

Výstavba a provoz bioplynové stanice

Construction and Operation of a Biogas Plant

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Doc. Ing. Milan Jäger, CSc.

Bc. Martin Ptáček



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Martin Ptáček

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Výstavba a provoz bioplynové stanice

Pokyny pro vypracování:

- popis bioplynové stanice a její princip, výhody, nevýhody
- podpora BPS jako OZE
- návrh výstavby bioplynové stanice na rostlinné produkty v dané lokalitě
- ekonomické vyhodnocení navrhovaného řešení

Seznam odborné literatury:

Kára, J.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství, Praha, VÚZT, 2007, ISBN 978-80-86884-28-8
Schulz, H.: Bioplyn v praxi: teorie – projektování – stavba zařízení – příklady, Ostrava, HEL, 2004, ISBN 80-861-6721-6

Vedoucí diplomové práce: Doc.Ing. Milan Jäger, CSc. – ČVUT FEL, K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2015/2016
L.S.

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 4.11.2014



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:



Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval Doc. Ing. Milanu Jägerovi, CSc. za rady a vstřícný přístup při vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval společnosti TEDOM a.s. a společnosti MOTORGAS s.r.o. za poskytnutí důležitých informací pro výpočet praktické části této práce.



Abstrakt

Náplní této práce je přiblížit problematiku bioplynových stanic a bioplynu obecně. Práce se zabývá vysvětlením pojmů z oblasti výroby bioplynu v bioplynové stanici a popsáním možných způsobů jeho využití. Je zde nastíněna technická stránka bioplynové stanice, popsána zařízení, ze kterých se bioplynová stanice skládá a jejich funkce. V práci je kladen důraz na vysvětlení smyslu podpory obnovitelných zdrojů energie se zaměřením na oblast bioplynových stanic a diskuze jejího možného vývoje. Hlavním cílem této práce je posouzení ekonomické efektivity navrhovaného projektu výstavby bioplynové stanice ve vybraném zemědělském areálu. Na základě analýzy zmíněné lokality je navrženo několik možných variant výkonu bioplynové stanice a režimů jejího provozu. Po zpracování všech vstupních parametrů jsou jednotlivé varianty vyhodnoceny a je určena optimální varianta navrhovaného projektu. Na závěr je vydáno doporučení pro zemědělské družstvo, zda má do plánovaného projektu investovat své prostředky, či nikoliv.

Klíčová slova: bioplyn, bioplynová stanice, kogenerace, ekonomické hodnocení.

Abstract

The scope of this master thesis is to introduce the field of biogas plants and biogas in general. Thesis deals with explaining the terms from the field of the biogas production and describing possible methods of its use. Technical aspects of the biogas plant and also the devices from which the biogas plant consists of and their function are described there. This work emphasizes the purpose of the support of renewable energy sources with the focus on biogas and discussion of its possible development. The main goal of this thesis is to assess the economic efficiency of the proposed project for the construction of biogas plant in selected agricultural complex. Based on the analysis of mentioned location, several possible variants of the biogas performance and modes of operation are suggested. After processing of all input parameters the variants are evaluated and the optimal variant of proposed project is determined. At the end, the recommendation for the agricultural complex, if it should or shouldn't invest money in biogas, is made.

Klíčová slova: biogas, biogas plant, cogeneration, economic evaluation.



Obsah

1. Úvod	1
2. Problematika bioplynových stanic	3
2.1. Výroba bioplynu.....	3
2.1.1. Vznik bioplynu	5
2.1.2. Podmínky pro vznik bioplynu.....	7
2.2. Možnosti využití bioplynu	8
2.2.1. Energetické využití bioplynu	9
2.2.2. Další využití bioplynu.....	12
2.3. Využití tepla	12
2.3.1. Využití tepla v místě výroby.....	13
2.3.2. Využití tepla pro dodávku do systému CZT	13
2.3.3. Využití tepla v zemědělských areálech.....	13
2.3.4. Ostatní způsoby využití tepla.....	14
2.4. Výhody bioplynové stanice.....	14
2.5. Nevýhody bioplynové stanice	14
3. Technické řešení bioplynových stanic.....	16
3.1. Příprava substrátu.....	16
3.1.1. Doprava a skladování substrátu	16
3.1.2. Úprava substrátu	16
3.1.3. Vsázení a dopravování substrátu	17
3.2. Získávání bioplynu.....	18
3.2.1. Zařízení fermentoru	18
3.2.2. Rozdělení fermentorů	19
3.3. Zpracování bioplynu a digestátu	20
4. Rozvoj bioplynových stanic v ČR.....	21



4.1.	Historie bioplynových stanic v ČR	21
4.2.	Současný vývoj bioplynových stanic v ČR.....	22
4.2.1.	Zajímavé bioplynové projekty	23
5.	Podpora rozvoje bioplynových stanic	26
5.1.	Právní podmínky pro podporu OZE.....	27
5.2.	Formy podpory obnovitelných zdrojů energie.....	28
5.2.1.	Výkupní cena elektřiny	29
5.2.2.	Zelený bonus na elektřinu.....	29
5.3.	Aktuální podpora pro BPS	30
6.	Budoucnost výstavby bioplynových stanic	34
6.1.	Budoucnost podpory bioplynových stanic	36
7.	Návrh výstavby bioplynové stanice na rostlinné produkty	37
7.1.	Rozdělení nákladů a výnosů bioplynové stanice	37
7.1.1.	Rozdělení nákladů.....	38
7.1.2.	Rozdělení výnosů.....	39
7.2.	Analýza lokality výstavby bioplynové stanice.....	39
7.2.1.	Analýza zemědělského družstva.....	40
7.2.2.	Analýza sportovního areálu	42
7.2.3.	Analýza bytového domu	44
7.3.	Návrh technického řešení BPS.....	45
7.3.1.	Provoz pro výrobu a zpracování bioplynu	46
7.3.2.	Teplárna ve sportovním areálu	49
7.3.3.	Kogenerační jednotky	49
7.4.	Návrh variant řešení bioplynové stanice	51
7.5.	Bilance substrátu, digestátu a vyrobeného bioplynu.....	52
7.6.	Bilance tepla.....	54
7.6.1.	Bilance elektrické energie.....	56



8.	Ekonomické vyhodnocení projektu bioplynové stanice.....	60
8.1.	Výpočet investičních nákladů na stavbu BPS, plynovodu a teplárny	64
8.2.	Výpočet provozních nákladů.....	65
8.3.	Financování investice.....	68
8.4.	Výpočet provozních výnosů.....	68
8.4.1.	Výše provozní podpory.....	69
8.5.	Výpočet Cash Flow	71
8.6.	Výpočet čisté současné hodnoty	72
8.7.	Výpočet minimálních cen a minimální výše zelených bonusů	73
8.8.	Citlivostní analýzy zvolených vstupních parametrů	76
9.	Závěr.....	80
	Literatura.....	85
	Seznam zkratek	90
	Seznam symbolů	91
	Seznam obrázků.....	94
	Seznam grafů	95
	Seznam tabulek	96
	Seznam příloh	98



1. Úvod

V dnešní době je výroba energie z obnovitelných zdrojů na vzestupu. Děje se tak proto, že jejich využívání nemá tak veliký dopad na životní prostředí, jako je tomu například u fosilních paliv. Jedná se tedy o rychle se rozvíjející odvětví s novými technologiemi.

Mohutný boom využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) v posledních několika letech byl způsoben zavedením finanční podpory ze strany státu a Evropské unie (EU). EU je v oblasti obnovitelných zdrojů velmi důsledná a pokroková. V závislosti na jejích nařízeních se členské státy zavazují snižovat emise oxidu uhličitého (CO₂) a zvyšovat podíl OZE na konečné hrubé spotřebě energie.

Důležitým zdrojem mezi obnovitelnými zdroji je bioplyn. Na konci roku 2013 zaujímal 22,1 % z výroby elektřiny z OZE. Bioplyn se vyrábí v takzvaných bioplynových stanicích. Česká republika se dá považovat za bioplynovou velmoc v Evropě. V počtu bioplynových stanic je na pátém místě za Německem, Itálií, Švýcarskem a Francií.

Cílem této práce je přiblížit celkovou problematiku bioplynových stanic (BPS) a bioplynu obecně. Nejdříve je vysvětleno, jak bioplyn vzniká a jak se vyrábí. Budou zde také zmíněny možnosti využití bioplynu. Důležitou součástí práce je popis technické stránky bioplynové stanice a procesů v ní probíhajících, jakož i jednotlivých zařízení, používaných pro výrobu a zpracování bioplynu.

O současném stavu a historii bioplynových stanic v České republice pojednává kapitola 4, jejíž součástí je také představení zajímavých příkladů BPS, které v ČR fungují. Jak již bylo zmíněno, rozvoj bioplynových stanic byl způsoben podporou obnovitelných zdrojů energie. Aktuálními formami podpory obnovitelných zdrojů se zabývá následující 5. kapitola, v níž jsou teoreticky popsány jednotlivé formy podpory i jejich aktuální výše. Následující kapitola se pak s ohledem na současný vývoj podpory a cíle státní energetické koncepce, zabývá předpokládanou budoucností bioplynových stanic v ČR.

Druhá část této diplomové práce se zabývá návrhem konkrétní bioplynové stanice a posouzením ekonomické efektivnosti její výstavby a provozu. Nejprve jsou popsány výchozí podmínky v lokalitě výstavby bioplynové stanice a předpokládané odběry elektřiny a tepla, které jsou stěžejní pro efektivní provoz BPS. Na základě posouzení této



lokality je pak proveden technický návrh plánované bioplynové stanice. Nedílnou součástí bioplynové stanice je kogenerační jednotka, spalující vyrobený bioplyn. Pro projekt plánované bioplynové stanice jsou navrženy čtyři výkonově odlišné kogenerační jednotky, čímž je vytvořeno devět možných variantních řešení této stanice. Tímto je výstavba rozdělena na několik variant. Jednotlivé varianty se díky rozdílnému výkonu kogeneračních jednotek liší výší investičních a provozních nákladů, množstvím prodané elektřiny a tepla a tudíž i ve výši výnosů za jejich prodej. Po stanovení všech důležitých vstupních parametrů jsou varianty posuzovány z hlediska ekonomické efektivity. Následně je po tomto vyhodnocení všech variant přistoupeno k návrhu optimálního řešení, respektive k výběru ekonomicky nejefektivnější varianty výstavby uvažované bioplynové stanice.



2. Problematika bioplynových stanic

Jak už název této kapitoly napovídá, první část bude věnována vysvětlení základních pojmů z oblasti bioplynových stanic a bioplynu obecně. Společně s energií větru, Slunce, vody a země se dá bioplyn zařadit do kategorie obnovitelných zdrojů energie (OZE). Pojem bio je v dnešní době velmi používaný a označuje něco, co vzniká přírodní cestou a je šetrné k životnímu prostředí. Ani bioplyn se této definici nevymyká, jedná se totiž o plyn vznikající při biologickém procesu. Právě díky skutečnosti, že vzniká z biologicky rozložitelných a neustále se obnovujících látek, patří mezi OZE.

Využívání obnovitelných zdrojů energie má za cíl snížit spotřebu fosilních paliv, kterých má lidstvo jen omezené zásoby. To ale není jejich jediným problémem, fosilní paliva výrazně přispívají k znečišťování a ničení životního prostředí. I obnovitelné zdroje energie mají ale své nevýhody. Většina obnovitelných zdrojů je proměnlivá a jejich využívání poměrně úzce závisí na klimatických podmínkách, ovšem pro bioplyn toto neplatí. Další nevýhodou OZE je omezená regulace při jejich využívání. Často se například stává, že z OZE vyrábíme elektřinu v čase, kdy je poptávka po ní nízká a je známým faktem, že se elektřina nedá skladovat. Bioplyn má i v této oblasti výraznou výhodu, jelikož se jedná o plyn, dá se poměrně snadno uchovávat v zásobnících a elektřina tak může být vyráběna v čase potřeby.

Bioplyn má mnoho způsobů využití. Používá se pro výrobu tepla v plynových kotlích, výrobu tepla a elektřiny v kogeneračních jednotkách a v neposlední řadě také jako palivo pro automobily.

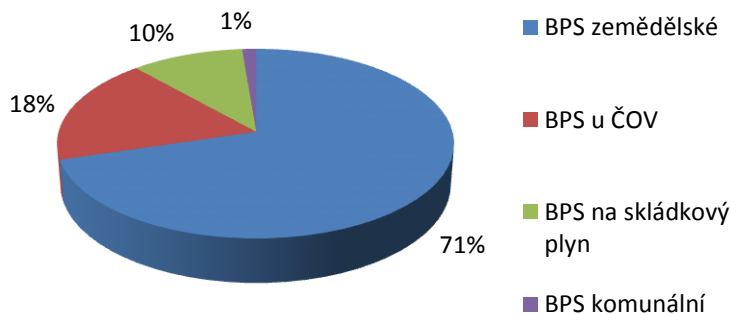
2.1. Výroba bioplynu

Vstupní surovinou pro bioplynové stanice je biomasa. Jedná se o hmotu organického původu a to buď rostlinného, nebo živočišného. Výhodou bioplynu je, že nám umožňuje získat energii uloženou v biomase, která je často odpadními biologickými výstupy nějaké činnosti. Tyto produkty by už dále nebyly využívány a jejich energetická hodnota by tak byla nevyužita. Výroba bioplynu tedy pomáhá ke snížení energetických ztrát a také k efektivnějšímu nakládání s bioodpady. Pro výrobu bioplynu se používá také cíleně pěstovaná biomasa. Nejčastěji používanými druhy vstupních substrátů jsou podle literatury [4]:



- cíleně pěstovaná biomasa (kukuřice, řepa, senáž atd.),
- bioodpady z údržby veřejné zeleně (tráva, listí),
- bioodpady z domácností a ze zahrad,
- prošlé potraviny a bioodpady ze supermarketů,
- zbytky z jídelen, restaurací a hotelů,
- bioodpady z podnikatelských provozů (pekárny, lihovary, pivovary, cukrovary, masokombináty),
- odpady z chovu hospodářských zvířat (kejda, hnůj, podestýlky atd.),
- komunální a domovní odpady (BRKO, BRO),
- kaly z čističek odpadních vod (ČOV).

V současné době je v České republice podle České bioplynové asociace [29] 554 bioplynových stanic o celkovém instalovaném výkonu těsně přes 400 MW. Nejhojněji jsou zastoupeny zemědělské bioplynové stanice, které tvoří téměř 70 % z celkového počtu. Druhým nejčastějším druhem bioplynové stanice jsou BPS u čističek odpadních vod. Zastoupení jednotlivých druhů výroby bioplynu je patrné z grafu 2.1.



Graf 2.1 Bioplynové stanice v ČR

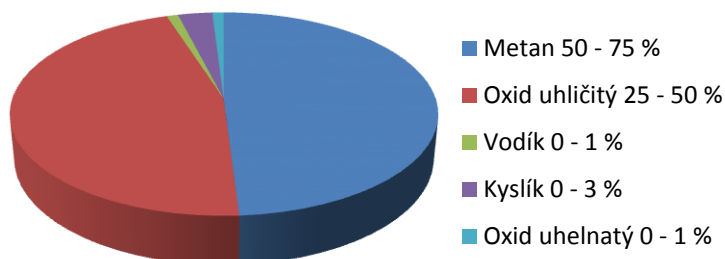
Většina bioplynových stanic ovšem nevyužívá pouze jednu konkrétní surovinu pro výrobu bioplynu. Vstupní substrát bývá složen z několika surovin, aby se dosáhlo co nejlepších vlastností pro samotnou výrobu. Častou kombinací je směs kukuřičné nebo travní siláže a kejdy. V některých případech se vstupní substrát rozšiřuje i o rozložitelné odpady z potravinářského průmyslu nebo o tříděné bioodpady. Důležité z pohledu kvality vyrobeného bioplynu je sledování kvality vstupního substrátu. Množství vyrobeného



bioplynu úzce souvisí právě s kvalitou a typem vsazeného substrátu. Odhadovaný objem získaného bioplynu z různých vstupních surovin je patrný z grafu v příloze č. 1.

2.1.1. Vznik bioplynu

Jak již bylo zmíněno dříve, bioplyn vzniká při biologickém procesu. Tomuto procesu se říká anaerobní fermentace (digesce). Organický materiál je bez přístupu vzduchu a za působení mikroorganismů rozkládán a vzniká bioplyn společně s digestátem. Procesy tohoto typu jsou v přírodě velmi běžné, nachází se například v rašeliništích či v bacheru přežvýkavců. Vzniklý bioplyn se skládá převážně z metanu (CH_4), který je v bioplynu zastoupen 50 – 75 %. Dalšími složkami jsou oxid uhličitý (CO_2), vodík (H_2), sulfan (H_2S), dusík (N_2) a vodní páry. Z těchto příměsí je nejvíce zastoupen CO_2 , jeho obsah se pohybuje kolem 30 %. Ostatní plyny jsou zastoupené v malém množství a jejich koncentrace je v řádu jednotek procent. Přesné složení bioplynu je závislé na typu vstupního substrátu. Graf 2.2 zachycuje přibližné složení bioplynu, jímaného ze skládky odpadů [2].



Graf 2.2 Složení bioplynu [2]

Produktem anaerobní fermentace je také digestát. Jedná se o pevnou hmotu, která se po vyjmutí z fermentoru dá použít jako kvalitní organické hnojivo.

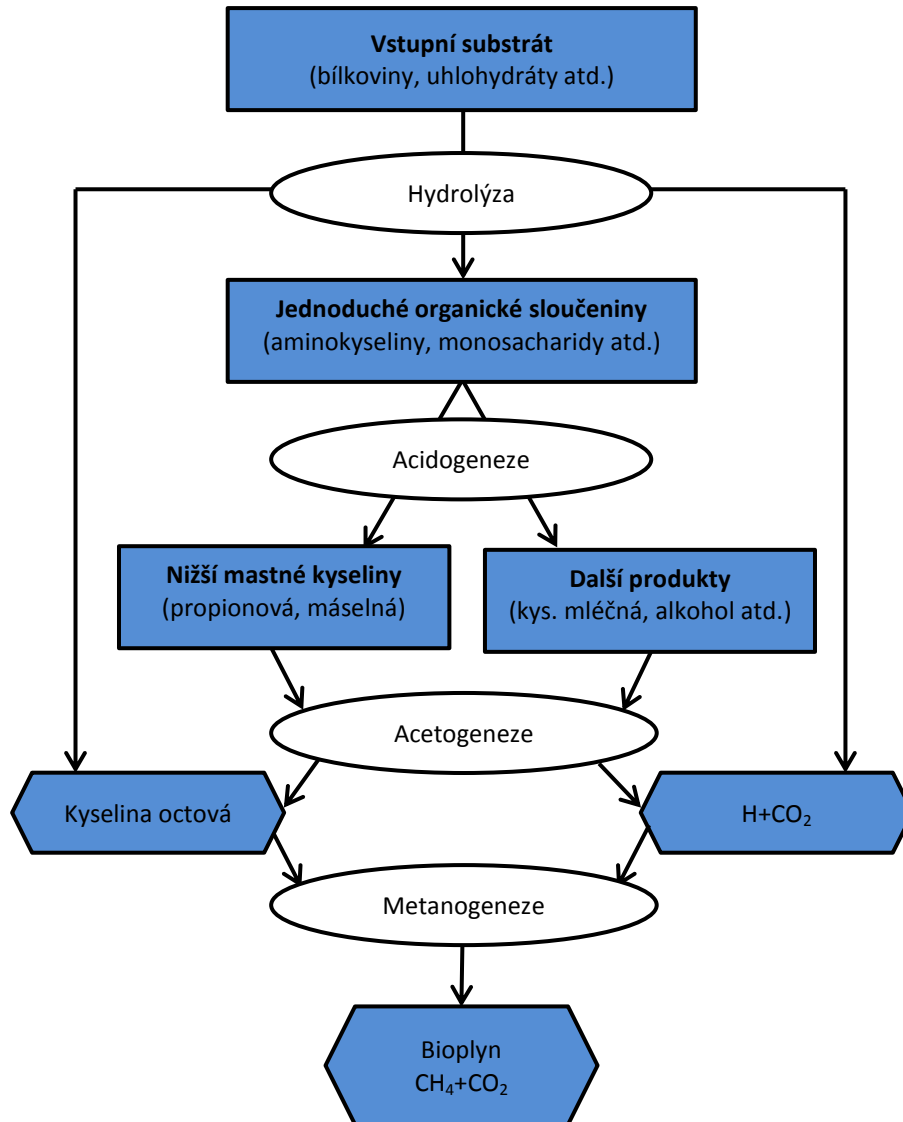
Podle literatury [1] se anaerobní fermentace rozděluje do čtyř kroků. První část se nazývá hydrolýza. V tomto kroku jsou komplexní sloučeniny vstupního substrátu (např. polysacharidy, bílkoviny a tuky) rozloženy na jednodušší organické sloučeniny (např. aminokyseliny, monosacharidy, mastné kyseliny). Bakterie uvolňující enzymy tedy biochemickou cestou rozloží vstupní substrát.

V acidogenezi, následující po hydrolýze, jsou její produkty dále rozkládány za přítomnosti kyselinotvorných bakterií na nižší mastné kyseliny (octovou, máselnou a propionovou), alkoholy, oxid uhličitý a vodík.



Následujícím krokem je autogeneze (acetogeneze), kde jsou produkty z předchozího kroku přeměněny acetogenními bakteriemi na prekurzory (kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý). Vzniklé substráty jsou základními vstupy pro tvorbu metanu. Vysoký obsah vodíku ale neprospívá acetogenním bakteriím a proto musejí vytvořit těsné životní společenství s bakteriemi metanogeneze. Při tomto společenství vzniká, za spotřeby vodíku, metan a jako vedlejší produkt je zde ještě oxid uhličitý. Názorně je celý vznik bioplynu popsán na obrázku 2.1.

Pokud všechny tyto procesy probíhají společně v jednom zařízení, pak takové zařízení nazýváme jednostupňovým fermentorem. Různé bakterie ale mají rozdílné nároky na okolní prostředí a proto musí být nalezen kompromis a nastaveny správné podmínky. Možností je fermentaci rozdělit do několika zařízení.



Obrázek 2.1 Vznik bioplynu anaerobní fermentací [1]

Podle obsahu sušiny ve vstupním substrátu, rozdělujeme výrobu bioplynu do dvou kategorií. První metodou je mokrá fermentace, ta požaduje substrát o obsahu sušiny < 12 %. Zmíněná metoda je vhodná především pro zpracování kalů z ČOV, kalů živočišného původu anebo pro substrát s velkým obsahem kejdy. Opakem je metoda suché fermentace. Je vhodná pro výrobu bioplynu z vsázky s obsahem sušiny v rozmezí 30 až 35 %. Proto se používá pro bioplynové stanice zpracovávající zemědělské komodity, především kukuřičné a travní siláže nebo slamnaté hnoje.

2.1.2. Podmínky pro vznik bioplynu

Velmi důležitá je pro správný proces fermentace především teplota. Jak již bylo uvedeno, různé druhy bakterií zasahující to rozkladu mají různé nároky. Některé bakterie



(psychrofilní), účastníci se fermentace, mají maximální potenciál při teplotě 25 °C. S růstem teploty se ale schopnost bakterií pracovat zmenšuje. Oproti tomu druhá skupina bakterií, tzv. mezofilní, potřebují pro svou činnost vyšší teplotu. Ukazuje se ale, že nejvyšší výtěžnost bioplynu je mezi 45-55 °C. Aby se dosáhlo konstantní teploty, je důležité fermentor tepelně izolovat a pomocí externího zdroje ho vytápět [1], [3].

Důležitou veličinou při výrobě bioplynu je také pH vstupního substrátu. Stejně jako v případě teploty i zde platí, že bakterie různého druhu mají své optimální pH různé. Jak je uvedeno v literatuře [1], hydrolyzující a kyselinotvorné bakterie nejlépe rostou při pH mezi 4,5 – 6,3. Při vyšším pH se jejich činnost mírně zpomalí, ovšem jsou poměrně stále dobře využitelné. Hodnota pH je často vyšší kvůli dalšímu druhu bakterií a těmi jsou bakterie vytvářející metan a kyselinu octovou. Ty mají optimum v rozmezí 6,8 – 7,5. Nejvyššího výtěžku bioplynu bývá dosaženo kolem hodnoty 7,5. Hodnota pH se ve fermentoru nastaví samovolně pomocí alkalických a kyselých produktů vzniklých během digesce.

Pro co nejlepší ekonomickou efektivnost projektu se musí hledět na optimalizaci množství vytěženého plynu a na ekonomické aspekty s tím související. Pokud bude usilováno o co největší množství vyrobeného plynu, je nutné počítat i s dlouhou dobou zdržení substrátu ve fermentoru. S tím je ale spojen i objem fermentační nádrže. Musí se tedy nalézt kompromis mezi dobou zdržení substrátu ve fermentoru a množstvím vyrobeného bioplynu. Pokud totiž zvolíme například kratší dobu zdržení, bakterie nestačí substrát rozložit a získáme tak menší množství bioplynu.

Míchání substrátu v nádobě fermentoru je nezbytné k zajištění co nejtěsnějšího kontaktu bakterií se vstupním substrátem. Pokud by nebyl obsah fermentoru v pravidelných intervalech vhodně míchán, došlo by po určité době k segregaci obsahu a jeho rozvrstvení. V tomto případě se bakterie většinou hromadí na dně nádrže, přičemž nerozložený substrát je na povrchu. Dochází tak ke zpomalení celého fermentačního procesu. Vhodně zvoleným mícháním se látky ve fermentoru smísí a je tak dosaženo úplnějšího a rychlejšího rozkladu substrátu. Ovšem i zde se musí nalézt určitý kompromis. Jak již bylo zmíněno dříve, některé bakterie tvoří úzká společenství důležitá pro vznik bioplynu a nadměrným mícháním by se tato vazba mohla pokazit [1].

2.2. Možnosti využití bioplynu

Bioplyn je velmi univerzální zdroj energie. Dá se použít v různých oblastech lidského života. Nejvíce je využíván pro energetické účely, ať už pro výrobu elektřiny, nebo tepla.



Poměrně často se ale také využívá v dopravě, anebo se po úpravě přímo vtlačí do plynovodní soustavy.

2.2.1. Energetické využití bioplynu

Stejně jako zemní plyn, tak i bioplyn se nejvíce používá pro energetické účely. Slouží převážně pro výrobu elektrické energie a také tepla.

Pro samostatnou výrobu tepla z bioplynu jsou nejčastěji používány plynové kotle pro vytápění. Jedná se o poměrně účinnou přeměnu energie bioplynu na teplo. Účinnost plynových kotlů se pohybuje těsně nad 90 %. Tento způsob využití bioplynu není ale příliš rozšířený.

Ekonomicky mnohem výhodnější je kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET). Při samostatné výrobě elektřiny z biomasy často bývalo teplo využito jen minimálně. Při KVET je ale cílem co nejvíce vyrobeného tepla využít a zvýšit tak účinnost využití paliv. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla je nejčastěji realizována pomocí kogeneračních jednotek (KJ) s pístovými spalovacími motory. Motor je poté napojen na generátor, který vyrábí elektřinu. Jak bude zmíněno dále, existují i další možnosti provedení KVET.

1) Kogenerační jednotky s pístovými spalovacími motory

Jádrum kogenerační jednotky s pístovým spalovacím motorem je upravený diesellový motor, plynový Ottův motor, vznětový motor se zápalným paprskem, anebo některý z dalších motorů pro spalování plynného paliva. Pro kogenerační jednotky s vyšším elektrickým výkonem se často používají právě plynové Ottovy motory. Jednotky s tímto typem motoru mohou mít elektrický výkon vyšší i než 1 MW. Palivem je tu především bioplyn, ale při jeho nedostatku může být nahrazen i běžným zemním plynem. Toho se využívá například při najíždění provozu BPS, kdy je potřeba teplo pro fermentory.

Druhým, často používaným typem motoru, je vznětový motor se zápalným paprskem. Je to takzvaný dvoupalivový motor, k bioplynu je zde přimícháváno i vznětové palivo, běžně to bývá normální nafta nebo topný olej. Elektrický výkon těchto motorů dosahuje až 350 kW. Nedílnou součástí kogenerační jednotky je generátor. Pro KJ s výkonem nad 100 kW se používají synchronní generátory, pro menší jednotky je možné použít i generátory asynchronní.

Nedílnou součástí takovýchto kogeneračních jednotek jsou výměníky k získání tepla ze spalin (vzduch/voda), výměníky pro odvedení tepla chladicí vody (voda/voda) a mazacího



oleje. Pokud není zajištěn odběr tepla, musí být kogenerační jednotka nouzově chlazená a teplo bývá odvedeno do okolního prostředí. Celková účinnost tohoto typu KJ se pohybuje mezi 80 – 90 %, přičemž elektrická účinnost je 30 % až 40 %.

2) Kogenerační jednotky se Stirlingovým motorem

Specifickým druhem motoru, který může být použit v kogenerační jednotce, je Stirlingův motor. Jedná se o tepelný motor a pracuje na jiném principu než normální spalovací motor. Práce je tu konána plynem, který je ohříván tepelnou energií z vnějšího zdroje. Na trhu jsou ovšem zatím jen Stirlingovy motory s malými výkony a je nutné ještě dalšího vývoje, aby byla KJ s tímto motorem konkurenceschopná.

3) Kogenerace s mikroplynovými turbínami

V plynové turbíně je spalován bioplyn s pomocí stlačeného vzduchu. Spaliny ze spálené směsi roztočí turbínu, kompresor na stlačení vzduchu a také generátor. Výkon těchto turbín se pohybuje do 200 kW. Plynové turbíny potřebují pro svoji činnost čistý bioplyn bez příměsí vody a jiných látek. Proto se musí před spálením bioplyn vyčistit a vysušit. V současné době se ale mikroplynové turbíny v BPS příliš nevyužívají kvůli své nižší účinnosti, pohybující se kolem 82 % a také kvůli vyšším investičním nákladům oproti klasickým motorům.

4) Palivové články

Palivové články zaručují velmi vysokou elektrickou účinnost až 50 %. Pracují na principu přeměny chemické energie rovnou na elektřinu a to s minimálním množstvím emisí. Palivem jsou látky obsahující vodík a okysličovadlem je kyslík. Pokud je jako palivo využíván bioplyn, je nutné ho nejdříve vyčistit od sulfanu (H_2S) a následně je obohaten o metan. Palivový článek je tvořen dvěma elektrodami a elektrolytem. V současné době je jejich cena ovšem stále velmi vysoká a pro velké instalace se tedy zatím nevyplácí [1].

5) Rankinův organický cyklus (ORC)

Rankinův cyklus zvyšuje účinnost výroby elektřiny v bioplynové stanici. Využívá principu tepelného čerpadla, kdy je pomocí nízkopotenciálního tepla z chlazení kogenerační jednotky, dosaženo ve výparníku odpaření velmi těžké látky. Vzniklé páry pohání turbínu spojenou s generátorem a vyrábí elektrickou energii. Následně jsou páry, stejně jako v normálním parním cyklu, odvedeny do kondenzátoru, kde opět zkapalní, schladí se a těžká látka je opět přivedena do výparníku. Tímto způsobem se dá zvýšit výroba



elektrické energie asi o 8 – 10 %. ORC cykly jsou výhodné převážně pro bioplynové stanice, které efektivně nevyužívají vyrobené teplo a odvádějí ho do okolního prostředí. Jednou z bioplynových stanic, která využila ORC cyklus je BPS v Rostěnicích. Instalovaný elektrický výkon je zde 1 279 kW.

6) Termofotovoltaika

Tento poměrně nový způsob využití nejen bioplynu, ale i jiných plynů, není zatím prakticky využíván. Termofotovoltaika vyrábí elektrickou energii pomocí fotovoltaiických prvků, citlivých na infračervené spektrum záření. Kolem těchto prvků proudí spaliny z plynového hořáku spalujícího bioplyn [23].

7) Plynový kotel

Častým způsobem využití bioplynu je výroba tepla spálením bioplynu v plynovém kotli. Současné kotle mají účinnost kolem 90 % a jedná se tedy o poměrně efektivní využití energie bioplynu. Bioplyn je do kotelny přiveden většinou pomocí plynovodu a následně spálen.

8) Úprava na biometan

Biometan je upravený bioplyn na kvalitu zemního plynu. Úprava vyprodukovaného bioplynu na biometan se využívá především při nedostatečném odběru tepla vyrobeném v kogenerační jednotce. Proto jde vyrobený bioplyn rovnou do procesu čištění, kde z něj vznikne biometan. Cílem je odstranit z čištěného bioplynu především vodní páry (H_2O) a sulfan (H_2S). Dalšími látkami, které jsou během úpravy odstraněny, jsou N_2 a O_2 . Poté následuje takzvaný upgrading, kdy je z bioplynu oddělen oxid uhličitý (CO_2). Vyčištěním bioplynu vzroste podíl metanu (CH_4) v bioplynu minimálně na 95 %.

Pro čištění bioplynu na biometan se používají tyto metody:

- vysokotlaká vodní vypírka,
- aminová vypírka,
- PSA,
- membránová separace,
- kryogenní separace.

Každá ze zmíněných metod má své klady a zápory a v současné době se využívají téměř všechny. Výběr metody čištění totiž závisí na konkrétních faktorech BPS, jako například zdroj bioplynu, množství bioplynu, požadavky na kvalitu biometanu a podobně. Vzniklý



biometan je možné vtlačet přímo do plynovodní soustavy a využívat ho stejným způsobem jako zemní plyn. Výroba biometanu není v České republice ještě příliš rozšířená. V současné době je převážně ve stádiu výzkumu a experimentálních projektů. Jedním z těchto projektů je i projekt mobilní jednotky na čištění bioplynu, kterou v nedávné době představil VTP Vysočina. V zahraničí je ale tato metoda využití bioplynu rozvinuta více, například v Německu [24].

2.2.2. Další využití bioplynu

Již bylo zmíněno, že většina bioplynu je využívána především v energetickém odvětví, ovšem jsou známé i další aplikace.

1) Využití v dopravě

Druhou možností uplatnění biometanu je jeho použití jako palivo CNG (Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn) do motorových vozidel. Plnicí stanice na CNG může být buď přímo v areálu BPS, anebo v blízkém okolí.

V dnešní době je na trhu nabízeno několik desítek vozidel na tento druh paliva. Druhou možností je nechat si přestavět vůz s klasickým palivem na palivo CNG. Často se vyrobené CNG používá k pohánění zemědělských vozidel v okolí bioplynové stanice nebo pro vozidla městské hromadné dopravy ve velkých městech.

Výhodou vozidel na palivo CNG je jejich levnější provoz oproti klasickému palivu. Dopravní prostředky jezdící na stlačený zemní plyn jsou díky nižším emisím CO₂ šetrnější k životnímu prostředí. Nevýhodou je kratší dojezd a také vyšší pořizovací cena.

