních jednotek je vhodné použít několik ukazatelů: doba návratnosti, aktualizace finančních toku (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR). Teď ukážeme blíže každý ukazatel.

Doba návratnosti ukazuje, kolik musíme mít v provozu kogenerační jednotku, aby se vrátili všechny investice. Splátky jsou suma všech zisku nebo úsporek, které vzniklo v provozu vybrané varianty. Tento ukazatel je nejvíce používán při hodnocení variant a předpokládáme, že zisk nebo energetická úspora bude konstantní každý rok nebo v ideálním případě bude růst.

Značíme dobu návratnosti jako PBP a má vztah:

$$PBP = \frac{N_{i,c}}{Z_r} = \frac{N_{i,c}}{\Delta N_{c,r}} [\text{roky}]$$

Rovnice 1 Doba návratnosti

Kde $N_{i,c}$ jsou celkové investiční náklady

$\Delta N_{c,r}$ jsou celkové roční úspory nákladů.

Ale tato metoda nebere v potaz časovou hodnotu peněz.

Aktualizace finančních toku označuje obvykle jako NPV (Net Present Value) a vyjadřuje čistou současnou hodnotu všech peněžních toků, které souvisí s projektem do kterého investujeme.

Vyjádříme to pomocí vztahu:

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

Rovnice 2 NPV (Net Present Value)

kde CF_t jsou tok hotovosti v čase t

r jsou diskontní sazba

t jsou čas, který počítáme.

Jestli hodnota NPV bude záporná, tak můžeme považovat projekt za ekonomicky nevýhodný. V případě, když budeme mít ve výsledku 0, tak se výnos bude rovnat zvolenému diskontu, což znamená, že jsme dosáhli očekávaného výsledku. Je-li NPV větší než nula, budeme mít větší zisk z investic s nárůstem čisté současné hodnoty. Diskontní sazba se může měnit v průběhu životnosti investice.

Vnitřní výnosové procento, které se značí jako IRR(Internal Rate of Return). Tato hodnota vyjadřuje diskontní míru, při které čistá současná hodnota se rovná nule.

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

Rovnice 3 IRR(Internal Rate of Return)

Ve skutečnosti IRR vyjadřuje hodnotu, při které NPV se rovná nule. Proto můžeme říct, že čím větší výsledné procento budeme mít, tím výhodnější bude investice. Tato metoda je přesnější, než ostatní, ale má několik obtížností. Spočívá to v tom, že křivka NPV může protknout osu ve dvou místech, což bude znamenat, že IRR bude mít dvě hodnoty. Ve skutečnosti ukazuje, že vnitřní výnosové procento bude ležet uvnitř křivky nebo vně..

3.2.Klasifikace nákladů a výnosu kogeneračních jednotek

Pro ekonomické vyhodnocení musíme rozdělit finanční položky, které jsou spojeny s instalací a provozem a dalšími parametry kogenerační jednotky. Můžeme to rozdělit do dvou skupin:

- Výdajové
- Příjmové

Výdajovou část také můžeme roztrždit na:

- Náklady
- Výdaje

Pod pojmem náklady rozumíme finanční záležitosti související se spotřebou materiálu, mzdami nebo odměnami za práci, kterou vykonává pracovník pro instalaci, údržbu a další. Do pojmu náklady můžeme zahrnout jenom položky, který lze spojit s instalací a provozem kogenerační jednotky.

Výdaje představuje sebou hodnotu peněz, která snižuje zisk, tj tady můžeme mluvit o úrocích z půjček ap od.

Příjmové položky souvisí s získáním částky, která realizuje se pomocí práce KJ. Příjmy mohou vzniknout prodejem energie nebo tepla z kogenerační jednotky. Při stanovení prodejní ceny musíme respektovat všechny náklady v tomto období a obdržení zisku.

Část příjmů za určitý úsek času tvoří výnosy. Výnosy vznikají u komerčních variant kogeneračních jednotek v důsledku vzniku prodejních komodit.[1]

Za celkové výnosy považujeme součet všech jednotlivých výnosů.

Za další klasifikace považujeme rozdělení nákladů, což můžeme dát do dvou skupin:

- Náklady na výstavbu – jednorázové náklady, který souvisí s investicí do kogenerační jednotky.
- Náklady na provoz - proměnný náklady, který souvisí s provozem a závisí na změně nákladových položek a využití KJ.

Jako další můžeme rozdělit náklady do skupin, které souvisí s boudami vstupujícími do výrobního procesu:

- Materiálové náklady – zahrnují v sobě náklady na materiály a takže odpisy, služby apod.
- Mzdové náklady – souvisí s lidskou prací pro údržbu, případné opravy apod,
- Ostatní náklady – do této skupiny nákladů můžeme dát úroky, pojištění, sociální příspěvky a tak dále.

Výrobní náklady tvoří se součet všech třech typů nákladů. Pomocí provozních nákladů můžeme posoudit o výhodnosti jednotlivých variant mezi sebou.

Za další členění nákladu považujeme závislost na objemu výroby. A to můžeme rozdělit na:

- Stálé náklady – část nákladů, která nezávisí na objemu vyrobené produkce. Do této skupiny patří odpisy, mzdy, náklady na opravu a údržbu.
- Proměnné náklady – tvoří část nákladů, která se mění s objemem výroby. Do proměnných nákladů můžeme dát náklady související s dopravou, materiálem apod.

Také velkou část nákladu tvoří investiční náklady. Obvykle se dělí do třech skupin:

- Kapitálové (náklady na pořízení) – souvisí pouze s cenou kogenerační jednotky od dodavatelů
- Připojení (náklady na instalace) – vznikají v místě instalace KJ. Představují sebou náklady na stavební úpravy, připojení zařízení do spotřeby tepelné a elektrické energie.
- Projektové – má v sobě náklady na zaškolení pracovníků, další poplatky za instalaci, zahrnuje také i dodatečné náklady, což jsou například bankovní poplatky a tak dál.

Za velké provozní náklady považujeme odpisy. Investor vždycky bude chtít, aby vložené peníze byly s co možná nejmenší dobou návratnosti. A proto je vhodné použít splácení velké investice do více let. Toto rozložení na příslušné části investičních prostředků je většinou dáni dobou životnosti kogenerační jednotky a příslušná část se nazývá odpis.[1]

V části odpisu zavedeme několik důležitých pojmů. Na začátku vysvětlíme termín doba odepisování.

Doba odepisování je rozdělena do skupin, pro které je stanoven určitý počet let pro odepisování. V České Republice daňový zákon rozděluje investice do šesti skupin.

Odpisová skupina	Doba odepisování	Příklad odpisovaného majetku
1	3 roky	Chovná zvířata, kancelářské stroje a počítače, elektrické přístroje pro telefonii nebo telegrafii po vedení včetně faxů, Měřicí, kontrolní, zkušební, navigační a jiné přístroje a zařízení kromě: vah, kreslicích a rýsovacích přístrojů a nástrojů pro měření délky, ... atd.
2	5 let	Vysílací přístroje, motorová vozidla pro přepravu 10 a více osob, jeřábové automobily, dvoustopá motorová vozidla osobní, generátorová soustrojí se zážehovými a spalovacími motory a ostatní generátorová soustrojí do 2,5 MW elektrického výkonu atd.
3	10 let	Prefabrikované betonové části a celky, ocelové konstrukce stožárů a sloupů, trezory, parní kotle, vznětové motory, turbíny, hydraulické a pneumatické pohony, vzduchové kompresory, pece, elektromotory, trafostanice, lodě, vrtulníky, letouny, kosmické lodě atd
4	20 let	Budovy ze dřeva, oplocení, sila, svršky drah věže, komíny, vedení trubní, telekomunikační a elektrická, koupaliště, konstrukce vinic atd
5	30 let	Budovy, komunikace, plochy letišť, mosty, tunely, akvadukty, nádrže, jímky, vrty a studny, lanové dráhy, byty a nebytové prostory atd.

6	50 let	Budovy hotelů, administrativní a obchodních domů, podzemní budovy, muzea, knihovny, kostely, historické a kulturní památky atd.
---	--------	---

Tabulka 1 - odepisování investičních nákladů[12]

Také existuje dva způsoby provádění odpisů:

- Rovnoměrné odepisování – v prvním roce stanoví se maximální procento odpisu od pořizovací části ceny a ve všech ostatních rocích se dělí rovnoměrně,
- Zrychlené odepisování – v tomto typu odepisování se přiřazuje koeficient zrychleného odepisování. V prvním roce odpisová část daná se podílem pořizovací ceny a prorazného koeficientu. V dalších letech to je podíl dvojnásobkem zůstatkové ceny a rozdíl mezi přirozeným koeficientem a počtem let, po které to už bylo odepsáno.[1]

Jako další termín je důležitý odepisovat oprávněnost. Ona je daná výškou pořizovací investic a záleží na poskytnuté státem dotace nebo jiných typech rozpočtů.

