

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Aplikovaných rostlinných biotechnologií

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh opatření ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice
„Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.“

Autor: Michala Tomková

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

České Budějovice, 2014

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta

Katedra: Aplikovaných rostlinných biotechnologií

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Michala Tomková

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: 4131R015 / Agropodnikání

Název tématu: Návrh opatření ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice „ Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.“

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a dosažení maximální efektivity (BPS), „ Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.“ optimálním využitím stávající technologie, zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu. Optimalizací biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického C do bioplynu. Zlepšení výkonnosti BPS lze dosáhnout především optimalizací provozu pro využití stávajících technologických komponent a optimalizací podmínek procesu vhodným dávkováním substrátu, dostatečným mícháním reaktorů, dodržováním technologických parametrů, správného zatížení a doby zdržení, zabezpečení konstantní teploty. Možností zvýšení výkonnosti je volba skladby substrátu ve prospěch rozložitelnějších substrátů s vyšší výtěžností bioplynu nebo s nižším obsahem organického dusíku. Zvýšení biologické rozložitelnosti a vyšší výtěžnosti metanu lze dosáhnout i různou předúpravou suroviny. Metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací s významným zvětšením povrchu nebo hydrolýzou

makromolekulárních látek vedoucí k úplnějšímu enzymovému rozkladu. Při použití doporučené i další literatury vypracujte literární rešerši na téma: „Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice“. Poznatky získané při zpracování literární rešerše uplatněte v návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice. Bakalářskou práci dle Opatření děkana č. 13 ze dne 18. 12. 2009.

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, obrázky dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40-60 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Straka F. a kol (2006).: Bioplyn- příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. Gas Praha.706 s.; Schulz, H., Eder, B. (2004): Bioplyn v Praxi. Hel Ostrava 167; Elliott A., Mahmood T.: Pretreatment technologies for advancing anaerobic digestion of pulp and paper biotreatment residues. *Water Research*, 41, 2007 4273–4286; Lantz M.: The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden – A comparison of different CHP technologies. *Applied Energy*, 98, 2012, 502–511; Stürmer B. et al.: Impacts of biogas plant performance factors on total substrate costs. *Biomass and Bioenergy*, 35, 2011, 1552-1560; Xufeng Yuan et al.: Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard, *Bioresource Technology*, 18, 2012, 281–288; Lianhua Li et al.: Biogas Production Potential and Kinetics of Microwave and Conventional Thermal Pretreatment of Grass. *Appl. Biochem Biotechnol*, 2012, 166:1183–1191; Kim M. et al.: Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. *Water Research*, 36, 2002, 4369–4385; Zhong W. et al.: Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source. *Bioresource Technology*, 114, 2012, 281–286; Madlener R. et al.: Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data

envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 197, 200, 1084–1094.

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2014 L.S.

Prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

Vedoucí katedry

Děkan

V Českých Budějovicích dne 15. března 2013

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačeným částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích

.....

Michala Tomková

Touto cestou bych ráda poděkovala především mému školiteli prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc., za odborné vedení, cenné rady, ochotu a trpělivost. Dále pak panu Ing. Pavlu Raškovi a paní Lucii Fialové z firmy Maňovická a.s., za ochotné poskytnutí materiálů a přátelské jednání. V neposlední řadě bych ráda poděkovala panu Josefu Samkovi, starostovi obce Mileč, za poskytnutí dokumentů a cenných rad.

Obsah

1	Abstrakt.....	11
2	Faktory ovlivňující efektivnost bioplynové stanice	12
2.1	Bioplyn.....	12
2.1.1	Vznik bioplynu	12
2.1.2	Majoritní složky v bioplynu	13
2.1.3	Minoritní složky v bioplynu.....	13
2.1.4	Vlastnosti bioplynu	13
2.1.5	Úprava bioplynu	13
2.1.6	Netradiční možnost zvýšení výtěžnosti bioplynu.....	14
2.2	Fermentace	14
2.2.1	Anaerobní fermentace.....	15
2.2.2	„Suchá“ fermentace	16
2.3	Vliv kvality a předúpravy suroviny na výtěžnost bioplynu	16
2.3.1	Dezintegrace.....	17
2.3.2	Termická předúprava	17
2.3.3	Chemická předúprava	18
2.3.4	Biologické metody předúpravy	18
2.3.5	Máčení a macerování.....	19
2.3.6	Předúprava některých surovin.....	20
2.4	Kvalitní technologie	20
2.4.1	Míchadla	21
2.4.2	Řídící technika.....	21
3	Popis bioplynové stanice.....	22
3.1	Charakteristika BPS.....	22
3.2	Potřeba materiálů a surovin.....	22
3.3	Důvod stavby.....	22
3.3.1	Orientační náklad výstavby.....	23
3.3.2	Stavební povolení	23
3.4	Přehled hlavních technologických objektů plynového hospodářství BPS a jejich parametrů	23
3.4.1	Příjem a dávkování substrátů	23
3.4.2	Čerpací centrum	26
3.4.3	Dvoustupňový fermentor	26

3.4.4	Fermentační zbytky a nakládání s nimi	28
3.4.5	Vakový plynojem	30
3.4.6	Velín	31
3.4.7	Hořák přebytečného bioplynu	32
3.4.8	Kogenerační jednotka	33
3.4.9	Koncový sklad.....	35
3.5	Jímání a rozvody bioplynu, odsiřování bioplynu	37
3.6	Zvyšování provozního přetlaku bioplynu	38
3.7	Analýza bioplynu.....	38
3.8	Způsob odsiřování bioplynu.....	39
3.9	Odvodnění bioplynového potrubí.....	39
3.10	Produkty BPS a nakládání s odpady.....	39
3.10.1	Substrát	39
3.10.2	Digestát	40
3.10.3	Odpadní vody	41
3.11	Zásady manipulace s odpady	41
3.12	Popis informačního a řídicího systému.....	42
3.13	Přívod el. energie a rozvod el. energie v objektech BPS	42
3.14	Inventář pro provoz BPS.....	42
4	Rozvod tepla z CZT.....	44
4.1	Popis projektu.....	44
4.1.1	Provozní náklady a příjmy projektu [33].....	45
4.2	Hodnocení efektivity (návratnosti) a udržitelnosti projektu	47
4.2.1	Financování projektu	47
4.3	Cena bioplynu	48
4.4	Rozšíření využití tepla z bioplynového zdroje CZT.....	49
4.4.1	Rozvod topné vody.....	50
4.5	Návrh variant.....	51
4.5.1	Varianta 1	51
4.5.2	Varianta 2.....	55
4.5.3	Skutečná energetická bilance	57
4.5.4	Ekonomické vyhodnocení.....	58
4.6	Environmentální vyhodnocení variant.....	60

4.7	Výběr optimální varianty	61
4.7.1	Závěrečný posudek energetického auditora	64
4.8	Technická část	65
4.8.1	Energetická bilance	65
4.8.2	Zdroj tepla	66
4.8.3	Strojovna	66
4.8.4	Tepelná soustava	66
4.8.5	Topná voda	66
4.8.6	Venkovní rozvod	67
4.8.7	Domovní stanice	68
4.8.8	Provoz	69
5	Závěr	70
6	Literatura	72
7	Přílohy	77

Obsah obrázků

Obrázek 1 - Dávkování substrátu	26
Obrázek 2- Počítač k obsluze BPS	31
Obrázek 3- Velín	32
Obrázek 4- Hořák přebytečného plynu	33
Obrázek 5- Kogenerační jednotka	35

Obsah tabulek

Tabulka 1- Produkce digestátu	28
Tabulka 2 - Četnost odběrů podle místa	36
Tabulka 3 - Četnost odběru podle doby	37
Tabulka 4 - Sktruktura financování projektu	47
Tabulka 5 - Stanovení ceny bioplynu z nákladových položek	48
Tabulka 6- Průměrné vstupní ceny energií	48
Tabulka 7- Energetické parametry rozšíření CZT	50
Tabulka 8 - Reálná dosažitelná úroveň úspory energie	51
Tabulka 9 - Energetická bilance varianty 1	53

Tabulka 10-Parametry centrálního zdroje CZT po napojení objektů	54
Tabulka 11-Struktura používaných paliv v obci	55
Tabulka 12-Energetická bilance úspor energie varianty 2.....	56
Tabulka 13-Struktura používaných paliv v obci je u varianty 2	56
Tabulka 14-Stav energetické bilance před realizací	57
Tabulka 15-Stav energetické bilance po realizace	58
Tabulka 16-Ekonomické vyhodnocení	59
Tabulka 17-Environmentální vyhodnocení.....	60
Tabulka 18-Znečišťující látky	60
Tabulka 19-Přřazení vah jednotlivým kritérií	62
Tabulka 20-Vyhodnocení variant	63

1 Abstrakt

Abstrakt:

„Návrh opatření ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice „Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.““

Bakalářská práce se zabývá především rozvodem vyprodukovaného tepla v bioplynové stanici v Mileči v Plzeňském kraji. Dále zde popisuje faktory, které ovlivňují efektivnost bioplynové stanice, předúpravu substrátů, kvalitní technologie, ekonomickou a technickou část rozvodu tepla z centrální zásoby tepla.

Na základě těchto poznatků lze zvýšit efektivnost bioplynové stanice. Což bude mít pozitivní vliv nejen na životní prostředí, ale i na finanční stránku provozovatele bioplynové stanice Mileč.

Klíčová slova: bioplynová stanice, bioplyn, předúprava substrátu, fermentace, rozvod tepla

Abstract:

„The proposal of measures to increase the efficiency of the biogas station „Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.““

The bachelor's thesis dealt in particular with distribution of heat produced in the biogas station in Mileč on Pilsen region. In addition, here describes the factors that affect efficiency of the biogas station, pre – treatment of substrates, high – quality technology, economic and technical part of heat distribution from a central supply of heat.

Based on these findings can improve efficiency of the biogas station. Which will have a positive impact not only the environment but also on financial page of the biogas station Mileč.

Key words: biogas station, biogas, pre – treatment of substrates, fermentation, heat distribution

2 Faktory ovlivňující efektivnost bioplynové stanice

2.1 Bioplyn

Bioplyn a bioplynové systémy představují energetické zdroje s vysoce pozitivními přínosy pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Přestože bioplyn zatím není schopen vytlačit fosilní paliva z jejich dominantního postavení na trhu s energiemi, má na rozdíl od nich zcela neomezené perspektivy pro budoucí využití. Bioplynové systémy ve všech možných uspořádáních pracují jako plně obnovitelné zdroje transformující i spoluvyužívající solární energii. Veškeré i pomocné technologie lze v těchto systémech řešit jako ekologicky příznivé procesy a to i v těch případech, kdy se jedná například o zpracování substrátů bohatých sírou. [3]

2.1.1 Vznik bioplynu

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působením metanogenních acetofilních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, tepla prostředí, čísla pH neboli kyselosti materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, který se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, bigasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky. Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnologických zařízení. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Pro tuto směs plynů, obsahující vždy dva majoritní plyny (metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku. Tak se rozeznává: zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn, bioplyn. [4]

2.1.2 Majoritní složky v bioplynu

Majoritní složky v bioplynu jsou v nejužším hodnocení u kvalitních plynů pouze dvě: metan a oxid uhličitý. Obsah veškerých dalších plynů jsou více než o jeden řád nižší, tedy jsou v úrovních nejvýše desetin procenta (u kvalitního bioplynu). Z biologických pochodů může však také pocházet malé množství dusíku elementárního, oxidu dusného a bioplyn někdy obsahuje i relativně velmi vysoké obsahy sulfanu. [5]

2.1.3 Minoritní složky v bioplynu

Oproti majoritnímu složení je chemická skladba minoritních komponent bioplynu velice pestrá. Chemické sloučeniny, které byly v bioplynu identifikovány a stanoveny v řádech stovek miligramů na krychlový metr a menších, se počítají na stovky v mnoha skupinách a typech derivátů. [5]

2.1.4 Vlastnosti bioplynu

Výhřevnost: Hodnota výhřevnosti bioplynu je určena majoritním obsahem metanu. Ostatní minoritní plyny v bioplynu (H_2 , H_2S ,...) mají prakticky zanedbatelný energetický význam. Spalné teplo suchého bioplynu má hodnotu stejnou jako výhřevnost.

Hranice zápalnosti metanu ve směsi se vzduchem je 5 – 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. Zápalná teplota bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan tj. 650 – 750 °C. Velmi důležitá je hodnota hustoty metanu a bioplynu s 60% podílem CH_4 . Bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka smrtelně nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách, v prohlubeninách u skládek a podobně. Po separaci obou hlavních složek bioplynu (kterou zpravidla naruší termodifuze), klesá oxid uhličitý. [3]

2.1.5 Úprava bioplynu

Čištění a úprava bioplynu není v mnoha případech považována za nutnou záležitost. Bylo by však nevhodné pominout veškeré procesy zlepšující kvalitu bioplynu, neboť často lze takto odstranit mnohé provozní problémy.

- Snížení obsahu vody a CO₂

Především je z bioplynu odstraňována nadměrná vlhkost. Ve většině případů však jde o prosté zadržení stržených kapek či pěny. Rozhodně je však třeba pečovat o řádné odstraňování kondenzátu z potrubí i z technologických zařízení, především z plynojemů. Plyn nasycený vodní parou při vysokých teplotách (37°C, někdy i 55°C u procesů termofilních) a nízkém tlaku nese s sebou značná množství vody, která kondenzuje jak ochlazením, tak i zvýšením tlaku.

