

T A
Č R

Program **Alfa**

**Metodika pro připojení a regulaci malé upgradingové jednotky
ke standardní bioplynové stanici, včetně parametrů
vyrobeného paliva**

11/2015

Identifikační list

Název projektu: TA03020421 Technologická jednotka pro omezenou lokální výrobu biometanu nahrazujícího fosilní paliva především v dopravě a zemědělství (Technologická agentura ČR – program Alfa)

Výstup: Metodika pro připojení a regulaci malé upgradingové jednotky ke standardní bioplynové stanici, včetně parametrů vyrobeného paliva

Místo realizace: Praha

Zpracovatelé: Ing. Jan Matějka
Ing. Jan Štambaský, Ph.D
Ing. Zdeněk Prokopec
Doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc.

ECO trend s.r.o.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

1. Úvod

Metodika integrace technologie, vyvinuté v rámci projektu "TA03020421 Technologická jednotka pro omezenou lokální výrobu biometanu nahrazujícího fosilní paliva především v dopravě a zemědělství", do provozu bioplynových stanic shrnuje technické a legislativní požadavky pro bezpečnou a funkční implementaci technologie čištění bioplynu na kvalitu technicky čistého (bio)metanu (95+%) do provozů stávajících bioplynových stanic.

Technologie čištění bioplynu na kvalitu technicky čistého biometanu představuje vhodnou možnost výroby plynného biopaliva pro lokální využití. Navržená technologie obsahuje všechny potřebné technické části, tak aby bylo možné biometan bezpečně vyrobit, a plnit do motorových vozidel. Tato metodika také popisuje různé možnosti integrace navržené technologie do nejčastějších konfigurací technologie bioplynových stanic.

Základem technologie čištění bioplynu je membránový separační modul, kde dochází k separaci oxidu uhličitého a metanu. Technicky čistý metan (vzhledem k tomu, že se jedná o biopalivo, je běžně označován jako biometan) je odváděn do plnicí stanice, nebo případně ke skladování. Kompletní technologie je pak doplněna o sadu kompresorů, potřebné armatury a systém měření a regulace.

2. Popis technologie

Zařízení na čištění surového bioplynu je složeno z několika částí. První částí je šroubový středotlaký kompresor, který slouží k navýšení tlaku surového bioplynu na tlakovou hladinu 6 až 8 bar. Stlačený bioplyn je z kompresoru veden do tlakového zásobníku **TZ1**, jehož objem je dimenzován podle celkové kapacity zařízení. Tento tlakový zásobník slouží k vyrovnávání tlakových rázů kompresoru.

Kompresor udržuje tlakovou hladinu na základě tlakového spínače. Při poklesu pod stanovenou úroveň 6 bar se kompresor automaticky zapne a doplní do zásobníku plyn až do maximálního tlaku 8 bar. Tlakový zásobník **TZ1** je současně vybaven odkalovacím ventilem **V1**, který slouží k vypouštění případného kondenzátu. Z tlakového zásobníku **TZ1** je bioplyn veden do separačních modulů **SM**, které mohou být z principu jeden či více v paralelním zapojení, podle požadavků na kapacitu celého zařízení.

Separovaný biometan prochází separačními moduly s minimální tlakovou ztrátou přímo do druhého vyrovnávacího tlakového zásobníku **TZ2**. Tlakový zásobník **TZ2** je tak provozován na shodné tlakové hladině 6 až 8 bar a slouží jako vyrovnávací zásobník pro vysokotlaký kompresor. Druhým výstupem separačních modulů je proud separovaného plynu, který obsahuje zejména odseparovaný oxid uhličitý a metan (podle nastavených parametrů procesu cca 70 % CO₂ a 30 % CH₄), v jednotkách procent také vodní páru, sulfan, kyslík a další minoritní složky. Tento proud stále ještě bohatý na metan opouští separační moduly s tlakem mírně vyšším, než je tlak bioplynu v potrubí, ze kterého je odebírán a je odváděn zpět do plynové trasy bioplynové stanice.