2) Trigenerace

Trigenerace je poměrně ojedinělým způsobem využití energie bioplynu. Může být využita tam, kde není zajištěn plynulý odběr tepla z kogenerační jednotky. Pojem trigenerace znamená kombinovanou výrobu elektřiny, tepla a chladu. Docílí se tedy zvýšení účinnosti využití energie paliva. Chlad je vyráběn z tepla pomocí absorpční chladicí jednotky spojené s kogenerační jednotkou. Výhodou trigenerace je tedy využití vyrobeného tepla i v létě, kdy je teplo přeměňováno na chlad. V našich zeměpisných podmínkách bohužel není trigenerace příliš rozšířená z důvodu nízkého uplatnění chladu v průběhu roku.

2.3. Využití tepla

V minulosti se na vyrobené teplo příliš nehledělo a byl kladen důraz především na výrobu elektrické energie z bioplynu. Teplo bylo často mařeno v chladičích kogenerační jednotky



a vypouštěno do okolí. V dnešní době, kdy je zastavena podpora výroby elektřiny z bioplynu, je efektivní využívání vyrobeného tepla velmi důležité. Může se jednat o kritický parametr, který určí, zda bude bioplynová stanice ekonomicky rentabilní či ne. Proto se v posledních několika letech začali provozovatelé bioplynových stanic zaměřovat na využití vyrobeného tepla. Před výstavbou BPS je tedy potřeba vyhledat potenciálního odběratele tepla v okolí.

2.3.1. Využití tepla v místě výroby

Nejčastějším způsobem využití tepla získaného z kogenerační jednotky je spotřeba tepla přímo v areálu bioplynové stanice. BPS pro svůj provoz spotřebuje mezi 10 - 30 % celkové produkce tepla. Nejvíce tepla pro provoz bioplynové stanice je spotřebováno na udržování teploty substrátu ve fermentorech. V areálu stanice se mohou nacházet také provozní budovy nebo například sklady, které je potřeba vytápět. Ne všechno využitelné teplo je ale spotřebováno přímo v areálu BPS a proto se pro zbylé teplo musí najít další využití.

2.3.2. Využití tepla pro dodávku do systému CZT

Teplo, které se nespotřebuje v areálu bioplynové stanice, může být dodáno do systému centrálního zásobování teplem (CZT). Klíčovým faktorem je ale vzdálenost odběrového místa od bioplynové stanice. Doprava tepla na velkou vzdálenost je ekonomicky nevýhodná. Je tedy nutné najít vhodného odběratele v okolí, který má příhodný diagramem spotřeby tepla.

V České republice se využívá i bioplynovodů, které odvádějí vyrobený bioplyn co nejbližší odběrovému místu, kde je teprve spálen v kogenerační jednotce.

2.3.3. Využití tepla v zemědělských areálech

Bioplynové stanice jsou často přidružené k zemědělskému výrobnímu areálu. Teplo, vyrobené v kogenerační jednotce, může být využito například pro sušení produktů rostlinné výroby, jako jsou například seno, pšenice a další. Teplo je možné využít i pro částečné vysušení digestátu, který je následně používán jako hnojivo.

Další možností využívání tepla je vytápění prostor v zemědělském areálu. Může se jednat o budovy pro personál, budovy pro chov dobytka, nebo například o skleníky pro rostlinnou výrobu [25].



2.3.4. Ostatní způsoby využití tepla

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2.1.5, teplo je možné využít i jiným způsobem než na vytápění. Vyprodukované teplo se využívá pro zvýšení produkce elektřiny pomocí organického Rankinova cyklu. Teplo je odebíráno od kogenerační jednotky nejčastěji ve formě spalin a následně je použito ve výparníku k odpaření těkavé kapaliny. Vzniklé páry roztočí turbínu a vyrobí dodatečné množství elektřiny. Tím zvýšíme účinnost využití paliva celé bioplynové stanice.

2.4. Výhody bioplynové stanice

Tato podkapitola se zaměřuje na identifikování kladných stránek výroby bioplynu v bioplynových stanicích.

Mezi největší klady bioplynových stanic bezesporu patří zpracování biologických zbytků. Může se jednat o odpadní produkty rostlinné a živočišné výroby, biologicky rozložitelný komunální odpad, kaly z ČOV a další produkty, které by už neměly žádné využití. Bioplynové stanice tedy dokážou využít zbytkovou energii obsaženou v těchto odpadních produktech a zvyšují tak účinnost jejich využití.

Nespornou výhodou výroby bioplynu je vznik digestátu, který se dá využít jako výborné hnojivo pro okolní zemědělské podniky, nebo ho lze prodat. Bioplynové stanice sebou na venkov přinášejí také rozvoj v podobě nových pracovních míst a částečné soběstačnosti ve výrobě elektřiny a tepla. Výdělky za prodanou elektřinu a teplo může zemědělské družstvo vlastníci bioplynovou stanicí, rozvíjet některé další části výroby v podniku. Část vyrobeného tepla a elektřiny je spotřebována v areálu bioplynové stanice a tím může podnik uspořit za dražší teplo a elektřinu ze sítě.

Oproti jiným druhům obnovitelných zdrojů energie mají BPS výhodu ve stálosti výroby. Objem vyrobené elektřiny a tepla je během celého roku téměř konstantní. Bioplynové stanice totiž nejsou tolik závislé na povětrnostních podmínkách.

2.5. Nevýhody bioplynové stanice

Bioplynové stanice mají ale i své nevýhody. Ovšem v případě BPS, převažují výhody nad zápornými stránkami.

Jednou ze stinných stránek bioplynové stanice může být zápach produkovaný při samotné výrobě bioplynu, nebo při nevhodném skladování vstupních surovin. Pokud je ale



bioplynová stanice provozována správně a s vhodnými technologiemi, je objem zápachu unikajícího do okolního prostředí velmi malý.

Druhou nevýhodou je zvýšení dopravní zátěže v okolí stanice. To je způsobeno převážně svážením paliva pro bioplynovou stanici.

Při špatně zvoleném palivovém mixu pro bioplynovou stanici může docházet k znehodnocování okolní půdy, na níž je pěstována kukuřice pro potřeby BPS. Pokud je totiž kukuřice v pravidelných intervalech vysazována na stále stejné zemědělské půdě, může docházet k erozi půdy a odnášení důležitých živin.

V současné době je největší nevýhodou zastavení finančních podpor pro výrobu elektřiny z bioplynu. To může z projektu nové bioplynové stanice udělat nenávratnou investici.



3. Technické řešení bioplynových stanic

Každá bioplynová stanice je z technického hlediska unikátní. Zvolená technologie závisí na předpokládané skladbě substrátu, lokalitě a způsobu využití bioplynu. Obecně se ale výroba a zpracování bioplynu v bioplynových stanicích rozděluje do tří částí. První z nich je přípravná část, kde dochází k přípravě vstupního substrátu a následnému dávkování substrátu. Druhá část je samotné získávání bioplynu ze vstupních surovin. Posledním segmentem v areálu bioplynové stanice jsou technologie na zpracování vyrobeného bioplynu a digestátu. V některé literatuře se uvádí rozčlenění do čtyř částí, rozdělením posledního segmentu na zpracování bioplynu a zpracování digestátu. Každá z těchto částí má svá specifická zařízení, která obstarávají její chod.

3.1. Příprava substrátu

Jak již bylo zmíněno, jednotlivé technické řešení se liší v závislosti na zvoleném typu bioplynové stanice. Zde bude v krátkosti uvedeno jen základní rozčlenění přípravné části.

3.1.1. Doprava a skladování substrátu

Základním požadavkem pro spolehlivý provoz bioplynové stanice je konstantní přísun vstupního substrátu. Proces fermentace je velmi citlivý na změnu podmínek a je nutné stále dodávat správně upravený substrát. Zásobování substrátem je nejčastěji zajišťováno nákladní automobilovou dopravou. Pokud je zdroj biomasy pro zpracování v těsné blízkosti bioplynové stanice, je možné zásobování substrátem provádět pomocí zemědělských strojů.

V závislosti na obsahu sušiny je substrát uložen buď do jímky (v případě tekutých substrátů), nebo ve skladech ve formě žlabů (pro vstupní suroviny o vyšším obsahu sušiny). Skladové plochy substrátu by měly být buď v uzavřené hale anebo zakryty proti úniku zápachu.

3.1.2. Úprava substrátu

Před samotným vsazením biomasy do výrobní části bioplynové stanice je nutné jí upravit tak, aby měla požadované vlastnosti a kvalitu. Substrát ve formě biologicky rozložitelných odpadů musí projít hygienizací, aby byly zlikvidovány všechny škodlivé bakterie. Hygienizace se provádí ve speciálních nádržích, kde dochází k ohřátí materiálu na teplotu 70 °C.



Další důležitou součástí přípravy substrátu je jeho třídění a oddělování nežádoucích příměsí. To se provádí většinou v předjímce, kde jsou odděleny například kameny a jiné nechtěné složky.

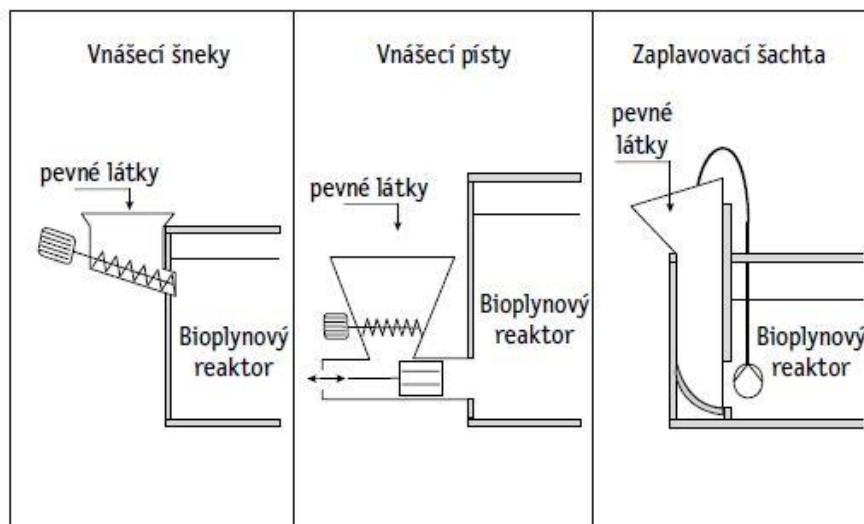
Pro snadnější biologický rozklad je nutné, aby byly částičky pevného substrátu dostatečně rozdrobené. Toho se dosahuje drcením. Rozdrcením vstupního materiálu se dosáhne zvýšení povrchu substrátu a tím i ke zvýšení produkce metanu. Drcení se nejčastěji provádí běžným jednoválcovým drtičem. U některých materiálů se může drcení provádět již u dodavatele substrátu.

Pokud je upravený substrát příliš hustý, provádí se ředění. Nejčastěji se tak děje za pomoci kejdy, již zfermentované kejdy nebo odpadní vody. V případě ředění již zfermentovanou kejdou je výhodou injektáž vstupního substrátu fermentačními bakteriemi.

3.1.3. Vsázení a dopravování substrátu

Způsob dopravy substrátu do výrobní části bioplynové stanice závisí především na hustotě substrátu. Pro pumpovatelné substráty se používají především odstředivá čerpadla, závitová čerpadla nebo vřetenová čerpadla. Tímto způsobem je tekutý materiál přečerpán do předjímky. Předjímka je zhotovena z železobetonu a měla by být přikryta kvůli zápachu. Hygienizace probíhá právě v předjímce. Pro sypký substrát je nutné použít pásový, případně šnekový dopravník. Sypký substrát bývá nejčastěji dávkován přímo do fermentoru, ovšem pokud bioplynová stanice nemá zařízení pro přímé dávkování, je nutné sypký substrát vsázet nejdříve do předjímky.

Samotné dávkování je v případě tekutých substrátů z předjímky prováděno samospádem a není tak potřeba dalších čerpadel. Sypké substráty, které nejsou dávkovány přes předjímku, se vpravují do fermentoru takzvaným přímým dávkováním. To se realizuje pomocí vnášecích šneků, vnášecích pístů, anebo prostřednictvím zaplavovací šachty. Graficky je to znázorněno na obrázku 3.1 [1] [26].



Obrázek 3.1 Postupy vnášení sypké biomasy [1]

V závislosti na periodě dávkování rozdělujeme bioplynové stanice na diskontinuální, semikontinuální a kontinuální. Dávkování do diskontinuálních bioplynových stanic se provádí jednou za pracovní cyklus, který odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se především pro suché vstupní materiály. Semikontinuální dávkování, vhodné pro zpracování tekutých materiálů, je nejpoužívanější a provádí se 1x až 4x za den. Kontinuální způsob dávkování se používá jen pro tekuté vstupní substráty s velmi malým obsahem sušiny [27].

3.2. Získávání bioplynu

Samotný vznik bioplynu probíhá ve velké nádrži válcovitého tvaru. Této nádrži se říká fermentor a je srdcem celé bioplynové stanice. Vyroben je většinou z železobetonu nebo nerezové oceli. V bioplynové stanici může být i několik fermentorů pracujících buď paralelně, nebo sériově. Stejně jako u předchozích odstavců, tak i zde se provedení liší v závislosti na vstupním substrátu a dalších parametrech.

3.2.1. Zařízení fermentoru

Aby anaerobní proces probíhal správně, je nutné zajistit příhodné podmínky, jak bylo popsáno v kapitole 2.1.2. Proto je fermentor vybaven tepelnou izolací a vytápěním. Teplo pro vytápění je rozváděno ve zdech a v podlaze fermentoru. Je dodáváno z kogenerační jednotky na bioplyn nebo z plynových kotlů. Možností je také předehřívání vstupního substrátu ještě před vsazením do fermentoru.



Pro potřebné promísení substrátu je nutné zajistit promíchávání pomocí vrtulových, lopatkových nebo pádlových míchadel. Méně používanou technologií je hydraulické a pneumatické míchání. K míchání se zde používá proud substrátu respektive proud bioplynu vhněný na dno fermentoru. Míchací technologie je potřebná pro rovnoměrné promíchání čerstvého a rozloženého substrátu. Promíchání probíhá v míchacích intervalech, které jsou různé pro každou bioplynovou stanici. Vhodné intervaly se zvolí až po spuštění BPS a testování.

Důležitým požadavkem je plynotěsnost fermentoru, aby vzniklý bioplyn shromažďující se na vrchu fermentoru neunikal do okolního prostředí. Zásobník plynu je ve většině případů umístěn přímo ve fermentoru pod jeho střechou a je realizován pomocí plynové membrány. Pro zásobníky s vyšším tlakem plynu se používají speciální hermetické nádrže z odolné oceli. Plynojemy musí být vybaveny přetlakovými pojistkami, podtlakovými pojistkami a nouzovým hořákem. Ten slouží pro nouzové spálení přebytečného bioplynu.

Po zfermentování je substrát odčerpáván čerpadly z fermentoru do skladovacích nádrží, nebo je pomocí přepadu na hladině nebo pod hladinou odváděn. Fermentory musí být vybaveny průzorem pro vizuální kontrolu fermentace. Nutnou podmínkou je také přítomnost revizního otvoru pro snadný přístup do nádoby fermentoru v případě nutných oprav.

3.2.2. Rozdělení fermentorů

Fermentory rozdělujeme do dvou hlavních skupin. Horizontální a vertikální fermentory jsou vhodné pro zpracování formou mokré fermentace. Naopak takzvané garážové fermentory se používají pro fermentaci suchou.

Hlavní nevýhodou garážových fermentorů je absence míchacího zařízení. Tento typ fermentačního zařízení je plněn čelním nakladačem a při nakládání je nutné dávat pozor, aby nebylo poškozeno plynové těsnění. Metoda suché fermentace je v porovnání s mokrou fermentací používána méně, a proto se budeme věnovat převážně mokré fermentaci.

Jak již bylo zmíněno výše, pro mokrou fermentaci se využívají fermentory horizontální nebo vertikální. Horizontální fermentory se používají pro menší bioplynové stanice. Jejich objem dosahuje jen 800 m³. Jsou vyrobeny převážně z nerezové oceli a do bioplynové stanice je nutné je transportovat z místa výroby. Z tohoto důvodu je omezena jejich velikost. Pro svůj válcovitý ležatý tvar s velkým povrchem mají nevýhodu ve velkých ztrátách tepla.



Více používané jsou vertikální fermentory. Ty jsou stavěny přímo v místě bioplynové stanice. Mívají kruhový půdorys a jako materiál je používán převážně železobeton, v některých případech ale i nerezová ocel. Fermentory tohoto typu mohou mít objem až 30 000 m³, ale většinou se staví menší nádrže s objemem do 6 000 m³. Vertikální fermentory mohou být umístěny nad zemí nebo částečně i úplně zapuštěny pod zem. Zapuštěním se dosáhne lepší tepelné izolace. Díky lepšímu poměru mezi povrchem a objemem fermentoru se snižují tepelné ztráty a náklady na stavební materiál [1] [27].

3.3. Zpracování bioplynu a digestátu

Vyrobený bioplyn je nutné před použitím spálením upravit a odstranit z něj nežádoucí složky. Jednou z nich jsou vodní páry. Sušení bioplynu se provádí zchlazením bioplynu pod rosný bod a následným ohřevem. Kondenzát odplaví také mechanické nečistoty obsažené v plynu. Nežádoucí složkou je také sulfan (H₂S), který při spalování způsobuje korozi kovových částí plynového motoru kogenerační jednotky. Proto je u bioplynových stanic instalována odsiřovací jednotka, ve které se využívá buď zachycení sulfanu na aktivní uhlí, anebo propírka bioplynu v methanolu. Další metodou odsíření je prohánění bioplynu přes drobné železné částičky. Po očištění od nežádoucích složek následuje upgradování bioplynu odstraněním oxidu uhličitého. Z čistících jednotek jde bioplyn nejčastěji do kogenerační jednotky nebo je využit jinak. Více o využití bioplynu naleznete v kapitole 2.2 [27].

Fermentační zbytek je po odvedení z fermentoru skladován ve skladovacích nádržích digestátu. Skladovací nádrže mají stejný tvar jako fermentor, ale často nejsou zastřešené. Velikost nádrže musí být optimalizována tak, aby nádrž byla schopna pojmout vyrobený digestát i v ročním období, kdy není zajištěn jeho trvalý odběr. Fermentační zbytky se mohou ze skladové nádrže rovnou odvážet a používat pro výrobu kompostu. Druhou možností je oddělení tekuté a pevné složky digestátu. Pevná složka digestátu se nazývá separát a tekutá složka fugát. Separace se provádí na bubnových nebo síťových separátorech. Separát se používá jako hnojivo, nebo je možné ho dále sušit a použít na výrobu pelet nebo briket. Fugát je následně čerpán do cisteren zemědělských strojů a aplikován na pole jako organické hnojivo [1].



4. Rozvoj bioplynových stanic v ČR

Díky podpoře obnovitelných zdrojů energie se od roku 2008 počet bioplynových stanic na našem území razantně zvyšoval. Do roku 2013 bylo každý rok do provozu průměrně uvedeno 64 bioplynových stanic. Nejvíce bioplynových stanic přibýlo v roce 2012, a to 120. Historie bioplynu v České republice sahá až do minulého století. První bioplynovou stanicí na našem území byla BPS v Třeboni, která byla postavena v roce 1974. Kombinovala využití kalu z čističky odpadních vod a vepřové kejdy. V roce 2009 zde byla postavena nová BPS. Třeboň je pro český bioplyn velmi důležité město. Od roku 1996 se zde pořádají podzimní konference, kterých se účastní největší odborníci na bioplyn z ČR. V letošním roce proběhl již 14. ročník. Byla zde také založena Česká bioplynová asociace, konkrétně se tak stalo v roce 2007.

4.1. Historie bioplynových stanic v ČR

Podle literatury [6] vznikl v době komunismu projekt Bioplyn, který se zaměřoval na výrobu bioplynu, přidruženou k velkochovům prasat s názvem Gigant. Tyto chovy byly doplňovány o kejdivé koncovky s vývinem bioplynu a čištěním odpadní vody. Později k nim byla doplněna i výroba dusíkatých hnojiv. V rámci velkochovů byla také zkoumána možnost „recyklace“ vepřové kejdy a po úpravě její opětovné použití jako krmiva. Trávicí proces u prasat je totiž nedokonalý a současně s odpadem odchází v kejdě i značné množství energie. Ovšem po podrobnějším výzkumu se zjistilo, že maso z takto krmených prasat není kvalitní. Při pádu komunismu v roce 1989 byla přerušena výstavba některých bioplynových stanic a pro český bioplyn nastaly horší časy. Až v novém tisíciletí se opět začala výstavba bioplynových stanic více rozvíjet. Důvodem pro to bylo především zjednodušení technologie výroby bioplynu a také jednodušší konstrukce BPS. Původní železné nádrže fermentorů byly nahrazeny betonovými jímkami s jednodušším tvarem. Původně se jako ideální tvar pro fermentor považoval tvar vejce, ovšem později se přešlo na válcový tvar, který známe dnes. Zajímavostí byl projekt BPS na slamnatý hnůj. Jednalo se o velké koše naplněné slamnatým hnojem, ve kterých se po určité době spotřeboval všechn vzduch a později vznikl bioplyn. Účinnost této výroby ale nebyla příliš velká a tak se od ní upustilo. Obě bioplynové stanice tohoto typu jsou v současné době již mimo provoz.



4.2. Současný vývoj bioplynových stanic v ČR

Jednou z prvních bioplynových stanic nové éry byla stanice v Letohradě. Vznikla úpravou jedné nádrže z kejdrového hospodářství a měla elektrický výkon 22 kW. Později byl její výkon navýšen na současných 70 kW [29].

Důležitým milníkem pro současný vývoj bioplynových stanic na našem území, byl rok 2004. V tomto roce vstoupila Česká republika do Evropské unie a zároveň se tak zavázala ke zvýšení podílu OZE na hrubé spotřebě elektřiny. Požadováno bylo dosažení 8% podílu v roce 2010 a poté dalšího postupného růstu podílu OZE. Tento závazek pomohl k postupnému nastartování systému podpor pro obnovitelné zdroje energie a tedy i pro rozvoj výroby bioplynu. V následujícím roce vešel v platnost zákon 180/2005 Sb. o podpoře OZE. Další formou podpory byly také operační programy financované z fondů EU, jako například Program rozvoje venkova nebo operační program Životní prostředí.

Výroba bioplynu v BPS napomáhá nejen ke snížení závislosti na fosilních palivech, ale je také prospěšná zemědělcům. Pro ně se stává zdrojem vedlejších příjmů a zároveň umožňuje využívat biologicky rozložitelné odpady nebo cíleně pěstovat biomasu na volné zemědělské půdě, která byla dříve pod dotacemi uváděna do klidu. Dalším přínosem je i vytvoření nových pracovních pozic [6].

Několik prvních nových bioplynových stanic se ale u okolního obyvatelstva setkala se zápornými reakcemi. Důvodem byl zápach způsobený neprofesionální konstrukcí těchto stanic. Konkrétně se jednalo o stanice ve Velkém Karlově a v Klokočově u Vítkova. Takovéto případy vzbudily především u neoborné veřejnosti negativní postoj k bioplynovým stanicím, který se jen pomalu daří odbourávat [8]. To vedlo dokonce k vydání metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ČR určující podmínky, které musí být při výstavbě bioplynové stanice dodrženy. Tento pokyn rozdělil BPS do tří skupin podle jejich vstupních substrátů. Jedná se o:

- zemědělské bioplynové stanice,
- bioplynové stanice na ČOV a
- ostatní BPS.

V závislosti na druhu bioplynové stanice je pak nutné určitým způsobem zamezit emisím pachových látek. V rámci této diplomové práce jsou pro nás nejdůležitější zemědělské bioplynové stanice. V nich se uvolňuje nejvíce zápachu při manipulaci se substrátem a to



především při dávkování do vstupní jímky. Zde může substrát začít kvasit a při další manipulaci s víkem jímky docházelo k uvolňování pachových látek. Pro tyto případy se používá biofiltr společně s odsáváním odpadního vzduchu z oblasti jímky. Dalším místem, kde se může uvolňovat zápach, jsou skládky vstupního substrátu. Eliminace tohoto zápachu se řeší překrytím skládky. Moderní bioplynové stanice tak již nejsou zátěží pro okolní obyvatele a jsou často stavěny na okrajích obcí [9].

4.2.1. Zajímavé bioplynové projekty

Záslouhou moderních technologií se začaly rozvíjet zajímavé projekty bioplynových stanic.

1) Bioplynová stanice Kněžice

Jedním z velmi úspěšných projektů je BPS v Kněžicích ve Středních Čechách. Zdejší bioplynová stanice zahájila provoz již v srpnu 2006. Do konce roku byl zprovozněn systém centrálního zásobování teplem, který pokrývá kolem 90 % trvalých obyvatel. Vyrobená elektrická energie je prodávána do sítě. Hlavními vstupy pro bioplynovou stanici jsou především zemědělské a potravinářské odpady, kukuřice a sláma. Kogenerační jednotka v bioplynové stanici má elektrický výkon 330 kW. Instalovaný tepelný výkon je pak 405 kW. V obci je také kotelna na biomasu se dvěma teplovodními kotli, která je ovšem v provozu jen v topném období. Díky těmto projektům se obec stala téměř energeticky soběstačnou a v roce 2007 získala cenu za energickou efektivnost – European Energy Award [10].

2) Bioplynová stanice Suchohrdly u Miroslavi

Zajímavé je řešení bioplynové stanice v Suchohrdlech u Miroslavi. Tato BPS leží v Jihomoravském kraji a z jejího areálu pochází téměř všechny čerstvě prodávané bylinky v českých obchodech. Vedle samotné bioplynové stanice se totiž nachází chov prasat a také nově postavený skleníku. V něm se pěstují právě bylinky určené pro český trh. K vytápění skleníku je používáno teplo z bioplynové stanice, která zpracovává kejdu z místního chovu prasat, siláž a cukrovarnické řízky. I ostatní objekty v areálu jsou vytápěny teplem z kogeneračních jednotek o celkovém tepelném výkonu 600 kW. Vyrobená elektrická energie z tohoto zdroje o instalovaném výkonu 495 kW, se využívá pro spotřebu celého zemědělského areálu a přebytky jsou prodávány do sítě [11]. Jedná se tedy o ukázkový případ, jak lze vyprodukovanou energii využít ihned v místě výroby a předejde se tak zvýšeným nákladům na dopravu energie do místa její spotřeby. Převážně v případě tepla je absence jeho dopravy přínosem.



3) Bioplynové stanice Přeštice a Třeboň

Bioplynová stanice u Přeštic v Plzeňském kraji a bioplynová stanice v Třeboni mají jednu zvláštnost oproti ostatním bioplynovým stanicím. Obě stojí mimo obec a se svými odběrateli jsou spojeny bioplynovodem. Díky bioplynovodu dojde ke zvýšení využití především na straně tepla. V Přešticích je bioplynová stanice situována přibližně 1,5 km od hranice města v areálu drůbeží farmy. Jako vstupní substrát se používá vysoce energeticky hodnotný drůbeží trus společně s kukuřičnou siláží a hovězí kejdou. Plynovod o celkové délce 2,7 km odvede převážnou část vzniklého bioplynu do města, kde je využíván ve dvou kotelnách centrálního zásobování teplem a také pro vytápění základní školy. V budoucnu se uvažuje o výstavbě plaveckého bazénu u školy, který by také využíval bioplyn z přeštické bioplynové stanice. Celkový elektrický výkon tohoto systému je 1 730 kW, přičemž celkový instalovaný tepelný výkon všech odběrových míst bioplynu je 1 855 kW [12].

Ovšem první BPS v ČR, využívající bioplynovod, je stanice v Třeboni. Zdejší zařízení bylo zprovozněno v roce 2009 a zásobuje plynem lázně Aurora. Blízko lázní byla postavena bioteplárna, v níž je instalována kogenerační jednotka o instalovaném elektrickém výkonu 844 kW, která spaluje bioplyn přiváděný plynovodem ze 4,3 kilometrů vzdálené bioplynové stanice. Zdejší kogenerační jednotka má tepelný výkon 874 kW. Vyrobené teplo je používáno v lázních k vytápění, také k ohřevu bazénů a teplé užitkové vody a například i pro ohřívání rašeliny. Teplem je zásobováno i několik přilehlých obytných domů. Stanice v Třeboni využívá pro svou výrobu především kukuřičnou siláž a travní senáž, pro ředění se používá vepřová kejda z blízkého chovu prasat. V samotném areálu bioplynové stanice je instalována menší kogenerační jednotka s elektrickým výkonem 175 kW a instalovaným tepelným výkonem 201 kW. Zdejší jednotka je používána především pro spotřebu v areálu bioplynové stanice. Díky efektivnímu využívání obnovitelných energetických zdrojů byla třeboňská bioplynová stanice vyhlášena jako „Český energetický a ekologický projekt roku 2009“.

Záslouhou podobně úspěšných projektů BPS a rostoucí podpory ze strany legislativy se počet bioplynových stanic poměrně rychle zvyšoval. V současné době je v České republice podle České bioplynové asociace [29] 554 bioplynových stanic o celkovém instalovaném výkonu těsně přes 400 MW. V průběhu let se ale snižovala cena silové elektřiny a naopak se zvyšovaly podíly příspěvků na obnovitelné zdroje energie a kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KVET) v ceně elektřiny. To vedlo k postupnému omezování podpory a



snižování počtu nových projektů BPS. Od roku 2014 byl jeden druh podpory bioplynových stanic úplně ukončen a je tak možné využívat pouze podpory plynoucí pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. O konkrétních formách podpory se podrobněji zmiňuje kapitola 5 [6].



5. Podpora rozvoje bioplynových stanic

Již mnohokrát byl v této práci zmíněn termín „podpora obnovitelných zdrojů energie“. Proto bude v této kapitole podrobněji rozebrána problematika aktuální podpory obnovitelných zdrojů v České republice, převážně se zaměřením na bioplynové stanice.

Aby mohly být na určitý zdroj aplikovány právní předpisy určené pro OZE je nejprve potřeba, aby zdroj splňoval definici obnovitelného zdroje. Podle definice ze zákona 165/2012 Sb. [20] se „obnovitelnými zdroji energie“ rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Přičemž podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES se „energií vyrobenou z obnovitelných zdrojů“ rozumí energie vyrobená z výše uvedených zdrojů.

Důležitým termínem, který je také používán, je „elektřina vyrobená z obnovitelných zdrojů energie“. Tento pojem je definován ve směrnici 2001/77/ES a rozumí se jím elektřina vyrobená v zařízeních, která využívají pouze obnovitelné zdroje energie, a část elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie v hybridních zařízeních, která využívají i konvenční zdroje energie, a to včetně obnovitelné elektrické energie používané k doplnění akumulčních systémů, ale s výjimkou elektřiny vyrobené jako výsledek těchto akumulčních systémů.

Dále je nutné si uvědomit, kdo všechno se stará o nastolení pravidel pro podporu výroby energie z OZE. V první řadě je to samozřejmě stát a jeho vláda. Ta má za úkol nastavit zákony tak, aby směřovaly vývoj energetiky v dané zemi podle aktuální státní energetické koncepce. V závislosti na znění SEK, cílech obsažených v tomto důležitém dokumentu a také samozřejmě na aktuální situaci je zvolena forma podpory OZE. Po odsouhlasení navržených zákonů může být podpora uvedena v platnost. Občas se ovšem stane, že je podpora nevhodně nastavena a je nutné již vydané zákony poupravit. Jak se dočtete dále v této kapitole, tak i takovéto zákony byly u nás vydány.

Druhým velmi důležitým orgánem při rozhodování o podpoře obnovitelných zdrojů energie je Energetický regulační úřad (ERÚ). Ten v cenovém rozhodnutí stanovuje konkrétní výši jednotlivých druhů podpor. Cenové rozhodnutí je vydáváno na základě § 10



odst. 2 zákona č. 526/1990 Sb., o cenách a podle § 17 odst. 6 písm. d) zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů [15]. Cenová rozhodnutí bývají vydávána většinou v posledním kvartálu kalendářního roku a udávají výši podpor pro následující rok. Také zde se může stát, že cenové rozhodnutí je poupraveno vícekrát za rok, jako se tomu stalo například v roce 2009. Nové cenové rozhodnutí 4/2009 bylo vydáno 3. listopadu 2009, ovšem už za 20 dní bylo toto rozhodnutí nahrazeno novým 5/2009.

Posledním subjektem, který zasahuje do procesu podpory obnovitelných zdrojů energie je Evropská unie. EU může ovlivňovat podporu v jednotlivých členských zemích dvěma způsoby. Prvním způsobem je vydání směrnice Evropského parlamentu. Směrnice Evropská unie závazně určuje členským státům cíl, kterého musí daný stát dosáhnout. Směrnice musí být do určité doby implementována do zákonů daného státu. Směrnice ovšem neurčuje, jakým způsobem musí být cílů dosaženo a poskytuje tak vládám států určitou volnost ve zvoleném postupu. Druhým a poměrně přísnějším právním aktem ze strany EU je nařízení Evropského parlamentu. Nařízení je právně závazné a není nutné ho nijak začleňovat do zákonů ve členských zemích. Nařízení totiž platí samo o sobě. Vzhledem k postoji Evropské unie k ochraně životního prostředí a k využívání obnovitelných zdrojů energie, je vydávání směrnic a nařízení, týkajících se této oblasti, poměrně častým úkazem.

Při stavbě bioplynové stanice může být zažádáno také o dotaci na samotnou výstavbu. Jedná se především o dotace v rámci operačních programů z evropských fondů. Jedním z příkladů je Program rozvoje venkova.

5.1. Právní podmínky pro podporu OZE

Nyní se ale již zaměříme na aktuální právní podmínky vztahující se k využívání obnovitelných zdrojů energie a jejich podpoře. Hlavními dokumenty týkajícími se OZE jsou:

- a) Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.
- b) Zákon č. 458/2000 Sb. (energetický zákon), o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů



- c) Vyhláška ERÚ č. 347/2012 Sb., kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů, ve znění pozdějších předpisů.
- d) Aktuální cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu
- e) Vyhláška MPO č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny nebo teplené energie
- f) Vyhláška MPO č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů, způsob využití obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a uchování dokumentů o použitém palivu, biologicky rozložitelná část komunálního odpadu, požadavky na kvalitu biometanu a kritéria udržitelnosti pro biokapaliny [18].
- g) Směrnice Evropského parlamentu 2009/28/EC o podpoře a využívání energie z obnovitelných zdrojů [19].

Základním kamenem je zákon 165/2012 Sb., Tento zákon upravuje podporu nejen OZE, ale také podporu druhotných energetických zdrojů, podporu vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a zaměřuje se též na podporu decentrální výroby. Jednotlivé formy podpory týkající se bioplynových stanic jsou rozebrány v podkapitole 5.2. V zákoně 165/2012 Sb., je definováno několik základních pojmů týkajících se podpory obnovitelných zdrojů energie.