Za poslední rozdělení nákladů považujeme provozní náklady. Hodnota provozních nákladů zaleží na typu kogenerační jednotky, typu připojení do systému podání paliva. Jejich velikost může značně ovlivnit investiční náklady. Například můžeme snížit náklady na úpravu a údržbu instalováním monitorovacích a diagnostického systému. Provozní náklady se dělí na:

- Palivové náklady - tato část má největší náklady, může dosáhnout až 80% všech provozních nákladů. Náklady na palivo bude většinou hlavní pro rozhodování o instalace kogenerační jednotky. Cena paliva se sklada nejenom z ceny samotného paliva, ale také z ceny na skladování, dopravu, úpravu. Vývoj cen paliva během provozu může vážně ovlivnit dobu návratnosti kogenerační jednotky, proto je určité dobře zvolit osvědčený palivový zdroje nebo dodavatele. Nejlepší varianta je zajištění připojení k distributorů, proto že doprava nabývá poměrně vysokých hodnot.
- Mzdové náklady – budou vždycky úměrné výkonu, který přináší kogenerační jednotka a použitému palivu.
- Náklady na opravu a údržbu – záleží na typu používaného paliva, druhu použitého motoru. Výrobce vždycky uvádí dobu, po které musí projít kontrola stavu kogenerační jednotky a případná výměna. Špatné provozní podmínky, odstavení a další podobní příčiny mohou způsobit zmenšení doby provozu, tím zvětšuje četnost oprav a kontrol.
- Materiálové náklady – vždycky bude zaležet na typu motoru, který používáme v kogenerační jednotce a druhu paliva.
- Náklady na nákup energie – bude vznikat jen když kogenerační jednotka vyrábí menší energie, než potřebujeme pro provoz.
- Ostatní náklady – zahrnuje administrativní náklady, pojištění apod.

3.3.Zelené bonusy malé kogenerace

V České Republice existuje zákon, který klasifikuje typy podporovaných zdrojů energii. Podle toho zákona energetický regulační úřad každý rok stanoví cenové rozhodnutí pro podporu. Ale vyplacení tech dotací není garantováno po celou dobu životnosti kogenerační jednotky, proto málo kdo investuje do rozvoju, výroby a instalace KJ. Avšak rok od roku roste celková cena, která byla vyplacena uživatelům.

V tabulce 1 můžeme pozorovat vyšší podpor, stanoveny pro rok 2020. V používaném systému existuje dva typy kogeneračních jednotek podle kterých prochází rozdělení. Jsou to malé výkony, tj do 5 MW, a velké výkony, tj nad 5 MW. Vzhledem k tomu, že ve své bakalářské práci se zabývám malými výkony mám uvedenou tabulku pro výkony do 5 MW. Jak vidíme, tabulka je rozdělená do dvou větších skupin. Rozdíl

spočívá v tom, že druhá část se zabývá podpořením elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů a důlního plynu z uzavřených dolů(bod 1) a spalováním důlního plynu z otevřených a uzavřených dolů(bod 2.1) . Také z tabulky plyne, že sazba podpory je rozdělena do tří skupin podle instalovaného výkonu a pak každá z těchto skupin se dělí ještě na dvě podle provozních hodin. Druhá velká skupina má jenom jednu kategorii instalovaného výkonu a počet provozních hodin. Také z tabulky můžeme udělat závěr, že s rostoucí instalovanou výkonu a provozních hodin klesá výše zeleného bonusu, který je vyplacen za MWh.

Podporované druh energie	Instalovaný výkon výrobný[kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky[h/rok]	Zelené bonusy[Kč/MWh]
	Od	Do(včetně)		
Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	200	3000	1177
	0	200	4400	758
	200	1000	3000	808
	200	1000	4400	441
	1000	5000	3000	518
	1000	5000	4400	210
Elektřina z KVET vyroben ve výrobně elektřiny současně podporován podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	5000	8400	45

Tabulka 2 – výše zeleného bonusu rok 2021- základní sazba[11]

Takže kromě základní sazby existuje doplňková, která může být vyplacena jenom v případě, že používán pro spalování ekologické palivo, například čistá biomasa, důlní plyn nebo bioplyn.

Podporované druh energie	Datum uvedení výrobný do provozu		Instalovaný výkon výrobný[kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Zelené bonusy[Kč/MWh]
	od(včetně)	Do(včetně)	od	Do(včetně)		
Výrobní elektřiny spalující čistou biomasou	1.1.2013	31.12.2013	0	5000	O	100
Výrobní elektřiny spalující(samostatně) plyn ze zplynování pevné biomasy	1.1.2013	31.12.2015	0	2500	O	455
Výrobní elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici	1.1.2013	31.12.2013	0	2500	AF	455
Výrobní elektřiny spalující důlní plyn	1.1.2013	31.12.2015	0	5000	-	455
Výrobní elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	-	31.12.2012	0	5000	-	155

Výroba elektřiny spalující(samostatně) plynné palivo s výjimkou OZE a DZ	-	31.12.2020	0	5000	-	455
---	---	------------	---	------	---	-----

Tabulka 3 – výše zeleného bonusu rok 2020- doplňková sazba[11]

Celková výše podpor počítané podle vztahu:[11]

$$C_{zb} = E_{KVET} * (ZB_{zakl} + ZB_{dopl})$$

Rovnice 4 Celková výšší podpor

Kde C_{zb} celková výše podpor na elektřinu z KVET

E_{KVET} množství elektřiny z KVET

ZB_{zakl} základní sazba zeleného bonusu

ZB_{dopl} doplňková sazba zeleného bonusu

Ale systém vyplacení zelených bonusu určitě má několik nedostatků. Jako první podle mého názoru je to, že nemůžeme předpokládat, jak bude vypadat podpora v následujících letech nebo bude-li vůbec. Vzhledem k tomu, že nákup kogeneračních jednotek je to dlouhodobá investice, většina lidí nechtějí kupovat a tím zpomaluje rozvoj nových technologií pro kogenerační jednotky. Další mínus je omezení podle provozních hodin. To může mít špatný vliv kvůli tomu, že uživatel se bude snažit co nejmenší dobu používat kogenerační jednotku, aby získal co největší podporu. Jako hlavní cíl KJ je výroba tepla, pak zbytek je elektřina, ale omezení času provozu bude znamenat, že výrobce adaptuje nový produkt vzhledem k vyplacení zelených bonusu, ale musí se zlepšovat v efektivnosti provozu. Kvůli zmenšenému času provozu se vyskytuje nedostatek tepla a elektřiny a proto musíme nahradit to například nákupem ze sítě. Také problém tvoří přísné hranice mezi instalovanými výkony. Například rozdíl ve 2 KW mezi dvěma kogeneračními jednotkami není tolik viditelný, ale jestli jsou ve dvou různých skupinách, tak podpora se snižuje skoro 2 krát.

4. Návrh způsobu provozu kogenerační jednotky

Male kogenerační jednotky se používají například v penziónech a hotelích, nemocnicích, domovech důchodů.

Ve své práci jsem zvolila při výpočtu postup, při kterém elektrickou a tepelnou energii, kterou vyrábí kogenerační jednotka budeme prodávat dodavatele.

Zvolila jsem dvě různé kogenerační jednotky, kteří spadá do jedné skupiny zelených bonusů, ale patří k odlišným skupinám vzhledem k investičním nákladům.

5. Vyber a parametry kogenerační jednotky

5.1. TEDOM Micro 50 a Cento 100

Jako kogenerační jednotky jsem zvolila zařízení od firmy TEDOM, protože je to jeden z největších a nejvýznamnějších podniků v České Republice.

První KJ má elektrický výkon 50 kW, jmenovitý tepelný výkon je 88,5 kW, .Druha KJ má elektrický výkon 104 kW, jmenovitý tepelný výkon dosahuje 142 kW

Parametry kogenerační jednotky Micro 50 vidíme v tabulce 4.

elektrický výkon, kW	50,00
tepelný výkon, kW	88,50
tepelná účinnost, %	60,60
eklektická účinnost, %	34,20
celková účinnost, %	94,80
spotřeba plynu, m ³ /h	15,60

Tabulka 4 – parametry KJ Micro 50

Parametry kogenerační jednotky Cento 100 jsou uvedeny níže v tabulce 4.

elektrický výkon, kW	104
tepelný výkon, kW	166
tepelná účinnost, %	55,3
eklektická účinnost, %	34,7
celková účinnost, %	90
spotřeba plynu, m ³ /h	31,7

Tabulka 5 – parametry KJ Cento 100

Dalším důležitým parametrem byla zvolena doba provozu kogenerační jednotky. Vzhledem k tomu, že se v bakalářské práci zabývám vlivem tak zvaných zelených bonusů, zvolíme maximálně možný počet pracovních hodin v každé skupině, tj 3000 hodin za rok a 4400 hodin za rok.

doba použití za rok, h	3 000,00
množství vyrobené elektrické energii, MWh	150,00
množství vyrobené tepelné energii, MWh	265,50

Tabulka 6 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně Micro 50

elektrický výkon, kW	104,00
tepelný výkon, kW	142,00
tepelná účinnost, %	50,50

Tabulka 7 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně Cento 100

doba použití za rok, h	4 400,00
množství vyrobené elektrické energií, MWh	220,00
množství vyrobený tepelný energií, MWh	389,40

Tabulka 8 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně Micro 50

doba použití za rok, h	4 400,00
množství vyrobené elektrické energií, MWh	457,60
množství vyrobený tepelný energií, MWh	624,80

Tabulka 9 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně Cento 100

Dobu životnosti zařízení stanovíme na 20 let.

6. Parametry ekonomického vyhodnocení navržených variant

Pro ekonomické vyhodnocení je nutno znát několik parametrů, které budeme uvádět v následujících kapitolách. Veškeré parametry byly počítány bez DPH.

6.1. Investiční náklady

Největší částku investičních nákladů dodáme na samotnou kogenerační jednotku. Obvykle se prodává s potřebnými materiály, ale vždycky musíme uvažovat náklady na instalaci, vybudování místa.

Při výpočtu jsem používala hodnoty, který byly uvedeny v návrhu u technicko - ekonomických parametrů pro stanovení provozní podpory od roku 2022 Energetickým regulačním úřadem. V ceně zahrnuta cena na jednotku, instalování a náklady na technologickou a stavební část. V případě kde výkon kogenerační jednotky 50 KW a menší uvažujeme za hodnotu investičních nákladů cenu 70000 Kč/kW, tj investiční náklady u varianty Micro 50 je 3500000 Kč. U kogeneračních jednotek ve výkonu 50-200 kW výši investičních nákladů je 40000 Kč/kW, tj celkové náklady je 4160000 Kč.