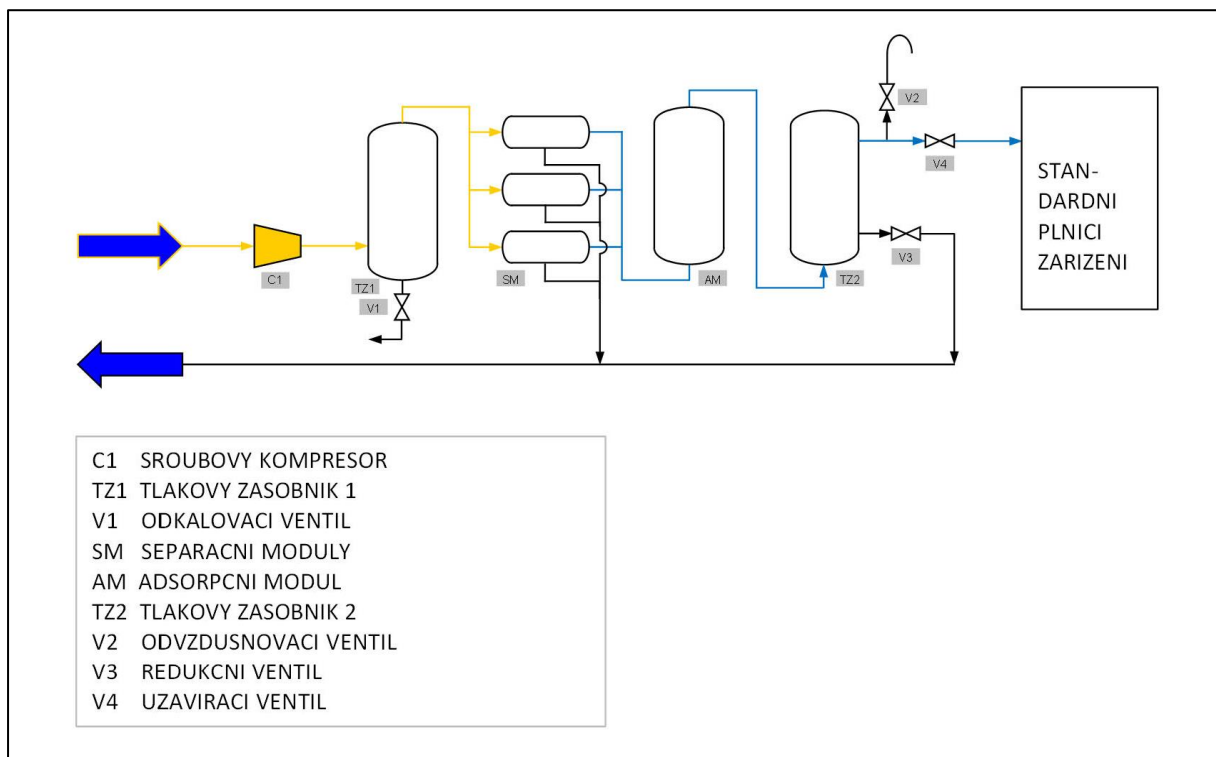
Díky nízkému tlaku separovaného plynu není nutná redukce tlakového spádu. Separovaný plyn je tedy dále zužitkován, zpravidla spálením na kogeneračních jednotkách, opět díky poměru objemu čištěného bioplynu k celkové produkci bioplynu je vliv na změnu složení plynu vstupujícího do kogeneračních jednotek minimální. Poslední částí technologie na čištění bioplynu je vysokotlaký kompresor pro plnění vozidel plynem při tlaku 200 bar.

Plnicí zařízení může být kombinováno s vysokotlakým zásobníkem plynu, v případě jeho zapojení je plyn stlačován až do tlaku 200 bar a vydáván přepouštěním do nádrží vozidel o maximálním tlaku 200 bar. Část technologie stlačující vyčištěný plyn pro použití do vozidel je shodná s technologiemi CNG (stlačeného zemního plynu) a jde o standardní výrobky.

S ohledem na konstrukci bioplynových stanic, je v některých případech možné předpokládat zvýšený obsah vody v produkovaném biometanu v porovnání se zemním plynem. V takovém případě je zařízení pro čištění surového bioplynu doplněno adsorpčním modulem **AM**, který je řazen mezi separační moduly **SM** a tlakový zásobník **TZ2**. Adsorpční modul je tlaková nádrž, naplněná adsorbentem snižujícím vlhkost např. molekulová síta ve formě granulátu. Tlaková nádoba s granulátem je vždy dimenzována tak, aby bylo možné měnit náplň ve shodných intervalech s pravidelnou údržbou zařízení.

Celkový popis technologie čištění bioplynu je znázorněn na schématu č. 1.

Schéma č. 1: Technologické schéma jednotky na čištění bioplynu



3. Zapojení zařízení BM Mini do bioplynové stanice

Technologie zařízení na čištění bioplynu se zapojuje do plynové trasy bioplynové stanice v místě před kogenerační jednotkou. Separovaný plyn se přivádí zpět do plynové trasy bioplynové stanice nejméně 1 m od místa připojení odběrného místa, a to ve směru proudění surového bioplynu. Surový bioplyn by měl být v maximální míře zbaven vodní vlhkosti a sirných nečistot.