Velmi důležitým ustanovením v zákoně 165/2012 Sb. je § 7 odst. 1, v němž je řečeno, že provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy je povinen na svém licencí vymezeném území přednostně připojit k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě výrobu elektřiny z podporovaného zdroje za účelem přenosu nebo distribuce elektřiny, pokud o to výrobce požádá a splňuje podmínky připojení. Výjimkou jsou situace, pokud je prokázán nedostatek kapacity zařízení pro přenos nebo distribuci nebo při ohrožení bezpečného a spolehlivého provozu elektrizační soustavy.

5.2. Formy podpory obnovitelných zdrojů energie

V České republice jsou nastaveny dvě formy podpory, zelený bonus a výkupní cena elektřiny. Výrobce elektřiny si může zvolit formu podpory na daný rok platnou od 1. ledna. Ovšem je zde jisté omezení. Podporu formou výkupní ceny elektřiny si může zvolit pouze provozovatel vodní elektrárny, pokud instalovaný výkon zdroje nepřesahuje 10 MW. Pro výrobce elektřiny z ostatních druhů obnovitelných zdrojů je tato hranice stanovena na



100 kW. Podporu formou zelených bonusů si může zvolit výrobce elektřiny z OZE bez ohledu na instalovaný výkon elektrárny. Toto omezení se týká jen nových zdrojů, uvedených do provozu po vydání zákona 165/2012 Sb.. Zdroje zprovozněné dříve mohou volit mezi oběma druhy podpory bez ohledu na instalovaný výkon.

Výše výkupních cen a zelených bonusů na elektřinu je stanovena Energetickým regulačním úřadem v cenovém rozhodnutí. Podporu elektřiny formou výkupních cen nelze v rámci jedné výroby elektřiny kombinovat s podporou elektřiny formou zelených bonusů na elektřinu.

5.2.1. Výkupní cena elektřiny

V případě podpory formou výkupní ceny je povinně vykupující povinen vykoupit veškerý objem elektřiny naměřený v předávacím místě výroby elektřiny za cenu stanovenou v aktuálním cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu. Povinně vykupující přitom nese odpovědnost za odchylku v předávacím místě výroby elektřiny. Výkupní cena se udává v Kč/MWh. Výše podpory pro různé druhy OZE je stanovena tak, aby bylo dosaženo patnáctileté prosté návratnosti investice. Výkupní cena elektřiny je po dobu životnosti elektrárny zachována s pravidelnou roční indexací 2 % [18].

Výkupní cena stanovená ERÚ pro následující kalendářní rok nesmí být nižší než 95 % výkupní ceny v daném roce. Pokud je ovšem pro určité zdroje dosaženo kratší prosté návratnosti investice než 12 let, je možné výkupní cenu snížit i o více než 5 %. Výše výkupní ceny v určitém roce nesmí být vyšší než 115 % výkupní ceny roku předchozího.

Jak již bylo napsáno dříve, tuto formu podpory si může zvolit jen výrobce elektřiny s instalovaným výkonem do 100 kW pro všechny zdroje s výjimkou elektráren využívajících energii vody, tam je hranice stanovena na 10 MW. Pokud má energetický zdroj vyšší výkon, než jsou zmiňované hodnoty, je poté možné využívat jen podporu formou zelených bonusů na elektřinu.

5.2.2. Zelený bonus na elektřinu

Zelený bonus má jiný princip než výkupní cena. Jedná se o příplatek k prodané elektřině za tržní cenu. Zelené bonusy jsou ovšem přiznány i za vyrobenou elektřinu, která není dodána do sítě, ale je spotřebována v místě výroby. Výše zeleného bonusu se udává v Kč/MWh. Výrobce elektřiny si ovšem v případě výběru zelených bonusů musí sám najít odběratele vyrobené elektřiny a sjednat si s ním cenu. To vede ke zvýšenému riziku, protože výrobce nemá zajištěnou pevnou cenu výkupu.



Podle zákona 165/2012 Sb., existují dva druhy zelených bonusů, prvním druhem je roční zelený bonus, který je poskytován jen výrobnám s instalovaným výkonem do 100 kW. Pro výrobní s instalovaným výkonem nad 100 kW je zde druhá varianta tzv. hodinový zelený bonus. Důležitým omezením pro obor bioplynových stanic je podmínka, která ukládá při KVET pouze možnost ročního zeleného bonusu.

Výši zeleného bonusu stanovuje ERÚ v cenovém rozhodnutí pro daný rok. Jeho výše je stanovena podle vztahu (5.1).

$$CE_{Tržní} + Zb > VC \quad [\text{Kč/MWh}] \quad (5.1)$$

kde

$CE_{Tržní}$ očekávaná tržní cena elektřiny v daném období [Kč/MWh]

Zb výše zeleného bonusu na elektřinu stanovená na dané období [Kč/MWh],

VC výše výkupní ceny elektřiny stanovená na dané období [Kč/MWh].

Zelený bonus je tedy nastaven tak, aby byl zvýhodněn oproti výkupní ceně, jako odměna za riziko. Výše ročního zeleného bonusu na elektřinu je stanovena tak, aby pokryla pro daný druh obnovitelného zdroje alespoň rozdíl mezi výkupní cenou a očekávanou průměrnou roční hodinovou cenou. Výše hodinového zeleného bonusu musí pokrýt pro daný druh obnovitelného zdroje alespoň rozdíl mezi výkupní cenou a dosaženou hodinovou cenou elektřiny [20].

5.3. Aktuální podpora pro BPS

Jak již bylo zmíněno, výši podpory pro obnovitelné zdroje energie stanovuje energetický regulační úřad v cenovém rozhodnutí. V tomto dokumentu jsou pro jednotlivé zdroje stanoveny hodnoty zelených bonusů a výkupních cen na daný rok. Velikost podpory se liší v závislosti na roce uvedení bioplynové stanice do provozu. V cenovém rozhodnutí 4/2013 byla podpora pro některé druhy OZE výrazně snížena nebo úplně zastavena. Jedním ze zdrojů, pro které byla podpora snížena, jsou i bioplynové stanice. Tento krok byl způsoben velkým rozvojem bioplynových stanic do roku 2013. V tu dobu byl naplněn cíl pro výrobu elektřiny z BPS definovaný v Národním akčním plánu a podpora tak byla zastavena.



V novém cenovém rozhodnutí pro rok 2015 s názvem 1/2014 je stále udržován stejný trend jako v předchozím platném rozhodnutí č. 4/2013. Stanovené výše podpory pro spalování bioplynu a dalších plynů jsou v příloze č. 2. Z ní je patrné, že podpora pro bioplynové stanice uvedené do provozu po 31. 12. 2013 je v této kategorii nulová. Posledními BPS, které mohly využívat formu této podpory, jsou stanice s instalovaným výkonem do 550 kW uvedené do provozu do konce roku 2013.

V současné době je při výrobě elektřiny v bioplynových stanicích možné využít jen podporu pro výrobu elektřiny z KVET. Tato podpora se skládá ze základní sazby ročního zeleného bonusu a z doplňkové sazby ročního zeleného bonusu. Celková výše podpory při výrobě v KVET je podle bodu 3.4.1 z cenového rozhodnutí č. 1/2014 vypočítána podle vztahu (5.2)[21]

$$C_{zb} = E_{KVET} * (ZB_{zakl.sazba} + ZB_{dopl.I}) \quad [\text{Kč}] \quad (5.2)$$

kde

C_{zb}	celková výše podpory na elektřinu z KVET [MWh/období],
E_{KVET}	množství elektřiny z KVET [MWh/období],
$ZB_{zakl.sazba}$	základní sazba zeleného bonusu [Kč/MWh],
$ZB_{dopl.I}$	doplňková sazba <i>I</i> k základní sazbě zeleného bonusu [Kč/MWh].

Perioda, ve které je podpora vyplácena může být buď měsíc, nebo čtvrtletí. Výše základní sazby zeleného bonusu respektive doplňkové sazby jsou patrné z tabulek 5.1 a 5.2.



ř./sl.	Podporovaný druh energie a	Instalovaný výkon výrobný [kW]		Provozní hodiny [h/rok] j	Zelené bonusy [Kč/MWh] m
		od d	do (včetně) e		
700	Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	200	3 000	1 640
701		0	200	4 400	1 180
702		0	200	8 400	250
703		200	1 000	3 000	1 180
704		200	1 000	4 400	780
705		200	1 000	8 400	170
706		1 000	5 000	3 000	830
707		1 000	5 000	4 400	500
708		1 000	5 000	8 400	75
709	Elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny současně podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	5 000	8 400	45

Tabulka 5.1: Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET pro výrobu elektřiny s celkovým instalovaným výkonem kogeneračních jednotek do 5 MWe (včetně) [21]

Pro bioplynové stanice je ovšem platný řádek číslo 709, protože se jedná o obnovitelný zdroj, který je již podporován ve zmíněné kategorii (1). Pokud bychom se ale zřekli podpory za spalování bioplynu, která je v současné době stejně nulová, můžeme čerpat vyšší podporu na elektřinu z KVET a to konkrétně podle řádků 700 – 708.



ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	k	m
770	Výroba elektřiny spalující čistou biomasu	1.1.2013	31.12.2013	0	5 000	O	100
771		1.1.2014	31.12.2015	0	5 000	O	455
772	Výroba elektřiny spalující (samostatně) plyn ze zplyňování pevné biomasy	1.1.2013	31.12.2013	0	2 500	O	455
773		1.1.2014	31.12.2015	0	2 500	O	755
774	Výroba elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici	1.1.2013	31.12.2013	0	2 500	AF	455
775	Výroba elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici splňující podmínku bodu (3.4.2.)	1.1.2014	31.12.2015	0	2 500	AF	900
776	Nová výroba elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici splňující podmínku bodu (3.4.3.)	1.1.2014	31.12.2015	0	550	AF	900
777	Výroba elektřiny spalující dříví plyn	1.1.2013	31.12.2015	0	5 000	-	455
778	Výroba elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	-	31.12.2012	0	5 000	-	155
779	Výroba elektřiny spalující (samostatně) zemní plyn	-	31.12.2015	0	5 000	-	455

Tabulka 5.2 Doplnková sazba / k základní sazbě ročního zeleného bonusu za veškerou elektřinu z KVET [21]

V tabulce 5.2 je zmíněn bod (3.4.2), který stanovuje, že podporu z řádku 775 může využívat jen výrobní zdroj elektřiny navyšující instalovaný výkon výroby elektřiny, která byla uvedena do provozu před 1. lednem 2014. Tato podpora se tedy nedá využít pro nově postavené bioplynové stanice. Pro nové BPS do instalovaného výkonu 550 kW platí řádek 776, v němž je stanovena výše doplňkové sazby zeleného bonusu na 900 Kč/MWh.



6. Budoucnost výstavby bioplynových stanic

Nejprve je nutno uvést, jaké cíle jsou stanoveny pro obor BPS ve státní energetické koncepci (SEK). V aktuální státní energetické koncepci z roku 2004 není o bioplynových stanicích a ani obecně o bioplynu příliš informací. Jediný cíl, zmiňující problematiku bioplynu, se týká analyzování potenciálu jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů a jejich možného budoucího využití na území České republiky. Je zde zmíněno vytvoření správných podmínek pro pěstování biomasy, produkci bioplynu a biopaliv obecně. V SEK je odhadnuta výroba elektřiny jednotlivých obnovitelných zdrojů a to až do roku 2020. Předpokládané hodnoty v TWh jsou v tabulce č. 6.1 [13].

TWh	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Biomasa	0,01	1,60	4,86	6,32	7,81	10,25	10,96
MVE	0,52	0,80	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Vítr	0,01	0,57	0,93	1,01	1,25	1,44	1,44
Fotovoltaika	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Bioplyn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16

Tabulka 6.1 Výroba elektřiny z OZE [13]

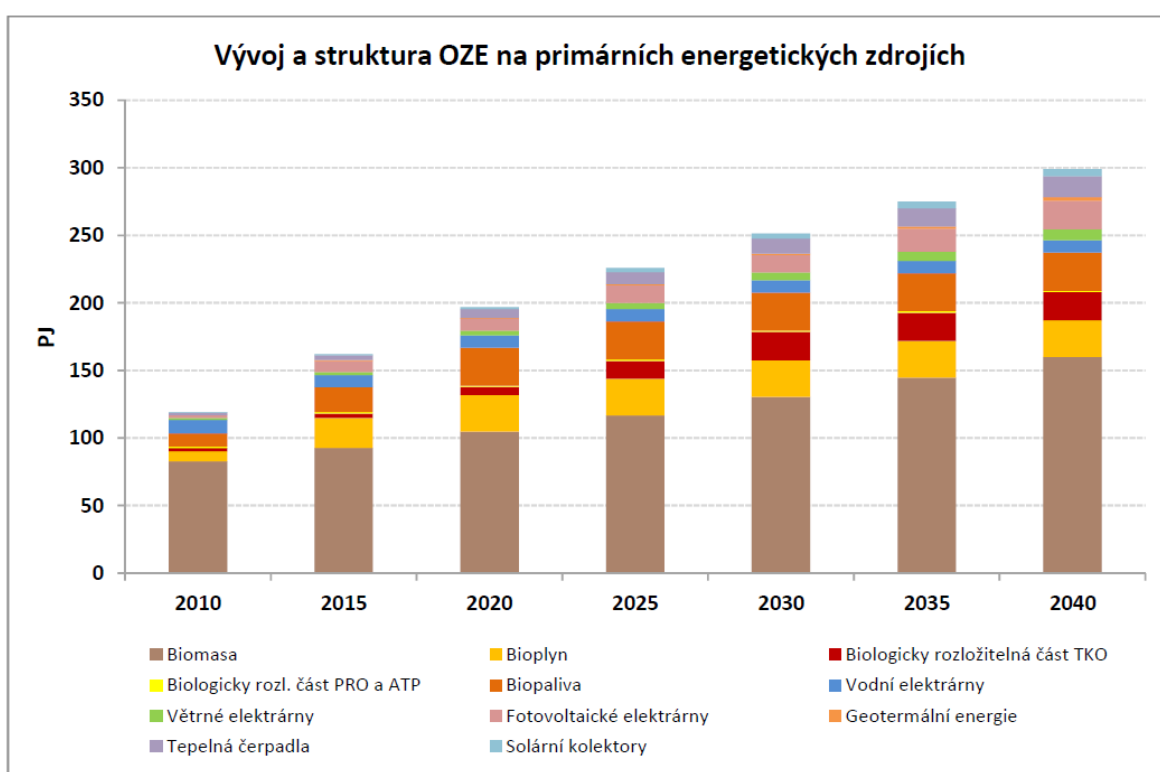
Vzhledem k zastaralosti aktuální koncepce z roku 2004 se v současné době jedná o její aktualizaci. Návrh z roku 2012 sice vláda projednala, ale neschválila. Před konečným schválením si ještě vyžádala analýzu vlivu na životní prostředí (SEA). Do této doby (květen 2015) ještě nová státní energetická koncepce není schválena. Poslední aktuálně dostupnou verzí je návrh z prosince 2014, která je v současnosti stále v projednávání. V ní je nastíněn očekávaný vývoj energetiky ČR do roku 2040 a také strategické cíle, kterých by se mělo dosáhnout.

Směrnicí 2009/28/EC byl pro Evropskou unii stanoven cíl, podle kterého musí do roku 2020 být 20 % hrubé konečné spotřeby energie kryto obnovitelnými zdroji energie. Pro každou zemi byl ale tento podíl zvolen individuálně. Česká republika musí do roku 2020 dosáhnout 13% podílu OZE na hrubé spotřebě. V současné době byl schválen nový klimaticko-energetický balíček EU, který prosazuje 27 % energie pocházející z obnovitelných zdrojů v rámci celé unie do roku 2030. Jedním z hlavních cílů v nově navrhované koncepci z roku 2014 je tedy zvyšování zmíněného poměru a splnění závazku



EU do roku 2020. Aby bylo tohoto cíle dosaženo, je nutno plošně podporovat obnovitelné zdroje, ovšem musí tak být učiněno velmi citlivě. Podpora by podle navrhované koncepce neměla být vysoká a naopak by měla být flexibilní a postupně utlumovaná.

Ke splnění cíle 13 %, má podle návrhu podstatnou měrou přispět převážně biomasa. Ta má podle studie největší potenciál, který musí být v následujících letech využit. Hlavní složkou má být cíleně pěstovaná biomasa. V oblasti bioplynu se očekává nejvyšší nárůst v zemědělském využití. Nárůst podílu bioplynu na celkových obnovitelných zdrojích energie by se měl zastavit v roce 2020 a do roku 2040 se předpokládá, že bude tento podíl konstantní. Názorně je tento očekávaný trend patrný na grafu 6.1 [14]



Graf 6.1 Vývoj a struktura OZE [14]

Stejný trend bude podle energetické koncepce převládat i v oblasti výroby elektrické energie. Podle odhadu vývoje by mělo být v roce 2015 vyrobeno 2 754,0 GWh elektřiny z bioplynu, na rok 2020 je odhadováno 3 121,2 GWh, přičemž v roce 2040 by mělo být vyrobeno 4 256,0 GWh elektřiny z bioplynu.

Jedním z dílčích cílů stanovených v posledním návrhu státní energetické koncepce je podporování kogenerační výroby elektřiny a tepla z bioplynových stanic, které používají jako palivo biologicky rozložitelný odpad z komunálních a zemědělských odpadů a odpadů



z potravinářského průmyslu. Tím by se mělo snížit množství ukládaného komunálního odpadu na skládkách [14].

6.1. Budoucnost podpory bioplynových stanic

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5, v současné době je tedy provozní podpora pro výrobu elektřiny z bioplynu zastavena. Provozovatelé bioplynových stanic mohou využívat jen podporu na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Ovšem v připravované novele energetického zákona se opět objevuje myšlenka podpory novým bioplynovým stanicím. Mělo by se jednat především o malé bioplynové stanice zpracovávající zemědělský a komunální biologický odpad. Podpora bude s největší pravděpodobností řešena formou zelených bonusů od roku 2017.

Největší potenciál tedy mají v budoucnu především malé bioplynové stanice s instalovaným elektrickým výkonem do 500 kW, které budou využívat biologicky rozložitelné odpady. V minulosti se u nás tento typ bioplynových stanic příliš nestavěl, protože BPS na zpracování odpadů měly paradoxně nižší podporu než stanice na zpracování rostlinných substrátů. To by se ale v budoucnu mělo změnit. Ovšem výše zmíněné znovuzavedení podpory pro nové malé bioplynové stanice má i své odpůrce. Jedním z hlavních argumentů je, že BPS na biologické odpady mají nulové palivové náklady, takže by pro ně byla vhodnější jen investiční podpora. Ta už se ale vyplácí i dnes v rámci operačních programů. Po vydání novely energetického zákona v nejbližších měsících by tedy mělo být jasné, zda se Česká republika vydá stejným směrem jako Německo a bude podporovat malé BPS, anebo zvolí úplně jiný systém podpor, nebo dokonce zůstane u současného schématu bez podpory bioplynových stanic [22].



7. Návrh výstavby bioplynové stanice na rostlinné produkty

Druhá část této práce se bude zabývat přímo návrhem bioplynové stanice na rostlinné produkty v určité lokalitě České republiky. Než ale dojde k představení lokality výstavby a samotnému technickému návrhu bioplynové stanice je třeba si v krátkosti popsat, jak se rozdělují náklady a výnosy bioplynových stanic. Poté bude možno již přistoupit k praktické části této práce.

Jak již bylo zmíněno v první části této práce, bioplynová stanice se ekonomicky vyplatí jen v případě, že je postavena v blízkosti zdroje organických surovin, vhodných pro zpracování v BPS. Neméně důležité je také zajistit efektivní využití výstupů: elektřiny, tepla a digestátu. Pro výsledek této práce bude tedy velmi důležité, aby lokalita plánované výstavby BPS splňovala tyto požadavky. Ideálním místem pro vybudování bioplynové stanice na rostlinné produkty je tak zemědělský areál v blízkosti nějakého města. Popsáním lokality výstavby se zabývá kapitola 7.2.

Následně je navrženo technické řešení bioplynové stanice a několik variant jejího provozu. Tímto se podrobněji zabývá kapitola 7.3.

7.1. Rozdělení nákladů a výnosů bioplynové stanice

Cílem druhé části této práce bude především ekonomické vyhodnocení projektu bioplynové stanice na rostlinné vstupy. K výpočtu ekonomické efektivity je ale potřeba znát určité základní pojmy z ekonomie, které budou vysvětleny v této kapitole. Samotné metody a postupy ekonomického hodnocení budou představeny ale až v kapitole 8.

Dva základní pojmy, které potřebuje čtenář znát pro pochopení praktické části této práce, jsou náklady a výnosy.

Podle literatury [28] jsou náklady peněžním vyjádřením spotřeby majetku, včetně opotřebení dlouhodobého majetku, živé práce (mzdy) a cizích služeb nakoupených od jiných podniků. Nesmí se ovšem zaměřovat s výdaji. Výdaje představují přímo úbytek peněžních prostředků podniku, ať už ve formě hotovosti, nebo v elektronické podobě na účtu v bance. U výdajů není důležitý účel jejich použití. Náklady vyjadřují vstupy podniku, které jsou využívány k vytvoření určitého výstupu (produktu).



Výnosy jsou definovány jako peněžní vyjádření výsledků získaných z veškerých činností za určité účetní období, bez ohledu na to, zda došlo k platbě za tyto výnosy, či nikoliv [28]. Účetním obdobím mohou být například měsíce nebo rok. Výnosy se uznávají v okamžiku, kdy je produkt předán zákazníkovi. Opět je důležité dát si pozor na zaměňování pojmu výnosy s pojmem peněžních příjmů. Ty představují přírůstek peněžních prostředků ať už ve formě hotovosti nebo na bankovní účet. Peněžní příjmy jsou tedy opakem výdajů.

7.1.1. Rozdělení nákladů

V praxi se náklady dělí podle různých hledisek v závislosti na následném použití. My zde ale budeme používat jen druhové členění nákladů. Tímto členěním budeme rozdělovat náklady v praktické části práce. Podle tohoto typu členění dělíme náklady do následujících tří skupin:

- provozní,
- finanční,
- mimořádné.

Mezi provozní náklady řadíme náklady na spotřebu materiálu, odpisy, mzdové náklady a také náklady na přijaté služby a statky potřebné v provozování podnikové činnosti. Takovou službou může být v případě bioplynové stanice například údržba zařízení. Mezi hlavní provozní náklady BPS patří náklady na pořízení vstupního substrátu.

Finanční náklady se týkají především činností podniku, spojených s platbou úroků z úvěrů, výplatou dividend a podobně. U bioplynových stanic se do finančních nákladů zahrnují placené úroky, ať už spojené s platbou úvěru nebo také jako penále za nedodržení určité smlouvy.

Jak již název napovídá, vznik mimořádných nákladů se vztahuje k určité mimořádné události, která je neobvyklá nebo neočekávaná vzhledem k běžné činnosti podniku. U BPS se může jednat například o náklady na opravu škod vzniklých při živelné pohromě nebo opravy nákladů minulých období.

Jen pro úplnost je třeba zmínit, že výše zmíněné náklady nejsou jedinými náklady v projektu bioplynové stanice. V praktické části bude stěžejní částí určení počátečních investičních nákladů, jejichž výše bude velmi výrazně ovlivňovat ekonomické hodnocení celého projektu bioplynové stanice.



7.1.2. Rozdělení výnosů

Podobně jako náklady, tak i výnosy dělíme to tři kategorií podle toho, za jakých událostí vznikly. Konkrétně se jedná opět o:

- provozní,
- finanční,
- a mimořádné výnosy.

Provozní výnosy jsou spojeny s provozními a výrobními činnostmi podniku. Jedná se především o výnosy za prodej výrobků a služeb. V případě bioplynové stanice to mohou být výnosy za prodej samotného bioplynu, nebo prodej elektřiny, tepla a digestátu.

Stejně jako finanční náklady, tak i finanční výnosy vznikají při činnosti, která přímo nesouvisí s výrobní částí podnikání. Mezi tento druh výnosů řadíme například přijaté dividendy, nebo úroky z vkladů. U bioplynových stanic se finanční výnosy příliš nevyskytují.

Mimořádné výnosy mají stejnou povahu jako v případě mimořádných nákladů. Jedná se o výnosy, vznikající při neočekávaných událostech. Příkladem takového druhu výnosů může být plnění od pojišťovny.

7.2. Analýza lokality výstavby bioplynové stanice

V této kapitole bude podrobně představena a analyzována lokalita hodnoceného projektu výstavby bioplynové stanice.

Stavbu bioplynové stanice zvažuje zemědělské družstvo ležící blízko středně velkého města v jižních Čechách. Družstvo obhospodařuje 1 850 ha zemědělské půdy, na kterých je pěstována především pšenice, ječmen a řepka. Z celkové zemědělské půdy je přibližně 400 ha trvalého travního porostu. Cílem výstavby bioplynové stanice v areálu družstva je diverzifikování činností zemědělského družstva a také příjmy za prodej elektřiny a tepla z kogenerační jednotky.

Město ležící v těsné blízkosti zemědělského družstva má přibližně 70 000 obyvatel a disponuje běžnou občanskou vybaveností. Je zde několik mateřských, základních i středních škol, domov důchodců, nemocnice a mnoho obchodů. Na okraji města leží sportovní centrum se zimním stadionem, sportovní halou, aquaparkem, letním koupalištěm a mnoha dalšími sportovišti.



Právě areál sportovišť je hlavním plánovaným odběratelem elektřiny a tepla z bioplynové stanice. Část vyrobeného tepla bude využita přímo v areálu bioplynové stanice pro ohřev fermentorů. Primárně je plánována dodávka tepla do aquaparku, letního koupaliště a sportovní haly. Přebytek tepla, který nebude využitý v areálu sportovišť, bude dodáván do bytového domu v sousedství sportovního areálu. Zbytek nevyužitého tepla bude odváděn chladiči do okolního prostředí.

Vyrobená elektřina z bioplynu bude zčásti využívána v bioplynové stanici pro technologickou vlastní spotřebu, zbytek pak může být využit v areálu sportovišť. Přebytek elektrické energie bude po uspokojení spotřeby sportovišť prodáván do sítě nízkého napětí. Žádná elektřina nebude dodávána do bytového domu.

Zbytek po fermentaci z bioplynové stanice, tzv. digestát, bude v zemědělském družstvu používán jako organické hnojivo. Dojde tak k částečné úspoře za nákup hnojiv pro obhospodařování půdy.

Výstavba bioplynové stanice přispěje k energetické soběstačnosti sportovního areálu a pomůže k rozvoji zemědělského družstva, provoz stanice zároveň vytvoří nová pracovní místa v regionu.

7.2.1. Analýza zemědělského družstva

Družstvo plánuje pro pěstování energetických plodin pro potřeby bioplynové stanice uvolnit až 230 ha zemědělské půdy. V případě, že nebude využita všechna dostupná plocha, její přebytek bude využit k osetí jinou plodinou. Jako vhodné energetické plodiny pro výrobu bioplynu v bioplynové stanici byly vybrány kukuřice a travní směs, které budou zpracovány na siláž. Pracovníci zemědělského družstva mají s produkcí těchto plodin patřičné zkušenosti a není tedy potřebné žádné dodatečné zaškolení.

Díky značným zkušenostem a zvolenému typu osiva je družstvo schopno produkovat siláž s kvalitními parametry. Konkrétní hodnoty jsou v tabulce 7.1.



	Travní siláž	Kukuřičná siláž
Sušina (TS) [%]	35	30
Organické látky v sušině (oTS) [%]	92	92
Počet sklizní za rok	3	1
Výnos [t/ha]	20	35
Výtěžnost bioplynu [Nm³/t oTS]	580	730

Tabulka 7.1 Parametry vstupních surovin [40]

Z tabulky 7.1 je patrné, že travní siláž má větší podíl sušiny nežli kukuřičná siláž, ovšem má mnohem menší výnos na hektar oseté plochy. Řádek organické látky v sušině udává, kolik procent ze sušiny obsažené v siláži je organická látka, tedy látka, která může být rozložena anaerobním procesem. Položka výtěžnost bioplynu říká, kolik normativních (jmenovitých) metrů krychlových bioplynu vznikne z jedné tuny rozkládané organické látky. Můžeme si všimnout, že výtěžnost kukuřičné siláže je o 150 Nm³/t oTS vyšší a z jedné tuny kukuřičné siláže tedy získáme více bioplynu nežli z jedné tuny siláže travní.

Ze zemědělské plochy určené pro pěstování energetických plodin je možno získat až 8 050 t kukuřičné siláže, nebo 4 600 t travní siláže, popřípadě různou kombinací siláže z obou dvou plodin. Pro sklad vstupních surovin bude potřeba postavit silážní žlaby v areálu zemědělského družstva. Pro uskladnění získaného digestátu je plánována výstavba uskladňovací nádrže. Areál zemědělského družstva disponuje dostatečnou plochou pro výstavbu bioplynové stanice a skladovacích ploch.

Pro produkci plodin potřebných na výrobu bioplynu nebude zapotřebí dokupovat žádné zemědělské stroje, neboť družstvo disponuje dostatečným počtem zemědělské techniky na pěstování a zpracování zemědělských produktů. Po sklizni kukuřice a travní směsi budou silážní žlaby naplněny sklizenou plodinou a pečlivě udusány a překryty, aby nedocházelo k znehodnocování uskladněné siláže.

V areálu zemědělského družstva se nepočítá s využitím tepla ani elektřiny vyrobených v bioplynové stanici. Teplo a elektřina z BPS bude v areálu družstva zajišťovat jen vlastní technologickou spotřebu bioplynové stanice. Vlastní technologická spotřeba elektřiny v bioplynové stanici je zastoupena převážně spotřebou na míchání, dávkování substrátu a přečerpávání. Teplo pro vlastní spotřebu bude využito pro ohřev fermentorů. Nevyužitá elektrická energie bude prodávána do sítě NN a nevyužitě teplo bude vypouštěno do okolního prostředí.



7.2.2. Analýza sportovního areálu

Sportovní areál leží na okraji města. V těsné blízkosti se nachází les a pole, které odděluje sportoviště od areálu zemědělského družstva. Jedná se o víceúčelový areál, který obsahuje různé druhy sportovišť pro širokou škálu sportů. Nalézá se zde sportovní hala pro míčové hry, hokejový a hokejbalový stadion, tenisové kurty, atletický stadion, fotbalový stadion, dráha pro in-line bruslení a přetlaková sportovní hala. Součástí areálu je také aquapark a letní koupaliště. Projekt bioplynové stanice počítá s dodávkou elektřiny a tepla jen do několika sportovišť v areálu, konkrétně do aquaparku, letního koupaliště a sportovní haly pro míčové hry.

Aquapark nabízí širokou škálu vodních atrakcí včetně několika tobogánů, skluzavek a je zde také divoká řeka. Samozřejmostí je klasický bazén pro kondiční plavání o délce 25 metrů. Pro odběr tepla je důležitá také přítomnost vířivek.

Dodané teplo z bioplynové stanice bude v aquaparku využíváno pro ohřev bazénové vody, ohřev teplé užitkové vody, ohřev vzduchu ve VZT (vzduchotechnických jednotkách), pro okruh radiátorů v šatnách a pro podlahové topení v pavilonu atrakcí. Okruhy pro vytápění aquaparku jsou již v provozu, neboť v současné době je vytápěn z centrální kotelny s plynovým kotlem umístěné u aquaparku. Elektřina z bioplynové stanice bude použita na svícení, pohon čerpací techniky, pohon vzduchotechniky a pro běžnou spotřebu elektřiny.

Z kotelny aquaparku je teplem napájena i blízká sportovní hala pro míčové hry. Sportovní hala poskytuje vhodnou plochu pro hraní většiny sálových míčových sportů, jako jsou házená, florbal, volejbal, basketbal a futsal. Teplo z bioplynové stanice bude používáno na vytápění objektu a ohřev teplé užitkové vody. Elektrická energie z bioplynu bude sloužit převážně ke svícení, napájení vzduchotechniky sportovní haly a ostatní spotřebu v hale.

Přílehlé letní koupaliště je v současné době také zásobováno teplem z kotelny aquaparku. Je provozováno v letní sezoně při dobrém počasí a disponuje jedním 50 metrovým bazénem a také menším 25 metrovým bazénem. Pro děti je zde dětský bazén a brouzdaliště. Stejně jako ve vedlejším aquaparku i zde se můžou návštěvníci svést na tobogánu a skluzavce. Teplo v areálu koupaliště je používáno pro přehřívání vody v bazénech a především vody v dětském bazénu. Ohřev teplé užitkové vody pro sociální zařízení koupaliště je v současné době také zásobován teplem z kotelny aquaparku. Vzhledem ke skutečnosti, že je koupaliště otevřeno v letní sezoně, tedy mimo hlavní



topnou sezonu, je možné pokrýt jeho spotřebu tepla teplem, vyrobeným v bioplynové stanici v období, kdy ostatní objekty neodebírají teplo pro vytápění.

Elektrina vyrobená v bioplynové stanici bude pokrývat spotřebu čerpací techniky v areálu koupaliště a k ostatní běžné spotřebě areálu.

Provozovatel areálu poskytl údaje týkající se celkové spotřeby tepla a elektřiny ve třech zmiňovaných objektech. Spotřeba tepla a zemního plynu v jednotlivých měsících roku je patrná z tabulky 7.2, spotřebu elektřiny v objektech aquaparku, sportovní haly a letního koupaliště můžeme vidět v tabulce 7.3.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q_{sport} [GJ/měs]	1 128	1 237	957	770	562	519	472	220	513	775	916	1 027
M_{sport} [m ³ /měs]	31 758	34 818	26 930	21 678	15 823	14 611	13 269	6 189	14 440	21 819	25 789	28 921

Tabulka 7.2 Spotřeba tepla a zemního plynu v areálu sportovišť [39]

První řádek tabulky 7.2 Q_{sport} udává celkovou spotřebu tepla v areálu sportovišť v GJ/měsíc. Řádek M_{sport} popisuje spotřebu zemního plynu v průběhu roku v m³/měsíc. Spotřeba tepla neodpovídá energii, která byla dodána do kotle v palivu, neboť je potřeba brát v úvahu také účinnost plynového kotle v kotelně. Podle provozovatele areálu je účinnost kotle 94 %. V případě neuspokojení veškeré spotřeby tepla sportovního areálu teplem z bioplynové stanice, bude plynový kotel využíván jako záložní zdroj tepla.

Z tabulky 7.2 je patrné, že v průběhu měsíce srpna poklesla spotřeba tepla a tím i spotřeba zemního plynu na polovinu. Tento pokles je způsoben odstávkou aquaparku, který v tu dobu prochází údržbou. Je tedy patrné, že areál aquaparku je největším odběratelem tepla a zemního plynu ze všech tří sportovišť. Cena tepla pro areál sportovišť je aktuálně 300 Kč/GJ.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
E_{sport} [MWh/měs]	118,7	119,5	115,4	102,3	102,2	117,9	121,6	77,3	102,0	108,3	106,8	109,1

Tabulka 7.3 Spotřeba elektrické energie v areálu sportovišť [39]

Tabulka 7.3 znázorňuje, jaká je v areálu sportovišť spotřeba elektrické energie v jednotlivých měsících roku v MWh/měsíc. Stejně jako u spotřeby tepla i zde je znatelný pokles spotřeby v měsíci srpnu. Snížení spotřeby je opět způsobeno odstávkou aquaparku



v tomto měsíci. Aktuálně je elektřina do areálu sportoviště nakupována za cenu 2 100 Kč/MWh.

