ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Analýza efektivnosti provozních podpor bioplynových stanic

Analysis of operating support efficiency of biogas plants

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Filip Jelínek

Martin Borufka

Praha 2016

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Borufka Martin

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Analýza efektivnosti provozních podpor bioplynových stanic

Pokyny pro vypracování:

- popis principu bioplynových stanic
- popis systému podpor pro podporované zdroje energie a jeho vývoj v ČR včetně SWOT analýzy
- ekonomický model bioplynové stanice na konkrétním projektu a výpočet velikosti optimální podpory
- výpočet navrhované podpory a citlivostní analýza modelu

Seznam odborné literatury:

Deublein, D., Steinhauser, A.: Biogas from waste and renewable resources: an introduction. 2nd, rev. and expanded ed. Weinheim: Wiley-VCH, c2011, ISBN 97883527327980
Beneš, M., Knápek, J., Starý, O., Vastl, J., Vašíček, J., Ouředníková, M.: Technicko-ekonomické parametry a návrh výkupních cen elektřiny pro jednotlivé kategorie obnovitelných a druhotných zdrojů. Praha, 2007, ČVUT FEL.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Filip Jelínek – EY ČR

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

L.S.

Prof.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 11.2.2016

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Filipu Jelínkovi za užitečné rady a čas, který této práci věnoval. Dále musím poděkovat společnosti EY Česká republika za poskytnuté podklady k ekonomickému modelu. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu ve studiu.

Prohlášení

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

V Praze dne podpis

Abstrakt

Tato práce analyzuje efektivnost provozních podpor bioplynových stanic. Práce na začátku představuje bioplynové stanice a bioplyn obecně, dále analyzuje využívané systémy podpor obnovitelných zdrojů energie. Součástí práce je ekonomický model konkrétního projektu na výstavbu bioplynové stanice. S pomocí tohoto modelu je posouzen dosavadní systém provozních podpor bioplynových stanic v České republice (zelený bonus na elektřinu) a navrhnut nový systém (zelený bonus na teplo), který by provozovatele motivoval k vyššímu využití energie bioplynu.

Abstract

This master's thesis analyses operating support efficiency of biogas plants. Thesis introduces biogas and biogas plants, furthermore it analyses renewable energy sources support schemes. Thesis includes an economic model of specific project of biogas plant installation. This model is used to review current support scheme for biogas plants in Czech Republic (electricity based feed-in premium) and to suggest new support scheme (heat based feed-in premium), that would motivate operators to increase biogas energy utilization.

Klíčová slova

Bioplyn, systém podpor, provozní podpora, obnovitelné zdroje energie, kogenerace

Keywords

Biogas, support scheme, operating support, renewable energy sources, cogeneration

Obsah

Seznam použitých zkratek ..... - 9 -

Úvod ..... - 10 -

Přehled diplomové práce ..... - 11 -

1 Popis principu bioplynových stanic ..... - 12 -

1.1 Biomasa ..... - 12 -

1.1.1 Termochemická přeměna ..... - 12 -

1.1.2 Biochemická přeměna ..... - 13 -

1.1.3 Fyzicko-chemická přeměna ..... - 13 -

1.2 Princip výroby bioplynu ..... - 14 -

1.2.1 Chemická rovnice ..... - 14 -

1.2.2 Vznik bioplynu ..... - 14 -

1.2.3 Faktory ovlivňující tvorbu bioplynu ..... - 15 -

1.3 Využívané substráty ..... - 16 -

1.4 Typy bioplynových stanic ..... - 17 -

1.4.1 Zemědělské BPS ..... - 17 -

1.4.2 Zpracování biologicky rozložitelného odpadu ..... - 19 -

1.4.3 Zpracovaní kalu z čistíren odpadních vod ..... - 19 -

1.4.4 Bioplyn ze skládek komunálního odpadu ..... - 19 -

1.5 Bioplynové technologie ..... - 19 -

1.5.1 Mokrý proces ..... - 20 -

1.5.2 Suchý proces ..... - 20 -

1.6 Využití bioplynu ..... - 21 -

1.6.1 Spalování a vytápění ..... - 22 -

1.6.2 Využití v dopravě ..... - 22 -

1.6.3 Zásobování plynovodní sítě ..... - 22 -

1.6.4 Kogenerace (kombinovaná výroba elektřiny a tepla) ..... - 22 -

2 Systémy státních podpor ..... - 27 -

2.1 Důvody vzniku podpor ..... - 27 -

2.2 Typy státních podpor ..... - 27 -

2.2.1 Výkupní ceny (FIT) - 28 -
2.2.2 Zelené bonusy (FIP) - 30 -
2.2.3 Aukce, tendry - 31 -
2.2.4 Povinné kvóty se zelenými certifikáty (TGC) - 33 -
2.2.5 Ostatní typy podpory - 34 -
3 Podpora OZE v České republice - 36 -
3.1 Zákon č. 180/2005 Sb. - 36 -
3.1.1 Důsledek - 36 -
3.1.2 Podpora bioplynu v ČR - 38 -
3.2 Zákon č. 165/2012 Sb. - 38 -
3.2.1 Provozní podpora tepla - 39 -
3.3 Investiční podpora - 39 -
4 Ekonomický model - 41 -
4.1 Popis zkoumané bioplynové stanice - 41 -
4.1.1 Účel a vstupní suroviny - 41 -
4.1.2 Použité technologie - 41 -
4.1.3 Produkce BPS - 42 -
4.2 Ekonomický model bioplynové stanice - 43 -
4.2.1 Vstupy modelu - 43 -
4.2.2 Hodnotící kritéria - 46 -
5 Výpočet ekonomického modelu - 48 -
5.1 Výpočet dle původního systému podpor - 48 -
5.1.1 Původní systém podpor bez investiční podpory - 48 -
5.1.2 Původní systém podpory s investiční podporou - 49 -
5.1.3 Minimální výše ZB na elektřinu - 49 -
5.1.4 Vyhodnocení - 50 -
5.2 Výpočet výše podpory podle navrhovaného systému podpor - 50 -
5.2.1 Ekvivalentní výše podpory na teplo - 50 -
5.2.2 Minimální velikost podpory na teplo - 50 -
5.2.3 Citlivostní analýza navrhovaného systému podpor - 51 -
5.2.4 Vyhodnocení navrhované podpory - 53 -

6 SWOT analýza provozní podpory založené na podpoře dodaného tepla ..... - 55 -
6.1 Strengths (silné stránky) ..... - 55 -
6.2 Weaknesses (slabé stránky) ..... - 55 -
6.3 Opportunities (příležitosti) ..... - 56 -
6.4 Threats (hrozby) ..... - 56 -
Závěr ..... - 57 -
Použité zdroje ..... - 59 -
Seznam obrázků ..... - 62 -
Seznam tabulek ..... - 62 -
Seznam grafů ..... - 63 -
Seznam rovnic ..... - 63 -

Seznam použitých zkratek

BPS ..... Bioplynová stanice

BRKO ..... Biologicky rozložitelný komunální odpad

ČOV ..... Čistírna odpadních vod

ČR ..... Česká republika

ERÚ ..... Energetický regulační úřad

EU ..... Evropská unie

FCFE ..... Free cash flow to equity

FCFF ..... Free cash flow to firm

FIP ..... Feed-in premium (zelený bonus)

FIT ..... Feed-in tariff (výkupní cena)

KJ ..... Kogenerační jednotka

KVET ..... Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, také označováno jako kogenerace

LCOE ..... Levelised cost of electricity

MVE ..... Malé vodní elektrárny

NAP ..... Národního akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů

OTE ..... Operátor trhu s elektřinou a plynem

OZE ..... Obnovitelné zdroje energie

TGC ..... Tradable green certificate

VC ..... Výkupní ceny

ZB ..... Zelený bonus (Feed-in premium)

ZV ..... Způsobilé výdaje

Úvod

Obnovitelné zdroje energie (OZE) jsou velkým tématem současné energetiky v Evropě. Evropské státy v použití obnovitelných zdrojů vidí příležitost ke snížení produkce skleníkových plynů, ale také možnost, jak snížit závislost na dovozu energetických surovin z nestabilních regionů světa. V porovnání s klasickými zdroji většina OZE není konkurenceschopná, proto evropské země zavádějí systémy státních podpor.

V České republice byl prvním zásadním zákonem v oblasti státní podpory OZE zákon č. 180/2005 Sb. Důsledkem zavedení tohoto zákonu byl strmý nárůst nákladů spojených s podporou OZE, který nastal v roce 2009. Tento nárůst má na svědomí především tzv. „solární boom“, ale nemalou měrou se na něm podílí také podpora BPS.

Přestože téměř všechny BPS na území ČR využívají systémů kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET), mimo vlastní technologickou spotřebu není využití vyrobeného tepla příliš rozšířeno. To je zapříčiněno použitým systémem provozních podpor, který podporuje pouze výrobu elektrické energie.

Hlavním cílem této práce je navrhnout nový systém provozních podpor, který by provozovatele nových BPS lépe motivoval k využití vyrobeného tepla, a následně vhodnost tohoto systému ověřit na konkrétním ekonomickém modelu BPS.

Přehled diplomové práce

Úvodní kapitola této práce se zabývá principem bioplynových stanic (BPS), ale také obecně bioplynem. Kapitola objasní, jak, z čeho a za jakých podmínek tento plyn vzniká. Dále budou představeny typy BPS, v praxi používané technologie výroby a využití bioplynu. Detailněji jsou v části využití bioplynu popsány systémy kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET), neboť toto řešení se v praxi objevuje nejčastěji.

V další části této práce budou blíže analyzovány systémy státních podpor OZE. Práce představí využívané systémy podpor, ke každému typu podpory práce uvede konkrétní příklad užívaného systému v některé z evropských zemí (důraz bude kladen na bioplyn) a zhodnotí daný typ podpory.

Následující kapitola popíše podporu OZE v ČR a její vývoj. Budou popsány hlavní zákony v této oblasti a dopad jejich vstupu v platnost. Jedna z podkapitol se také věnuje investiční podpoře v ČR, důraz je opět kladen na podporu BPS.

Následně je v práci popsán ekonomický model konkrétního projektu na výstavbu BPS. V této kapitole jsou detailně popsány jak technické, tak ekonomické parametry hodnoceného projektu, ale také vstupy a výstupy plánované BPS. Podklady k modelu byly poskytnuty společností EY Česká republika, v zájmu zachování obchodního tajemství není uvedeno jméno investora ani přesná lokace projektu.

Výpočtem ekonomického modelu se zabývá další kapitola. V první části této kapitoly bude spočítána ekonomická výhodnost projektu v případě původního systému podpor (zelený bonus na elektřinu), v druhé části pak výhodnost projektu pro nový navrhovaný systém podpor (zelený bonus na teplo). V závěru kapitoly bude provedena citlivostní analýza a vyhodnocení navrhovaného systému podpor.

V poslední kapitole této diplomové práce je vypracována SWOT analýza provozní podpory založené na podpoře tepla.

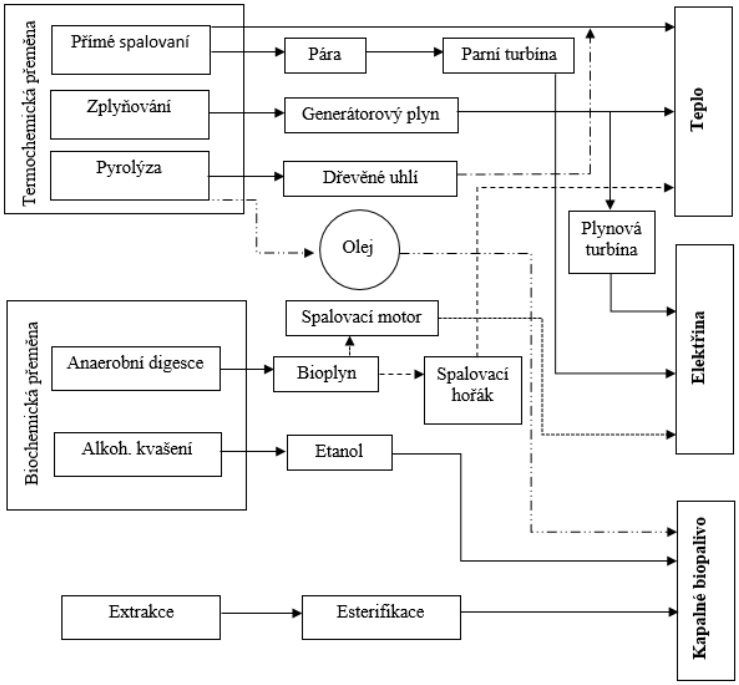
1 Popis principu bioplynových stanic

1.1 Biomasa

Pojem biomasa označuje všechny organické materiály, které pocházejí z rostlin a živočichů. Dále do biomasy můžeme řadit také nejrůznější živiny, exkrementy, či biologické odpady z domácnosti i průmyslu. Biomasa je tzv. „uhlíkově neutrální, patří tedy mezi obnovitelné primární zdroje energie (spolu s energií slunce, vody, větru a geotermální energií).

Biomasa je světově nejpoužívanějším obnovitelným zdrojem energie, její podíl je přibližně 77 % z dodávek obnovitelné energie. I přesto energie biomasy tvoří pouze 1 % z celkové spotřeby paliva pro produkci elektřiny. [3]

Pro přeměnu (transformaci) biomasy na pevný, tekutý i plynný sekundární zdroj energie se využívá několik procesů. Mezi ně patří termochemická přeměna, biochemická přeměna a fyzicko-chemická přeměna. Jedním z těchto procesů je také anaerobní digesce, jejíž hlavním produktem je bioplyn. Různé procesy transformace naznačuje Obrázek 1.



Obrázek 1: Možné přeměny biomasy. Zdroj [3]

1.1.1 Termochemická přeměna

Termochemická přeměna patří mezi nejpoužívanější způsoby, jak z biomasy získat energii. Procesy termochemické přeměny se navzájem od sebe liší potřebným množstvím kyslíku při reakci.

Přímé Spalování

Nejjednodušším způsobem je přímé spalování. Jedná se o velice jednoduchý a efektivní způsob, bohužel se hodí pouze pro biomasu, ve které je obsah vody nižší než 60 %, jinak je většina získaného tepla spotřebována na vypařování vody. Energii z takto vzniklé páry je možné zužitkovat pomocí tzv. kondenzačního bojleru, to je možné pouze za předpokladu, že pára neobsahuje korozi způsobující látky [1].

Zplyňování

Zplyňování je proces, při kterém vzniká generátorový plyn. Jedná se o proces, kdy je biomasa v pevném skupenství přeměněna na směs hořlavých i nehořlavých plynů (CO, H_2, CO_2, CH_4, N_2). Účinnost tohoto procesu z energetického hlediska se pohybuje v rozmezí 60 až 70 % [3].

Pyrolýza

Pyrolýzou se rozumí proces, při kterém se rozkládají materiály bohaté na uhlík. Vstupní surovinou pro biomasu může být biomasa i uhlí. Zpravidla touto transformací vznikají tři produkty: pevný zbytek, nekondenzující plyn a kapalný organický olej [3].

1.1.2 Biochemická přeměna

Anaerobní digesce

Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn. Tímto tématem se bude blíže zabývat kapitola: 1.2 Princip výroby bioplynu.

Alkoholové kvašení

Pokud má biomasa být použita k transformaci na tekuté palivo, nejlepším řešením je využití alkoholového kvašení. V porovnání s anaerobní digescí je použití alkoholového kvašení efektivnější (vztaženo k výnosu na hektar) [1].

Konkrétní postup při této transformaci se liší v závislosti na použité výchozí surovině, kterou můžou být látky obsahující škrob, cukry nebo lignocelulózu. Produktem alkoholového kvašení je etanol, který je v současné době celosvětově nejpoužívanějším biopalivem [5].

1.1.3 Fyzicko-chemická přeměna

Esterifikace

Hlavním produktem esterifikace při přeměně biomasy je bionafta. Jako výchozí surovina se využívají například rostlinné oleje nebo tuky živočišného původu. Tyto suroviny jsou složeny z triglyceridů. Triglyceridy chemický reagují za přítomnosti katalyzátorů a vznikají estery mastných kyselin, které jsou složením i vlastnostmi velmi podobné motorové naftě [3].

1.2 Princip výroby bioplynu

1.2.1 Chemická rovnice

Bioplyn vzniká látkovou výměnou metanových bakterií při rozkladu organické hmoty. Tento proces lze obecně popsat následující chemickou rovnicí:

$$C_cH_hO_oN_nS_s + yH_2O \rightarrow xCH_4 + nNH_3 + sH_2S + (c-x)CO_2$$

Kde: $x = \frac{1}{8}(4c + h - 2o - 3n - 2s)$

$$y = \frac{1}{4}(4c + h - 2o + 3n + 2s)$$

Rovnice 1: Chemická rovnice vzniku bioplynu. Zdroj [1]

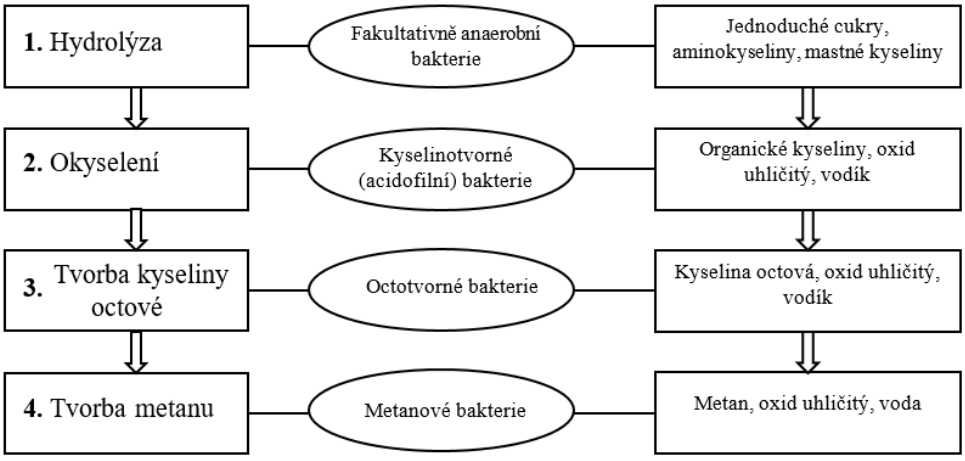
Zdrojem mohou být například:

- Karbohydráty: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$
- Tuky: $C_{12}H_{24}O_6 + 3H_2O \rightarrow 4{,}5CO_2 + 7{,}5CH_4$
- Proteiny: $C_{13}H_{25}O_7N_3S + 6H_2O \rightarrow 4{,}5CO_2 + 6{,}5CH_4 + 3NH_3 + H_2S$

Jak ukazují rovnice, při digesci glukózy ($C_6H_{12}O_6$) je poměr $CH_4 : CO_2$ ve vzniklém bioplynu jedna ku jedné. [1] V praxi se obsah metanu v bioplynu pohybuje od 50 do 75 %. [2]

1.2.2 Vznik bioplynu

Vznik bioplynu je možné rozdělit do 4 fází. Tyto fáze ilustruje Obrázek 2.