6.2. Provozní náklady

6.2.1. Náklady související s provozem

Vzhledem k tomu, že kogenerační jednotka se skládá z motoru, který má v sobě pohybuující se části, musíme pravidelně provádět údržbu a servisování. Náročnost a četnost oprav zaleží na typu provozovaného motoru, instalovaného výkonu. V rámci servisu rozumíme provádění kontroly zařízení a výměnu oleje, zapalovacích svíček apod jako je například ve spalovacích motorech. Podle návrhů technicko - ekonomických parametrů pro stanovení provozní podpory od roku 2021 Energetického regulačního úřadu měrné provozní náklady u jednotek ve výkonu 50 KW a menší je 1,2 Kč/kW, u jednotek ve výkonu 50-200 kW hodnota je 0,6 Kč/kW.

celkove náklady související s provozem		
varianta 1.1	180000	Kč
varianta 1.2	264000	Kč
varianta 2.1	187200	Kč
varianta 2.2	274560	Kč

Tabulka 10 – přehled náklady souvisejících s provozem

6.2.2. Palivový náklady

Palivové náklady je nejvýznamnější část provozních nákladu. Cena paliva značně ovlivňuje složku provozních nákladů a tím i dobu návratnosti investic do kogenerační jednotky.

V našem případě používáme zemní plyn, který je dodáván od distributora přímo do kogenerační jednotky.

Jak vidíme z obrázku 14 se cena skládá z regulované a neregulované složky. Neregulovaná složka má v sobě variabilní a fixní část.



Obrázek 14 Přehled skladby konečné ceny za služby související s dodávkou plynu[11]

Neregulovaná složka se skládá z variabilní a fixní části. Fixní část zahrnuje v sobě pravidelné platby, které nezáleží na množství odebraného plynu a mají stanovenou část ve smlouvě. Variabilní část má v sobě cenu za použitý plyn, který zařazuje i cenu komodity za odebraný zemní plyn.

Podle cenového rozhodnutí energetického regulačního úřadu regulovaná částka ceny plynu uvedená v tabulce 10:

Regulovaná část ceny plynu		
Cena za přepravu plynu		
Cena za odebraný plyn	0,78	Kč/MWh
Cena za distribuci plynu		
Roční cena za denní rezervovanou pevnou distribuční kapacitu	115 480,21	Kč/tis. m ³
Cena za distribuovaný plyn	110,90	Kč/MWh
Cena za činnosti operátora trhu		
Cena za činnost zúčtování	1 000,00	Kč/měsíc
Cena za zúčtování	1,07	Kč/MWh
Cena za poskytování skutečných hodnot účastníkům trhu	1 000,00	Kč/měsíc
Cena za zobchodované množství plynu	0,30	Kč/MWh

Tabulka 11 – regulovaná část ceny zemního plynu[11]

Jako základní cenu plynu jsem zvolila tarif od distributora Pražská energetika, a.s., kde plyn stojí 30,64 Kč/m³.

Pro náš případ celkové náklady na palivo v první variantě, kde je provoz 3000 hodin ročně budou 1021968Kč, při provozu 4400 hodin 1497953 Kč a v druhém případě, kde je provoz 30000 hodin ročně, cena na zemní plyn bude 1638559 Kč, při provozu 4400 hodin 2402287 Kč.

6.2.3. Odpisy

Podle Zákonů o daních z příjmů - Odpisy hmotného majetku, Předpis č. 586/1992 Sb. můžeme uplatnit pro kogenerační jednotku daňový odpis. Námi zvolená kogenerační jednotka padá do 2.odpisovy třídy, protože se zapojuje do kategorie „spalovací motory a ostatní generátorová soustrojí do 2,5 MW elektrického výkonu“. Podle zákona doba odepisování je stanovena na úrovni 5 let. A podle zákona v prvním roce odepisujeme 11% pořizovací ceny, v dalších letech to procento je ve výši 22,25% z pořizovací ceny. A odepisujeme lineární.

Kvůli tomu, že investiční náklady počítáme závisle na instalovaném elektrickém výkonu, odpisy u variant 1.1 a 1.2 budou stejné, protože varianty se liší jenom dobou provozu. Stejně v případě variant 2.1 a 2.2.

celkové investiční náklady	3500000
odpisy 1.roku	385000
odpisy 2.roku	778750
odpisy 3.roku	778750
odpisy 4.roku	778750
odpisy 5.roku	778750

Tabulka 12 – přehled daňových odpisu variant 1.1 a 1.2

Stejně v případě variant 2.1 a 2.2.

celkové investiční náklady	4160000
odpisy 1.roku	457600
odpisy 2.roku	925600
odpisy 3.roku	925600
odpisy 4.roku	925600
odpisy 5.roku	925600

Tabulka 13 – přehled daňových odpisu variant 2.1 a 2.2

6.3. Provozní výnosy

6.3.1. Zelený bonusy

Jak už bylo uváděno v kapitole 3.3. výše zelených bonusů pro kogenerační jednotky ve výkonu od 0 do 200 kW pro provoz 3000 hodin ročně a méně, činí 1177 Kč/MWh, pro dobu použití menší než 4400 hodin ročně a větší než 3000 hodin ročně, podpora činí 758 Kč/MWh. Výše zelených bonusů pro kogenerační jednotky ve výkonu od 200 do 1000 kW

Podle těchto údajů můžeme spočítat hodnotu podpory. V variantě 1.1 176550 Kč, při době provozu 3000 hodin, podpora činí 176550 Kč, v variantě 2.1 při stejné době provozu výši podpory 367224 Kč. Při době provozu 4400 hodin v variantě 1.2 podpora je 166760 Kč, u varianty 2.2 podpora činí 346861 Kč.

6.3.2. Výnos z prodeje elektřiny

V své práci mám jenom výpočtový model, takže budu prodávat všechnu elektrickou energii.

Výkupní cena se neustále mění na burze, a proto nemůžeme předpokládat cenu do budoucna, můžeme ji jenom zvětšovat o 3 %, což je meziroční růst cen. Proto budeme prodávat za cenu, kterou aktuálně máme na burze.

Tímto způsobem dosáhneme v variantě 1.1 688500 Kč, v variantě 1.2 1009800 Kč, v variantě 2.1 1432080 Kč, v variantě 2.2 2100384 Kč.

6.3.3. Výnos za prodej tepla

Za výkupní cenu za teplo budeme považovat střední cenu ve výši 500 Kč/GJ. Podle toho dostaneme v variantě 1.1 477900 Kč, v variantě 1.2 700920 Kč, v variantě 2.1 653314 Kč, v variantě 2.2 1405350 Kč.

7. Ekonomické vyhodnocení navržených variant

7.1. Stanovení cash flow v jednotlivých letech

V tabulce 14 vidíme Cash Flow, tj výkaz peněžních toků v jednotlivých letech, pro variantu Micro 50, ve které v provozu kogenerační jednotka 3000 hodin ročně.

Určitě při výpočtu bereme v úvahu meziroční růst cen, který byl stanoven na hodnotu 3 %. Zvolení procenta bylo takovým kvůli aktuálně hodnotě inflace. Jako výjimka jsou odpisy, na ně se ten růst cen nevztahuje.

Diskont jsem stanovila ve vyšší 10 %. Protože nominální diskont musí v sobě mít inflaci, reálný výnos na riziko. Z toho plyne, že reálný diskont je 7 %, tj nominální diskont, ze kterého odečteme meziroční inflaci.

Jako příklad jsem ukázala výpočet Cash flow pro nultý a dalších pět let. Ostatní doba životnosti se počítá stejným způsobem.

	0	1	2	3	4	5
investice	3 500 000,00					
provozní náklady Kč		1 586 968,20	2 016 777	2 053 918	2 092 173	2 131 576
Palivové náklady		1 021 968,20	1 052 627	1 084 206	1 116 732	1 150 234
náklady související s provozem		180 000,00	185 400	190 962	196 691	202 592
odpisy		385 000,00	778 750	778 750	778 750	778 750
Provozní výnosy Kč		1 342 950,00	1 383 238,50	1 424 735,66	1 467 477,72	1 511 502,06
Zelený bonus		176 550,00	181 847	187 302	192 921	198 709
výnos z prodeje elektřiny		688 500,00	709 155	730 430	752 343	774 913
výnos z prodeje tepla		477 900,00	492 237	507 004	522 214	537 881
daňový základ		-244 018,20	-633 539	-629 182	-624 695	-620 074
daň z příjmu		-46 363,46	-120 372,36	-119 544,66	-118 692,12	-117 814,01

Tabulka 14 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně pro Micro 50

V tabulce 15 vidíme Cash flow pro variantu Micro 50, tj s provozem 4400 hodin ročně.

Počítala jsem to stejným způsobem jako v tabulce 14.

	0	1	2	3	4	5
investice	3 500 000,00					
provozní náklady Kč		2 146 953,37	2 593 562	2 648 006	2 704 084	2 761 844
Palivové náklady		1 497 953,37	1 542 892	1 589 179	1 636 854	1 685 960
náklady související s provozem		264 000,00	271 920	280 078	288 480	297 134
odpisy		385 000,00	778 750	778 750	778 750	778 750
Provozní výnosy Kč		1 877 480,00	1 933 804,40	1 991 818,53	2 051 573,09	2 113 120,28
Zelený bonus		166 760,00	171 763	176 916	182 223	187 690
výnos z prodeje elektřiny		1 009 800,00	1 040 094	1 071 297	1 103 436	1 136 539
výnos z prodeje tepla		700 920,00	721 948	743 606	765 914	788 892
daňový základ		-269 473,37	-659 758	-656 188	-652 511	-648 724
daň z příjmu		-51 199,94	-125 353,94	-124 675,68	-123 977,08	-123 257,51

Tabulka 15 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně pro Micro 50

V tabulce 16 a 17 vidíme Cash Flow pro variantu Cento 100 se stejnými dobami provozu, tj 3000 a 4400 hodin ročně.