Instalace zařízení na úpravu bioplynu je ideální provádět v podmínkách bioplynové stanice, která již disponuje zařízením na snížení obsahu sulfanu a vlhkosti pro zvýšení životnosti motorů kogeneračních jednotek. Tím klesají požadavky na investiční nároky spojené s plněním výše uvedené min. specifikace kvality bioplynu.

Požadavky na surový bioplyn:

Maximální obsah vody: max. relativní vlhkost 100 % při 10 °C

Maximální obsah sulfanu: 100 ppm

Tlak: 0 - 500 mbar

Připojovací potrubí: DN 50

Technologie zařízení na čištění bioplynu je možné připojit i do jiných míst plynové trasy bioplynové stanice při splnění výše uvedených podmínek.

Optimální bod zapojení technologie na čištění bioplynu do technologie bioplynové stanice je znázorněn na schématu č. 2.

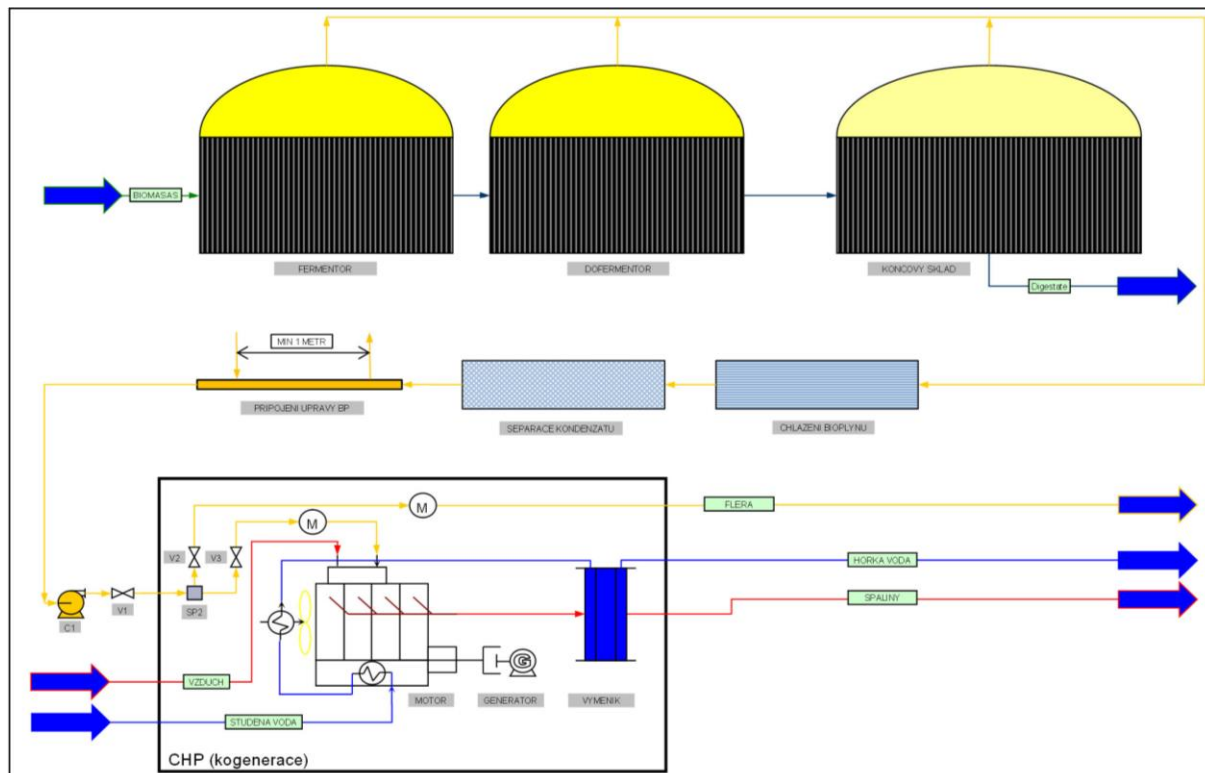
Pokud je místo spalovacího motoru kogenerační jednotky použit jiný odběrný spotřebič, který pracuje s výrazně vyšším vstupním tlakem, který je shodný s výstupním tlakem šroubového kompresoru (např. mikroturbína), je možné uvažovat i o eliminaci potřeby prvního kompresoru.