Obrázek 2: Čtyři fáze procesu vyhnívání. Zdroj [2]

U jednostupňových bioplynových stanic tyto fáze probíhají současně bez prostorového a časového oddělení. V případě vícestupňových stanic jsou tyto fáze odděleny [2].

Hydrolýza

První fáze procesu vzniku bioplynu se označuje jako hydrolýza. Při tomto procesu jsou rozloženy sloučeniny rozpustné ve vodě - makromolekulární organické sloučeny se rozpadají na nízkomolekulární sloučeniny [2].

- Karbohydráty, které jsou obsaženy v nerozpustných látkách (jako je například celulóza) se rozpadají na jednodušší cukry
- Bílkoviny se rozkládají na aminokyseliny
- Tuky jsou přeměněny na mastné kyseliny a glycerin

Tyto rozpady jsou realizovány za pomocí enzymů, které uvolňují anaerobní bakterie. Bakterie rozloží karbohydráty v řádech hodin, bílkoviny a tuky se rozkládají několik dní [1, 2].

Okyselení

Další fází je okyselení, jinak také nazývané acidogeneze. Při tomto procesu jsou využity acidofilní anaerobní bakterie. Ty dále rozkládají vzniklé karbohydráty, aminokyseliny a mastné kyseliny. Rozkladem vznikají organické kyseliny s krátkými řetězci, alkoholy, oxidy dusíku, sirovodík, vodík a oxid uhličitý [1].

Tvorba kyseliny octové

Předposlední fáze procesu vzniku bioplynu je tvorba kyseliny octové, také označované jako acetogeneze. Zde již vznikají látky důležité pro tvorbu metanu – acetáty, oxid uhličitý a vodík.

Pro bakterie, které působí v této fázi procesu, je důležité udržení nízkého obsahu vodíku. Nárůst obsahu vodíku může zbrzdit jejich metabolismus. Při vyšších koncentracích vodíku dále vznikají některé kyseliny a etanol – látky, které nejsou bakterie další fáze procesu (tvorba metanu) schopny přeměnit na bioplyn [1, 6].

Tvorba metanu

V poslední fázi procesu vzniku bioplynu působí dvě skupiny metanových bakterií. První skupinou jsou bakterie, které acetáty rozkládají na metan a oxid uhličitý. Druhá skupina bakterií tvoří metan sloučením vodíku a oxidu uhličitého. V praxi skupina zpracovávající acetáty vyrobí přibližně 70 % z celkové výroby bioplynu [1, 6].

1.2.3 Faktory ovlivňující tvorbu bioplynu

Vznik bioplynu je ovlivněn řadou faktorů. Mezi které například patří:

- Vlhké prostředí – Substrát musí být zalit vodou (alespoň 50 %) [2].
- Zabránění přístupu vzduchu a světla – Oba tyto faktory proces tvorby zpomalují [2].
- pH prostředí – Ideální hodnota pH se pohybuje od 7.0 do 8.0 [6].
- Stálost teploty – Výkyvy teploty negativně ovlivňují činnost bakterií [2].

- Výše teploty – Při výrobě bioplynu se využívají dva kmeny bakterií s různými požadavky na výši teploty. Mezofilní kmeny vyžadují teplotu mezi 38 a 42 °C. Vzácněji využívané termofilní kmeny potřebují teplotu od 50 do 55 °C [6].
- Plocha substrátu – Pro zvětšení styčné plochy a zrychlení reakcí je často doporučováno rozmělňování substrátu [1].
- Doba kontaktu.

1.3 Využívané substráty

Složení substrátů

Nejrůznější druhy biomasy mohou být využity jako vstupní surovina pro výrobu bioplynu. Předpokladem pro jejich využití je obsah karbohydrátů, proteinů, celulózy, tuků a hemicelulózy. Největší výnos bioplynu mají tuky, jejich rozložení na bioplyn ale trvá nejdelší dobu. Oproti tomu karbohydráty a proteiny jsou přeměněny rychleji, ale jejich výnos bioplynu je nižší [6].

Použité substráty by měly obsahovat mezi 5 a 15 % sušiny, dále by měly být prosté patogenů a nežádoucích organismů. Z tohoto důvodu je někdy doporučeno použití pasterizace, či sterilizace [2, 6]. Důležitou vlastností substrátu je poměr obsaženého uhlíku a dusíku, který by se měl pohybovat od 20 : 1 do 40 : 1 [2]. Skladba substrátu by měla být taková, aby výsledný zbytek po fermentaci bylo možné použít jako hnojivo [6].

Přehled používaných substrátů

Pro výrobu bioplynu se v Evropě používají především tyto substráty:

- Hnůj a kejda,
- Zbytky a vedlejší produkty ze zemědělství,
- Organické odpady z potravinového a zemědělského průmyslu,
- Organická část komunálního odpadu,
- Kal z odpadních vod,
- Energetické plodiny.

Charakteristiky vybraných substrátů ukazuje Tabulka 1.

Druh substrátu	poměr C:N	sušina [%]	org. sušiny v sušině [%]	Výnos bioplynu z org. sušiny [m^3/kg]
Kejda prasat	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50
Kejda skotu	6-20	5-12	80	0,20-0,30
Kejda drůbeže	3-10	10-30	80	0,35-0,60
Obsah žaludku / střev	3-5	15	80	0,40-0,68
Syrovátka	-	8-12	90	0,35-0,80
Koncentr. syrovátka	-	20-25	90	0,80-0,95
Sláma	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35
Zahradní odpad	100-150	60-70	90	0,20-0,50
Tráva	12-25	20-25	90	0,55
Travní siláž	10-25	15-25	90	0,56
Odpad z ovoce	35	15-20	75	0,25-0,50
Zbytky jídla	-	10	80	0,50-0,60

Tabulka 1: Výběr substrátů požívaných pro výrobu bioplynu. Zdroj [7]

Jak naznačuje Tabulka 1, kejda má obecně nízký výnos bioplynu. Proto se do kejdy často přidávají substráty s vyšším výnosem, jako jsou například zbytky jídla bohaté na tuky, jateční odpady nebo specializované energetické plodiny [7].

1.4 Typy bioplynových stanic

1.4.1 Zemědělské BPS

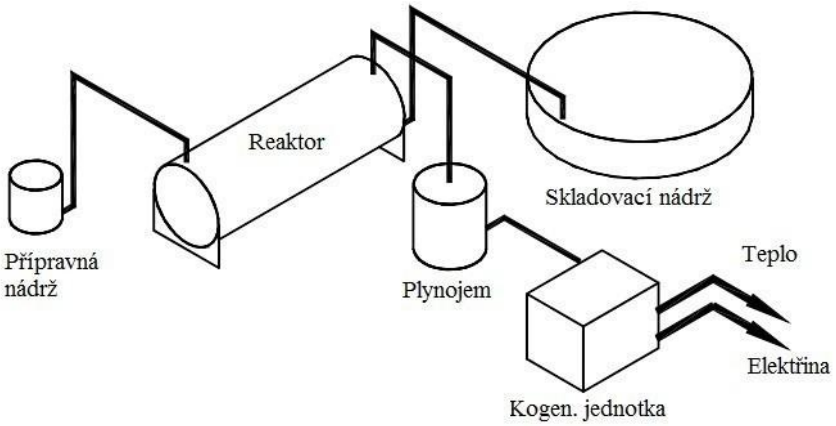
Jako zemědělské BPS můžeme považovat ty, které zpracovávají substráty ze zemědělské produkce. Mezi nejčastěji zpracované substráty patří: kejda, zbytky a vedlejší produkce ze zemědělství, energetické plodiny. Výhodu pro zemědělskou produkci může BPS přinést v podobě zlepšení vlastností hnojiva (digestát) – s pomocí anaerobní digesce je smícháno více druhů kejdy od různých zvířat, jsou rozloženy složité organické sloučeniny a je snížen obsah patogenů a plevelů [7, 11].

Jak uvádí České sdružení pro biomasu, tento typ BPS je v ČR zdaleka nejrozšířenější. Zemědělské BPS dále můžeme dělit na:

Malé zemědělské BPS

Tento typ se v některých literaturách označuje také jako farmářské BPS a slouží ke zpracování substrátů, které pocházejí z jedné farmy, často jsou ale do substrátu přidávány různé substráty s vysokým obsahem metanu (olejnaté odpady), aby byl zvýšen výnos bioplynu [7].

Zemědělské BPS můžou využívat různé technologie výroby bioplynu, nejčastěji se objevují stanice s vertikálním nebo horizontálním reaktorem (Obrázek 3), ve kterých dochází k míchání. Doba kontaktu se pohybuje od 20 do 40 dní [7].

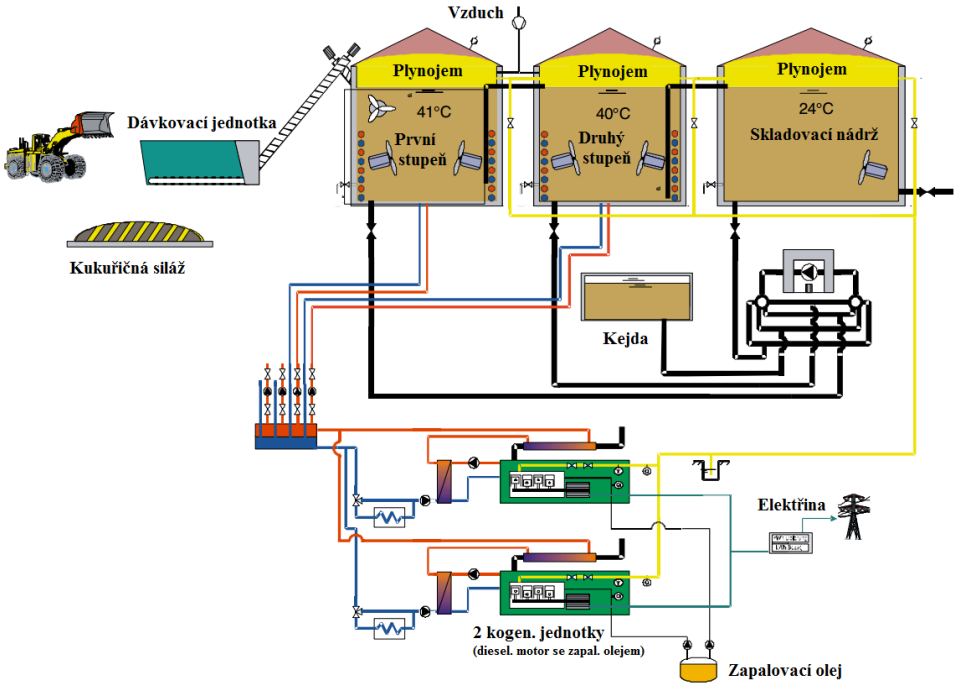


Obrázek 3: Schéma malé BPS s ocelovým horizontálním reaktorem. Zdroj [7]

Centralizované BPS

V případě centralizovaných BPS je většinou jako hlavní substrát použita kejda a hnůj z různých farem. Společně s kejdou a hnojem se dále zpracovávají například energetické plodiny (u nás především kukuřice), vedlejší živočišné produkty (jateční odpady) nebo znehodnocené zemědělské produkty (zrno a plevele) [7,8].

Opět existuje několik druhů využívaných bioplynových technologií. Drtivá většina bioplynových stanic v ČR využívá mokrý proces (viz 1.5.1 Mokrý proces) [9]. Jednostupňový proces (všechny fáze vzniku bioplynu zde probíhají současně – viz 1.2.2 Vznik bioplynu) se hodí pro BPS, kde je zajištěn stálý přísun kejdy nebo hnoje. Dvoustupňový proces (fáze vzniku bioplynu jsou odděleny) je vhodnější pro kombinaci substrátů – například kejda a kukuřičná siláž (Obrázek 4) [12].



Obrázek 4: Schéma dvoustupňové centralizované BPS. Zdroj [6]

1.4.2 Zpracování biologicky rozložitelného odpadu

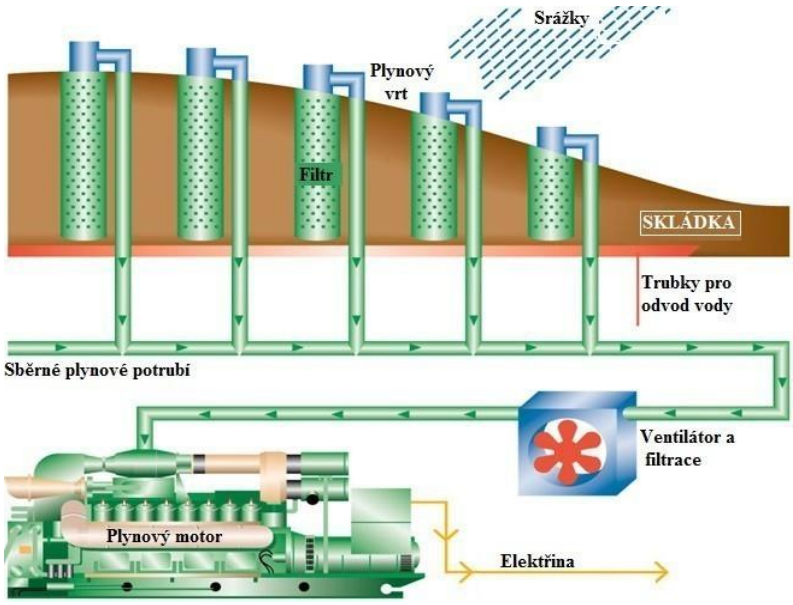
BPS založené na této technologii zpracovávají tuhý komunální odpad s vysokým podílem biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO). Jedná se odpad, který je rozložitelný na jakýkoli odpad, které je možné dále použít na anaerobní nebo anaerobní rozklad mikroorganismy [8]. Sem patří například tráva z údržby zeleně, odpady z kuchyní a jídelen, papír, atd. Takových BPS je v České republice pouze několik [10].

1.4.3 Zpracovaní kalu z čistíren odpadních vod

V tomto případě bioplyn vzniká zpracováním kalu čistíren odpadních vod (ČOV). Jedná se o zavedenou technologii, která je široce využívána [7]. Jak uvádí stránky České bioplynové asociace, BPS tohoto typu je v ČR přibližně 100. Výtěžnost plynu je u těchto BPS relativně malá, to především kvůli nízkému obsahu organické sušiny v substrátu (2–6 %). Většina vyrobeného tepla a elektrické energie je zpravidla spotřebována na provoz ČOV [8].

1.4.4 Bioplyn ze skládek komunálního odpadu

Na skládky komunálního odpadu lze pohlížet jako na velké bioplynové stanice. Průběh produkce skládkového plynu je závislý na stáří samotné skládky. Vznikající skládkový plyn má s bioplynem velmi podobné složení, může ale obsahovat některé toxické plyny [7]. V praxi je důležité nepřekročit spotřebou skleníkového plynu jeho produkci, jinak hrozí zavzdušnění (pokles činnosti anaerobních bakterií) [8]. Obrázek 5 ukazuje možnou podobu získávání energie ze skládkového plynu.



Obrázek 5: Schéma využití skládkového plynu. Zdroj [39]

1.5 Bioplynové technologie

Především v zemědělských BPS a v BPS, které zpracovávají BRKO, se uplatňují dvě metody kvašení – mokrý a suchý proces. Tyto dvě technologie budou stručně popsány v následujících dvou kapitolách.

1.5.1 Mokrý proces

Za mokrý proces se považují takové technologie, které zpracovávají substrát s obsahem vody 85 % a výše [1]. Hlavní výhody oproti suchému procesu jsou následující:

- Mnohem širší výběr substrátů,
- Lepší promíchávání v reaktoru,
- Snazší regulace (pH, obsah NH_3, …),
- Nižší obsah soli ve fermentačním zbytku [1],
- Rozšířený a dobře odzkoušený systém.

Nevýhody jsou následující:

- Vyšší spotřeba energie (30-45 %) [1, 9],
- Možná tvorba pěny [1],
- Hrozící zápach [1].

Reaktor (fermentor) je hlavní technologickou částí anaerobní digesce. U mokrého procesu je důležité zajistit dobré promíchání kalu v reaktoru. Reaktory použité pro tuto technologii mohou být horizontální (ležící) nebo vertikální (stojící). Výhodou horizontálního reaktoru je lepší promíchávání kalu, nevýhodou může být nemožnost očkovat čerstvý substrát bakteriemi z vyhnilého kalu. Oproti tomu výhodami vertikálního reaktoru jsou menší tepelné ztráty a menší prostorová náročnost [2]. Oba typy reaktorů ukazuje Obrázek 6.

Obrázek 6: Ukázka horizontálního reaktoru (vlevo) a vertikálního reaktoru (vpravo). Zdroj [7]

1.5.2 Suchý proces

U suchého procesu je obsah vody nižší než 85 %. BPS, které využívají suchého procesu, je v současné době v ČR pouze několik [8]. Technologie přináší tyto výhody:

- Větší spolehlivost a jednodušší údržba (málo pohyblivých částí) [1],
- Jednoduché rozšíření stanice [9],
- Vyšší výnos bioplynu o lepší kvalitě (kvůli použití odlišných substrátů) [1, 9],
- Nižší spotřeba energie (méně než 15 %) [1],
- Biomasu není třeba upravovat před vstupem do reaktoru [9].

Mezi nevýhody se řadí:

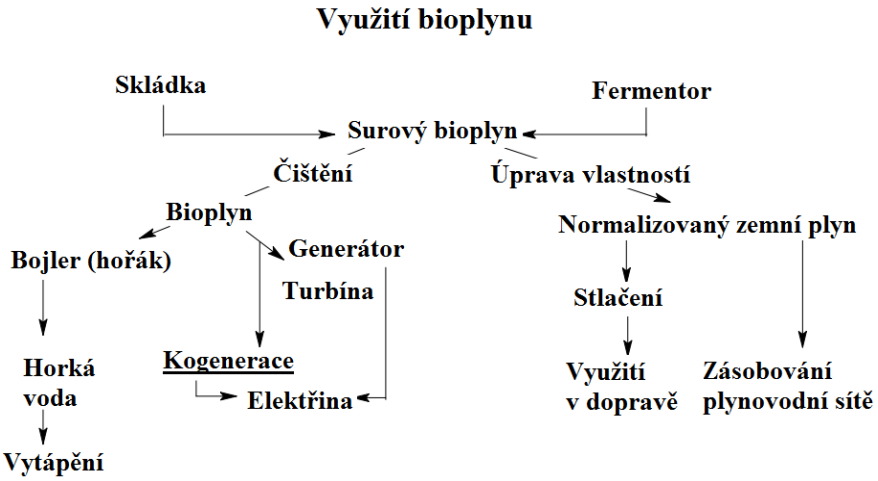
- Vyšší cena z pohledu manipulace s materiálem [1],
- Hrozí akumulace zpomalujících sloučenin (NH_3, některé mastné kyseliny) [1],
- Složité promíchávání [1],
- Málo odzkoušená technologie.