	0	1	2	3	4	5
investice	4 160 000,00					
provozní naklady Kč		2 283 359,15	2 806 132	2 862 548	2 920 656	2 980 508
Palivové náklady		1 638 559,15	1 687 716	1 738 347	1 790 498	1 844 213
náklady související s provozem		187 200,00	192 816	198 600	204 558	210 695
odpisy		457 600,00	925 600	925 600	925 600	925 600
Provozní výnosy Kč		2 452 617,60	2 526 196	2 601 982	2 680 041	2 760 443
Zelený bonus		367 224,00	378 241	389 588	401 276	413 314
výnos z prodeje elektřiny		1 432 080,00	1 475 042	1 519 294	1 564 872	1 611 819
výnos z prodeje tepla		653 313,60	672 913	693 100	713 893	735 310
daňový základ		169 258,45	-279 936	-260 566	-240 615	-220 065
daň z příjmu		32 159,11	-53 187,80	-49 507,52	-45 716,82	-41 812,41

Tabulka 16 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně pro Cento 100

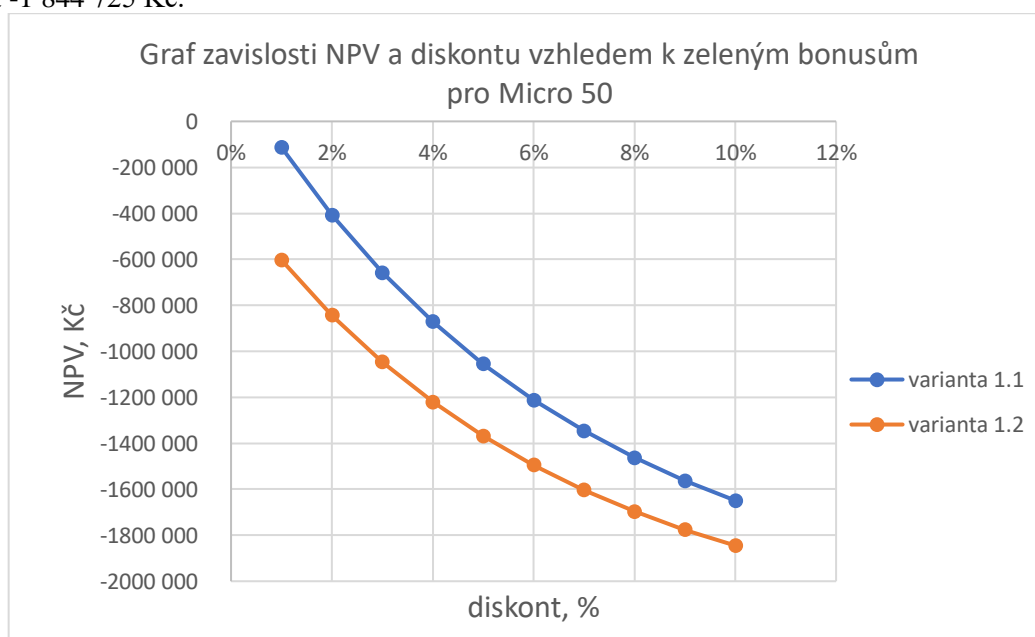
	4 160 000,00					
investice	4 160 000,00					
provozní naklady Kč		3 134 446,76	3 682 752	3 765 467	3 850 663	3 938 415
Palivové náklady		2 402 286,76	2 474 355	2 548 586	2 625 044	2 703 795
náklady související s provozem		274 560,00	282 797	291 281	300 019	309 020
odpisy		457 600,00	925 600	925 600	925 600	925 600
Provozní výnosy Kč		3 852 594,94	3 968 173	4 087 218	4 209 835	4 336 130
Zelený bonus		346 860,80	357 267	367 985	379 024	390 395
výnos z prodeje elektřiny		2 100 384,00	2 163 396	2 228 297	2 295 146	2 364 001
výnos z prodeje tepla		1 405 350,14	1 447 511	1 490 936	1 535 664	1 581 734
daňový základ		718 148,19	285 421	321 751	359 172	397 715
daň z příjmu		136 448,16	54 229,92	61 132,74	68 242,64	75 565,84

Tabulka 17 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně pro Cento 100

7.2. Vypočet čisté současné hodnoty(NPV)

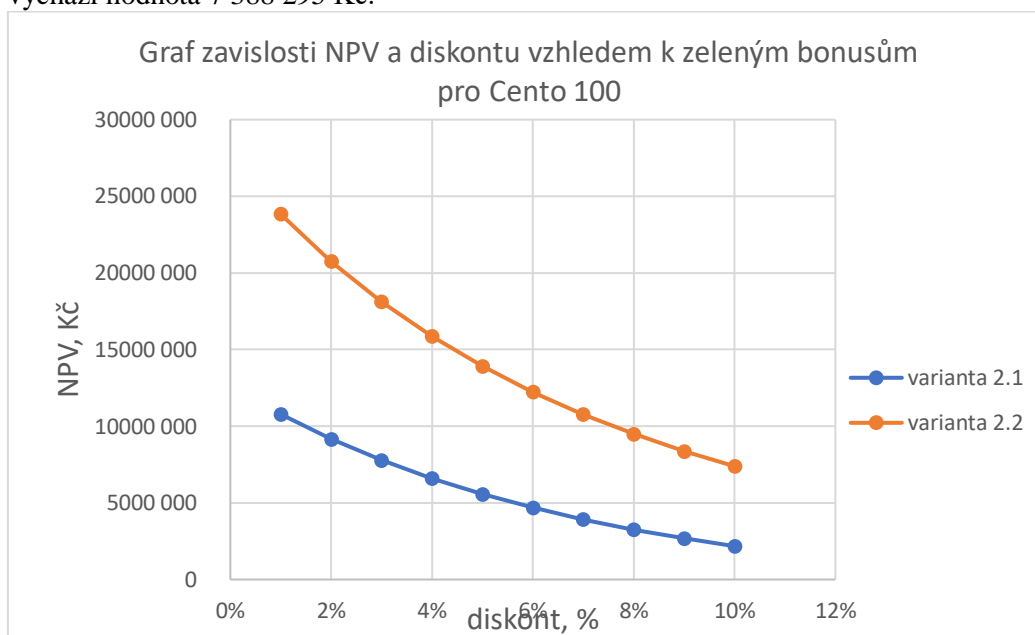
Při vypočtu NPV jsem použila vzorec, který byl uveden v kapitole 3.1. vypočet byl udělen vzhledem na zvolené parametry pro hodnocení a vypočtený Cash flow, který jsem uvedla v kapitole 7.1.

V variantě 1.1, tj jednotka Micro 50 s roční dobou provozu 3000 hodin ve výsledku jsem dostala hodnotu rovnou -1 648 839 Kč. V variantě 1.2, tj jednotka Micro 50 a dobou provozu 4400 hodin ročně vychází hodnota -1 844 725 Kč.



Graf 1 – závislost NPV a diskontu pro Micro 50

V variantě 1.1, tj jednotka Cento 100 s roční dobou provozu 3000 hodin ve výsledku jsem dostala hodnotu rovnou 2 173 606 Kč. V variantě 1.2, tj jednotka Cento 100 a dobou provozu 4400 hodin ročně vychází hodnota 7 388 295 Kč.



Graf 2 – závislost NPV a diskontu pro Cento 100

	diskont, %									
doba životnosti, let	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	-3 281 693	-3 251 302	-3 221 467	-3 192 173	-3 163 406	-3 135 150	-3 107 393	-3 080 122	-3 053 324	-3 026 987
2	-3 023 920	-3 001 037	-2 978 421	-2 956 071	-2 933 985	-2 912 161	-2 890 598	-2 869 294	-2 848 245	-2 827 450
3	-2 765 308	-2 752 419	-2 739 318	-2 726 032	-2 712 585	-2 698 999	-2 685 294	-2 671 488	-2 657 599	-2 643 643
4	-2 505 799	-2 505 384	-2 504 044	-2 501 854	-2 498 881	-2 495 187	-2 490 829	-2 485 861	-2 480 333	-2 474 289
5	-2 245 333	-2 259 868	-2 272 488	-2 283 340	-2 292 560	-2 300 272	-2 306 592	-2 311 625	-2 315 470	-2 318 217
6	-2 121 856	-2 144 620	-2 164 848	-2 182 739	-2 198 477	-2 212 229	-2 224 150	-2 234 381	-2 243 052	-2 250 284
7	-1 995 935	-2 028 242	-2 057 208	-2 083 106	-2 106 187	-2 126 678	-2 144 790	-2 160 712	-2 174 620	-2 186 673
8	-1 867 519	-1 910 724	-1 949 568	-1 984 431	-2 015 654	-2 043 549	-2 068 397	-2 090 455	-2 109 955	-2 127 110
9	-1 736 561	-1 792 053	-1 841 928	-1 886 704	-1 926 846	-1 962 772	-1 994 860	-2 023 449	-2 048 849	-2 071 338
10	-1 603 010	-1 672 219	-1 734 288	-1 789 917	-1 839 729	-1 884 281	-1 924 071	-1 959 546	-1 991 107	-2 019 115
11	-1 466 814	-1 551 209	-1 626 648	-1 694 061	-1 754 272	-1 808 012	-1 855 929	-1 898 602	-1 936 544	-1 970 215
12	-1 327 922	-1 429 014	-1 519 008	-1 599 127	-1 670 443	-1 733 901	-1 790 335	-1 840 479	-1 884 984	-1 924 427
13	-1 186 278	-1 305 620	-1 411 368	-1 505 105	-1 588 210	-1 661 888	-1 727 192	-1 785 046	-1 836 262	-1 881 552
14	-1 041 830	-1 181 017	-1 303 728	-1 411 987	-1 507 544	-1 591 913	-1 666 410	-1 732 181	-1 790 222	-1 841 406
15	-894 522	-1 055 192	-1 196 088	-1 319 765	-1 428 414	-1 523 918	-1 607 900	-1 681 762	-1 746 716	-1 803 815
16	-744 297	-928 134	-1 088 448	-1 228 430	-1 350 791	-1 457 848	-1 551 578	-1 633 678	-1 705 606	-1 768 616
17	-591 097	-799 830	-980 808	-1 137 972	-1 274 647	-1 393 647	-1 497 361	-1 587 820	-1 666 758	-1 735 657
18	-434 863	-670 268	-873 168	-1 048 385	-1 199 953	-1 331 264	-1 445 170	-1 544 085	-1 630 048	-1 704 795
19	-275 536	-539 435	-765 528	-959 659	-1 126 682	-1 270 646	-1 394 931	-1 502 374	-1 595 360	-1 675 898
20	-113 053	-407 321	-657 888	-871 786	-1 054 807	-1 211 743	-1 346 570	-1 462 595	-1 562 581	-1 648 839

