

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta elektrotechnická**

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**

Studijní obor: **Elektrotechnika a management**



**Efektivnost malé kogenerace**  
Small cogeneration effectiveness

Bakalářská práce

Autor:

**Lukáš Havel**

Vedoucí práce:

**doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.**

2020



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Havel** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **474411**  
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:

**Efektivnost malé kogenerace**

Název bakalářské práce anglicky:

**Small cogeneration effectiveness**

Pokyny pro vypracování:

Porovnejte technologie malé kogenerace a jejich technickoekonomické parametry  
Charakterizujte vybraný objekt pro nasazení kogenerace  
Dimenzujte a navrhnete způsob provozu kogenerace  
Proveďte ekonomickou analýzu navrženého řešení

Seznam doporučené literatury:

Kislingerová a kol: Manažerské finance, Beck 2007, 2.vydání, ISBN/978-80-7179-903-0  
Dvorský E.: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. BEN-Technická literatura, Praha 2006.  
Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v platném znění a návrh jeho novelizace  
Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů  
10. 1. 2006

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: **13.01.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

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

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

## **Prohlášení**

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

V Praze, dne 22. května 2020

Lukáš Havel

## **Poděkování**

Tímto děkuji panu doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce, poskytnuté odborné rady a připomínky k obsahu práce. Dále děkuji společnosti ÚJV Řež, a. s. a rovněž Ing. J. Kuncovi ze společnosti ČEZ Energo, s.r.o. za poskytnuté podklady a konzultace. Poděkování patří rovněž mé rodině za podporu během studia.

## Anotace

Cílem práce je zvolit vhodnou kogenerační jednotku pro instalaci v areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. a zpracovat ekonomické vyhodnocení dané instalace. V první části práce se věnuji obecně principu kogenerace, jejím výhodám a různým typům kogeneračních jednotek. V další části se nachází stručná charakteristika areálu a přehled vstupních údajů pro samotný výpočet. Následně v práci řeším návrh provozu, a na základě spotřeb společnosti zvolím vhodnou kogenerační jednotku. Nakonec spočítám ekonomické parametry zvolené jednotky a provedu ekonomické vyhodnocení pomocí kritérií čisté současné hodnoty, vnitřního výnosového procenta a diskontované doby návratnosti. Hodnocení je provedeno ve dvou variantách, v závislosti na přiznané státní podpoře.

## Klíčová slova

Kogenerace, kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET), elektrická energie, zemní plyn, podpora malé kogenerace, čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento

## Annotation

The scope of this thesis is to choose a suitable cogeneration unit for installation in the premises of ÚJV Řež, a. s. and to process an economic evaluation of the installation. In the first part I deal with the principles of cogeneration in general, its advantages and different types of CHP units. In the next part there is a brief description of the location and an overview of input data for the calculation itself. Subsequently, I establish the operation schedule and based on the company energies consumptions I choose a suitable CHP unit. Finally, I specify the economic parameters of the selected CHP unit and perform an economic evaluation using the criteria of net present value, internal rate of return and discounted payback period. The evaluation is elaborated in two variants, depending on the granted financial support.

## Key words

Cogeneration, combined heat and power (CHP), electricity, natural gas, small cogeneration support, net present value, internal rate of return

# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>4</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>5</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>6</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2. KOGENERACE</b> .....	<b>8</b>
2.1 Výhody kogenerace .....	8
2.2 Kogenerační jednotky .....	8
2.3 Trigenerace .....	11
2.4 Vliv kogenerace na životní prostředí .....	12
<b>3. CHARAKTERISTIKA AREÁLU ÚJV ŘEŽ, A. S.</b> .....	<b>13</b>
3.1 Popis areálu a činnosti společnosti .....	13
3.2 Stávající zdroje elektřiny a tepla .....	15
3.3 Stávající spotřeba elektřiny a tepla .....	16
<b>4. NÁVRH PROVOZU KOGENERACE V AREÁLU SPOLEČNOSTI ÚJV ŘEŽ, A. S.</b> .....	<b>19</b>
4.1 Návrh provozu .....	19
4.2 Akumulační nádrž .....	19
<b>5. DIMENZOVÁNÍ NOVÉ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY</b> .....	<b>20</b>
5.1 TEDOM Quanto D1000 .....	20
5.2 Varianty provozu .....	21
5.3 Tepelná energie .....	22
5.4 Elektrická energie .....	24
<b>6. PARAMETRY EKONOMICKÉHO VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>27</b>
6.1 Investiční náklady .....	27
6.2 Provozní náklady .....	28
6.3 Životnost zařízení .....	30
6.4 Daňové odpisy .....	31
6.5 Provozní výnosy .....	31
6.6 Podpora malé kogenerace, Dotační programy .....	35
<b>7. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ</b> .....	<b>38</b>
7.1 Kritéria ekonomického hodnocení .....	38
7.2 Stanovení Cash flow v jednotlivých letech .....	38
7.3 Výsledky hodnocení .....	39
7.4 Citlivostní analýza .....	42
<b>8. ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>9. SEZNAM REFERENCÍ</b> .....	<b>46</b>
9.1 Seznam zdrojů literatury .....	46
9.2 Seznam zdrojů obrázků .....	47

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 2-1: Sledované znečišťující látky.....	13
Tabulka 3-1: Přehled spotřeby el. energie v průběhu roku.....	16
Tabulka 3-2: Přehled dodávek tepla v průběhu roku.....	17
Tabulka 5-1: Parametry nové KGJ .....	20
Tabulka 5-2: Přehled variant provozu nové KGJ.....	21
Tabulka 5-3: Přehled provozních hodin nové KGJ.....	22
Tabulka 5-4: Přehled dodávek tepla .....	23
Tabulka 5-5: Přehled dodávek el. energie .....	25
Tabulka 6-1: Náklady na pořízení nové KGJ .....	27
Tabulka 6-2: Přehled souvisejících investičních nákladů .....	27
Tabulka 6-3: Regulovaná část ceny plynu .....	28
Tabulka 6-4: Přehled palivových nákladů .....	29
Tabulka 6-5: Typické intervaly prohlídek a oprav.....	30
Tabulka 6-6: Rozdělení osobních nákladů.....	30
Tabulka 6-7: Daňové odpisy.....	31
Tabulka 6-8: Náklady na nákup elektrické energie před pořízením nové KGJ .....	32
Tabulka 6-9: Náklady na nákup elektrické energie po pořízení nové KGJ .....	32
Tabulka 6-10: Přehled účinností .....	33
Tabulka 6-11: Přehled dodávaného tepla jednotlivými zdroji .....	33
Tabulka 6-12: Přehled spotřeby zemního plynu.....	33
Tabulka 6-13: Úspora z nákupu zemního plynu – přehled .....	34
Tabulka 6-14: Výnosy z prodeje elektrické energie.....	34
Tabulka 6-15: Účinnosti pro výpočet ÚPE .....	35
Tabulka 6-16: Parametry uvažované dotace .....	36
Tabulka 6-17: Přehled investičních nákladů – před zahrnutím dotace .....	36
Tabulka 6-18: Přehled investičních nákladů – po zahrnutí dotace .....	36
Tabulka 6-19: Redukční faktor - parametry.....	37
Tabulka 7-1: Položky zahrnuté v cash flow.....	39
Tabulka 7-2: Parametry hodnocení.....	40

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1: Princip kogenerace [A] .....	8
Obrázek 2-2: Schéma KGJ se spalovacím motorem [B] .....	9
Obrázek 2-3: Princip KGJ se spalovacím motorem [C] .....	10
Obrázek 2-4: Trigenerace typu A [D] .....	12
Obrázek 2-5: Trigenerace typu B [D] .....	12
Obrázek 3-1: Plán areálu ÚJV Řež, a. s. ....	14
Obrázek 3-2: Diagram spotřeby el. energie v průběhu roku.....	17
Obrázek 3-3: Diagram dodávek tepla v průběhu roku.....	18
Obrázek 3-4: Výroba tepla v průběhu dne .....	18
Obrázek 5-1: TEDOM Quanto D1000 [F].....	21
Obrázek 5-2: Předpokládaný diagram výroby tepla v nové KGJ .....	23
Obrázek 5-3: Diagram dodávek tepla v průběhu roku – nová KGJ .....	24
Obrázek 5-4: Předpokládaný diagram výroby el. energie v nové KGJ .....	24
Obrázek 5-5: Diagram spotřeby el. energie v průběhu roku – nová KGJ .....	26
Obrázek 6-1: Skladba ceny za dodávku plynu [E].....	28
Obrázek 7-1: Závislost NPV na diskontu – varianta A .....	40
Obrázek 7-2: Závislost NPV na diskontu .....	41
Obrázek 7-3: Závislost NPV na diskontu a životnosti.....	41
Obrázek 7-4: Vliv ceny paliva na NPV .....	43
Obrázek 7-5: Vliv ceny elektrické energie na NPV .....	44



# 1. ÚVOD

V dnešní době se s rostoucí ekonomikou a zvyšujícími se technologickými nároky průmyslu v důsledku automatizace a robotizace neustále zvyšuje spotřeba elektrické energie. Blíží se období, kdy poptávka převyší nabídku a začneme pociťovat nedostatek elektrické energie. Výstavba nových velkých energetických zdrojů je finančně a legislativně velmi komplikovaná, nemluvě o časové náročnosti, není proto schopná pokrýt dynamicky se rozvíjející trh.

Z tohoto a mnoha dalších důvodů se technologie kombinované výroby elektřiny a tepla těší stále větší oblibě. Kogenerační jednotky celé škály výkonů se instalují všude tam, kde to okolnosti dovolují, ať už se jedná o průmyslové provozy, větší budovy (nemocnice, školy, aj.) nebo třeba teplárny.

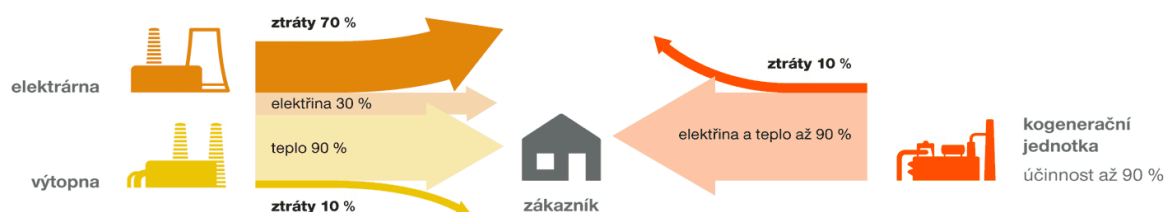
Kogenerační jednotky, instalované s primárním účelem výroby tepelné energie často nahrazují staré plynové kotle, případně velké kotle na tuhá paliva, provozované bez větších obměn či rekonstrukcí v posledních desetiletích a citelně tak využitím moderních technologií snižují produkci škodlivých látek do ovzduší. Naopak kogenerační jednotky cílené primárně na výrobu elektrické energie snižují spotřebu elektrické energie a dají se využít k pokrytí denních špičkových odběrů.

Z těchto důvodů a v rámci potřeby splnění evropských emisních limitů státem je instalace kogeneračních jednotek v České republice široce podporována, ať už formou zelených bonusů nebo dotačních projektů. Jedním z dotačních programů je například Výzva IV: Úspory energie v soustavách zásobování teplem v rámci operačního programu „Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost“ [3], vypsáno pro rok 2020.

## 2. KOGENERACE

Kogenerace (z anglického slova co-generation) je pojem označující společnou výrobu elektrické energie a tepla. V České republice se rovněž používá označení KVET, tedy kombinovaná výroba elektřiny a tepla.

Proces přeměny energie z paliva probíhá stejně jako u jakéhokoliv jiného zdroje. Nejprve se využije vysokopotenciální tepelná energie (pracovní látka o vysoké teplotě) k vykonání práce, tedy výrobě elektrické energie a následně se pracovní látka o nižší teplotě využije pro pokrytí potřeb tepla.



Obrázek 2-1: Princip kogenerace [A]

### 2.1 VÝHODY KOGENERACE

Výhodou oproti klasickým způsobům přeměny energie, ve kterých se teplo vznikající při výrobě vypouští do okolí, je u kogeneračních jednotek další využití tohoto tepla, např. k vytápění nebo výrobě teplé užitkové vody (TUV).

Kogenerace tedy umožňuje vyšší účinnost využití energie obsažené v palivu, čímž snižuje spotřebu a šetří finanční prostředky.

Další nespornou výhodou kogenerace je ekologická výroba. V České republice je stále v provozu velké množství kotelen spalujících uhlí, vytápějících nemocnice, školy, průmyslové podniky a jiné provozy. Zatímco ve velkých uhelných elektrárnách byly investovány často nemalé finance na snížení negativních vlivů na životní prostředí, lokální zdroje spalující uhlí stále značnou měrou přispívají ke znečišťování ovzduší. Tento problém řeší kogenerace vysokou efektivností výroby elektřiny a tepla a využitím zemního plynu jako paliva.

Kogenerace jakožto zdroj elektřiny a tepla rovněž přispívá k decentralizaci výroby, energie získaná kogenerací se v daném místě rovnou spotřebovuje a tím se minimalizují ztráty spojené s distribucí energie [1].

### 2.2 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Kogenerační jednotka je soustrojí pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Technologie kogenerace, a tedy provedení kogenerační jednotky se liší podle druhu paliva a požadovaného výkonu. Kogeneraci lze provozovat jako palivové články o výkonu od jednotek do desítek kilowatt (tzv. mikrokogenerace), až po parní turbosoustrojí o výkonech v řádu stovek megawatt. Předmětem této práce je malá kogenerace, tedy kombinovaná výroba elektřiny a tepla o výkonech od stovek kilowatt do jednotek megawatt.

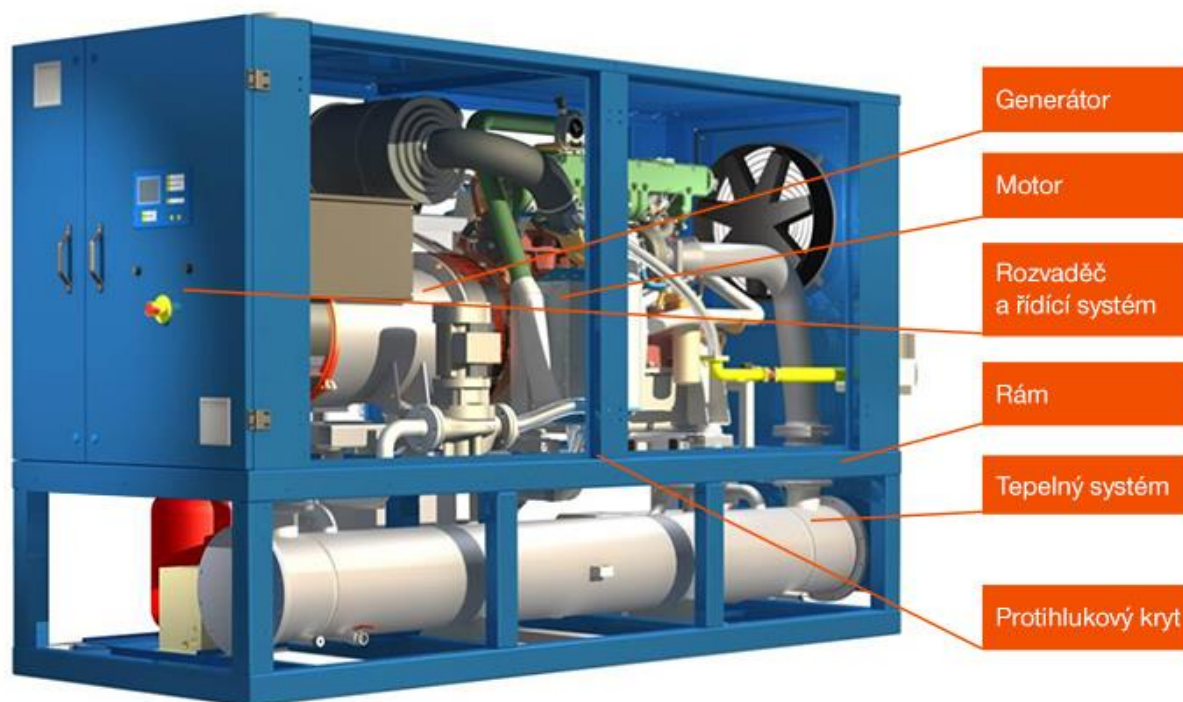
V rámci malé kogenerace se nejčastěji používá technologie spalovacích motorů a spalovacích mikroturbín.