Elektřina z BPS, která nebude v areálu sportovišť spotřebována, bude prodávána do sítě nízkého napětí. Nevyužitě teplo bude odváděno pomocí chladičů do okolního prostředí.

7.2.3. Analýza bytového domu

Bytový dům se nachází v těsné blízkosti aquaparku a je tak vhodnou volbou pro další odběr tepla z bioplynové stanice. Ovšem jak bylo zmíněno v odstavci 7.2, po uspokojení vlastní spotřeby tepla bioplynové stanice bude přednostně teplo dodáváno do areálu bazénu. Až v případě přebytků tepla bude možno teplo dodávat i do bytového domu.

Jedná se o dvou vchodový dům se třemi podlažimi. Na každém patře jsou tři byty o různé obytné ploše. Celkem je tedy v domě 18 bytů.

Dům nemá zatím zateplenou fasádu, ale má již instalována plastová okna, která vykazují lepší tepelnou izolaci, nežli starší dřevěná okna. V současné době je dům vytápěn pomocí plynového kotle, který je používán i pro ohřev TUV. Údaje o měsíční spotřebě tepla celého domu v průběhu roku jsou udány v tabulce 7.4.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q_{BDTop} [GJ/měs]	51,58	62,26	32,56	27,37	7,12	0	0	0	7,12	29,81	38,15	55,65
Q_{BDTuv} [GJ/měs]	17,83	16,09	17,83	16,47	16,09	15,31	13,76	13,76	14,53	16,67	17,25	18,60

Tabulka 7.4 Spotřeba tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody v bytovém domě [41]

Položka Q_{BDTop} udává, kolik tepla bylo v daném měsíci spotřebováno na vytápění a řádek Q_{BDTuv} nám sděluje, kolik GJ tepla bylo potřeba pro ohřátí potřebného množství teplé užitkové vody.

Cena tepla pro vytápění a TUV je pro obyvatele bytů aktuálně 540 Kč/GJ. Během celého roku se pro potřebu výroby tepla spotřebuje 14 230 m³ zemního plynu, což je při přepočtu odběru zemního plynu na MWh téměř 150 MWh/rok.

Jak již bylo zmíněno, do bytového domu bude dodáváno pouze teplo z bioplynové stanice, nikoliv však elektřina. Pro spotřebu tepla nepokrytou teplem z bioplynové stanice bude nadále využíván stávající plynový kotel bytového domu.



7.3. Návrh technického řešení BPS

Projektovaná bioplynová stanice v areálu zemědělského družstva bude specifická. Kvůli poloze areálu je potřeba přistoupit ke stavbě bioplynové stanice jinak, než je běžné. Pro výstavbu bioplynové stanice a její ekonomickou efektivnost je nutné, aby bylo co nejvíce využito vyrobené teplo. V tomto případě je ale problém ve vzdálenosti sportovního areálu a bytového domu od areálu zemědělského družstva s bioplynovou stanicí. Areál zemědělského družstva je od sportovního centra oddělen polem a vzdálenost mezi oběma objekty je 2,5 km.

Problém dodávky tepla na takovou vzdálenost bude vyřešen pomocí plynovodu. Část bioplynu vyrobeného v bioplynové stanici v areálu družstva bude po úpravě odvedena plynovodem do areálu sportoviště. Zde bude pro tento účel vystavěna budova teplárny s kogenerační jednotkou spalující dopravovaný bioplyn a tepelné hospodářství, rozvádějící vyrobené teplo do tepelných okruhů ve stávající kotelně, případně do bytového domu. Teplárna bude také vybavena zařízením na vyvedení elektrického výkonu.

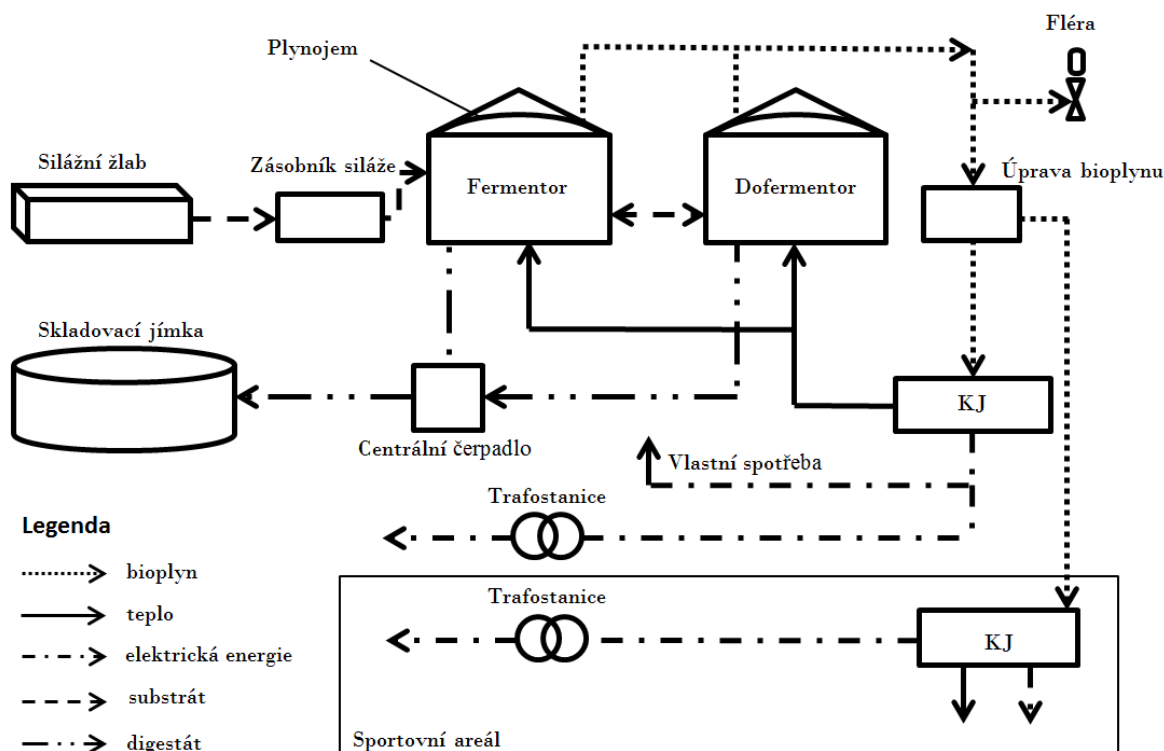
V areálu bioplynové stanice se bude nacházet druhá kogenerační jednotka, která bude zabezpečovat výrobu elektřiny a tepla pro vlastní technologickou spotřebu bioplynové stanice.

Nastavení výkonu obou kogeneračních jednotek je nutné provést tak, aby nebyla překročena hranice pro provozní podporu pro výrobu elektrické energie z KVET, která je 550 kW. Podle aktuálního cenového rozhodnutí 1/2014 od ERÚ jsou v KVET podporovány jen nové bioplynové stanice právě do tohoto instalovaného výkonu.

Výstavba bioplynové stanice bude provedena specializovanou firmou. Ta se postará o veškerou předprojektovou část, jako je například projektová dokumentace, zpráva o vyhodnocení vlivu BPS na životní prostředí (EIA), zajištění licence pro výrobu elektřiny a tepla a také o samotnou výstavbu bioplynové stanice. Společnost také zajistí vyřízení žádosti o podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

Případná výstavba stanice je plánována na období 07/2015 – 11/2015. Do provozu bude stanice uvedena v roce 2016. Je počítáno s dobou životnosti bioplynky 20 let.

Na obrázku 7.1 je znázorněno schéma návrhu bioplynové stanice.



Obrázek 7.1 Schéma bioplynové stanice

7.3.1. Provoz pro výrobu a zpracování bioplynu

Tato podkapitola se zabývá návrhem technického řešení provozu výroby samotného bioplynu a jeho zpracování pro následné využití.

1) Skladování a vsázka substrátu

Pro provoz bioplynové stanice je velmi důležité zajištění konstantního přísunu substrátu do fermentačních nádrží. Anaerobní fermentace je velmi náchylný proces a změny v dávkování substrátu nebo jeho složení mohou tento proces zastavit. Proto je důležité, aby byla v areálu bioplynové stanice dostatečná zásoba kvalitního vstupního substrátu.

Skladování substrátu bude zajištěno pomocí nadzemního železobetonového silážního žlabu. Siláž se naskladňuje do výšky 5 metrů. Rozměry silážního žlabu budou dimenzovány podle vybrané nejvhodnější varianty provozu, viz dále. Silážní hmota bude překryta neprodyšnou silážní plachtou, aby se zabránilo přístupu vzduchu a siláž neztrácela na kvalitě. Plachtu je nutné zajistit proti odfouknutí. Proto bude zatížena starými pneumatikami ze zemědělské techniky družstva.

Ze skaldy substrátu bude plněn zásobník vstupní siláže. K plnění zásobníku je vhodné použít kolový nakladač, který je již ve vozovém parku zemědělského družstva. Dávkování



substrátu do fermentoru je zajištěno pomocí vnášecích šneků, o kterých jsme se zmiňovali v kapitole 3. Dopravní šneky odebírají siláž ze zásobníku a dopravují ji přímo do fermentoru.

2) Fermentor a plynojem

Fermentační proces bude rozdělen do fermentoru a tzv dofermentoru. Obě nádrže jsou ve formě nadzemních válcovitých zastřešených staveb. Proces je rozdělen do dvou nádrží, aby se docílilo kontinuální výroby bioplynu. Dofermentor, nebo také jinak postfermentor, bude s fermentorem vzájemně propojen potrubím.

Pro ideální podmínky na výrobu bioplynu, je nutné udržovat vhodnou konstantní teplotu uvnitř obou fermentorů. Toho bude docíleno polystyrénovou tepelnou izolací. Jádru nádrží je vyrobeno z železobetonu, následně je železobetonový válec obložen již zmiňovanou izolací a nakonec překryt plechem.

Vytápění fermentoru a dofermentoru je zajištěno pomocí topné vody z kogenerační jednotky. Pro rozvod teplé vody po fermentoru slouží trubky umístěné na vnitřních stěnách fermentoru a na podlaze.

Součástí fermentoru i postfermentoru je plynojem, který bude integrován ve střešní konstrukci nádrží. Ta bude hermeticky uzavřena, aby nedocházelo k úniku bioplynu do ovzduší. Střechu nádrží je nutné také tepelně izolovat proti úniku tepla.

Důležité míchání zpracovávaného substrátu budou zajišťovat výkonná horizontální mechanická míchadla, která budou posouvat substrát po obvodu nádrží. Tím se dosáhne ideálního výnosu bioplynu [34].

Oba fermentory budou vybaveny průzory, aby bylo možné vizuálně kontrolovat průběh fermentačního procesu a také vzhled hladiny ve fermentační nádrži. V nádržích je instalováno zařízení proti přetlaku a podtlaku a senzor na sledování výšky hladiny. Odvod digestátu z fermentoru je zajištěn pomocí centrálního čerpadla.

3) Skladování digestátu

Vyhnilý substrát se z fermentačních nádrží odčerpá pomocí centrálního čerpadla do skladovací jímky v blízkosti fermentorů. Skladovací jímka bude mít stejný válcovitý tvar jako fermentory, ovšem není opatřena střechou. V digestátu již neprobíhají žádné rozkladné procesy, tudíž nevydává žádný zápach. Skladovací jímka bude mít větší průměr než fermentační nádrže, neboť musí být schopna pojmout digestát z obou fermentačních



nádrží a je nutné, aby byl digestát kde uložit i v případě, že není aktuálně odebírán a využíván k dalšímu zpracování.

4) Bioplynové hospodářství

Předtím, než může být bioplyn spálen v kogenerační jednotce, musí být nejdříve upraven. Používáním správně upraveného bioplynu se prodlužuje životnost motoru kogenerační jednotky. Pro úpravu bioplynu bude využito zařízení na úpravu bioplynu GTS 400 od společnosti TEDOM. Zařízení vysouší bioplyn pomocí následujících kroků: nejprve je plyn ochlazen na teplotu okolo 10 °C, při této teplotě je odloučena voda ve formě kondenzátu, a následně je bioplyn opět ohříván [35].

Součástí plynové soustavy musí být také nouzový hořák, takzvaná fléra. Ta umožňuje při nadprodukcí bioplynu přebytečný bioplyn bezpečně spálit. Je totiž nepřijatelné, aby byl bioplyn vypuštěn do ovzduší, neboť obsahuje skleníkový plyn metan [34].

5) Plynovod

Zvláštností této bioplynové stanice je bezesporu plynovod, kterým bude část bioplynu odváděna do nedalekého sportovního areálu. Délka plynovodu je projektována na 2,5 km. V areálu bioplynové stanice bude dmychadlo, zvyšující tlak bioplynu tak, aby ho bylo možné plynovodem dopravit až do teplárny ve sportovním areálu. Tlak bioplynu při vstupu do plynovodu bude 37 kPa. Plynovod bude vyroben z plynárenských trubek s vnější ochranou proti poškození. Mezi areálem bioplynové stanice a sportoviště je jen pole, které je v majetku zemědělského družstva, proto nebude problém s uložením plynovodu do země. Plynovod musí být po určité délce vybaven zařízeními pro odvod zbytkové zkondenzované vlhkosti v plynu. Zabezpečení proti úniku bioplynu bude provedeno čidly, zjišťujícími přítomnost unikajícího plynu.

6) Velín s řídicím systémem

Velín bioplynové stanice bude zřízen v jedné z přilehlých budov zemědělského areálu. Velín je hlavním místem, odkud se dá řídit provoz bioplynové stanice, neboť zde je pracoviště, odkud se ovládá řídicí systém BPS. Řídicí systém umožňuje kontrolu všech důležitých parametrů bioplynové stanice a jejich nastavení. Řídicí systém s přístupem k internetu umožňuje ovládání bioplynové stanice odkudkoliv a snižuje tak pracovní vytížení zaměstnanců. Budova teplárny bude s velínem propojena rychlou linkou ADSL, uloženou společně s plynovodem. Tento komunikační kanál zajistí rychlou komunikaci mezi velínem a teplárnou.



7.3.2. Teplárna ve sportovním areálu

Pro účely nově projektované bioplynové stanice bude ve sportovním areálu v blízkosti stávající kotelny postavena nová budova sloužící jako teplárna. V teplárně bude ústít plynovod vedoucí z bioplynové stanice. Teplárna bude vybavena kogenerační jednotkou pro spalování přivedeného bioplynu a také tepelným hospodářstvím odvádějícím vyrobené teplo do tepelného okruhu u stávající kotelny s plynovým kotlem. Při přebytku tepla bude moci být dodávána tepelná energie i do bytového domu. Budova teplárny svou konstrukcí zamezuje šíření hluku z kogenerační jednotky do okolí.

Pro případ přebytku tepla musí být teplárna vybavena nouzovým chladičem kogenerační jednotky, který nevyužité teplo odvede do okolního prostředí. Neboť odběr tepla v bazénu a okolních objektech nebude stále rovnoměrný, je potřeba zabezpečit, aby mohly být špičky spotřeby vykrývány ze zálohy a zároveň aby v případě nízkého odběru nebylo nutné příliš mnoho tepla mařit v nouzovém chladiči. Z toho důvodu bude teplárna vybavena akumulátorem tepla o objemu 100 m³. Tento akumulátor je možné při nadbytku tepla nabít teplou vodou a v případě potřeby odtud teplo opět odvést do tepelné soustavy.

7.3.3. Kogenerační jednotky

Z důvodu rozdělení výroby elektřiny a tepla do dvou míst je nutné, aby byla bioplynová stanice vybavena dvěma kogeneračními jednotkami. Jedna z kogeneračních jednotek je plánována v areálu bioplynové stanice pro výrobu tepla a elektřiny pro vlastní spotřebu bioplynové stanice. Druhá kogenerační jednotka se bude nacházet v nově postavené teplárně v areálu sportoviště. Vyrobené teplo bude využito k vytápění aquaparku, sportovní haly, letního koupaliště a případně bytového domu. Většina vyrobené elektrické energie najde uplatnění v objektech sportovního areálu a její případný přebytek bude dodán do sítě nízkého napětí.

Obě kogenerační jednotky budou jednotky s plynovým spalovacím motorem, připojené ke generátoru. Ve strojovně kogenerační jednotky se nachází výměníky pro odvod tepla ze soustavy mazacího oleje, spalin a chladicí vody. Pro vyvedení elektrického výkonu do sítě nízkého napětí bude u obou kogeneračních jednotek postavena nová trafostanice.

1) Kogenerační jednotka v areálu BPS

Pro areál bioplynové stanice není potřeba kogenerační jednotka o vysokém výkonu, neboť bude sloužit jen k výrobě tepla pro ohřev fermentorů a výrobě elektřiny pro míchání a dávkování substrátu. Z tohoto důvodu byla vybrána kogenerační jednotka MGM 105 od



společnosti Motorgas. Tato kogenerační jednotka disponuje plynovým motorem od společnosti MAN a má elektrický výkon 104 kW. Instalovaný tepelný výkon této jednotky je 133 kW.

Kogenerační jednotka v bioplynové stanici bude v provedení v kontejneru. Pro instalaci tohoto typu stačí jen betonová podložka, na kterou je kontejner s kogenerační jednotkou umístěn. Kontejner s kogenerační jednotkou je vybaven veškerým potřebným zařízením pro provoz jednotky. Schéma a fotografie této KJ jsou v příloze č. 3 [37].

Po přihlídnutí k množství vyrobeného tepla v této kogenerační jednotce bylo rozhodnuto, že kogenerační jednotka bude pracovat na 75 % instalovaného výkonu. Po předběžné analýze výroby bylo zjištěno, že při běhu kogenerační jednotky na plný výkon, by bylo příliš mnoho tepla mařeno v nouzovém chladiči. Výkon, se kterým bude KJ provozována, označíme P_{tep} pro tepelný výkon, respektive P_{el} pro provozovaný elektrický výkon. Parametry všech vybraných kogeneračních jednotek, se kterými budou provozovány, jsou přehledně sepsány v tabulce 7.5.

2) Kogenerační jednotka ve sportovním areálu

Ve sportovním areálu je počítáno s vyšší spotřebou elektřiny i tepla. Proto je nutné zvolit kogenerační jednotku o takovém výkonu, aby byla schopna pokrýt co největší část poptávky po teple a elektřině. Zároveň jsme ale opět omezeni maximálním instalovaným elektrickým výkonem 550 kW. Disponibilní zemědělská plocha dokáže bez problémů vyprodukovat dostatečné množství energetických plodin na pokrytí výroby bioplynu potřebného pro bioplynovou stanici s tímto výkonem.

Kogenerační jednotka v areálu sportovišť bude umístěna v nově postavené budově teplárny a bude tedy ve variantě pro vnitřní použití. Kogenerační jednotka je vybavena kapotáží, která snižuje její hlučnost.

Pro sportovní areál byly vybrány tři možné kogenerační jednotky. Pro porovnání byly zvoleny jednotky různých výkonů tak, aby se zjistilo, jaký je optimální výkon pro tuto bioplynovou stanici. Všechny kogenerační jednotky byly podrobeny předběžné analýze výroby tepla a bylo u nich zvoleno, v jakém režimu výkonu budou provozovány.

Pro porovnání byly vybrány následující tři kogenerační jednotky:

- Tedom Cento T200
- Motorgas MGM 400



- Tedom Cento L155

V následující tabulce 7.5 jsou podrobně popsány parametry jednotlivých kogeneračních jednotek uvažovaných pro projekt bioplynové stanice. V tabulce 7.5 je uvedeno i zatížení, se kterým budou kogenerační jednotky provozovány a od toho odvozené provozované výkony.

Typ	KJ do BPS	KJ do sportovního areálu		
	MGM 105	Cento T200	MGM 400	Cento L155
Instalovaný el. výkon [kW]	104	200	365	155
Max. tepelný výkon [kW]	133	245	453	178
Max. příkon v palivu [kW]	274	510	946	382
Zatížení [%]	75	100	75	100
Provozovaný el. výkon [kW]	79	200	275	178
Provozovaný tepelný výkon [kW]	102	245	359	155
Příkon v palivu [kW]	211	510	732	382
Účinnost elektrická [%]	37,3	39,2	37,5	40,6
Účinnost tepelná [%]	48,5	48,1	49,1	46,6
Účinnost celková [%]	85,8	87,3	86,6	86,6
Spotřeba bioplynu [Nm ³ /h]	39,85	96,51	138,54	72,37

Tabulka 7.5 Parametry navrhovaných kogeneračních jednotek [36][37]

Spotřeba bioplynu udaná v tabulce 7.5 je pro bioplyn, vyráběný v této bioplynové stanici. Obsah metanu by měl být přibližně 53,8 %, což odpovídá výhřevnosti kolem 19 MJ/m³.

Vizualizace kogenerační jednotky TEDOM Cento T200 společně s rozměry se nachází v příloze č. 4 [36]

7.4. Návrh variant řešení bioplynové stanice

Pro navrhovanou bioplynovou stanici uvažují tři různé doby provozu během roku. Kogenerační jednotka pro areál bioplynové stanice je MGM 105 a je již stanovena, ale z předchozích odstavců je patrné, že jsou zde tři varianty pro kogenerační jednotku do areálu sportovišť. Při kombinaci těchto jednotek s variantami doby provozu získáme celkem devět variant, ve kterých je možné bioplynovou stanici postavit a provozovat. Názorně to popisuje tabulka 7.6.



Provoz	Doba provozu [h/rok]	KJ do sportovního areálu	Celkový instalovaný výkon obou KJ [kW]	Varianta
1. 1. – 31. 7. 16. 8. - 31. 12.	8 400	TEDOM Cento T200	304	Var. 1
		Motorgas MGM 400	469	Var. 2
		TEDOM Cento L155	259	Var. 3
1. 1. – 30. 4. 1. 10. - 31. 12.	5 088	TEDOM Cento T200	304	Var. 4
		Motorgas MGM 400	469	Var. 5
		TEDOM Cento L155	259	Var. 6
1. 1. – 31. 3. 1. 10. - 31. 12.	4 368	TEDOM Cento T200	304	Var. 7
		Motorgas MGM 400	469	Var. 8
		TEDOM Cento L155	259	Var. 9

Tabulka 7.6 Navrhované varianty řešení

Varianty doby provozu byly stanoveny na základě předpokládané sezónnosti odběru tepla. První tři varianty počítají s dobou provozu 8 400 h. Při tomto režimu bude vybraná kogenerační jednotka a BPS pracovat během celého roku s výjimkou prvních 15 dní v srpnu, kdy bude provedena její odstávka a potřebný servis. Doba odstávky byla cíleně zvolena tak, aby se kryla s odstávkou aquaparku.

Varianty 4 až 6 uvažují dobu provozu v rozsahu 5 088 h. Tato doba byla zvolena tak, aby kopírovala předpokládané období hlavní topné sezóny. V posledních třech variantách bude bioplynová stanice v provozu jen první tři měsíce roku a poté ještě poslední tři měsíce v roce. Stanice tak bude v provozu jen do konce března. Ve zbytku roku musí objekty využít své vlastní plynové kotle pro výrobu tepla.

Doby provozů jednotlivých variant byly také stanoveny s přihlédnutím k maximální době provozu při nárokování podpory výroby elektřiny z KVET podle řádků 700 – 708 v cenovém rozhodnutí. Více se o této problematice zmiňuje kapitola 5.3.

7.5. Bilance substrátu, digestátu a vyrobeného bioplynu

Po prostudování přechozích odstavců o jednotlivých variantách je zjevné, že každá z navrhovaných variant bude pro svůj provoz potřebovat různé množství bioplynu. Na množství potřebného bioplynu přímo závisí množství potřebného vstupního substrátu. S množstvím vstupního substrátu úzce souvisí i objem vyprodukovaného digestátu.



V bioplynové stanici bude zpracováván substrát ve složení 90 % kukuřičné siláže a 10 % travní siláže. Bioplyn získaný z tohoto substrátu bude mít obsah metanu 53,8 % [40].

Při výpočtu potřebného množství bioplynu pro roční provoz bioplynové stanice bylo vycházeno z hodinové spotřeby bioplynu obou kogeneračních jednotek. Hodnota potřebného množství bioplynu, byla získána jako součet těchto hodinových spotřeb, vynásobený počtem provozních hodin kogeneračních jednotek.

Z roční spotřeby bioplynu je možné zpětně dopočítat, kolik je potřeba kukuřičné a travní siláže pro výrobu bioplynu. Objem potřebné siláže byl počítán s dodatečnou rezervou 5 % pro případ, že by se část semen při zasetí neuchytila nebo by z jiného důvodu hrozily ztráty siláže. Po výpočtu potřebného množství siláže pro jednotlivé varianty, je zpětně dopočítána plocha potřebná k osetí. K výpočtům posloužila data o kukuřičné a travní siláži z kapitoly 7.2.1.

Podle literatury [38] je 85 % z celkové organické látky obsažené ve vstupním substrátu odbouráno při anaerobní fermentaci. Roční objem digestátu vzniklého při fermentování se dá tedy vypočíst podle vztahu (7.1):

$$M_{dig} = M_{sub} - 0,85 * M_{org} \quad [t/rok] \quad (7.1)$$

kde

M_{dig} množství vzniklého digestátu [t/rok],

M_{sub} množství vsazeného substrátu [t/rok],

M_{org} množství organické hmoty ve vsazeném substrátu [t/rok].

Vypočtené hodnoty vstupního substrátu, digestátu a vyrobeného bioplynu pro jednotlivé varianty uvádí tabulka 7.7. Data uvedená v tabulce, jsou celkové hodnoty pro roční provoz bioplynové stanice.

Celkové objemy vstupního substrátu za rok a získaného digestátu budou později použity k výpočtu ročních nákladů na substrát a úspory z digestátu.



Varianta	Množství kukuřičné siláže [t/rok]	Množství travní siláže [t/rok]	Množství digestátu [t/rok]	Objem vyrobeného bioplynu [Nm ³ /rok]
Var. 1	5 462.8	546.3	4 578.0	1 145 403
Var. 2	7 146.5	714.7	5 989.0	1 498 424
Var. 3	4 495.9	449.6	3 767.7	942 666
Var. 4	3 308.9	330.9	2 773.0	693 787
Var. 5	4 328.7	432.9	3 627.6	907 617
Var. 6	2 723.2	272.3	2 282.1	570 986
Var. 7	2 840.7	28.1	2 380.6	595 610
Var. 8	3 716.2	371.6	3 114.3	779 181
Var. 9	2 337.9	233.8	1 959.2	490 186

Tabulka 7.7 Roční bilance substrátu, digestátu a bioplynu

7.6. Bilance tepla

Varianty řešení bioplynové stanice se liší nejen množstvím vstupního substrátu a vyrobeného bioplynu, ale i objemem vyrobeného tepla. Tepelná energie je získávána pomocí tepelných výměníků, kde je za pomoci tepla ze spalin a mazacího oleje ohřívána chladicí voda, která se později používá pro vytápění nebo pro ohřev TUV. Objem získaného tepla závisí na tepelném výkonu kogenerační jednotky a její tepelné účinnosti. Jednotlivé varianty řešení disponují kogeneračními jednotkami o různém výkonu.

Cílem provozovatelů bioplynové stanice je využití vyrobeného tepla v maximální míře. Dochází tak k maximalizaci celkové účinnosti využívání energie paliva.

Teplo z kogenerační jednotky v areálu bioplynové stanice, bude využíváno k vytápění fermentorů na konstantní teplotu. Ve sportovním areálu bude tepelná energie z kogenerační jednotky napájet aquapark a okolní budovy. Při přebytku tepla je možno vytápět ještě bytový dům v blízkosti aquaparku. Teplo vyrobené v KJ se vypočítá podle vztahu (7.2):

$$Q_{KJvyr} = \frac{P_{tep} \cdot 3,6}{1\,000} \cdot T_p \quad [\text{GJ/rok}] \quad (7.2)$$

kde

Q_{KJvyr} teplo vyrobené v kogenerační jednotce za rok [GJ/rok],

P_{tep} provozovaný tepelný výkon kogenerační jednotky [kW],

T_p roční doba provozu kogenerační jednotky v [h/rok].



Pro výpočet bilance tepla je nutné znát vlastní spotřebu tepla bioplynové stanice. Její hodnoty nalezneme v příloze č. 5, kde jsou i hodnoty vlastní spotřeby elektřiny.

V tabulce 7.10 jsou uvedeny roční objemy vyrobeného a spotřebovaného tepla na vytápění fermentorů z kogenerační jednotky MGM 105 v areálu BPS pro různé varianty BPS. Jedná se ovšem o souhrn výroby a spotřeby za celý rok. Průběh spotřeby a výroby po měsících společně s diagramy využití tepla jsou shrnuty v příloze č. 6.

Varianty	Vyrobené teplo [GJ/rok]	Spotřebované teplo v areálu BPS [GJ/rok]	Přebytek tepla [GJ/rok]	Využití vyrobeného tepla [%]
Var. 1 – Var. 3	3 217	1 436	1 781	44,63
Var. 4 – Var. 6	1 868	1 124	744	60,14
Var. 7 – Var. 9	1 604	1 021	583	63,65

Tabulka 7.8 Roční bilance tepla z KJ v bioplynové stanici

Spotřeba a výroba tepla je v tabulce 7.8 seskupena vždy pro tři varianty. Kogenerační jednotka v areálu BPS je totiž vždy stejná a množství vyrobeného tepla tak závisí jen na době provozu BPS. Na době provozu stanice závisí také spotřeba tepla v areálu bioplynky. Sloupec „Využití vyrobeného tepla“ v tabulce 7.8 udává celkové využití vyrobeného tepla včetně využití vyrobeného tepla v BPS na vlastní spotřebu.

Zjednodušenou bilanci tepla z KJ v areálu sportovišť v ročním tvaru popisuje tabulka 7.9. Podrobnější bilance společně s diagramy využití tepla je opět v příloze č. 6.

Varianta	Vyrobené teplo [GJ/rok]	Spotřebované teplo ve sport. areálu [GJ/rok]	Spotřebované teplo v byt. domě [GJ/rok]	Přebytek tepla [GJ/rok]	Využití vyrobeného tepla [%]
Var. 1	7 409	6 773	88	548	92,61
Var. 2	10 856	8 496	197	2 163	80,07
Var. 3	5 383	5 351	19	13	99,77
Var. 4	4 488	4 488	0	0	100
Var. 5	6 576	6 210	109	257	96,10
Var. 6	3 260	3 260	0	0	100
Var. 7	3 853	3 853	0	0	100
Var. 8	5 645	5 440	65	140	97,52
Var. 9	2 799	2 799	0	0	100

Tabulka 7.9 Roční bilance tepla z KJ ve sportovním areálu



Z bilance tepla pro kogenerační jednotku v areálu sportovišť a aquaparku je jasné, že zde dochází k mnohem většímu využití vyrobeného tepla. To je patrné i z diagramů využití tepla v příloze č. 6. Většina tepla je spotřebována v objektu aquaparku a přilehlých sportovištích. Jen malá část vyrobeného tepla je dodána do bytového domu.

7.6.1. Bilance elektrické energie

Elektrická energie vyrobená v kogenerační jednotce BPS, bude využita v provozu bioplynové stanice pro pohon míchadel, dávkovacích zařízení a čerpadel. Přebytek vyrobené elektřiny je dodán do sítě nízkého napětí. Ve sportovním areálu je vyrobená elektřina spotřebována pro vlastní spotřebu strojovny v teplárně. Tento odběr má nejvyšší prioritu a až po jeho uspokojení je zbytek elektřiny dodán do budov sportovního areálu. V případě přebytku elektrické energie, je elektřina dodávána i do sítě nízkého napětí. Velikost vlastní spotřeby elektrické energie v bioplynové stanici a v areálu sportovišť nalezneme v příloze č. 5.

Roční vyrobené množství elektrické energie v kogenerační jednotce se určí podle vztahu (7.3):

$$E_{KJvyr} = \frac{P_{el}}{1\,000} \cdot T_p \quad [\text{MWh/rok}] \quad (7.3)$$

kde

E_{KJvyr} elektrická energie vyrobená v kogenerační jednotce za rok [MWh/rok],

P_{el} provozovaný elektrický výkon kogenerační jednotky [kW],

T_p roční doba provozu kogenerační jednotky v [h/rok].

Bilance elektrické energie je rozdělena na dvě části. První část popisuje výrobu a spotřebu elektřiny v areálu bioplynové stanice. Druhá část zkoumá výrobu elektrické energie a její využití v teplárně. Bilance týkající se BPS je shrnuta vždy pro tři varianty podle doby provozu kogenerační jednotky a nachází se v tabulce 7.10 a to v ročním tvaru.



Varianty	Vyrobená elektřina [MWh/rok]	Spotřeba elektřiny v BPS [MWh/rok]	Prodaná elektřina do sítě [MWh/rok]	Podíl vlastní spotřeby elektřiny v BPS [%]
Var. 1 – Var. 3	664	339	324	51,15
Var. 4 – Var. 6	402	206	196	51,15
Var. 7 – Var. 9	345	177	168	51,15

Tabulka 7.10 Roční bilance elektrické energie z KJ v bioplynové stanici

Z tabulky 7.10 je patrné, že téměř 49 % z celkového množství vyrobené elektřiny v areálu bioplynové stanice je prodáno do sítě. Podíl vlastní spotřeby bioplynové stanice je ve všech třech případech roven přibližně 51 %.

Zjednodušenou roční bilanci elektřiny pro sportovní areál popisuje tabulka 7.11. Podrobnější bilance elektrické energie pro obě kogenerační jednotky nalezneme v příloze č. 7. Jsou zde i diagramy využití vyrobené elektrické energie.

Varianta	Vyrobená elektřina [MWh/rok]	Spotřebovaná elektřina ve stroj. teplárně [MWh/rok]	Spotřebovaná elektřina ve sport. areálu [MWh/rok]	Prodaná elektřina do sítě [MWh/rok]	Podíl celkové vlastní spotřeby elektřiny [%]
Var. 1	1 682	1 290	207	185	23,30
Var. 2	2 309	1 301	207	801	18,39
Var. 3	1 303	1 096	207	0	27,79
Var. 4	1 019	779	125	115	23,30
Var. 5	1 399	780	125	493	18,39
Var. 6	789	664	125	0	27,79
Var. 7	875	676	108	91	23,3
Var. 8	1 201	678	108	415	18,39
Var. 9	677	570	108	0	27,79

Tabulka 7.11 Roční bilance elektrické energie z KJ ve sportovním areálu

Sloupec „Podíl celkové vlastní spotřeby elektřiny“ v tabulce 7.11, udává podíl celkové vlastní spotřeby obou provozů nově plánované bioplynové stanice na celkově vyrobené elektrické energii. Například u varianty 1 je z celkových 2 346 MWh vyrobené energie spotřebováno 546 MWh pro vlastní spotřebu bioplynové stanice a strojovny v teplárně. Podíl celkové vlastní spotřeby je tedy 23,30 %. Je patrné, že hlavními odběrateli elektrické energie jsou objekty sportovního areálu, které se snaží touto elektřinou pokrýt co možná nejvíce své celkové spotřeby.