Tabulka 18 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 1.1

	diskont, %									
doba životnosti, let	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	-3 301 905	-3 271 120	-3 240 902	-3 211 237	-3 182 107	-3 153 501	-3 125 403	-3 097 800	-3 070 679	-3 044 028
2	-3 064 745	-3 040 867	-3 017 291	-2 994 013	-2 971 032	-2 948 343	-2 925 943	-2 903 830	-2 881 999	-2 860 447
3	-2 827 154	-2 812 458	-2 797 623	-2 782 674	-2 767 629	-2 752 507	-2 737 327	-2 722 102	-2 706 849	-2 691 580
4	-2 589 082	-2 585 829	-2 581 785	-2 577 014	-2 571 578	-2 565 531	-2 558 926	-2 551 809	-2 544 226	-2 536 215
5	-2 350 477	-2 360 920	-2 369 663	-2 376 840	-2 382 573	-2 386 976	-2 390 152	-2 392 198	-2 393 201	-2 393 243
6	-2 249 295	-2 266 481	-2 281 459	-2 294 404	-2 305 478	-2 314 830	-2 322 596	-2 328 900	-2 333 858	-2 337 575
7	-2 146 110	-2 171 116	-2 193 254	-2 212 760	-2 229 851	-2 244 726	-2 257 565	-2 268 533	-2 277 782	-2 285 450
8	-2 040 881	-2 074 816	-2 105 049	-2 131 901	-2 155 665	-2 176 606	-2 194 965	-2 210 961	-2 224 792	-2 236 642
9	-1 933 568	-1 977 572	-2 016 844	-2 051 820	-2 082 892	-2 110 414	-2 134 705	-2 156 054	-2 174 720	-2 190 939
10	-1 824 130	-1 879 375	-1 928 639	-1 972 508	-2 011 505	-2 046 095	-2 076 698	-2 103 689	-2 127 404	-2 148 145
11	-1 712 525	-1 780 214	-1 840 434	-1 893 959	-1 941 477	-1 983 597	-2 020 860	-2 053 748	-2 082 692	-2 108 075
12	-1 598 711	-1 680 082	-1 752 229	-1 816 166	-1 872 784	-1 922 867	-1 967 109	-2 006 119	-2 040 441	-2 070 554
13	-1 482 642	-1 578 968	-1 664 024	-1 739 120	-1 805 399	-1 863 856	-1 915 367	-1 960 696	-2 000 516	-2 035 421
14	-1 364 275	-1 476 863	-1 575 819	-1 662 816	-1 739 297	-1 806 516	-1 865 559	-1 917 375	-1 962 789	-2 002 523
15	-1 243 564	-1 373 756	-1 487 615	-1 587 245	-1 674 455	-1 750 798	-1 817 614	-1 876 060	-1 927 139	-1 971 720
16	-1 120 463	-1 269 639	-1 399 410	-1 512 401	-1 610 847	-1 696 657	-1 771 461	-1 836 658	-1 893 451	-1 942 876
17	-994 924	-1 164 501	-1 311 205	-1 438 276	-1 548 451	-1 644 048	-1 727 033	-1 799 080	-1 861 617	-1 915 868
18	-866 899	-1 058 332	-1 223 000	-1 364 864	-1 487 244	-1 592 928	-1 684 266	-1 763 241	-1 831 536	-1 890 578
19	-736 340	-951 123	-1 134 795	-1 292 158	-1 427 203	-1 543 255	-1 643 098	-1 729 062	-1 803 111	-1 866 898
20	-603 194	-842 862	-1 046 590	-1 220 151	-1 368 305	-1 494 988	-1 603 469	-1 696 465	-1 776 250	-1 844 725

Tabulka 19 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 1.2

	diskont, %									
doba životnosti, let	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	-3 504 305	-3 475 915	-3 447 961	-3 420 434	-3 393 326	-3 366 627	-3 340 328	-3 314 422	-3 288 900	-3 263 753
2	-2 877 630	-2 867 491	-2 857 087	-2 846 441	-2 835 577	-2 824 514	-2 813 274	-2 801 873	-2 790 328	-2 778 656
3	-2 238 545	-2 253 102	-2 266 212	-2 277 967	-2 288 451	-2 297 745	-2 305 922	-2 313 053	-2 319 201	-2 324 429
4	-1 586 805	-1 632 690	-1 675 338	-1 714 959	-1 751 748	-1 785 884	-1 817 537	-1 846 863	-1 874 008	-1 899 107
5	-922 160	-1 006 195	-1 084 464	-1 157 365	-1 225 267	-1 288 510	-1 347 410	-1 402 257	-1 453 321	-1 500 851
6	-244 353	-373 559	-493 590	-605 132	-708 814	-805 213	-894 857	-978 234	-1 055 791	-1 127 939
7	446 876	265 280	97 285	-58 209	-202 199	-335 593	-459 222	-573 842	-680 143	-778 757
8	1 151 793	910 383	688 159	483 455	294 767	120 735	-39 873	-188 171	-325 173	-451 796
9	1 870 668	1 561 809	1 279 033	1 019 911	782 267	564 148	363 800	179 644	10 258	-145 642
10	2 603 778	2 219 623	1 869 907	1 551 208	1 260 481	995 012	752 382	530 431	327 224	141 030
11	3 351 406	2 883 885	2 460 781	2 077 397	1 729 586	1 413 681	1 126 438	864 977	626 742	409 459
12	4 113 838	3 554 660	3 051 656	2 598 526	2 189 755	1 820 502	1 486 510	1 184 036	909 774	660 806
13	4 891 367	4 232 011	3 642 530	3 114 645	2 641 160	2 215 808	1 833 122	1 488 323	1 177 225	896 159
14	5 684 294	4 916 003	4 233 404	3 625 801	3 083 966	2 599 927	2 166 776	1 778 523	1 429 955	1 116 534
15	6 492 922	5 606 700	4 824 278	4 132 042	3 518 338	2 973 174	2 487 958	2 055 287	1 668 773	1 322 885
16	7 317 562	6 304 169	5 415 152	4 633 415	3 944 437	3 335 858	2 797 132	2 319 239	1 894 444	1 516 105
17	8 158 531	7 008 476	6 006 027	5 129 967	4 362 419	3 688 277	3 094 749	2 570 970	2 107 694	1 697 030
18	9 016 154	7 719 688	6 596 901	5 621 745	4 772 439	4 030 722	3 381 239	2 811 047	2 309 205	1 866 441
19	9 890 759	8 437 873	7 187 775	6 108 794	5 174 650	4 363 475	3 657 020	3 040 010	2 499 624	2 025 071
20	10 782 683	9 163 098	7 778 649	6 591 160	5 569 199	4 686 811	3 922 491	3 258 372	2 679 561	2 173 606

Tabulka 20 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 2.1

	diskont, %									
dobu životnosti, let	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	-2 966 231	-2 948 339	-2 930 580	-2 912 955	-2 895 466	-2 878 117	-2 860 906	-2 843 837	-2 826 910	-2 810 125
2	-1 790 826	-1 807 167	-1 822 324	-1 836 362	-1 849 341	-1 861 320	-1 872 353	-1 882 490	-1 891 780	-1 900 268
3	-592 146	-654 807	-714 069	-770 121	-823 142	-873 301	-920 755	-965 650	-1 008 125	-1 048 310
4	630 270	508 850	394 187	285 868	183 510	86 755	-4 730	-91 256	-173 111	-250 568
5	1 876 893	1 683 916	1 502 442	1 331 703	1 170 988	1 019 640	877 051	742 657	615 938	496 409
6	3 148 201	2 870 502	2 610 698	2 367 482	2 139 657	1 926 122	1 725 867	1 537 963	1 361 554	1 195 851
7	4 444 684	4 068 721	3 718 953	3 393 302	3 089 875	2 806 949	2 542 953	2 296 449	2 066 126	1 850 783
8	5 766 839	5 278 688	4 827 208	4 409 257	4 021 993	3 662 848	3 329 493	3 019 820	2 731 915	2 464 037
9	7 115 176	6 500 517	5 935 464	5 415 444	4 936 358	4 494 522	4 086 630	3 709 702	3 361 055	3 038 266
10	8 490 212	7 734 324	7 043 719	6 411 957	5 833 305	5 302 659	4 815 462	4 367 644	3 955 563	3 575 954
11	9 892 477	8 980 228	8 151 975	7 398 887	6 713 168	6 087 924	5 517 049	4 995 127	4 517 346	4 079 425
12	11 322 510	10 238 346	9 260 230	8 376 328	7 576 271	6 850 964	6 192 408	5 593 559	5 048 205	4 550 856
13	12 780 860	11 508 799	10 368 486	9 344 370	8 422 935	7 592 409	6 842 520	6 164 286	5 549 843	4 992 288
14	14 268 088	12 791 708	11 476 741	10 303 104	9 253 471	8 312 870	7 468 328	6 708 590	6 023 867	5 405 629
15	15 784 767	14 087 194	12 584 997	11 252 619	10 068 188	9 012 940	8 070 742	7 227 696	6 471 798	5 792 666
16	17 331 478	15 395 381	13 693 252	12 193 005	10 867 387	9 693 197	8 650 636	7 722 768	6 895 073	6 155 073
17	18 908 818	16 716 393	14 801 507	13 124 348	11 651 362	10 354 201	9 208 852	8 194 921	7 295 048	6 494 418
18	20 517 392	18 050 356	15 909 763	14 046 736	12 420 405	10 996 498	9 746 199	8 645 214	7 673 006	6 812 168
19	22 157 819	19 397 398	17 018 018	14 960 255	13 174 799	11 620 617	10 263 459	9 074 661	8 030 159	7 109 698
20	23 830 729	20 757 645	18 126 274	15 864 990	13 914 824	12 227 071	10 761 382	9 484 226	8 367 653	7 388 295