Reaktor je v případě suchého procesu často řešen pomocí tzv. „garážového“ systému [7]. Tuhý substrát je uložen nakladačem do „garáže“, která se poté hermeticky uzavře [8]. Dobře tento systém ilustruje Obrázek 7.

Obrázek 7: „Garážový“ systém suchého procesu. Zdroj [9,7]

1.6 Využití bioplynu

Bioplyn je možné využít několika způsoby, názorně je ukazuje Obrázek 8.



Obrázek 8: Přehled využití bioplynu. Zdroj [7]

V této podkapitole budou jednotlivé způsoby využití popsány. Důraz bude kladen na kogeneraci, ostatní způsoby využití bioplynu budou popsány stručněji, to především kvůli jejich v praxi omezeném výskytu.

1.6.1 Spalování a vytápění

Nejjednodušším způsobem pro využití bioplynu je jeho přímé spálení. Při tomto využití není nutné bioplyn dále upravovat. Bioplyn se spaluje přímo v místě výroby nebo je dopraven pomocí plynovodu koncovým uživatelům. Při vytápění není oproti dalším využitím nutné bioplyn podrobit řadě úprav – například snížení hladiny H_2S, stlačení, sušení [1].

1.6.2 Využití v dopravě

Využití bioplynu v dopravě je jako palivo pro dopravní prostředky realizováno v zemích jako je Německo, Švédsko, či Švýcarsko. Před použitím musí surový plyn projít řadou úprav – odsíření, zbavení mechanických nečistot, stlačení [8]. Výsledný obsah metanu v upraveném bioplynu by pro použití v dopravě měl převyšovat 90 % [7]. Upravený bioplyn je možné využívat stejně jako stlačený zemní plyn (CNG). [7]

1.6.3 Zásobování plynovodní sítě

Dalším možným využitím bioplynu je zásobování plynovodní sítě. Pro tento účel musí být surový plyn upraven. Obsah metanu v upraveném bioplynu musí být vyšší než 95 %, diskutuje se také použití HEPA filtrů, aby se zabránilo šíření bakterií a plísní, které by mohly představovat zdravotní riziko pro lidi [6].

1.6.4 Kogenerace (KVET)

Použití bioplynu pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla je velice oblíbené, a to i díky státní podpoře. Výhodou těchto systému je vysoká účinnost, která po sečtení elektrické a tepelné účinnosti může u moderních systémů dosahovat až 90 %. I přesto je účinnost výroby elektrické energie relativně malá. Z 1 m^3 bioplynu se při 40% elektrické účinnosti vyrobí pouze 2,4 kWh elektřiny [1].

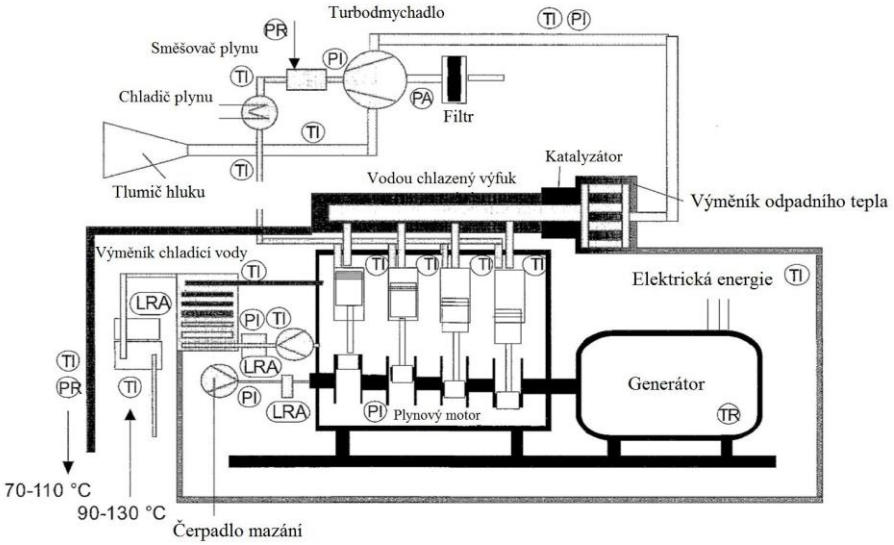
Vyrobené teplo je možné zužitkovat několika způsoby. Přibližně třetina tohoto tepla se obvykle využívá pro potřeby anaerobní digesce, zbytek je možné použít pro externí potřeby. Nejvhodnější je dodávka tepla do průmyslu, kde je poptávka po celý rok konstantní. V případě využití tepla pro vytápění budov a domácností je nutné počítat s faktem, že poptávka bude v letních měsících velmi nízká. V tuto roční dobu je možné teplo využít například pro sušení zemědělských plodin, v budoucnosti se počítá třeba s využitím pro klimatizační systémy (trigenerace) [7].

Nároky na použitý systém jsou velice vysoké. Mezi ně patří: nízká cena pořízení, dlouhá životnost, vysoká mechanická účinnost, jednoduchá údržba, malá hlučnost, odolnosti vůči vlhkosti a stopovým látkám bioplynu. Všechny tyto podmínky plně nesplňuje žádný používaný systém, je tedy nutné dělat kompromisy [2]. V následujících podkapitolách budou stručně představeny používané systémy.

1.6.4.1 Plynové spalovací motory

Drtivá většina v Evropě postavených bioplynových stanic využívá plynové spalovací motory. Poměr nejpoužívanějších systému („čtyřdobý plynový motor“ ku „vznětový motor se zapalovacím olejem“) je přibližně stejný [1].

V případě čtyřdobého plynového motoru se jedná o systémy, které byly vyvinuty pro použití se zemním plynem. Elektrická účinnost těchto systému se pohybuje od 34 do 40 % [1]. Některé motory vznikaly i přestavbou benzinových motorů z osobních automobilů [2]. Schéma systému s plynovým spalovacím motorem ukazuje Obrázek 9.



Obrázek 9: Schéma systému kogenerace s plynovým spalovacím motorem. V oválech jsou vyznačeny kontrolované parametry (teplota, tlak, hladina kapalin). Zdroj [1]

V případě většího požadovaného výkonu se využívají vznětové motory po úpravě na plynový zážehový provoz [7].

Další hojně využívanou skupinou jsou vznětové motory se zapalovacím olejem. Tyto motory jsou oproti čtyřdobým plynovým ekonomičtější a dosahují lepší elektrické účinnosti. Na druhou stranu jejich emise obsahují vyšší množství sloučenin NO_x. Jako zapalovací olej se využívá lehký topný olej nebo některé minerální oleje. V praxi se doporučuje přibližně 10–18% přídavek zapalovacího oleje do palivové směsi. Pokud je obsah metanu v bioplynu nízký, musí se použít větší množství zapalovacího oleje [1, 2, 7].

Obrázek 10: Systém kogenerace se vznětovým motorem se zapalovacím olejem společnosti PlanET Biogas Global GmbH (výkon: 250 kWe, 264 kWt). Zdroj [40]

Tabulka 2 zobrazuje srovnání vlastností různých druhů plynových spalovacích motorů.

Parametry \ Systém	Čtyřdobý plynový motor	Vznětový motor	Vznětový motor se zapal. olejem
Rozsah výkonu [kW_{el}]	<100	<150	30–1000
Investiční výdaj na kW_{el}	Střední	Střední	Nízký
Cena údržby na kW_{el}	Vysoká	Nízká	Vysoká
Elektrická účinnost [%]	30–40	35–40	32–40
Pokles účinnosti při částečném zatížení	Vysoký	Nízký	Nízký
Teplota chladící vody [°C]	110	110	110
Otáček za minutu	1500	1500	1500
Kompresní poměr	10 : 1	20 : 1	20 : 1
Změna poměru výroby elektřiny a tepla	Není možná	Není možná	Není možná
Váha	Střední	Střední	Střední
Životnost	Střední	Střední	Dlouhá
Hlučnost	Střední	Vysoká	Vysoká
NO_x emise	Vysoké	Vysoké	Saze
Náhradní palivo při výpadku	Benzín	Nafta	Topný olej, rostlinný olej

Tabulka 2: Charakteristické znaky používaných plynových spalovacích motorů. Zdroj [1]

1.6.4.2 Turbíny a mikroturbíny

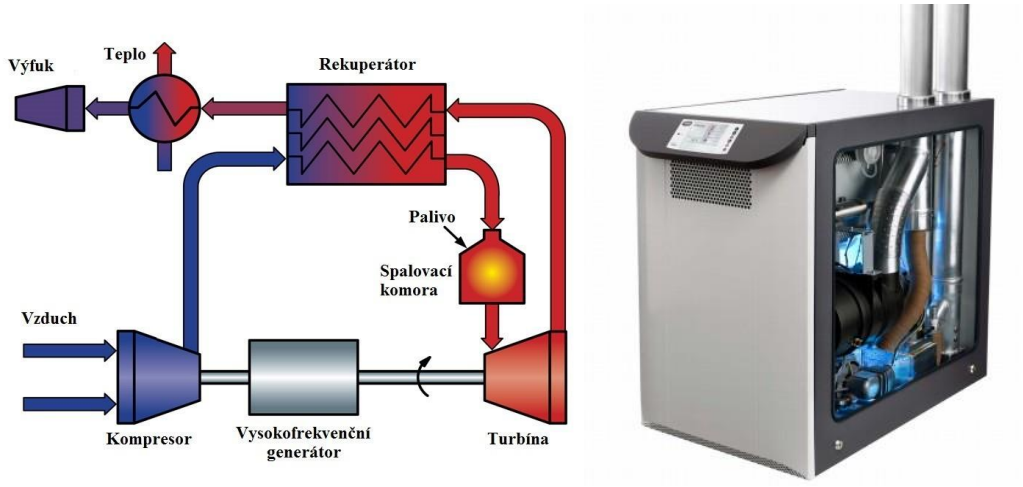
Plynové turbíny se používají až od kapacity 20 MW_{el} a výše. Pro většinu bioplynových stanic je tato kapacita příliš velká (jak uvádí stránky České bioplynové asociace, největší celkový instalovaný elektrický výkon v ČR je pro jednu BPS 5,4 MW_{el}). Teplota v turbínách dosahuje až 1200 °C, teplota plynu, který vystupuje z turbíny, se pohybuje od 400 do 600 °C.

Oproti tomu systémy kogenerace s mikroturbínami dosahují maximálních elektrických výkonů 200 kW. Kompresor, turbína i generátor jsou na společné hřídeli. Otáčky za minutu mohou dosáhnout hodnoty až 100 000 rpm. Mezi výhody mikroturbín patří: jednoduchá údržba, nízké emise, tichý provoz a nízké vibrace. Naopak hlavními nevýhodami jsou: nízká účinnost, nutnost použití

vysokofrekvenčního měniče, vysoká pořizovací cena. V současné době jsou systémy s mikroturbínami odzkoušené při provozu na zemní plyn (především v USA), k jejich dalšímu rozšíření je ale nutný pokrok ve vývoji [1, 7].

Parametry \ Systém	Turbína	Mikroturbína
Rozsah výkonu [kW_{el}]	-	30–110
Investiční výdaj na kW_{el}	Střední	Nízký
Cena údržby na kW_{el}	Velmi nízká	Velmi nízká
Elektrická účinnost [%]	25–35	15–33
Pokles účinnosti při částečném zatížení	Velmi vysoký	Nízký
Teplota chladící vody [°C]	210	300–500
Otáček za minutu	100 000	100 000
Kompresní poměr	5 : 1	5 : 1
Změna poměru výroby elektřiny a tepla	Velmi dobrá	Velmi dobrá
Váha	Nízká	Nízká
Životnost	Dlouhá	Dlouhá
Hlučnost	Nízká	Nízká
NO_x emise	Nízké	Nízké
Náhradní palivo při výpadku	Zemní plyn	Zemní plyn, kerosin

Tabulka 3: Charakteristické vlastnosti turbín a mikro turbín. Zdroj [1]



Obrázek 11: Schéma a obrázek systému kogenerace s mikro turbínou EnerTwin společnosti MTT Micro Turbine Technology BV. Zdroj [41]

1.6.4.3 Palivové články, Stirlingův motor

V obou těchto případech se jedná o systémy, které jsou v současné době pouze ve fázi prototypů, pro jejich častější využití je zapotřebí dalšího vývoje.

Výhodou palivových článků je jejich vysoká účinnost výroby elektrické energie, ta může dosahovat až 70 %. Hlavní nevýhodou je velmi vysoká pořizovací cena systému a vysoká citlivost

na nečistoty v použitém plynu. Typů palivových článků je celá několik, jejich operační teploty se pohybují od 60 do 1000 °C [1, 6].

Stirlingův motor se řadí k motorům s vnějším spalováním. Výhodou Stirlingova motoru je vysoká účinnost, bohužel širšímu využití v praxi brání především řada technických problémů [1].

Parametry \ Systém	Stirlingův motor	Palivové články
Rozsah výkonu [kW_{el}]	<150	1–10 000
Investiční výdaj na kW_{el}	Vysoký	Velmi vysoký
Cena údržby na kW_{el}	Velmi vysoká	Velmi vysoká
Elektrická účinnost [%]	30–40	40–70
Pokles účinnosti při částečném zatížení	Vysoký	Velmi nízký
Teplota chladící vody [°C]	60	-
Otáček za minutu	1500	0
Kompresní poměr	5 : 1	-
Změna poměru výroby elektřiny a tepla	Není možná	Dobrá
Váha	Střední	Vysoká
Životnost	Dlouhá	Velmi krátká
Hlučnost	Střední	Nízká
NO_x emise	Velmi nízké	Velmi nízké
Náhradní palivo při výpadku	Jakékoliv	Zemní plyn

Tabulka 4: Charakteristické znaky systémů se Stirlingovým motorem a palivovými články. Zdroj [1]

2 Systémy státních podpor

2.1 Důvody vzniku podpor

Obnovitelné zdroje energie se v zemích Evropské unie těší stoupající oblibě. Oproti fosilním palivům nejsou vystaveny náhlým cenovým výkyvům a nemusí být importovány, v neposlední řadě jsou šetrnější vůči životnímu prostředí (při správném použití). Vzhledem k faktu, že ve většině evropských zemí probíhá odklon od jaderných zdrojů a předpokládá se útlum uhelných zdrojů, hlavní odpovědí na stoupající poptávku po energiích jsou obnovitelné zdroje energie (OZE).

Přestože některé druhy OZE jsou lidstvem využívány po tisícovky let (biomasa, energie větru a vody) systémy podpory OZE v podobě, v jaké je známe dnes, byly v Evropě uvedeny až s příchodem nového tisíciletí. Do té doby byla podpora obnovitelných zdrojů velice omezená, povětšinou pouze pro technologie ve fázi výzkumu nebo vývoje. Důvody, proč OZE podporu potřebují, jsou následující:

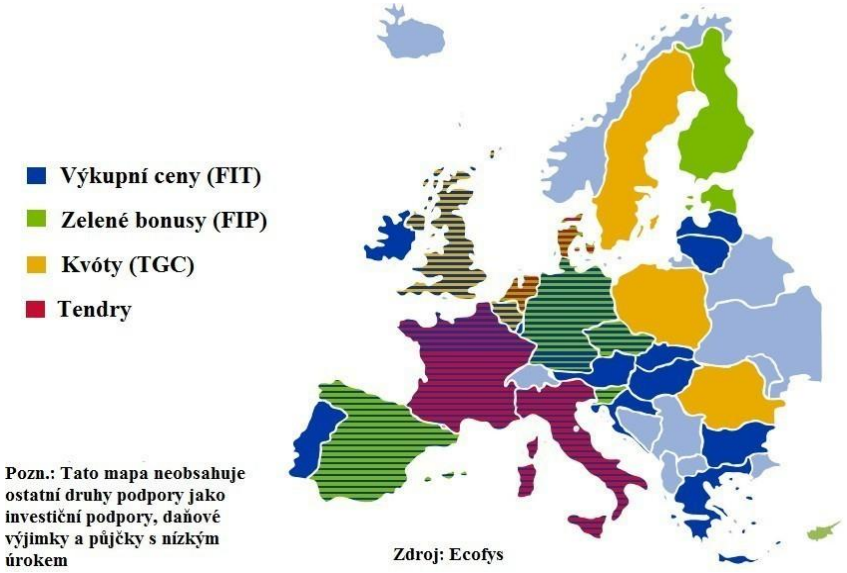
- Ekonomické a tržní překážky,
- Administrativní a právní překážky,
- Překážky spojené s distribučními a přenosovými sítěmi [31].

Dobře nastavený systém podpor by měl OZE pomoci tyto vyjmenované překážky úspěšně zdolat.

Mezi další důvody vzniku podpor OZE se řadí splnění závazného podílu energie z obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie v roce 2020. Tento podíl byl pro ČR stanoven ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 na 13 %.

2.2 Typy státních podpor

V této kapitole budou stručně popsány v praxi využívané druhy podpory obnovitelných zdrojů. Následně bude uveden příklad využití daného druhu podpory, budou zhodnoceny vlastnosti a s nimi související výhody a nevýhody. Přestože se povětšinou bude jednat o podpory obnovitelných zdrojů elektřiny, mechanizmů založených na obdobném principu je také možné využít pro podporu tepla z obnovitelných zdrojů.



Obrázek 12: Používané systémy podpory obnovitelných zdrojů elektrické energie v EU. Zdroj [18]

2.2.1 Výkupní ceny (VC)

V anglických zdrojích se systém výkupních cen označuje pojmem „feed-in tariff" (FIT). V případě tohoto druhu podpory obdrží výrobce fixní částku za každou vyrobenou jednotku elektrické energie nezávisle na ceně elektřiny na trhu. Mimo elektrické energie může být stejného systému využito také pro vyrobené teplo nebo bioplyn [13, 15].

Při tomto druhu podpory je velmi důležité správně zvolit správnou cenovou hladinu. Ta může být určena buď administrativně pomocí LCOE[1], nebo s pomocí aukčních mechanismů.

V případě ČR se o výkup i vyplácení této podpory stará tzv. povinně vykupující [19].

Hlavní výhody tento systém podpory přináší především pro investory – ty láká stabilní a předem známý příjem. Nevýhodou výkupních cen je malá efektivnost nákladů – to platí především pro méně rozvinuté technologie [13].

2.2.1.1 Příklad – Podpora tepla z obnovitelných zdrojů ve Velké Británii

Principu výkupních cen je využito ve Velké Británii pro podporu tepla z obnovitelných zdrojů (Renewable Heat Incentive). Tento systém podpor je určen pro domácnosti i průmysl. Ofgem (britský regulační úřad) zaručuje oprávněným výrobcům energie podporu na 20 let [16]. Výkupní ceny jsou každý rok upraveny o inflaci a mohou být čtvrtletně sníženy, aby nedošlo k překročení rozpočtu, který je financován z veřejného rozpočtu [13].

Jedním z problémů, se kterým se systém potýká, je výpočet tepla, na které se vztahuje podpora. Ten může být například v případě spoluspalování biomasy a fosilních paliv poměrně komplikovaný [13].