## 2.2.1 KGJ SE SPALOVACÍM MOTOREM

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem je zařízení, jehož srdcem je kogenerační pístový motor. Zařízení se obvykle dodává ve skříňovém provedení, kdy součástí je protihlukový kryt, který minimalizuje hluk a vibrace vznikající při práci zařízení.

Spolu s kogenerační jednotkou je zpravidla instalována akumulární nádrž, která slouží k ukládání přebytečného tepla pro jeho pozdější využití v době, kdy je odběr tepla snížen pod jmenovitý tepelný výkon kogenerační jednotky nebo naopak slouží k vyrovnání zvýšeného odběru tepla v době odběrových špiček. Použití akumulace umožňuje udržet kvalitu dodávek tepla na vysoké úrovni a také prodloužení provozní doby kogenerační jednotky a tím zvýšení efektivity provozu. Mimo jiné slouží akumulace také k dodávkám tepla do navazující soustavy v době, kdy je kogenerační jednotka mimo provoz. Jako médium pro akumulaci tepla je použita teplá voda [2].

Jednotka se skládá z následujících částí:



Obrázek 2-2: Schéma KGJ se spalovacím motorem [B]

### Kogenerační motor

Kogenerační motor je zařízení, které spalováním paliva vytváří mechanickou točivou energii. Jedná se o pístový motor, který jako palivo používá plyn a přes hřídel roztáčí generátor. Ztrátové teplo, které vzniká při spalování paliva stejně jako teplo samotných spalin je pomocí chladicí kapaliny předáváno do tepelného výměníku.

## Generátor

Generátor je elektrické zařízení sloužící k přeměně mechanické energie z motoru na energii elektrickou. K otáčející se hřídeli je připojen rotor, který svým pohybem indukuje napětí ve statoru a vytváří tak elektrickou energii.

## Tepelný systém [2]

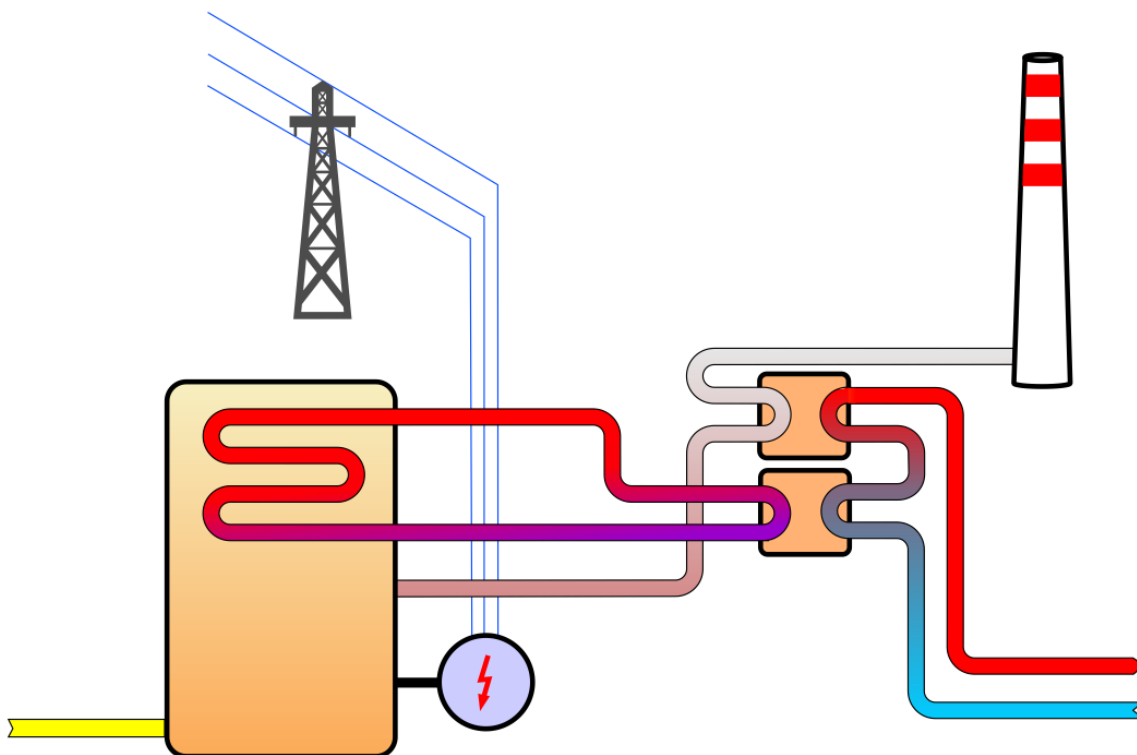
Je tvořen primárním okruhem, sekundárním okruhem a v některých případech technologickým okruhem.

- primární okruh je vnitřní uzavřený tlakový okruh, který v případě kogenerační jednotky osazené spalovacím motorem odebírá teplo z vodního pláště motoru a předává ho do sekundárního okruhu
- sekundárním okruhem je zajištěno vyvedení tepelného výkonu (získaného chlazením spalovacího motoru a spalin) z kogenerační jednotky ke spotřebiči
- technologický okruh představuje okruh chlazení plnicí směsí ohřáté stlačením v turbokompresoru. Tento okruh je realizován pouze u některých typů kogeneračních jednotek

## Rozvaděč a řídicí systém

Řídicí systém je zařízení sloužící k ovládání kogenerační jednotky, rozvaděč tvoří centrální část tohoto systému.

Kombinovanou výrobu elektřiny a tepla s použitím kogeneračního motoru zobrazuje následující schéma:



Obrázek 2-3: Princip KGJ se spalovacím motorem [C]

## 2.2.2 KGJ SE SPALOVACÍ MIKROTURBÍNOU

Kogenerační jednotky se spalovací mikroturbínou jsou zařízení skládající se z kompresoru, spalovací komory, plynové turbíny a generátoru. Kompresorem stlačený vzduch je spolu s palivem veden do spalovací komory, kde následně vznikají spaliny o vysoké teplotě a tlaku. Spaliny dále expandují v plynové turbíně. Turbína pohání elektrický alternátor a kompresor. Teplota spalin na výstupu z turbíny se pohybuje kolem 500 °C. Tyto spaliny mohou dále sloužit k výrobě páry (středotlaké nebo nízkotlaké), přípravě teplé nebo horké vody, popřípadě výrobě vysokotlaké páry pro technologické účely. Spalovací turbíny se používají do výkonu kolem 300 MW, při menším výkonu než 3 MW již nejsou ekonomicky rentabilní z důvodu vysokých investičních nákladů na jednotku výkonu. Jako palivo se nejčastěji používá zemní plyn.

## 2.2.3 KGJ S PAROPLYNOVÝM ZDROJEM

Paroplynové zdroje jsou velmi častým využitím procesu kogenerace. Paroplynový zdroj se skládá ze soustrojí spalovací turbíny nebo pístového spalovacího motoru a z parního kotle využívajícího jejich odpadní teplo na výrobu páry, která jde následně na parní turbínu. Technické provedení paroplynového zdroje může mít velmi variabilní provedení a dodávka tepla ze zdroje se může uskutečnit v libovolné formě (teplé i horké vodě nebo páře o různých vlastnostech).

## 2.2.4 KGJ S PARNÍ TURBÍNOU

Parní turbíny – tradiční řešení u velkých zdrojů (např. elektrárnách v Opatovicích, Mělníku apod.). Vysokotlaká pára je produkována v kotli, následně vykonává mechanickou práci na turbíně a turbína poté pohání elektrický alternátor. Pára na výstupu z turbíny je jako nízkopotenciální dále využita jako zdroj tepla. Palivo v kotli může být libovolné (uhlí, mazut, plyn, odpad, biomasa aj.). Nevýhodou jsou mimořádně vysoké investiční náklady na pořízení tohoto zařízení, vyplatí se tedy provozovat pouze v řádech velkých výkonů (stovky MW). Turbíny rozlišujeme na protitlakové a kondenzační.

## 2.3 TRIGENERACE

Trigenerace je kombinovaná výroba elektřiny a tepla, rozšířená o výrobu chladu. Jedná se o spojení klasické kogenerační jednotky s chladicí jednotkou, která umožňuje přeměnit teplo z kogenerace na chlad. Smyslem tohoto spojení je výroba tepla v zimních měsících a chladu v měsících letních, některé jednotky však umožňují rovněž výrobu těchto dvou forem energie současně.

Doplněním o chladicí jednotku buď absorpčního (častěji) nebo kompresorového typu se prodlužuje doba provozu jednotky a zvyšuje se tak ekonomika provozu. Trigenerace se uplatní všude tam, kde je potřeba technologický chlad, případně klimatizování výrobních, obytných nebo kancelářských prostor.

Trigeneraci lze dle provedení rozdělit na dva typy.

### 2.3.1 TRIGENERACE TYPU A

Trigenerace typu A spojuje kogenerační jednotku s teplovodní absorpční jednotkou. Voda ohřátá v kogenerační jednotce ať už motorem nebo spaliny se přivádí na elektronicky řízený třícestný ventil, který určuje množství tepla dodávaného absorpční jednotce. Výhodou tohoto provedení je možnost plynulé regulace rozdělení a vedení tepla mezi vytápěním a chlazením.

Tento typ trigenerace je vhodné instalovat v provozech s potřebou vytápění v zimě a chlazení v létě (např. ve výrobní hale).



Obrázek 2-4: Trigenerace typu A [D]

### 2.3.2 TRIGENERACE TYPU B

Trigenerace typu B opět spojuje kogenerační jednotku a jednotku absorpční, ale v tomto případě je spalinový výměník součástí samotné absorpční jednotky. K vytápění je využívána pouze voda odvádějící teplo z motoru kogenerační jednotky, teplo spalin je využíváno pouze k chlazení. Toto řešení tedy na rozdíl od typu A neumožňuje regulovat poměr mezi vytápěním a chlazením. Výhodou trigenerace typu B je však vyšší účinnost procesu chlazení, a to díky vyšší teplotě spalin.

Toto řešení se dobře uplatní v provozech, které vyžadují současně teplo i chlad po dobu celého roku (např. provozy s potřebou technologického chladu pro výrobu).



Obrázek 2-5: Trigenerace typu B [D]

## 2.4 VLIV KOGENERACE NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Jednou z podstatných výhod kombinované výroby elektřiny a tepla jsou oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla výrazně nižší emise škodlivých látek do ovzduší. To je dáno vysokou účinností získávání energie z paliva, a tedy menší spotřebou primárních energetických zdrojů.

Kogenerační jednotky, jakožto stacionární zdroje znečištění podléhají zákonu č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší [7], a musí tedy splňovat předepsané emisní limity a požadavky.

Některé látky, mající nepříznivý dopad na životní prostředí, tedy tzv. sledované látky, jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 2-1: Sledované znečišťující látky

Látka	Název	Popis
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý	Jedovatý, bezbarvý plyn. Způsobuje kyselé deště a ve vyšší koncentraci poškození dýchacích cest.
CO	Oxid uhelnatý	Hořlavý plyn vznikající nedokonalým spalováním. Váže se na červené krvinky a zhoršuje okysličování lidského těla.
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý	Vzniká hořením sloučenin uhlíku, je příčinou skleníkového efektu.
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku	Skupina jedovatých plynů. Způsobují poškození vegetace a jsou nebezpečné pro člověka.

Z hlediska životního prostředí, bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci musí kogenerační jednotky dále splňovat kritéria týkající se zvýšeného hluku a nadměrných vibrací. Jednotlivé požadavky jsou uvedeny v nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [8]. Příslušné limity nesmí být překročeny jak při výstavbě, tak při samotném provozu.

U malých kogeneračních jednotek (do 1 MW elektrického výkonu) je splnění požadovaných limitů obvykle garantováno výrobcem. V případě instalace kogenerační jednotky do vnitřních prostor je pro snížení úrovně hluku a vibrací možné zvolit provedení s protihlukovým krytem.

U kogeneračních jednotek se spalovacími pístovými motory do 300 kW tepelného příkonu není dle zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší [7] z hlediska vlivu na životní prostředí nutné zavádět žádná opatření. U jednotek do 5 MW je potřeba v rámci stavebního řízení zpracovat rozptylovou studii. U kogeneračních jednotek nad 5 MW je kromě rozptylové studie dále nutno prokázat zavedení kompenzačních opatření a vytvoření provozního řádu pro danou jednotku.

## 3. CHARAKTERISTIKA AREÁLU ÚJV ŘEŽ, A. S.

### 3.1 POPIS AREÁLU A ČINNOSTI SPOLEČNOSTI

#### 3.1.1 ČINNOST SPOLEČNOSTI

Společnost ÚJV Řež je akciová společnost založená v roce 1955. Společnost se zabývá aplikovaným výzkumem a poskytováním projektových a inženýrských činností v oblasti jaderné a klasické energetiky, průmyslu a zdravotnictví.

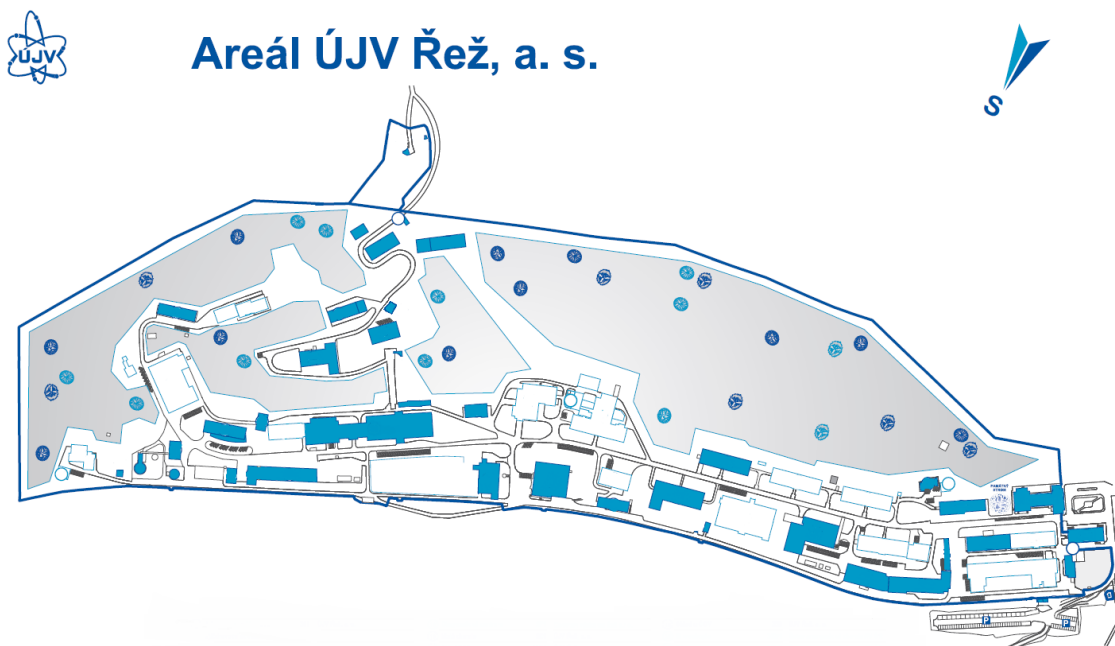
Předmětem činnosti společnosti v oblasti energetiky je podpora v současné době provozovaných jaderných bloků a příprava nových jaderných zdrojů. Jmenovitě především bezpečnost a spolehlivost, podpora ekonomického a efektivního provozu, podpora palivového cyklu, řízení stárnutí a hodnocení životnosti, likvidace radioaktivních odpadů a vyřazování energetických celků z provozu.

Další oblastí činnosti společnosti jsou radiofarmaka, konkrétně zásobování pracovišť nukleární medicíny diagnostickými přípravky pro Pozitronovou emisní tomografii (PET). Společnost v České republice provozuje tři PET centra.