- Snížení obsahu H₂S

Některé druhy bioplynů mohou mít tak vysoké obsahy sulfanu, že jeho odstranění nabývá velmi podstatné důležitosti. Bohužel je většina těchto procesů příliš složitá a nákladná a jejich realizaci tak brání nepřekonatelné ekonomické bariéry. [3]

2.1.6 Netradiční možnost zvýšení výtěžnosti bioplynu

Jednou z možností zvýšení rozložitelnosti problematické složky rostlinné biomasy – lignocelulózových komplexů je biotechnologická metoda aplikace mikroorganismů se zvýšenou celulázovou aktivitou – anaerobních hub – přímo do anaerobního fermentoru. Zde je nutné nastavit takové podmínky, aby se mohly aktivně projevit ve směsi s ostatními mikroorganismy fermentace. [6]

Tyto houby osidlují zažívací trakt býložravců, zejména přežvýkavců, a významně ovlivňují bachorový metabolismus. Disponují celou řadou enzymů potřebných pro rozklad strukturních polysacharidů rostlinného krmiva. Mají komplex enzymů pro štěpení celulózy a hemicelulózy. [7]

2.2 Fermentace

V bioplynových stanicích fermentace probíhá ve velkých míchaných nádržích – fermentorech. [8]

Základem vývinu bioplynu je metanové kvašení bez přístupu vzduchu (anaerobní) působením anaerobních bakterií. V tomto případě je využit způsob tzv. mokré fermentace, kdy má rozkládaná hmota sušinu 20%. Teplota při procesu je udržována na 40°C. Fermentor se skládá ze dvou prstencových

komor. Ve vnější komoře, tzv. hlavním fermentoru dochází k hlavní fázi fermentace a vývinu metanu. Ve vnitřní komoře, tzv. koncovém fermentoru dochází k fázi dokvašení, částečně je zde skladován kvasný zbytek. Koncový fermentor slouží nezávisle na hlavním fermentoru v případě revize zařízení a zvyšuje tím bezpečnost provozu. V hlavním fermentoru je doba zdržení substrátu 34 dní, v koncovém fermentoru 38 dní. Plnění fermentoru je cca 12 dní za den. [9]

Pro účinnost biotechnologického procesu fermentace je velmi důležité, aby tento proces probíhal ve stabilních optimálních podmínkách. Stabilizaci ovlivňuje velký počet faktorů, jejichž vzájemné vztahy nejsou aktuálně považovány za dokonale zmapované. Mezi základní metody stabilizace fermentace patří management dávkování sušiny a udržování fyzikálních parametrů procesu zejména teploty a pH. I přes tuto snahu dochází v provozu k tzv. zvrhnutí procesu, zejména v důsledku kvalitativní nebo kvantitativní změny vstupujícího substrátu, nesprávného vybalancování jeho složek apod. [8]

2.2.1 Anaerobní fermentace

Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně – chemických a biologických procesů. Metanogeneze je pouze konečná fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál. [4]

Pro efektivitu anaerobní fermentace je klíčová hloubka mikrobiálního rozkladu organické hmoty. Způsoby zpracování biomasy směřují k přípravě biomasy pro anaerobní fermentaci vedoucí ke vzniku bioethanolu; jejich cílem je tedy štěpením celulózy a škrobů získat cukry. Tyto postupy v případě, že má anaerobní fermentace směřovat k výrobě bioplynu, kladou neopodstatněné nároky na technologii a spotřebu energie. [10]

2.2.2 „Suchá” fermentace

Bioplynové stanice pracující na principu „suché” fermentace zpracovávají především biomasu s vyšším obsahem sušiny, která je do garážovitého fermentoru navážena v sypkém stavu kolovým nakladačem. Je zde možné zpracovávat především netekuté substráty, jako jsou: hnůj z živočišné výroby, travní senáž, kukuřičná siláž, různé druhy biologických odpadů – prošlé ovoce, zelenina, odpady ze supermarketů.

Přednosti „suché” fermentace oproti klasické v praxi hojně rozšířené „mokré” fermentaci jsou:

- vhodné pro biomasu s vyšším obsahem sušiny (25 % a více)
- nižší spotřeba el. energie – biomasa se ve fermentoru nemíchá ani do něj nečerpá
- jednoduché rozšíření stanice
- biomasu není nutné před vstupem do fermentoru rozmělnovat nebo jinak upravovat
- nižší poruchovost stanice

Suché bioplynové stanice jsou v ČR v provozu pouze dvě. Jedna z nich byla v Šumperku Temenici uvedena květnu 2009 do zkušebního a v prosinci 2009 do plného provozu. V zahraničí, především v SRN, je „suchých” bioplynových stanice zatím pouze několik desítek. [11]

2.3 Vliv kvality a předúpravy suroviny na výtěžnost bioplynu

Hlavním substrátem pro zemědělské BPS je cíleně pěstovaná rostlinná biomasa. K pěstování rostlinné biomasy pro plynná biopaliva je k dispozici asi 9 % zemědělské půdy to znamená 390 tisíc ha. [12]

Výtěžnost bioplynu ze směsných organických materiálů závisí na biologické rozložitelnosti, tedy na obsahu sacharidů, tuků, proteinů, na obsahu celulózy, hemicelulózy, ligninu a na poměru těchto jednotlivých složek. Tento poměr je v každé surovině jiný a to způsobí odlišnou následnou produkci metanu. Jak rychle a důkladně probíhá biologický rozklad, ovlivňuje mimo druhu zpracovávaného materiálu i jeho chemická a fyzikální struktura. Svůj vliv má také vhodné složení anaerobního mikrobiální kultury.

Ve skutečnosti se ne všechny organické látky přítomné v surovině v průběhu anaerobní fermentace rozloží, vždy jich ve vstupním materiálu část zůstane jako stabilizovaný organický zbytek. Jak velký tento podíl bude záviset zejména na přítomnosti obtížně rozložitelných látek, jako jsou celulózy. Množství nerozložitelných organické části je také ovlivněno technologickými podmínkami, hlavně teplotou, předúpravou a dobou zdržení ve fermentoru. [13]

2.3.1 Dezintegrace

U zemědělských bioplynových stanic (dále jen „ZBPS“) znamená dezintegrace pletiv fytomasy jejich zpřístupnění hydrolyzujícím enzymům a prokazatelně vede ke zvýšení produkce bioplynu. Čím je více vstupní surovina dezintegrována, tím lépe se mohou enzymy dostat na větší povrch odkrytých řetězců (například celulózy) a tím efektivněji je mohou hydrolyzovat.

Nejmenší problém je s hydrolyzou škrobu. Pokud není užívána přezrálá siláž, snadno se hydrolyzuje amylolytickými enzymy ne jednoduché cukry (maltóza, ve vodě rozpustná amyloza, nerozpustný amylopektin). Problém nebývá ani s hydrolyzou hemicelulózy.

Dezintegrace je ale často opomenuta, nebo se bere za dostatečné zpracování při sklizni. Do ZBPS tak fytomasa vstupuje nejčastěji jako siláž (délky 4 až 11 mm), či jako různé formy senáže. [14]

2.3.2 Termická předúprava

V současnosti se termická předúprava, neboli hygienizační stupeň, zavádí pro zpracování, jako jsou vedlejší produkty. Dle typu materiálu je pak aplikována buď pasterizace nebo hygienizace s vyšší teplotou.

Na příklad termická hydrolyza, ionizující záření, působení ultrazvuku. Dochází k destrukci složitých organizačních látek. [15] [16] [17] [18]

Pasterizace je tepelná úprava při 70 °C s dobou zdržení 1 hodina, hygienizace je úprava při alespoň 130 °C po dobu minimálně 1 hodiny. Hygienizace musí probíhat v uzavřeném prostoru, protože je velkým zdrojem zápachu. [19]

Teplná předúprava není jenom hygienizační stupeň, ale také výrazně zvyšuje produkci bioplynu z daného materiálu destrukcí jeho složek. Zpracovaná surovina se zahřeje na vysokou teplotu (130 – 180 °C) po určitou dobu (1 až 30 minut), poté se vzniklý vysoký tlak rychle uvolní, čímž dojde k další destrukci kavitací. Termickou úpravou suroviny dochází k hydrolyze tuhých buněčných komponent. Vysoká teplota naruší buňky a způsobí hydrolyzu proteinů, sacharidů, tuků a dalších makromolekul vylučovaných z buňky. Působením vysoké teploty se však mohou rozpouštět, popř. mohou vznikat sloučeniny, které nejsou biologicky rozložitelné. Termická předúprava byla rozpracovaná pro čistírenské kaly (metoda CAMBI, u nás metoda RTR).

Substráty vhodné k pasterizaci:

- kaly z ČOV
- odpadní voda a splachy
- biologicky rozložitelné odpady
- průmyslové a městské odpady

2.3.3 Chemická předúprava

Chemická předúprava zahrnuje alkalickou nebo kyselou hydrolyzu a použití oxidačních činidel a to samostatně, ve vzájemné kombinaci nebo v kombinaci s vyšší teplotou. Rozklad kyselinami a louhy – chemickou hydrolyzou – lze realizovat v podstatě v celém rozsahu pH. V kyselém prostředí kyseliny chlorovodíkové při pH 6 proběhne hydrolyza během 6 až 12 hodin. V zásadité oblasti pH 11,5 – 12,5 dochází k hydrolyze během 20 až 30 minut. Tuto metodu jde aplikovat zejména na materiály obsahující celulózu. Termochemickou předúpravu statkového hnoje – zahřátí na 120 °C za přídavku CaO 4 % na sušinu, bylo dosaženo zvýšení produkce metanu o 64 %. [13]

2.3.4 Biologické metody předúpravy

Tato metoda zahrnuje přidávání různých enzymů ke zlepšení anaerobního rozkladu. Nejlepších výsledků při využívání enzymů se dosahuje zejména u materiálů s vysokým obsahem lignocelulózních složek.

Za biologickou předúpravou lze považovat i silážování rostlinné biomasy. Během silážování travní hmoty dochází k velkému úbytku

organických složek a to až 30 % za 6 měsíců. Tím patřičně klesne i produkce metanu. Pokud ale při silážování téže suroviny přidáme kyselinu mravenčí, dosáhneme zvýšení metanu o 13 – 22 % vztaženo na původní organickou sušinu oproti produkci z čerstvého materiálu. Po porovnání produkce metanu z čerstvého materiálu, dosáhneme přidáním tohoto enzymu zvýšení produkce o 47 – 86 % oproti produkci materiálu silážovanému po stejnou dobu ale bez aditiv. [20]

2.3.5 Máčení a macerování

Máčení a macerování je nutné, pokud potřebujeme zvýšit pumpovatelnost substrátu. Provádí se to zpravidla v předjímce, krátce po vložení substrátu do fermentačního procesu. Jako ředící tekutina jsou používány vždy podle dostupnosti kejda, právě zfermentovaná bioplynová kejda, odpadní voda nebo ve výjimečném případě také čerstvá voda.

Používání právě zfermentované bioplynové kejdy může snížit spotřebu čerstvé vody a má tu přednost, že substrát je naočkován bakteriemi fermentačního procesu právě před dávkováním do fermentoru. Každopádně je třeba dávat pozor na to, že zpětným vedením kejdy je možné obohacení substrátu solemi a živinami a to může procesní biologii škodit. Kvůli vysokým nákladům by se neměla využívat čerstvá voda. Má-li být použita voda z procesů čištění, je třeba zvážit to, že desinfekční prostředky mohou poškodit proces fermentování, neboť působení těchto prostředků je negativní také pro společenství mikroorganismů ve fermentoru.

Homogenita přiváděných substrátů má velký význam pro stabilitu procesu. Při silně kolísajícím zatížení a měnícím se složení substrátu se mikroorganismy musejí přizpůsobit změněným podmínkám, což je většinou spojeno se snížením tvorby bioplynu. Homogenizace čerpatelných substrátů je většinou prováděna listy míchadel v předjímce. [21]

2.3.6 Předúprava některých surovin

- **Slunečnicové stonky**

Slunečnicové stonky jsou podrobeny předčištění v komerčním měřítku teplovodní macerací a parní explozí ke zvýšení produkce bioplynu. Tato technologie nevyžaduje speciální technologii, chemikálie ani katalyzátory. [22]

- **Senáž**

Senáž je nejprve peletována a následně vtlačována pod různými parametry, proto se snadno uvolňují zkvasitelné sloučeniny z lignocelulózy. [23]

- **Ovesná sláma**

Metoda pro předběžnou úpravu zahrnuje horkou maceraci, výbuch parní a tlakové vlny. Potvrdilo se, že provozní podmínky exploze páry musí být přesně přizpůsobeny k podkladu. [24]

- **Olejnata semena**

Tato metoda se skládá z broušení, tlakového předčištění, enzymatické hydrolýzy, získávání oleje, anaerobní fermentace a výroby dřevěného uhlí. U této metody není nutná žádná dodatečná energie, nebezpečná rozpouštědla ani drahé katalyzátory. [25]

2.4 Kvalitní technologie

Prvním krokem při projektování BPS by mělo být stanovení velikosti zařízení v závislosti na dostupných surovinách. Dalším krokem je vhodné stanovení výkonu. Chybou je obrácený přístup, tedy nejprve výběr výkonu stanice a k tomu naplánování plochy, například kukuřice.

Velmi důležitá je kvalita, životnost a bezpečnost technologie. Investor musí předem sledovat zejména tato kritéria: jak kvalitní jsou exponované části bioplynové stanice (**potrubí, míchadla, motor, fólie**). [26]

2.4.1 Míchadla

Míchadla musí zajišťovat účinné promíchávání náplně fermentorů, aby se vytvořily optimální podmínky pro tvorbu bioplynu, zamezilo se vytváření nemíchatelné vrstvy nebo sedimentů u dna a stěn a zároveň nedocházelo k plýtvání cennou elektrickou energií.

Na trhu jsou dnes nabízena řešení vybavující fermentor (prvního stupně) míchadly celkovým el. příkonem v širokém rozmezí **od méně než 10 až po více než 20 W v přepočtu na m³ užitého objemu fermentoru.**

O výsledné hodnotě spotřeby energie míchadly ve fermentoru významně rozhoduje charakter zpracovávaných vstupů a způsob jejich předúpravy. Z hlediska energetické efektivity procesu je nejvhodnější porovnávat tuto spotřebu míchadly k celkové hrubé výrobě elektřiny (či množství energie v bioplynu), jelikož je tím rozhodujícím ukazatelem efektivity stanice. Typický poměr bývá mezi **2 – 4 %** celkové roční výroby elektřiny, dobré provozy přitom **nepřesahují 2,5 – 3 %**. [27]

Firma BPS PROJEKT s.r.o. nabízí vysoce efektivní vertikální pádlová pomaluběžná míchadla vytvářející optimální podmínky pro tvorbu bioplynu. Jejich servis provádějí ve fermentoru za plného stavu jeho naplnění. [28]

Druhy míchadel: [29]

- **míchadlo na dlouhé hřídeli (LARWN)**
 - míchadlo se 40 ot. /min. vytváří ve fermentoru žádoucí proudění a pohyb k podpoře dlouhodobě optimálních podmínek
- **ponorné míchadlo (TMR)**
 - zajišťují pohyb fermentační vsádky, rychlé, a cílené rozmíchání plovoucích vrstev nebo usazených substrátů

2.4.2 Řídící technika

Kvalitní a optimální provoz bioplynových zařízení vyžaduje sladění nemalého množství procesů, mechanických úkonů s vyhodnocením fyzikálních veličin, chemickou analýzou surovin, meziproductů a produktů. Špičková technika je zárukou splnění všech podmínek dokonalého řízení procesů v bioplynové stanici. [29]

3 Popis bioplynové stanice [1][2]

3.1 Charakteristika BPS

Bioplynová stanice je umístěna v lokalitě obce Mileč. Bioplynová stanice zpracovává vstupy ze zemědělské prvovýroby.