Zajímavým údajem využití elektřiny a tepla z kogeneračních jednotek, je celková efektivnost využití energie paliva, která udává, kolik energie získané z paliva bylo efektivně využito ať už ve formě tepla nebo ve formě elektrické energie. Vypočítá se podle vztahu (7.4):

$$E_{vyu\check{z}} = \frac{E_{KJvyrCelk} + Q_{u\check{z}}}{Q_{pal}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7.4)$$

kde

$E_{vyu\check{z}}$ podíl celkové efektivně využitě energie [%],

$E_{KJvyrCelk}$ celkový roční objem vyrobené elektrické energie v obou KJ [MWh/rok],

$Q_{u\check{z}}$ efektivně užitě teplo z obou KJ za rok [MWh/rok],

Q_{pal} množství energie ročně dodané v palivu do KJ [MWh/rok].

Pro stanovení Q_{pal} je počítáno s výhřevností vzniklého bioplynu 19 MJ/m^3 , která odpovídá 53,8% obsahu metanu v bioplynu.

V tabulce 7.12 jsou hodnoty efektivně využitě energie pro všech devět variant.

Varianta	Q_{pal} [MWh/rok]	$E_{KJvyrCelk}$ [MWh/rok]	$Q_{u\check{z}}$ [MWh/rok]	$E_{vyu\check{z}}$ [%]
Var. 1	6 045	2 346	2 305	76,92
Var. 2	7 908	2 973	2 813	73,17
Var. 3	4 975	1 966	1 891	77,52
Var. 4	3 662	1 421	1 559	81,37
Var. 5	4 790	1 801	2 068	80,75
Var. 6	3 014	1 191	1 218	79,94
Var. 7	3 143	1 220	1 354	81,87
Var. 8	4 112	1 546	1 813	81,68
Var. 9	2 587	1 023	1 061	80,54

Tabulka 7.12 Podíl celkové efektivně využitě energie

Podíl celkové efektivně využitě energie paliva vychází téměř u všech variant přes 75 %. Jen u varianty 2 je podíl 73,17 %. V této variantě dochází k velkému maření vyrobeného tepla, neboť je ho zde velký přebytek. Podíl celkové efektivně využitě energie ovšem



nezahrnuje jen nevyužité teplo, ale také ztráty v kogeneračních jednotkách. Celková účinnost vybraných kogeneračních jednotek se pohybuje kolem 85 – 87 %. Z toho vyplývá, že zde dochází přibližně k 13 – 15% ztrátám při výrobě elektrické energie a tepla.



8. Ekonomické vyhodnocení projektu bioplynové stanice

Ekonomické hodnocení projektu má zásadní vliv na rozhodování investora. Na základě výpočtu ekonomické efektivity projektu investor zvažuje, zda daný projekt uskutečnit, nebo investovat peníze někde jinde. Takové hodnocení se provádí na základě analýzy nákladů a výnosů projektu. Vyhodnocení ekonomické efektivity projektu je nutno provést již při přípravě investice, aby se předešlo případným investicím do nevýdělečných projektů. Do ekonomického hodnocení lze zahrnout jen výkony a efekty, které jsme schopni vyjádřit v peněžních jednotkách. Před samotným výpočtem bude ve zkratce uvedena teorie.

1) Čistá současná hodnota

Jednou z metod, která se používá pro výpočet ekonomické efektivity projektu, je čistá současná hodnota. Často se pro ni také používá zkratka NPV z anglického Net Present Value. Čistá současná hodnota udává aktuální hodnotu budoucích diskontovaných hotovostních toků souvisejících s projektem. Hotovostní toky jsou sumou z diskontovaných výdajů a diskontovaných příjmů. Zjednodušeně čistá současná hodnota vyjadřuje, kolik finančních prostředků nám investice za dobu hodnocení přinese, anebo naopak sebere v měřítku současné hodnoty peněz. NPV je jednou z nejpoužívanějších metod hodnocení investic a lze ji vyjádřit vzorcem (8.1):

$$NPV = -IN + \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} \quad [\text{Kč}] \quad (8.1)$$

kde

CF_t	tok hotovosti v čase t [Kč],
T_z	doba životnosti projektu [jednotka času],
t	čas t [jednotka času],
r	diskontní sazba [%],
IN	počáteční investice [Kč].

Pro správný výpočet čisté současné hodnoty musíme být schopni přesně vyčíslit budoucí hotovostní toky, týkající se dané investice. Velmi důležitým parametrem pro výpočet čisté současné hodnoty investice je diskontní sazba. Vynaložené peněžní prostředky totiž mohou



být využity i jiným způsobem přinášejícím určité zisky. Diskont vyjadřuje výnos z těchto alternativních příležitostí a také požadavky investora na minimální výnos plánované investice při dané výši rizikovosti investice. Investor se rozhodne investici uskutečnit jen v případě, že její přínos je vyšší než přínosy alternativ. Projekt nebo investice je ekonomicky výhodná, pokud je velikost NPV ≥ 0 [5].

2) Vnitřní výnosové procento

Druhým často používaným kritériem ekonomické efektivity investice je vnitřní výnosové procento. Používaná zkratka IRR vychází z anglického označení Internal Rate of Return. Vnitřní výnosové procento udává diskontní sazbu, pro kterou je hodnota kritéria NPV = 0. Hodnota IRR se vypočítá podle vzorce (8.2):

$$-IN + \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad [\text{Kč}] \quad (8.2)$$

kde

IRR vnitřní výnosové procento [%].

Při výpočtu se může stát, že nenalezneme hledanou hodnotu IRR, neboť nemusí existovat takový diskont, pro který je NPV = 0. V takovém případě se investice hodnotí jen na základě velikosti NPV. IRR se dá používat jen pro projekty s podobnou velikostí. Při porovnání několika podobných investic zvolíme tu, která má hodnotu IRR nejvyšší.

3) Diskontní sazba

Pojem diskontní sazba byl zmíněn již výše, nyní se ale zaměříme na metody jejího stanovení. Diskont je jedním ze stěžejních parametrů při výpočtu čisté současné hodnoty projektu. Vyjadřuje minimální požadovanou míru návratnosti. Při stanovování výše diskontní sazby je nutné vzít ohled na způsob financování projektu. Většina velkých projektů je financována kombinací vlastního a cizího kapitálu. Při tomto typu financování se pro určení diskontní sazby používají průměrné vážené náklady na kapitál, známé pod zkratkou WACC z anglického Weighted Average Cost of Capital.

WACC nám říká, jaká je cena za využívání kapitálu společnosti. Tato cena se rozděluje na náklady na cizí kapitál, určené úrokovou sazbou za poskytnutý cizí kapitál a na náklady na vlastní kapitál. Ty se spočítají metodou CAPM, o které se budeme zmiňovat později. Z předchozích řádků je patrné, že podnik se pro investici rozhodne jen v případě, že její



přínos je vyšší než diskont, tedy než náklady na využití kapitálu. Pro výpočet průměrných nákladů na kapitál se používá vztah (8.3)[31]:

$$WACC = r_d \cdot (1 - t_d) \cdot \frac{D}{V} + r_e \cdot \frac{E}{V} \quad [\%] \quad (8.3)$$

kde

- r_d úroková míra za poskytnutý cizí kapitál [%],
- t_d míra daně z příjmů [%],
- D velikost cizího kapitálu [Kč],
- E velikost vlastního kapitálu [Kč],
- V celkový objem kapitálu $V = (D + E)$ [Kč],
- r_e náklady vlastního kapitálu [%].

Pro určení nákladů vlastního kapitálu se nejčastěji používá metoda CAPM, Capital asset pricing model neboli model oceňování kapitálových aktiv. Velikost nákladů na vlastní kapitál se stanoví podle vztahu (8.4):

$$r_e = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) \quad [\%] \quad (8.4)$$

kde

- r_f bezriziková úroková míra, často se používá úroková míra dlouhodobých státních dluhopisů [%],
- β systematické tržní riziko daného trhu [-],
- r_m očekávaný výnos tržního portfolia [%].

Při výpočtu ekonomické efektivity se pracuje i s vývojem cen ovlivněných inflací a proto je nutné i diskontní sazbu přepočítat do nominálního tvaru podle vztahu (8.5):



$$r_n = r_r + \alpha + r_r \cdot \alpha \quad [\%] \quad (8.5)$$

kde

- r_n nominální diskontní sazba [%],
- r_r reálná diskontní sazba vypočítaná například pomocí WACC [%],
- α míra inflace [%][31].

Diskontní sazbu pro zde hodnocený projekt výstavby bioplynové stanice jsem určil rovněž pomocí modelu WACC a CAPM. Zemědělské družstvo využije pro financování výstavby z části úvěr a z části vlastní kapitál. Každá z navrhovaných výkonových variant bioplynové stanice má různě vysoké investiční náklady, přičemž výše vlastního kapitálu je 10 mil. Kč. Díky tomu se mění i velikost úvěru, který zastupuje cizí kapitál a tím se mění i velikost diskontní sazby. Zde jsem přistoupil k drobnému zjednodušení, neboť rozdíl mezi diskontními sazbami pro různé varianty je v řádu setin procent, a pro výpočet je tedy použita diskontní sazba vypočítaná z objemu cizího kapitálu z výkonové varianty 1. Velikost cizího kapitálu v této variantě je 42,5 mil. Kč. Úroková sazba za poskytnutý cizí kapitál je 2,99 %. Daňová sazba pro právnické osoby je v současné době 19 %.

Náklady vlastního kapitálu jsou stanoveny metodou CAPM. Jak bylo zmíněno výše, pro stanovení bezrizikové úrokové sazby se často využívá úroková sazba dlouhodobých státních dluhopisů. Podle dat ze statistického úřadu Evropské unie, byla v březnu roku 2015 výnosnost dlouhodobých státních dluhopisů v České republice ve výši 0,35 %. Koeficient systematického rizika β pro průmysl výroby elektřiny v Evropě je podle váženého profesora Aswatha Damodarana z univerzity v New Yorku 0,61 %. Ze stejného zdroje byla použita i velikost očekávaného výnosu tržního portfolia, konkrétně se jedná o hodnotu 6,8 %. Očekávaná míra inflace pro následující roky se podle Ministerstva práce a sociálních věcí bude pohybovat kolem 2 % [32].

Po dosazení všech hodnot z předchozích dvou odstavců byl vypočítán reálný diskont podle vztahu (8.3) ve výši 2,78 %. Aplikací vzorce (8.5) byl následně zjištěn nominální diskont 4,83 %.



8.1. Výpočet investičních nákladů na stavbu BPS, plynovodu a teplárny

Pro samotné ekonomické hodnocení je nejdříve třeba stanovit ekonomické údaje o výstavbě a provozu bioplynky. Tato kapitola se zabývá výpočtem investičních nákladů na výstavbu bioplynové stanice, plynovodu a teplárny ve sportovním areálu. Investiční náklady byly odvozeny od referenční bioplynové stanice, která je již v provozu. Náklady na kogenerační jednotky a zařízení pro úpravu bioplynu, byly zjištěny přímo od výrobců. Vzorové náklady jsou rozděleny do několika skupin podle toho, do jaké míry závisí na výkonu bioplynové stanice. Kompletní přehled položek investičních nákladů, spolu s jejich závislostmi na výkonu a odpisovými skupinami nalezneme v příloze č. 8 nebo v příloženém výpočtovém dokumentu Vystavba_a_provoz_BPS.xlsx. Z rozdělení nákladů podle závislosti na výkonu, byly vypočítány příslušné investiční náklady hodnocených variant.

V následující tabulce je uvedeno přibližné rozdělení investičních nákladů na jednotlivé části bioplynové stanice, vypočítané z varianty 1. Procentní rozdělení investičních nákladů se pro jednotlivé varianty příliš neliší, a proto zde nebudou všechny varianty uvedeny.

Investice	Podíl na celkových investičních nákladech [%]
Stavební část – fermentory, budova teplárny, silážní žlaby, sklad digestátu a další	57,5
Kogenerace – pořízení kogeneračních jednotek, instalace a doprava	17,8
Bioplyn a rozvod tepla – úprava bioplynu, hořák, rozvody bioplynu a tepla a další	10,9
Elektroinstalace – trafostanice, rozvod elektřiny, hromosvod	5,8
Ostatní – projektová dokumentace, řídicí systém, linka ADSL a další	8,0

Tabulka 8.1 Rozdělení investičních nákladů

Z tabulky je patrné, že největší podíl nákladů připadá na stavební část. V případě nákladů na fermentory se do této části zahrnuje i míchací a vytápěcí technika. Druhý největší podíl zaujímají náklady na pořízení kogenerace.

Tabulka 8.2 udává celkové investiční náklady na výstavbu jednotlivých variant bioplynové stanice a teplárny.



Varianta	Investiční náklady [Kč]
Var. 1	52 509 000
Var. 2	68 281 000
Var. 3	48 145 000
Var. 4	50 376 000
Var. 5	65 491 000
Var. 6	46 390 000
Var. 7	49 912 000
Var. 8	64 884 000
Var. 9	46 008 000

Tabulka 8.2 Investiční náklady variant BPS

Investičně nejnáročnějšími variantami jsou varianty 2, 5 a 8. Důvodem toho je pořízení kogenerační jednotky MGM 400, která má nejvyšší instalovaný elektrický výkon a tedy i nejvyšší spotřebu bioplynu a substrátu.

8.2. Výpočet provozních nákladů

Druhou významnou nákladovou položkou jsou provozní náklady, které udávají, jak velké množství peněžních prostředků je potřeba pro roční provoz celé bioplynové stanice. V projektu bioplynové stanice uvažujeme provozní náklady popsané v tabulce 8.3, kde je uveden jejich přibližný podíl na celkových provozních nákladech vypočítaných stejně jako u investičních nákladů z provozních nákladů varianty 1.

Investice	Podíl na celkových provozních nákladech [%]
Náklady na pracovní síly	11,0
Náklady na servis při výrobě bioplynu	3,3
Náklady na servis při výrobě elektřiny a tepla	5,8
Náklady na pojištění bioplynové stanice	5,5
Náklady na vstupní substrát	61,4
Náklady na servis KJ v areálu bioplynové stanice	7,0
Náklady na servis KJ ve sportovním areálu	5,9
Ostatní provozní náklady	0,1

Tabulka 8.3 Rozdělení provozních nákladů



Do provozních nákladů patří také náklady na generální opravu kogenerační jednotky. Podle společnosti TEDOM se cena generální opravy dá vyjádřit jako 60 % z celkové ceny kogenerační jednotky. Generální oprava se provádí po určitých hodinách provozu, které jsou určeny v technické specifikaci ke kogenerační jednotce. Vzhledem k tomu, že se nejedná o stálý roční provozní náklad, není v předchozí tabulce zahrnut.

Náklady na pojištění bioplynové stanice jsou uvažovány ve výši 0,5 % z celkových investičních nákladů. Náklady na servis při výrobě bioplynu a náklady na servis při výrobě elektřiny a tepla byly odvozeny z referenčního projektu bioplynové stanice [40]. První jmenované činí 490 Kč/kW instalovaného výkonu a náklady na servis při výrobě elektřiny a tepla jsou pak 870 Kč/kW. Samostatně jsou zde uvedeny náklady na pravidelný servis kogeneračních jednotek. Jejich výše je pro každou kogenerační jednotku jiná, ale obecně lze říci, že se pohybují v rozmezí 0,25 – 0,50 Kč/kWh vyrobené elektřiny [36][37]. Do ostatních nákladů řadíme náklady na zajištění licence na výrobu elektřiny a tepla. Oba druhy licence stojí 1 000 Kč, přičemž licence na výrobu elektřiny má platnost 5 let a licence na výrobu tepla dokonce 25 let. Pro každou kogenerační jednotku je nutné pořídit jednu licenci na výrobu elektrické energie, neboť jsou zde dvě různé přípojky do soustavy nízkého napětí.

Největší částí provozních nákladů jsou náklady na pěstování a zpracování vstupního substrátu. Představují více než 60 % z celkových provozních nákladů. Ve výpočtu provozních nákladů bylo počítáno s náklady ve výši 771 Kč/t siláže [42]. Tyto náklady lze přibližně rozdělit na následující činnosti, potřebné pro výrobu kukuřičné siláže, viz tabulka 8.4. Vzhledem k malé odlišnosti nákladů na výrobu travní siláže a nízkému zastoupení travní siláže v substrátu zde nebudeme uvádět složení nákladů na výrobu travní siláže.



Činnost	Podíl na nákladech na siláž [%]
Podíl vápnění (úprava pH půdy)	0,4
Podmítka (druh mělké orby po sklizni)	3,9
Orba	8,7
Hnojení minerální N	22,9
Hnojení minerální P + K	22,5
Osivo	15,2
Příprava půdy k setí + setí	7,8
Herbicidy + aplikace	7,4
Sklizeň sklízecí řezačkou	3,0
Odvoz sklizené hmoty	3,0
Uložení do silážního žlabu	5,2

Tabulka 8.4 Rozdělení nákladů na výrobu kukuřičné siláže [43]

Výše provozních nákladů se samozřejmě během let mění. Změna může být způsobena kolísáním ceny různých položek provozních nákladů nebo například přidáním nebo odebráním některé z položek. Proto jsou v následující tabulce 8.5 pro ilustraci uvedeny jen provozní náklady pro jednotlivé varianty v prvním roce provozu, tedy v roce 2016.

Varianta	Provozní náklady (N_p) v roce 2016 [Kč]
Var. 1	6 714 000
Var. 2	9 163 000
Var. 3	5 738 000
Var. 4	4 659 000
Var. 5	6 261 000
Var. 6	4 037 000
Var. 7	4 213 000
Var. 8	5 631 000
Var. 9	3 666 000

Tabulka 8.5 Provozní náklady variant BPS v prvním roce provozu

Z tabulky je patrné, že nejvyšší provozní náklady má varianta 2, s nejvyšším celkovým instalovaným výkonem bioplynové stanice, která je v provozu téměř celý rok s výjimkou 15 denní odstávky na začátku srpna.



8.3. Financování investice

Projekt bioplynové stanice bude financován z části z vlastních zdrojů zemědělského družstva a zbytek investice bude hrazen pomocí úvěru. Zemědělské družstvo plánuje na výstavbu stanice uvolnit 10 milionů Kč. Pro financování z cizích zdrojů byl vybrán úvěr s úrokovou sazbou 2,99 % a dobou splácení 15 let. Úvěr bude splácen anuitně, tedy s konstantní splátkou v průběhu celé doby splácení. V tabulce 8.6 jsou uvedeny výše úvěrů a jejich roční splátky pro jednotlivé varianty bioplynové stanice.

Varianta	Výše přijatého úvěru [Kč]	Roční anuitní splátka [Kč]
Var. 1	42 509 180	3 558 273
Var. 2	58 281 248	4 878 490
Var. 3	38 145 482	3 193 005
Var. 4	40 376 173	3 379 728
Var. 5	55 490 835	4 644 915
Var. 6	36 390 020	3 046 063
Var. 7	39 912 476	3 340 913
Var. 8	54 884 223	4 594 138
Var. 9	36 008 397	3 014 119

Tabulka 8.6 Výše úvěru a roční anuitní splátka

Počítá se se získáním úvěru ještě v roce 2015, přičemž splácení započne v roce 2016. Poslední splátka úvěru je plánována na rok 2030, kdy bude úvěr doplacen.

Při projektové přípravě výstavby bioplynové stanice bylo současně zjišťováno, zda by stavba mohla využít dotace z některého operačního programu Evropské unie. Po pečlivém prozkoumání podmínek Operačního Programu rozvoje venkova bylo zjištěno, že v současné době je poskytována nevratná investiční dotace jen bioplynovým stanicím, jejichž vstupní substrát je složen minimálně z 30 % z kejdy prasat a maximálně z 20 % z cíleně pěstované biomasy. Zároveň musí být využití tepla vyšší nebo rovno 10 %. Projektovaná bioplynová stanice nesplňuje první dvě podmínky, neboť jako vstupní substrát využívá ze 100 % cíleně pěstovanou biomasu [44].

8.4. Výpočet provozních výnosů

Tato kapitola je zaměřena na rozbor výnosů provozu bioplynové stanice. Do provozních výnosů se řadí peněžní prostředky, které bioplynová stanice získá díky výrobní činnosti. V projektu navrhované bioplynové stanice je počítáno s provozními výnosy uvedenými



v tabulce 8.7. Stejně jako u provozních nákladů, tak i zde je uveden podíl jednotlivých položek na celkových provozních výnosech. Podíly byly vypočítány z hodnot varianty 1.

Investice	Podíl na celkových provozních výnosech [%]
Výnosy z digestátu (úspora za nákup hnojiva)	5,6
Výnosy ze zelených bonusů za prodanou elektřinu	26,3
Výnosy z prodeje elektřiny do sítě	4,6
Výnosy z prodeje elektřiny do sportovního areálu	35,9
Výnosy z prodeje tepla do sportovního areálu	26,9
Výnosy z prodeje tepla do bytového domu	0,6

Tabulka 8.7 Rozdělení provozních výnosů

Největší výnosy plynou z prodeje elektrické energie do sportovního areálu, tzn. z množství a ceny prodávané elektřiny. Jak již bylo zmíněno dříve, v současné době provozovatel areálu nakupuje elektřinu za 2 100 Kč/MWh. Záměrem provozovatele bioplynové stanice je dodávat elektřinu levněji. Elektřina bude do areálu sportovišť dodávána za cenu o minimálně 5 % nižší, než je současná cena odebírané elektřiny. Cena prodávané elektřiny tedy byla stanovena na 1 995 Kč/MWh. Stejným způsobem je nastavena i cena tepla do areálu sportovišť a do bytového domu. Do areálu sportovišť bude teplo dodáváno za 285 Kč/GJ, neboť současná cena je 300 Kč/GJ. Bytový dům si polepší ze současných 540 Kč/GJ tepla z plynového kotle na 513 Kč/GJ tepla z bioplynové stanice. Z těchto cen energií a jejich dodaného množství se snadno určí výše provozních výnosů.

Pro výkup elektřiny dodané do sítě byla vybrána společnost Centropol, která nabízí výkupní cenu 700 Kč/MWh za elektřinu z obnovitelných zdrojů energie. Úspora za nenakoupená hnojiva byla určena jako 88 Kč/t vzniklého digestátu [40].

8.4.1. Výše provozní podpory

Velmi důležitým výnosem jsou i peněžní prostředky ze zelených bonusů za vyrobenou elektřinu. Bioplynová stanice obdrží zelené bonusy za všechnu vyrobenou elektřinu s výjimkou elektřiny spotřebované pro vlastní technologickou spotřebu.

Jak bylo zmiňováno v kapitole 5.3, v současnosti je podle cenového rozhodnutí ERÚ 1/2014 podpora výroby elektřiny za spalování bioplynu v bioplynové stanici rovna nule. V dnešní době je možné využívat jen podporu výroby elektrické energie z KVET. Pokud se tedy vzdáme nulové podpory na spalování bioplynu, můžeme využít výhodnější



základní sazbu při spalování v rámci KVET podle řádků 704 nebo 705 z cenového rozhodnutí. Výše základní sazby se liší podle ročních provozních hodin bioplynové stanice. Řádek 705 platí pro bioplynové stanice s ročním provozem do 8 400 h a řádek 704 udává podporu pro bioplynky s dobou provozu maximálně 4 400 h. Pro varianty 1 až 6 využijeme tedy možnost podpory podle řádku 704 a pro varianty 7 až 9 využijeme podporu podle řádku 705. Výše podpor jsou popsány v tabulce 8.8.

Varianty	Podíl na celkových provozních výnosech [%]	Řádek	Výše zeleného bonusu [Kč/MWh]
Var. 1 – Var. 6	Zelený bonus za spalování bioplynu	322 - 325	0
	Základní sazba zeleného bonusu pro výrobu z KVET	705	170
	Doplňková sazba zeleného bonusu pro výrobu z KVET	776	900
Var. 7 – Var. 9	Zelený bonus za spalování bioplynu	322 - 325	0
	Základní sazba zeleného bonusu pro výrobu z KVET	704	780
	Doplňková sazba zeleného bonusu pro výrobu z KVET	776	900

Tabulka 8.8 Výše zelených bonusů [21]

Z tabulky je patrné, že pro varianty 1 až 6 bude bioplynová stanice čerpat podporu v celkové výši 1 070 Kč/MWh a pro varianty 7 až 9 pak ve výši 1 680 Kč/MWh.

Při porovnání s celkovou výší podpory v roce 2012 - 3 560 Kč/MWh a v roce 2013 - 3 200 Kč/MWh, je patrný značný pokles této podpory.

Nyní se vrátíme zpět k celkovým provozním výnosům. Stejně jako u nákladů, se i v tomto případě jejich výše během let mění. Změna je způsobena především kolísáním ceny tepla a elektřiny. Jak již bylo zmíněno, cena tepla a elektřiny z BPS je svázána s cenou energie, kterou v současné době objekty využívají. Bioplynová stanice musí tedy upravovat své ceny podle aktuálních cen energie, které objekty využívaly před přestoupením na odběr energie z bioplynové stanice. V projektu je počítáno s růstem ceny elektřiny o 2,2 % ročně, neboť i přes současný pokles cen elektřiny předpokládám do budoucna její mírný růst. Usuzujeme tak z historického vývoje cen elektřiny a z možných scénářů do budoucna, kdy díky stále většímu využívání OZE by mohla cena elektřiny vzrůstat. Předpokládám, že cena tepla získávaného ze zemního plynu bude během let také růst, a to konkrétně ve výši 2 % ročně pro velkoodběratele zemního plynu a 2,07 % pro maloodběratele plynu. Hodnoty byly určeny na základě historických dat z Eurostatu. Sportovní areál je možno zařadit do skupiny velkoodběratelů, kdežto bytový dům patří svou spotřebou zemního



plynu do skupiny malooběratelů. Pro cenu digestátu očekávám zvýšení cen ve výši inflace, která je podle MPSV odhadována do budoucna na 2 %.

V tabulce 8.9 jsou opět pro ilustraci uvedeny provozní výnosy variant v roce 2016.

Varianta	Provozní výnosy (Vy) v roce 2016 [Kč]
Var. 1	7 318 000
Var. 2	9 073 000
Var. 3	5 877 000
Var. 4	4 513 000
Var. 5	5 788 000
Var. 6	3 560 000
Var. 7	4 456 000
Var. 8	5 757 000
Var. 9	3 508 000

Tabulka 8.9 Provozní výnosy variant BPS v prvním roce provozu

8.5. Výpočet Cash Flow

Předtím než budeme moci stanovit cash flow v jednotlivých letech provozu bioplynové stanice, je nutné ještě spočítat výši odpisů. Odpisy se používají při výpočtu daně z příjmů. Způsob výpočtu je určen v zákoně č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů. Zákon rozlišuje dva druhy daňových odpisů a to lineární odepisování a zrychlené odepisování. Vlastník majetku se na začátku odepisování rozhodne, který způsob použije. Dlouhodobý hmotný majetek se odepisuje na základě vybraného způsobu odepisování a odpisové skupiny, do které patří. Odpisové skupiny určují, jak dlouho se majetek bude odepisovat a jaká částka se na základě koeficientů skupiny ročně odepisuje. Vztahy a koeficienty pro výpočet daňových odpisů jsou uvedeny v příloze č. 9.

Stanovení ročního cash flow bylo provedeno na základě dat vypočtených v této kapitole. Roční peněžní tok se vypočítá podle vztahu (8.6) z literatury [7]:

$$CF = Vy - N_p - N_{\dot{u}} - D_z - ZS - S_{pl} - N_{in} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (8.6)$$

kde

Vy výnosy (příjmy) z realizace investice [Kč/rok],

N_p provozní výdaje (materiál, palivo, energie, údržba) [Kč/rok],



$N_{\dot{u}}$	úroky placené z úvěrů a obligací [Kč/rok],
D_z	daň z příjmu investora, která se určí podle vztahu (8.7) [Kč/rok],
ZS	jednorázové výdaje na změnu stavu pracovního kapitálu [Kč/rok],
S_{pl}	úmor úvěrů a obligací v době jejich splácení [Kč/rok],
N_{in}	investiční výdaje z vlastních zdrojů [Kč/rok].

Pro výpočet daně z příjmu musíme znát aktuální hodnotu sazby daně z příjmu právnických osob, která činí v současné době 19 %. Vztah pro výpočet daně udává vzorec (8.7)[7]:

$$D_z = d_z \cdot (Vy - N_p - N_{od} - N_{\dot{u}} \pm P, O) \quad [\text{Kč/rok}] \quad (8.7)$$

kde

d_z	sazba daně z příjmů [%],
N_{od}	odpisy dlouhodobého hmotného majetku [Kč/rok],
P, O	připočitatelné (+) a odpočitatelné (-) položky při výpočtu základu daně z příjmů (např. poplatky a penále) [Kč/rok].

Stanoveny byly dvě varianty peněžního toku. První varianta počítá s rovnoměrnými odpisy dlouhodobého hmotného majetku, a druhá z variant naopak pro výpočet používá zrychlený způsob odepisování.

8.6. Výpočet čisté současné hodnoty

Na základě vypočtených hotovostních toků a diskontu 4,83 % z úvodu kapitoly 8 můžeme již stanovit hodnoty NPV pro všechny varianty navrhované bioplynové stanice. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.10.



Varianta	NPV za dobu životnosti s lineárními odpisy [Kč]	NPV za dobu životnosti se zrychlenými odpisy [Kč]
Var. 1	-54 792 742	-54 524 660
Var. 2	-80 571 907	-80 081 642
Var. 3	-56 068 525	-55 719 626
Var. 4	-58 879 987	-58 520 616
Var. 5	-78 095 858	-77 628 351
Var. 6	-58 752 551	-58 355 779
Var. 7	-53 048 399	-52 697 783
Var. 8	-69 249 553	-68 786 994
Var. 9	-53 998 293	-53 604 634

Tabulka 8.10 Hodnoty NPV pro jednotlivé varianty

Z tabulky je patrné, že čistá současná hodnota u všech porovnávaných variant je záporná. Z teoretických poznatků z kapitoly 8 vyplývá, že investice by měla být realizována jen v případě, že její čistá současná hodnota je kladná. V našem případě se tak bohužel nestalo ani u jedné z variant.

Vnitřní výnosové procento ani pro jednu z hodnocených variant neexistuje. To znamená, že ať určíme výši diskontu jakkoliv vysokou, nikdy nebude NPV jednotlivých variant nabývat kladných hodnot. Z tohoto důvodu nebudou dále provedeny citlivostní analýzy na velikost diskontu. Z tabulky je patrné, že lépe vždy vychází odepisování zrychlené. Nejlepší hodnoty čisté současné hodnoty dosáhla varianta 7 se zrychlenými odpisy.

Za současných podmínek a nastavených předpokladů výpočtu se tedy výstavba bioplynové stanice s uvedenými parametry nevyplatí ani u jedné z variant.

8.7. Výpočet minimálních cen a minimální výše zelených bonusů

S ohledem na skutečnost, že se ani jedna z navrhovaných variant za současných tržních a legislativních podmínek nevyplatí, je zajímavé otestovat, za jakých okolností by se projekt bioplynové stanice vyplatil, respektive by se stal neprodělečným. Takováto situace nastane v případě, že se čistá současná hodnota investice rovná 0. Hlavními parametry, které ovlivňují úspěšnost či neúspěšnost projektu jsou cena prodávaného tepla a elektřiny do areálu sportovišť.



V následující tabulce 8.11 je uveden přehled minimálních cen prodávaných forem energie tak, aby NPV projektu byla rovna 0. Uvedené hodnoty jsou při zahrnutí zrychlených odpisů, neboť z tabulky 8.10 je patrné, že se jedná o výhodnější formu odepisování.

Varianta	Minimální cena tepla [Kč/GJ]	Minimální cena elektřiny [Kč/MWh]
Var. 1	917	5 255
Var. 2	1 022	6 724
Var. 3	1 097	5 892
Var. 4	1 298	7 736
Var. 5	1 258	9 610
Var. 6	1 671	8 688
Var. 7	1 355	7 896
Var. 8	1 278	9 825
Var. 9	1 776	9 192

Tabulka 8.11 Minimální ceny elektřiny a tepla prodávaných do sportovního areálu při zrychleném odepisování

Z tabulky je patrné, že minimální ceny jsou velmi vysoké a například minimální cena tepla u první varianty je více než trojnásobkem ceny, kterou platí sportovní areál za teplo nyní. Nedá se tedy v žádném případě předpokládat, že by sportovní areál souhlasil s výstavbou bioplynové stanice a odkupem tepla za tuto cenu.

Dalším parametrem, který velmi ovlivňuje konečnou hodnotu NPV je výše celkového zeleného bonusu. V současné době je celková výše zeleného bonusu pro varianty s provozní dobou do 8 400 h - 1 070 Kč/MWh. Pro varianty s dobou provozu do 4 400 h činí zelený bonus 1680 Kč/MWh. Tabulka 8.12 přibližuje, jaká by musela být minimální výše zelených bonusů, aby se investice do bioplynové stanice stala neztrátovou. Hodnoty jsou opět vypočteny se zahrnutím zrychlených odpisů.



Varianta	Minimální výše zeleného bonusu [Kč/MWh]
Var. 1	3 496
Var. 2	3 737
Var. 3	4 179
Var. 4	5 328
Var. 5	5 322
Var. 6	6 411
Var. 7	6 173
Var. 8	6 103
Var. 9	7 423

Tabulka 8.12 Minimální výše zeleného bonusu při zrychleném odepisování

Provozní podpory z tabulky 8.12 se opět od těch současných velmi liší. Zelené bonusy by musely narůst více než trojnásobně, aby se NPV investice dostalo do nezáporných hodnot. Podle kapitoly 6.1 se však bohužel nedá do budoucna počítat s růstem podpory pro bioplynové stanice využívající jako vstupní substrát cíleně pěstovanou biomasu. Při bližším pohledu na tabulku 8.12 je zřejmé, že variantě 1 odpovídá minimální zelený bonus ve výši 3 496 Kč/MWh. Tato hodnota je nižší, nežli hodnota zeleného bonusu z roku 2012 (pro bioplynové stanice uvedené do provozu v roce 2012). Z tohoto důvodu bylo provedeno šetření, zda by se stavba této bioplynové stanice vyplatila v minulých letech. Porovnávány byly varianty výstavby v letech 2012, 2013, 2014 a 2015. V tabulce 8.13 jsou pak shrnuty výsledky zmiňované analýzy.