Tabulka 21 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 2.1

V tabulkách 18-21 vidíme změnu NPV v závislosti na době životnosti a diskontů. Z toho můžeme udělat závěr, že v případě kogenerační jednotky Micro 50 máme zápornou hodnotu NPV a to znamená, že to není vhodná varianta. V případě jednotky Cento 100 při provozu 3000 hodin ročně doba návratnosti je 7 let při diskontu 3%, při provozu 4400 hodin doba návratnosti je 4 roku při diskontu 6%.

7.3. Vnitřní výnosové procento

7.3.1. varianta Micro 50

Vnitřní výnosové procento pro Micro 50 při provozu 3000 hodin ročně a diskontu 10 % se rovná 0,66 %, při provozu 4400 hodin ročně a diskontu 10 % se rovná -0,96 %.

7.3.2. varianta Cento 100

Vnitřní výnosové procento pro Cento 100 při provozu 3000 hodin ročně a diskontu 10 % se rovná 16,86 %, při provozu 4400 hodin ročně a diskontu 10 % se rovná 31,03 %.

7.4. Doba návratnosti

7.4.1. Varianta Micro 50

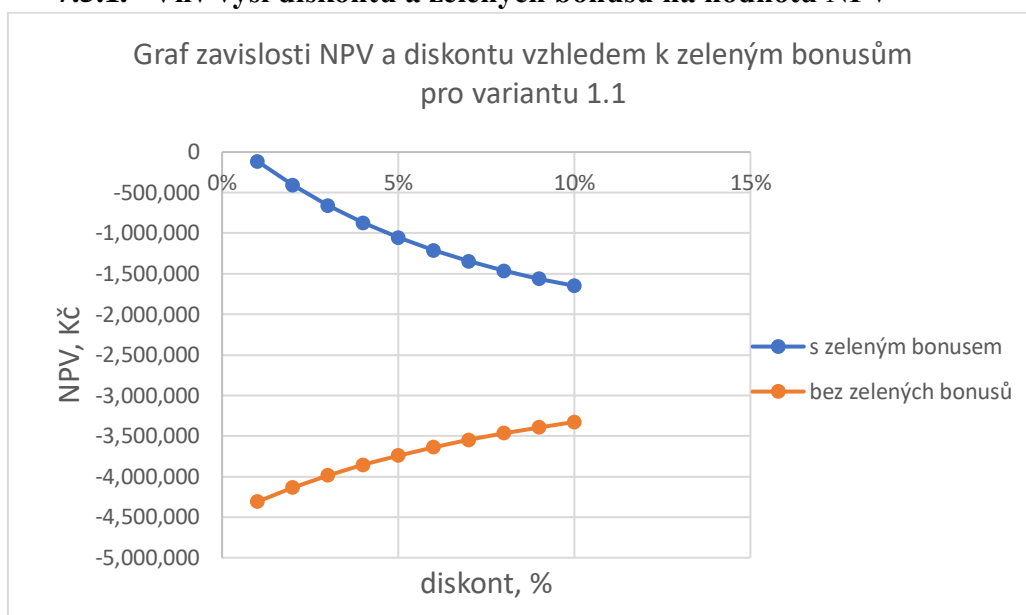
Vzhledem k záporné hodnotě NPV v obou případech můžeme udělat závěr, že doba návratnosti bude větší, než doba životnosti.

7.4.2. Varianta Cento 100

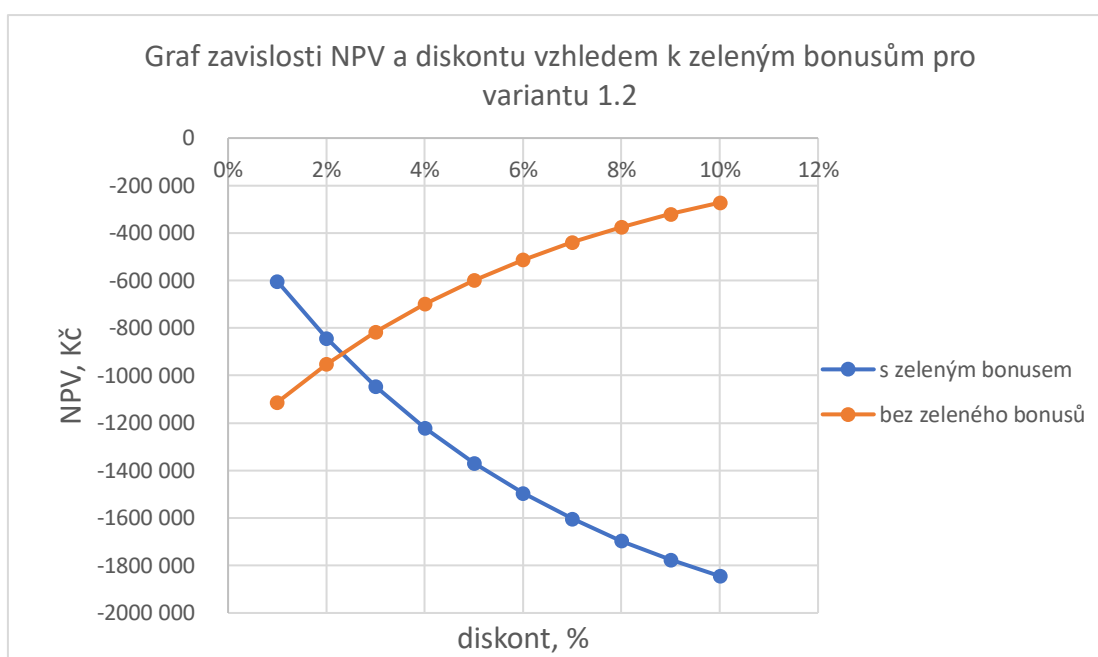
Doba návratnosti varianty Cento 100 při provozu 3000 hodin ročně při době provozu 20 let a diskontu 10% je 10 let, při provozu 4400 hodin ročně při době provozu 20 let a diskontu 10% je 5 let.