Bioplynová stanice je technologické zařízení, ve kterém dochází bez přístupu vzduchu ve fermentační nádrži k vývinu bioplynu z biologických rozložitelných materiálů. Bioplyn je následně využíván v kogenerační jednotce na elektrickou energii a teplo. Tepelná energie se v bioplynové stanici využívá zejména pro udržování procesní teploty ve fermentační nádrži. Výstup z bioplynové stanice je kvalitní hnojivo, které je skladováno v koncovém skladu a dále zemědělsky využíváno.

Suroviny zužitkované jako substrát v bioplynové stanici:

hovězí kejda, travní senáž, kukuřičná siláž.

3.2 Potřeba materiálů a surovin

Vstupní suroviny pochází výhradně ze zemědělské produkce.

Siláž, senáž jsou skladovány ve stávajících silážních žlabech na okolních farmách a v nově zřízeném silážním žlabu na farmě Mileč.

Kejda je produkována zvířaty průběžně, pro zajištění rezervy na 5 dní je využita stávající přečerpávací jímka u objektu kravína.

Není uvažován nákup vstupních surovin od jiných subjektů.

3.3 Důvod stavby

Důvodem pro výstavbu bioplynové stanice je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v souladu s požadavky mezinárodních společenství na snížení spotřeby fosilních paliv a snížení emisí z jejich spalování. Tento trend je podporován státem – zákon č.180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny obnovitelných zdrojů energie. Vedlejším produktem výroby elektrické energie je zbytková výroba tepla, které slouží k vytápění objektů bioplynové stanice, popř. objektů v zemědělském areálu (výhledově).

Záměr řeší problematiku zpracování statkových hnojiv a biomasy s jejich energetickým využitím, což napomáhá snížení produkce pachových látek z chovu zvířat a při hnojení zemědělských pozemků v blízkosti obytné zástavby. Řízené zpracování kejdy a množství skleníkových plynů odcházejících do volného ovzduší.

Umístění záměru v dané lokalitě bylo vybráno s ohledem na dostupnost vstupních surovin, vhodného pozemku areálu farmy živočišné výroby a při možnosti využití některých stávajících objektů a inženýrských sítí.

Záměr je realizován na nezastavěných plochách. Objekty jsou navrženy na pozemcích s ostatní plochou a ornou půdou.

Získaný bioplyn ve fermentoru je v kogeneraci přeměňován na elektrickou energii a teplo. Přebytková elektrická energie je celoročně dodávána do sítě. Teplo po odečtení provozního tepla je využíváno dle potřeby k vytápění objektů v areálu farmy (dojírna, dílna).

3.3.1 Orientační náklad výstavby

65 000 000 Kč

3.3.2 Stavební povolení

Vydané Městským úřadem Nepomuk, odborem výstavby a ŽP, dne 27. 4. 2009 č.j.: MÚ/VŽP/1104/09.

3.4 Přehled hlavních technologických objektů plynového hospodářství BPS a jejich parametrů

3.4.1 Příjem a dávkování substrátů

V technologickém procesu bioplynové stanice jsou zpracovány substráty v pevném a tekutém formě. Pro tento účel jsou v bioplynové stanici navrženy příslušné objekty.

3.4.1.1 Příjem a dávkování tekutých substrátů

Kejda je dodávána ze statkových objektů živočišné výroby v areálu a je skladována ve stávající čerpací jímce o objemu 150 m³.

Doprava tekuté biomasy (kejdy) je zajištěna z živočišných provozů farmy samospádem v podzemním potrubí. Před fermentorem je jímána ve stávající přečerpávající jímce s rezervní kapacitou na 5 dní. Do této jímky je zároveň zaústěno potrubí kondenzátu z bioplynu, kontaminované dešťové vody, splaškové vody ze sociálního zařízení v provozní budově, kontaminované vody ze silážního žlabu a výdejní plochy. Z přečerpávající jímky jsou kejda a odpadní vody automaticky doplňovány v pravidelných intervalech do fermentoru, cca 12x denně. Pro tento účel je v jímce nainstalováno přečerpávací čerpadlo. Zároveň je možné toto čerpadlo použít pro míchání obsahu jímky.

Přečerpávání substrátu z fermentoru zpět do stávající čerpací jímky není možné.

Množství tekutých substrátů:

KEJDA SKOTU

464 m ³ /rok	organická sušina 6%
koef. tvorby metanu 0,21	metanu 48006 m ³

3.4.1.2 Příjem a dávkování tuhých substrátů

Energetické rostliny jsou konzervovány v místě stanice v silážním žlabu a skladovány pro následné zpracování v bioplynové stanici. Kapacita silážního žlabu je 3000 m³.

Příprava biomasy z rostlinných substrátů probíhá v dávkovači tuhých substrátů. Jde o zařízení, které biomasu promíchá a automaticky dávkuje v daných intervalech do hlavního fermentoru pomocí soustavy šnekových dopravníků. Dávkovač má objemovou násypku 50 m³, siláž je do násypky navážena čelním nakladačem v intervalu 1x denně. Denní množství čerstvého substrátu činí cca 28 tun.

Manipulační plochy jsou po dávkování substrátu do dávkovacího systému v případě potřeby hned uklizeny. Manipulační plochy jsou vždy udržovány v čistotě.

Dávkování substrátu do bioplynové stanice je během dne rozděleno rovnoměrně, přičemž doba dávkování činí kolem 10 minut za hodinu.

3.4.1.3 Technické parametry dávkování pevného substrátu

dávkovací zařízení: BIODOS – DUO / ECKART
dopravní zařízení: BIODOS 5-70
jmenovitý objem násypky: 50 m³

Množství tuhých substrátů:

SILÁŽNÍ KUKUŘICE

4180 t/rok	6431 m ³ /rok	sušina 32%	organická sušina 30%
koef. tvorby metanu 0,32		metan	476520 m ³

TRAVNÍ SENÁŽ

5876 t/rok	10684 m ³ /rok	sušina 35%	organická sušina 33 %
koef. tvorby metanu 0,30		metan	581740 m ³



Obrázek 1 - Dávkování substrátu

3.4.2 Čerpací centrum

Čerpací centrum je umístěno v objektu přímo navazujícím na fermentor. Jedná se o propojený centrální čerpací systém ze všech nádrží bioplynové stanice. Systém čerpacího centra umožňuje recyklaci provozní kapaliny, tzn., že část fugátu je zpětně použita k ředění vstupního substrátu.

Čerpací centrum je navrženo jako kontejnerová jednotka. Tato jednotka je jako celek nainstalována v prostoru vedle fermentoru.

Hlavním prvkem čerpacího centra je čerpadlo Vogelsang.

3.4.3 Dvoustupňový fermentor

Jako fermentace se označuje proces, ve kterém se, za pomoci mikroorganismů, mění organická substance na bioplyn. Při kofermentaci společně fermentuje biomasa nebo pevný organický odpad (koferment) s tekutými materiály ze zemědělské výroby.

Množství bioplynu vyrobeného ve fermentaci podstatně závisí na době prodlení a provozní teplotě, při které mikroorganismy substrát rozkládají. Nejeftektivněji mikroorganismy pracují při provozní teplotě 38 až 40°C.

Bioplynová stanice je vybavena dvoustupňovým fermentorem – hlavní fermentor a dofermentor.

3.4.3.1 Fermentor

Do fermentoru je zavedeno dávkování tekutého a pevného substrátu. Pomocí tří šikmých míchadel dochází ve fermentoru k promíchání substrátu. Fermentor obsahuje sedimentační sběrný kanál, který slouží k zachycení pevných příměsí či usazenin. Sedimentační kanál je pravidelně kontrolován a čištění je nutné provozně ošetřit.

Vyhřívání fermentoru je zajištěno teplovodním potrubím u stěny hlavního fermentoru. Teplotní optimum je nastaveno na mezofilní oblast, tj. 39 až 40°C. Fermentační proces trvá ve fermentoru přibližně 40 dní.

Pro zajištění efektivity promíchání substrátu je nutné dodržet maximální obsah sušiny ve fermentoru do 10 % hm. a dodržet pravidelné dávkování výchozích substrátů ve stanoveném množství.

Pro případné opravy a revize je ve střeše fermentoru umístěn revizní otvor. Revizní otvory pro všechna míchadla se nachází rovněž na střeše fermentoru.

- **Technické parametry dofermentoru:**

maximální provozní hladina:	5,5 m	objem: 2285 m ³
maximální celková hladina:	6,0 m	objem: 2493 m ³

Zpracování fermentačního procesu je prováděno na základě schváleného speciálního technologického postupu připraveného dodavatelem zařízení.

3.4.3.2 Dofermentor

Dofermentor slouží jako druhý stupeň fermentace a dále jako sklad fermentačních zbytků. Dofermentor je tvořen prstencem fermentační nádrže. Přívod substrátu do dofermentoru je umožněn samovolným přepadem z hlavního fermentoru nebo nuceně pomocí centrálního čerpadla. Pro zajištění homogenity obsahu je promícháván míchadly. Ohřev obsahu dofermentoru je realizován prostupem tepla přes neizolovanou stěnu mezi hlavním fermentorem a dofermentorem.

Odvod digestátu je realizován automaticky pomocí samovolného přepadu v pravidelných intervalech nebo nuceně pomocí centrálního čerpadla směrem do koncového skladu.

V případě revizních oprav dofermentoru se odvádí bioplyn pouze z hlavního fermentoru – v tomto případě musí být přemístěna hadice dávkující vzduch za účelem odsířování bioplynu, aby byl vzduch dávkován přímo do hlavního fermentoru.

Fermentory jsou vybaveny plynovým potrubím, které odvádí bioplyn, jež se vyvíjí ve fermentorech, směrem do vakového plynojemu. Rovněž oba dva stupně jsou propojeny plynovým potrubím.

Za účelem zajištění bezpečného provozu fermentoru a dofermentoru jsou tyto osazeny hydraulickou a mechanickou pojistkou. Tyto pojistky proti přetlaku a podtlaku jsou vybaveny výfukovým potrubím. Maximální přístupný otevírací přetlak a podtlak hydraulické pojistky je definován výrobcem – dodavatelem dofermentoru.

- **Technické parametry hlavního fermentoru:**

maximální provozní hladina: 5,5 m objem: 2038 m³
 maximální celková hladina: 6,0 m objem: 2223 m³

Tabulka 1- Produkce digestátu

Produkce digestátu		
substrát	t/den	m ³ /den
digestát	56,3	55,41
	4,7%	
odečet ředění k uskladnění po odseparování k uskladnění	18,3	
fugát	38,0	37,39
separát	30,0	29,54
	8,0	7,85

3.4.4 Fermentační zbytky a nakládání s nimi

Z hlediska výstupu fermentačního zbytku z bioplynové stanice, je několik možností jeho využití:

- výstup – digestát: Použití digestátu jako organického hnojiva na zemědělské půdě je určeno zákonem. Uvádění digestátu do oběhu prodejem nebo jiným způsobem je možné pouze na základě jeho registrace. Je-li digestát používán na pozemcích samotného producenta, nemusí v tomto případě být registrován jako organické hnojivo.
- výstup – upravený kal: Toto se týká především čistírenských BPS, kde je výstupem z metalizační nádrže upravený kal. Použití na zemědělské půdě je regulováno vyhláškou. [30]

3.4.4.1 Míchání a dávkování biomasy do fermentoru

Příprava biomasy z rostlinných substrátů probíhá v dávkovači tuhých substrátů. Jde o zařízení, které biomasu promíchává a automaticky dávkuje v daných intervalech do hlavního fermentoru pomocí šnekového dopravníku. Dávkovač má objemnou násypku 50 m³, siláž se do něj naváží čelním nakladačem 1x denně.

Doprava tekuté biomasy (kejdy) je zajištěna z živočišných provozů farmy samospádem v podzemním potrubí. Před fermentorem je jímána ve stávajících přečerpávacích jímce s rezervní kapacitou na 5 dní. Z přečerpávací jímky je kejda automaticky doplňována v pravidelných intervalech do fermentoru, cca 12x denně

3.4.4.2 Poruchy procesu a jejich odstraňování

Nestabilita procesu, tj. takové narušení dynamické rovnováhy, které vede až k zhroucení procesu, může nastat z mnoha důvodů. Z hlediska procesu je nestabilita zapříčiněná tím, že některý z dílčích procesů je více stimulován nebo inhibován.

Z technologického hlediska hlavními příčinami poruch může být:

1. **Náhlá změna teploty** – v případě náhlého zvýšení teploty se zrychlí procesy acidogenese, methanogeny ne vždy zvládnou spotřebovat zvýšenou produkci kyseliny octové a vodíku. V kapalně fázi se zvyšuje koncentrace mastných kyselin, v bioplynu se zvyšuje obsah CO₂. Při poklesu teploty se zpomalí činnost methanogenů než acidogenů. Náprava: stabilizace teploty na původní hodnotu, udržování potřebné neutralizační kapacity.

2. **Přetížení organickými látkami** – odezva procesu jako v předchozím případě. Náprava: odstranění přetížení a udržování potřebné neutralizační kapacity.
3. **Přetížení hydraulické** – zkracuje dobu zdržení a může způsobit vyplavení části biomasy. Zkrácená doba zdržení nemusí stačit k proběhnutí celého procesu rozkladu. Snížení množství biomasy vede k jejímu přetížení organickými látkami. Náprava: odstranění přetížení, kontrola neutralizační kapacity a množství biomasy.
4. **Intoxikace přítokem** – odezva reaktoru bude záviset na koncentraci, době expozice a na druhu toxického činidla. Náprava: odstranit toxickou látku – nejlépe propláchnutím reaktoru a urychleně provést diagnostiku.
5. **Změna pH** – Zapříčinění díky přítomnosti kyselin neb zásad. Náprava: neutralizovat přítok.
6. **Vyplavení biomasy z reaktoru** – Způsobeno přetížením procesu. Náprava: podle množství uniklé biomasy – snížení zatížení, doplnění biomasy nebo nová inokulace. [5]

Ve většině případů je narušení rovnováhy procesu nebo až porucha procesu následkem, a ne prvotní příčinou. Příčinou obvykle bývá selhání, porucha nebo havárie některé z technologických komponent, zajišťujících provoz reaktoru. Například porucha čerpadla, prasklé potrubí, porucha vytápění, špatně fungující neutralizace. [5]

3.4.5 Vakový plynojem

Plynojem slouží jako vyrovnávací zařízení, které kompenzuje výkyvy ve vývinu bioplynu ve fermentorech. Takto je zajištěn chod kogenerační jednotky. Dále plynojem slouží pro vyrovnávání kolísajícího provozního přetlaku.