[1] LCOE – Levelised cost of electricity. Jedná se o ukazatel, s jehož pomocí je možné porovnávat cenu vyrobené jednotky elektrické energie různých technologií za dobu životnosti daného zdroje [42].

Podpora se vztahuje také na teplo vyrobené z bioplynu. Sem se řadí přímé spalovaní bioplynu, využití bioplynu pro kogeneraci, ale také zásobování plynovodní sítě. Podpora se nevztahuje na skládkový plyn [17]. Výkupní ceny pro průmysl a teplo související s bioplynem ukazuje Tabulka 5.

Typ technologie	Velikost	Výkupní cena [pence/kWh]
Spalování bioplynu (vč. kogen.)	Do 200 kWt	7,62
	Od 200 kWt do 600 kWt	5,99
	Od 600 kWt a výše	2,24
Zásobování plynovodní sítě*	Prvních 40 000 MWh	5,87
	Dalších 40 000 MWh	3,45
	Zbývající MWh	2,66

* Uvedené MWh ve sloupci velikost platí pro výrobu za období jednoho roku.

Tabulka 5: Výkupní ceny pro průmyslové využití bioplynu pro účely výroby tepla ve Velké Británii (platí pro zdroje uvedené do provozu od 1. ledna 2016). Zdroj [16]

2.2.1.2 Zhodnocení systému výkupních cen

Z pohledu objemu prostředků vynaložených na podporu obnovitelných zdrojů je v EU systém výkupních cen nejnákladnější. V roce 2012 bylo v EU vyplaceno 27 mld. EUR skrze výkupní ceny (systém FIT pohltil 57 % z celkových prostředků vynaložených na podporu produkce energie z obnovitelných zdrojů) [14].

Osobně v systému VC spatřuji několik nedostatků. Prvním je jistá „nekompatibilita“ s trhem. Příkladem může být například podpora kogeneračních jednotek, kdy provozovatel dostává garantovanou výkupní cenu za každou kilowatthodinu dodanou do sítě nezávisle na ceně elektřiny na trhu. Nic ho tedy nenutí optimalizovat výrobu, může také docházet k absurdním situacím, kdy kogenerační jednotka v letních měsících vyrábí elektřinu „na plný výkon“, ale vyrobené teplo se kvůli nízké poptávce stává odpadním.

Dalším problémem je cenová hladina podpory. Ta musí být správně nastavena, ale také musí dostatečně pružně reagovat na vnější podměty. Nedostatečná pružnost se projevila v zemích jako je Německo, Itálie nebo ČR při tzv. „solárním boomu“, kdy cena solárních panelů meziročně klesla o desítky procent, ale výkupní ceny se změnily pouze minimálně. V případě ČR bylo výraznější snížení výkupních cen znemožněno kvůli zákonu č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, kde bylo uvedeno: *„Výkupní ceny stanovené Úřadem pro následující kalendářní rok nesmí být nižší než 95 % hodnoty výkupních cen platných v roce, v němž se o novém stanovení rozhoduje.“*

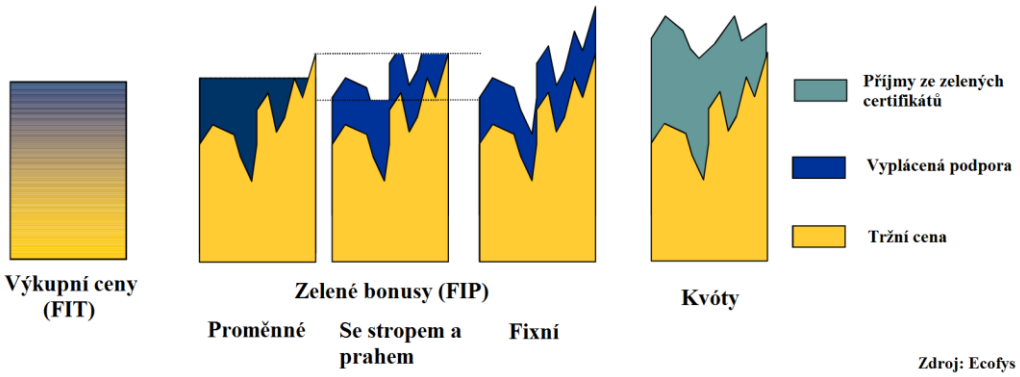
Použití systému výkupních cen se doporučuje pouze pro trhy, které ještě nejsou plně liberalizovány a pro podporu nejmenších výrobců [15]. Zde vidím potenciál například v případě

malých zdrojů, které slouží ke zvyšování energetické soběstačnosti domácností. Systém výkupních cen drobnému investorovi bez větších starostí zajistí stabilní příjem.

2.2.2 Zelené bonusy (ZB)

Zelené bonusy, v angličtině označované jako „feed-in premium“ (FIP), jsou dalším systémem podpor, který se obvykle vztahuje k objemu výroby. Hlavním rozdílem oproti systému výkupních cen je fakt, že výrobce si na trhu sám najde odběratele vyprodukované energie a obdrží za ni běžnou tržní cenu nebo část energie využívá pro vlastní potřebu [13]. Navrch dostává výrobce za každou vyprodukovanou jednotku energie platbu od operátora trhu [19].

Princip a porovnání druhů zelených bonusů spolu s ostatními využívanými systémy podpor ukazuje Obrázek 13.



Obrázek 13: Porovnání různých druhů podpory. Zdroj [18]

Proměnné zelené bonusy

Proměnný zelený bonus (anglicky označovaný jako floating či sliding) se dynamicky mění v závislosti na úrovni ceny energie na trhu. Díky těmto změnám není výrobce plně vystaven vlivu tržní ceny, riziko leží na straně veřejnosti. Změny výše proměnného bonusu mohou být počítány jak na bázi měsíců (při delších intervalech se proměnné bonusy blíží těm fixním) nebo na bázi hodin, kdy se proměnné zelené bonusy blíží systému výkupních cen [13, 15].

Fixní zelené bonusy

Výše fixního zeleného bonusu se počítá z dlouhodobého průměru cen energie, nebere ohled na krátkodobé změny. To sice umožňuje dobře odhadnout cenu této strategie, na druhou stranu veškeré riziko z volatilních cen energií nese investor [13].

Zelené bonusy se stropem a prahem

Hlavním účelem tohoto systému je distribuce rizika mezi výrobce a veřejnost. Výše zeleného bonusu se může pohybovat pouze mezi určeným stropem a prahem [15].

2.2.2.1 Příklad – Zelené bonusy v Dánsku

Mezi hlavní prostředky pro podporu obnovitelných zdrojů elektřiny se v Dánsku řadí zelené bonusy. Výrobce dostává proměnný bonus navrch k tržní ceně. Celková suma tržní ceny a zeleného bonusu nesmí překročit dané maximum, které je určeno několika faktory (zdroj energie, datum připojení, lokace, aj.). V některých případech je výrobcům elektřiny zaručen garantovaný bonus, u kterého neplatí podmínka překračovaného maxima [20].

Pro případ bioplynu je možné využít maxima (tržní cena plus bonus), které je stanoveno na 0,793 DKK (přibližně 0,11 EUR) za kilowatthodinu. Maximum je každý rok přepočítáváno na základě 60% indexu růstu. Druhou možností je využití garantovaného bonusu, který činí 0,431 DKK (přibližně 0,06 EUR) za kWh [20].

2.2.2.2 Zhodnocení systému zelených bonusů

Dalším oblíbeným systémem podpor obnovitelných zdrojů jsou zelené bonusy. Z hlediska objemu vynaložených prostředků na podporu produkce v EU se řadí na druhé místo. V roce 2012 státy Evropské unie utratili za tento druh podpory 6,65 mld. EUR [14].

Hlavním výhodu oproti systému výkupních cen mají zelené bonusy v možnosti lepšího nastavení a kontroly podpory. V závislosti na intervalu změny cenové hladiny zelených bonusů se mění také riziko investora a možnost dobře odhadnout celkovou cenu strategie. Pro kratší intervaly (proměnné zelené bonusy) je sníženo riziko pro investora a cenová hladina se dobře určuje, na druhou stranu se špatně odhaduje celková cena strategie. Naopak je tomu u fixních bonusů. Jistým kompromisem mezi těmito druhy podpory je zelený bonus se stropem a prahem.

Zelené bonusy jsou oproti výkupním cenám kompatibilnější s tržním prostředím. V Evropě se tento druh podpory (především proměnné zelené bonusy) stává oblíbenější na úkor výkupních cen a kvót. To dokazují příklady zemí, jakými jsou například Německo, Nizozemí, Velká Británie, které plánují (či v nedávné době spustili) tento systém [18].

2.2.3 Aukce, tendry

Aukce a tendry se řadí do samostatné kategorie podpor, přestože se využívají v kombinaci s ostatními druhy podpory. Zatímco u aukce je jediným porovnávaným kritériem cena, u tendrů může být posuzovaných kritérií více [13]. Hlavním účelem aukcí a tendrů je určení ceny pomocí soutěže.

Postup při využití aukcí a tendrů bývá následující: Vláda nebo zodpovědný orgán určí množství nebo kapacitu obnovitelných zdrojů, které by mělo být instalováno za daný časový úsek. Dále jsou definovány různé požadavky týkající se například technologie nebo investora. V dalším kroku účastnící aukce (tendru) nabídnou cenu, při které jsou jejich projekty realizovatelné [15].

Pokud se jedná o statickou aukci (sealed bid), účastníci nabídnou cenu a množství bez znalostí nabídek ostatních účastníků. „Výherci soutěže“ obdrží svou nabízenou cenu například ve formě výkupních cen nebo zelených bonusů [13, 15].

V případě dynamické aukce (descending clock) vypisovatel soutěže určí cenový strop a účastníci nabídnou množství. Následně je cenový strop snižován, dokud se nestřetne nabídka s poptávkou. Výsledná cena (opět ve formě výkupních cen nebo zelených bonusů) je pro všechny úspěšné účastníky stejná. Soutěžené množství nemusí být pro účastníky známo a může se měnit v závislosti na průběhu soutěže [13, 15].

2.2.3.1 Příklad – Určení výše proměnného ZB v aukci v Nizozemí

Jednou ze zemí, která má s aukčním systémem zkušenosti, je Nizozemí. V červenci 2011 nizozemská vláda představila nový systém podpor OZE pojmenovaný SDE+. Jedná se o systém založený na zelených bonusech, které se vztahují na podporu elektřiny i tepla. Hlavním cílem tohoto systému je rozšíření OZE při nejnižší možné ceně [13].

Pro každý rok je pro program SDE+ stanoven rozpočtový strop (například pro rok 2015 byl rozpočet stanoven na 3,5 mld. EUR). Dále se SDE+ otevírá v devíti (dříve šesti) po sobě jdoucích kolech, kdy se výše podpory (zeleného bonusu) zvyšuje. Investoři tak sice mohou čekat do pozdních kol, kdy je výše podpory vyšší, hrozí však to, že rozpočet bude vyčerpán a příslušné kolo se vůbec neotevře. Při určování nároku na podporu platí princip „kdo dřív přijde, ten dřív mele“ [13, 21].

Při starém systému SDE (který nevyužíval aukčního mechanizmu) bylo zapotřebí o 80 % více prostředků pro výrobu stejného množství energie z obnovitelných zdrojů (oproti prvnímu roku zavedení systému SDE+). To ale částečně způsobuje skutečnost, že systém SDE+ zahrnuje také technologie obnovitelného zdroje tepla, které jsou relativně levné [13].

Jednou z podporovaných technologií systému SDE+ je také bioplyn. Podpora pro bioplyn je vypsána pro různé druhy technologie výroby i použití. Výběr různých podpor bioplynu pro rok 2015 a nové zdroje je zachycen v následující tabulce.

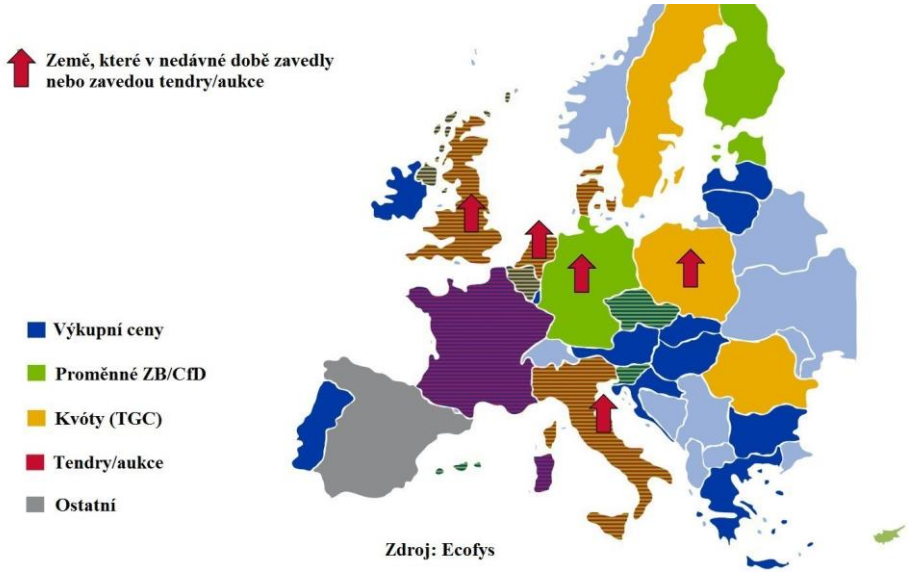
	Výše zeleného bonusu ve fázi [EUR /kWh]								
	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3	Fáze 4	Fáze 5	Fáze 6	Fáze 7	Fáze 8	Fáze 9
Fermentace (vše)									
Teplo	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
KVET	0,036	0,046	0,056	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
Ferm. kejdy - Teplo									
Čistá kejda	0,037	0,047	0,057	0,067	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
Kofermentace	0,037	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
Ferm. kejdy - KVET									
Čistá kejda*	0,027	0,037	0,047	0,057	0,067	0,077	0,087	0,097	0,107
Kofermentace**	0,036	0,046	0,056	0,066	0,076	0,079	0,079	0,079	0,079

** Maximální doba využití maxima 8 000 hodin., ** Maximální doba využití maxima 5 732 hodin.*

Tabulka 6: Vybrané výše podpor programu SDE+ pro bioplyn pro rok 2015. Maximální doba podpory je 12 let, nutné uvedení do provozu do 4 let. Maximální doba využití maxima 7 000 hodin, pokud není uvedeno jinak. Zdroj [21]

2.2.3.2 Zhodnocení aukcí a tendrů

Aukce a tendry nejsou samostatným druhem podpory a obvykle se používají v kombinaci. V poslední době se tyto mechanizmy stávají v oblasti podpor OZE velmi oblíbené. To dokládá i Obrázek 14.



Obrázek 14: Stoupající obliba tendrů/aukcí ve státech EU. Zdroj [18]

Důvodů k jejich stoupající oblibě je několik. Díky soutěži je možné výrazně snížit objem prostředků vynakládaných na podporu, další výhodou je pevně nastavený rozpočet (množství). Nemalou výhodou je i skutečnost, že výše podpory není určována administrativně, ale s pomocí soutěže – je tak možné omezit vliv různých lobbistických skupin.

Aukcím i tendrům je naopak vytýkáno, že nedávají šanci novým a méně vyzrálým technologiím, vzhledem k vyššímu riziku tyto mechanizmy upřednostňují větší investory. Další nevýhodou mohou být chybějící zkušenosti s tímto relativně novým druhem podpory.

2.2.4 Povinné kvóty se zelenými certifikáty (TGC)

Systém povinných kvót se využívá společně s tzv. obchodovatelnými zelenými certifikáty (tradable green certificates – TGC). Prvním krokem při zavádění tohoto systému je stanovení cíle podílu OZE na celkové spotřebě. Výrobci energie z obnovitelných zdrojů obdrží zelené certifikáty, ty prodávají obchodníkům, kteří musí plnit zadané kvóty. Pro výrobce tak prodej zelených certifikátů představuje dodatečný příjem k prodeji energie na trhu [13].

Dříve se používaly tzv. technologicky neutrální kvóty, u kterých byla stanovena jednotná kvóta pro všechny technologie obnovitelných zdrojů, tudíž všechny použité zdroje dostávaly stejnou výši podpory. Použití technologicky neutrálních kvót v důsledku znamenalo, že cenově nejpříznivější zdroje dosahovaly závratných zisků. Proto většina evropských států systém povinných kvót změnila tak, aby zohledňoval technologie OZE. Příkladem může být systém, kdy každá technologie dostane

rozdílný počet certifikátu [13, 15]. Příklad: Jednotka elektřiny z malé vodní elektrárny (MVE) dostane 1 certifikát, jednotka elektřiny z fotovoltaické elektrárny dostane 3 certifikáty.

2.2.4.1 Příklad – Technologicky vázané kvóty v Rumunsku

Hlavním systémem podpor obnovitelných zdrojů elektrické energie v Rumunsku jsou povinné kvóty se zelenými obchodovatelnými certifikáty. Pro obchody s těmito certifikáty je stanovena minimální a maximální cena ve výši 27, resp. 55 EUR (pro období od r. 2008 do r. 2025) [22]. Výše kvót je každý rok stanovena místním regulačním úřadem (ANRE) [13].

V době představení tohoto systému rumunskou vládou se jednalo o jeden z nejštědřejších systémů podpor OZE. To vedlo ke strmému nárůstu počtu výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů a s ním spojeným nárůstem cen elektřiny pro konečné zákazníky, kteří nesli náklady spojené s podporou OZE. Začínaly také panovat obavy o bezpečnost a stabilitu elektrické sítě. Proto rumunská vláda výrazně snížila počet přidělovaných certifikátu pro jednotlivé technologie (například provozovatelé fotovoltaických elektráren začali dostávat pouze tři zelené certifikáty za vyrobenou MWh elektrické energie namísto šesti, provozovatelům vodních elektráren byl snížen příděl certifikátu ze tří za vyrobenou MWh na pouhý jeden certifikát za MWh, apod.). Dále bylo rozhodnutím rumunské vlády pozastaveno vyplácení podpory na několik let [15]. Toto rozhodnutí velice nepříznivě dolehlo také na spol. ČEZ, a. s., která zde prostřednictvím své rumunské dceřiné společnosti vystavěla a provozuje větrnou farmu o celkovém instalovaném výkonu 600 MW. Větrnou farmu se ČEZ dokonce pokusil v roce 2014 neúspěšně prodat [23].

2.2.4.2 Zhodnocení povinných kvót se zelenými certifikáty

Vzhledem k faktu, že při použití tohoto systému je výše ceny elektřiny i její podpory tvořena nabídkou a poptávkou na trhu, je systém povinných kvót se zelenými certifikáty kompatibilní s tržními principy. Nevýhodou technologicky neutrálních kvót jsou výše zmíněné závratné zisky, u technologicky vázaných kvót je náročné správně nastavit veškeré parametry [13,15].

Evropské země jako Velká Británie, Polsko a Itálie upouštějí od používání tohoto systému podpor, to naznačuje, že se povinné kvóty v praxi příliš neosvědčily.