V oblasti výzkumu a vývoje se společnost zabývá především jadernými reaktory IV. generace, malými modulárními reaktory, úložišti radioaktivních odpadů, obnovitelnými zdroji a vodíkovými technologiemi.

### 3.1.2 POPIS AREÁLU

Areál ÚJV Řež, a. s. je umístěn severně od Prahy v obci Husinec na pravém břehu řeky Vltavy. Pozemek, na němž je umístěn areál ÚJV Řež, a. s., je protáhlého tvaru. Areálem prochází centrální asfaltová komunikace, která slouží jak pro chodce, tak pro dopravu. Souběžně s touto komunikací vede ještě jedna podél hranice areálu na straně řeky. Objekty jsou rozloženy nepravidelně po obou stranách centrální komunikace. Orientační plánek rozmístění budov v areálu je uveden na následujícím obrázku.



Obrázek 3-1: Plán areálu ÚJV Řež, a. s.

### 3.1.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH BUDOV SPOLEČNOSTI

Níže je uveden popis některých provozů a objektů společnosti ÚJV Řež, a. s. mající největší dopad na spotřebu tepelné a energetické energie.

#### **Administrativní budova**

Administrativní budova se nachází po pravé straně vstupu do areálu. Součástí administrativní budovy je hlavní vrátnice a hlavní brána pro vjezd do areálu. V budově sídlí vedení společnosti a administrativní útvary. Součástí budovy je kongresové centrum s kongresovým sálem. Za administrativní budovou jsou garáže a kanceláře, kde sídlí hasičský útvar, fungující v nepřetržitém provozu.

#### **Mechanické dílny**

Vlevo za hlavní branou se nachází budova mechanických dílen. V hlavní hale jsou obráběcí stroje pro kovovýrobu, v přilehlých přístavcích je truhlárna a lakovna. Přední část budovy je dvoupodlažní, v přízemí je galvanizovna, v prvním patře šatny, sprchy a kanceláře.

#### **Metalurgie**

Ve směru dále do areálu je umístěn objekt metalurgie. Ten se skládá ze dvou propojených objektů, v prvním z nich jsou kanceláře a laboratoře, ve druhém pak jednoprostorová hala. V hale jsou zkušební zařízení metalurgického provozu.



## Malá chemie

Na levé straně areálu je objekt malé chemie. V tomto objektu jsou pouze laboratoře a kanceláře, částečně v pronájmu externím firmám. Suterén byl významně postižen povodněmi a velká část budovy není momentálně využívána.

## Energetika

Po pravé straně centrální komunikace zhruba proti objektům metalurgie a malé chemie se nachází budova Energetiky. V této budově jsou hlavně kanceláře, v přilehlé hale byl v minulosti provozován aerodynamický tunel, nyní hala slouží jako skladiště.

## Objekt reaktorů

Po pravé straně následuje objekt reaktoru LVR 15, a hned za ním objekt nulového reaktoru LR 0. Oba objekty se skládají ze dvou hlavních částí – administrativní části a reaktorové haly. K oběma reaktorovým objektům náleží přístavky (zkušební smyčky, vzduchotechnika, dílny).

## Vodárna

Po levé straně proti oběma reaktorům je objekt vodárny. V objektu vodárny je kromě technologie pro úpravu vody též technologická část sekundárního a terciárního chladicího okruhu reaktoru LVR 15.

## Velká chemie

Za oběma reaktory po pravé straně komunikace následuje objekt Velké chemie, složený ze tří částí, s navazující Inženýrskou halou. Objekt velké chemie slouží k experimentům s radioaktivním materiálem, části objektu jsou pronajaty externím firmám. Inženýrská hala je též pronajata, výrobní činnost v ní je v současné době minimální.

## 3.2 STÁVAJÍCÍ ZDROJE ELEKTŘINY A TEPLA

Společnost ÚJV Řež a. s. využívá pro svůj provoz elektrickou energii a zemní plyn.

Pro potřeby vytápění je v zadní části areálu umístěna budova kotelny, kam je zaveden přívod zemního plynu a odtud vyveden centrální rozvod tepla. Celkový jmenovitý tepelný výkon kotelny je 9 243 kW (teplovodní kotle 3 × 2 910 kW a kogenerační jednotky 268 a 245 kW).

### 3.2.1 STÁVAJÍCÍ ZDROJE ELEKTŘINY

V objektu areálu společnosti jsou instalovány 2 kogenerační jednotky.

Kogenerační jednotky jsou instalovány v objektu kotelny v samostatné místnosti v protihlukovém provedení. Jednotky vyrábějí elektrickou energii, která je využívána v areálu ke snížení spotřeby, a tepelnou energii, která je dodávána do centrálního rozvodu tepla.

První kogenerační jednotka byla instalována v roce 1997 (TEDOM CAT 190), její elektrický výkon je 190 kW, tepelný výkon 268 kW a účinnost 83,2 %. Druhá, novější jednotka, TEDOM Cento T180 má instalovaný elektrický výkon 180 kW, tepelný výkon 245 kW a účinnost 86,4 %.

### 3.2.2 STÁVAJÍCÍ ZDROJE TEPLA

V prostoru kotelny jsou dále instalovány tři totožné teplovodní kotle značky Roučka-Slatina. Všechny kotle spalují zemní plyn. Tepelný výkon každého z kotlů je 2 910 kW. Spaliny z jednotlivých kotlů jsou odváděny do zděného komína kotelny.

## 3.3 STÁVAJÍCÍ SPOTŘEBA ELEKTŘINY A TEPLA

### 3.3.1 STÁVAJÍCÍ SPOTŘEBA ELEKTŘINY

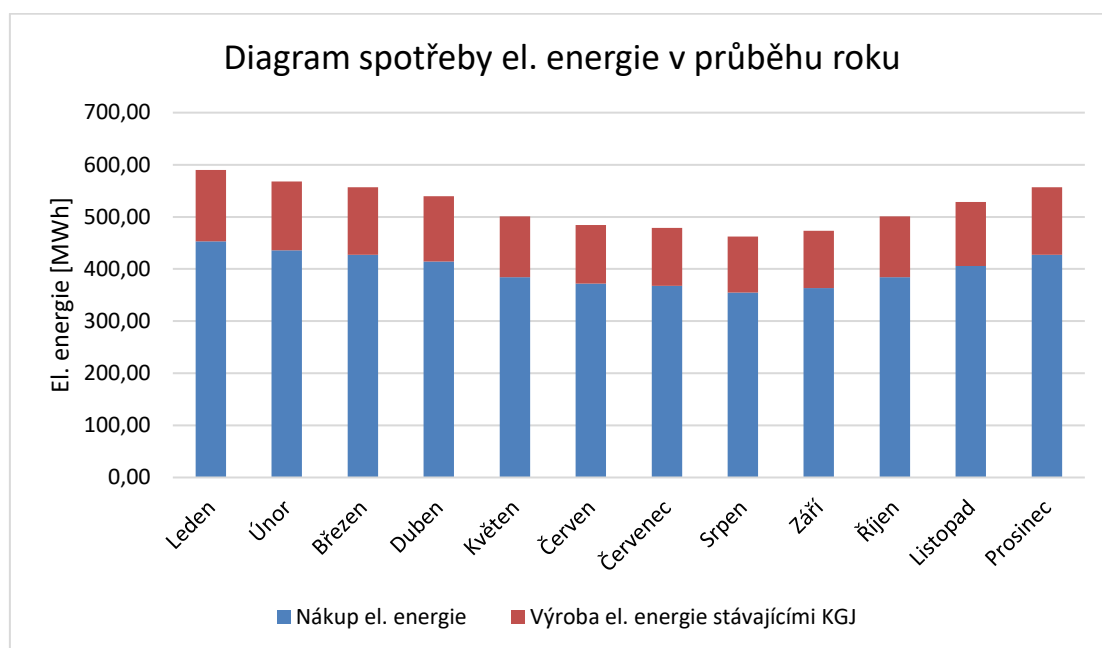
Celý areál společnosti ÚJV Řež, a. s. dle údajů z minulých let poskytnutých společností [15], spotřebuje ke svému provozu průměrně **6 240 MWh** elektrické energie ročně.

V areálu jsou v objektu kotelny aktuálně instalovány dvě kogenerační jednotky o celkovém elektrickém výkonu 370 kW. Tyto jednotky slouží především k pokrytí výkonových špiček v době vysokého el. zatížení společnosti. Ročně vyrobí průměrně **1450 MWh** el. energie.

Spotřeba elektrické energie v areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. v průběhu roku je přehledně zobrazena v následující tabulce a grafu. Údaje jsou dány průměrem hodnot z minulých let.

Tabulka 3-1: Přehled spotřeby el. energie v průběhu roku

	Nákup elektrické energie ze sítě [MWh/měsíc]	Výroba el. energie stávajícími KGJ [MWh/měsíc]
Leden	452,93	137,11
Únor	435,84	131,94
Březen	427,30	129,35
Duben	414,48	125,47
Květen	384,57	116,41
Červen	371,75	112,53
Červenec	367,48	111,24
Srpen	354,66	107,36
Září	363,20	109,95
Říjen	384,57	116,41
Listopad	405,93	122,88
Prosinec	427,30	129,35
<b>Celkem</b>	<b>4 790</b>	<b>1 450</b>



Obrázek 3-2: Diagram spotřeby el. energie v průběhu roku

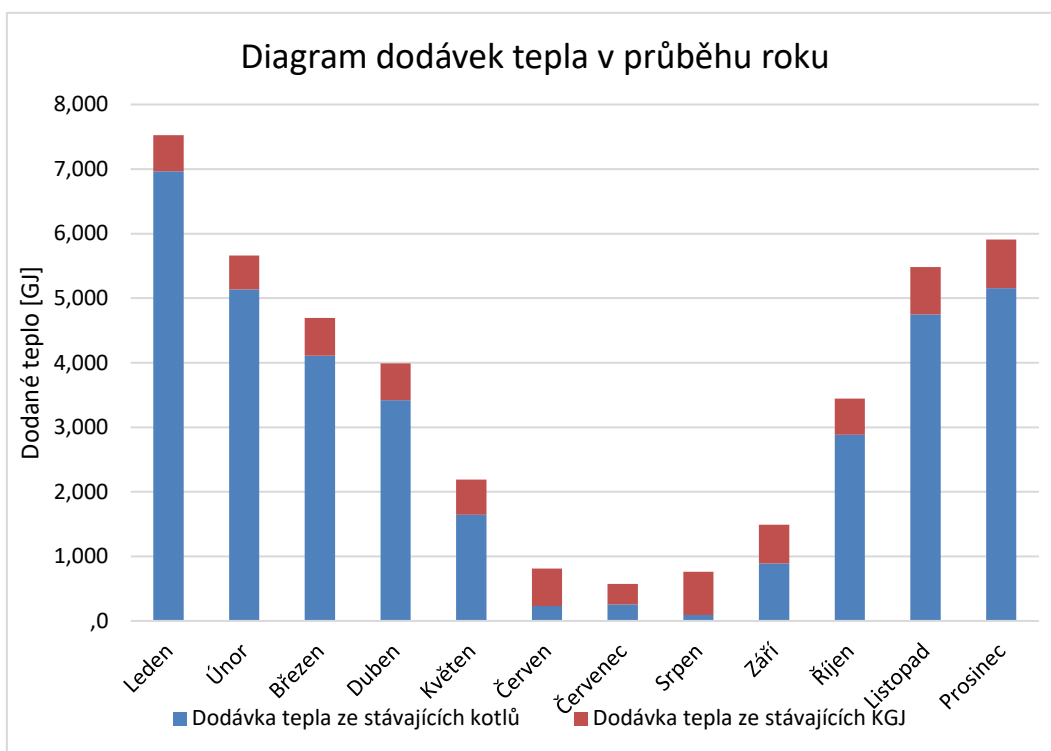
### 3.3.2 STÁVAJÍCÍ SPOTŘEBA TEPLA

Dle údajů poskytnutých společností ÚJV Řež, a. s. [15], vycházejících z minulých let se během jednoho roku celkově spotřebuje v areálu společnosti na vytápění, přípravu TUV a další přibližně 1 250 tis. m<sup>3</sup> zemního plynu. To při předpokládané výhřevnosti 34 GJ / tis. m<sup>3</sup> činí zhruba **42 500 GJ** spotřebované tepelné energie za rok.

Spotřeba tepelné energie, resp. dodávka tepelné energie stávajícími zdroji společnosti ÚJV Řež, a. s. v průběhu roku je přehledně zobrazena v následující tabulce a grafu. Údaje vychází z průměru hodnot z minulých let.

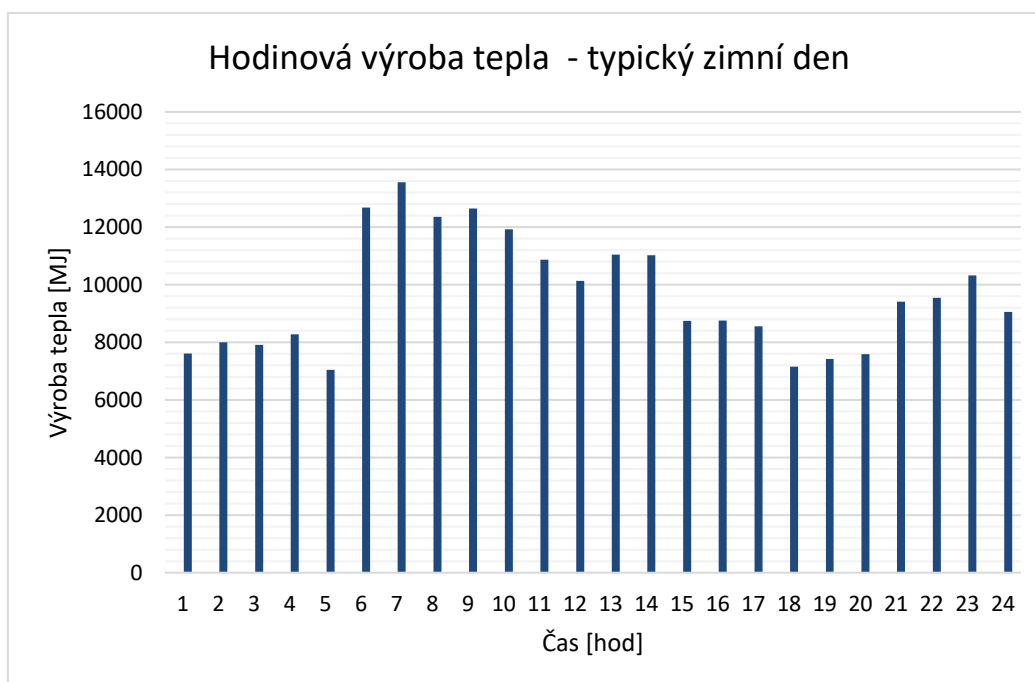
Tabulka 3-2: Přehled dodávek tepla v průběhu roku

	<b>Dodávka tepla ze stávajících KGJ [GJ/měsíc]</b>	<b>Dodávka tepla ze stávajících kotlů [GJ/měsíc]</b>
Leden	559	6 965
Únor	529	5 133
Březen	586	4 109
Duben	566	3 421
Květen	546	1 642
Červen	578	232
Červenec	317	255
Srpen	667	93
Září	598	892
Říjen	560	2 882
Listopad	734	4 746
Prosinec	756	5 154
<b>Celkem</b>	<b>6 996</b>	<b>35 524</b>



Obrázek 3-3: Diagram dodávek tepla v průběhu roku

Následující diagram ukazuje typický zimní den z pohledu průběhu výroby tepla stávajícími zdroji (3× kotel a 2× stávající KGJ).



Obrázek 3-4: Výroba tepla v průběhu dne

## 4. NÁVRH PROVOZU KOGENERACE V AREÁLU SPOLEČNOSTI ÚJV ŘEŽ, A. S.

Za hlavní cíl a důvod provedení investice v podobě instalace nové kogenerační jednotky považují primárně snahu omezit používání starých teplovodních kotlů na minimum a dále vykryt co největší podíl vlastní spotřeby elektrické energie ze stávajících a nové KGJ.