Vakový plynojem je umístěn v technické budově.

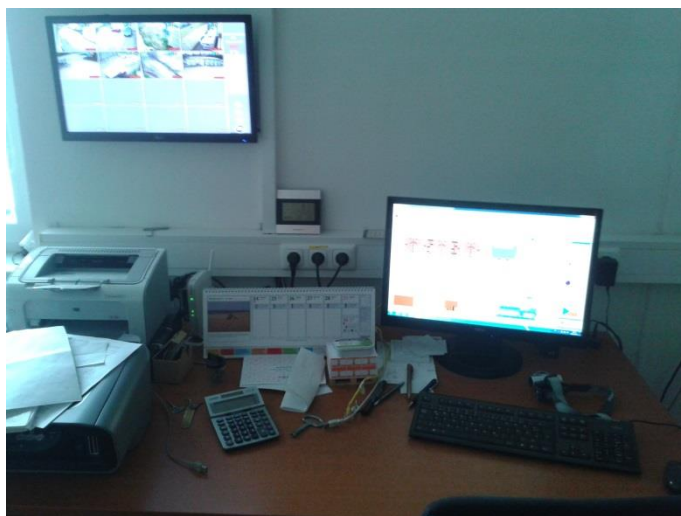
- **Technické parametry plynového vaku:**

jmenovitý objem:	400m ³
materiálové provedení:	polyesterová tkanina
měrná hmotnost:	950 g/m ²
výrobce:	AGROTELL
maximální provozní přetlak:	3,0 kPa

3.4.6 Velín

Provoz bioplynové stanice je řízen centrálně pomocí centrálního řídicího systému, který je vybaven dálkovým on-line monitoringem provozních charakteristik. Počítačová sestava se nachází ve velínu/kanceláři a slouží ke kontrole a řízení zařízení.

Bezproblémový chod zařízení je zaručen i v případě selhání řídicího systému v počítači dálkovým monitoringem.



Obrázek 2- Počítač k obsluze BPS



Obrázek 3- Velín

3.4.7 Hořák přebytečného bioplynu

Hořák přebytečného bioplynu slouží pro spalování přebytku bioplynu při poruše a odstavení kogenerační jednotky. Hořák je umístěn na volné ploše na betonovém základu v dostatečné vzdálenosti od okolních nadzemních objektů (min. 10 m). Hořák je s plynojemem propojen plynovým potrubím. Hořák je automaticky uváděn do provozu v závislosti na stanoveném spínacím přetlaku bioplynu, 2 mbar.

Plynový hořák je konstruován jako zařízení s otevřeným hořením s vysokonapětovým zapalováním. Vysoká účinnost hořáku zajišťuje nízkou produkci emisí.

- **Základní technické parametry**

typové omezení :	NTF 50 – 2000
množství bioplynu:	50 – 2000 Bm ³ /h
max. přetlak bioplynu:	100 mbar
min. přetlak bioplynu:	10 mbar

Cílem použití hořáku zbytkového plynu je zabránění vypuštění nespáleného bioplynu do volné atmosféry. Unikání nespáleného bioplynu má

být zabráněno proto, aby nemohlo dojít k žádným problémům s ochranou proti požáru a explozi nebo zatížení pachy.

Toto technologické zařízení je v provozu jen při fázi uvedení do chodu, při výpadku provozu kogenerační jednotky a při nadměrné produkci plynu. Hořák zbytkového plynu je dimenzován tak, aby mohlo být spáleno celkové maximální hodinové množství plynu. Provoz je potřebný jen 1 den.



Obrázek 4- Hořák přebytečného plynu

3.4.8 Kogenerační jednotka

V rámci bioplynové stanice je osazena jedna kogenerační jednotka. Objekt kogenerační jednotky – strojovna, je umístěna v blízkosti fermentoru a plynojemu.

Jelikož proces fermentace potřebuje v tzv. mezofilním režimu teploty v rozpětí cca 36 – 40°C pro udržení konstantní procesní teploty vyhnívání, je část produkovaného odpadního tepla z kogenerační jednotky využita k technologickému ohřevu obsahu fermentoru. V BPS je pro účely technologického ohřevu navržena jedna KJ, o elektrickém výkonu 526 kW a tepelném výkonu 566 kW. Kogenerační jednotka je umístěna ve strojovně. Součástí teplovodního okruhu je spalínový výměník u KJ, výměník na chladícím okruhu motoru KJ, oběhové čerpadlo, expanzní nádoba,

bezpečnostní ventily, rozvaděč topení u fermentoru, vnitřní nástěnné potrubí ve fermentoru. Pokud není teplo využito pro technologický ohřev, je odváděno chladičem umístěným v blízkosti objektu kogenerace.

Spotřeba bioplynu v KJ závisí na kvalitě přiváděného bioplynu. Množství bioplynu je monitorováno průtokoměrem KOBOLD. Při optimálním konstantním množství metanu v bioplynu je spotřeba kogenerační jednotky 289 Nm³/h. Při sníženém obsahu množství metanu v bioplynu se spotřeba zvyšuje, množství metanu v bioplynu by však nemělo poklesnout pod hodnotu definovanou výrobcem jednotky.

3.4.8.1 Varovný systém úniku bioplynu ve strojovně kogenerace

Strojovna kogenerace je vybavena varovným systémem při úniku bioplynu, které při překročení spodní prahové hodnoty (10% UEG) spustí alarm a zároveň uvede do provozu nouzové větrání strojovny. Při překročení horní prahové hodnoty (20% UEG) je uzavřen přívod bioplynu do strojovny kogenerace a jsou odpojena všechna elektrická zařízení v prostoru strojovny.

3.4.8.2 Varovný systém vzniku kouře

V případě aktivace čidla kouře dojde k uzavření přívodu plynu a jsou odpojena všechna elektrická zařízení v prostoru strojovny. Dále se provede uzavření vstupních žaluzií, aby se zabránilo další iniciaci ohně.

Případný přebytečný bioplyn (např. při výpadku či servisu KJ) je spalován v hořáku bioplynu, k němuž vede odbočka z plynového potrubí mezi plynojemem a strojovnou kogenerace.

- **Základní technické parametry kogenerační jednotky**

typové označení:	JMS 312 GS-B.L
číslo soustrojí:	1017928
max. elektrický výkon:	526 kW
max. tepelný výkon:	566 kW
spotřeba bioplynu:	289 Nm ³ /h
metanové číslo:	100 / 135
spalovací vzduch:	2389 Nm ³ /h
výrobce:	Jenbacher GMBH



Obrázek 5- Kogenerační jednotka

3.4.9 Koncový sklad

Ke skladování digestátu je vybudována nezastopená kruhová železobetonová jímka o objemu 2167 m³. Uvnitř nádrže jsou nainstalována míchadla k míchání digestátu s obsahem sušiny 4-7 %. Odběr do aplikačních cisteren je řešen přes odkanalizovanou výdejní plochu.

Na čerpací ploše jsou zachyceny veškeré možné úkapy, ke kterým může dojít v době čerpání do dopravního prostředku. Čerpací výdejní plocha je vyspádovaná do sběrné šachtičky a odvodněna do stávající jímky o objemu 150 m³. Je dostatečně zakryta železobetonovými panely se zalitím spár cementovou zálivkou, v sestavě panelů jsou respektovány technologické postupy pro čerpadla.

Kapacita koncové jímky splňuje normovaný požadavek na dobu skladování min. 4 měsíců.

Veškerý vyprodukovaný digestát je skladován v koncovém skladu až do té doby, než je provedena jeho aplikace na ornou půdu jako organické hnojivo.

- **Technické parametry koncového skladu**

maximální celková hladina: 7,0 m
objem: 2167 m³

3.4.9.1 Četnost a místa odběrů vzorků substrátů a bioplynu

Technolog bioplynové stanice připravuje „Plán odběru vzorků“ pro přívod substrátu do BPS (tekutý i tuhý), substrát ve fermentoru, substrát v dofermentoru, digestát z BP, bioplyn (vše níže v tabulce č. 2). Hodnoty ukazatelů těchto vzorků jsou používány pro sledování účinnosti BPS, celkového zatížení BPS a kontrolu dodržení limitů pro technologické zařízení (provozní kontrola, vyhodnocení provozu)

Tabulka 2 - Četnost odběrů podle místa

Místo	Četnost odběru	Druh vzorku	Rozsah rozboru	Odebírá
Fermentační směs (z každého fermentoru a koncového skladu)	2 x týdně	prostý vzorek	pH, sušina	Obsluha BPS
Digestát (z každého koncového skladu)	2 x týdně	prostý vzorek	pH, sušina	Obsluha BPS
Bioplyn z plynojemu	2 x týdně	prostý vzorek	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S	Obsluha BPS

Tato sledování jsou prováděna při ustáleném provozu BSP, v případě nutnosti, např. při najíždění některých objektů po opravách, revizí atd. je nutné podle pokynů technologů zvýšit četnost sledování v jednotlivých profilech či přidat některé profily nebo stanovení.

Digestát je sledován pro účely využití kalu podle vyhlášky č. 382/2001 Sb.

Tabulka 3 - Četnost odběru podle doby

Četnost odběrů	Druh vzorku	Rozsah rozboru	Odebírá
4 x ročně (minimálně)	směsný vzorek	pH, VL, VL _{ZŽ} , N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻ , N _{celk} , P _{celk} , K, Ca, Mg, kovy As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	Technolog BPS
4 x ročně (minimálně)	prostý vzorek	Mikrobiologické ukazatele: termotolerantní koliformní bakterie, <i>Salmonella sp.</i> , enterokoky,	Technolog BPS
1 x ročně	směsný vzorek	AOX, PCB	Technolog BPS

3.5 Jímání a rozvody bioplynu, odsiřování bioplynu

Vyprodukovaný bioplyn je odváděn z fermentoru soustavou plynových potrubí přes plynové šachty, přetlakové a podtlakové pojistky primárně do vakového plynojemu o jmenovitém objemu 400 m³. Z plynojemu je plyn veden potrubím do kogenerační jednotky nebo do plynového hořáku. Před kogenerační jednotkou je umístěn zvyšovací ventilátor bioplynu Meidinger, $\Delta p = 95$ mbar.

V armaturní šachtě před plynojemem je pomocí uzavíracích armatur možné zvolit proudění bioplynu přímo do zvyšovacího ventilátoru a dále do kogenerační jednotky případně hořáku.

Plynojem je vybaven odpovídajícími armaturami – HUP. Odvzdušnění plynovodu a vzorkovací armatury.

Plynovod je vybaven kondenzačními šachtami – před hořákem přebytečného bioplynu a před zvyšovacím ventilátorem.

Provozní přetlak bioplynu v plynovém systému před zvyšovacím ventilátorem je stanoven v rozmezí 0 až 3 mbar.

Odsiřovací zařízení je umístěno v místě plynového propojení fermentorů (hlavní fermentor a dofermentor). Systém řízeně vhání do plynového prostoru vzduch, který pozitivně působí na sulfát redukující činnost sirmých bakterií.

Součástí technologického vybavení BPS Mileč je systém tzv. mikroaerofilního odsiřování. Princip odsiřování spočívá v mikroaerofilní oxidaci plynného sulfanu, kterou vykonávají sulfát redukující bakterie. Činnost těchto aerofilních bakterií je podporována zavzdušňováním „volného“ prostoru ve fermentorech, dávkování přiváděného vzduchu je prováděno vždy v adekvátních dávkách, tak aby nedošlo ke snížení kvality vyvíjeného bioplynu a snížení bezpečnosti provozu. Zavzdušňovací zařízení je umístěno ve vnějším plynovém spojení hlavního a koncového fermentoru.

3.6 Zvyšování provozního přetlaku bioplynu

Zvyšování provozního přetlaku bioplynu je nainstalováno za účelem dosažení provozního přetlaku bioplynu před kogenerační jednotkou na požadovanou úroveň. Pro tento účel je v bioplynovém potrubí nainstalována zvyšovací ventilátor Meidinger, který zvyšuje přetlak plynu o hodnotu 95mbar.

Plynové potrubí je vybaveno příslušnými uzavíracími a vzorkovacími armaturami.

3.7 Analýza bioplynu

Analýza bioplynu je umístěna ve strojovně kogenerace. Zařízení sleduje hodnoty kvality bioplynu proudícího do kogenerační jednotky. Tyto hodnoty je možné sledovat jak na displeji analýzy plynu, tak pomocí řídicího systému v místě obsluhy ve velínu.

Typové označení analýzy plynu: CHEMEC – BC 20.

Kontrolér bioplynu BC20 je stacionární měřicí přístroj na určení koncentrace metanu, kysličníku uhličitého, kyslíku a sirovodíku v bioplynu. Probíhá měření kontinuální (CH_4 , CO_2 , O_2) a periodické (H_2S , H_2 , CO , popř. NH_3).

3.8 Způsob odsiřování bioplynu

Součástí technologického vybavení BPS Mileč je systém tzv. mikroaerofilního odsiřování. Princip odsiřování spočívá v mikroaerofilní oxidaci plynného sulfanu, kterou vykonávají sulfát redukující bakterie. Činnost těchto aerofilních bakterií je podporována zavzdušněním „volného“ prostoru ve fermentorech, dávkování přiváděného vzduchu je prováděno vždy v adekvátních dávkách, tak aby nedošlo ke snížení kvality vyvíjeného bioplynu a snížení bezpečnosti provozu. Zavzdušňovací zařízení je umístěno ve vnějším plynovém spojení hlavního a koncového fermentoru.