2.2.5 Ostatní typy podpory

2.2.5.1 Investiční podpora, daňové výjimky

Oproti ostatním systémům podpory jsou investiční podpory a daňové výjimky častěji využívány spíše pro podporu tepla z obnovitelných zdrojů energie [13].

Investiční podpora ve formě grantů je využívána v řadě evropských zemí. V roce 2012 členské státy EU vyplatily granty v celkové hodnotě 13,05 mld. EUR. Jednalo se o jednoznačně nejpoužívanější nástroj investiční podpory [14].

Podpora v podobě daňových výjimek různých forem (např. výjimka z daně z přidané hodnoty nebo energetické daně) stála členské země EU v roce 2012 celkem 22,62 mld. EUR [14].

V minulosti byla v ČR vybraná ekologická zařízení (mj. také zařízení na výrobu a energetické využití bioplynu) osvobozena od daně z příjmu v prvním roce uvedení do provozu a po následujících 5 let. Podmínkou bylo uvedení do provozu do roku 2010 [25].

2.2.5.2 Úvěry s nízkým úrokem

Výše úroku u těchto úvěrů se pohybuje pod úrovní běžně dostupných úvěrů na trhu. U některých půjček je také možné odložit splátky jistiny. Úvěry s nízkým úrokem byly použity v řadě evropských zemí (Bulharsko, Chorvatsko, Dánsko, Německo, Litva, Nizozemí, Slovinsko, ale i ČR) [13].

V případě ČR byl tento typ podpory dostupný v rámci Operační program Podnikání a inovace, který probíhal v letech 2007 až 2013. V rámci podprogramu EKO-ENERGIE byl malým a středním podnikatelům nabízen úvěr v maximální výši 50 mil. Kč (výše úvěru ale nesměla přesáhnout 75 % předpokládaného investičního výdaje) a pevnou úrokovou sazbou 1 % p. a. Maximální doba splatnosti byla stanovena na 15 let a podnikatelé měli možnost využít odkladu splátek jistiny úvěru až na 8 let [24].

3 Podpora OZE v České republice

3.1 Zákon č. 180/2005 Sb.

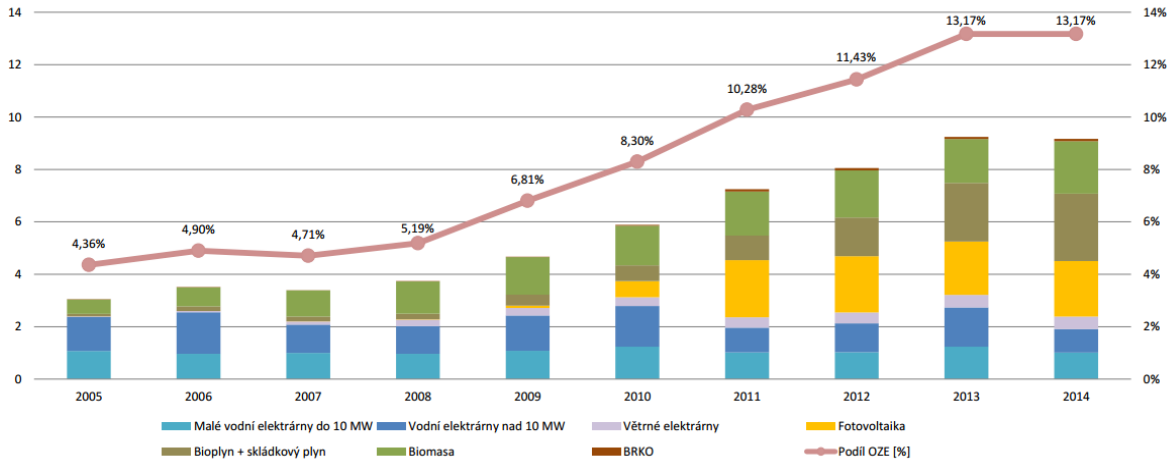
Prvním zákonem, který měl za hlavní cíl rozvoj využívání obnovitelných zdrojů na území České republiky, byl zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Tento zákon byl schválen 31. března 2005 a nabyl účinnosti 1. srpna 2005. Zrušen byl 1. ledna 2013, kdy byl nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb.

Hlavním účelem tohoto zákona bylo podpořit využívání obnovitelných zdrojů energie a tím přispět k naplnění cíle v podobě 8% podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny k roku 2010 na území ČR. Dále měl tento zákon připravit podmínky pro další zvyšování podílu OZE po roce 2010.

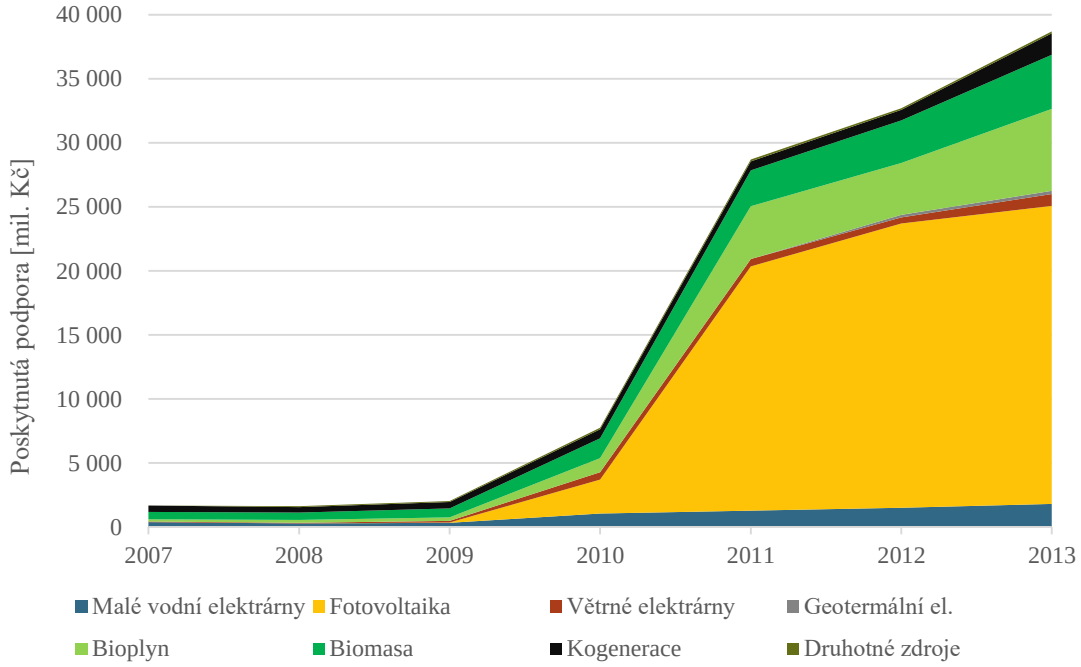
Zákon stanovil dva provozní systémy podpory – výkupní ceny (VC) a zelené bonusy (ZB). Mezi těmito systémy podpory si výrobci měli možnost vybrat. Každoroční určení výše těchto podpor dostal na starost Energetický regulační úřad (ERÚ). Ten stanovuje výše podpor pro jednotlivé kategorie OZE pro následující rok v cenových rozhodnutích vydávaných v Energetickém regulačním věstníku. Výše podpory měla zaručovat patnáctiletou dobu návratnosti, zákon ovšem nedefinoval, jestli prostou nebo diskontovanou. Zákon dále garantoval podporu po stanovenou dobu životnosti.

3.1.1 Důsledek

Důsledek zavedení zákona č. 180/2005 Sb. dobře ilustrují následující dva grafy: Graf 1 a Graf 2.



Graf 1: Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na brutto spotřebě v ČR (TWh). Zdroj [26]

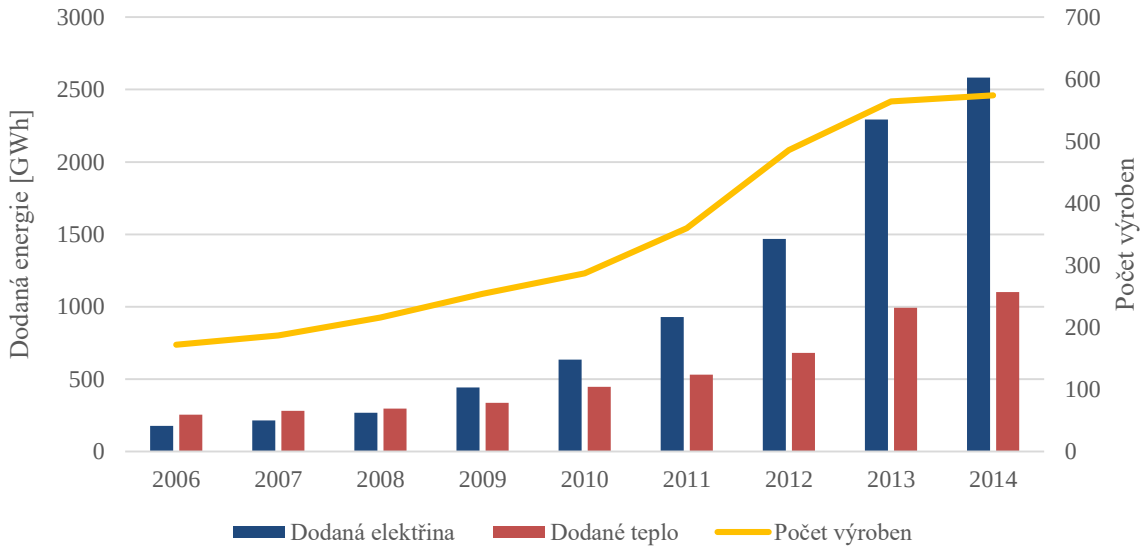


Graf 2: Vývoj celkové výše poskytnuté podpory OZE v ČR. Zdroj [43]

Jak ukazuje Graf 1 a Graf 2, od roku 2005 do roku 2008 byl nárůst výroby elektřiny z OZE pouze pozvolný. Celkové náklady spojené se systémem podpory OZE se pohybovaly v řádu miliard korun. Zlom nastal v roce 2009, kdy začala výroba elektřiny z OZE výrazně stoupat. Tento nárůst, při kterém se výroba elektřiny z OZE téměř zdvojnásobila, byl ukončen až zákonem č. 310/2013 Sb., který v důsledku od roku 2014 zastavil provozní podporu pro všechny nové zdroje (kromě MVE). Společně s objemem výroby rostly také náklady spojené s podporou, které v roce 2014 překročily 44 mld. Kč.

Tento skokový nárůst výroby, ale i nákladů (Graf 2), mají na svědomí především fotovoltaické elektrárny a bioplynové stanice. Nutno ovšem dodat, že náklady na podporu fotovoltaických elektráren byly několikrát vyšší, přestože objem výroby z fotovoltaických elektráren byl oproti bioplynu nižší. Velkou nevýhodou výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren je oproti bioplynu přímá závislost na počasí.

3.1.2 Podpora bioplynu v ČR



Graf 3: Vývoj výroby z bioplynu v ČR (pro účely porovnání teplo přepočítáno na GWh). Zdroj [27]

Graf 3 ukazuje vývoj výroby z bioplynu. Od roku 2006 do roku 2008 dodané teplo převyšovalo dodávku elektřiny. Se stoupajícím počtem výroben bioplynu ale výrazně rychleji stoupala dodaná elektrická energie. V roce 2014 bylo množství dodané elektrické energie oproti tepelné více než dvojnásobné, přestože téměř všechny nové výrobny využívají kogeneračních jednotek. Tento jev může způsobovat špatně nastavený systém podpor, který zvýhodňuje výrobu elektřiny. Může tak docházet k situacím, kdy kogenerační jednotky vyrábí elektřinu, ale většina tepla se stává odpadním produktem.

Využití tepla z bioplynové stanice je ve většině případů problematické a nákladné. Proto byla počátkem roku vyhlášena první výzva Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost – Obnovitelné zdroje energie. V rámci tohoto programu mohou provozovatelé získat dotaci od 1 do 100 mil. Kč (až do výše 50 % způsobilých výdajů (ZV) pro malé podniky, 40 % ZV pro střední podniky a 30 % ZV pro velké podniky) na vyvedení tepla a bioplynu ze stávajících bioplynových stanic [29].

3.2 Zákon č. 165/2012 Sb.

Zákon č. 180/2005 Sb. byl nahrazen na konci ledna 2012 zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie. Nový zákon upravuje podmínky podpory energie z obnovitelných zdrojů, druhotných energetických zdrojů a kombinované výroby elektřiny a tepla.

Na základě směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES tento zákon umožnil tvorbu Národního akčního plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů (NAP). NAP zpracovává Ministerstvem průmyslu a obchodu, které by tento dokument mělo nejméně jednou za dva roky vyhodnocovat a vládě předkládat návrhy na aktualizaci. Tento dokument by měl zajišťovat

splnění stanoveného závazného cíle 13% podílu energie z obnovitelných zdrojů na konečné hrubé spotřebě energie v roce 2020. Poslední aktualizovaný NAP (srpen 2012) počítá dokonce se 14% podílem energie z obnovitelných zdrojů [25].

Oproti zákonu č. 180/2005 Sb. bylo v novém zákonu upřesněno, že při stanovování výše podpory by mělo být dosaženo patnáctileté doby prosté návratnosti investic [19]. V novém zákonu je také citelné upřednostňování zelených bonusů (ZB) před dosud oblíbenějšími výkupními cenami, investoři tak jsou vystavěni většímu riziku. Další novinkou byl přesun zodpovědnosti za vyplácení podpor ve formě ZB a výkupních cen na Operátora trhu s elektřinou a plynem (OTE).

3.2.1 Provozní podpora tepla

Novinkou v zákonu je mimo jiné provozní podpora tepla.

Provozní podpora tepla se vztahuje na výrobu tepelné energie z podporované biomasy (nevztahuje se na bioplyn). Podpora je poskytována formou zeleného bonusu na teplo, výše bonusu je v zákonu stanovena na 50 Kč/GJ [19]. Náklady vyplacené OTE v roce 2014 na tento druh podpory dosáhly 183 mil. Kč [29]. Provozní podpora tepla není garantována po dobu životnosti projektu.

3.3 Investiční podpora

V České republice bylo možné získat investiční podporu na výstavbu zdrojů elektřiny využívající OZE formou dotací v několika programech.

Jedním z nich byl Operační program Podnikání a inovace – EKO-ENERGIE, které byl představen Ministerstvem průmyslu a obchodu. V rámci tohoto programu bylo vyhlášeno několik výzev, které se zaměřily na podporu energetických úspor, obnovitelných a druhotných energetických zdrojů. Podnikatelské subjekty mohly podávat žádosti o dotaci v několika intervalech od května 2007 do prosince 2012. Dotaci na výstavbu BPS bylo možné získat ve Výzvě I, II a III. Maximální výše dotace pro bioplyn mohla dosáhnout až 30 % způsobilých výdajů, v absolutních číslech mohli investoři získat 0,5 až 100 mil. Kč (až 250 mil. Kč v případě Výzvy III) [32].

Dalším programem, kde bylo možné uplatnit dotaci pro OZE, byl Operační program Životní prostředí (OPŽP). Tento program probíhal v letech 2007-2013, byl zpracován Ministerstvem životního prostředí a Státním fondem pro životní prostředí, celkový rozpočet dosáhl téměř 5 miliard EUR. V rámci Prioritní osy 3 (Udržitelné využívání zdrojů energie) tohoto programu bylo možné získat investiční dotaci na výstavbu a rekonstrukci zdrojů tepla, elektřiny nebo KVET využívajících OZE. V případě BPS mohli žadatelé získat dotaci o výši až 40 % ze způsobilých výdajů (maximálně 100 mil. Kč), pokud projekt počítal s využitím vyrobeného tepla (mimo vlastní technologickou spotřebu) ve výši alespoň 20 % [33]. Následníkem programu OPŽP 2007–2013 je OPŽP 2014–2020. V rámci jedné z výzev nového programu mohly subjekty od 15. října 2016 do 5. ledna 2016 podat žádost o dotaci na výstavbu nebo modernizaci BPS s podmínkou, že projekt předpokládá s využitím minimálně 25 % dále materiálně nevyužitelných odpadů jako vstupních surovin [34].

Také Program rozvoje venkova 2007–2013 umožnil subjektům dosáhnout na dotaci pro výstavbu BPS. Tento program dostalo na starost Ministerstvo zemědělství, podpory OZE se konkrétně dotýká bod programu „III. 1.1 Diversifikace činností nezemědělské povahy“. Podpora měla za úkol motivovat podniky k tvorbě pracovních míst na venkově. Výše investiční podpory byla v průběhu programu měněna, nejvyšší nárok na podporu měly malé podniky [35]. S dotacemi pro BPS se počítá i v Programu rozvoje venkova 2014-2020 [36].

4 Ekonomický model

4.1 Popis zkoumané bioplynové stanice

4.1.1 Účel a vstupní suroviny

Jako předmět zkoumání byl zvolen podnikatelský záměr na výstavbu bioplynové stanice v kraji Vysočina. Uvažovaná BPS by se nacházela v objektu zemědělského subjektu, tomu by měla napomáhat k diversifikaci činnosti.

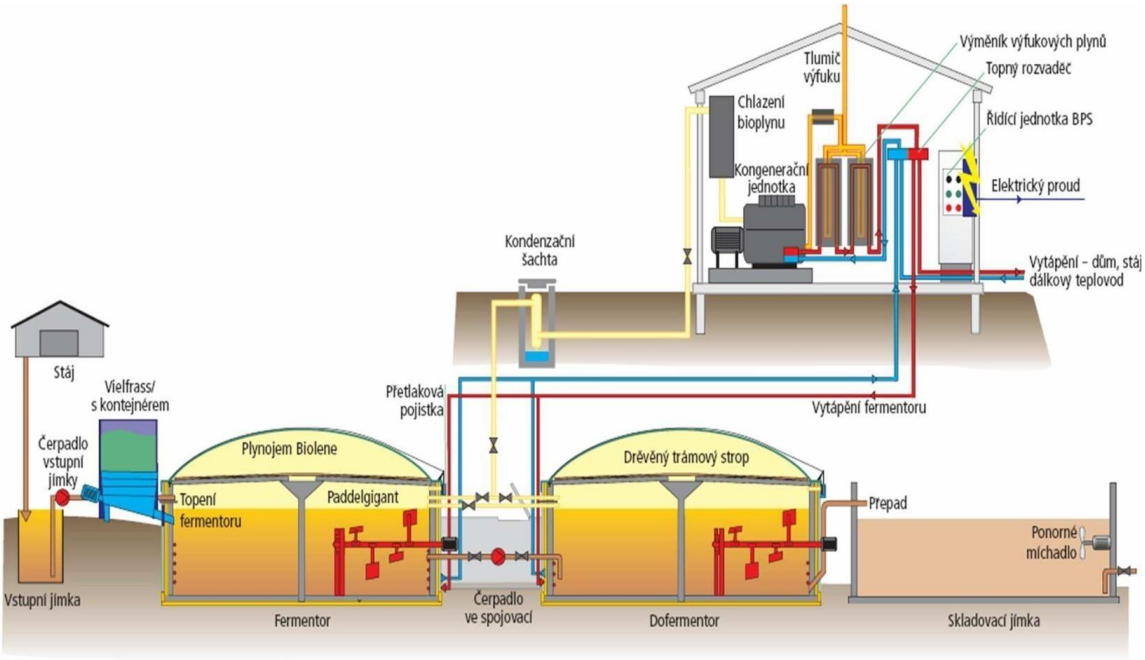
Zemědělský subjekt má v plánu uvolnit své osevné plochy pro pěstování energetické biomasy (senáže a siláže), která bude sloužit jako hlavní surovina pro výrobu bioplynu. Dále bude využita kejda prasat, hnůj z chovu dojnic a nedožerky. Tyto suroviny si je schopen zemědělský subjekt zajistit z vlastní výroby. Počítá se proto, že všechny vstupní suroviny si subjekt zabezpečí sám. Vyrobený digestát bude subjektem použit pro hnojení na vlastních pozemcích.