### 4.1 NÁVRH PROVOZU

Nově instalovanou kogenerační jednotku uvažují vzhledem ke stanovenému cíli provozovat prioritně společně se dvěma stávajícími kogeneračními jednotkami, stávající teplovodní kotle budou využívány pouze v případě neschopnosti pokrytí odběru tepla kogeneračními jednotkami.

Dle doporučení výrobce k omezení krátkodobého provozu z důvodu prodloužení životnosti kogenerační jednotky (časté starty a odstavení KGJ = vyšší nároky na údržbu a opravy + zkrácení životnosti), neuvažují používání nové KGJ v letních měsících (červen–srpen).

Prioritu využívání zdrojů jsem stanovil na základě konzultace s obsluhou kotelny a jejich požadavky, a to následovně:

1. Stávající dvě kogenerační jednotky
2. Nová KGJ
3. Stávající tři teplovodní kotle

### 4.2 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Pro zvýšení efektivnosti procesu kogenerace uvažují instalovat společně s KGJ rovněž akumulární nádrž o objemu cca 100 m<sup>3</sup>, sloužící pro vykrytí rozdílů mezi vyrobeným teplem v KGJ a spotřebou tepla pro vytápění areálu.

V případě, že množství tepla, dodávaného KGJ, nebude pokrývat jeho okamžitou spotřebu, bude odebíráno teplo z akumulární nádrže a po jejím vybití budou postupně uváděny do provozu stávající teplovodní kotle.

Pro případ, že okamžitá spotřeba tepla bude menší než množství tepla dodávaného KGJ, bude rozdíl obou hodnot ukládán do akumulární nádrže. Následně bude možné v době, kdy nebude KGJ v provozu, dodávat teplo z této nádrže do soustavy.

## 5. DIMENZOVÁNÍ NOVÉ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Při dimenzování nové kogenerační jednotky pro areál společnosti ÚJV Řež, a. s. jsem uvažoval především následující kritéria:

- Návrh provozu, popsáný v kapitole 4
- Využití nové kogenerační jednotky minimálně v rozsahu 3000 provozních hodin / rok, z důvodů uvedených v [12]
- Splnění limitního výkonu dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění, o posuzování vlivů na životní prostředí [10] tak, aby realizace nepodléhala požadavkům na získání kladného stanoviska EIA (Environmental Impact Assessment)

### 5.1 TEDOM QUANTO D1000

Jako novou kogenerační jednotku, vhodnou pro instalaci do areálu společnosti ÚJV Řež, a. s., jsem po konzultaci stávající spotřeby se společností ČEZ Energo, s.r.o. zvolil TEDOM Quanto D1000, v provedení s protihlukovým krytem. Jmenovitý elektrický výkon uvažované KGJ dosahuje hodnoty 999 kW, jmenovitý tepelný výkon KGJ je 1 091 kW a příkon v palivu činí 2 325 kW.

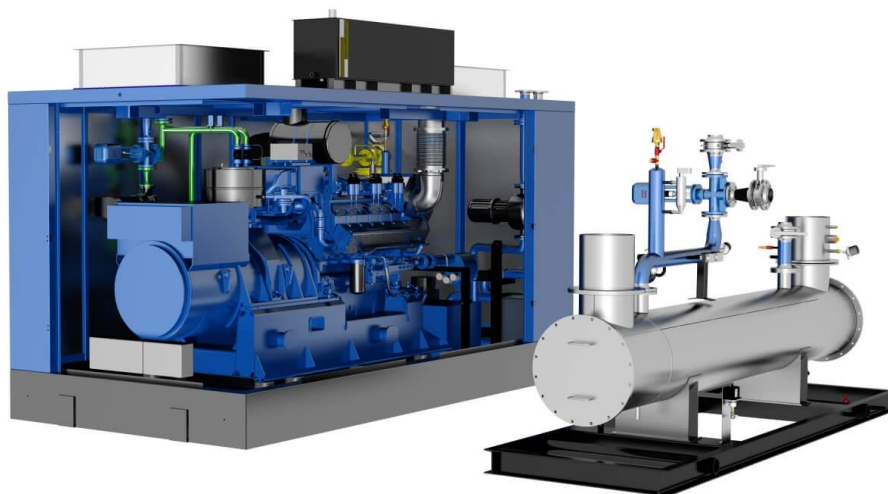
Vybrané parametry uvažované KGJ, dle technické specifikace poskytnuté společností ČEZ Energo [16], jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5-1: Parametry nové KGJ

Typ	Elektrický výkon [kW]	Tepelný výkon [kW]	Elektrická účinnost [%]	Tepelná účinnost [%]	Celková účinnost [%]	Emise No <sub>x</sub> /CO [mg/Nm <sup>3</sup> ]
TEDOM Quanto D1000	999	1216	43	50,1	93,1	500/300

Dodávka kogenerační jednotky TEDOM Quanto D1000 je standardně tvořena následujícími technologickými celky:

- Modul motorgenerátoru
- Spalinový výměník
- Katalyzátor spalin
- Tlumič hluku spalin
- Atmosférický chladič
- Olejový systém
- Tlumič hluku pro VZT zařízení
- Spojovací potrubí
- Akumulační nádrž 100 m<sup>3</sup>
- Expanzní nádrž 5 m<sup>3</sup>



Obrázek 5-1: TEDOM Quanto D1000 [F]

## 5.2 VARIANTY PROVOZU

Pro zjednodušení problematiky dimenzování uvažují celkem 3 možné varianty provozu. Tyto varianty vychází z hodinové výroby stávajících KGJ a nově plánované kogenerační jednotky. V rámci těchto variant neřeším provoz v průběhu dne. Díky instalaci akumulární nádrže uvažují v průběhu dne provozovat novou KGJ pokud možno v období s nejvyšší poptávkou po elektrické energii. Toto je dle informací poskytnutých společností ÚJV Řež, a. s. možno realizovat operátorem v centrálním řídicím centru areálu.

Tabulka 5-2: Přehled variant provozu nové KGJ

Varianta	Typ provozu	Množství vyrobené energie [GJ/měsíc]	Počet provozních hodin [hod/měsíc]
1	Provoz 20 hodin denně 7 dní v týdnu	2828	600
2	Provoz 16 hodin denně 5 dní v týdnu (pracovní dny)	1257	320
3	Provoz 8 hodin denně 5 dní v týdnu (pracovní dny)	628	160

### Varianta 1

V rámci první varianty uvažují provozovat KGJ 20 hodin denně 7 dní v týdnu, celkem tedy 600 provozních hodin za měsíc. Při tomto režimu provozu se vyrobí největší množství energie. Tento režim uvažují v zimních měsících a větší části přechodných období (jaro, podzim). Celkem bude tento režim provozu využíván od října do dubna.

### Varianta 2

Varianta číslo 2 uvažuje provoz 16 hodin denně v pracovních dnech (pondělí–pátek), tedy 320 provozních hodin měsíčně. Tento režim provozu uvažují v teplejších měsících přechodných

období (květen), kdy už není spotřeba tepla tak vysoká. O víkendu je možné objekty vytápět na nižší teplotu, příp. pouze temperovat, což je možné zajistit stávajícími KGJ.

### Varianta 3

Třetí variantu uvažuji využívat rovněž v teplejších přechodných obdobích (září), kdy je spotřeba tepla nízká, ale stále ji není možno pokrýt stávajícími KGJ. Při této variantě je nová kogenerační jednotka v provozu v pracovních dnech (pondělí-pátek) po dobu 8 hodin, tedy 160 provozních hodin měsíčně.

V letních měsících, kdy je spotřeba tepla na vytápění velmi nízká, uvažuji provozovat pouze stávající kogenerační jednotky a v případě zvýšené potřeby tepelné energie některý z tlakovodních kotlů. Provoz stávajících jednotek je díky jejich menšímu výkonu v těchto obdobích efektivní, zatímco provoz nové KGJ by byl příliš krátkodobý, a tedy výrazně snižoval životnost zařízení.

Rozložení variant po měsících v průběhu roku je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 5-3: Přehled provozních hodin nové KGJ

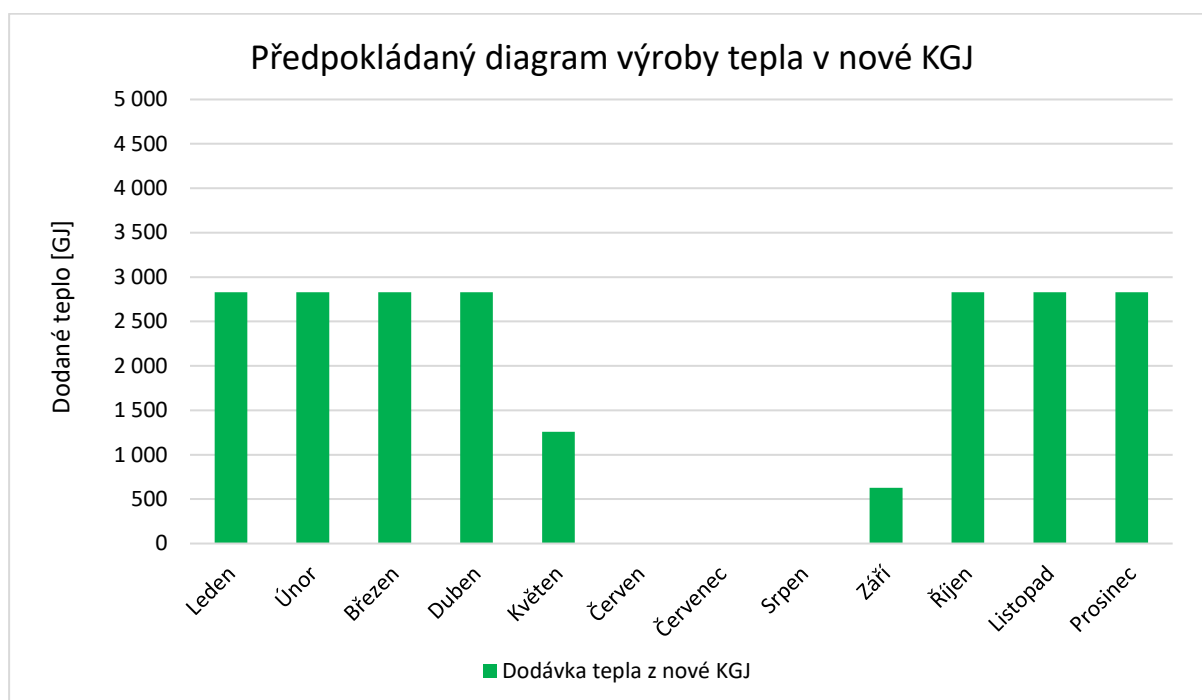
	Zvolená varianta pro daný měsíc	Počet provozních hodin nové KGJ [hod/měsíc]
Leden	1	600
Únor	1	600
Březen	1	600
Duben	1	600
Květen	2	320
Červen	-	0
Červenec	-	0
Srpen	-	0
Září	3	160
Říjen	1	600
Listopad	1	600
Prosinec	1	600
<b>Celkem</b>	-	<b>4 680</b>

Celkem uvažuji provozovat nově instalovanou kogenerační jednotku **4 680** hodin za rok. To je zhruba polovina roku čistého času.

## 5.3 TEPELNÁ ENERGIE

Celkovou roční dodávku tepelné energie nově instalovanou kogenerační jednotkou jsem vypočítal na základě hodinové výroby uvažované KGJ, která dle výrobce činí 3 928 MJ/hod a počtu uvažovaných provozních hodin pro jednotlivé varianty stanovených v kapitole 5.2 na celkových 21 683 GJ ročně. To je více než polovina celkové roční spotřeby areálu. Podrobný přehled výroby tepla novou kogenerační jednotkou je uveden v následujícím diagramu.



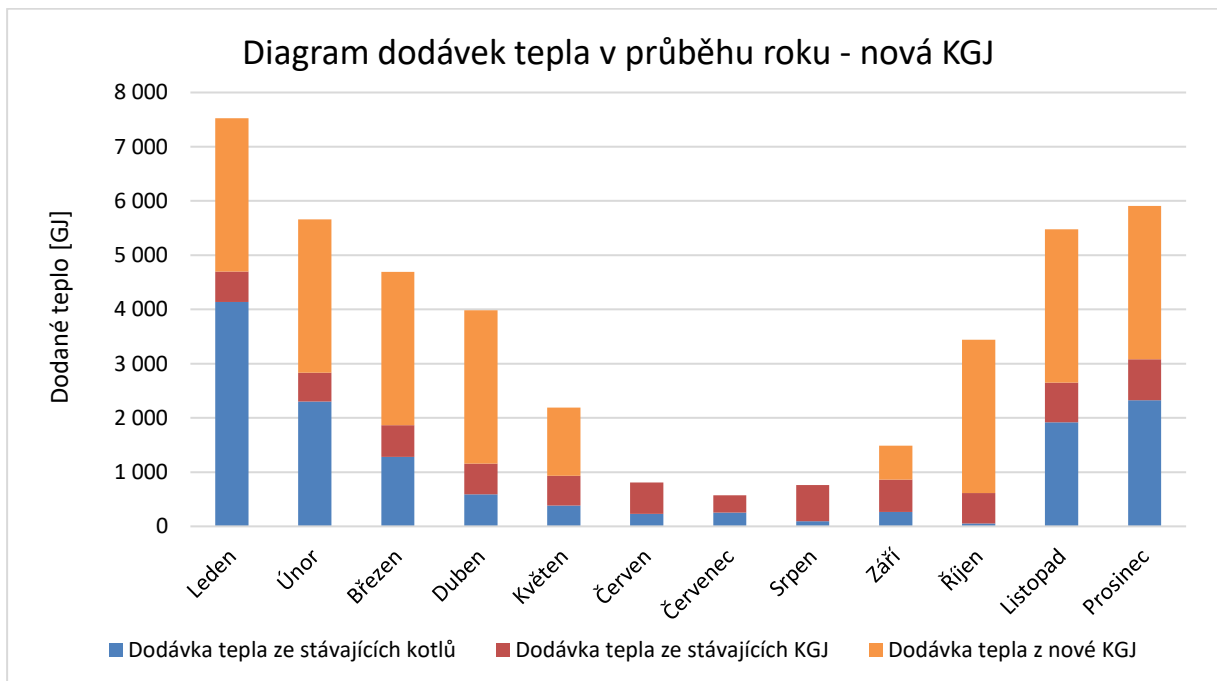


Obrázek 5-2: Předpokládaný diagram výroby tepla v nové KGJ

Po instalaci nové kogenerační jednotky budou v areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. k dispozici celkem tři různé zdroje tepelné energie, a to tři stávající teplovodní kotle, dvě stávající kogenerační jednotky a jednotka nová. Priorita jejich využívání je popsána v kapitole 4. Teplo, dodávané jednotlivými zdroji uvažují rozdělit viz tabulka a graf níže.