3.9 Odvodnění bioplynového potrubí

Za účelem odstranění kondenzátu vznikajícího v bioplynovém potrubí jsou umístěny odlučovače kondenzátu. Odlučovače kondenzátu s kondenzačními jímkami jsou umístěny na obou větvích bioplynového potrubí, tj. potrubí ke kogenerační jednotce a potrubí k hořáku přebytečného bioplynu.

- **Materiálové provedení plynového potrubí**

Potrubí zemního plynovodu: PEHD

Potrubí nadzemního plynovodu: ocel nerezová DIN 1.4301

3.10 Produkty BPS a nakládání s odpady

3.10.1 Substrát

Vstupní materiály nejsou odpadem a vedlejšími živočišnými produkty dle nařízení EP (ES) č. 1774/2002, v zařízení nejsou zpracovávány odpady, nehrozí tedy dovoz potenciálně zápašných surovin do areálu.

Dle charakteru se vstupní substráty dělí na tekuté a sypké. Vstupní substráty nejsou na BPS skladovány. Pouze je zajištěna retence vstupních substrátů pro jejich rovnoměrné dávkování do fermentačního procesu.

Pro retenci tekutého substrátu slouží vstupní železobetonová podzemní jímka vybavená čerpadlem.

Pro retenci sypkých materiálů slouží dávkovací zařízení se zásobníkem.

Smluvně je zajištěn přívoz všech substrátů, o kterých je vedena evidence do deníku, která obsahuje tyto údaje:

- datum přívozu substrátu
- množství přivezeného substrátu
- typ a charakter substrátu (členění dle vstupních substrátů)
- místo příjmu substrátu (jímka)
- jméno přebírajícího (obsluha BPS)
- jméno a identifikace předávajícího (jméno, firma)

Pravidla a podmínky přívozu substrátu jsou smluvně opatřena, přičemž smluvní partneři pro přívoz substrátu jsou uvedeni v deníku.

3.10.2 Digestát

Za provozu bioplynové stanice je nejvýznamnější produktem digestát, který je typovým organickým hnojivem a je využíván pro hnojení pozemků – nejedná se o odpad.

Ze zemědělského hlediska digestát nelze považovat za odpad, ale za cenné organické hnojivo, bez kterého nelze dosáhnout optimální struktury půdy ani vyhovující půdní úrodnosti. Aplikace na zemědělskou půdu je realizována dle aktuálního plánu organického hnojení, který vychází z osevního postupu.

Digestát je dobrým organickým hnojivem pouze v případě bioplynových stanic s psychrofilním provozem, zpracovávajících surový a aktivovaný kal z městských čistíren odpadních vod, kde je stupeň rozložení nízký. Současné BPS pracují v teplotní režimu mesofilním, složky substrátu jsou stabilnější. Stupeň rozložení organické hmoty je vyšší. Proto v digestátu zůstávají už jen stabilní organické frakce. Základním kvalitativním znakem organického hnojiva je snadná rozložitelnost. Současné digestáty jsou jen zředěná minerální (dusíkatá) hnojiva. [31]

Je zapotřebí při jakémkoliv vývozu digestátu vést evidenci do deníku, která obsahuje tyto informace:

- datum vývozu digestátu
- množství vyvezeného digestátu

- jméno předávajícího (obsluha BPS)
- jméno a identifikace odebírajícího (jméno, firma)

Pravidla a podmínky vývozu digestátu jsou smluvně opatřena, přičemž smluvní partneři pro odvoz digestátu jsou uvedeni v deníku vývozu digestátu.

V případě havárie je smluvně zajištěn vývoz a zpracování substrátů z nádrží BPS. Tento smluvní partner je rovněž uveden v deníku vývozu digestátu a v případě uskutečnění se rovněž vede evidence.

3.10.2.1 Nakládání s digestátem

Předpokládaná produkce digestátu je 13570 m³/rok. Investor se zabývá zemědělskou prvovýrobou a digestát je využíván na hnojení a přihnojování pozemků dle platných norem pro aplikaci dusíkatých hnojiv. Obsah dusíku v digestátu se stanoví rozbořem vzorků, na jejichž základě se stanoví dávka hnojení na 1 ha půdy.

3.10.3 Odpadní vody

a) technologické vody.

Vlastní technologie bioplynové stanice neprodukuje odpadní vody.

b) srážkové vody.

Srážkové vody nelze zahrnovat mezi vody odpadní. Manipulace se srážkovými vodami ze střech je svedena do drenáží. Srážkové vody z manipulačních ploch v místech nakládání s materiálem pro fermentaci je svedena do příjmové jímky a použita v technologii BPS.

3.11 Zásady manipulace s odpady

Pro nakládání s odpady platí zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., v platném znění, klasifikace odpadů je prováděna dle vyhlášky č.381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu atd.

Pro provoz bioplynové stanice jsou produkovány obvyklé odpady pro tato zařízení. Tyto odpady jsou předávány jiným odborným subjektům k využití nebo odstranění (oprávněná odborná firma). Pro nakládání

s nebezpečnými odpady si provozovatel musí opatřit souhlas dle zákona č. 185/2001 Sb., v plném znění.

3.12 Popis informačního a řídicího systému

Instalovaný řídicí systém BPS má spolu s měřicí technikou na BPS tyto základní funkce:

- automatizace manuálních úkonů obsluhy, kde není nutná trvalá přítomnost.
- ovládání technologického zařízení BPS dle získaných údajů a optimalizace chodu BPS.
- sledování údajů z procesu.
- zabezpečení nepřerušovaného chodu BPS i při nenadálých a havarijních situacích.
- bilanční vyhodnocování vybraných údajů.
- v době nepřítomnosti obsluhy na příslušném pracovišti signalizace poruchových stavů do provozu BPS.
- instalovaná čidla měření provádějí snímání fyzikálních veličin, jejich převod na elektrické signály a po zpracování v řídicím systému jsou ovládána příslušná zařízení a stroje zajišťující průběh procesu.
- signalizace narušení areálu BPS neoprávněnou osobou.

Řídicí algoritmy jsou koncipovány tak, aby bylo možno technologii BPS provozovat zcela automaticky s občasnou kontrolou u všech řízených zařízení, vyjma těch částí technologie, kde je nezbytný dohled nad činnostmi nebo je nelze zcela efektivně automatizovat.

3.13 Přívod el. energie a rozvod el. energie v objektech BPS

Poblíž kogeneračních jednotek je umístěna trafostanice 400 kVA. Do této trafostanice je provedeno vyvedení výkonu KGJ a dále přes fakturační měření je vyrobená elektrická energie dodávána do sítě.

3.14 Inventář pro provoz BPS

Provozovatel má k zajištění provozu a údržby BPS vhodné strojní, přístrojové a materiální vybavení. Pro zajištění provozu a údržby plynového hospodářství bioplynové stanice je určeno následující základní vybavení:

- U-manometr pro přesné měření tlaku
- přenosný detektor pro detekci metanu ve vzduchu a výbušné atmosféře
- pěnотvorný prostředek pro detekci netěsností
- nemrznoucí směs pro doplnění hydraulických pojistek
- základní montážní nářadí

Přístrojové vybavení na BPS umožňuje kontrolu správného chodu jednotlivých zařízení a identifikaci možné závady.

Nutnost vybavení pracovními oděvy, obuví a ochrannými pomůckami (např. bezpečnostní pásy a svítidla, detektor plynu, bezpečnostní lana, ochranné masky, dýchací přístroj, apod.), které chrání pracovníky před riziky a nesmí ohrožovat jejich zdraví. Taktéž je na bioplynové stanici k dispozici dostatečné množství desinfekčních a deratizačních prostředků.

V místnosti pro obsluhu je dobře vybavená lékárnička s desinfekčními prostředky, obvazy, vhodnými léky a věcmi pro poskytnutí první pomoci.

4 Rozvod tepla z CZT

4.1 Popis projektu

Cílem projektu je snížení imisí zátěže obyvatel v obci Mileč novou výstavbou systému centrálního zásobování tepla (CZT) – vybudováním rozvodů tepla ze stávající bioplynové stanice (BPS) do části zástavby obce, které nahradí převážně neekologické lokální spalovací zdroje tepla v připojovaných budovách.

Jednoznačným pozitivem tohoto systému vytápění je kvalita ovzduší. V období inverze je totiž obec často zahalena do oblaku smogu, způsobeném spalováním především nekvalitního hnědého uhlí a patrně také části komunálního odpadu. Napojením na teplovod ubude 26 topenišť. [32]

Stavba se bude nacházet v intravilánu obce Mileč, v katastrálním území Mileč, ORP Nepomuk, Plzeňský kraj. Jedná se o menší obec s převážnou zástavbou rodinných domů a se základní občanskou vybaveností. Jednotlivé budovy jsou vytápěny lokálními zdroji tepla. Pevná paliva s malou účinností, které jsou předimenzované. Izolace rozvodů neodpovídá požadavkům vyhlášky 193/2007 Sb., ztráty spalováním jsou značné a využití energie v palivu malá. Regulace otopných soustav v objektech s výjimkou bytového domu není instalována. V zemědělském areálu na okraji obce je centrální kogenerační zdroj tepla spalující bioplyn (CZT). Výkon zdroje CZT je 558 kWt a není plně využit. Teplo vyrobené v kogenerační jednotce se v současnosti částečně maří.

V rámci projektu budou vybudovány teplovodní rozvody 90/70 °C z předizolovaného potrubí uloženého do výkopu bezkanálových způsobem zajišťující zásobování teplem v části zástavby obce. Rozvod tepla bude dvoutrubkový. U odběratelů tepla budou umístěny domovní stanice s měřením tepla. Teplovodní přípojky k jednotlivým budovám budou zakončeny v místě stávajících zdrojů tepla, které budou zrušeny, popř. ponechány jako záložní pro případy havárií a poruch dodávek tepla. Ve stávající provozní budově BPS bude vybudována strojovna vytápění. Bude zde instalován výměník tepla, expanzní zařízení na úpravu a doplňování vody, čerpadla a armatury. Celkem bude vybudováno 1200 m rozvodů CTZ a 26 přípojek k objektům o celkové délce cca 950 m a celkového výkonu 416,5 kW. Realizaci těchto opatření dojde

k ročnímu snížení emisí Eps o 3,12 tuny a roční úspoře energie na vytápění a ohřev TUV ve výši k 1 100,5 GJ. Využití tepla z bioplynové stanice v obci přispěje k vyššímu využívání obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a ohřev teplé vody. Zároveň se zvýší i činnost stávající BPS, kde se v kogenerační jednotce vyrobené teplo v současnosti částečně maří.

4.1.1 Provozní náklady a příjmy projektu [33]

4.1.1.1 Provozní náklady

Tabulka 1 - Přehled provozních nákladů projektu

PROVOZNÍ NÁKLADY	Jednotka	Částka
Fixní náklady		
Běžné opravy a údržba	tis. Kč/rok	53,500
Osobní náklady	tis. Kč/rok	25,000
Celkem fixní náklady	tis. Kč/rok	78,500
Variabilní náklady		
Objem spotřebované elektrické nebo tepelné energie dodané zvenčí	GJ	2 386,930
Spotřebovaná elektrická nebo tepelná energie dodaná zvenčí	Kč/GJ/rok	120,000
Celkem variabilní náklady	tis. Kč/rok	286,432
CELKEM PROVOZNÍ NÁKLADY	tis. Kč/rok	364,932

Fixní náklady:

- V částce položky Běžné opravy a údržba jsou zahrnuty náklady pro provádění periodických revizí a odborných prohlídek rozvodů a dále cejchování a výměna měření a regulace v rozsahu dle platné legislativy. Cena je kalkulována na 26 vybudovaných přípojek k objektům a náklady na výměnu MaR jsou rovnoměrně rozloženy do jednotlivých let.
- Položka Osobní náklady zahrnuje náklady na pracovníka zajišťujícího provoz rozvodů CZT. Předpokládá se objem práce v rozsahu řádově několik hodin měsíčně.

Variabilní náklady:

- Veškeré distribuované teplo bude nakupováno z bioplynové stanice. V ceně za nakoupený GJ tepla je započtena spotřebovávaná elektrická energie ve strojovně BPS, technologická voda a osobní náklady obsluhy strojního zařízení pro rozvody tepla.

4.1.1.2 Příjmy

Pro všechny odběratele tepla je stanovena jedna kategorie odběru, tedy jednotná cena za dodávku tepla. V částce na 1 GJ dodaného tepla jsou zohledněny veškeré výdaje vlastníka i provozovatele rozvodů CZT, včetně předpokládaného přiměřeného zisku provozovatele.

Tabulka 2 - Kalkulace ceny tepla pro konečné odběratele

KALKULACE	CENY	PRO	KONEČNÉ	Jednotka	Částka
ODBĚRATELE					
Provozní náklady vztažené na 1 GJ dodávaného tepla				Kč/GJ/rok	179,868
Přiměřený zisk provozovatele CTZ vztažený na 1 GJ dod. tepla				Kč/GJ/rok	20,000
Nájem distribuční soustavy vztažený na 1 GJ dodávaného tepla				Kč/GJ/rok	60,000
Úroky z úvěru vztažené na 1 GJ dodávaného tepla				Kč/GJ/rok	70,000
Výsledná cena pro odběratele bez DPH (po zaokrouhlení)				Kč/GJ/rok	330,000
Výsledná cena pro odběratele s DPH 14 % (po zaokrouhlení)				Kč/GJ/rok	376,000

Tabulka 3- Celkové příjmy

PŘÍJMY	Jednotka	Částka
Roční výroba (resp. dodávka) tepla	GJ	2 028,890
Tarif za prodej tepla (cena bez DPH)	Kč/GJ/rok	330,000
CELKEM PŘÍJMY	Tis. Kč/rok	669,534

4.2 Hodnocení efektivity (návratnosti) a udržitelnosti projektu

Projekt je finančně návratný a udržitelný, neboť na konci ekonomické životnosti vybudovaných rozvodů a investovaných zařízení vytvoří čisté příjmy ve výši více než poloviny hodnoty původní investice.