Z tabulky 8.13 je patrné, že pokud byla varianta 1 uvedena do provozu v roce 2012, investice by se vyplatila. Ostatní varianty jsou nevýhodné i při provozní podpoře z minulých let. Je pravděpodobné, že nevýhodnost investice je zapříčiněna nejen nízkou provozní podporou v současné době, ale také například navrhovanou strukturou bioplynové stanice, kdy je stanice rozdělena do dvou provozů spojených nákladným plynovodem. Bohužel v případě zdejšího zemědělského družstva nepřipadá běžný projekt bioplynové stanice v úvahu, neboť v areálu družstva se nenachází žádný vhodný objekt pro odběr tepla a stanice by tak přicházela o příjmy z této činnosti a byla by velmi neefektivní ve využívání energie paliva.



Varianta	Aktuální ZB [Kč/MWh]	ZB 2014 [Kč/MWh]	ZB 2013 [Kč/MWh]	ZB 2012 [Kč/MWh]
Výše celk. ZB (do 8 400h/do 4 400h)	1 070/1 680	1 040/1 650	3 200	3 560
Varianta	NPV za dobu životnosti [Kč]	NPV za dobu životnosti [Kč]	NPV za dobu životnosti [Kč]	NPV za dobu životnosti [Kč]
Var. 1	-54 524 660	-55 238 025	-6 403 574	1 388 201
Var. 2	-80 081 642	-81 055 631	-15 528 920	-5 085 343
Var. 3	-55 719 627	-56 299 328	-16 856 446	-10 620 240
Var. 4	-58 520 617	-58 963 679	-28 360 272	-23 431 135
Var. 5	-77 628 352	-78 218 076	-37 474 661	-30 974 730
Var. 6	-58 355 780	-58 709 648	-34 083 339	-30 168 429
Var. 7	-52 697 783	-53 075 329	-34 223 995	-29 968 406
Var. 8	-68 786 994	-69 293 502	-44 237 009	-38 597 523
Var. 9	-53 604 634	-53 908 426	-38 635 725	-35 243 497

Tabulka 8.13 Hodnoty NPV při provozní podpoře z let 2012, 2013, 2014 a 2015

8.8. Citlivostní analýzy zvolených vstupních parametrů

Aby bylo ověřeno, které parametry mají klíčový vliv na výslednou efektivnost investice, je dále provedena citlivostní analýza závislosti hodnot NPV na šesti z nich. Jedná se o diskont, cenu siláže, výkupní cenu elektřiny prodávanou do sítě, meziroční růst ceny elektřiny pro sportovní areál, meziroční růst ceny tepla pro sportovní areál a kombinace posledních dvou uvedených.

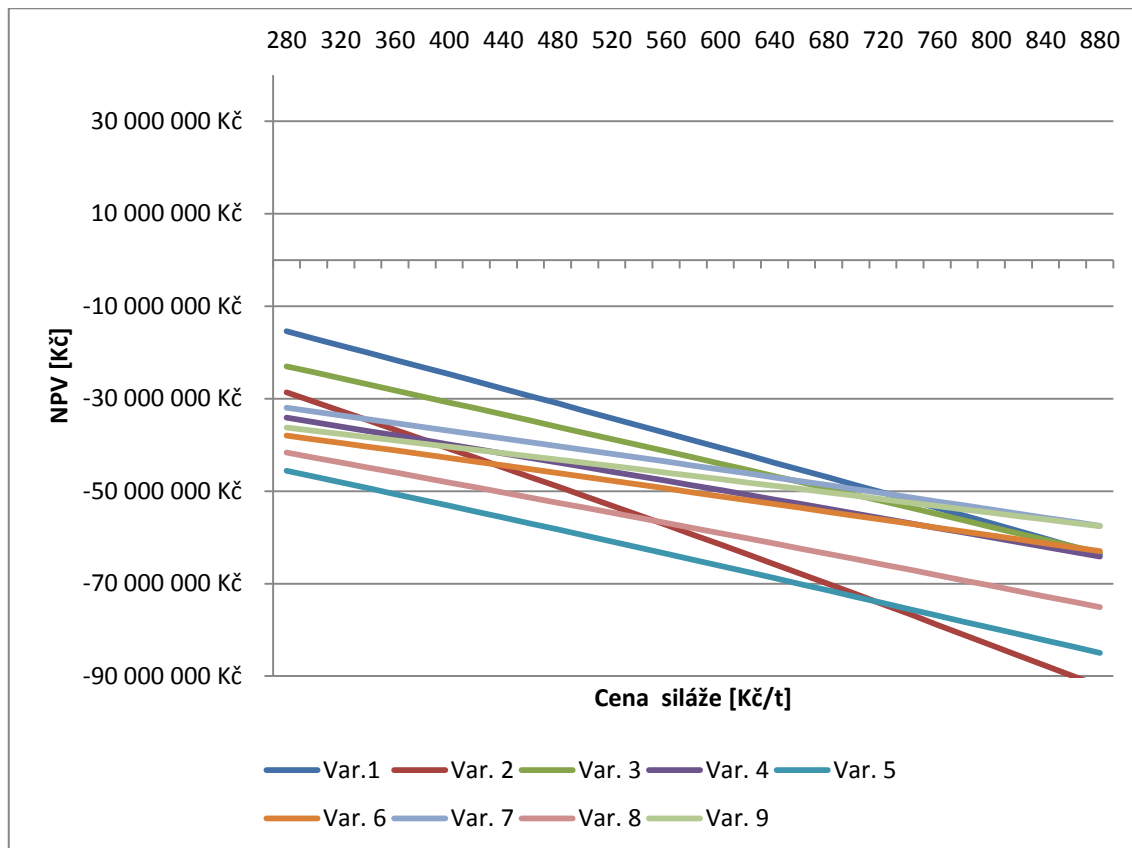
Jak již bylo zmíněno dříve, vnitřní výnosové procento u žádné z variant neexistuje, což značí, že neexistuje taková výše diskontu, pro nějž by bylo NPV rovno 0. Nemá tedy smysl se dále zabývat citlivostní analýzou tohoto výpočtu na velikost diskontu, neboť nenalezneme žádný takový diskont, pro nějž by se investice stala výhodnou.

Jako další veličina, která příliš neovlivní výsledek výpočtu, se jeví výkupní cena elektřiny dodávané do sítě. Z bilance elektřiny je patrné, že do sítě je prodáváno menší množství elektrické energie, než je například dodáváno do bazénu, což znamená, že její změna nemá příliš velký vliv na efektivnost investice.

Vzhledem k větší podílu nákladů na siláž v celkovém objemu provozních nákladů, se dá předpokládat, že cena siláže bude výsledek efektivnosti investice ovlivňovat poměrně silně. Z následujícího grafu 8.1 je patrné, že tomu tak skutečně je. V grafu je zachycena závislost efektivnosti jednotlivých variant na ceně, resp. nákladech na výrobu siláže. Se



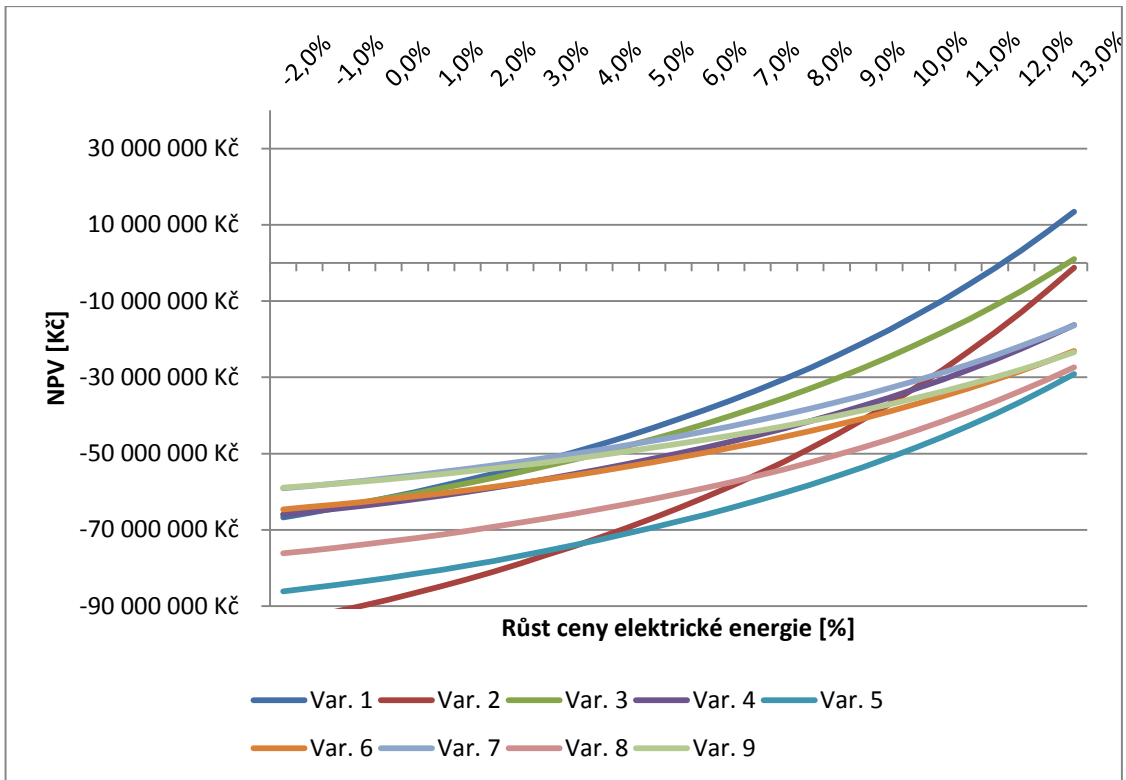
snižujícími se náklady, efektivnost investice roste. Ovšem ani při ceně 280 Kč/t siláže se investice nevyplatí (v současné době se náklady pohybují kolem 770 Kč/t).



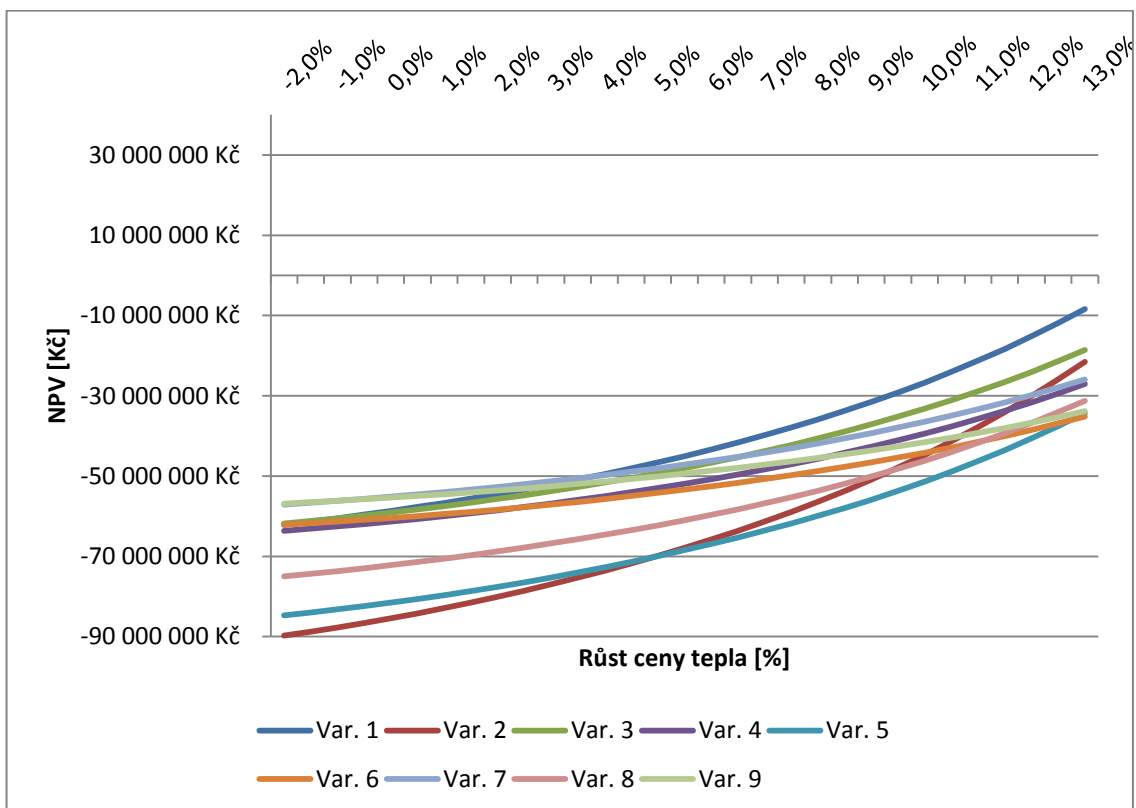
Graf 8.1 NPV při změně ceny siláže

Velmi důležitou veličinou pro konečnou efektivnost investice je naopak růst ceny elektrické energie. Z grafu 8.2 je patrné, že při meziročním růstu ceny elektřiny téměř o 12 % se začne varianta 1 vyplácet. Ostatní varianty se ani při 12% růstu ceny elektřiny nevyplatí.

Podobně důležitou veličinou je i růst ceny tepla mezi jednotlivými roky. Závislost hodnoty NPV na této veličině je zachycena v grafu 8.3. Čistá současná hodnota ovšem vykazuje poněkud menší závislost na růstu ceny tepla nežli na růstu ceny elektrické energie. Ani jedna z navrhovaných variant se i při maximálním zkoumaném růstu ceny tepla až 13 % nevyplatí.



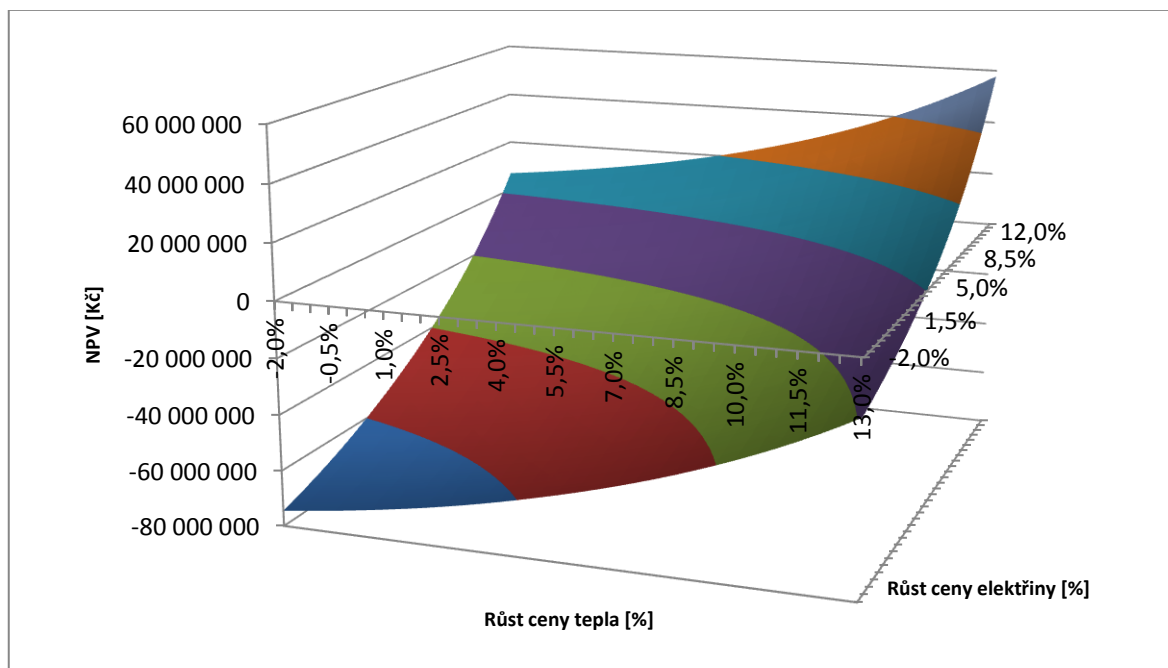
Graf 8.2 NPV při změně meziročního růstu ceny elektrické energie



Graf 8.3 NPV při změně meziročního růstu ceny tepla



Nedá se ovšem předpokládat, že by cena elektřiny nebo tepla rostla meziročně o deset a více procent, aniž by přitom druhá z veličin dosahovala současné výše. Proto byla analyzována i možnost, že by se růsty cen obou forem energie vyvíjely paralelně. Poměrně zajímavé výsledky ukazuje graf 8.4, jenž analyzuje závislost NPV varianty 1 při současném růstu ceny elektřiny a tepla.



Graf 8.4 NPV varianty 1 při změně růstu ceny tepla a elektřiny

Z grafu je zřejmé, že při určitém růstu obou veličin se varianta 1 stává výhodnou a její NPV nabývá kladné hodnoty. Ovšem stále se jedná o poměrně vysoké hodnoty růstů cen obou forem energie, kterým doufám v budoucnu nebudeme čelit. Jako příklad můžeme uvést, že při meziročním růstu ceny elektřiny o 8 % během následujících 20 let, by se cena tepla musela každý rok zvyšovat o 10,5 %, aby se investice do první varianty bioplynové stanice vyplatila.

Z citlivostních analýz je tedy patrné, že na celkovou efektivnost investic má velký vliv řada veličin. Nejedná se ale o vliv tak zásadní, aby se investice stala výhodnou při změně hodnoty kterékoliv z nich v intervalu, který je za současných podmínek reálný.



9. Závěr

Cílem této práce je přiblížit problematiku bioplynových stanic a posouzení ekonomické efektivity navrhovaných variant bioplynové stanice. V první kapitole jsou uvedeny základní procesy při výrobě bioplynu a podmínky, při kterých vzniká. Důležitou součástí první kapitoly je i popsání využití bioplynu v praxi. Je zde popsáno několik metod energetického využití i využití v dopravě a jiných odvětvích. Zmiňována je i důležitost uplatnění tepla vyrobeného v kogenerační jednotce. Díky prodeji tepla se zvyšuje ekonomická i energetická účinnost bioplynové stanice.

Druhá kapitola je věnována technickým řešením provozu bioplynové stanice. Jsou zde vysvětleny postupy při zásobování a skladování substrátu, i při jeho dávkování. Druhá část této kapitoly pojednává o technickém řešení samotného fermentoru a o zařízeních, které s ním souvisí. Pro správnou funkčnost fermentoru je nutné, aby byl vybaven vytápěním, mícháním substrátu, zařízením pro vsázku a odběr substrátu a také pro odběr bioplynu. Poslední část kapitoly se zabývá zpracováním bioplynu a fermentačního zbytku.

Následně je v krátkosti popsána historie bioplynových stanic a také současný stav jejich využití v České republice. Představeny jsou zde také zajímavé projekty bioplynových stanic u nás.

Důležitou částí této práce je následující pátá kapitola, která se věnuje formám podpory rozvoje bioplynových stanic. Tato kapitola podává informace o způsobech podpory obnovitelných zdrojů obecně, a také v souvislosti s BPS, pro které je podpora velmi důležitá. Jsou zde zmíněny aktuální výše jednotlivých druhů podpor.

V poslední kapitole teoretické části práce jsou diskutovány cíle obsažené v platné státní energetické koncepci. Ta by se v nejbližší době měla dočkat aktualizace, ovšem ještě se čeká na její schválení vládou České republiky. Následně je nastíněn možný rozvoj bioplynových stanic z hlediska jejich výkonu a zavedení nové podpory.

Druhá část se zabývá vyhodnocením ekonomické efektivity navrhovaných variant bioplynové stanice. Návrh výstavby bioplynové stanice byl vypracován pro zemědělské družstvo ležící v blízkosti města se 70 000 obyvateli. Zemědělské družstvo má k dispozici dostatečnou plochu zemědělské půdy a na pěstování energetických plodin vyhradilo 230 hektarů. Město nabízí možnost uplatnění vyrobeného tepla ve sportovním areálu, kde se



nachází aquapark, letní koupaliště a sportovní hala. Ve výpočtu byla uvažována i možnost dodávky tepla do blízkého bytového domu s 18 byty.

Po zevrubné analýze uvažované lokality výstavby byl navržen koncept bioplynové stanice rozdělené do dvou provozů. Hlavní část stanice se má nacházet v areálu zemědělského družstva, kde je dostatečná plocha pro její výstavbu. Zde se budou nacházet sklady vstupního substrátu, který se skládá z 90 % z kukuřičné siláže a ze zbytku, jež tvoří travní siláž. V areálu družstva je počítáno také s fermentory pro výrobu bioplynu, se sklady vzniklého digestátu a také se kogenerační jednotkou MGM 105 o jmenovitém výkonu 104 kW. Kogenerační jednotka slouží k výrobě tepla a elektřiny pro potřeby bioplynové stanice a přebytečná elektřina je dodávána do elektrické sítě nízkého napětí. Zbytek nevyužitého bioplynu má být dodáván plynovodem o délce 2,5 km do sportovního areálu v blízkém městě. Zde je plánována výstavba budovy teplárny, kde bude umístěna kogenerační jednotka na spalování přivedeného bioplynu. Primárně bude teplo a elektřina uspokojovat vlastní spotřebu teplárny s tím, že budou obě formy energie dodávány následně do sportovního areálu. Přebytky tepla pak bude využívat bytový dům k vytápění a k ohřevu TUV. Přebytečná elektrická energie nebude využívána v bytovém domě, ale bude prodávána do sítě nízkého napětí.

Pro teplárnu jsou uvažovány tři různé varianty kogeneračních jednotek o různém výkonu. Podobně jsou uvažovány i tři různé varianty provozu bioplynové stanice, které byly zvoleny na základě předpokládaného využití tepla v odběrových místech. První varianta počítá s provozem o celkové délce 8 400 h, kdy bude bioplynová stanice odstavena jen v období od 1. 8. do 15. 8. V tuto dobu bude prováděna klasická údržba a kontrola zařízení. Druhá varianta uvažuje provoz stanice jen v topné sezoně od 1. 10. do 30. 4. Po zbytek roku je stanice v odstávce a k výrobě tepla pro objekty ve sportovním areálu a v bytovém domě jsou využívány stávající plynové kotle. Poslední variantou je provoz od 1. 10. jen do 31. 3. Na základě kombinace variant provozu bioplynové stanice a variant kogeneračních jednotek do teplárny vzniklo celkem devět variant bioplynové stanice, které jsou popsány v tabulce 9.1.

V závislosti na výkonu kogeneračních jednotek a ročním provozu bylo potřeba stanovit i potřebné množství bioplynu a od něhož se odvíjí i množství vstupního substrátu a oseté plochy. Pro každou z variant se toto množství liší. Liší se také množství vyrobeného tepla a elektřiny. Díky tomu je v každé variantě počítáno s dodávkou různého množství elektřiny a



tepla do jednotlivých odběrných míst. Konkrétní hodnoty jsou shrnuty v tabulkách 7.8 – 7.11.

Provoz	Doba provozu [h/rok]	KJ do sportovního areálu	Celkový výkon obou KJ [kW]	Varianta
1. 1. – 31. 7. 16. 8. - 31. 12.	8 400	TEDOM Cento T200	304	Var. 1
		Motorgas MGM 400	469	Var. 2
		TEDOM Cento L155	259	Var. 3
1. 1. – 30. 4. 1. 10. - 31. 12.	5 088	TEDOM Cento T200	304	Var. 4
		Motorgas MGM 400	469	Var. 5
		TEDOM Cento L155	259	Var. 6
1. 1. – 31. 3. 1. 10. - 31. 12.	4 368	TEDOM Cento T200	304	Var. 7
		Motorgas MGM 400	469	Var. 8
		TEDOM Cento L155	259	Var. 9

Tabulka 9.1 Přehled navrhovaných variant řešení

Po stanovení všech vstupních parametrů jako jsou právě velikosti jednotlivých odběrů, bylo možné přistoupit k ekonomickému zhodnocení navrhovaných variant. Na základě předpokládaných cen prodávaných forem energie byly stanoveny tržby za jejich prodej. Důležitým předpokladem je ale především stanovení investičních nákladů, které se pro různé varianty liší. Stejně tak se liší provozní náklady, jejichž hlavní složkou jsou náklady na výrobu vstupního substrátu a také provozní výnosy za prodej energie a zelené bonusy. Zelené bonusy jsou jednou z hlavních složek provozních výnosů a mají také značný vliv na konečné hodnocení výstavby stanice. V současné době je možnost využívat pro podobné bioplynové stanice jen podpory za elektřinu z KVET, která činí v případě základní sazby 170 Kč/MWh nebo 780 Kč/MWh v závislosti na době provozu celé stanice. První z hodnot platí pro bioplynové stanice, které jsou v provozu méně než 8 400 h ročně a částka 780 Kč/MWh je pak pro bioplynky s ročním provozem maximálně 4 400 h. Doplňková sazba je pro obě varianty ve výši 900 Kč/MWh.

Projekt bude financován kombinací cizího a vlastního kapitálu. Družstvo na stavbu uvolní 10 mil. Kč a zbytek bude investován z úvěru. Ekonomické hodnocení bylo provedeno metodou výpočtu čisté současné hodnoty a IRR při stanoveném diskontu 4,83 %. Výsledky jednotlivých variant společně s detailním shrnutím uvádí tabulka 9.2. Při výpočtu bylo počítáno se zrychleným odepisováním i s lineárními odpisy. Všechny varianty ale dosáhly



lepších výsledků při použití zrychleného odepisování, a proto jsou v tabulce 9.2 uvedeny jen výsledky právě s touto variantou odepisování.

Varianta	Investiční náklady [Kč]	Provozní náklady v roce 2016 [Kč]	Provozní výnosy v roce 2016 [Kč]	Výše úvěru [Kč]	NPV se zrychlenými odpisy [Kč]
Var. 1	52 509 000	6 714 000	7 318 000	42 509 180	-54 524 660
Var. 2	68 281 000	9 163 000	9 073 000	58 281 248	-80 081 642
Var. 3	48 145 000	5 738 000	5 877 000	38 145 482	-55 719 626
Var. 4	50 376 000	4 659 000	4 513 000	40 376 173	-58 520 616
Var. 5	65 491 000	6 261 000	5 788 000	55 490 835	-77 628 351
Var. 6	46 390 000	4 037 000	3 560 000	36 390 020	-58 355 779
Var. 7	49 912 000	4 213 000	4 456 000	39 912 476	-52 697 783
Var. 8	64 884 000	5 631 000	5 757 000	54 884 223	-68 786 994
Var. 9	46 008 000	3 666 000	3 508 000	36 008 397	-53 604 634

Tabulka 9.2 Přehled ekonomického hodnocení variant BPS

Z tabulky je patrné, že pro všechny varianty je hodnota NPV záporná. To bohužel znamená, že za aktuálních ekonomických a legislativních podmínek, se výstavba této bioplynové stanice nevyplatí. Jedním z hlavních důvodů je současné nastavení nízké provozní podpory ve formě zelených bonusů pro nově postavené bioplynové stanice. V práci byla zkoumána i možnost, zda by se stavba a provoz této stanice vyplatila při podmínkách podpory z minulých let. V případě varianty 1 bylo při těchto podmínkách skutečně dosaženo kladné hodnoty NPV. Bohužel do budoucna se nedá počítat se zvýšením podpory pro tento druh bioplynových stanic. V kapitole 6 bylo zmíněno, že se do budoucna počítá spíše s podporou bioplynových stanic zpracovávajících komunální odpad a ostatní odpadní produkty.

Druhým důvodem záporného hodnocení výstavby stanice mohou být příliš vysoké investiční náklady na výstavbu stanice, které jsou způsobeny především výstavbou plynovodu a budovy teplárny ve sportovním areálu. Jedná se o náklady, které se v běžných bioplynových stanicích nevyskytují a výrazně tak navyšují celkové investiční náklady. Výstavbou plynovodu a teplárny sice vzrostlo využití tepla vyrobeného z bioplynu, ovšem ani to nestačilo pro zvýšení celkové efektivity projektu bioplynové stanice.

Po konečném zhodnocení návrhu řešení bylo ještě provedeno několik citlivostních analýz na některé vstupní parametry výpočtu. Šlo například o posouzení vlivu výrobní ceny siláže,



meziročního růstu ceny tepla, meziročního růstu ceny elektrické energie a kombinací posledních dvou jmenovaných, na konečné hodnotě NPV. Z citlivostních analýz vyplynulo, že na celkovou efektivnost investic má značný vliv řada veličin. Nejedná se ale o vlivy tak zásadní, aby se investice stala výhodnou při změně hodnoty kterékoliv veličiny v intervalu, který je za současných podmínek reálný.

Mé konečné doporučení tedy zní, aby investice do navrhované výstavby bioplynové stanice nebyla provedena, neboť za současných ekonomických a legislativních podmínek se výstavba nevyplatí a je ztrátová. Alternativou by mohla být výstavba bioplynové stanice o malém výkonu na zpracování odpadů, která by do budoucna mohla získat lepší podmínky pro provozní podporu.



Literatura

- [1] CZ BIOM – ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. 2009. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu_2.pdf
- [2] BIOPROFIT s.r.o. *Vlastnosti BP* [online]. 2007 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_vlastnosti.htm
- [3] KUMAR, Gopalakrishnan a Chiu-Yue LIN. Bioconversion of de-oiled Jatropha Waste (DJW) to hydrogen and methane gas by anaerobic fermentation: Influence of substrate concentration, temperature and pH. *International Journal of Hydrogen Energy* [online]. 2013, vol. 38, issue 1, s. 63-72 [cit. 2014-12-05]. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.10.053. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360319912023415>
- [4] CZ BIOM – ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. *Desatero bioplynových stanic: aneb zásady efektivní výstavby a provozu bioplynových stanic v zemědělství*. 2007. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/260441/Desatero_BPS.pdf
- [5] VAŠÍČEK, Jiří. ČVUT FEL, katedra ekonomiky. Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů. [online]. 2005 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2565-zasady-ekonomickeho-hodnoceni-energetickyh-projektu>
- [6] MORAVEC, Adam: Od prasečího perpetuum mobile k bioplynové velmoci. *Biom.cz* [online]. 2014-05-12 [cit. 2014-10-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/od-praseciho-perpetuum-mobile-k-bioplynovove-velmoci>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] VAŠÍČEK, Jiří. ČVUT FEL, katedra ekonomiky. *Cash Flow*. Dostupné z: <https://ekonom.feld.cvut.cz/web/images/stories/predmety/x16fiu/cashflow.pdf>
- [8] Historie bioplynek. *Bioplyn rozvíjí venkov.cz* [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://bioplynrozvijivenkov.cz/historie-bioplynek/#rok-1998>



- [9] AUTERSKÁ, Petra: Problematika zápachu na bioplynových stanicích. *Biom.cz* [online]. 2010-07-26 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-zapachu-na-bioplynovych-panicich>>. ISSN: 1801-2655.
- [10] Energeticky soběstačná obec. *Obec Kněžice.cz* [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: http://www.obec-knezice.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=30
- [11] Podpora bioplynu a biomasy má smysl – dává lidem práci a venkovu perspektivu. CZ BIOM – ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. [online]. 2013 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://czbiom.cz/blog/2013/08/01/podpora-bioplynu-a-biomasy-ma-smysl-dava-lidem-praci-a-venkovu-perspektivu/>
- [12] Bioplynová stanice Přeštice. *Chp-Goes-Green.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.chp-goes-green.info/czech-republic/prague/chp-priklady/BP2>
- [13] Státní energetická koncepce ČR. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *MPO.cz* [online]. 2010 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument/5903.html>
- [14] Státní energetická koncepce ČR. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *MPO.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/52041/59168/618616/priloha001.pdf>
- [15] Cenová rozhodnutí. ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *ERU.cz* [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti>
- [16] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2001/77/ES. In: 2001. Dostupné z: http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/2001_77_EC.pdf
- [17] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES. In: 2009. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=CS>
- [18] Často kladené dotazy. ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *ERU.cz* [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/casto-kladene-dotazy>



- [19] BECHNÍK, Bronislav: Rozvoj OZE – jinak než v Evropě. *Biom.cz* [online]. 2010-07-07 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rozvoj-oze-jinak-nez-v-evrope>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: 2012. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-o-podporovanych-zdrojich-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu>
- [21] *Energetický regulační věstník* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/613886/ERV_4_2014/4f60ee4b-5bfa-4636-846f-5c7dee3d8683
- [22] *Hospodářské noviny - příloha: Podpora bioplynových stanic vyšla na více než 20 miliard*. 2014. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-63022770-podpora-bioplynovych-stanic-vysla-na-vice-nez-20-miliard>
- [23] STRAKA, František, DOUCHA, Jiří : Nové možnosti energetického využití bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-07-11 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [24] *Hospodářské noviny - příloha: Biometan jako palivo budoucnosti*. 2014. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-63022760-biometan-jako-palivo-budoucnosti>
- [25] ŠAFARÍK, Miroslav: Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla. *Biom.cz* [online]. 2012-03-13 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655.
- [26] CZ Biom, : Spolehlivá a ověřená technologie bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spolehliva-a-overena-technologie-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.
- [27] KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [28] POLÁČKOVÁ, Jana. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů bioplynových stanic v zemědělských podnicích*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2013,



- 34 s. Metodika (Ústav zemědělské ekonomiky a informací). ISBN 978-80-7271-203-8.
- [29] ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE O. S. *Mapa bioplynových stanic* [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-panic/>
- [30] ZIKMUND, Martin. Hodnocení investic: Čistá současná hodnota (NPV) stručně a jasně. *Businessvize.cz* [online]. 2010 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne>
- [31] ČÍŽEK, Bohuslav. Diskontní sazba (Discount Rate). *Finance-management.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.finance-management.cz/080vypisPojmu.php?IdPojPass=116>
- [32] DAMODARAN, Aswath. Damodaran Online - Data. *Pages.stern.nyu.edu* [online]. 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- [33] STRAŠIL, Zdeněk. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7394-313-4
- [34] BIOPLYN CS. Bioplyn CS: Naše technologie. *Bioplyn.cs.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://bioplyn.cs.cz/technologie_bioplyn_cs
- [35] TEDOM A.S. TEDOM: Zařízení pro úpravu plynu. *Kogenerace.tedom.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/zarizeni-pro-upravu-plynu.html>
- [36] TEDOM A.S. TEDOM. *Kogenerace.tedom.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/zarizeni-pro-upravu-plynu.html>
- [37] MOTOR GAS S.R.O. Kogenerační jednotky: Motory MAN. *Motorgas.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.motorgas.cz/cz/vyrobyky/kogeneracni-jednotky/man-motory/>
- [38] ZÁVACKÝ, Martin. BPS PROJEKT CZ S.R.O. *Pol'nohospodárska bioplynová stanica Hlohovec: Zámer*. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CC4QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww>



w.enviroportal.sk%2Feia%2Fdokument%2F117242&ei=4rc3VfG-HIO_POOggMg
O&usg=AFQjCNG5ZtmnND3RQPxuvqQE7zqUbVoSrg&sig2=1ow2rf-N36b0Fye
H3iPpaA&bvm=bv.91071109,d.ZWU