Tabulka 5-4: Přehled dodávek tepla

	Dodávka tepla ze stávajících KGJ [GJ/měsíc]	Dodávka tepla ze stávajících kotlů [GJ/měsíc]	Dodávka tepla z nové KGJ [GJ/měsíc]	Celkem [GJ/měsíc]
Leden	559	4 137	2 828	7 524
Únor	529	2 305	2 828	5 662
Březen	586	1 281	2 828	4 695
Duben	566	593	2 828	3 987
Květen	546	385	1 257	2 188
Červen	578	232	0	810
Červenec	317	255	0	572
Srpen	667	93	0	760
Září	598	264	628	1 490
Říjen	560	54	2 828	3 442
Listopad	734	1 918	2 828	5 480
Prosinec	756	2 326	2 828	5 910
<b>Celkem</b>	<b>6 996</b>	<b>13 841</b>	<b>21 683</b>	<b>42 520</b>

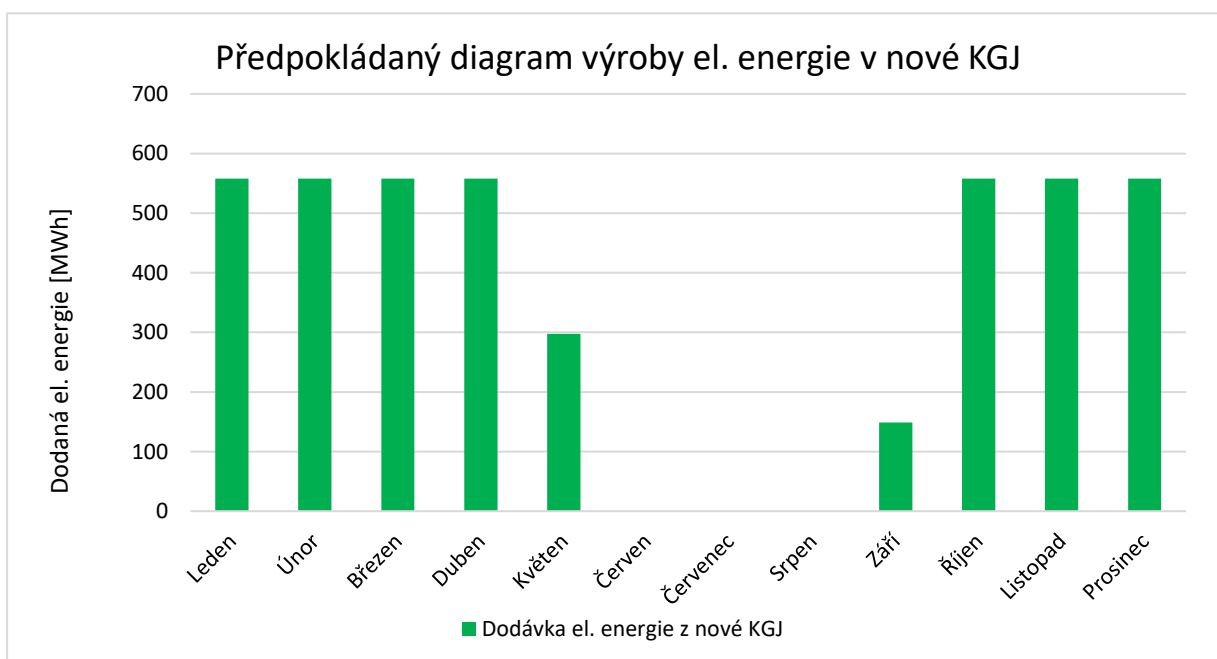


Obrázek 5-3: Diagram dodávek tepla v průběhu roku – nová KGJ

## 5.4 ELEKTRICKÁ ENERGIE

Výroba elektrické energie novou KGJ, obdobně jako energie tepelná, vychází z hodinové výroby elektrické energie, dané elektrickým výkonem jednotky a její účinností. Při uvažovaném ročním počtu 4 680 provozních hodin nová kogenerační jednotka vyrobí celkem 4 353 MWh elektrické energie za rok.

Objem výroby elektrické energie novou kogenerační jednotkou v jednotlivých měsících je uveden v následujícím grafu.

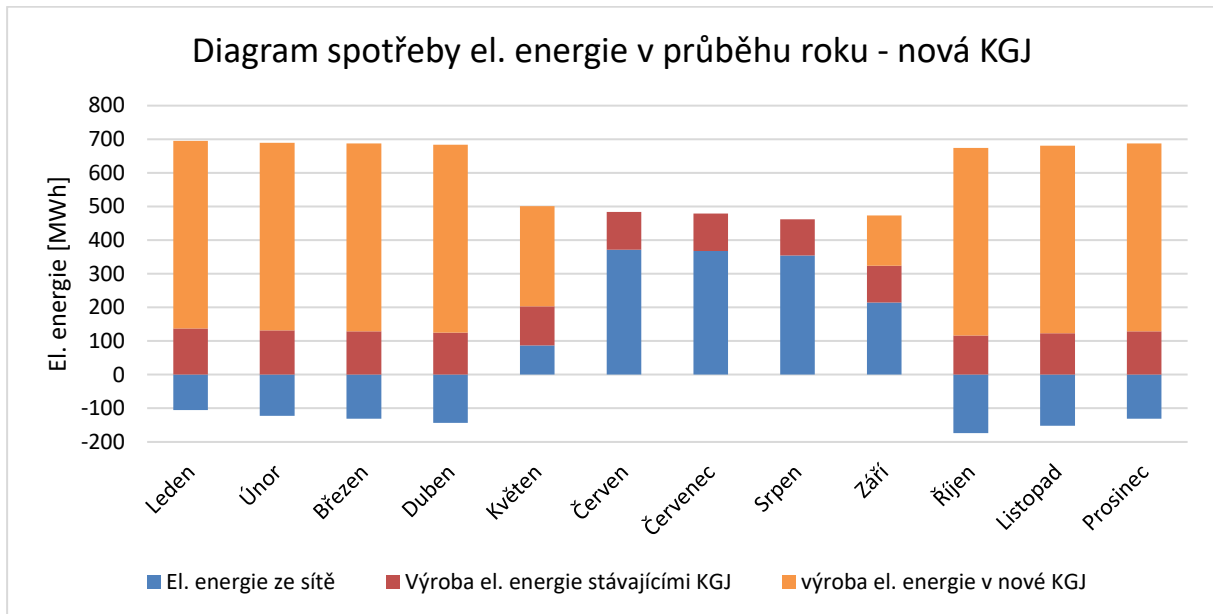


Obrázek 5-4: Předpokládaný diagram výroby el. energie v nové KGJ

Kromě nově instalované kogenerační jednotky se na výrobě elektřiny v areálu podílí ještě stávající dvě kogenerační jednotky o celkovém elektrickém výkonu 370 kW. V zimních a přechodných obdobích roku uvažují provozovat současně jak stávající, tak novou KGJ, zatímco v letních obdobích uvažují novou kogenerační jednotku odstavit a spotřebu pokrýt stávajícími KGJ společně s nákupem el. energie. Přehled dodávek elektrické energie jednotlivými zdroji v průběhu roku je uveden v následující tabulce a grafu.

Tabulka 5-5: Přehled dodávek el. energie

	Nákup elektrické energie ze sítě [MWh/měsíc]	Výroba el. energie stávajícími KGJ [MWh/měsíc]	Výroba el. energie v nové KGJ [MWh/měsíc]	Celkem [MWh/měsíc]
Leden	-105	137	558	590
Únor	-122	132	558	568
Březen	-131	129	558	557
Duben	-144	125	558	540
Květen	87	116	298	501
Červen	372	113	0	484
Červenec	367	111	0	479
Srpen	355	107	0	462
Září	214	110	149	473
Říjen	-173	116	558	501
Listopad	-152	123	558	529
Prosinec	-131	129	558	557
<b>Celkem</b>	<b>437</b>	<b>1 450</b>	<b>4 353</b>	<b>6 240</b>



Obrázek 5-5: Diagram spotřeby el. energie v průběhu roku – nová KGJ

*Pozn. Záporné hodnoty nákupu elektrické energie v některých měsících znamenají vyšší výrobu než spotřebu. V takovém případě bude přebytek vyrobené elektrické energie prodán obchodníkovi (odveden do distribuční sítě).*

## 6. PARAMETRY EKONOMICKÉHO VYHODNOCENÍ

Pro potřeby provedení ekonomického vyhodnocení a efektivnosti realizace dané investice je potřeba znát a uvažovat především následující parametry. Veškeré parametry jsou uvažovány bez DPH.

### 6.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY

#### 6.1.1 NÁKLADY NA POŘÍZENÍ NOVÉ KGJ

Největší a hlavní část celkových investičních nákladů tvoří kogenerační jednotka. Ta je obvykle výrobcem dodávána společně s příslušenstvím přímo navazujícím na samotnou kogenerační jednotku. Součástí bývají rovněž náklady na montáž zařízení, pokud výrobce tuto montáž v rámci dodávky poskytuje.

Pro potřeby určení investičních nákladů jsem využil rozpočet z projektu instalace KGJ TEDOM Quanto D1000, realizovaného v roce 2015, poskytnutý společností ČEZ Energo, s.r.o. Dle tohoto rozpočtu činí náklady 10 670 542 Kč bez DPH.

Tabulka 6-1: Náklady na pořízení nové KGJ

Jednotlivé položky pořizovacích nákladů	Cena bez DPH [Kč]
Stavební a inženýrské objekty	2 177 474
Technická a technologická zařízení (KGJ, Rozvody, Trafostanice, ASŘTP)	8 493 068
<b>Celkem</b>	<b>10 670 542</b>

#### 6.1.2 SOUVISEJÍCÍ INVESTIČNÍ NÁKLADY

Související investice jsou takové náklady, které je nezbytné vydat v rámci umístění kogenerační jednotky a jejího uvedení do provozu. Především se jedná o stavební úpravy, připojení na stávající systém zásobování teplem, příp. napojení na plynovod.

Součástí souvisejících (ostatních) nákladů jsou často rovněž projektové práce, které v případě realizace kogeneračních jednotek větších výkonů tvoří nemalou částku. Předmětem těchto prací je vytvoření projektové dokumentace v požadovaných stupních, inženýrské činnosti zahrnující vyřízení stavebního povolení, včetně vyjádření dotčených orgánů státní správy, připojení kogenerační jednotky do distribuční sítě atd. V případě větších jednotek rovněž zpracování hlukové a rozptylové studie, příp. dokumentace EIA, viz kapitola 2.4.

Související investiční náklady, rovněž přejaté z rozpočtu poskytnutého společností ČEZ Energo, s.r.o. činí 1 823 922 Kč bez DPH.

Tabulka 6-2: Přehled souvisejících investičních nákladů

Jednotlivé položky souvisejících investičních nákladů	Cena bez DPH [Kč]
Zařízení staveniště	785 138
Projektové práce	168 985
Provozní vlivy	197 770
Jiné	672 029
<b>Celkem</b>	<b>1 823 922</b>

## 6.2 PROVOZNÍ NÁKLADY

Provozními náklady se rozumí všechny vynaložené náklady přímo spojené se zajištěním požadované činnosti a funkce daného zařízení.

### 6.2.1 PALIVO

Náklady na palivo tvoří nejvýznamnější položku provozních nákladů. Cena za palivo zásadně ovlivňuje výši provozních nákladů, a tedy rentabilitu celé investice.

V rámci areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. je jako palivo pro výrobu tepelné energie využíván zemní plyn. Cena zemního plynu má regulovanou a neregulovanou část. Neregulovaná část je tvořena fixní a variabilní složkou [4]. Skladba celkové ceny za dodávky plynu je přehledně uvedena v následujícím schématu.



Obrázek 6-1: Skladba ceny za dodávku plynu [E]

#### Neregulovaná část ceny

Neregulovaná část ceny je tvořena fixní a variabilní částí. Fixní část, realizovaná formou měsíčních stálých plateb, je nezávislá na množství odebraného plynu a její výše je konkrétně stanovena ve smlouvě se zákazníkem. Variabilní část, úctovaná podle množství odebraného plynu v Kč/MWh, případně Kč/kWh, zahrnuje cenu komodity (zemního plynu) nakupované obchodníkem.

V rámci smlouvy uzavřené mezi dodavatelem zemního plynu a společností ÚJV Řež, a. s. je fixní i variabilní složka neregulované části ceny dána jednotnou sazbou 5,72 Kč/m<sup>3</sup>, úctované za každé zúčtovací období na základě fakturačního měření.

#### Regulovaná část ceny

Regulovanou část ceny tvoří poplatky za přepravu plynu, za distribuci plynu a poplatky za činnosti operátora trhu a dále daně. Regulovanou část ceny plynu stanovuje Energetický regulační úřad v cenovém rozhodnutí pro daný rok. Sazby pro rok 2020 jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6-3: Regulovaná část ceny plynu

Položka	Hodnota	Jednotka
Cena za odebraný plyn	0,78	Kč/MWh
Cena za rezervovanou přepravní kapacitu	2 127,72	Kč/MWh/den

Položka	Hodnota	Jednotka
Roční cena za denní rezervovanou pevnou distribuční kapacitu	115 480,21	Kč/tis. m <sup>3</sup>
Cena za distribuovaný plyn	110,90	Kč/MWh
Cena za činnost zúčtování	1 000	Kč/měsíc
Cena za zúčtování	1,07	Kč/MWh
Cena za poskytování skutečných hodnot účastníkům trhu	1 000	Kč/měsíc
Cena za zobchodované množství plynu	0,30	Kč/MWh
Daň ze zemního plynu	264,80	Kč/MWh

Celkové roční palivové náklady uvažované nové kogenerační jednotky činí při 4 680 provozních hodinách/rok 6 661 008 Kč. Přehled cen plynu v jednotlivých měsících je uveden v následující tabulce.

Tabulka 6-4: Přehled palivových nákladů

Měsíc	Regulovaná část ceny plynu [Kč]	Neregulovaná část ceny plynu [Kč]	Daň ze zemního plynu [Kč]
Leden	102 847	550 021	208 027
Únor	102 847	550 021	208 027
Březen	102 847	550 021	208 027
Duben	102 847	550 021	208 027
Květen	53 507	244 454	92 456
Červen	14 035	0	0
Červenec	14 035	0	0
Srpen	14 035	0	0
Září	33 771	122 227	46 228
Říjen	102 847	550 021	208 027
Listopad	102 847	550 021	208 027
Prosinec	102 847	550 021	208 027
<b>Celkem</b>	<b>849 311</b>	<b>4 216 824</b>	<b>1 594 873</b>

Cena paliva tedy činí 1 106 Kč/MWh.

## 6.2.2 OPRAVY A ÚDRŽBA

Kogenerační jednotky, jakožto zařízení složené z mechanických částí, musí být při svém provozu udržovány a servisovány. Náročnost údržby se odvíjí od velikosti zařízení (instalovaného výkonu) a způsobu provedení. V rámci komplexního servisu (prováděného buď vlastním personálem nebo výrobcem v rámci záruky) jde především o prohlídky a kontroly zařízení, pravidelnou výměnu provozních kapalin a opotřebovávaných částí apod. Náklady na údržbu se u kogeneračních jednotek se spalovacími motory pohybují v rozmezí 0,15 – 0,30 Kč/kWh. U jednotek se spalovacími turbínami jsou náklady o něco nižší [5].

Údržbu a opravy kogeneračních jednotek lze rozdělit podle druhu činnosti a intervalu provádění následovně [9]:

Tabulka 6-5: Typické intervaly prohlídek a oprav

Druh činnosti	Interval [provozní hodiny]
Běžné prohlídky	700 až 1 000
Střední opravy	6 000 až 8 000
Generální opravy	20 000 až 50 000

Vzhledem ke dvěma v současné době již instalovaným kogeneračním jednotkám rovněž v budově kotelny a možnosti pokrytí zvýšených nároků na údržbu nové KGJ stávajícím personálem uvažují náklady na opravy a údržbu nově instalované KGJ pouze 0,03 Kč na vyrobenou kWh. Při uvažované výrobě 6 GWh ročně činí náklady na opravy a údržbu 180 000 Kč za rok.

### 6.2.3 OSOBNÍ NÁKLADY

Osobní náklady jsou především mzdové náklady a další náklady přímo související se zajištěním personálu potřebného pro provoz a údržbu zařízení. Počet obsluhujícího personálu, a tedy mzdové náklady, jsou přímo úměrné výkonu kogenerační jednotky, používanému palivu a jeho kvalitě. Za předpokladu, že kogenerační jednotka nevyužívá tuhá paliva, platí následující rozdělení [12].

Tabulka 6-6: Rozdělení osobních nákladů

Výkon	Počet obsluhujícího personálu
do 10 MW	Bezobslužný provoz
10–30 MW	1 osoba
nad 30 MW	2 osoby

V rámci instalace nové KGJ do areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. uvažují navýšení mzdových a ostatních nákladů nezbytných pro výkon povolání související s činností pracovníků údržby a operátorů řídicího centra areálu o 0,01 Kč/kWh. Osobní náklady na provoz nové kogenerační jednotky tedy činí 60 000 Kč ročně.