	Množství [t/rok]	Podíl výroby energie [-]
Kukuřičná siláž	770	31 %
Travní siláž	700	23 %
Nedožerky	548	17 %
Kejda – prasata	5 001	26 %
Hnůj – dojnice	304	3 %

Tabulka 7: Vstupní suroviny zkoumané bioplynové stanice. Zdroj [45]

4.1.2 Použité technologie

Z hlediska technologie využije zkoumaná bioplynová stanice mokrého procesu vzniku bioplynu (viz kap. 1.5.1. Mokrý proces). BPS využije jednoho nebo dvou vertikálních fermentorů zateplených extrudovaným polystyrenem a vytápěných teplem z kogenerační jednotky. Anaerobní fermantaci umožní mezofilní kmeny bakterií, které pracují při teplotě ve fermentoru okolo 43 °C. Na vršku fermentorů budou umístěny plynojemy, které zachytí vznikající bioplyn. Ten by měl průměrně obsahovat 54 % metanu a vyvede se potrubím do strojovny. Ve strojovně se vzniklý bioplyn využije k pohonu vznětového motoru se zapalovacím olejem (viz kap. 1.6.4.1 Plynové spalovací motory). Motor bude pohánět synchronní generátor, který vyrobí elektrickou energii. Elektrická energie se po transformaci napojí do distribuční sítě. Teplo získané ochlazováním motoru bude využito pro vytápění fermentorů, ale i pro další potřeby podnikatelského subjektu. Instalovaný elektrický výkon bude činit 99,11 kW, tepelný výkon dosáhne 133,96 kW.



Obrázek 15: Schéma zkoumané BPS. Zdroj [45]

4.1.3 Produkce BPS

U zkoumané BPS se počítá se třemi produkty – elektrická energie, tepelná energie a digestát.

Elektrická energie

10 % vyrobené elektrické energie bude použito pro vlastní technologickou spotřebu (například pohon čerpadel a míchadel). Dále jsou pro potřeby modelu odhadnuty ztráty v transformátoru na 2 % z vyrobené elektrické energie. Výpočet plánovaného celkového ročního prodeje elektrické energie uvádí Tabulka 8.

Položka	Hodnota	Jednotka
Vyrobená elektrická energie	781 383	kWh
Technologická vlastní spotřeba	-78 138	kWh
Ztráty v transformátoru	-15 628	kWh
Celkem prodej	**687 617**	**kWh**

Tabulka 8: Roční produkce a spotřeba elektrické energie BPS.

Tepelná energie

Zkoumaná BPS využije 60 % vyrobené tepelné energie. 40 % tepelné energie nebude využito, to především v letních měsících, kdy je vlastní spotřeba tepla BPS i poptávka po teple minimální. Z 60 % využitého tepla bude 25 % využito pro technologickou vlastní spotřebu – především ohřev fermentorů. Zbytek z 60 % tepla zemědělský subjekt sám využije k vytápění budov v objektu, ale také pro ohřev TUV. Teplo, které si družstvo samo spotřebuje (mimo technologickou vlastní spotřebu), je z důvodu ocenění v další části této práce označováno jako prodané (prodej). Výpočet plánovaného prodeje tepelné energie uvádí následující tabulka (Tabulka 9).

Položka	Hodnota	Jednotka
Vyrobené tepelná energie	4 225	GJ
Využitá tepelná energie	2 535	GJ
Vlastní spotřeba tepla BPS	-634	GJ
Celkem prodej	**1 901**	**GJ**

Tabulka 9: Roční produkce a spotřeba tepelné energie BPS.

Digestát

Významným produktem BPS je také digestát, ten může být využit jako hnojivo na pozemcích zemědělského subjektu. Ročně zkoumaná BPS vyrobí 6 615 t digestátu.

4.2 Ekonomický model bioplynové stanice

4.2.1 Vstupy modelu

V této kapitole budou popsány hlavní vstupy do ekonomického modelu, případně vzorce, které byly použity k jejich vypočítání.

4.2.1.1 Investiční náklady

Celkové investiční náklady pro výstavbu zkoumané BPS jsou stanoveny na 19 300 tis. Kč. Měrné investiční náklady vztažené k instalovanému elektrickému dosahují téměř 195 tis. Kč/KWe. V porovnání s technicko-ekonomickými parametry stanovenými ERÚ (Vyhláška č. 296/2015 Sb.), které uvádějí měrné investiční náklady pro zemědělské BPS do 100 000 Kč/KWe, je vypočítaná hodnota vysoká, avšak blíží se měrným investičním nákladům pro malé BPS uvedeným v notifikaci Evropské komise německého zákona o podpoře OZE EEG-2014 (6550 €/KWe).

Pro potřeby modelu se počítá s využitím cizího kapitálu ve výši 90 % investičních nákladů formou úvěru. Doba splácení úvěru je totožná s dobou hodnocení – 20 let.

V modelu je také zahrnuta investiční podpora formou dotace. Ta bude použita především pro modelování situace o několik let nazpět, kdy bylo možné využít investiční podpory bez snížení provozní podpory[2].

4.2.1.2 Výnosy

Hlavní výnosy budou plynout z přímé produkce zkoumané BPS. V modelu je zahrnut i prodej digestátu, který si sice družstvo samo spotřebuje, avšak pro úplný výčet výnosů s ním bude počítáno.

Výnos za prodej elektřiny se bude skládat ze dvou složek. Tou první je prodej silové elektřiny obchodníkovi. S ohledem na nabídky obchodníků na výkup elektřiny a na cenu elektřiny na energetické burze PXE (Power Exchange Central Europe) je tato složka v modelu oceněna na 700

[2] To už v současné době není možné. V cenovém rozhodnutí ERÚ č. 9/2015 z 29. prosince 2015 je ve všeobecných ustanoveních uvedena tabulka, která pro podporované zdroje uvedené do provozu od 1. ledna 2013 uvádí snížení provozní podpory v závislosti na obdržené nevratné investiční podpoře.

Kč/MWh. Druhou složkou je zelený bonus na elektřinu. Výše zeleného bonusu se bude dle různých navrhovaných provozních podpor pohybovat od 0 až do 3 390 Kč/MWh[3].

Podobně jako u elektřiny bude výnos za prodej tepla tvořen dvěma složkami. První složkou je výnos za prodej tepla. Cena prodávaného tepla je stanovena na 350 Kč/GJ[4]. Druhou složku tvoří zelený bonus na teplo. Ten ERÚ pro teplo z bioplynu ještě nikdy nevypsal. Výše tohoto uvažovaného ZB se bude lišit pro různé druhy navrhovaných provozních podpor.

Nejmenší část výnosů tvoří prodej digestátu. Při ocenění produkce digestátu bude pro model použita hodnota uvedená v materiálech Ústavu zemědělské ekonomiky a informací – 50 Kč/t [37]. Při plánované roční produkci digestátu 6 615 t výnos z prodeje v prvním roce uvedení do provozu dosáhne 331 tis. Kč.

4.2.1.3 Provozní náklady

Provozní náklady bez odpisů jsou uvedeny v následující tabulce:

Nákladová položka	Kč
Údržba příslušenství (bez KJ)	50 000
Náklady na výrobu surovin OZE	808 500
Mzdový náklad na provoz	650 000
Pohonné hmoty	200 000
Údržba, výměna oleje a provozní olej	20 000
Spotřeba el. Energie	35 162
Celkem	**1 763 662**

Tabulka 10: Provozní náklady (bez odpisů) zkoumané BPS v prvním roce provozu.

Odpisy

V modelu bude počítáno pouze s rovnoměrnými (lineárními) daňovými odpisy. Jejich výše v jednotlivých letech bude spočítána dle dále uvedených vzorců (Rovnice 2, Rovnice 3). Doba odepisování byla stanovena na 20 let.

$$d_1 = \frac{inv}{2 \times T - 1}$$

Kde:

d_1 ..... výše daňového odpisu v prvním roce

inv ..... celková výše investice

T ..... doba odpisování

Rovnice 2: Daňový odpis v prvním roce provozu.

[3] Výše zeleného bonusu pro BPS, které využívají kategorii biomasy AF1 (cíleně pěstovaná biomasa), uvedené do provozu v roce 2012 a splňující podmínku využití minimálně 10 % tepla vůči vyrobené podporované elektřině. Dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 9/2015 z 29. prosince 2015.

[4] Cena tepla je spočtená z veřejně dostupných údajů cen tepelné energie ERÚ (k 1. 1. 2015) pomocí váženého průměru cen dodávek tepla z výroby u zdrojů s instalovaným tepelným výkonem do 1 MWt.

Vzorec pro daňové odpisy ve zbývajících letech:

$$d_x = \frac{2 \times inv}{2 \times T - 1}$$

Kde:

d_x ..... výše daňového odpisu ve zbývajících letech

inv ..... celková výše investice

T ..... doba odpisování

Rovnice 3: Daňový odpis ve zbývajících letech odepisování.

4.2.1.4 Další vstupy modelu

Doba hodnocení

Doba hodnocení projektu je v modelu stanovena na 20 let. Tento údaj je roven době životnosti (tedy i době provozní podpory) pro BPS, kterou uvádí vyhláška ERÚ č. 296/2015 Sb. Dodavatelé BPS zpravidla udávají dobu životnosti delší než 20 let, avšak model naznačuje, že po 20. roce provozu, kdy skončí provozní podpora, tržby BPS nepřesáhnou ani variabilní náklady, proto se nevyplatí zkoumanou BPS dále provozovat.

Míra inflace

Míra inflace udává nárůst cenové hladiny. Výchozí růst cen je v modelu stanoven na 2 %. Jedná se o dlouhodobý inflační cíl ČNB [38]. U všech relevantních vstupů je v modelu na listu „Cash flow" přidán sloupec „Meziroční růst", kde je možné pro vybraný vstup jednoduše změnit růst cen.

Daň z příjmu, daňová ztráta

Výše daně z příjmu právnických osob v ČR je 19 %. Model využívá daňové ztráty, to za předpokladu, že investorem projektu je podnikatelský subjekt, který vykazuje zisk.

Náklady cizího kapitálu

Pro účely výpočtu výše úroku v jednotlivých letech jsou stanoveny náklady cizího kapitálu o výši 3 %. Jedná se o expertní odhad po konzultaci s vedoucím práce.

Výnos vlastního kapitálu

Pro hodnocení projektu z hlediska investora je důležité určit výnos vlastního kapitálu. V energetickém odvětví se výše tohoto ukazatele pohybuje od 7 do 10 %. V modelu je míra výnosu vlastního kapitálu 7 %. Nižší hodnota byla zvolena vzhledem k faktu, že je uvažována provozní podpora.

4.2.2 Hodnotící kritéria

4.2.2.1 NPV, IRR

Investice bude hodnocena z pohledu investora (zemědělského subjektu) pomocí dvou nejpoužívanějších kritérií, které respektují časovou hodnotu peněz, a to NPV (čistá současná hodnota) a IRR (vnitřní výnosové procento).

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

Kde:

NPV ..... hledaná čistá současná hodnota

T ..... doba hodnocení

t..... rok

CF_t ..... hotovostní tok v roce t

r ..... diskont

Rovnice 4: Vzorec pro výpočet NPV.

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

Kde:

IRR ..... hledané vnitřní výnosové procento

T ..... doba hodnocení

t..... rok

CF_t ..... hotovostní tok v roce t

Rovnice 5: Vzorec pro výpočet IRR.

4.2.2.2 FCFF, FCFE

Pomocí kritérií NPV a IRR budou hodnoceny dva hotovostní toky – FCFF a FCFE.

FCFF (Free cash flow to firm)

FCFF reprezentuje volný hotovostní tok, který je firmou generován pro vlastníky i věřitele (před splátkou dluhu). V případě použití kritéria NPV je použit diskont ve výši WACC (vážený průměr nákladů na kapitál). WACC projektu byl spočten na 3,4 %. Vzorec pro výpočet FCFF ukazuje Rovnice 6.

$$FCFF = CFO + úrok * (1 - t) - Inv$$

Kde:

CFO ..... cash flow from operating activities (hotovostní tok z provozní činnosti)

úrok..... výše úroku

t..... míra daně z příjmu

Inv..... investiční náklady

Rovnice 6: Vzorec pro výpočet FCFF.

FCFE (Free cash flow to equity)

Oproti FCFF udává FCFE volný hotovostní tok, který je generován pouze pro vlastníky (tedy po splátce dluhu). Použitý diskont ve výpočtu hodnotícího kritéria NPV je roven výnosu vlastního kapitálu (v modelu ohodnocen mírou 7 %). Vzorec pro výpočet FCFE ukazuje Rovnice 7.

$$FCFE = FCFF - úrok * (1 - t) + rozdíl\ dluhu$$

Kde:

FCFF..... free cash flow to firm

úrok..... výše úroku

t..... míra daně z příjmu

rozdíl dluhu..... rozdíl mezi novým dluhem a splátkou dluhu

Rovnice 7: Vzorec pro výpočet FCFE.

5 Výpočet ekonomického modelu

5.1 Výpočet dle původního systému podpor

V této podkapitole bude v modelu s pomocí kritérií NPV a IRR posouzeno, jak by byl projekt zkoumané bioplynové stanice výhodný za podmínek, které platí pro BPS uvedené do provozu do 31. prosince 2012. Dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 9/2015 ze dne 29. prosince 2015 by provozovatel měl nárok na výkupní cenu 4 120 Kč/MWh nebo na zelený bonus o výši 3 390 Kč/MWh[5]. Ve všech variantách modelu bude počítáno se zeleným bonusem (ZB na elektřinu).

BPS uvedené do provozu do konce roku 2012 měly navíc možnost získat nevratnou investiční podporu bez dalšího snížení provozní podpory, proto bude spočítáno i s touto možností.

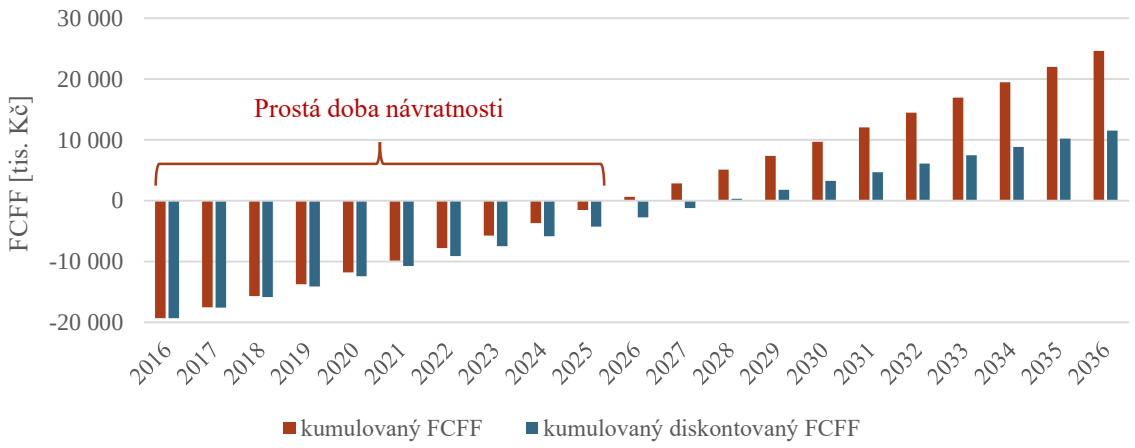
Dále bude v této podkapitole vypočtena minimální výše zeleného bonusu na elektřinu tak, aby hodnotící kritérium NPV z FCFF bylo rovno 0.

5.1.1 Původní systém podpor bez investiční podpory

Pokud by zkoumaná BPS získávala provozní podporu pro BPS uvedené do provozu do konce roku 2012, hodnotící kritéria NPV a IRR by dosáhla výše uvedené v následující tabulce:

	FCFF	FCFE
NPV	11 538 tis. Kč	8 724 tis. Kč
IRR	8,81 %	42,44 %

Tabulka 11: Zhodnocení varianty uvedení BPS do konce r. 2012 bez investiční podpory.



Graf 4: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu uvedení BPS do konce r. 2012 bez investiční podpory.

[5] BPS, které jsou uvedeny do provozu v roce 2012 a využívají biomasu kategorie AF1 (cíleně pěstovaná biomasa), mají nárok na výkupní cenu nebo zelený bonus o uvedených výších pouze při splnění podmínky 10 % uplatnění užitečného tepla vůči vyrobené elektřině z obnovitelných zdrojů. Tuto podmínku zkoumaná BPS splňuje.

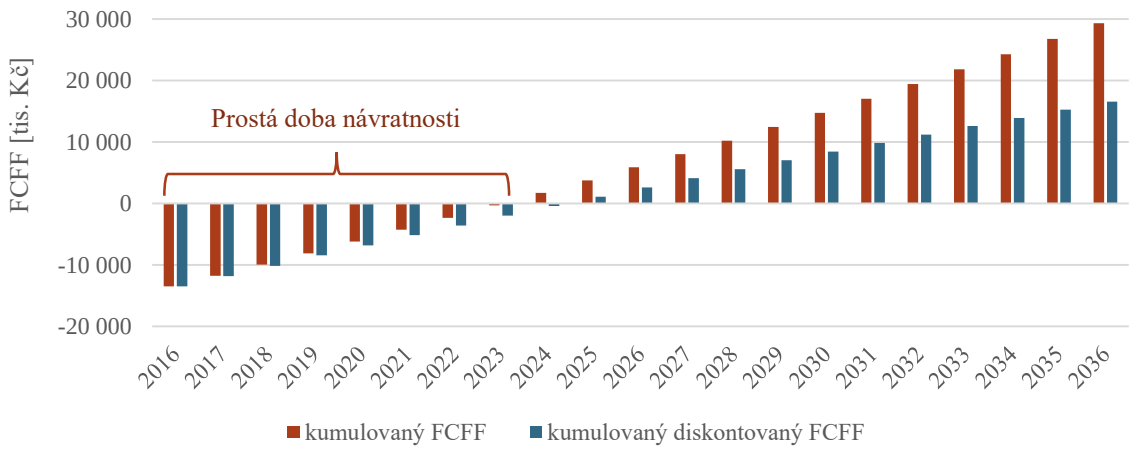
Ekonomickou výhodnost dané varianty dobře ilustruje Graf 4. Za pozornost stojí především prostá doba návratnosti, která by dle zákona č. 165/2012 Sb. měla dosahovat patnáctileté lhůty. Pokud by ale navrhovaná BPS byla podporována dle podmínek pro mladší zdroje (uvedené do provozu do konce roku 2012), prostá doba návratnosti by trvala pouze necelých 10 let.