4.2.1 Financování projektu

V rámci finanční analýzy byly vypočteny následující hodnoty pro stanovení částek na financování projektu:

- Míra nedostatku financování = 73,53 %
- Příspěvek Společenství jako podíl způsobilých nákladů = 62,5 %
- Spolufinancování ze zdrojů = 5 %

Strukturu finančních zdrojů projektu ukazuje tabulka č. 4. níže:

Tabulka 4 - Sktruktura financování projektu

	Částka
Celkové náklady projektu bez DPH	14 957 501 Kč
Částka hrazená z dotace	9 898 425 Kč
Spolufinancování z prostředků obce	650 000 Kč
Půjčka od soukromého subjektu	1 500 000 Kč
Financování bankovním úvěrem	2 909 076 Kč

- Spolufinancování z prostředků obce odpovídá příspěvku majitelů připojovaných objektů na vybudování domovní stanice včetně měření tepla. Celkem bude připojeno 26 budov, částka na budovu činí 25 tis. Kč.
- Půjčka bude poskytnuta od společnosti Maňovická zemědělská a.s., bude sjednána na dobu splácení 15 let, s úrokem 1 %.
- Poskytnutí bankovního úvěru je projednáno s Českou spořitelnou. Předpokládána na úvěr se splátkami po dobu 20 let, s fixní úrokovou sazbou 3 % a konstantní splátkou jistiny.

4.3 Cena bioplynu

Cena bioplynu a tepla kogenerační jednotky zatím není stanovena, neboť v současnosti nedochází k prodeji tepla, ale jen k vlastní spotřebě v Maňovické zemědělské, a.s. Pro další výpočty byla vypočtena cena bioplynu dle nákladových položek při jeho výrobě.

Tabulka 5 - Stanovení ceny bioplynu z nákladových položek

Položka	t/rok	Kč/t	Kč/rok
kejda	6300	50	315 000
kukuřice	4350	650	2 827 500
travní senáž	6200	750	4 650 000
ost. náklady			1 500 000
celkem náklady			9 292 500

výroba	m³/rok	1 140 000
cena plynu	Kč/ m ³	8,15 Kč
výhřevnost	MJ/ m ³	33
cena energie	Kč/GJ	247,01 Kč

Tabulka 6- Průměrné vstupní ceny energií

Druh vstupní energie	průměrná cena	jednotka	Kč/GJ
elektřina	3634,37	Kč/MWh	1009,55
hnědé uhlí	3061,28	Kč/t	174,93
černé uhlí	3236,84	Kč/t	140,73
dřevo	1378,72	Kč/t	110,30
propan – butan	22633,05	Kč/t	526,35
bioplyn	247,01	Kč/GJ	247,01
cena tepla	350,00	Kč/GJ	350,00
zemní plyn	1312,00	Kč/MWh	364,44

4.4 Rozšíření využití tepla z bioplynového zdroje CZT

Kogenerační bioplynová jednotka má volný nevyužitý tepelný výkon cca 520 kW. V současnosti se z tohoto centrálního zdroje zásobuje teplem jen provozní budova a vlastní spotřeba při výrobě bioplynu. Účinnost kogenerační jednotky při odběru tepla je na úrovni 85 %. Tato účinnost vysoce převyšuje účinnost lokálních zdrojů na pevná paliva. Úspora energie je zde ve zvýšení účinnosti spalování a snížení ztrát.

Realizaci rozšíření CZT v obci znamená vybudování topných rozvodů z předizolovaného potrubního systému po veřejných pozemcích, vybudování teplovodních přípojek do jednotlivých objektů a napojení v místech stávajících zdrojů na pevná paliva, popř. lze nahradit i elektrokotle v teplovodních soustavách.

Celkové tepelné ztráty všech objektů v obci jsou v kW. Takto velká rezerva na zdroji CZT není. Napojení na teplovodní systém CZT 90/70°C je však proveditelné jen do objektů, kde je používán teplovodní systém s otopnými tělesy. V současnosti není teplovodní systém ve všech 12 objektech, zde jsou elektrické přímotopy nebo kamna na pevná paliva. Celkové tepelné ztráty těchto objektů bez teplovodního systému jsou 122,5 kW. K přímému napojení na CZT bez vnitřních úprav vytápění je proto 26 objektů s potřebným výkonem 416,5 kW (objekt v zemědělském areálu je již napojen). Tento výkon již kompletně pokryje rezerva na zdroji CZT. Je předpoklad i náhrady kotlů na propan – butan, neboť cena bioplynu je podstatně nižší než cena energie z propanu.

Lze uvažovat i o napojení dalších objektů, v nichž však je nejprve nutné změnit systém vytápění na teplovodní. Rovněž je předpoklad, že postupně dojde na zateplování objektů. Při zateplení ale dojde k snížení nároků na potřebný tepelný zdroj, tím se uvolní výkon pro napojení zbývajících objektů.

Jedná se však o teoretický potenciál úspor, se kterým lze kalkulovat v dlouhodobém výhledu za splnění mnoha okrajových podmínek.

Tabulka 7- Energetické parametry rozšíření CZT

Položka	Hodnota	Jednotka
celkové tepelné ztráty	545,0	kW
teplovodní systémy	416,5	kW
objekty bez teplovodního systému	122,5	kW
napojené objekty na CZT	6,0	kW
stávající celková spotřeba tepla	2 291,1	GJ
stávající celková spotřeba paliv	3 829,1	GJ
účinnost CZT	85,0	%
Položka	Hodnota	Jednotka
nová spotřeba z CZT	2 695,4	GJ
teoretická úspora energie snížením ztrát	1 133,7	GJ
spotřeba v objektech s teplovodním systémem	2 028,9	GJ
spotřeba paliv v objektech s teplovodním systémem	3 429,4	GJ
nová reálná spotřeba z CZT	2 386,9	GJ
reálná spotřeba energie	1 042,5	GJ
stávající náklady na paliva	803 731	Kč
stávající náklady na dopravu paliva	48 000	Kč
stávající náklady na odvoz popela	210 000	Kč
nové náklady na energie	943 399	Kč
teoretická úspora/ztráta	118 332	Kč

4.4.1 Rozvod topné vody

Venkovní rozvod topné vody ze strojovny do připojovaných budov bude proveden bezkanálovou technologií. Navržen je dvoutrubkový rozvod potrubí (ocelová médiová trubka, polyuretanová izolace, polyuretanová plášťová trubka). Potrubí budu uloženo do výkopu do hloubky 0,8 až 1,0 m pod úroveň upraveného terénu.

Páteřní trasy jsou navrženy s ohledem na stávající inženýrské sítě (vodovod, dešťová kanalizace a sdělovací kabel) převážně v pozemcích ve vlastnictví obce.

4.5 Návrh variant

V reálné skutečnosti, ve které se musí uvažovat řada drobných vlivů jako např. lidský faktor, snaha o zlevnění prováděného díla na úkor kvality, omezené finanční prostředky, částečná realizace, nemusí být výsledků teoretického potenciálu energetických úspor zcela dosaženo. Proto je na základě zkušeností předpoklad, že teoretický potenciál bude naplněn do cca 85 % uvedených hodnot. Tyto předpokládané reálné hodnoty úspor jsou uvedeny níže v tabulce č. 8.

Tabulka 8 - Reálná dosažitelná úroveň úspory energie

Skupina úspor	Stávající stav	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor nákladů
	GJ/rok	%	GJ/rok	Kč
stávající spotřeba energie	3 787,4			
zvýšení účinnosti výroby tepla		25,44	963,7	100 582
aplikace solárního ohřevu TUV		6,43	243,4	102 970
Aplikace regulace a TRV		1,80	68,0	12 361
Celkem:		33,67	1 275,1	215 913

4.5.1 Varianta 1

Tato varianta zahrnuje komplexní reálné rozšíření do obce Mileč se zvýšením využití bioplynu k výrobě tepla. V reálném stavu se předpokládá napojení jen těch objektů, které již mají teplovodní systém vytápění, a není nutné investovat do vnitřních úprav objektů.

Varianta 1 obsahuje:

- vybudování teplovodních rozvodů 90/70 °C z předizolovaného potrubního systému splňující třídy izolace dle vyhlášky 193/07 Sb., délka rozvodů minimálně 1,2 km, realizace min. 26 ks přípojek do objektů v délce cca 950 m s celkovým výkonem připojením 41605 kW, instalace fakturačních měřidel pro každé odběrné místo, přípojky budou zakončeny v místě stávajícího kotle (zdroje), tyto stávající kotle na pevná paliva, popř. elektrokotle budou zrušeny, popř. ponechány jen jako záložní pro případy havárií či poruch dodávek tepla;
- aplikace termostatických ventilů na teplovodní otopná tělesa a zajištění využití vnitřních a vnějších tepelných zisků, instalace regulačních ventilů na paty připojených objektů, tyto ventily a zároveň termostatické ventily umožní provedení hydraulického vyregulování celé mezi objektové sítě.

Trasy teplovodů se předpokládají převážně po veřejných a obecních pozemcích.

Energetická bilance varianty 1 je uvedena v následující tabulce č. 9.

Tabulka 9 - Energetická bilance varianty 1

Skupina úspor	Stávající stav	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor nákladů
	GJ/rok	%	GJ/rok	Kč
stávající spotřeba energie	3 787,4			
zvýšení účinnosti výroby tepla		27,53	1 042,5	108 811
aplikace solárního ohřevu TUV		0,00	0,0	0
Aplikace regulace a TRV		1,80	68,0	12 361
Celkem:		29,32	1 110,5	121 172

Energetická úspora je poměrně velká, ale finanční úspora je malá, neboť nové palivo a související cena tepla je podstatně vyšší, než jsou ceny stávajících pevných paliv.

V této variantě se předpokládá, že objekty bez teplovodních soustav budou dále spalovat dřevo v lokálních topidlech a využívat elektřinu v přímotopech.

Tabulka 10-Parametry centrálního zdroje CZT po napojení objektů

zdroje tepla CZT		
Název – položka	jednotka	nový stav
instalovaný elektrický výkon	MW	0
instalovaný tepelný výkon	MW _{tep}	0,52
dosažitelný elektrický výkon	MW	0
zdroje tepla CZT		
Název - položka	jednotka	nový stav
pohotový elektrický výkon	MW	0
výroba elektřiny	MWh	0
prodej elektřiny	MWh	0
vlastní spotřeba elektřiny na výrobu energie	MWh	0
spotřeba tepla v palivu na výrobu elektřiny	GJ	0
výroba dodávaného tepla	GJ	2 028,89
prodej tepla (dodávka tepla – odhad)	GJ	0,00
spotřeba tepla v palivu na výrobu tepla	GJ	2 386,93
spotřeba tepla v palivu celkem	GJ	2 386,93
roční energetická účinnost zdroje	%	85
roční energetická účinnost výroby elektrické energie	%	0
průměrná roční účinnost výroby tepla	%	85
specifická spotřeba tepla v palivu na výrobu dodávaného tepla	GJ/GJ	1,18
průměrné roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod.	1 275,07

Tabulka 11-Struktura používaných paliv v obci

položka	GJ	var. 1	jednotka
hnědé uhlí	92,8	5,3	t
černé uhlí	38,3	1,7	t
dřevo	155,0	12,4	t
PB	0,0	0,0	t
elektrina	113,6	31,6	MWH
bioplyn	2 386,9	2 386,9	GJ
spotřeba celkem:	2 786,6		GJ

4.5.2 Varianta 2

Pro porovnání jako protiváha k teplovodním rozvodům postavena varianta plynofikace obce zemním plynem. Do obce zatím zemní plyn přiveden není a je nutné vybudovat přívodní plynovod s kapacitou min. 100 m³/hod,

Varianta 2 obsahuje:

- instalace přívodního plynovodu od města Nepomuk do obce Mileč v alce cca 2 km a s kapacitou min. 100 m³/hod, rozvody zemního plynu po obci v délce cca 1,41 km, vybudování 25 ks přípojek včetně hlavních uzávěrů pro objekty, regulátorů tlaků STL/NTL a fakturačního měření na NTL straně. Hlavní uzávěry a měření budou na hranici pozemků připojených objektů. Instalace plynových kotlů jako náhrada za zrušené stávající kotle na pevná paliva, popř. zrušené elektrokotle,
- aplikace termostatických ventilů na teplovodní otopná tělesa a zajištění využití vnitřních a vnějších tepelných zisků.

Trasy plynovodů v obci budou vedeny převážně po obecních a veřejných pozemcích, přívodní plynovod do obce však může vést přes zemědělské soukromé plochy a zde je nutný souhlas vlastníků pozemků. Energetická bilance úspor energie u varianty 2 je uvedena v tabulce č. 12.

Tabulka 12-Energetická bilance úspor energie varianty 2

Skupina úspor	Stávající stav	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor v energii	Potenciál úspor nákladů
	GJ/rok	%	GJ/rok	Kč
stávající spotřeba energie	3 787,4			
zvýšení účinnosti výroby tepla		29,67	1 123,9	110 717
aplikace solárního ohřevu TUV		0,00	0,0	0
Aplikace regulace a TRV		1,80	68,0	12 361
Celkem:		31,47	1 191,9	123 078

Energetická úspora zde je mírně vyšší než u varianty 1, neboť zde nejsou ztráty v mezi objektových rozvodech, zemní plyn je ale dražší než bioplyn, proto je finanční úspora menší.

Tabulka 13-Struktura používaných paliv v obci je u varianty 2

položka	GJ	var. 1	jednotka
hnědé uhlí	92,75	5,3	t
černé uhlí	38,333	1,7	t
dřevo	155,0	12,4	t
PB	0,0	0,0	t
elektrina	113,6	31,6	MWH
bioplyn	2 305,6	2 305,6	GJ
spotřeba celkem:	2 705,3		GJ

4.5.3 Skutečná energetická bilance

V následující tabulce je stanovena skutečná dosažitelná výše energetických úspor a jsou porovnány celkové energetické bilance navržených variant a výchozího stavu.