7.5. Citlivostní analýza

7.5.1. Vliv výší diskontu a zelených bonusu na hodnotu NPV

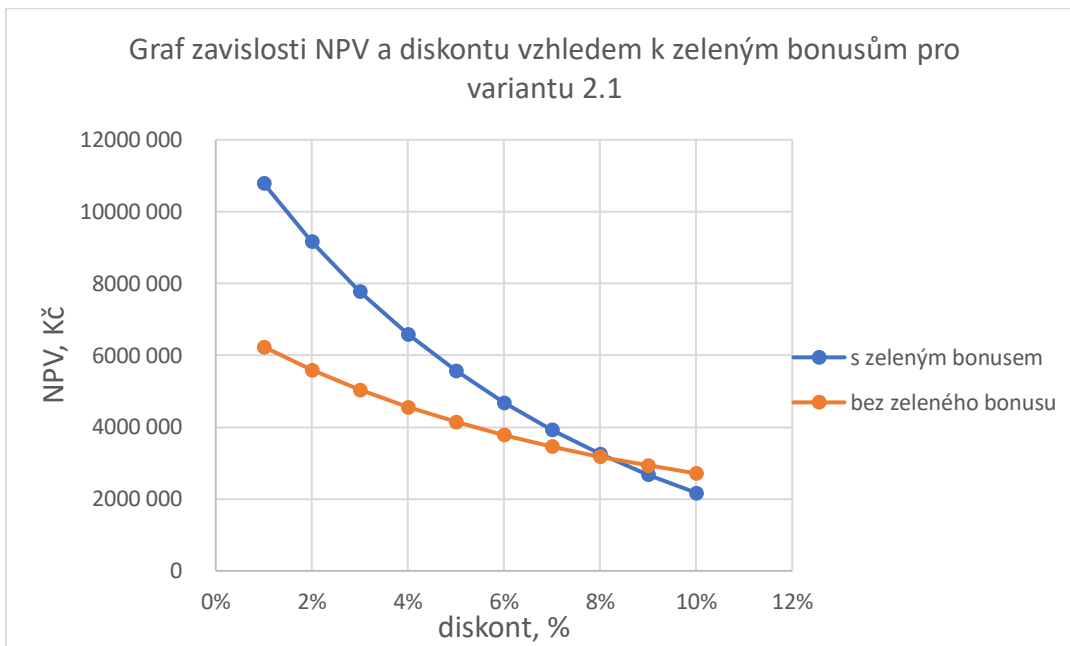


Graf 3 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 1.1

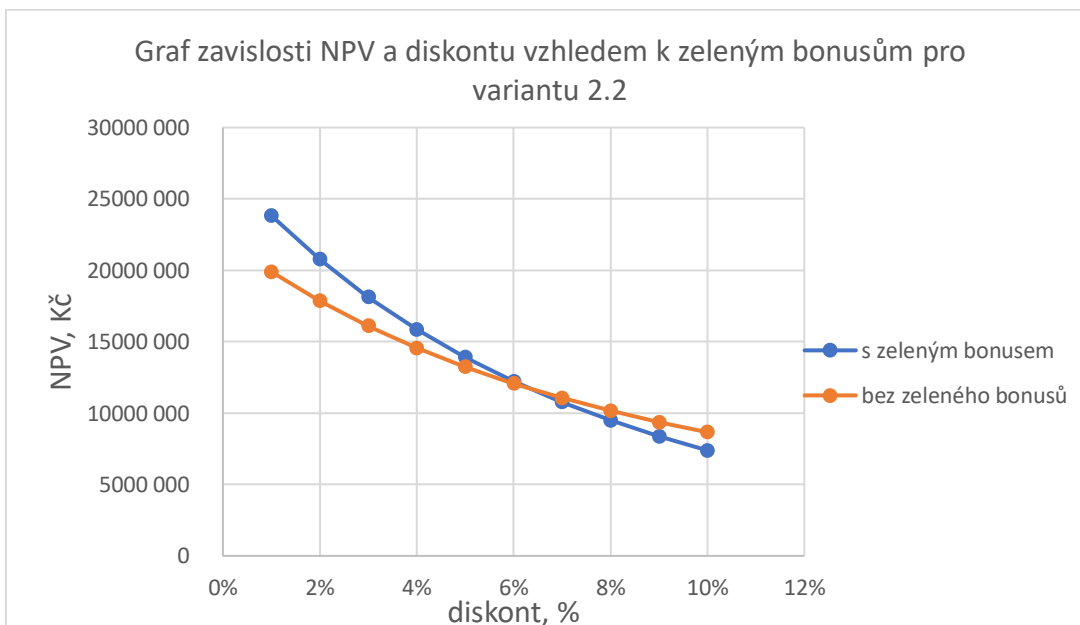


Graf 4 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 1.2

Na grafech 3 a 4 vidíme závislost hodnoty NPV na diskontu při době životnosti 20 let pro Micro 50 ve dvou případech: se zahrnovaným zelených bonusů nebo bez. Z grafů 3 plyne, že hodnota NPV je větší s zeleným bonusem. Na grafu 4 vidíme opačný případ, tj hodnota NPV roste bez zelených bonusů.



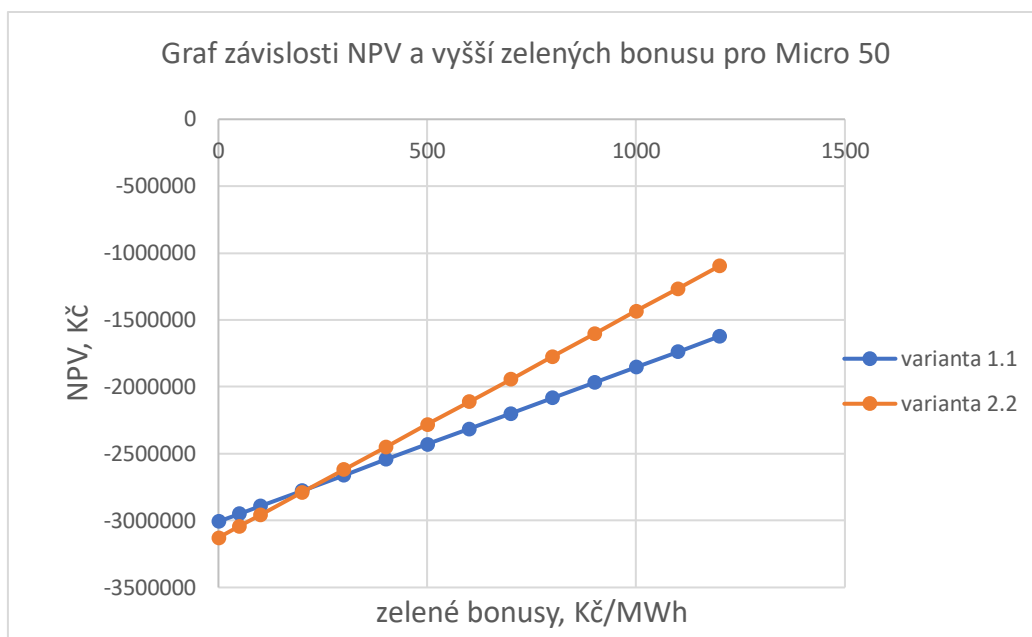
Graf 5 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 2.1



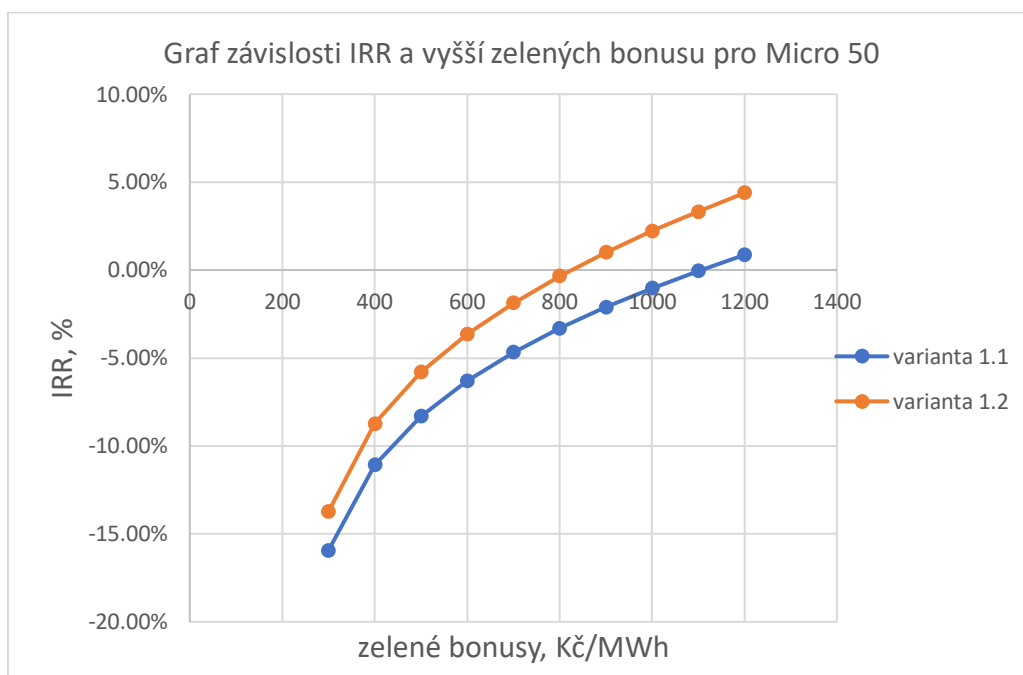
Graf 6 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 2.2

Na grafách 5 a 6 vidíme závislost hodnoty NPV na diskontu při době životnosti 20 let pro Cento 100 ve dvou případech: se zahrnováním zelených bonusů nebo bez. Z grafů 5 plyne, že hodnota NPV bez zelených bonusů roste rychleji a je větší, než hodnota s zeleným bonusem, když diskont je větší, než 8%. Na grafu 4 vidíme hodnota NPV, když diskont je větší, než 6% se hodně ne liší.