5.1.2 Původní systém podpory s investiční podporou

Investiční podporu na výstavbu BPS bylo možné získat z několika programů (viz kap. 3.3 Investiční podpora). V modelu byla hodnocena varianta s investiční podporou ve výši 30 % ze způsobilých výdajů. Číselné výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

	FCFF	FCFE
NPV	16 546 tis. Kč	12 228 tis. Kč
IRR	13,54 %	77,82 %

Tabulka 12: Zhodnocení varianty uvedení BPS do konce r. 2012 s 30% investiční podporou.



Graf 5: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu uvedení BPS do konce roku 2012 s 30% investiční podporou.

Graf 5 ukazuje, že pokud by navíc investor získal investiční dotaci ve výši 30 % způsobilých výdajů, prostá doba návratností by se zkrátila z 10 na pouhých 7 let. To je méně než poloviční hodnota, kterou uvádí zákon č. 165/2012 Sb.! Diskontovaná doba návratnosti by byla přibližně o rok delší.

5.1.3 Minimální výše ZB na elektřinu

Pomocí funkce řešitel bylo v modelu spočteno, že aby NPV z FCFF bylo rovno nule (minimální výše pro investora), zelený bonus na elektřinu by musel dosahovat přibližné výše 2 175 Kč/MWh. NPV z FCFE bylo za této výše zeleného bonusu spočteno na 384 tis. Kč, IRR z FCFE dosáhlo míry 8,79 %. V této variantě nebyla zahrnuta investiční podpora.

5.1.4 Vyhodnocení

Pokud by posuzovaná BPS byla podporována dle podmínek platných pro zdroje uvedené do provozu do konce roku 2012 (ZB na elektřinu), prostá doba návratnosti by dosáhla 10 let. Většina BPS uvedených do provozu v tomto období navíc využila štědrých dotačních programů, které výhodnost dále zvyšují. Při uvažované 30% investiční podpoře by se prostá doba návratnosti snížila dokonce na pouhých 7 let, to bylo v minulosti umožněno neexistujícím snížením provozní podpory v závislosti na obdržené investiční dotaci.

Vypočtené hodnoty v předchozích kapitolách naznačují, že provozní podpora (ZB na elektřinu) byla nadhodnocena, ani v jednom případě se prostá návratnost nepřiblížila hodnotě 15 let uvedené v zákoně č. 165/2012 Sb. Závěr nadhodnocení také částečně vysvětluje prudký nárůst počtu bioplynových stanic v letech 2009 až 2013, který dobře ilustruje Graf 3 (str. 38).

Pokud by uvažovaná BPS byla podporována formou ZB na elektřinu, minimální výše ZB by měla být nastavena na 2 175 Kč/MWh.

5.2 Výpočet výše podpory podle navrhovaného systému podpor

V této podkapitole bude s pomocí modelu posouzen nový navrhovaný systém provozních podpor – zelený bonus na teplo. Investiční podpora nebude při posuzování zahrnuta vzhledem ke skutečnosti, že pro zemědělské BPS uvedené do provozu od 1. ledna 2013 není možné tuto formu podpory získat bez snížení provozní podpory[6].

5.2.1 Ekvivalentní výše podpory na teplo

Využitím funkce řešitel bylo v modelu vypočteno, že pro dosažení stejné výše kritéria NPV (pro FCFF i FCFE) jako u zeleného bonusu na elektřinu pro zdroje uvedené do konce roku 2012 ve výši 3 390 Kč/MWh (viz 5.1.1 Původní systém podpor bez investiční podpory) by bylo zapotřebí zeleného bonusu na teplo o výši 1 226 Kč/GJ.

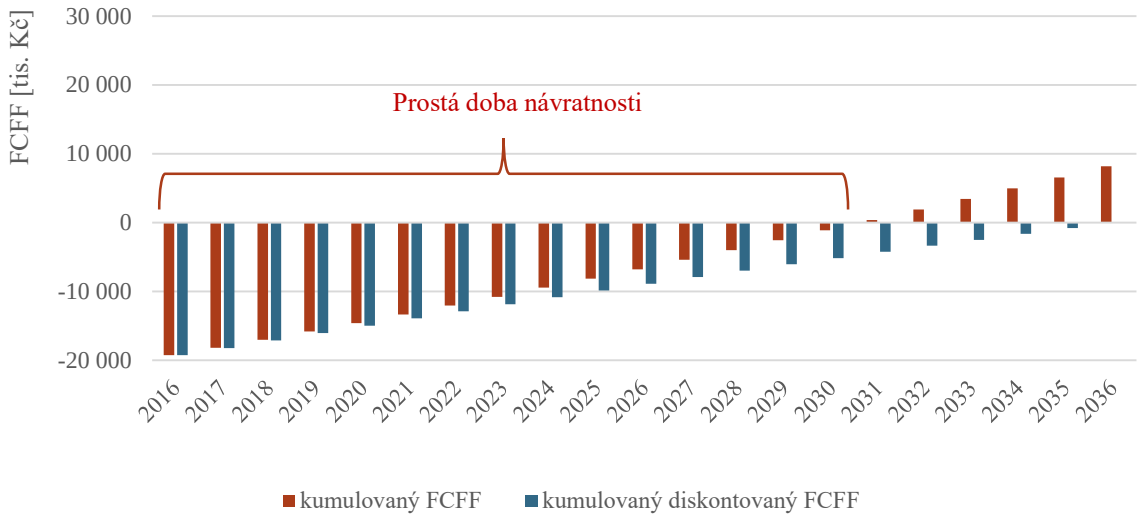
5.2.2 Minimální velikost podpory na teplo

Minimální velikost podpory na teplo (ve formě ZB) je pro investora taková, aby se NPV z FCFF rovnalo 0. Taková výše byla v modelu zjištěna pomocí funkce řešitel - zelený bonus na teplo byl ohodnocen na 787 Kč/GJ. Hodnotící kritéria pro FCFF a FCFE shrnuje Tabulka 13.

	FCFF	FCFE
NPV	0 Kč	384 tis. Kč
IRR	3,4 %	8,79 %

Tabulka 13: Zhodnocení varianty s minimální výší zeleného bonusu na teplo.

[6] Cenové rozhodnutí ERÚ č. 9/2015 z 29. prosince 2015.



Graf 6: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu minimální zelený bonus na teplo.

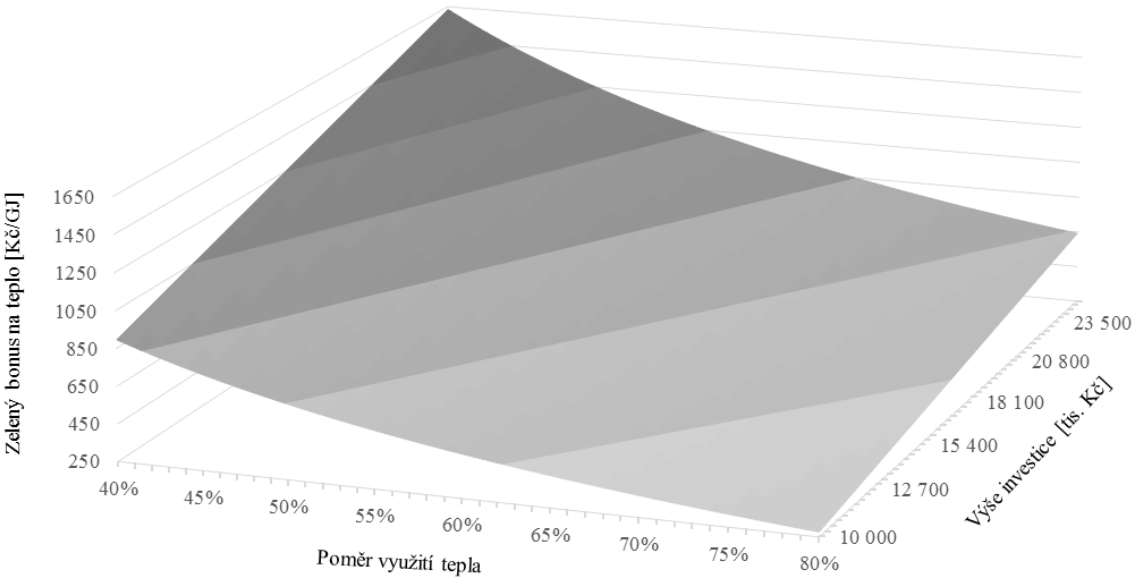
Graf 6 ukazuje, že v případě spočítané minimální výše zeleného bonusu, by prostá doba návratnosti byla rovna 15 let. To je také hodnota uvedená v zákoně č. 165/2012 Sb. Doba diskontované doby návratnosti by se přiblížila 20 rokům.

5.2.3 Citlivostní analýza navrhovaného systému podpor

5.2.3.1 Citlivostní analýza minimální výše ZB na teplo

V této podkapitole bude vypočteno, jak by se měnila minimální výše zeleného bonusu v závislosti na změně poměru využití tepla a výše investice. Poměr využití tepla se bude pohybovat v rozmezí od 40 do 80 %, výše investice v rozmezí od 10 000 tis. Kč po 25 000 tis. Kč.

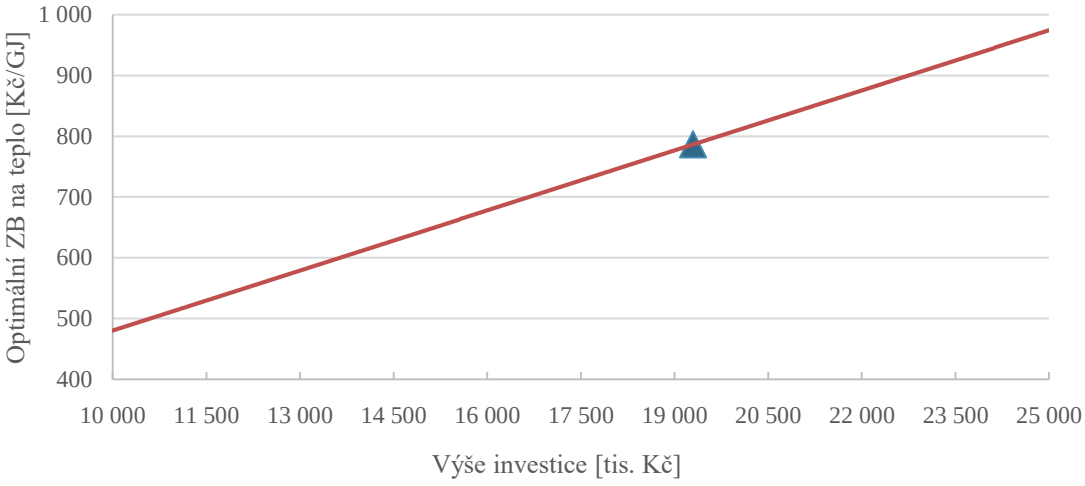
Citlivostní analýza na poměr využití tepla a výši investice



Graf 7: Citlivostní analýza ZB na teplo na poměr využití tepla a výši investice.

Citlivostní analýzu na dva parametry ukazuje Graf 7. Povrch v odstínech šedé představuje minimální výši zeleného bonusu (NPV z FCFF rovno nule) v závislosti na změně poměru využití tepla a výše investice. Pokud by poměr využití tepla dosahoval pouze 40 % a zároveň by výše investice byla 25 tis. Kč, minimální výše ZB na teplo by byla maximální – přibližně 1 650 Kč/GJ. V opačném případě (poměr využití tepla 80 % a výše investice 10 000 tis. Kč) by investorovi dostačoval ZB na teplo o přibližné hodnotě 250 Kč/GJ.

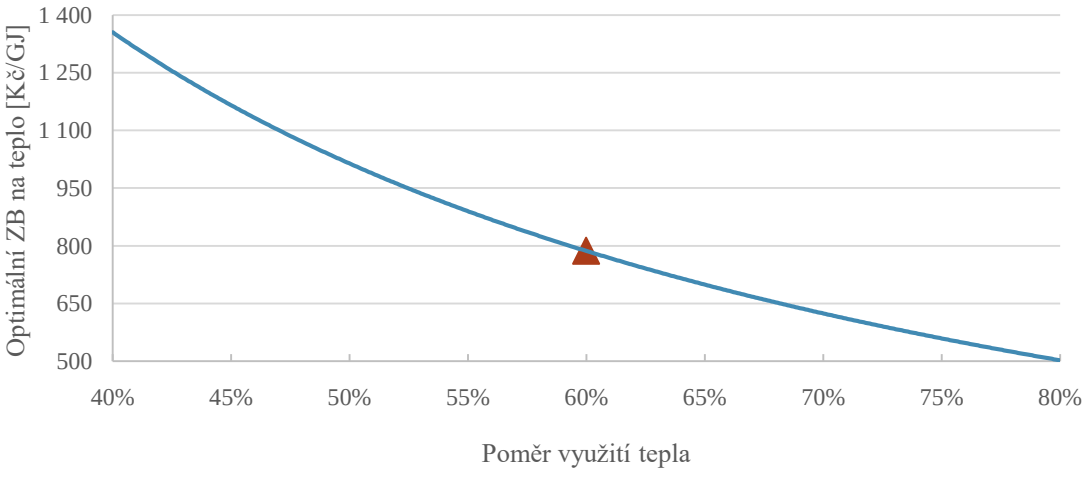
Citlivostní analýza na výši investice



Graf 8: Citlivostní analýza na výši investice pro variantu s minimálním ZB na teplo.

Graf 8 ilustruje citlivostní analýzu na výši investice, modrá značka na křivce ukazuje minimální výši ZB na teplo pro výchozí investici (19 300 tis. Kč). S klesající cenou investice klesá také výše minimálního ZB na teplo až k hodnotě 480 Kč/GJ, která byla vypočítána pro výši investice 10 000 tis. Kč. Naopak, pokud by se cena investice přiblížila částce 25 000 tis. Kč, bylo by zapotřebí ZB na teplo o přibližné výši 965 Kč/GJ.

Citlivostní analýza na poměr využití tepla

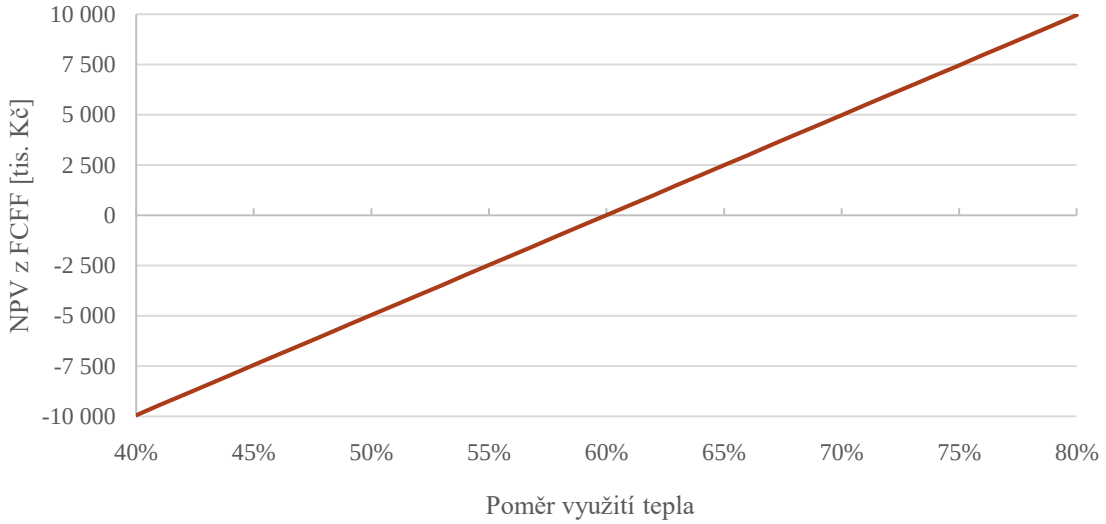


Graf 9: Citlivostní analýza na poměr využití tepla pro variantu s minimálním ZB na teplo.

Graf 9 zachycuje citlivostní analýzu na poměr využití tepla, červená značka na křivce naznačuje minimální výši ZB na teplo (787 Kč/GJ) pro výchozí poměr využití tepla (60 %). Se snižujícím se poměrem využití tepla prudce stoupá minimální výše ZB. Pokud by investor byl schopen využít pouze 40 % vyrobeného tepla, aby byl ZB pro investora dostatečně vysoký, musel by dosáhnout téměř 1 355 Kč/GJ. V opačném případě, pokud by se investorovi podařilo využít 80 % tepla, výše minimálního ZB by klesla k hodnotě 500 Kč/GJ.

5.2.3.2 Citlivostní analýza NPV z FCFF na poměr využití tepla

V této podkapitole bude pro variantu ZB na teplo o výchozí minimální výši (787 Kč/GJ) spočteno, jaký vliv má změna poměru využití tepla na NPV z FCFF.



Graf 10: Citlivostní analýza NPV z FCFF na poměr využití tepla.

Graf 10 ukazuje, jak je citlivé výsledné NPV z FCFF v závislosti na poměru využití tepla za předpokladu minimálního ZB na teplo o výši (787 Kč/GJ). Z grafu vyplývá, že pouhým zvýšením poměru využití tepla o 5 % vzroste NPV z FCFF přibližně o 2 500 tis. Kč, o stejnou částku se naopak NPV sníží při 5% snížením využití tepla.

5.2.4 Vyhodnocení navrhované podpory

V předchozích podkapitolách byla spočtena výše minimálního ZB na teplo, který tvoří nový navrhovaný systém provozních podpor pro BPS. Pro navrhovanou BPS byla spočtena minimální výše ZB na teplo o výši 787 Kč/GJ. Model ukázal, že pokud by BPS obdržela ZB o této výši, prostá doba návratnosti by odpovídala 15 rokům, tedy hodnotě uvedené v zákoně o podporovaných zdrojích energie (č. 165/2012 Sb.)

Pro minimální výši zeleného bonus bylo provedeno několik citlivostních analýz. Tyto analýzy se zaměřily na změnu minimální výše ZB v závislosti na změně využití tepla a výše investice.

Z hlediska investora je pravděpodobně nejzajímavější poslední citlivostní analýza NPV z FCFF na poměr využití tepla. Ta ukázala, že změna poměru využití tepla o pouhou jednotku procenta změní výsledné NPV z FCFF projektu přibližně o 500 tis. Kč. To na jednu stranu může přimět k většímu využití tepla, na druhou stranu vyšší využití rychle sníží prostou dobu návratnosti investice pod 15 let.