## 6.3 ŽIVOTNOST ZAŘÍZENÍ

Důležitým parametrem každého zařízení je jeho životnost. Právě ta určuje, jak dlouho vydrží zařízení v provozu. Životnost kogeneračních jednotek se liší podle způsobu provedení a bývá garantována výrobcem. Životnost kogeneračních jednotek se spalovacími motory se pohybuje okolo 60 000 pracovních hodin a pro jednotky se spalovacími turbínami se uvádí zhruba 80 000 pracovních hodin. Délku životnosti dále ovlivňuje způsob provozování, provádění pravidelné údržby, kontroly a další faktory. Vypršení doby životnosti ne vždy znamená nemožnost jednotku dále používat. Obvykle stačí vyměnit nejvíce namáhané součásti v rámci tzv. generální opravy a zařízení lze nadále provozovat.

Výrobcem udávaná životnost kogenerační jednotky TEDOM Quanto D1000 v provedení s protihlukovým krytem, za předpokladu dodržování doporučené údržby, činí 80 000 provozních hodin.

Při životnosti 80 000 provozních hodin a mnou plánovaných 4 680 provozních hodinách ročně činí životnost uvažované KGJ 17 let.



## 6.4 DAŇOVÉ ODPISY

Pro kogenerační jednotky lze dle zákona č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů [14] uplatnit daňové odpisy. Kogenerační jednotky do určitého výkonu spadají do kategorie: „generátorová soustrojí se zážehovými a spalovacími motory a ostatní generátorová soustrojí do 2,5 MW elektrického výkonu“ a tedy do 2. odpisové třídy. Doba odepisování těchto jednotek je tedy zákonem stanovena na 5 let. V případě lineárního odepisování je dle zákona v prvním roce odepsáno 11 % pořizovací ceny a v dalších čtyřech letech 22,25 % z celkových investičních nákladů na pořízení nové KGJ.

Přehled výše daňových odpisů investičních nákladů na pořízení nové KGJ v areálu ÚJV Řež, a. s. je uveden v následující tabulce.

Tabulka 6-7: Daňové odpisy

Položka	Daňové odpisy [Kč]
Odpisy 1. rok provozu	1 374 391
Odpisy 2. rok provozu	2 780 018
Odpisy 3. rok provozu	2 780 018
Odpisy 4. rok provozu	2 780 018
Odpisy 5. rok provozu	2 780 018
<b>Odpisy celkem</b>	<b>12 494 464</b>

## 6.5 PROVOZNÍ VÝNOSY

Provozní výnosy jsou příjmy získané provozováním kogenerační jednotky v určitém období. Výnosy u kogeneračních jednotek vznikají prodejem obchodovatelných komodit, tedy elektrické energie, tepla a případně chladu. Tyto výnosy by měly v ideálním případě pokrýt součet provozních nákladů a požadovaného zisku. V rámci ekonomického hodnocení je důležité mezi výnosy zahrnout rovněž úsporu nákladů vzniklou používáním zařízení (úspora z nákupu elektrické energie a tepla).

V rámci provozních výnosů kogeneračních jednotek je nutno dále uvažovat státní podporu. Ta probíhá formou tzv. zelených bonusů. Zelený bonus je forma státní podpory kombinované výroby elektřiny a tepla. Jeho výši každý rok stanovuje Energetický regulační úřad a odvíjí se od instalovaného elektrického výkonu jednotky a ročních provozních hodin. Zelený bonus je podrobněji popsán v kapitole 6.6.1.

### 6.5.1 ÚSPORA Z NÁKUPU ELEKTRICKÉ ENERGIE

Největší podíl provozních výnosů kogeneračních jednotek tvoří úspora z nákupu elektrické energie. Výše této úspory se stanoví jako rozdíl nákladů na nákup elektrické energie před pořízením kogenerační jednotky a nákladů po pořízení, snížených o pokrytí vlastní spotřeby elektrickou energií vyrobenou v KGJ.

Celkové náklady na nákup elektrické energie, rozdělené na regulovanou a neregulovanou část v období před pořízením nové KGJ jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6-8: Náklady na nákup elektrické energie před pořízením nové KGJ

Měsíc	Množství nakupované elektrické energie [MWh/měsíc]	Regulovaná část [Kč/měsíc]	Neregulovaná část [Kč/měsíc]	Náklady celkem [Kč/měsíc]
Leden	453	284 451	957 791	1 242 242
Únor	436	281 421	921 652	1 203 073
Březen	427	277 351	903 592	1 180 944
Duben	414	275 079	876 493	1 151 561
Květen	385	262 108	813 233	1 075 341
Červen	372	259 835	786 483	1 045 958
Červenec	367	253 966	777 094	1 031 060
Srpen	355	251 693	749 984	1 001 677
Září	363	258 319	768 043	1 026 362
Říjen	385	264 664	813 233	1 077 897
Listopad	406	276 119	858 402	1 134 521
Prosinec	427	279 907	903 592	1 183 500
<b>Celkem</b>	<b>4 790</b>	<b>3 224 915</b>	<b>10 129 233</b>	<b>13 354 138</b>

Následující tabulka pak uvádí náklady a množství nakupované elektrické energie, opět rozdělené na regulovanou a neregulovanou část, po pokrytí spotřeby areálu uvažovanou kogenerační jednotkou.

Tabulka 6-9: Náklady na nákup elektrické energie po pořízení nové KGJ

Měsíc	Množství nakupované elektrické energie [MWh/měsíc]	Regulovaná část [Kč/měsíc]	Neregulovaná část [Kč/měsíc]	Náklady celkem [Kč/měsíc]
Leden	-105	204 151	0	204 151
Únor	-122	204 151	0	204 151
Březen	-131	201 595	0	201 595
Duben	-144	201 595	0	201 595
Květen	87	209 343	78 920	288 262
Červen	372	259 835	337 425	597 260
Červenec	367	253 966	333 549	587 516
Srpen	355	251 693	321 913	573 606
Září	214	231 937	194 594	426 530
Říjen	-173	196 484	0	196 484
Listopad	-152	204 151	0	204 151
Prosinec	-131	204 151	0	204 151
<b>Celkem</b>	<b>437</b>	<b>2 623 054</b>	<b>1 266 401</b>	<b>3 889 455</b>

Celková úspora z nákupu elektrické energie je dána rozdílem nákladů před a po instalaci nové KGJ a činí **9 464 683 Kč** ročně.

## 6.5.2 ÚSPORA Z NÁKUPU ZEMNÍHO PLYNU

Další nezanedbatelnou položku provozních výnosů tvoří úspora z nákupu zemního plynu. Ta vzniká především při nahrazení zdrojů tepla staršího data kogenerací. Ta díky modernějším technologiím vykazuje lepší účinnost, tedy efektivnější získávání energie z paliva. Úsporu z nákupu tepla tvoří rozdíl nákladů na spotřebované palivo pro získání požadovaného množství tepelné energie.

V areálu ÚJV Řež, a. s. uvažuji instalací nové KGJ omezit využívání původních teplovodních kotlů s nižší účinností a nahradit je novou KGJ s vyšší účinností, a tedy snížit spotřebu zemního plynu. Přehled účinností získaných z podkladů společnosti ÚJV Řež, a. s. a z technické specifikace nové KGJ poskytnuté společností ČEZ Energo je uveden v Tabulka 6-10.

Tabulka 6-10: Přehled účinností

Položka	Účinnost [%]
Celková účinnost nové KGJ	93,1
Celková průměrná účinnost kotlů	82,0

Tabulka 6-11 uvádí přehled dodávaného tepla před a po realizaci nové KGJ, hodnoty jsem získal z obdržených podkladů, případně vypočítal pro potřeby dimenzování v kapitolách 3.3.2 a 5.3.

Tabulka 6-11: Přehled dodávaného tepla jednotlivými zdroji

Položka	Dodané teplo [GJ/rok]
Teplo dodané kotly před realizací nové KGJ	35 524
Teplo dodané kotly po realizaci nové KGJ	13 841
Teplo dodané novou KGJ	21 683

Z účinností, dodaného tepla a výhřevnosti zemního plynu, která dle kapitoly 3.3.2 činí 34 GJ/tis. m<sup>3</sup>, jsem následně vypočítal spotřebu zemního plynu a vynásobením získané spotřeby cenou zemního plynu 5,72 Kč/m<sup>3</sup> (viz kapitola 6.2.1) jsem stanovil náklady na zemní plyn před a po realizaci instalace nové KGJ.

Tabulka 6-12: Přehled spotřeby zemního plynu

Položka	Spotřebovaný zemní plyn [tis. m <sup>3</sup> ]
Zemní plyn spotřebovaný kotly před realizací nové KGJ	1 232,89
Zemní plyn spotřebovaný kotly po realizaci nové KGJ	480,38
Zemní plyn spotřebovaný novou KGJ	681,73

Tabulka 6-13: Úspora z nákupu zemního plynu – přehled

Položka	Náklady na zemní plyn [Kč]
Náklady na zemní plyn před instalací nové KGJ	7 052 141
Náklady na zemní plyn po instalaci nové KGJ	6 647 238

Celková úspora z nákupu zemního plynu je dána rozdílem nákladů před a po instalaci nové KGJ a činí **404 903 Kč** za rok.

### 6.5.3 VÝNOSY Z PRODEJE ELEKTŘINY

Nevýhodou elektrické energie oproti energii tepelné je nemožnost jejího krátkodobého nebo dlouhodobého skladování. V případě, kdy je množství spotřebované elektrické energie menší než energie vyrobené, je možné tuto energii prodávat do sítě za výkupní cenu. Výkupní ceny se sjednávají s obchodníkem a závisí především na režimu provozování kogenerační jednotky. Pro špičkový provoz může výkupní cena dosahovat hodnoty až 1 300 Kč/MWh, naopak při nepřetržitém provozu 24 hodin denně se cena pohybuje kolem 900 Kč/MWh [12].

Výkupní cenu jsem stanovil jako průměr výkupních cen elektřiny v lednu 2020, a to 1 168 Kč/MWh. Vzhledem k dynamickému vývoji výkupní ceny elektrické energie je poměrně obtížné stanovit výhled ceny do budoucna, proto uvažuji pouze meziroční růst ceny o 3 %, daný inflací.

Množství elektrické energie vyrobené novou kogenerační jednotkou nad rámec spotřeby areálu a výnosy získané prodejem této energie jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6-14: Výnosy z prodeje elektrické energie

Měsíc	Množství prodávané elektrické energie [MWh/měsíc]	Výnosy z prodeje elektrické energie [Kč/měsíc]
Leden	105	122 736
Únor	122	142 691
Březen	131	152 663
Duben	144	167 633
Květen	0	0
Červen	0	0
Červenec	0	0
Srpen	0	0
Září	0	0
Říjen	173	202 558
Listopad	152	177 617
Prosinec	131	152 663
<b>Celkem</b>	<b>958</b>	<b>1 118 561</b>

Výnos z prodeje elektrické energie do sítě v prvním roce provozu činí **1 118 561 Kč**.

## 6.6 PODPORA MALÉ KOGENERACE, DOTAČNÍ PROGRAMY

V současnosti je velkým trendem snaha o zvýšení účinnosti získávání energie z paliva. Z tohoto důvodu stát podporuje výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, druhotných zdrojů a kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Podpora probíhá formou tzv. zeleného bonusu. Podmínky pro získání zeleného bonusu stanoví zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie [6]. Výši zelených bonusů stanoví pro každý rok Energetický regulační úřad ve svém cenovém rozhodnutí.

### 6.6.1 ZELENÝ BONUS

Roční zelený bonus na elektřinu se skládá ze dvou sazeb – základní a doplňkové, přičemž doplňková sazba se vztahuje pouze na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla využívající jako palivo druhotné zdroje energie, komunální odpad nebo biomasu.

Důležitou podmínkou pro získání zeleného bonusu je splnění požadavku na minimální velikost ukazatele ÚPE (Úspora primární energie), jehož výpočet je předepsán vyhláškou č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů, v platném znění [11]. Pro výrobní s instalovaným výkonem do 1 MW platí podmínka  $\text{ÚPE} > 0 \%$ , pro výrobní s výkonem nad 1 MW pak  $\text{ÚPE} > 10 \%$ .

Pro výpočet ukazatele ÚPE platí dle přílohy č. 2 vyhlášky č. 37/2016 Sb. následující vzorec:

$$\text{ÚPE} = 1 - \left( 1 / \left( \frac{\eta_q}{\eta_r^V} + \frac{\eta_e}{\eta_r^E} \right) \right), \text{ kde:}$$

$\eta_q$  ..... tepelná účinnost KGJ

$\eta_e$  ..... elektrická účinnost KGJ

$\eta_r^V$  ..... harmonizovaná účinnost pro oddělenou výrobu tepla dle [13]

$\eta_r^E$  ..... harmonizovaná účinnost pro oddělenou výrobu elektřiny dle [13]

Pro mnou uvažovanou kogenerační jednotku jsou účinnosti následující:

Tabulka 6-15: Účinnosti pro výpočet ÚPE

Účinnosti	Hodnota [%]
$\eta_q$	87
$\eta_e$	53
$\eta_r^V$	46
$\eta_r^E$	43

Po dosazení do vzorce činí hodnota ÚPE 25 %. Podmínka pro získání zeleného bonusu je tedy splněna.

Další podmínkou pro přiznání zeleného bonusu je registrace u operátora trhu.

Výše zeleného bonusu na rok 2020 pro KGJ spalující zemní plyn o výkonu do 1 MW a 4 680 provozních hodinách ročně činí 280 Kč/MWh. To při uvažované roční výrobě 4 353 MWh (viz kapitola 5.4) znamená za současného využití dotace (6.6.2) roční příspěvek ve výši **910 321 Kč**, a v případě zeleného bonusu jako jediné formy podpory **1 218 762 Kč** ročně.

## 6.6.2 DOTAČNÍ PROGRAMY

Další z dostupných forem podpory kombinované výroby elektřiny a tepla jsou dotační programy.

V rámci snížení investičních nákladů a zlepšení rentability investičního záměru uvažují využít dotační program Výzva IV: Úspora energie v soustavách zásobování teplem v rámci operačního programu „Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost“ [3], vypsáno pro rok 2020. Parametry dotace a podmínky pro její získání jsou následující:

Tabulka 6-16: Parametry uvažované dotace

Podporovaná aktivita	Instalace a rekonstrukce vysokoúčinných plynových kogeneračních jednotek v soustavách zásobování tepelnou energií
Charakteristika	Velký podnik (nad 250 zaměstnanců)
Výše podpory	30 % způsobilých výdajů
Podmínky pro udělení podpory	Platná licence na výrobu tepelné/elektrické energie

*Pozn.: V areálu společnosti se již nachází KGJ, společnost je tedy držitelem licence na výrobu tepelné a elektrické energie.*

Přehled investičních nákladů před a po zahrnutí dotace je uveden v následujících tabulkách.

Tabulka 6-17: Přehled investičních nákladů – před zahrnutím dotace

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Investiční náklady	10 670 542
Související investiční náklady	1 823 922
<b>Celkem</b>	<b>12 494 464</b>

Tabulka 6-18: Přehled investičních nákladů – po zahrnutí dotace

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Investiční náklady	7 469 379
Související investiční náklady	1 276 745
<b>Celkem</b>	<b>8 746 125</b>

Celková výše dotace: **3 748 339 Kč** bez DPH.

## 6.6.3 SOUBĚH PODPOR

Aby nedocházelo ke zneužívání státní podpory, stanoví ERÚ ve svém cenovém rozhodnutí o podpoře pro podporované zdroje energie podmínky pro současné využívání více forem státní podpory.

V případě souběhu podpor, např. současné využití zelených bonusů a dotačního programu, dochází ke snížení výše podpory určené ERÚ o tzv. redukční faktor (RF).