Tabulka 14-Stav energetické bilance před realizací

PŘED REALIZACÍ		
Název	GJ/r	Náklady[Kč]
vstup paliv a energie	3 787,4	803 731
změna zásob paliv	0,0	0
spotřeba obnovitelných a druhotných energií	0,0	0
spotřeba paliv a energie	3 787,4	803 731
prodej energie cizím subjektům	0,0	0
konečná spotřeba paliv a energie	3 787,4	803 731
ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	1 406,7	255 705
spotřeba tepla na výrobu elektřiny	0,0	0
spotřeba tepla na vytápění a TUV	2 380,7	548 027
spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	0,0	0

Tabulka 15-Stav energetické bilance po realizace

PO REALIZACI				
Název	varianta 1		varianta 2	
	GJ/r	náklady	GJ/r	náklady
vstup paliv a energie	2 676,9	682 559 Kč	2 595,6	680 653 Kč
změn zásob paliv	0,0	0 Kč	0,0	0 Kč
spotřeba obnov. a druhotných energií	0,0	0 Kč	0,0	0 Kč
spotřeba paliv a energie	2 676,9	682 599 Kč	2 595,6	680 653 Kč
prodej energie cizím subjektům	0,0	0 Kč	0,0	0 Kč
konečná spotřeba paliv a energie	2 676,9	682 559 Kč	2 595,6	680 653 Kč
ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	364,2	146 893 Kč	282,8	144 987 Kč
spotřeba tepla na výrobu elektřiny	0,0	0 Kč	0,0	0 Kč
spotřeba tepla na vytápění a TUV	2 312,7	535 666 Kč	2 312,7	535 666 Kč
spotřeba en. na tech. a ostat. procesy	0,0	0 Kč	0,0	0 Kč
energetická náročnost	70,7 %		68,5 %	

4.5.4 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické zhodnocení finanční náročnosti na realizaci jednotlivých variant je uvedeno v následující tabulce č. 16. Ceny jsou kalkulovány v cenové úrovni. Přenášené výkony jsou na úrovni do 0,52 MW, tj. předpokládá se aplikace potrubí na DN 100. U teplovodních rozvodů je kalkulována cena předizolovaného dvoutrubkového systému ve výši 8 500,- Kč/m, pro plynovody pak 1 500 Kč/m. U plynových kotlů je uvažována základní průměrná cena 18 000,- Kč/ks.

Ceny jsou uvedeny bez DPH, DPH uvažována + 20%.

Tabulka 16-Ekonomické vyhodnocení

Název - položka	Náklady – Kč	
	varianta 1	varianta 2
teplovody CZT	13 300 000	0
plynovody na zemní plyn	0	6 547 200
aplikace regulace a TRV	375 300	375 300
regulační stanice plynu	0	850 000
náhrada stávajících kotlů na pevná paliva za plynové	0	583 200
projektová a legislativní příprava	195 000	120 000
celkem náklady:	13 870 300	8 475 000
z toho investice:	13 870 300	8 475 000
z toho náklady na údržbu:	0	0
spotřeba energie (GJ)	2 677	2 596
stávající náklady na energie	803 731	803 731
stávající ostatní náklady na výrobu tepla	0	0
celkové stávající náklady na výrobu tepla	803 731	803 731
nové náklady na energie	682 559	680 653
nové ostatní náklady na výrobu tepla	0	0
celkové náklady na výrobu tepla	682 559	680 653
celková úspora nákladů	121 172	123 078
prostá návratnost investic (roky)	114,5	68,9

Varianta 1 jako energeticky úspornější je investičně nejnáročnější, návratnost je zde podstatně delší než odpisová doba pro stavby (30 let). Diskont financí návratnosti ještě prodlouží. Komplexní energetická opatření nejsou návratná jen z úspor energie v střednědobém horizontu 15 let ani v odpisové době stavby. Objem financí vynakládaných za energie je v absolutním vyjádření poměrně malý, ceny energií poměrně příznivé, navíc dochází k náhradě levnějších paliv komfortním a tedy i dražším teplem z CZT, popř. z plynu a ani vyšší podíl úspor energie nezajistí dostatečný objem financí pro hrazení investic jen z úspor na energie.

4.6 Environmentální vyhodnocení variant

Provedení jednotlivých opatření bude mít vliv na životní prostředí tím, že dojde ke snížení spotřeby paliva. Centrální kogenerační jednotka CZT, ze které je teplo dodáváno, spaluje bioplyn. Pro výpočet odhadovaných environmentálních přínosů se vychází z rozložení palivové základny samostatně pro stávající stav a pro navržené varianty v tab. č. 17.

Tabulka 17-Environmentální vyhodnocení

Položka	stávající – GJ	stávající množství	var. 1 - GJ	var. 1 – množství	var. 2 - GJ	var. 2 - množství	jednotka
hnědé uhlí	2 212,3	126,4	92,8	5,3	92,75	5,3	t
černé uhlí	288,2	12,5	38,3	1,7	38,333	1,7	t
dřevo	971,8	77,7	155,0	12,4	155,0	12,4	t
elektrina	192,4	53,5	113,6	31,6	113,63	31,6	MWH
bioplyn	31,7	31,7	2 386,9	2 386,9	0,0	0,0	GJ
zemní plyn	0,0	0,0	0,0	0,0	2 305,6	67,7	tis. m ³
spot. celkem	3 787,4		2 786,6		2 705,3		GJ

Výpočet ekvivalentních emisí CO₂ byl proveden dle všeobecných emisních faktorů vyhl. 425/04 Sb., ostatní emise dle faktorů vyhl. 146/07 Sb.

Tabulka 18-Znečišťující látky

	výchozí stav	varianta č. 1	varianta č. 2	rozdíl k var. 1	rozdíl k var. 2
znečiš. látka	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
tuhé látky	1,476	0,270	0,270	1,206	1,206
SO₂	2,931	0,203	0,203	2,728	2,728
NO_x	0,726	0,218	0,214	0,509	0,512
CO	6,234	0,385	0,341	5,849	5,893
uhlovodíky	1,307	0,081	0,081	1,226	1,226
CO₂	310,182	49,719	177,805	260,464	132,377

4.7 Výběr optimální varianty

Byly posouzeny dvě varianty řešení z hlediska energetických, ekologických a ekonomických.

Varianta č. 1 zahrnuje větší energeticky úsporná opatření a řeší komplexní teplofikaci obce Mileč. Požadovat návratnost kompletních rozvodů jen s úspor energie není reálné. Dojde však k modernizaci všech lokálních zdrojů tepla, zvýšení komfortu zásobování teplem. Energeticky úsporná opatření se se doporučuje realizovat, pokud majitel získá další nenávratné prostředky na financování úsporných opatření. Pevná fosilní paliva jsou nahrazena obnovitelnými zdroji energie. Z ekologického hlediska se zmenšuje znečištění ovzduší v obci Mileč a lokalitě Nepomuk. Varianta svými parametry vyhovuje dotačnímu programu na rozšíření systémů CZT a úsporu emisí CO₂.

Varianta č. 2 je energeticky mírně horší než varianta č. 1. Rovněž dochází k modernizaci lokálních zdrojů tepla i z výšení komfortu vytápění, Nejsou ale využívány obnovitelné zdroje energie. Bez dalších podmínek je však tato varianta jen z úspor energie rovněž nenávratná. Návratnost investic je zde rovněž velmi pomalá, neboť finanční úspora není velká. Z ekologického hlediska je úspora emisí menší.

Výběr optimální varianty byl proveden na základě multikriteriálního hodnocení pro všechny navržené varianty. Přiřazení vah jednotlivým kritériím je uvedeno v následující tabulce č. 19. a dále bylo vypočteno plnění jednotlivých kritérií. Výsledek pořadí je pak stanoven dle souhrnného plnění jednotlivých kritérií.

Tabulka 19-Přirazení vah jednotlivým kritériím

Hlavní kritérium	Váha	Oblast	Váha	Pod kritérium	Váha	Výsledná váha
Technická charakter.	55%	Úspory energií a technické řešení	40%	Úspora tepla	40%	8,80%
				Úspora elektřiny	50%	11,00%
				Komplexnost tech. řešení	5%	1,10%
				Bezobslužnost provozu	5%	1,10%
				Snížení emisí skleníkových plynů	50%	16,50%
				Snížení emisí „klasických“ škodlivin	50%	16,50%
				Reálná návratnost	60%	10,80%
				Čistá současná hodnota	40%	7,20%
				Celková roční úspora nákladů	30%	13,50%
				Investiční náklady	30%	13,50%
Ekonomická charakter.	45%					
celkem	100%					100,00%

Tabulka 20-Vyhodnocení variant

ř.	ukazatel	jedm.	varianty			
			1.	2.	1.	2.
			[%]	[%]celkem	[%]	[%]celkem
1.	Úspora tepla	7,20%	74,0	5,33	79,45	5,72
2.	Úspora elektřiny	9,00%	0,0	0,00	0,00	0,00
3.	Komplexní tech. řešení	0,90%	80,0	0,72	20,00	0,18
4.	Bezobslužnost provozu	0,90%	100,00	0,90	50,00	0,45
5.	Snížení emisí skle. plynů	13,50%	84,0	11,34	42,68	5,76
6.	Snížení emisí „klasických.“ škod.	13,50%	0,0	0,00	0,00	0,00
7.	Reálná návratnost	9,60%	60,2	5,78	100,0	9,60
8.	Čistá současná hodnota	6,40%	0,0	0,00	0,00	0,00
9.	Celk. roční úspora nákl.	12,00%	47,7	5,72	48,45	5,81
10.	Investiční náklady	12,00%	60,0	7,20	100,0	12,00
11.	Rizikový fak. legislativní	9,00%	50,0	4,50	0,00	0,00
12.	Rizikový fak. míst.podm.	6,00%	20,0	1,20	0,00	0,00
13.	Součet	100,00%	x	43,69	x	39,53
14.	Konečné pořadí	x	x	1	x	2

Multikriteriální posouzení ukazuje, že mírně lepší je realizovat variantu 1., podmínkou je, že majitel zajistí potřebné finanční prostředky nutné pro variantu 1. Úroveň hodnocení obou variant je ale pod hranicí 50%.

Pokud se majitel rozhodne i přes špatné ekonomické parametry návratnosti realizovat energeticky úsporná opatření, doporučuji postupovat dle varianty č. 1. jako energeticky a ekologicky lepší.

4.7.1 Závěrečný posudek energetického auditora

Zásobování teplem je v současnosti zajištěno z lokálních zdrojů v jednotlivých objektech. Hlavním zdrojem úspor energie je především zvýšení účinnosti spalování v lokálních zdrojích a využití přebytečného tepla na kogeneračním zdroji CZT. Hlavní technicky možná energeticky úsporná opatření jsou však při současných nízkých cenách pevných paliv velmi problematicky návratná resp. nenávratná, pokud se uvažuje pouze finanční úspora energií, zvláště když jsou pevná paliva nahrazena komfortním dražším teplem z CZT. Objem financí vynakládaných za energie je poměrně malý, obec Mileč je velmi malá obec. Tato skutečnost a příznivá nízká cena stávajících paliv tepla omezuje ekonomické možnosti realizace energetických úspor, které nemohou financovat v plné míře kompletní teplofikaci celé obce. Doporučená varianta však v plné míře využívá obnovitelné zdroje energie a velmi podstatně snižuje emise do ovzduší. Zajistit financování energeticky nejúspornější variantu č. 1 by vyžadovalo hledat další ekonomické zdroje např. cíleným sdružováním důvodů a financí pro změny stavu, popř. využití dotačních programů na úsporu energie, na zlepšení životního prostředí apod.

Dále Ing. Vlastimil Brada, CSc. upozorňuje na skutečnost, že z napojovaných objektů je v majetku obce Mileč jen základní škola, ve které se předpokládá úspora primárního 101,2 GJ/rok a finanční úspora 10,56 tis. Kč. Proto je vhodné, aby si obec Mileč jako investor zajistila přes smluvní vztahy dodávek tepla finanční efekt z realizované investice.

4.8 Technická část

Tato část řeší venkovní rozvod tepla v obci. Teplo vyprodukované v bioplynové stanici (BPS) bude sloužit k vytápění a k přípravě teplé vody v některých budovách v obci.

Podkladem pro návrh byly mapové podklady, vyjádření správců inženýrských sítí o existenci sítí, České technické normy, Sběrka zákonů, předpisy výrobců použitých zařízení a požadavky investora.

4.8.1 Energetická bilance

Výkony

Tepelný výkon BPS do topné vody celkový.....	558 kW
Tepelný výkon BPS po odečtení technologické spotřeby.....	446 kW
Tepelný výkon BPS trvale použitelný do vnějšího teplovodu.....	cca 400 kW

Tepelný výkon BPS je stanoven exaktně na základě podkladů předaných dodavatelem strojní zařízení.

Příkony

Tepelný příkon při zapojení všech uvažovaných budov.....	691 kW
Tepelný příkon při zapojení budov se stávajícími tepelnými soustavami.....	483 kW
Tepelný příkon pro pokrytí ztrát ve venkovních rozvodech.....	30 kW

Tepelný příkon připojovaných budov byl stanoven odborným odhadem na základě instalovaných zdrojů tepla s korekcí na vytápěnou plochu a případně dodatečně provedené zateplení obvodových plášťů.

Rozvod tepla je navržen na cílový stav, kdy budou napojeny všechny uvedené budovy a kdy dojde ke zvýšení výkonu BPS instalací druhé kogenerační jednotky. Špičkový tepelný výkon odebíraný z BPS do vnějšího teplovodu pak bude činit cca 700 kW.

4.8.2 Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro technologické účely a pro vytápění bude kogenerační jednotka BPS, resp. chlazení jejího motoru a výměník tepla kouřových plynů. BPS je umístěna na severním okraji obce v areálu zemědělské společnosti.

V současné době je teplo z kogenerační jednotky využíváno k ohřevu biomasy ve fermentoru a dofermentoru a k vytápění provozní budovy. Rozšířením tepla pro vytápění budov v obci dojde k výraznému zlepšení ve využívání tepla z kogenerační jednotky.

V provozní budově BPS bude zřízena strojovna, ve které bude umístěna předávací stanice tepla.

Pro případ odstávky BPS zůstanou zachovány stávající zdroje tepla v připojovaných budovách (kotle na tuhá paliva, elektrokotle, kotle na propan, krbová kamna). Tyto zdroje tepla mohou být v některých případech využívány rovněž v době nejnižších venkovních teplot, pokud teplota topné vody přiváděné z rozvodu tepla nebude dostačovat pro plné vytápění budov.

4.8.3 Strojovna

V provozní budově, kde je umístěna kogenerační jednotka BPS, bude zřízena strojovna vytápění. V této strojovně bude umístěn výměník (technologická topná voda / topná voda teplovod), pojistné a expanzní zařízení, zařízení na doplňování a úpravu vody, čerpadla, armatury, měření a regulace (MaR).

4.8.4 Tepelná soustava

Tepelná soustava bude uzavřena teplovodní s nuceným oběhem topné vody. Maximální teplota topné vody výstupní (výstup z předávací stanice tepla ve strojovně v provozní budově) bude 85 °C. Přívodní teplota topné vody na vstupu do budov v cílovém stavu bude cca 80 °C.