7.5.2. Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro variantu Micro 50



Graf 7 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro variantu Micro 50

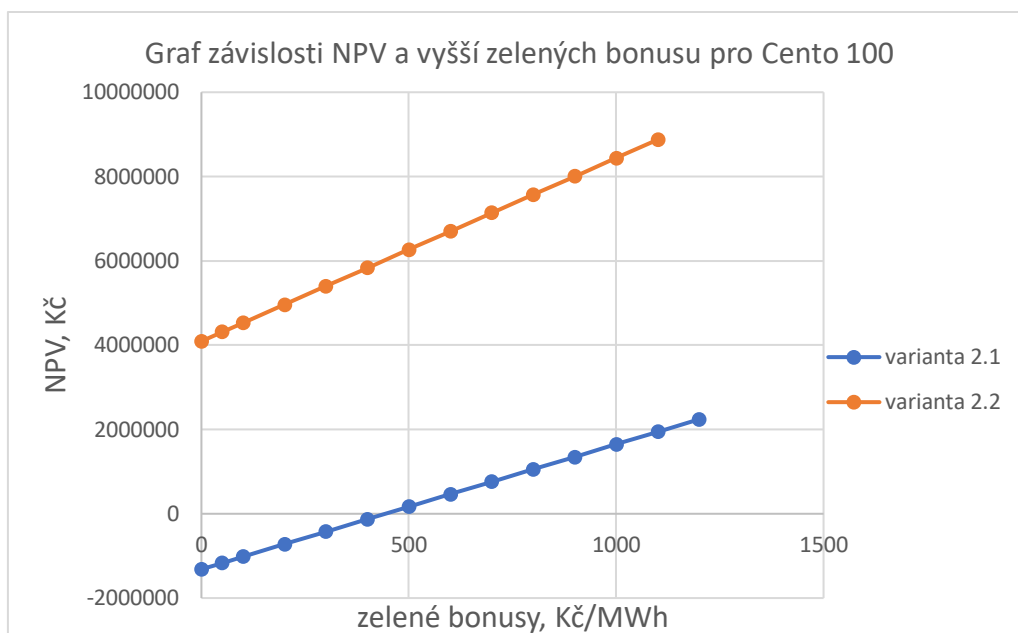


Graf 8 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro variantu Micro 50

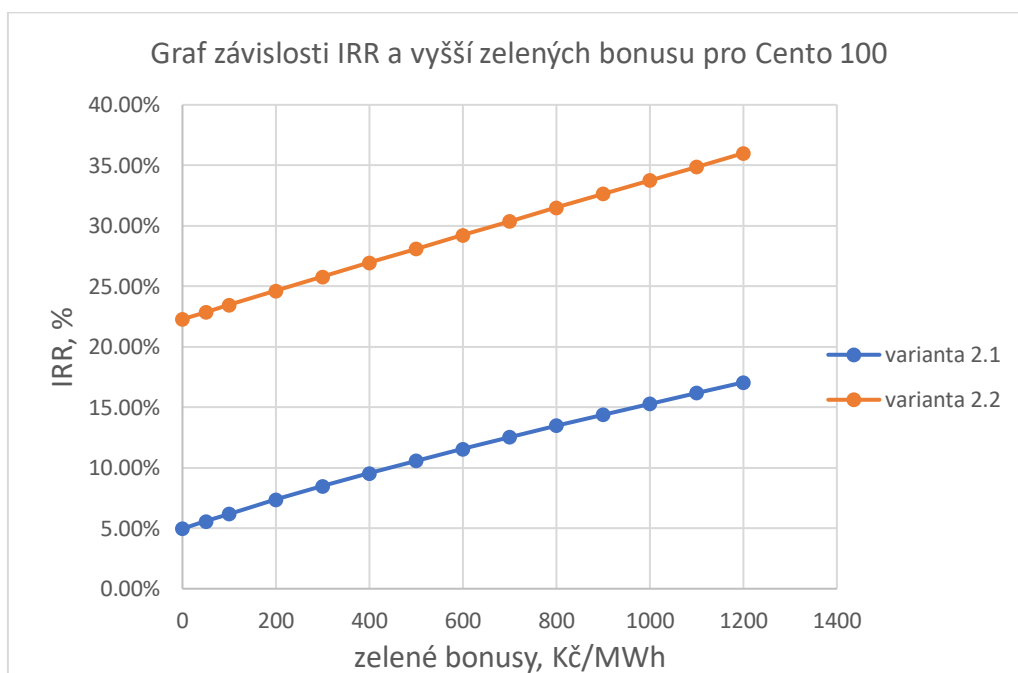
Na grafu 7 vidíme přímo úměrnou závislost, tj čím je větší hodnota zelených bonusů, tím je větší NPV.

Na grafu 8 taky můžeme pozorovat přímo úměrnou závislost, tj se zvýšením zelených bonusů roste IRR. Při zvýšení vyšší bonusu od 0 do 1200 Kč/MWh, hodnota IRR u varianty 1.1 vzroste o 16,8%, u varianty 1.2 vzroste o 18,12%.

7.5.3. Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro variantu Cento 100



Graf 9 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro variantu Cento 100



Graf 10 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro variantu Cento 100

Na grafu 9 vidíme přímo úměrnou závislost, tj čím větší hodnota zelených bonusů, tím větší NPV

Na grafu 10 taky můžeme pozorovat přímo úměrnou závislost, tj se zvýšením zelených bonusů roste IRR. Při zvýšení vyšší bonusu od 0 do 1200 Kč/MWh, hodnota IRR u varianty 2.1 vzroste o 12,1%, u varianty 2.2 vzroste o 13,72%.

8. Závěr

Podle mého osobního názoru v mém modelovém příkladu využití kogeneračních jednotek je vhodné, ale podle výpočtu jsem zjistila, že menší kogenerační jednotka má dobu návratnosti větší, než dobu životnosti. Větší kogenerační jednotka je v tomto smyslu vhodnější.

Jednou nevýhodou je cena jednotky a všechny související s instalací a provozu náklady, ale pro větší jednotky to vyplatí instalovat, vzhledem k rychle době návratnosti.

Ve své bakalářské práci jsem dokázala, že použití kogenerační jednotky dává smysl. Také jsem ukázala, že výplata zelených bonusů hodně zvyšuje návratnost investic, bez ohledu na to, že na první pohled činí malou část ve výpočtu.

Díky tvoření bakalářské práce jsem se dozvěděla hodně nové informací o kogeneračních jednotkách a výpočtu spotřebované elektrické energie. Protože jsem z Ruska a tam máme jiné způsoby počítání elektřiny, bylo velmi přínosné ponořit se do hloubky, abych zjistila, jak se to počítá v České Republice.

Použita literatura:

- [1] Dvorský, Emil a Pavla Hejtmánková. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN – technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-118-7
- [2] ČEZ Energo, s.r.o., O kogeneraci , dostupné online:
<http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci.html>
- [3] Matoušek, Antonín. Výroba elektrické energie, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ustav elektroenergetiky, 2007,ISBN 978-80-214-3317-5
- [4] TEDOM a. s., člen skupiny TEDOM Group, Kogenerační jednotky dostupné online:
<https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/>
- [5] Jaroslav Krbek, Bohumil Polesný. Kogenerační jednotky zřizování a provoz, dostupné online:
https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Kogeneracni_jednotky_zrizovani_provoz_2220047233.pdf
- [6] Šurovský, Jan. Mikroturbína : [energetická revoluce pro 21. století : malé zdroje elektřiny, velký skok pro lidstvo] 1. vyd. Praha, 2003, 220 s.
- [7] CZ Biom – České sdružení pro biomasu, z.s, Blokové schéma kogenerace respektive trigenerace, dostupné online
<https://biom.cz/cz/obrazek/blokove-schema-kogenerace-resp-trigenerace-kj-kogeneracni-jednotka>
- [8] Biomasa - efektivní palivo pro IRC technologii. TZB- info. tss group, 11. 4 2005, dostupne online
<https://www.tzb-info.cz/2455-biomasa-efektivni-palivo-pro-orc-technologie>
- [9] Zelené zprávy. Stirlingův motor - historie, princip a jeho využití při kogeneraci. [Online]
<http://www.zelenezpravy.cz/stirlinguv-motor-%E2%80%93-historie-princip-a-jeho-vyuziti-pri-kogeneraci/>
- [10] Škorpík, Jiří. Tepelné oběhy a jejich realizace. Transformační technologie. [Online]
<https://www.transformacni-technologie.cz/06.html#menu>
- [11] Energetický regulační úřad. ERÚ. [Online]
<http://www.eru.cz/cs/>
- [12] Zákon o daních z příjmů - Odpisy hmotného majetku, Předpis č. 586/1992 Sb.[Online]
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586#cast2>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip kogenerace [2]	2
Obrázek 2 Kogenerační jednotky[4]	2
Obrázek 3 Ottův oběh-P-V diagram[10].....	3
Obrázek 4 Dieselův oběh- P-V diagram[10]	3
Obrázek 5 Schema kogenerační jednotky se spalovacím motorem[1]	4
Obrázek 6 Braytonův oběh se spalovací turbínou[1]	5
Obrázek 7 Schéma KJ se spalovací turbínou[1]	5
Obrázek 8 Schema KJ s parní turbínou[1]	6
Obrázek 9 schéma KJ s mikroturbínou.[1].....	7
Obrázek 10 Schéma zařízení pro kogenerační využití palivových článků[5]	7
Obrázek 11 schéma KJ se Stirlingovým motorem[1]	8
Obrázek 12 Princip ORC [8]	9
Obrázek 13 Princip trigenerace[7]	9
Obrázek 14 Přehled skladby konečné ceny za služby související s dodávkou plynu[11]	21

Seznam tabulek

Tabulka 1 - odepisování investičních nákladů[12]	14
Tabulka 2 – výše zeleného bonusu rok 2021- základní sazba[11]	15
Tabulka 3 – výše zeleného bonusu rok 2020- doplňková sazba[11].....	16
Tabulka 4 – parametry KGJ Micro 50	18
Tabulka 5 – parametry KGJ Cento 100	18
Tabulka 6 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně Micro 50	18
Tabulka 7 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně Cento 100	19
Tabulka 8 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně Micro 50	19
Tabulka 9 – přehled vyrobeného množství energií při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně Cento 100	19
Tabulka 10 – přehled nákladů souvisejících s provozem.....	20
Tabulka 11 – regulovaná část ceny zemního plynu[11]	21
Tabulka 12 – přehled daňových odpisu variant 1.1 a 1.2.....	22
Tabulka 13 – přehled daňových odpisu variant 2.1 a 2.2.....	22
Tabulka 14 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně pro Micro 50	24
Tabulka 15 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně pro Micro 50	24
Tabulka 16 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně pro Cento 100	25
Tabulka 17 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně pro Cento 100	25
Tabulka 18 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 1.1	26
Tabulka 19 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 1.2	27
Tabulka 20 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 2.1	27
Tabulka 21 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro variantu 2.1	28

Seznam grafů

Graf 1 – závislost NPV a diskontu pro Micro 50	25
Graf 2 – závislost NPV a diskontu pro Cento 100	26
Graf 3 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 1.1	29
Graf 4 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 1.2	29
Graf 5 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 2.1	30
Graf 6 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro variantu 2.2	30
Graf 7 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro variantu Micro 50	31
Graf 8 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro variantu Micro 50	31
Graf 9 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro variantu Cento 100	32
Graf 10 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro variantu Cento 100	32

Seznam rovnic

Rovnice 1 Doba návratnosti	11
Rovnice 2 NPV(Net Present Value)	11
Rovnice 3 IRR(Internal Rate of Return)	12
Rovnice 4 Celková výšší podpor.....	16