6 SWOT analýza provozní podpory založené na podpoře dodaného tepla

SWOT analýza		
	Strengths	Weaknesses
Vnitřní prostředí	► Podpora kogenerace	► Využití tepla
	Opportunities	Threats
Vnější prostředí	► Zvyšování podílu OZE	► Klesající poptávka po teple

Tabulka 14: SWOT analýza provozní podpory založené na podpoře dodaného tepla.

6.1 Strengths (silné stránky)

Hlavní silnou stránkou provozní podpory založené na podpoře dodaného tepla (ZB na teplo) je prosazování myšlenky kogenerace. V případě podpory výroby elektřiny může docházet k mrhání energie. Provozovatelé kogeneračních jednotek nejsou motivováni k využívání tepla, teplo z obnovitelných zdrojů se stává odpadním. V případě provozní podpory tepla jsou provozovatelé motivováni využít co největší množství vyrobeného tepla, to vede k vyšší účinnosti využití energie bioplynu.

6.2 Weaknesses (slabé stránky)

Slabou stránkou navrženého druhu podpory je využití tepla z kogeneračních jednotek. To je v případě většiny BPS velmi problematické.

BPS bývají umístěny daleko od potenciálních lokalit využití tepla, nabízí se výstavba teplovodu nebo bioplynového plynovodu. Výstavba teplovodu je vhodná pouze pro kratší vzdálenosti, při větších vzdálenostech (než 1 km) jsou investiční i provozní náklady vysoké. Realizace bioplynového plynovodu od BPS k místu spotřeby (kde je umístěna kogenerační jednotka) nevyžaduje tak vysoké investiční ani provozní náklady. Na druhou stranu jsou kladeny vysoké nároky na odhlučnění kogenerační jednotky (KJ) v místě spotřeby (např. městská zástavba), navíc je nutné instalovat dodatečnou KJ, která pokryje vlastní spotřebu tepla a elektřiny BPS [30].

Dalším problémem využití tepla z BPS může být nesouměrnost poptávky po teple. Ta je společně s vlastní spotřebou tepla nejvyšší v zimních měsících, naopak v letních měsících je minimální.

V neposlední řadě kvůli omezené schopnosti kontroly využití tepla může hrozit zneužití tohoto druhu podpory. Nepoctivý provozovatel v případě vysokých hodnot provozní podpory může teplem záměrně mrhat a uměle vykazovat využití tepla, kontrola skutečně využitého tepla by byla velice náročná. Proto by u tohoto druhu podpory bylo obzvláště důležité nastavení výše podpory, aby okolnosti nesváděly nepoctivé provozovatele k podobným praktikám.

6.3 Opportunities (příležitosti)

Hlavní příležitostí z pohledu státu je možnost zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie, a to především tepla, které bylo dlouho opomíjené na úkor elektřiny (podpora tepla se objevila až v zákonu č. 165/2012 Sb.). Navrhovaný systém podpor pro BPS by tak mohl dále přispět k dosažení stanoveného cíle 13% podílu energie z obnovitelných zdrojů na konečné hrubě spotřebě energie v roce 2020.

6.4 Threats (hrozby)

Významnou hrozbu pro navrhovaný systém podpory představuje klesající poptávka po teple. Ta může být způsobena jednak změnou klimatických podmínek (globální oteplování), tak například zateplováním budov, které je v souladu se strategií státu v oblasti zvyšování energetické účinnosti (Národní akční plán energetické účinnosti ČR).

Závěr

V této práci byla provedena analýza státních podpor OZE. Z analýzy je patrné, že evropské státy začínají upouštět od používání systému podpor založených na výkupních cenách (VC) a povinných kvótách se zelenými certifikáty (TGC). Naopak v kurzu jsou zelené bonusy (ZB) v kombinaci s aukcemi (nebo tendry), jednotlivé státy se tak snaží snížit své náklady spojené s podporou OZE částečným přesunutím rizika na stranu investorů.

Dále je v práci popsán vývoj podpory OZE v České republice včetně hlavní legislativy, která se této oblasti týká. Zhodnocení dopadů této legislativy (především č. 180/2005 Sb.) ukázalo, jak je důležité správně nastavit systém státních podpor. Špatně nastavený systém může (jako v případě tzv. „solárního boomu“) způsobit prudký nárůst nákladů vynaložených na podporu OZE.

Součástí práce je také zpracování ekonomického modelu projektu na výstavbu konkrétní BPS. S pomocí tohoto modelu byla posouzena provozní podpora (zelený bonus na elektřinu), na kterou měly nárok bioplynové stanice uvedené do provozu do konce roku 2012. Výpočet ukázal, že i přes vysoké uvažované měrné investiční náklady posuzované BPS by byla doba prosté návratnosti výrazně kratší oproti hodnotě uvedené v platném zákonu č. 165/2012 Sb. Pokud bychom navíc uvažovali investiční podporu (kterou nově vystavěné BPS uvedené do provozu v daném období často získávaly) doba prosté návratnosti by se zkrátila na pouhých 7 let.

V této diplomové práci byl navrhnut nový systém provozních podpor založený na provozní podpoře tepla (zelený bonus na teplo). Pro investora byla minimální výše tohoto bonusu modelem spočítána na 787 Kč/GJ. Prostá doba návratnosti v případě zeleného bonusu o této výši by byla rovna 15 rokům – hodnotě uvedené v zákonu č. 165/2012 Sb. Citlivostní analýza ukázala, jaká by musela být výše minimálního bonusu na teplo při různých vstupních podmínkách, ale také jak poměr využití tepla ovlivní NPV projektu výstavby BPS.

V poslední kapitole byla provedena SWOT analýza navrhnutého systému provozních podpor. Hlavní silnou stránkou této podpory by bylo lepší využití energie bioplynu, oproti původnímu systému zelených bonusů na elektřinu by provozovatelé byli motivováni využívat také teplo (mimo vlastní technologickou spotřebu). Navržený systém má ale velice znatelnou slabou stránku, tou je využití tepla. To je v případě využití tepla z BPS velice problematické, především kvůli jejich umístění mimo obydlí i průmyslové areály. K bodu využití tepla ve slabých stránkách se také váže kontrola uplatnění tohoto tepla. Ta by byla pravděpodobně velice problematická.

Pokud by navrhovaný systém provozních podpor měl být uveden do praxe, musel by se vyřešit zásadní problém – výše zeleného bonusu na teplo. Výše této podpory by měla být taková, aby investory motivovala k výstavbě nových efektivních BPS, na druhou stranu by je neměla svádět k nekalým praktikám, jakými může být například záměrné mrhání teplem a vykazování tohoto tepla jako využitého. Vzhledem k faktu, že měrné investiční náklady s vyšším instalovaným elektrickým

(i tepelným) výkonem klesají, výše zeleného bonusu na teplo by měla být odstupňována v závislosti na instalovaném výkonu, jak je tomu například u systému výkupních cen na teplo ve Velké Británii nebo v notifikaci Evropské komise německého zákona o podpoře OZE EEG-2014.

Použité zdroje

[1] DEUBLEIN, Dieter a Angelika STEINHAUSER. *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. 2nd, rev. and expanded ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, xxviii, 550 p. ISBN 9783527327980.

[2] SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-86167-21-6.

[3] ZOBAA, Ahmed F a R BANSAL. *Handbook of renewable energy technology*. Hackensack, N.J.: World Scientific, 2011, xxii, 851 p. ISBN 981428906x.

[4] SAXENA, R.C., D.K. ADHIKARI a H.B. GOYAL. *Biomass-based energy fuel through biochemical routes*: A review. DOI: 10.1016/j.rser.2007.07.011. ISBN 10.1016/j.rser.2007.07.011. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032107001256

[5] BABU, Vikash, Girijesh Kumar PATEL a Ashish THAPLIYAL. *Biofuels production*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons, 2013, 1 online zdroj (392 pages). ISBN 978-1-118-83585-2.

[6] WEILAND, Peter. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2010, 2015-11-25, 85(4): 849-860 [cit. 2015-11-25]. DOI: 10.1007/s00253-009-2246-7. ISSN 0175-7598. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s00253-009-2246-7

[7] *Biogas handbook*. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg, 2008. ISBN 9788799296200.

[8] KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.

[9] POSPÍŠIL, Lukáš: Výzkum „suché“ anaerobní fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-10-24 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/vyzkum-suche-anaerobni-fermentace-ruznych-druhu-biomasy-za-ucelem-vyroby-bioplynu>. ISSN: 1801-2655.

[10] DVOŘÁČEK, Tomáš: Bioplynové stanice na zpracování bioodpadů v České republice. *Biom.cz* [online]. 2010-03-11 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-na-zpracovani-bioodpadu-v-ceske-republice>. ISSN: 1801-2655.

[11] KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>. ISSN: 1801-2655.

[12] GÜNTHER, Lothar, OBADAL, Petr: Metoda BCM® - výroba bioplynu z odpadu. *Biom.cz* [online]. 2005-11-30 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/metoda-bcm-vyroba-bioplynu-z-odpadu>. ISSN: 1801-2655.

[13] *Design features of support schemes for renewable electricity: DESNL13116*. Ecofys, 2014.

[14] *Subsidies and costs of EU energy: DESNL14583*. Ecofys, 2014.

[15] *Best practice design features for RES- E support schemes and best practice methodologies to determine remuneration levels*. Fraunhofer ISI, 2014.

[16] Domestic Renewable Heat Incentive. *Ofgem* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/domestic-renewable-heat-incentive

[17] *Non-Domestic Renewable Heat Incentive: Guidance Volume One: Eligibility and How to Apply (Version 5)*. Ofgem, 2015.

[18] KLESSMANN, Corrina. *Experience with renewable electricity (RES-E) support schemes in Europe: Current status and recent trends*. 2014.

[19] Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 31. 1. 2012.

[20] Renewable energy policy database and support. *RES LEGAL Europe* [online]. 2014 [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: http://www.res-legal.eu/search-by-country/denmark/single/s/res-e/t/promotion/aid/premium-tariff-law-on-the-promotion-of-renewable-energy/lastp/96/

[21] *SDE+ 2015: Instructions on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy*. Zwolle: Netherlands Enterprise Agency, 2015.

[22] Renewable energy policy database and support: Romania - Quota system. *RES LEGAL Europe* [online]. [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.res-legal.eu/search-by-country/romania/single/s/res-e/t/promotion/aid/quota-system-4/lastp/183/

[23] CEZ Gives Up Search for Investors for 600MW Romanian Wind Park. *Bloomberg Business* [online]. 2014 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-08-01/cez-gives-up-search-for-investors-for-600mw-romanian-wind-park

[24] Eko-energie: Operační program Podnikání a inovace.*Operační program Podnikání a inovace* [online]. [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.mpo-oppi.cz/ekoenergie/

[25] *Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů*. Odbor 32100: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012.

[26] *Roční zpráva o provozu ES ČR: 2014*. Praha: Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ, 2015.

[27] DUFKA, Aleš a Daniel ROSECKÝ. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2014: Výsledky statistického zjišťování*. Praha: MPO Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, 2016. Č. 310/2013

[28] Obnovitelné zdroje energie - Výzva I. *CzechInvest* [online]. 2016 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: http://www.czechinvest.org/obnovitelne-zdroje-energie-vyzva-i

[29] Poskytnutá podpora 2013-2014. *OTE, a. s.* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.ote-cr.cz/statistika/statistika-poze/poskytnuta-podpora-2013-2014

[30] *Energetická efektivnost bioplynových stanic: Možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu*. Praha: SEVEn, 2012.

[31] KLEβMANN, Corrina. *Increasing the effectiveness and efficiency of renewable energy support policies in the European Union*. Utrecht, 2012.

[32] Eko energie: OP Podnikání a inovace. *CzechInvest* [online]. 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.czechinvest.org/eko-energie

[33] *OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ: Implementační dokument*. Praha: MŽP a SFŽP, 2015.

[34] 23. výzva. *Opzp.cz* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2015 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.opzp.cz/vyzvy/23-vyzva

[35] *Program rozvoje venkova České republiky na období 2007-2013*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015.

[36] *Program rozvoje venkova České republiky na období 2014-2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015.

[37] POLÁČKOVÁ, Jana. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů bioplynových stanic v zemědělských podnicích*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2013.

[38] *Zpráva o inflaci / I*. Praha: ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA, 2016. ISSN 1804-2457.

[39] Harnessing landfill gas for energy. *LSI Group* [online]. [cit. 2015-11-05]. Dostupné z: http://lsigroup.org/harnessing-landfill-gas-for-energy/

[40] CHP. *PlanET Biogas Global GmBH* [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: http://en.planet-biogas.com/products/chp/

[41] The micro turbine. *MTT Micro Turbine Technology BV* [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: http://www.enertwin.com/enertwin-en/the-micro-turbine-technology

[42] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; NUCLEAR ENERGY AGENCY; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVEL.*Projected Costs of Generating Electricity*. 2010 ed. Paris: OECD Publishing and Nuclear Energy Agency, 2010. ISBN 978-926-4084-308.

[43] PAVEL, Jirásek. *Zákon o podporovaných zdrojích energie: Aktualizace NAPu ČR pro OZE, Sdělení Komse v oblasti OZE*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu.

[44] Beneš, M., Knápek, J., Starý, O., Vastl, J., Vašíček, J., Ouředníková, M.: *Technicko-ekonomické parametry a návrh výkupních cen elektřiny pro jednotlivé kategorie obnovitelných a druhotných zdrojů*. Praha, 2007, ČVUT FEL.

[45] *Podnikatelský záměr a technický popis bioplynové stanice o výkonu 99 kWe*.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Možné přeměny biomasy. Zdroj [3] ..... - 12 -
Obrázek 2: Čtyři fáze procesu vyhnívání. Zdroj [2] ..... - 14 -
Obrázek 3: Schéma malé BPS s ocelovým horizontálním reaktorem. Zdroj [7] ..... - 18 -
Obrázek 4: Schéma dvoustupňové centralizované BPS. Zdroj [6] ..... - 18 -
Obrázek 5: Schéma využití skládkového plynu. Zdroj [39] ..... - 19 -
Obrázek 6: Ukázka horizontálního reaktoru (vlevo) a vertikálního reaktoru (vpravo). Zdroj [7] ..... - 20 -
Obrázek 7: „Garážový“ systém suchého procesu. Zdroj [9,7] ..... - 21 -
Obrázek 8: Přehled využití bioplynu. Zdroj [7] ..... - 21 -
Obrázek 9: Schéma systému kogenerace s plynovým spalovacím motorem. V oválech jsou vyznačeny kontrolované parametry (teplota, tlak, hladina kapalin). Zdroj [1] ..... - 23 -
Obrázek 10: Systém kogenerace se vznětovým motorem se zapalovacím olejem společnosti PlanET Biogas Global GmbH (výkon: 250 kWe, 264 kWt). Zdroj [40] ..... - 24 -
Obrázek 11: Schéma a obrázek systému kogenerace s mikro turbínou EnerTwin společnosti MTT Micro Turbine Technology BV. Zdroj [41] ..... - 25 -
Obrázek 12: Používané systémy podpory obnovitelných zdrojů elektrické energie v EU. Zdroj [18] ..... - 28 -
Obrázek 13: Porovnání různých druhů podpory. Zdroj [18] ..... - 30 -
Obrázek 14: Stoupající obliba tendrů/aukcí ve státech EU. Zdroj [18] ..... - 33 -
Obrázek 15: Schéma zkoumané BPS. Zdroj [45] ..... - 42 -

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výběr substrátů požívaných pro výrobu bioplynu. Zdroj [7] ..... - 17 -
Tabulka 2: Charakteristické znaky používaných plynových spalovacích motorů. Zdroj [1] ..... - 24 -
Tabulka 3: Charakteristické vlastnosti turbín a mikro turbín. Zdroj [1] ..... - 25 -
Tabulka 4: Charakteristické znaky systémů se Stirlingovým motorem a palivovými články. Zdroj [1] ..... - 26 -
Tabulka 5: Výkupní ceny pro průmyslové využití bioplynu pro účely výroby tepla ve Velké Británii (platí pro zdroje uvedené do provozu od 1. ledna 2016). Zdroj [16] ..... - 29 -
Tabulka 6: Vybrané výše podpor programu SDE+ pro bioplyn pro rok 2015. Maximální doba podpory je 12 let, nutné uvedení do provozu do 4 let. Maximální doba využití maxima 7 000 hodin, pokud není uvedeno jinak. Zdroj [21] ..... - 32 -
Tabulka 7: Vstupní suroviny zkoumané bioplynové stanice. Zdroj [45] ..... - 41 -
Tabulka 8: Roční produkce a spotřeba elektrické energie BPS. ..... - 42 -
Tabulka 9: Roční produkce a spotřeba tepelné energie BPS. ..... - 43 -

Tabulka 10: Provozní náklady (bez odpisů) zkoumané BPS v prvním roce provozu. - 44 -
Tabulka 11: Zhodnocení varianty uvedení BPS do konce r. 2012 bez investiční podpory. - 48 -
Tabulka 12: Zhodnocení varianty uvedení BPS do konce r. 2012 s 30% investiční podporou. - 49 -
Tabulka 13: Zhodnocení varianty s minimální výší zeleného bonusu na teplo. - 50 -
Tabulka 14: SWOT analýza provozní podpory založené na podpoře dodaného tepla. - 55 -

Seznam grafů

Graf 1: Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na brutto spotřebě v ČR (TWh). Zdroj [26] - 36 -
Graf 2: Vývoj celkové výše poskytnuté podpory OZE v ČR. Zdroj [43] - 37 -
Graf 3: Vývoj výroby z bioplynu v ČR (pro účely porovnání teplo přepočítáno na GWh). Zdroj [27] - 38 -
Graf 4: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu uvedení BPS do konce r. 2012 bez investiční podpory. - 48 -
Graf 5: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu uvedení BPS do konce roku 2012 s 30% investiční podporou. - 49 -
Graf 6: Grafické znázornění kumulovaného a kumulovaného diskontovaného FCFF v čase pro variantu minimální zelený bonus na teplo. - 51 -
Graf 7: Citlivostní analýza ZB na teplo na poměr využití tepla a výši investice. - 51 -
Graf 8: Citlivostní analýza na výši investice pro variantu s minimálním ZB na teplo. - 52 -
Graf 9: Citlivostní analýza na poměr využití tepla pro variantu s minimálním ZB na teplo. - 52 -
Graf 10: Citlivostní analýza NPV z FCFF na poměr využití tepla. - 53 -

Seznam rovnic

Rovnice 1: Chemická rovnice vzniku bioplynu. Zdroj [1] - 14 -
Rovnice 2: Daňový odpis v prvním roce provozu. - 44 -
Rovnice 3: Daňový odpis ve zbývajících letech odepisování. - 45 -
Rovnice 4: Vzorec pro výpočet NPV. - 46 -
Rovnice 5: Vzorec pro výpočet IRR. - 46 -
Rovnice 6: Vzorec pro výpočet FCFF. - 47 -
Rovnice 7: Vzorec pro výpočet FCFE. - 47 -