4.8.5 Topná voda

K prvnímu naplnění tepelné soustavy bude použita voda čirá, bezbarvá, bez suspendovaných látek, oleje a chemicky agresivních příměsí. Tvrdost vody musí být menší než 5 mmol·l⁻¹. Tento požadavek splňuje voda z veřejného

vodovodu v obci (dle rozboru Kanalizací a vodovodů Starý Plzenec, a.s. ze dne 18. 5. 2011). V případě použití jiné vody je třeba provést rozbor této vody a případně vlastnosti vody upravit nebo vhodnou vodu na místo stavby dopravit.

Objem vody v soustavě bude činit cca 13,2 m³.

4.8.6 Venkovní rozvod

Rozvod topné vody ze strojovny do připojovaných budov bude proveden předizolovaným potrubím bezkanálovou technologií. Rozvod bude dvoutrubkový.

a) Potrubní systém

Předimenzované potrubí je navrženo ze systému plastového potrubí s médiovou trubkou ze síťovaného polyetylenu (PE-Xa), tepelnou izolací polyuretanové pěny (PUR) a plášťové trubky z polyetylenu (PE-LD). Potrubí bude dodáno v kotoučích. Odbočky budou prováděny tvarovkami s násuvnými objímkami, úseky mezi odbočkami budou bez spojů. Pro průměry potrubí do 63 mm je navrženo dvojité potrubí ve společném plášti, pro větší průměry bude použita dvojice samostatného potrubí.

b) Armaturní šachty

Pro možnost uzavření ucelených úseků rozvodu v případě oprav nebo napojení nových odběrů budou potrubí zřízeny armaturní šachty. Šachty budou vodotěsné plastové, v případě jejich umístění v komunikaci nebo poblíž komunikace obetonované s přejezdným stropem. Přístup do šachet bude umožněn vodotěsnými uzamykatelnými pokopy.

c) Pokládka potrubí

Před zahájením prací se provede vytýčení stávající inženýrských sítí. Zahájení výkopových prací bude v předstihu oznámeno správcům stávajících inženýrských sítí v souladu s požadavky uvedenými s jejich vyjádření. Trasa teplovodu bude v místech souběhu a křížení se stávajícími inženýrskými sítěmi upravena tak, aby byly dodrženy požadavky ČSN 73 6005 *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení* a požadavky správců sítí. Přitom musí být dodržena minimální hloubka krytí potrubí.

Výkop bude prováděn strojně, v místě křížení a souběhu teplovodu se stávajícími sítěmi ručně. V místech křížení teplovodu se kabely opatří plastovými chráničkami. Kabely a potrubí budou po dobu otevření zajištěny tak, aby nedocházelo k jejich nepřijatelnému mechanickému namáhání.

Potrubí bude uloženo do pískového lože. Provede se tlaková zkouška. Po úspěšném vykonání zkoušky budou spoje zaizolovány, potrubí bude obsypáno a zasypáno pískem, zához rýhy bude proveden tříděnou zeminou bez kamenů, do které bude vložena výstužná fólie. Všechny podkladní a zásypové vrstvy budou průběžně hutněny. Povrchové vrstvy se obnoví v původním složení (živičná vozovka nebo humusovitá zemina se zatravněním).

Stavební práce se budou provádět podle předem vypracovaného harmonogramu provádění stavby. Harmonogram bude odsouhlasen správcem komunikace, provede se úprava provozu na veřejných komunikacích.

d) Dokumentace skutečného provedení

V průběhu prací bude zhotovitel průběžně dokumentovat důležité části rozvodu (křížení s ostatními sítěmi, vstupy potrubí do budov apod.). Před zásypem potrubí se budou provádět geodetická měření potrubí včetně zaměření ostatních obnažených inženýrských sítí.

4.8.7 Domovní stanice

V připojovaných budovách bude poblíž vstupů přípojek do budovy umístěn domovní stanice. Domovní stanice budou zajišťovat chod tepelných soustav v budovách při odběru tepla z rozvodu tepla.

Domovní stanice budou navrženy jako tlakově nezávislé, tzn. budou složité k hydraulickému oddělení stávajících, případně nově zřízených tepelných soustav v budovách od venkovního rozvodu tepla. Budou obsahovat deskový výměník, měřič tepla (typ určí správce tepelného hospodářství), oběhové čerpadlo vnitřního okruhu, armatury a měření a regulaci. Rozsah vybavení určí uživatel (jeden nebo dva okruhy, řízení podle vnitřní nebo venkovní teploty, průtoková, akumulární nebo žádná příprava teplé vody apod.).

Pro udržení potřebného průtoku topné vody potrubím budou koncové bytové stanice vybaveny třicestnými regulačními ventily. Ostatní stanice budou mít standardní dvoucestné ventily.

4.8.8 Provoz

Venkovní rozvod tepla bude bezúdržbový. Provozovatel bude provádět pouze občasné kontroly funkce uzavíracích armatur v armaturních šachtách a na patách budov. Dále bude prováděna periodická výměna měřidel tepla.

5 Závěr

V práci jsem hodnotila bioplynovou stanici „Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.“, především jak zvýšit její efektivitu. Dále jsem se zabývala faktory, které ovlivňují výše zmíněnou efektivitu, technologií v BPS a rozvodem tepla do obce z CZT.

Podle mně jedním faktorem, který má vliv na efektivitu, je sám bioplyn. Protože když nebude vznikat, tak ani stanice nemůže být efektivní. V práci jsem popsala co je to bioplyn, jeho složky, jak vzniká a jak netradičně můžeme zvýšit jeho výtěžnost. [6] [7]

Dalším faktorem, který má podíl na efektivitě, je fermentace. Když nebude fermentace správně probíhat, nebude vznikat bioplyn a tím pádem nebude žádná efektivnost. Anaerobní fermentace je souborem následných i souběžných reakcí. V takovém případě limitující reakcí celého systému je reakce nejpomalejší. Tou může být hydrolýza makromolekulárních látek nebo i metanogeneze. [20]

Předúprava substrátů je také důležitá. Může probíhat dezintegrací, termicky, chemicky, biologicky, macerací nebo máčením. Každý substrát potřebuje jinou předúpravu. V práci jsem popsala jak předupravit slunečnicové stonky, senáž, ovesnou slámu a olejnatá semena. Pro BPS v Milči by byla vhodná předúprava senáže.

Ráda bych zmínila i kvalitní technologie pro zvýšení efektivity. Jsou jimi potrubí, míchadla, motor, řídicí technika a fólie. [26] Na základě poznatků, které jsem zjistila, bych BPS doporučila zkvalitnit míchadla. Záleží jen provozovateli, jestli by byl ochoten investovat do výměny míchadel.

V druhé části práce jsem popisovala veškeré vybavení v bioplynové stanici. Jelikož stanice je v provozu od dubna roku 2011, tudíž veškeré technické vybavení je v dobrém stavu.

Ve třetí části, podle mě nejdůležitější části, popisují celý návrh rozvodu tepla do obce Mileč.

Ekonomická část má nastínit cenu veškerého projektu. Navrhuje varianty, podle kterých by se měla celá výstavba ubírat.

První varianta je energeticky úspornější, ale je investičně náročnější. Trasy teplovodů se předpokládají po veřejných a obecních pozemcích oproti druhé variantě.

Druhá varianta není už tolik energeticky úsporná, ale po investiční stránce není náročná jako varianta první. Teplovody by vedly také po veřejných a obecních pozemcích, ale dle návrhu druhé varianty by teplovody zasáhly i do zemědělské půdy. Z důvody připojení teplovodů z blízkého města Nepomuk.

Na základě všech poznatků a výsledků bych doporučila BPS vybrat variantu první. Je energeticky a ekologicky lepší.

I majitel si vybral variantu první, protože od podzimu roku 2013 začal s realizací této varianty. Splnil veškeré ekonomické parametry, proto nebránilo nic v realizaci.

Technická část projektu popisuje jak postupovat při stavbě teplovodů, připojení odběrných míst a provoz celého systému.

Rozvod tepla z CZT je nejlepší způsob jak zvýšit efektivitu bioplynové stanice „Agroplyn Mileč – Maňovice s.r.o.“. Využije se teplo, které se v současné době maří, zlepší a zjednoduší se způsob vytápění domů v obci Mileč.

6 **Literatura**

- [1.] LELEK, V.: Průvodní zpráva, Mileč, Rozvod tepla. Farmtec a.s., Strakonice, 2011
- [2.] BRADA, V.: Rozšíření CZT v obci Mileč, Energetický audit 2011. SEAP Rokycany s.r.o., Rokycany, 2011.
- [3.] STRAKA, F.: Bioplyn příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. Říčany, GAS s.r.o., 2003.
- [4.] KÁRA, J., PASTOREK, Z., PŘIBYL, E.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Praha, VÚZT, v.v.i., 2007.
- [5.] STRAKA, F.: Bioplyn příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů, II. Rozšířené a doplněné vydání. Praha, 2006.
- [6.] ZÁBRANSKÁ, Jana: Intenzifikace výroby bioplynu z rostlinných materiálů. *Biom.cz* [online]. 2010-10-18 [cit. 2014-04-01]. ISSN: 1801-2655.
- [7.] LJUNGDAHL, LG.: The cellulase/hemicellulase system of the anaerobic fungus *Orpinomyces* PC-2 and aspects of its applied use. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1125, 308-321, 2008.
- [8.] MAROUŠEK, J.: Fermentor ke zpracování biomasy. Úřad průmyslového vlastnictví (AIVOTEC s.r.o.), Praha, 2012.
- [9.] ZDROJ: dokumentace od Maňovická a.s.

- [10.] KÁŇA, J., MAROUŠEK, J.: Způsob úpravy rostlinné biomasy pro bioplynové stanice a zařízení k provádění tohoto způsobu. PHARMIX, s.r.o., Kroměříž, 2013.
- [11.] POSPÍŠIL, L.: Výzkum „suché“ fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu. *Biom.cz* [online], 2011-10-24 [cit. 2013-07-30]. ISSN: 1801-2655, 2011.
- [12.] GEBAUER, P.: Současnost a budoucnost OZE v ČR, konference: „Biomasa & Bioplyn“ Praha 27-28.11.2007, b.i.d. services s.r.o., 2007
- [13.] LAVICKÝ, J.: Výtěžnost bioplynu z různých druhů substrátů. Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2008.
- [14.] MAROUŠEK, J.: Produkci bioplynu lze zvýšit dezintegrací vstupní fytohmoty. *Časopis Energie 21*, České Budějovice, 1/2011.
- [15.] MCCARTY, P.L., YOUNG, L.Y., GOSSETT, J.M., STUCKEY, D.C., HEALY, JR. J. B.: Heat treatment for increasing yields from organic materials. In Schlegel, H.G. and Barnen, J. (Ed) *Microbial Energy Conversion*. (179 - 199) Göttingen, 1976.
- [16.] GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C., et al.: Different pretreatments for increasing the anaerobic biodegradability in swine manure. *Bioresour. Technol.* doi:10.1016/j.biortech. 2008.04.020, 2008.
- [17.] MARTÍN, C., HELENE, B., KLINKE, H. B., THOMSEN, A. B.: Wet oxidation as a pretreatment method for enhancing the enzymatic convertibility of sugarcane bagasse *Enzyme and Microbial Technology* 40 426–432, 2007.

- [18.] DOHÁNYOS, M., ZÁBRANSKÁ, J., JENÍČEK, P., ŠTĚPOVÁ, J., KUTIL, V., HOREJŠ, J.: The intensification of sludge digestion by the disintegration of activated sludge and the thermal conditioning of digested sludge. *Water Sci. Technol.*, 42, 9, 57-6, 2000.
- [19.] GERHARDT, M., PELENC, V., BÄUML, M.: Application of hydrolytic enzymes in the agricultural biogas production: Results from practical applications in Germany. *Biotechnology Journal*, 2., 1481-1484, 2007.
- [20.] DOHÁNYOS, M.: Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. *Biom.cz* [online]. 2009-02-25 [cit. 2014-04-01]. ISSN: 1801-2655, 2009.
- [21.] KRATOCHVÍLOVÁ, Z., a kolektiv: Průvodce výrobou využitím bioplynu. CZ Biom – České sdružení pro biomasu, Praha, 2009.
- [22.] MAROUŠEK, J.: Pretreatment of sunflower stalks for biogas production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, Volume 15, Issue 4, pp 735-740, 2013.
- [23.] BRAUN, P., MAROUŠEK, J.: Improvements in biogas production from haylage. *Scholarly Journal of Agricultural Science* Vol. 3(12), pp. 561-656, December, 2013.
- [24.] MAROUŠEK, J.: Prospects in straw disintegration for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 20, Issue 10, pp. 7268-7274, October 2013.

- [25.] MAROUŠEK, J., ITOH, S., HIGA, O., KONDO, Y., UENO, M., SUWA, R., TOMINAGA, J., KAWAMITSU, Y.: Enzymatic hydrolysis enhanced by pressure shockwaves opening new possibilities in *Jantrophia Curcas* L. processing. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 88, Issue 9, pp. 1650-1653, September 2013.
- [26.] HRŮZA, R., STOBER, K.: Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2009-04-01 [cit. 2013/07/30]. ISSN: 1801-2655.
- [27.] SEVEN: Energetická efektivnost bioplynových stanice, Možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha, 2011.
- [28.] PLATNÉ: <http://www.bpsprojekt.cz/cs/obsah/bioplynove-stanice>
- [29.] PLATNÉ: <http://www.weltec-biopower.cz/bioplynove-stanice/technika/michaci-technika>
- [30.] TLUKA, P., ŠAFAŘÍK, M., HABART, J.: Expertní systém pro bioplyn: Legislativa založení a provozu bioplynových stanice. *Biom.cz* [online]. 2008-06-10 [cit. 2013-08-12]. ISSN: 1801-2655.
- [31.] KUŽEL, S., KOLÁŘ, L., PETERKA, J., BATT, J., PEZLAROVÁ, J., MOUDRÝ ml., J., ŠLACHTA, M., MAROUŠEK, J., FILIŠTEIN, V., NOVÁK, J.: Způsob bezodpadového zpracování biodegradabilní části organických odpadů a zařízení k provádění tohoto způsobu. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012.
- [32.] KOSINA, L.: Využití odpadního tepla z bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2013-08-05 [cit. 2014-04-01], ISSN: 1801-2655.

- [33.] LEHMANOVÁ, A.: Finanční analýza – energetický model zelená louka. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2011.

7 Přílohy