Výše redukčního faktoru se stanoví podle následujícího vzorce:

$$RF = \frac{(DOT * AF)}{VYR}, \text{ kde:}$$

RF ..... Redukční faktor [Kč/MWh]

DOT ..... Celková investiční dotace udělená projektu [Kč]

AF ..... Anuitní faktor [-]

VYR..... Množství roční vyrobené elektřiny [MWh]

Hodnota anuitního faktoru (AF) se stanoví následovně:

$$AF = \frac{IRR}{1 - \frac{1}{(1+IRR)^{DŽ}}}, \text{ kde:}$$

AF ..... Anuitní faktor [-]

IRR..... Vnitřní výnosové procento uvedené v žádosti o udělení dotace [%]

DŽ ..... Doba životnosti uvažované investice [roky]

Množství roční vyrobené elektřiny (VYR) se určí z následujícího vztahu:

$$VYR = P * PRV, \text{ kde:}$$

VYR..... Množství roční vyrobené elektřiny [MWh]

P ..... Elektrický instalovaný výkon [MW<sub>e</sub>]

PRV..... Počet ročních provozních hodin [hod]

Parametry mnou uvažované realizace jsou následující:

Tabulka 6-19: Redukční faktor – parametry

Parametr	Hodnota	Jednotka
DOT	3 748 339	Kč
DŽ	17	Let
IRR	5	%
P	0,999	MW <sub>e</sub>
PRV	4 680	provozních hodin
AF	0,08839	-
VYR	4 675	MWh

Po dosazení výše uvedených parametrů do vzorce je výše redukčního faktoru (RF) **70,86 Kč/MWh**. Po odečtení redukčního faktoru od zeleného bonusu, stanoveného v kapitole 6.6.1, činí finální výše zeleného bonusu v případě využití dotace (viz kap. 6.6.2) **209,14 Kč/MWh**.

## 7. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

### 7.1 KRITÉRIA EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

V rámci této bakalářské práce jsou pro zhodnocení efektivnosti realizace investice využívána následující kritéria:

#### Diskontní míra (diskont)

Diskont slouží k časovému zohlednění hodnoty peněz, tj. k přepočtu finančních prostředků vynaložených či přijatých v budoucnosti na jejich současnou hodnotu.

Výše diskontu závisí především na pohledu investora. Veřejné subjekty uvažují s nižšími hodnotami těsně nad úrovní úrokové míry možných bankovních úvěrů, soukromé podniky zohledňují i rizika realizace a míru ziskovosti jiných investičních příležitostí, a diskont tak uvažují vyšší (obvykle jako vážený průměr investičních nákladů, WACC).

#### Čistá současná hodnota (NPV)

NPV (Net Present Value) vyjadřuje celkový přínos projektu z pohledu investora za dobu hodnocení (tj. dobu životnosti projektu), a zahrnuje počáteční investiční náklady a přínosy v jednotlivých letech přepočtené k současnosti. NPV je nejdůležitějším ekonomickým kritériem. Projekt je ekonomicky efektivní, je-li NPV kladná.

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

#### Vnitřní výnosové procento (IRR)

IRR (Internal Rate of Return) udává relativní výnos realizovaného projektu, který získá investor za dobu jeho životnosti. Jedná se o hodnotu diskontu, v případě že čistá současná hodnota investice je nulová. Z hlediska kritéria IRR je investiční záměr považován za realizovatelný, je-li hodnota IRR vyšší než stanovený diskont, příp. WACC.

$$0 = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1 + IRR)^{-t} - IN$$

#### Diskontovaná doba návratnosti

Diskontovaná doba návratnosti je obdobný ukazatel jako prostá doba návratnosti s tím rozdílem, že neuvažuje prostý peněžní tok ale peněžní tok diskontovaný, zahrnuje tedy časovou hodnotu peněz. Diskontovaná doba návratnosti vyjadřuje časové období, za které zisk (příp. úspora) plynoucí z daného projektu pokryje investiční náklady, vložené do projektu.

### 7.2 STANOVENÍ CASH FLOW V JEDNOTLIVÝCH LETECH

Pro stanovení cash flow, tedy výkazu peněžních toků v jednotlivých letech, jsem použil přímou metodu. Cash flow je následně využito pro výpočet v kapitole 7.3.

Ve výpočtu cash flow uvažuji meziroční růst cen o 3 %. Tento růst jsem zvolil vzhledem k aktuální hodnotě inflace. Meziroční růst se nevztahuje na odpisy.

Jako příklad stanovení cash flow v jednotlivých letech provozu jsou uvedeny položky zahrnuté v cash flow pro nultý, první a druhý rok provozu. V rámci znaménkové konvence tvoří výdaje záporné hodnoty a příjmy hodnoty kladné.



Tabulka 7-1: Položky zahrnuté v cash flow

Položka [Kč]	Roky provozu		
	0	1	2
Investiční náklady (po zahrnutí dotace)	-7 469 379	0	0
Související investiční náklady (po zahrnutí dotace)	-1 276 745	0	0
Palivové náklady	0	-6 661 008	-6 860 838
Opravy a údržba	0	-180 688	-186 109
Osobní náklady	0	-60 229	-62 036
Nákup elektřiny ze sítě	0	-3 889 455	-4 006 139
Odpisy	0	-1 374 391	-2 780 018
Úspora z nákupu elektrické energie	0	9 464 683	9 748 623
Úspora z nákupu tepla	0	404 903	417 050
Výnosy z prodeje elektřiny	0	1 118 561	1 186 682
Zelený bonus	0	910 321	937 631
Daň z příjmu právnických osob	0	0	0
<b>Cash flow</b>	<b>-8 746 125</b>	<b>1 107 088</b>	<b>1 140 301</b>

Celkové cash flow pro daný rok je dáno součtem všech položek (vyjma odpisů), uvedených v Tabulka 7-1.

Vznikne-li v některém roce provozu ztráta, tedy je-li hospodářský výsledek projektu pro daný rok záporný, je vzniklá ztráta využita pro snížení daňového základu v následujících letech v souladu s § 34 zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů [14].

### 7.3 VÝSLEDKY HODNOCENÍ

V této kapitole uvádím parametry hodnocení a způsob jejich stanovení, dále pak samotné hodnocení. Hodnocení jsem provedl pro následující 2 varianty.

#### Varianta A

V rámci varianty A uvažuji souběh jak podpory formou zeleného bonusu (viz kapitola 6.6.1), tak formou dotace. Výši a podmínky získání dotace jsem uvedl v kapitole 6.6.2.

#### Varianta B

V rámci varianty B uvažuji čerpat podporu pouze formou zelených bonusů, neuvažuji využití dotace.

Parametry hodnocení, které jsem stanovil v kapitole 7.3.1, platí pro obě varianty.

### 7.3.1 PARAMETRY HODNOCENÍ

Parametry, uvažované pro vyhodnocení kritérií, uvedených v kapitole 7.1, záměru instalace nové KGJ v areálu společnosti ÚJV Řež, a. s. jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 7-2: Parametry hodnocení

Parametr	Hodnota
Diskontní sazba	10 %
Životnost zařízení	17 let
Meziroční růst cen	3 %

Diskontní sazbu jsem zvolil 10 %. Jedná se nominální diskont, zahrnující uvažovanou 3% inflaci, reálný výnos bezrizikové investice a rizikovou prémii. Hodnota reálného diskontu (bez inflace) pak činí 7 %.

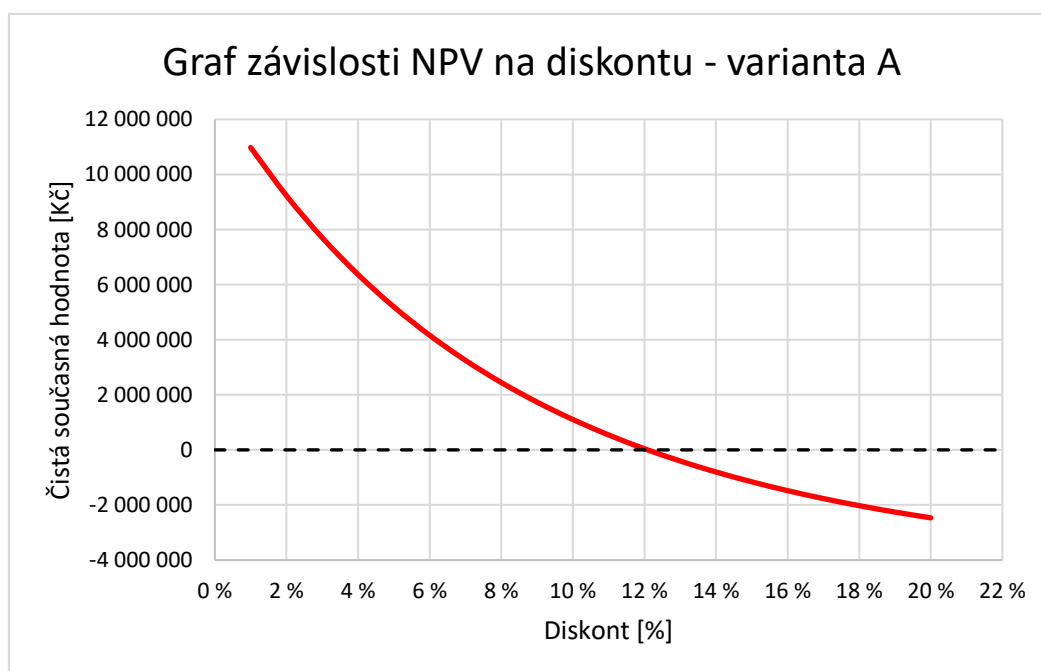
Životnost zařízení je dána provozními hodinami udávanými výrobcem a počtem skutečných ročních provozních hodin, viz kapitola 6.3.

Meziroční růst cen jsem stanovil vzhledem k vývoji hodnoty inflace v druhé půlce roku 2019. Hodnota inflace vzrostla v tomto období z 2,5 % na hodnotu 2,8 % a předpokládám její růst i v dalších letech.

### 7.3.2 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA

#### 7.3.2.1 VARIANTA A

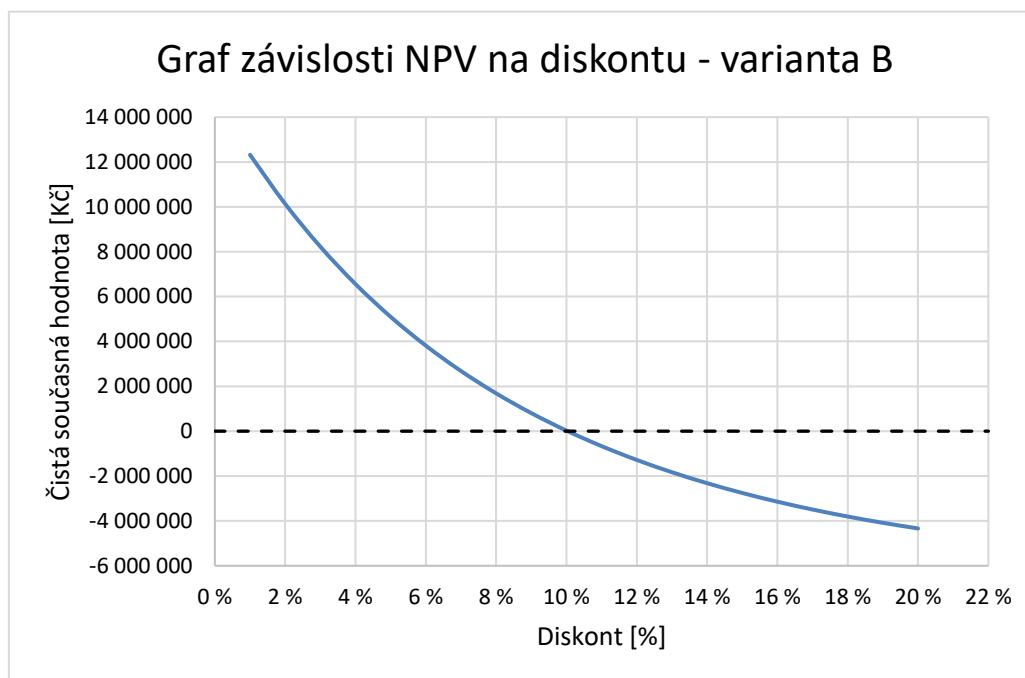
Čistá současná hodnota (NPV) mnou uvažovaného projektu ve variantě A, vypočtená dle vzorce uvedeného v kapitole 7.1, na základě zvolených parametrů hodnocení a cash flow stanoveného v kapitole 7.2 činí **1 103 915 Kč**. Projekt je tedy rentabilní.



Obrázek 7-1: Závislost NPV na diskontu – varianta A

### 7.3.2.2 VARIANTA B

Čistá současná hodnota (NPV) mnou uvažovaného projektu ve variantě B, tedy bez dotační podpory, vypočtená dle vzorce uvedeného v kapitole 7.1, na základě zvolených parametrů hodnocení a cash flow stanoveného v kapitole 7.2 činí **24 420 Kč**. Investice je tedy za zvolených parametrů těsně na hranici rentability.



Obrázek 7-2: Závislost NPV na diskontu

Obrázek 7-3 zobrazuje závislost NPV na 2 parametrech hodnocení, a to na diskontu a životnosti. Pro zachování rentability projektu je za stávajících podmínek nezbytné nepožadovat diskont vyšší než 12 % a zároveň zajistit životnost projektu alespoň 7 let.

		Diskont [%]												
		1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%
Životnost [roky]	0	-8 659 530	-8 574 632	-8 491 383	-8 409 735	-8 329 643	-8 251 061	-8 173 948	-8 098 264	-8 023 968	-7 951 023	-7 879 392	-7 809 040	-7 739 933
	1	-7 574 255	-7 510 534	-7 447 847	-7 386 170	-7 325 481	-7 265 757	-7 206 975	-7 149 114	-7 092 154	-7 036 074	-6 980 854	-6 926 476	-6 872 921
	2	-6 467 491	-6 436 003	-6 404 310	-6 372 447	-6 340 446	-6 308 338	-6 276 150	-6 243 907	-6 211 632	-6 179 349	-6 147 076	-6 114 833	-6 082 635
	3	-5 338 810	-5 350 937	-5 360 773	-5 368 471	-5 374 174	-5 378 016	-5 380 122	-5 380 607	-5 379 580	-5 377 143	-5 373 390	-5 368 410	-5 362 287
	4	-4 187 779	-4 255 234	-4 317 236	-4 374 149	-4 426 307	-4 474 024	-4 517 590	-4 557 275	-4 593 329	-4 625 986	-4 655 465	-4 681 968	-4 705 685
	5	-3 013 955	-3 148 788	-3 273 700	-3 389 387	-3 496 495	-3 595 617	-3 687 303	-3 772 060	-3 850 357	-3 922 631	-3 989 283	-4 050 687	-4 107 190
	6	-1 996 960	-2 199 567	-2 387 140	-2 560 806	-2 721 599	-2 870 468	-3 008 284	-3 135 847	-3 253 895	-3 363 105	-3 464 103	-3 557 465	-3 643 723
	7	-776 188	-1 071 320	-1 343 603	-1 594 891	-1 826 871	-2 041 078	-2 238 913	-2 421 654	-2 590 467	-2 746 419	-2 890 487	-3 023 563	-3 146 469
	8	468 758	67 988	-300 066	-638 264	-949 185	-1 235 162	-1 498 305	-1 740 526	-1 963 559	-2 168 977	-2 358 212	-2 532 564	-2 693 220
	9	1 738 356	1 218 466	743 470	309 165	-88 217	-452 054	-785 382	-1 090 931	-1 371 159	-1 628 281	-1 864 299	-2 081 021	-2 280 082
	10	3 033 094	2 380 223	1 787 007	1 247 484	756 352	308 890	-99 111	-471 410	-811 368	-1 121 993	-1 405 984	-1 665 762	-1 903 504
	11	4 102 600	3 330 472	2 632 272	2 000 214	1 427 422	907 810	435 988	7 170	-382 897	-737 996	-1 061 504	-1 356 431	-1 625 470
	12	5 193 284	4 290 037	3 477 537	2 745 707	2 085 710	1 489 780	951 083	463 593	21 989	-378 436	-741 852	-1 071 957	-1 372 041
	13	6 305 565	5 259 010	4 322 801	3 484 031	2 731 459	2 055 279	1 446 922	898 886	404 587	-41 757	-445 237	-810 343	-1 141 039
	14	7 439 872	6 237 482	5 168 066	4 215 256	3 364 908	2 604 773	1 924 226	1 314 026	766 125	273 497	-170 000	-569 751	-930 480
	15	8 596 640	7 225 547	6 013 331	4 939 450	3 986 291	3 138 716	2 383 686	1 709 947	1 107 761	568 690	85 400	-348 492	-738 554
	16	9 776 315	8 223 299	6 858 596	5 656 681	4 595 838	3 657 547	2 825 970	2 087 538	1 430 592	845 097	322 392	-145 014	-563 613
17	10 979 349	9 230 833	7 703 861	6 367 015	5 193 775	4 161 694	3 251 720	2 447 648	1 735 653	1 103 915	542 304	42 114	-404 153	

Obrázek 7-3: Závislost NPV na diskontu a životnosti

Legenda:

- NPV > 0
- NPV < 0

## 7.3.3 VNITŘNÍ VÝNOSOVÉ PROCENTO

### 7.3.3.1 VARIANTA A

Vnitřní výnosové procento varianty A, stanovené při parametrech hodnocení v kapitole 7.3.1, činí **12,1 %**.