- [39] Provozovatel sportovního areálu a aquaparku
- [40] Provozovatel vzorové bioplynové stanice v areálu zemědělského družstva
- [41] Správce bytového domu
- [42] ZEA SEDMIHORKY, SPOL. S R.O. Silážní kukuřice a ekonomika. *Zea.cz* [online]. 2012 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.zea.cz/kukurice/silazni-kukurice-a-ekonomika/>
- [43] LEŠTINA, Jan: Některé aspekty pěstování plodin pro výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-04-27 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nektere-aspekty-pestovani-plodin-pro-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [44] Česká republika. Program rozvoje venkova na období 2014-2020. In: 2014. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/321101/PRV_do_vlady.pdf
- [45] CENTROPOL ENERGY. Výkup elektřiny z obnovitelných zdrojů. *Centropolenergy.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.centropolenergy.cz/obnovitelne-zdroje-energie/vykup-elektriny/page/vykup-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju>
- [46] ANONYMOUS. Daňové odpisy. *Odpisy.estranky.cz* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.odpisy.estranky.cz/clanky/danove-odpisy/>
- [47] ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE O. S. *O nás* [online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/o-nas/>



Seznam zkratk

BPS	bioplynová stanice
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	biologicky rozložitelný odpad
CAPM	model oceňování kapitálových aktiv (Capital asset pricing model)
CNG	stlačený zemní plyn (compressed natural gas)
CZT	centrální zásobování teplem
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
EIA	vyhodnocení vlivu na životní prostředí
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
IRR	vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)
KJ	kogenerační jednotka
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVE	malá vodní elektrárna
NPV	čistá současná hodnota (Net Present Value)
ORC	organický rankinův cyklus
OZE	obnovitelné zdroje energie
SEA	analýza vlivu na životní prostředí
SEK	státní energetická koncepce
TUV	teplá užitková voda
VZT	vzduchotechnická jednotka
WACC	vážené náklady na kapitál (weighted average cost of capital)



Seznam symbolů

CO_2	oxid uhličitý
C_{zb}	celková výše podpory na elektřinu z KVET [MWh/období]
$CE_{Tržní}$	očekávaná tržní cena elektřiny v daném období [Kč/MWh]
CF_t	tok hotovosti v čase t [Kč]
CH_4	metan
D	velikost cizího kapitálu [Kč]
D_z	daň z příjmu investora, spočítá se podle vztahu (8.6) [Kč/rok]
d_z	sazba daně z příjmů [%]
E	velikost vlastního kapitálu [Kč]
E_{KJvyr}	elektrická energie vyrobena v kogenerační jednotce za rok [MWh/rok]
$E_{KJvyrCelk}$	celkový roční objem vyrobené elektrické energie v obou KJ [MWh/rok]
E_{KVET}	množství elektřiny z KVET [MWh/období]
E_{sport}	měsíční spotřeba elektrické energie ve sportovním areálu [MWh/měsíc]
E_{vlsBPS}	vlastní spotřeba elektrické energie v bioplynové stanici [MWh/měsíc]
$E_{vlsSpor}$	vlastní spotřeba elektrické energie ve strojovně sportovního areálu [MWh/měsíc]
$E_{využ}$	podíl celkové efektivně využitě energie [%]
H_2	vodík
H_2S	sulfan
IN	počáteční investice [Kč]
IRR	vnitřní výnosové procento [%]
M_{dig}	množství vzniklého digestátu [t/rok]
M_{sport}	měsíční spotřeba zemního plynu ve sportovním areálu [m ³ /měsíc]
M_{sub}	množství vsazeného substrátu [t/rok]
M_{org}	množství organické hmoty ve vsazeném substrátu [t/rok]
NPV	čistá současná hodnota [Kč]



N_{in}	investiční výdaje z vlastních zdrojů [Kč/rok]
N_{od}	odpisy dlouhodobého hmotného majetku [Kč/rok]
N_p	provozní výdaje (materiál, palivo, energie, údržba) [Kč/rok]
N_u	úroky placené z úvěrů a obligací [Kč/rok]
N_2	dusík
o_{TS}	organické látky v sušině [%]
P,O	připočitatelné (+) a odpočitatelné (-) položky při výpočtu základu daně příjmů (např. poplatky a penále) [Kč/rok]
P_{el}	provozovaný elektrický výkon kogenerační jednotky [kW]
P_{tep}	provozovaný tepelný výkon kogenerační jednotky [kW]
Q_{BDTop}	měsíční spotřeba tepla na vytápění v bytovém domě [GJ/měsíc]
Q_{BDTuv}	měsíční spotřeba tepla na ohřev TUV v bytovém domě [GJ/měsíc]
Q_{KJvyr}	teplo vyrobené v kogenerační jednotce za rok [GJ/rok]
Q_{pal}	množství energie ročně dodané v palivu do KJ [MWh/rok]
Q_{sport}	celková měsíční spotřeba tepla v areálu sportovišť [GJ/měsíc]
$Q_{už}$	efektivně užitá teplo z obou KJ za rok [MWh/rok]
Q_{vls}	vlastní spotřeba tepla v BPS [GJ/měsíc]
r	diskontní sazba [%]
r_d	úroková míra za poskytnutý cizí kapitál [%]
r_e	náklady vlastního kapitálu [%]
r_f	bezriziková úroková míra, často se používá úroková míra dlouhodobých státních dluhopisů [%]
r_m	očekávaný výnos tržního portfolia [%]
r_n	nominální diskontní sazba [%]
r_r	reálná diskontní sazba vypočítaná například pomocí WACC [%]
S_{pl}	úmor úvěrů a obligací v době jejich splácení [Kč/rok]
TS	obsah sušiny ve vstupním substrátu [%]
t	čas t [jednotka času]



T_p	roční doba provozu kogenerační jednotky [h/rok]
T_z	doba životnosti projektu [jednotka času]
t_d	míra daně z příjmů [%]
V	celkový objem kapitálu $V = (D + E)$ [Kč]
V_y	výnosy (příjmy) z realizace investice [Kč/rok]
VC	výše výkupní ceny elektřiny stanovená na dané období [Kč/MWh]
$WACC$	průměrné náklady na kapitál [%]
Zb	výše zeleného bonusu na elektřinu stanovená na dané období [Kč/MWh]
ZB_{dopl_I}	doplňková sazba I k základní sazbě zeleného bonusu [Kč/MWh]
$ZB_{zakl.sazba}$	základní sazba zeleného bonusu [Kč/MWh]
ZS	jednorázové výdaje na změnu stavu pracovního kapitálu [Kč/rok]
α	míra inflace [%]
β	systematické tržní riziko daného trhu [-]



Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Vznik bioplynu anaerobní fermentací [1].....	7
Obrázek 3.1 Postupy vnášení sypké biomasy [1].....	18
Obrázek 7.1 Schéma bioplynové stanice.....	46



Seznam grafů

Graf 2.1 Bioplynové stanice v ČR.....	4
Graf 2.2 Složení bioplynu [2].....	5
Graf 6.1 Vývoj a struktura OZE [14].....	35
Graf 8.1 NPV při změně ceny siláže.....	77
Graf 8.2 NPV při změně meziročního růstu ceny elektrické energie.....	78
Graf 8.3 NPV při změně meziročního růstu ceny tepla.....	78
Graf 8.4 NPV varianty 1 při změně růstu ceny tepla a elektřiny.....	79



Seznam tabulek

Tabulka 5.1 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET pro výrobu elektřiny s celkovým instalovaným výkonem kogeneračních jednotek do 5 MWe (včetně) [21].....	32
Tabulka 5.2 Doplnková sazba I k základní sazbě ročního zeleného bonusu za veškerou elektřinu z KVET [21].....	33
Tabulka 6.1 Výroba elektřiny z OZE [13].....	34
Tabulka 7.1 Parametry vstupních surovin [40].....	41
Tabulka 7.2 Spotřeba tepla a zemního plynu v areálu sportovišť [39].....	43
Tabulka 7.3 Spotřeba elektrické energie v areálu sportovišť [39].....	43
Tabulka 7.4 Spotřeba tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody v bytovém domě [41].....	44
Tabulka 7.5 Parametry navrhovaných kogeneračních jednotek [36][37].....	51
Tabulka 7.6 Navrhované varianty řešení.....	52
Tabulka 7.7 Roční bilance substrátu, digestátu a bioplynu.....	54
Tabulka 7.8 Roční bilance tepla z KJ v bioplynové stanici.....	55
Tabulka 7.9 Roční bilance tepla z KJ ve sportovním areálu.....	55
Tabulka 7.10 Roční bilance elektrické energie z KJ v bioplynové stanici.....	57
Tabulka 7.11 Roční bilance elektrické energie z KJ ve sportovním areálu.....	57
Tabulka 7.12 Podíl celkové efektivně využitě energie.....	58
Tabulka 8.1 Rozdělení investičních nákladů.....	64
Tabulka 8.2 Investiční náklady variant BPS.....	65
Tabulka 8.3 Rozdělení provozních nákladů.....	65
Tabulka 8.4 Rozdělení nákladů na výrobu kukuřičné siláže [43].....	67
Tabulka 8.5 Provozní náklady variant BPS v prvním roce provozu.....	67
Tabulka 8.6 Výše úvěru a roční anuitní splátka.....	68
Tabulka 8.7 Rozdělení provozních výnosů.....	69
Tabulka 8.8 Výše zelených bonusů [21].....	70
Tabulka 8.9 Provozní výnosy variant BPS v prvním roce provozu.....	71
Tabulka 8.10 Hodnoty NPV pro jednotlivé varianty.....	73



Tabulka 8.11 Minimální ceny elektřiny a tepla prodávaných do bazénu při zrychleném odepisování.....	74
Tabulka 8.12 Minimální výše zeleného bonusu při zrychleném odepisování.....	75
Tabulka 8.13 Hodnoty NPV při provozní podpoře z let 2012, 2013, 2014 a 2015.....	76
Tabulka 9.1 Přehled navrhovaných variant řešení.....	82
Tabulka 9.2 Přehled ekonomického hodnocení variant BPS.....	83



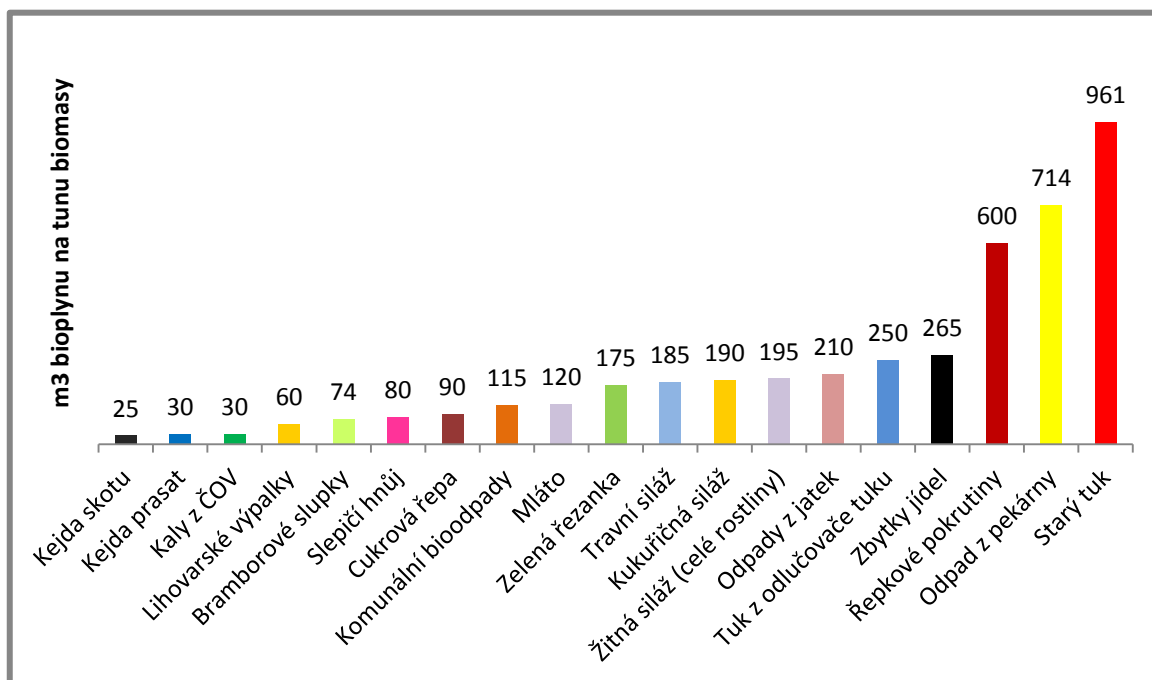
Seznam příloh

- Příloha 1: Výnos bioplynu z tuny biomasy [4]
- Příloha 2: Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro spalování bioplynu, skládkového plynu, kalového plynu a důlního plynu z uzavřených dolů pro rok 2015 [21]
- Příloha 3: Fotografie a schéma kogenerační jednotky MGM 105 v provedení Outdoor [37]
- Příloha 4: Vizualizace kogenerační jednotky TEDOM Cento T200 společně s rozměry, kapotované provedení do strojovny [36]
- Příloha 5: Hodnoty vlastní spotřeby tepla a elektřiny [40]
- Příloha 6: Rozšířená bilance tepla
- Příloha 7: Rozšířená bilance elektrické energie
- Příloha 8: Investiční náklady rozdělené podle závislosti na výkonu bioplynové stanice a rozdělení nákladů do odpisových skupin.
- Příloha 9: Daňové odepisování dlouhodobého hmotného majetku [46]



Přílohy

Příloha 1: Výnos bioplynu z tuny biomasy [4]





Příloha 2: Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro spalování bioplynu, skládkového plynu, kalového plynu a důlního plynu z uzavřených dolů pro rok 2015 [21]

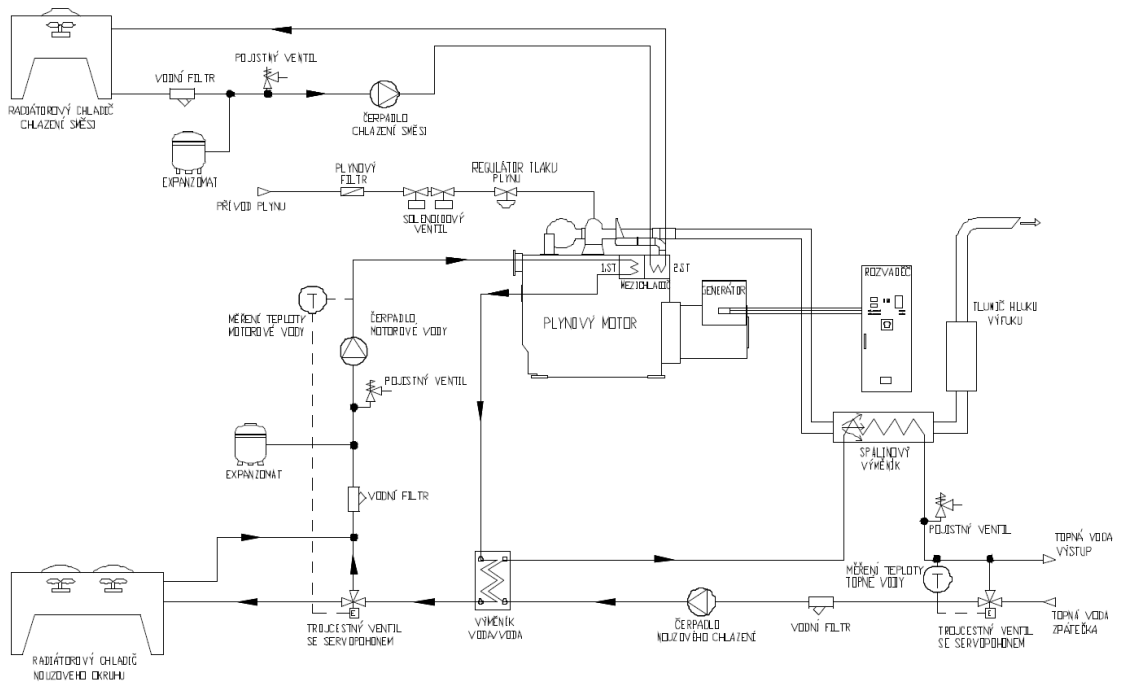
ř./s.l.	Podporovaný druh energie a		Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo provozování	
			od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
			b	c	d	e		k	m
300	Spalování důlního plynu z uzavřených dolů		-	31.12.2012	-	-	-	2 739	1 919
301			-	31.12.2003	-	-	-	3 206	2 386
302	Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV		1.1.2004	31.12.2005	-	-	-	3 089	2 269
303			1.1.2006	31.12.2012	-	-	-	2 739	1 919
304			1.1.2013	31.12.2013	-	-	-	1 977	1 157
320	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje nesplňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.		1.1.2012	31.12.2012	-	-	AF1	3 550	2 700
321	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje splňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.		1.1.2012	31.12.2012	-	-	AF1	4 120	3 270
322			-	31.12.2011	-	-	AF1	4 120	3 270
323			-	31.12.2012	-	-	AF2	3 550	2 730
324	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích		1.1.2013	31.12.2013	0	550	AF	3 550	2 700
325			1.1.2013	31.12.2013	550	-	AF	3 040*	2 190**



Příloha 3: Fotografie a schéma kogenerační jednotky MGM 105 v provedení Outdoor [37]

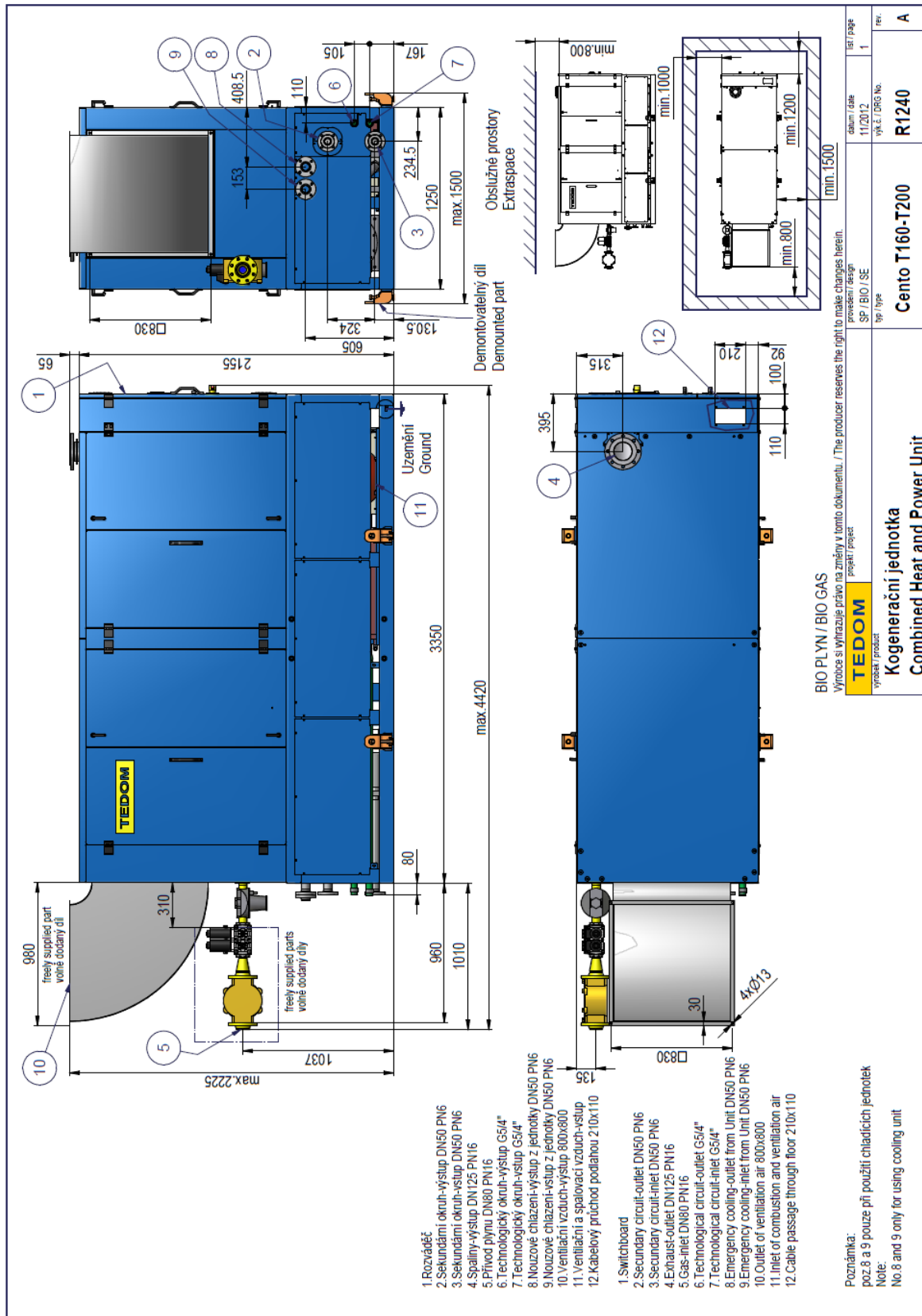


Schéma kogenerační jednotky





Příloha 4: Vizualizace kogenerační jednotky TEDOM Cento T200 společně s rozměry, kapotované provedení do strojovny [36]





Příloha 5: Hodnoty vlastní spotřeby tepla a elektřiny [40]

V této příloze je uvedeno, kolik tepla je potřeba pro vytápění obou fermentorů v průběhu roku. Vlastní spotřebu tepla v jednotlivých měsících uvádí následující tabulka. Vlastní spotřeba (Q_{vls}) je závislá na provozní době bioplynové stanice. V tabulce jsou uvedeny hodnoty Q_{vls} pro provozní dobu 8 400 h, 5 088 h a 4 368 h.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q_{vls} [GJ/měs] 8 400 h	256,4	160,3	123,3	102,6	91,2	62,0	57,9	28,0	72,8	123,3	143,2	214,5
Q_{vls} [GJ/měs] 5 088 h	256,4	160,3	123,3	102,6	0	0	0	0	0	123,3	143,2	214,5
Q_{vls} [GJ/měs] 4 368 h	256,4	160,3	123,3	0	0	0	0	0	0	123,3	143,2	214,5

Tabulka: Vlastní spotřeba tepla v areálu bioplynové stanice [40]

Pro výpočet bilance elektřiny a následné ekonomické hodnocení je potřeba znát i vlastní spotřebu elektřiny v areálu bioplynové (E_{vlsBPS}) stanice a vlastní spotřebu elektřiny v teplárně v areálu sportovišť (E_{vlsSpor}). Stejně jako u vlastní spotřeby tepla, tak i zde je potřeba stanovit spotřebu pro všechny varianty provozní doby. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty obou spotřeb.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
E_{vlsBPS} [MWh/ měs] 8 400 h	30,1	27,2	30,1	29,1	30,1	29,1	30,1	15,5	29,1	30,1	29,1	30,1
E_{vlsBPS} [MWh/ měs] 5 088 h	30,1	27,2	30,1	29,1	0	0	0	0	0	30,1	29,1	30,1
E_{vlsBPS} [MWh/ měs] 4 368 h	30,1	27,2	30,1	0	0	0	0	0	0	30,1	29,1	30,1
E_{vlsSpor} [MWh/ měs] 8 400 h	18,6	16,6	18,6	17,8	18,4	17,8	18,4	9,5	17,8	18,4	17,8	18,4
E_{vlsSpor} [MWh/ měs] 5 088 h	18,4	16,6	18,4	17,8	0	0	0	0	0	18,4	17,8	18,4
E_{vlsSpor} [MWh/ měs] 4 368 h	18,4	16,6	18,4	0	0	0	0	0	0	18,4	17,8	18,4

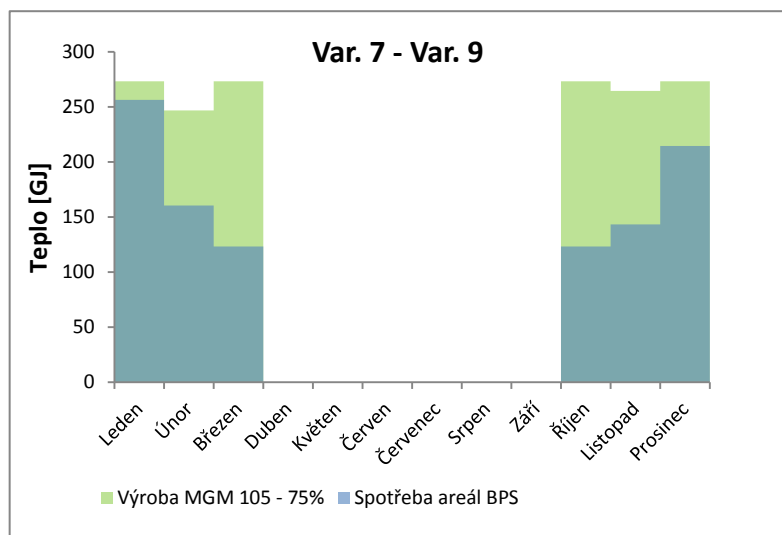
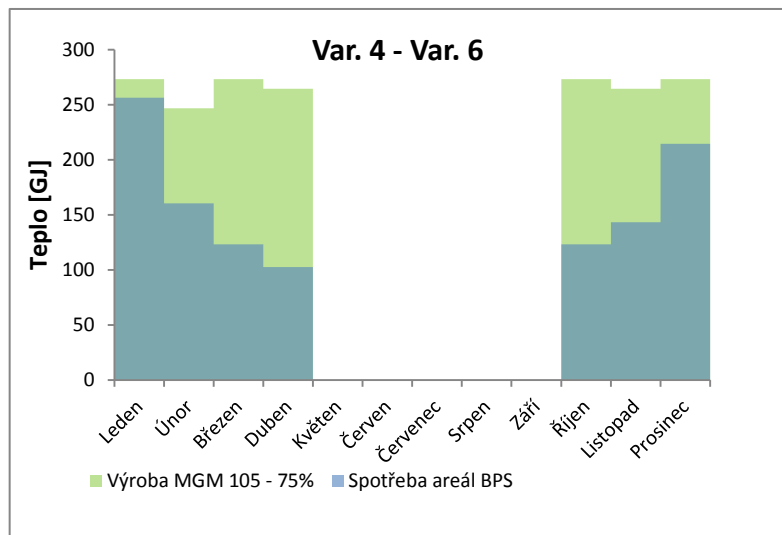
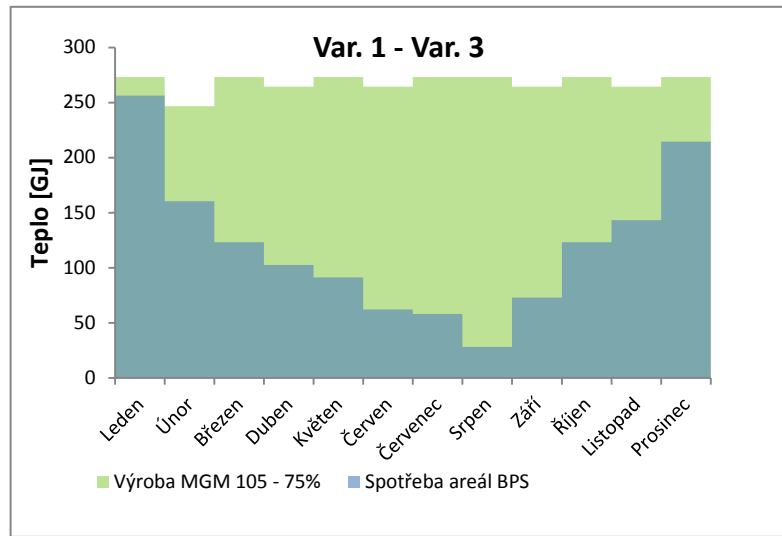
Tabulka: Vlastní spotřeba elektřiny v areálu bioplynové stanice a areálu sportovišť [40]

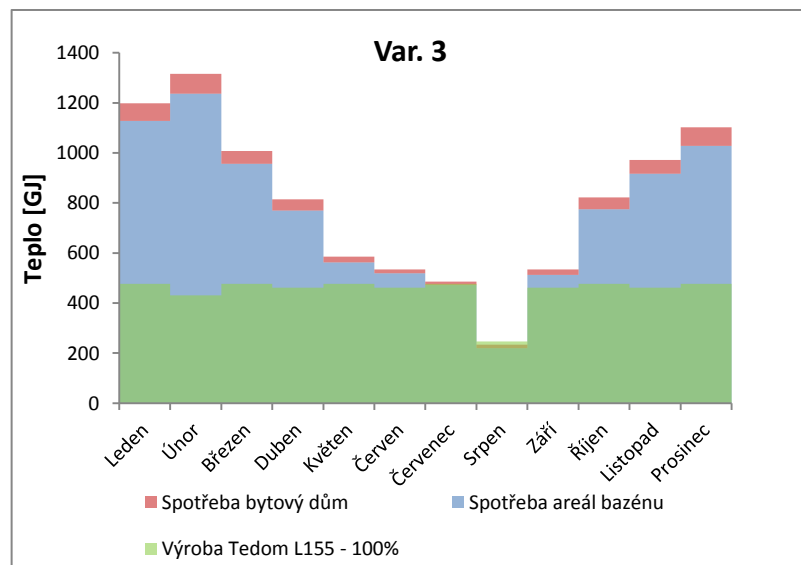
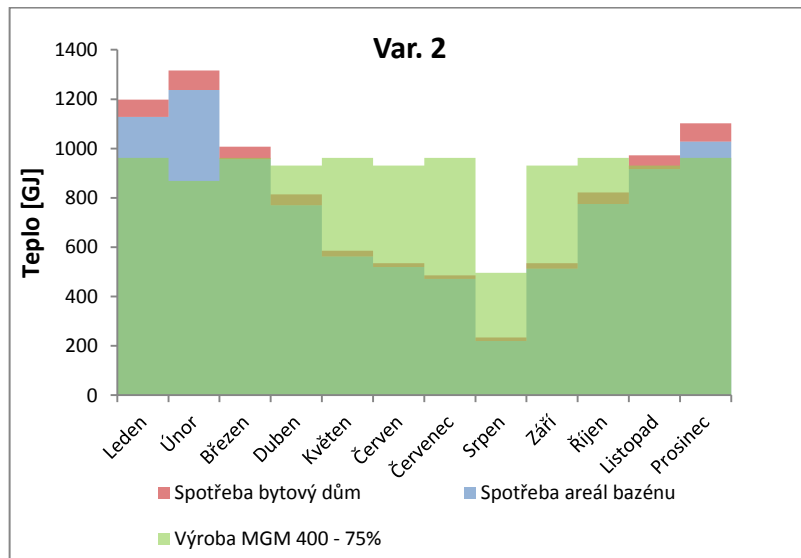
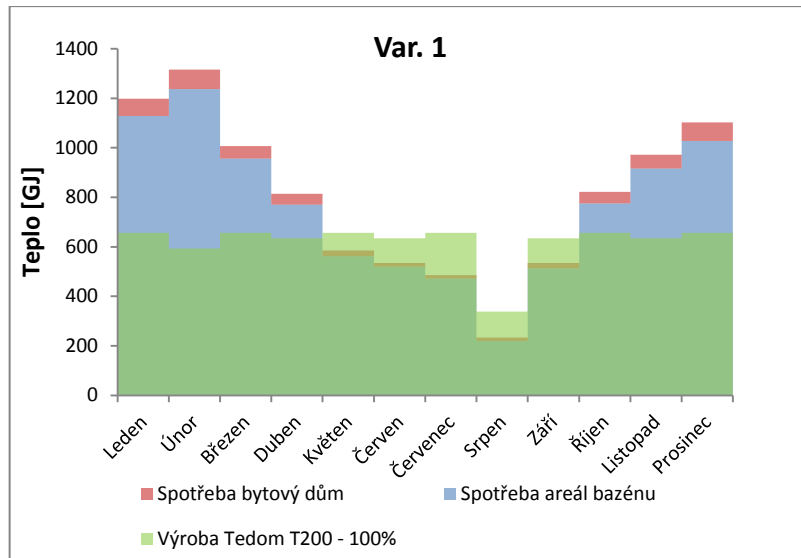


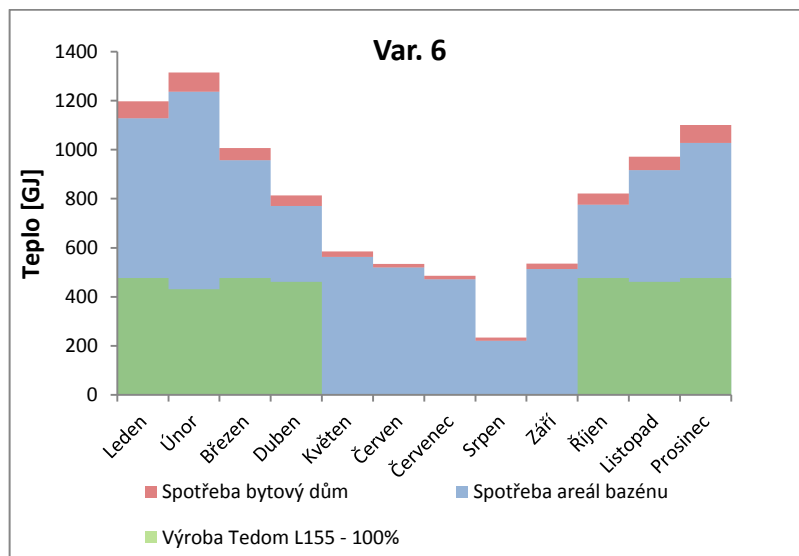
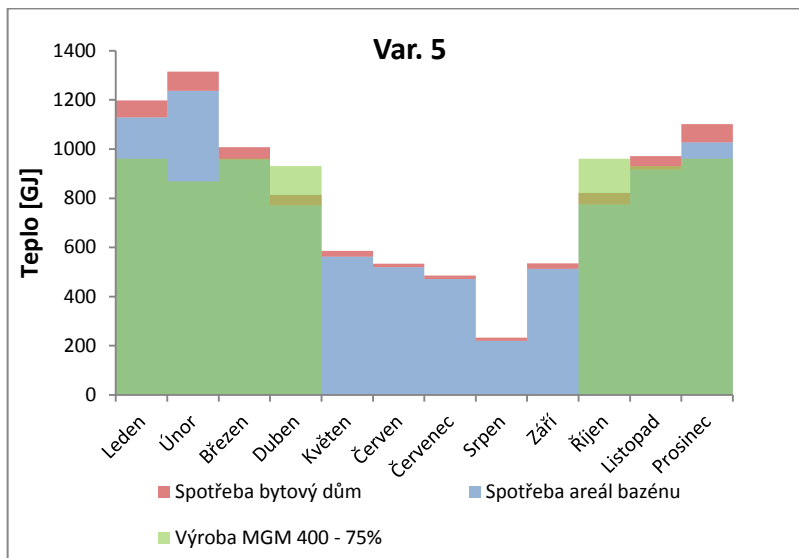
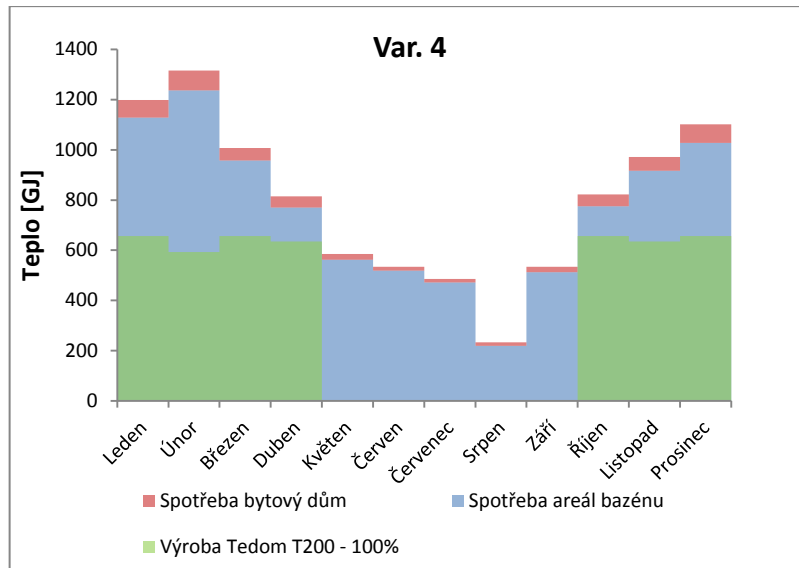
Příloha 6: Rozšířená bilance tepla