### 7.3.3.2 VARIANTA B

Vnitřní výnosové procento pro variantu B, stanovené při parametrech hodnocení v kapitole 7.3.1, činí **10,03 %** a těsně přesahuje hodnotu zvolené diskontní sazby 10 %.

## 7.3.4 DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI

### 7.3.4.1 VARIANTA A

Diskontovaná doba návratnosti varianty A při životnosti 17 let a diskontu 10 % činí **15 let**.

### 7.3.4.2 VARIANTA B

Diskontovaná doba návratnosti varianty B při životnosti 17 let a diskontu 10 % činí **17 let**, tedy přesně dobu životnosti jednotky.

## 7.4 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA

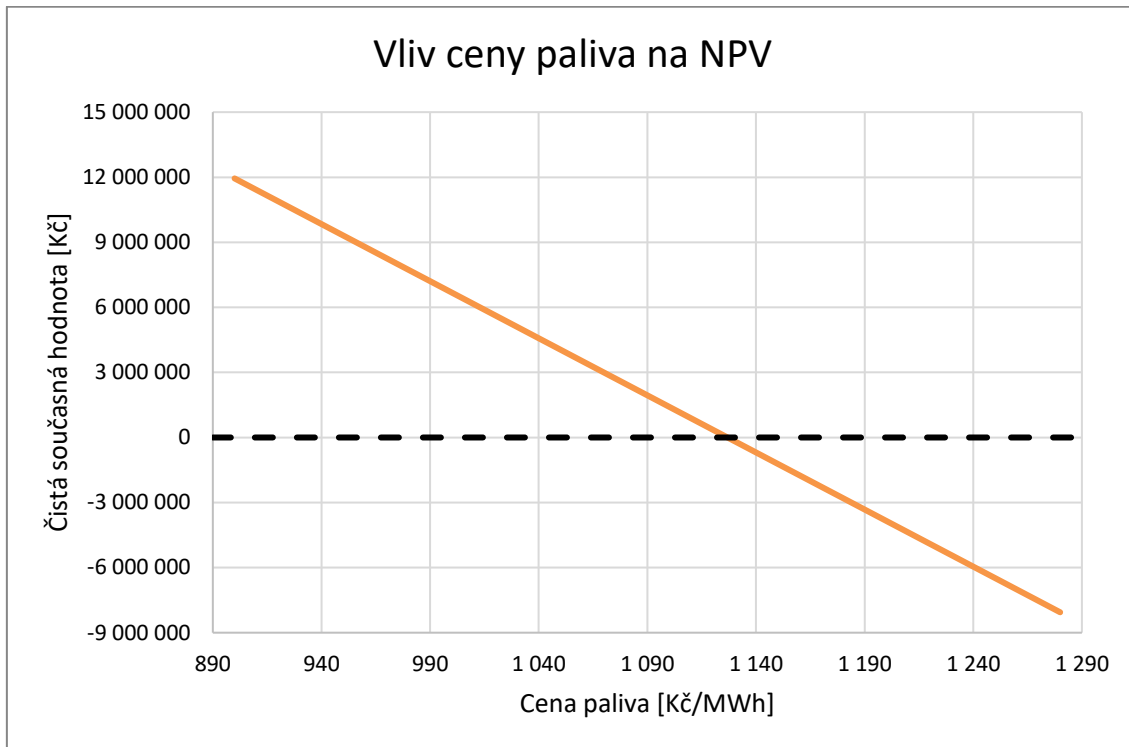
Výsledek ekonomického vyhodnocení každého investičního záměru závisí na obrovském množství faktorů, z nichž některé je velmi obtížné vyčíslit či předpovědět. Z tohoto důvodu zahrnuje každá investice i jistou míru rizika, kterou je potřeba při vyhodnocování zohlednit. Míra celkové rizikovosti se určuje posouzením rizik všech jednotlivých úspor a nákladů, které mohou způsobit rozdíl skutečného ekonomického výsledku oproti vyhodnocení. V případě projektů instalací kogeneračních jednotek jsou hlavními parametry, ovlivňujícími hospodářský výsledek, především palivové náklady a ceny nakupované a prodávané elektrické energie. Pro určení závislosti projektu na jednotlivých parametrech slouží citlivostní analýza.

Citlivostní analýza je analytický nástroj, který umožňuje posoudit vliv ekonomických parametrů na výsledek vyhodnocení.

### 7.4.1 VLIV CENY PALIVA

Palivové náklady největší měrou ovlivňují cash flow a jejich stanovení je pro přesnost výsledků ekonomického hodnocení naprosto zásadní. Ve stávajících výsledcích hodnocení v kapitole 7.3 uvažují jako palivo zemní plyn a jeho cenu 1 106 Kč/MWh.

Z Obrázek 7-4 je patrné, že čistá současná hodnota je nepřímo úměrná ceně paliva. Při snížení ceny paliva o pouhých 10 % vzroste hodnota NPV téměř 7×, na hodnotu zhruba 7 000 000 Kč. Každé snížení palivových nákladů má tak obrovský dopad na rentabilitu investice.

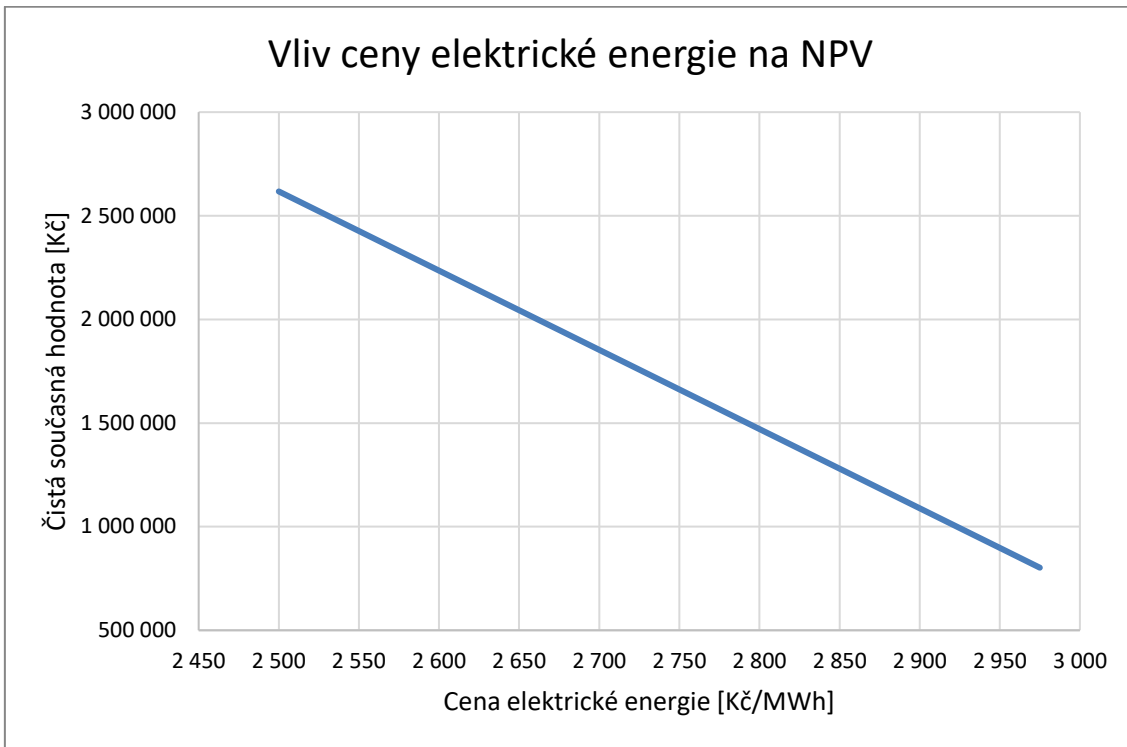


Obrázek 7-4: Vliv ceny paliva na NPV

## 7.4.2 VLIV CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Další z parametrů s významným dopadem na čistou současnou hodnotu, a tedy rentabilitu projektu je cena elektrické energie, přesněji cena neregulované složky elektrické energie, která se do cash flow promítá jako výdaj za nákup elektrické energie ze sítě.

Dle Obrázek 7-5 je NPV opět nepřímo úměrné ceně vstupní komodity, v tomto případě ceně neregulované části elektrické energie. Při snížení ceny o 10 % dojde k nárůstu hodnoty NPV na zhruba dvojnásobek. Dopad ceny elektřiny na rentabilitu projektu je tedy nižší oproti vlivu ceny zemního plynu, přesto však značně ovlivní výsledek.



Obrázek 7-5: Vliv ceny elektrické energie na NPV

## 8. ZÁVĚR

V rámci snížení nákladů na vytápění, elektrickou energii a omezení emisí škodlivých látek stávajícími zdroji tepla do ovzduší jsem pro potřeby společnosti ÚJV Řež, a. s. navrhl instalaci kogenerační jednotky do objektu stávající kotelny. Na základě dostupných podkladů a informací jsem zvolil kogenerační jednotku TEDOM Quanto D1000, o elektrickém výkonu 999 kW<sub>e</sub> a tepelném výkonu 1216 kW<sub>t</sub>, v provedení s protihlukovým krytem a současnou instalací akumulární nádrže o objemu 100 m<sup>3</sup>. Náklady na pořízení a instalaci KGJ činí necelých 12 500 000 Kč.

Pro co největší efektivitu provozu KGJ jsem stanovil 3 varianty provozu pro různá roční období. Jednotku uvažuji využívat 4 680 provozních hodin ročně. Při tomto provozu KGJ vyrobí za rok 21 683 GJ tepelné energie a 4 353 MWh elektrické energie. Veškeré vyrobené teplo je spotřebováno na vytápění areálu. Vyrobena elektřina pokrývá téměř tři čtvrtiny roční spotřeby areálu, její případné přebytky jsou prodávány obchodníkovi do sítě. Uvažovaná KGJ pouze svou výrobou zajistí roční úsporu téměř 10 000 000 Kč.

Roční náklady na provoz uvažované KGJ činí 10 800 000 Kč, bez uvažování odpisů. Největší část tvoří palivové náklady, tedy náklady na nákup zemního plynu, téměř 6 700 000 Kč. Odpisy uvažuji v souladu se zákonem odepisovat lineárně po dobu pěti let.

Roční provozní výnosy činí celkem 11 900 000 Kč, z čehož téměř 90 % tvoří úspora z nákupu elektrické energie. Pro zvýšení výnosů rovněž uvažuji využít podpory formou zelených bonusů. Nová KGJ splňuje požadavky na minimální úsporu primární energie, potřebnou pro přiznání tohoto bonusu. Výše zeleného bonusu činí 1 218 762 Kč ročně, v případě souběhu s podporou formou dotace je bonus snížen o redukční faktor na hodnotu 910 321 Kč ročně.

Jako vstupní parametry pro ekonomické hodnocení uvažuji životnost KGJ 17 let, danou výrobcem a počtem ročních provozních hodin. Dále uvažuji s 3% meziročním růstem cen, reflektujícím stávající výši inflace. Nominální diskont jsem stanovil na hodnotu 10 %, což zahrnuje inflaci, výnos bezrizikové investice a rizikovou prémii.

Ekonomické hodnocení jsem provedl ve dvou variantách. Varianta A uvažuje současně čerpání podpory formou zelených bonusů a formou dotace, varianta B pak nevyužívá dotační podpory, ale pouze zelených bonusů.

V případě varianty A je čistá současná hodnota 1 103 915 Kč, vnitřní výnosové procento 12,1 % a diskontovaná doba návratnosti 15 let. Tuto variantu hodnotím jako rentabilní, jelikož IRR je vyšší než požadovaný nominální diskont a investice se vrátí před vypršením životnosti KGJ.

Pro variantu B je hodnota NPV nižší, a to 24 420 Kč. IRR je 10,03 % a diskontovaná doba návratnosti 17 let. Tato varianta je za zvolených vstupních parametrů rovněž ekonomicky výhodná a tedy proveditelná, ale narozdíl od varianty A nepřinese vyšší než požadovaný výnos.

Pro zjištění vlivu jednotlivých vstupů na výsledek hodnocení jsem provedl citlivostní analýzu. Největší vliv na rentabilitu projektu má cena zemního plynu, následně pak cena elektrické energie. Výsledek může dále nepříznivě ovlivnit případná změna společenského a politického postoje k podpoře kombinované výroby elektřiny a tepla, ale tuto možnost nevidím v blízké době jako reálnou.

## 9. SEZNAM REFERENCÍ

### 9.1 SEZNAM ZDROJŮ LITERATURY

- [1] ČEZ Energo, s.r.o., O kogeneraci, dostupné online: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/princip-a-vyhody.html>
- [2] ČEZ Energo, s.r.o., Kogenerační jednotka, dostupné online: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/kogeneracni-jednotka.html>
- [3] OPPIK.CZ, Dotační program Úspora energie v SZT, dostupné online: <https://www.dotacni.info/op-pik-vyzva-iv-programu-podpory-uspory-energie-v-szt/>
- [4] Energetický regulační věstník, Energetický regulační úřad, 2019, Jihlava, dostupné online: <https://www.eru.cz/cs/plyn/cenova-rozhodnuti>
- [5] Ing. Zdeněk Kodytek, Ing. Miroslav Malý, CSc., Doc. Ing. František Hrdlička, CSc., Typové projekty kogenerace pro sektor komerčních služeb, Česká energetická agentura, 2000
- [6] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [7] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- [8] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými činky hluku a vibrací, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
- [9] Doc. Ing. Jaroslav Krbek, CSc., Doc. Ing. Bohumil Polesný, CSc., Kogenerační jednotky – zřizování a provoz, GAS s.r.o., Praha 2007, ISBN 978-80-7328-151-9
- [10] Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [11] Vyhláška č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-37>
- [12] Dvorský, Emil a Pavla Hejtmánková. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN - technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-118-7
- [13] Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) 2015/2402 ze dne 12. října 2015, kterým se přezkoumávají harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla za použití směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU, dostupné online: <https://eur-lex.europa.eu/.../2015/2402/>
- [14] Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů, v platném znění, dostupné online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586#cast2>
- [15] Mercel, Břetislav, Energetický audit společnosti ÚJV Řež, a. s., Vybrané budovy a energetické systémy, říjen 2012
- [16] ČEZ Energo s.r.o., Technická specifikace Quanto D1000, parametrický list



## 9.2 SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ

- [A] ČEZ Energo, s.r.o., O kogeneraci, dostupné online: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci.html>
- [B] ČEZ Energo, s.r.o., Kogenerační jednotka, dostupné online: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/kogeneracni-jednotka.html>
- [C] Teplárenské sdružení České republiky, dostupné online: <http://www.tscr.cz/schema/?ids=4&h=550#>
- [D] TEDOM a. s., člen skupiny TEDOM Group, Výhody a využití trigenerace, dostupné online: <https://www.tedom.com/wp-content/uploads/2017/12/TEDOM-Trigenerace.pdf>
- [E] Energetický regulační úřad, dostupné online: <https://www.eru.cz/-/indikativni-cena-komodity-plyn>
- [F] TEDOM a. s., člen skupiny TEDOM Group, TEDOM Quanto, dostupné online: <https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/quanto/>