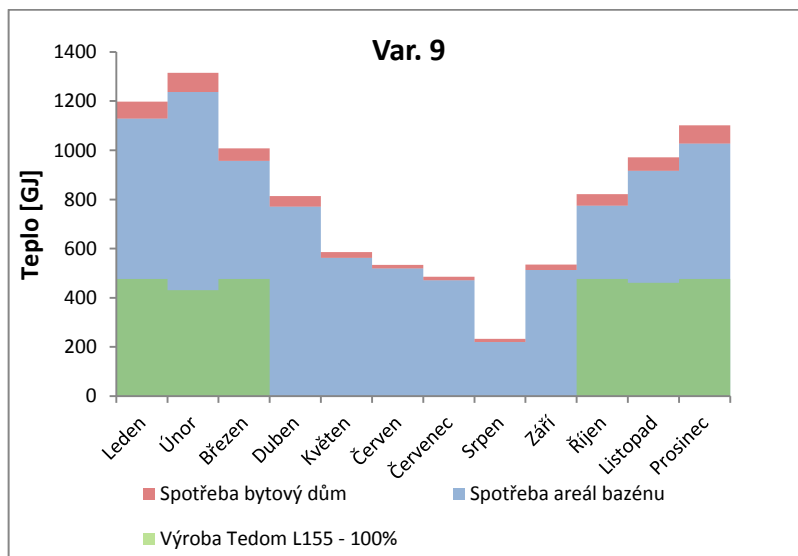
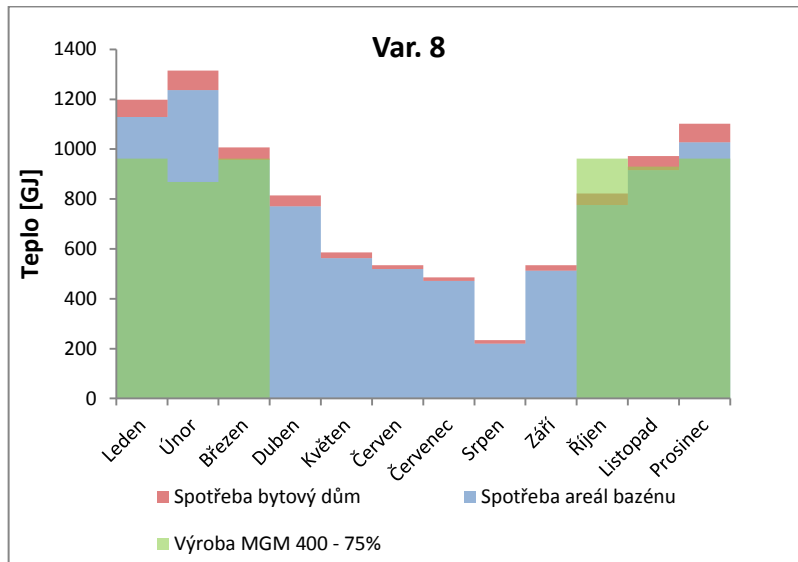
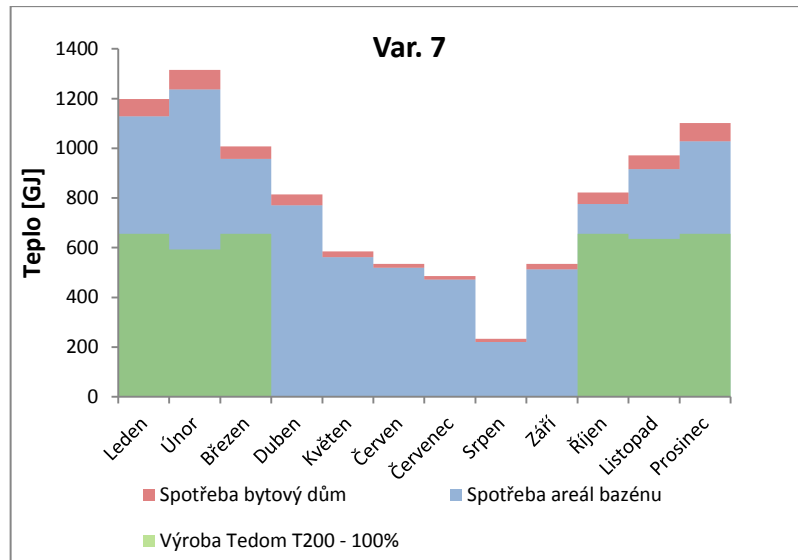
Bilance tepla kogenerační jednotky v areálu BPS a diagramy využití tepla

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem	Využití vyr. Tepla
Var. 1 - Var. 3	273,20	246,76	123,27	264,38	273,20	264,38	273,20	273,20	264,38	72,77	123,27	214,50	3216,67	44,63%
Var. 4 - Var. 6	256,41	160,34	123,27	102,60	91,22	62,04	57,94	28,00	0,00	0,00	143,16	214,50	1435,51	
Var. 7 - Var. 9	16,79	86,42	149,92	161,79	181,97	202,35	215,26	245,20	191,61	149,92	121,23	58,70	1781,16	
	273,20	246,76	273,20	264,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	264,38	273,20	1868,31	
	256,41	160,34	123,27	102,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,16	214,50	1123,55	
	16,79	86,42	149,92	161,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	121,23	58,70	744,76	
	273,20	246,76	273,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	264,38	273,20	1603,93	
	256,41	160,34	123,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,16	214,50	1020,95	
	16,79	86,42	149,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	121,23	58,70	582,98	







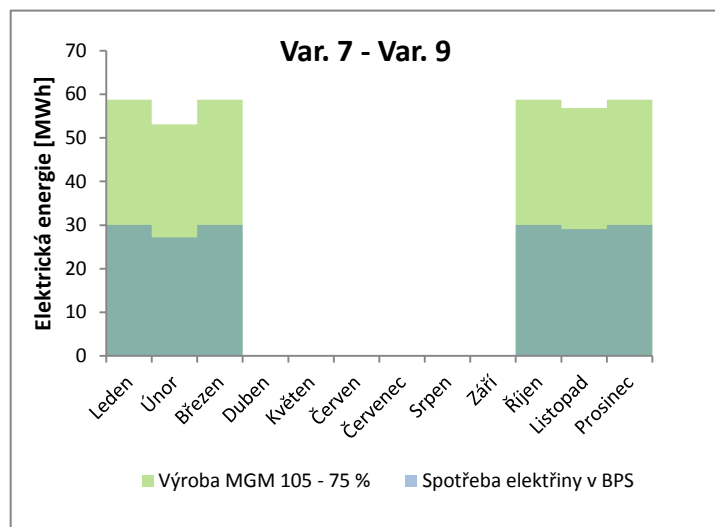
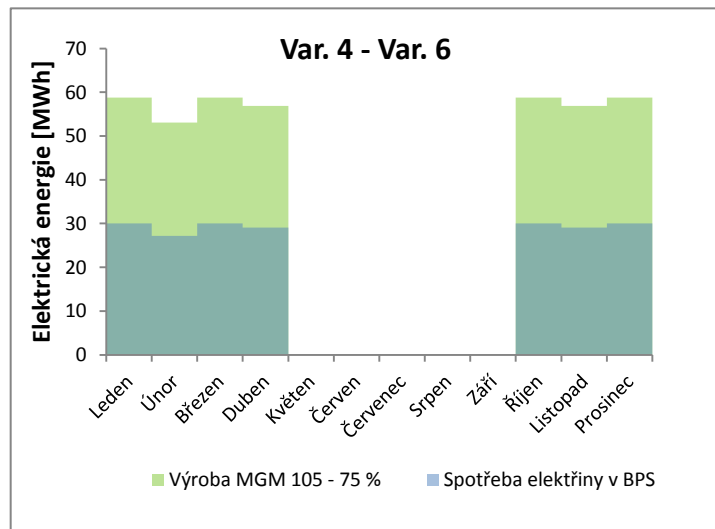
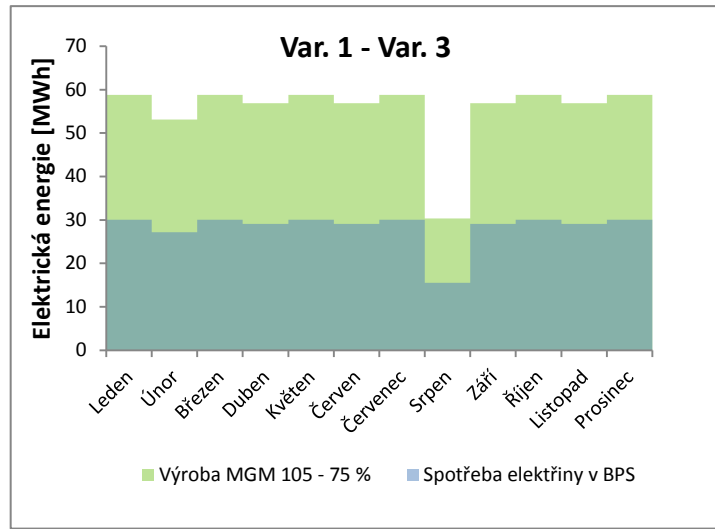




Příloha 7: Rozšířená bilance elektrické energie

Bilance elek. kogenerační jednotky v areálu BPS a diagramy využití elek.

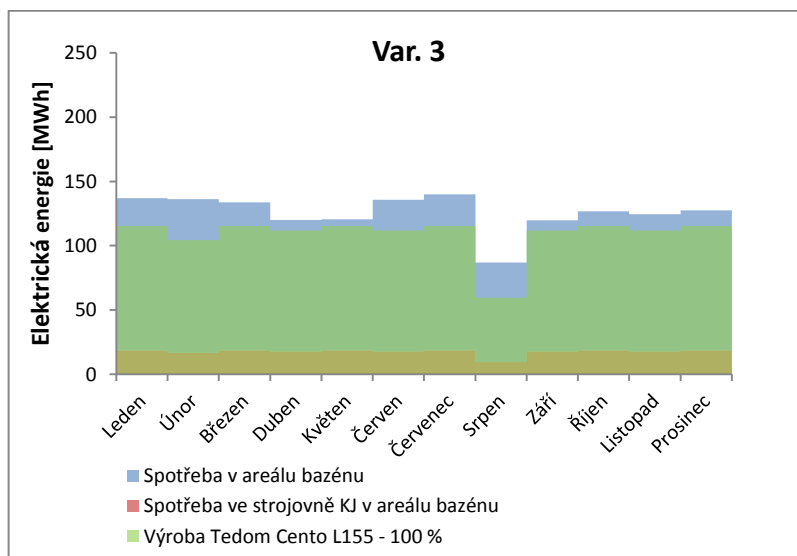
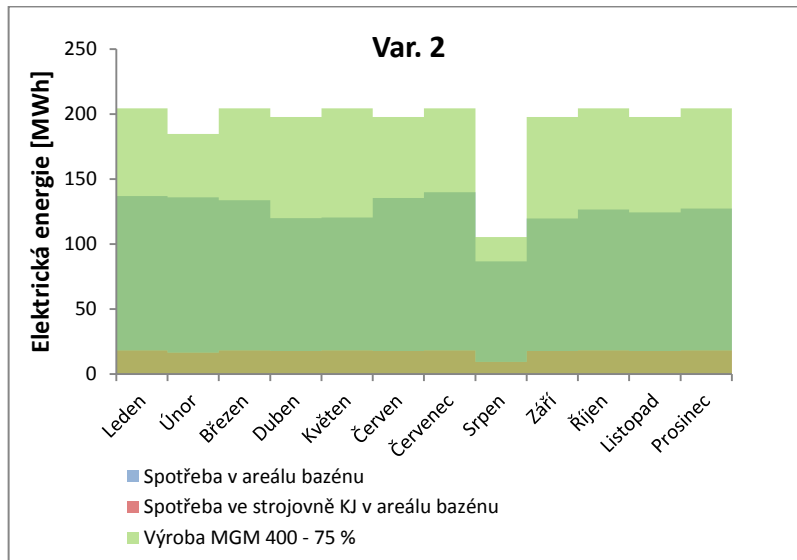
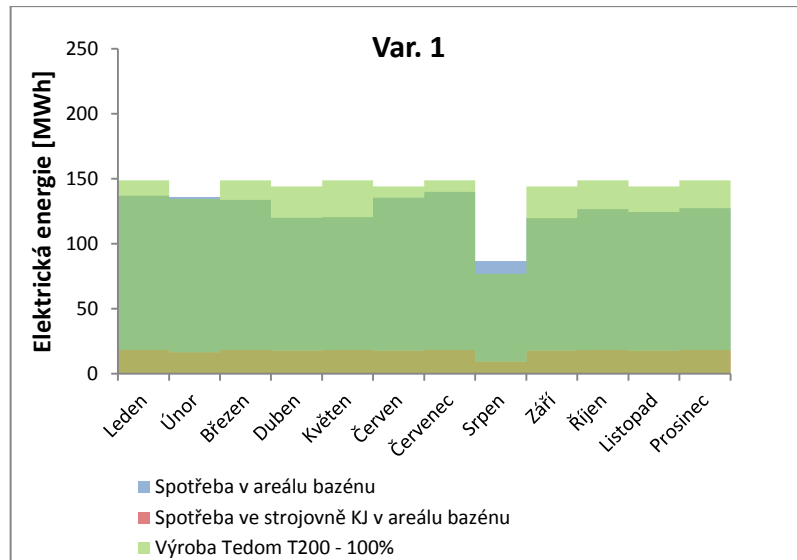
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem
Vyrobená elektrická energie	58,78	53,09	58,78	56,88	58,78	56,88	58,78	30,34	56,88	58,78	56,88	58,78	663,60
Spotřeba elektřiny v BPS	30,07	27,16	30,07	29,10	30,07	29,10	30,07	15,52	29,10	30,07	29,10	30,07	339,45
Přebytek elektřiny možný prodat do sítě	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	
Prodáno do sítě	28,71	25,93	28,71	27,78	28,71	27,78	28,71	14,82	27,78	28,71	27,78	28,71	324,15
Vyrobená elektrická energie	58,78	53,09	58,78	56,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,78	56,88	58,78	401,95
Spotřeba elektřiny v BPS	30,07	27,16	30,07	29,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,07	29,10	30,07	205,61
Přebytek elektřiny možný prodat do sítě	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	
Prodáno do sítě	28,71	25,93	28,71	27,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,71	27,78	28,71	196,34
Vyrobená elektrická energie	58,78	53,09	58,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,78	56,88	58,78	345,07
Spotřeba elektřiny v BPS	30,07	27,16	30,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,07	29,10	30,07	176,52
Přebytek elektřiny možný prodat do sítě	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	
Prodáno do sítě	28,71	25,93	28,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,71	27,78	28,71	168,56

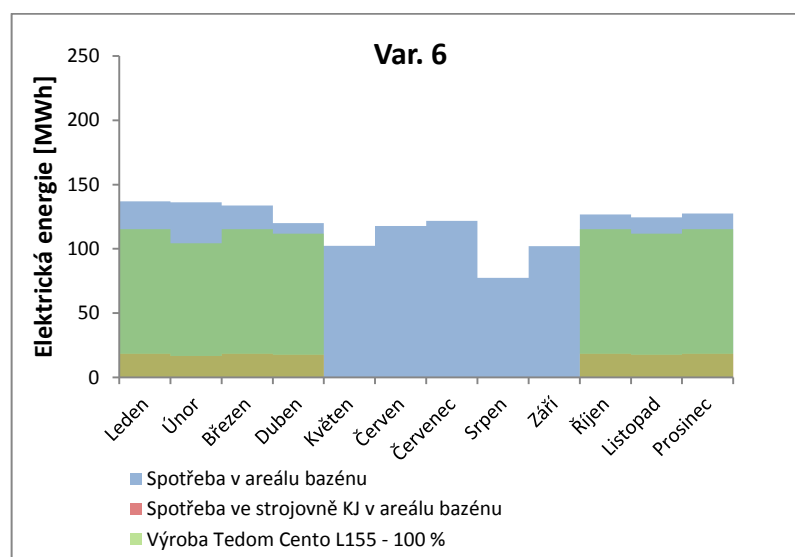
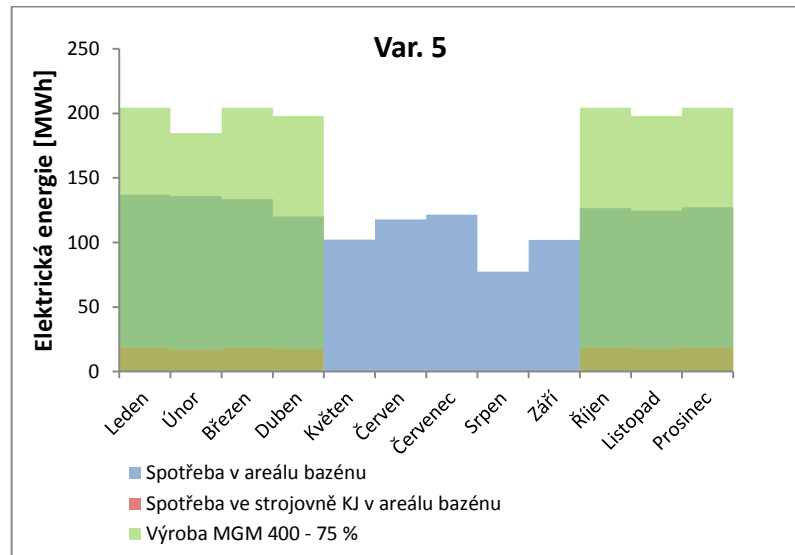
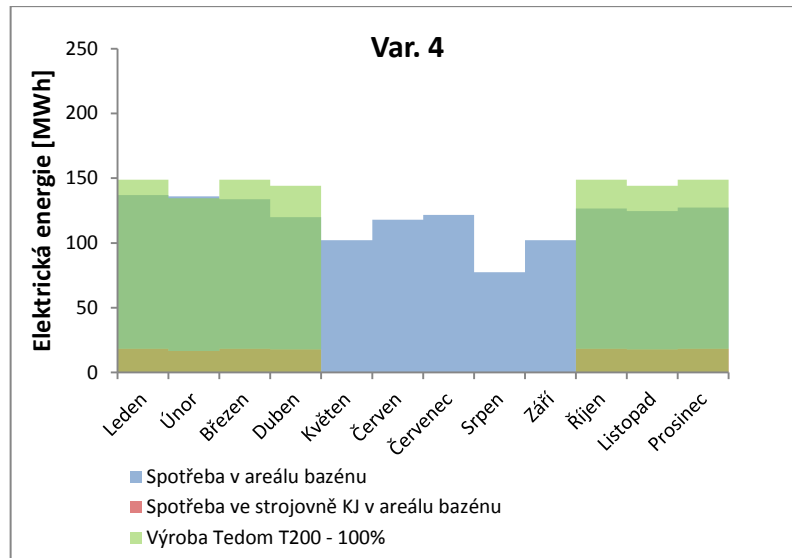


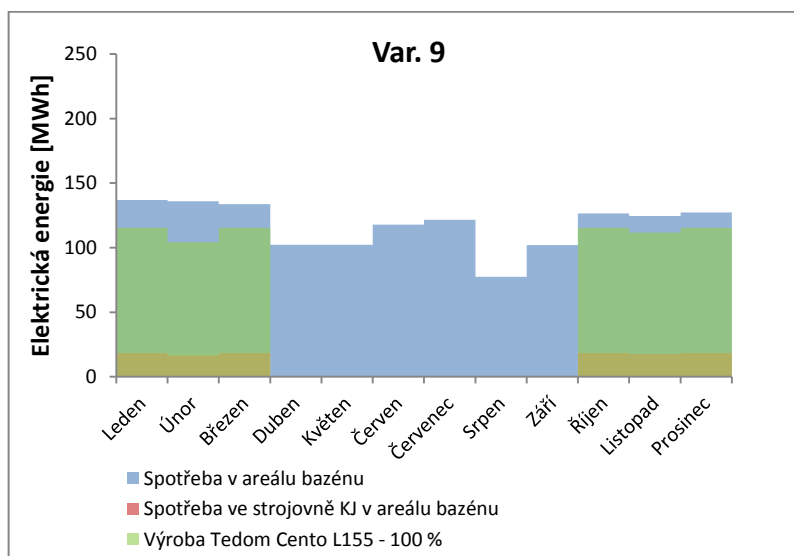
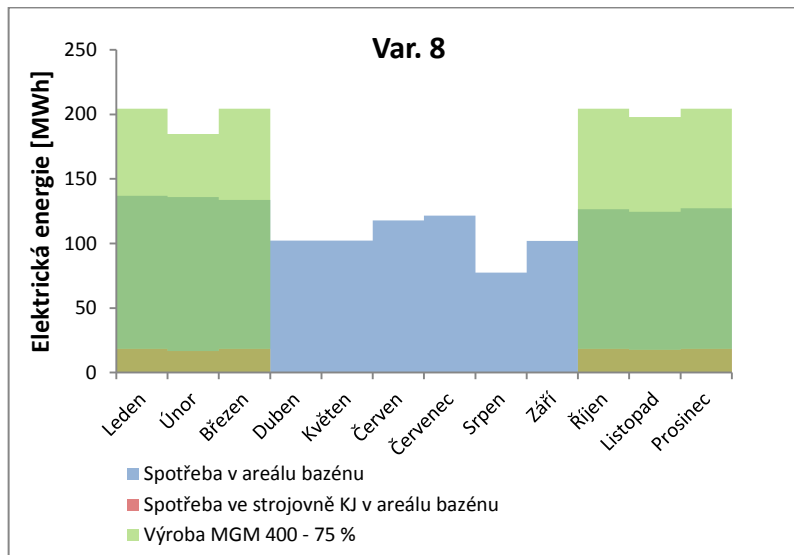
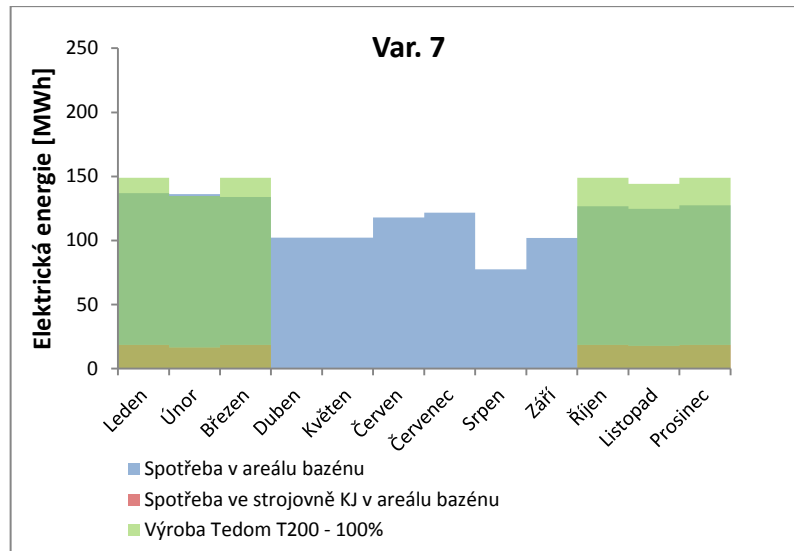


Bilance elek. kogenerační jednotky ve sport. areálu a diagramy využití elek.

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem vlastní	Celkem spotřeba
Spotřeba ve sportovním areálu	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	1681,93
Vyrobená elektrická energie	148,97	134,55	148,97	144,17	148,97	144,17	148,97	76,89	144,17	148,97	144,17	148,97	148,97	148,97
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	18,35	18,35
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Prodáno do sítě	11,95	0,00	15,18	24,11	28,40	8,52	8,99	0,00	24,37	22,34	19,60	21,57	185,05	23,3%
Elektrina dodaná do sportovního areálu	118,67	117,98	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	67,42	102,04	108,28	106,81	109,05	1289,76	
Var 1.	204,53	184,74	204,53	197,94	204,53	197,94	204,53	105,57	197,94	204,53	197,94	204,53	2309,26	
Vyrobená elektrická energie	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	18,4%
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	67,52	48,67	70,74	77,88	83,96	62,29	64,55	18,77	78,14	77,91	73,37	77,14	800,95	
Prodáno do sítě	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	
Elektrina dodaná do sportovního areálu	115,40	104,23	115,40	111,67	115,40	111,67	115,40	59,56	111,67	115,40	111,67	115,40	1302,87	
Var 2.	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Vyrobená elektrická energie	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27,8%
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	97,05	87,66	97,05	93,92	97,05	93,92	97,05	50,09	93,92	97,05	93,92	97,05	1095,75	
Prodáno do sítě	148,97	134,55	148,97	144,17	148,97	144,17	148,97	76,89	144,17	148,97	144,17	148,97	148,97	1018,77
Elektrina dodaná do sportovního areálu	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	0,00	17,75	18,35	17,75	18,35	125,46	
Var 3.	11,95	0,00	15,18	24,11	28,40	8,52	8,99	0,00	24,37	22,34	19,60	21,57	114,77	23,3%
Vyrobená elektrická energie	118,67	117,98	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	67,42	102,04	108,28	106,81	109,05	1289,76	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	204,53	184,74	204,53	197,94	204,53	197,94	204,53	105,57	197,94	204,53	197,94	204,53	2309,26	
Vyrobená elektrická energie	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	18,4%
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	67,52	48,67	70,74	77,88	83,96	62,29	64,55	18,77	78,14	77,91	73,37	77,14	800,95	
Prodáno do sítě	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	
Elektrina dodaná do sportovního areálu	115,40	104,23	115,40	111,67	115,40	111,67	115,40	59,56	111,67	115,40	111,67	115,40	1302,87	
Var 4.	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Vyrobená elektrická energie	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27,8%
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	97,05	87,66	97,05	93,92	97,05	93,92	97,05	50,09	93,92	97,05	93,92	97,05	1095,75	
Prodáno do sítě	148,97	134,55	148,97	144,17	148,97	144,17	148,97	76,89	144,17	148,97	144,17	148,97	148,97	1018,77
Elektrina dodaná do sportovního areálu	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	0,00	17,75	18,35	17,75	18,35	125,46	
Var 5.	11,95	0,00	15,18	24,11	28,40	8,52	8,99	0,00	24,37	22,34	19,60	21,57	114,77	23,3%
Vyrobená elektrická energie	118,67	117,98	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	67,42	102,04	108,28	106,81	109,05	1289,76	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	204,53	184,74	204,53	197,94	204,53	197,94	204,53	105,57	197,94	204,53	197,94	204,53	2309,26	
Vyrobená elektrická energie	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	18,4%
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	67,52	48,67	70,74	77,88	83,96	62,29	64,55	18,77	78,14	77,91	73,37	77,14	800,95	
Prodáno do sítě	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	
Elektrina dodaná do sportovního areálu	115,40	104,23	115,40	111,67	115,40	111,67	115,40	59,56	111,67	115,40	111,67	115,40	1302,87	
Var 6.	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Vyrobená elektrická energie	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27,8%
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	97,05	87,66	97,05	93,92	97,05	93,92	97,05	50,09	93,92	97,05	93,92	97,05	1095,75	
Prodáno do sítě	148,97	134,55	148,97	144,17	148,97	144,17	148,97	76,89	144,17	148,97	144,17	148,97	148,97	1018,77
Elektrina dodaná do sportovního areálu	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	0,00	17,75	18,35	17,75	18,35	125,46	
Var 7.	11,95	0,00	15,18	24,11	28,40	8,52	8,99	0,00	24,37	22,34	19,60	21,57	114,77	23,3%
Vyrobená elektrická energie	118,67	117,98	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	67,42	102,04	108,28	106,81	109,05	1289,76	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	204,53	184,74	204,53	197,94	204,53	197,94	204,53	105,57	197,94	204,53	197,94	204,53	2309,26	
Vyrobená elektrická energie	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	18,4%
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	67,52	48,67	70,74	77,88	83,96	62,29	64,55	18,77	78,14	77,91	73,37	77,14	800,95	
Prodáno do sítě	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	
Elektrina dodaná do sportovního areálu	115,40	104,23	115,40	111,67	115,40	111,67	115,40	59,56	111,67	115,40	111,67	115,40	1302,87	
Var 8.	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Vyrobená elektrická energie	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27,8%
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	97,05	87,66	97,05	93,92	97,05	93,92	97,05	50,09	93,92	97,05	93,92	97,05	1095,75	
Prodáno do sítě	148,97	134,55	148,97	144,17	148,97	144,17	148,97	76,89	144,17	148,97	144,17	148,97	148,97	1018,77
Elektrina dodaná do sportovního areálu	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	0,00	17,75	18,35	17,75	18,35	125,46	
Var 9.	11,95	0,00	15,18	24,11	28,40	8,52	8,99	0,00	24,37	22,34	19,60	21,57	114,77	23,3%
Vyrobená elektrická energie	118,67	117,98	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	67,42	102,04	108,28	106,81	109,05	1289,76	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	204,53	184,74	204,53	197,94	204,53	197,94	204,53	105,57	197,94	204,53	197,94	204,53	2309,26	
Vyrobená elektrická energie	18,35	16,57	18,35	17,75	18,35	17,75	18,35	9,47	17,75	18,35	17,75	18,35	207,12	
Spotřeba elektriny ve strojovně KJ v areálu spor.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	18,4%
Přebytek elektriny možný prodat do sítě	67,52	48,67	70,74	77,88	83,96	62,29	64,55	18,77	78,14	77,91	73,37	77,14	800,95	
Prodáno do sítě	118,67	119,50	115,45	102,30	102,23	117,89	121,64	77,33	102,04	108,28	106,81	109,05	1301,19	
Elektrina dodaná do sportovního areálu	115,40	104,23	115,40	111,67	115,40	111,67	115,40	59,56	111,67	115,40	111,67	115,40	1302,87	









Příloha 8: Investiční náklady rozdělené podle závislosti na výkonu bioplynové stanice a rozdělení nákladů do odpisových skupin.

	Položka závislá na výkonu KJ v areálu BPS
	Položka závislá na výkonu KJ ve sportovním areálu
	Položka závislá na celkovém výkonu obou KJ
	Položka závislá na množství siláže
	Položka nezávislá
	Položka závislá na délce plynovodu

Investice v areálu BPS	Investiční náklady	Měrné inv. nákl.	Odpisová skupina
Denní zásobníky siláže		6 710,9 Kč/kW	3
Fermentor I. stupně		17 725,9 Kč/kW	4
Fermentor II. stupně		9 879,2 Kč/kW	4
Uskladňovací nádrž digestátu		14 155,0 Kč/kW	3
Systém na úpravu plynu	771 375 Kč		3
Potrubí na kondenzát		398,8 Kč/kW	4
Hlavní rozvaděč	1 704 025 Kč		3
Hořák	1 760 389 Kč		3
Řídicí systém	2 764 453 Kč		3
Linka ADSL	19 662 Kč		1
Analyzátor plynu	209 726 Kč		3
Teplovodní potrubí		506,8 Kč/kW	4
Čerpací technika		2 058,2 Kč/kW	2
Spojovací potrubí		1 170,6 Kč/kW	4
Potrubí surového bioplynu		257,3 Kč/kW	4
Kogenerace	3 667 510 Kč		2
Trafostanice a kabelové rozvody NN		19 081,4 Kč/kW	3
Projektová dokumentace	640 000 Kč		
Silážní žlaby		900,3 Kč/t	3
Investice ve sportovním areálu			
Tepelárna Stavební+konstrukční část		10 560,9 Kč/kW	4
Zdravotně technické instalace	301 481 Kč		4
Venkovní kanalizace	190 064 Kč		4
Zařízení silnoproud elektrotech.+ hromosvody	179 578 Kč		3
Kogenerace	cena závisí na variantě		2
Trafostanice, vyvedení el. výkonu		4 350,7 Kč/kW	3
Investice do plynovodu			
Plynovod		3 010 851 Kč/km	4
Definitivní úpravy		303 006 Kč/km	



Příloha 9: Daňové odepisování dlouhodobého hmotného majetku [46]

V následující tabulce jsou zachyceny odpisové skupiny, doba odepisování a dlouhodobý majetek, který do nich patří.

Odpisová skupina	Doba odepisování [roky]	Příklady
1	3	Kancelářské stroje a počítače, televizní kamery...
2	5	Osobní a nákladní automobily, rozhlasové a televizní přijímače...
3	10	Klimatizační zařízení, kotle pro ústřední topení, jeřáby...
4	20	Budovy ze dřeva a plastů, oplocení...
5	30	Výrobní budovy, komunikace (silnice, dálnice, mosty...)
6	50	Administrativní budovy, hotely, obchodní centra, školy...

Rovnoměrné odpisy mají každý rok konstantní výši s výjimkou prvního roku odepisování. Výše odpisů se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$O_n = \frac{(PC \cdot k)}{100} \quad [\text{Kč}]$$

kde

O_n výše odpisu v daném roce [Kč],

PC pořizovací cena dlouhodobého hmotného majetku [Kč],

k koeficient výše odepisování [%].

Koeficienty k pro rovnoměrné odpisy se nachází v následující tabulce.

Odpisová skupina	V prvním roce odepisování	V dalších letech odepisování	Pro zvýšenou vstupní cenu
1	20	40	33,3
2	11	22,25	20
3	5,5	10,5	10
4	2,15	5,15	5
5	1,4	3,4	3,4
6	1,02	2,02	2



V případě zrychlených odpisů je na začátku odepisována vyšší částka, která v průběhu následujících let klesá. Pro výpočet zrychlených odpisů se používají následující vztahy:

$$\text{První rok odepisování:} \quad O_n = \frac{PC}{k} \quad [\text{Kč}]$$

$$\text{Další roky odepisování:} \quad O_n = \frac{2 \cdot ZC}{k-n} \quad [\text{Kč}]$$

$$\text{Zůstatková cena:} \quad ZC = PC - O \quad [\text{Kč}]$$

kde

ZC zůstatková cena majetku [Kč],

n rok odepisování – 1 [-],

O oprávky, rovnají se sumě již odepsaných částek [Kč].

Velikosti koeficientů k pro zrychlené odepisování je v následující tabulce.

Odpisová skupina	V prvním roce odepisování	V dalších letech odepisování	Pro zvýšenou vstupní cenu
1	3	4	3
2	5	6	5
3	10	11	10
4	20	21	20
5	30	31	30
6	50	51	50