Dle platných technických předpisů (TGG 983 02), jsou bioplynové stanice vybaveny zařízením na redukci obsahu síry a vlhkosti. Tím je zajištěna možnost bezproblémové integrace zařízení na čištění bioplynu do technologie bioplynové stanice. V případě požadavku investora je však možné instalovat zařízení pro čištění bioplynu do kterékoliv části plynové trasy bioplynové stanice, avšak za podmínky instalace potřebných volitelných modulů do zařízení pro čištění bioplynu.

Požadavky jednoduché integrace zařízení na čištění bioplynu do technologie bioplynové stanice odpovídá i navržené řešení zpracování separovaného plynu, který je vrácen do hlavního toku bioplynu přiváděného ke kogeneračním jednotkám (spotřebičům) bez potřeby následného zpracování či likvidace.

Zařízení na úpravu bioplynu je z ekonomického hlediska také vhodné tam, kde je existuje přebytek produkce bioplynu či je možné tento přebytek vytvořit bez následné možnosti navýšené výroby elektrické energie.

Schéma č. 2: znázornění zapojení technologie čištění bioplynu do technologie bioplynové stanice



4. Uvádění do provozu

Před uvedením do provozu je nutné naplnit tlakové zásobníky **TZ1** a **TZ2** a separační moduly **SM** inertním plynem. Plnění se provádí z tlakové láhve obsahující dusík. Po naplnění tlakových zásobníků a separačních modulů na tlak 6 bar se směs dusíku a vzduchu vypustí odvodušňovacím kohoutem **V2**. Tento postup se následně opakuje 3 krát. Po skončení odvodušňování se provede zajištění kohoutu **V2** v uzavřené poloze, což současně aktivuje technologii zařízení a umožní spuštění středotlakého a vysokotlakého kompresoru.

Druhým krokem (pokud nebude využit automatický režim) je spuštění středotlakého kompresoru. Ve fázi spuštění je otevřen redukční kohout **V3**, který umožňuje průchod směsi biometanu a inertního plynu (dusíku) do odvodního potrubí separovaných plynů, kterým je odváděna zpět do plynové trasy bioplynové stanice. Současně sledujeme vývoj koncentrace biometanu ve druhém tlakovém zásobníku **TZ2**, pomocí připojeného měřícího zařízení. Jakmile koncentrace biometanu dosáhne úrovně 95 %, uzavře obsluha redukční kohout **V3** a zapne vysokotlaký kompresor. Zařízení je tak připraveno k provozu.

5. Provozování zařízení

Zařízení pracuje v poloautomatickém režimu, který je řízen tlakovými snímači a programovou logikou vysokotlakého kompresoru. Při provozu zařízení je potřeba provádět následující servisní úkony proškolením servisním technikem:

- 1) kontrola a případné vypouštění kondenzátu z tlakového zásobníku TZ1 (jednou denně)
- 2) namátková kontrola kvality biometanu pomocí instalovaného měřicího zařízení při servisních prohlídkách)
- 3) kontrola stavu oleje v kompresorech (jednou za týden)
- 4) výměna náplní nádob pro sušení plynu či odstranění sulfanu
- 5) celková pohledová kontrola těsnosti

6. Odstávka zařízení

Pro servisní úkony na kompresorech a potrubních trasách je potřeba provést odstávku zařízení. Odstávka je současně doporučena při dlouhodobém nevyužívání vyrobeného biometanu. Odstávka se nařizena vždy, pokud není zajištěn odběr biometanu do doby 30 dní.

Postup odstávky zařízení BM Mini:

- 1) vypnout vysokotlaký kompresor
- 2) vypnout středotlaký kompresor a uzavřít přívod surového bioplynu
- 3) otevřít redukční kohout **V3**, provést prázdnění tlakových zásobníků **TZ1**, **TZ2** a separačních modulů **SM** až do vyrovnání tlaků na redukčním kohoutu **V3**
- 4) uzavření redukčního kohoutu **V3**
- 5) naplnění tlakových zásobníků **TZ1**, **TZ2** a separačních modulů **SM** tlakovým dusíkem na tlak 6 bar, s následným vyprázdněním pomocí redukčního kohoutu **V3**
- 6) bod č. 5 opakovat 3-krát
- 7) uzavřít potrubí odvodu separovaných plynů zpět do plynové trasy bioplynové stanice
- 8) zařízení BM Mini je připraveno k bezpečnému servisnímu zásahu, nebo dlouhodobé odstávce

7. Metodika používání vyčištěného paliva jako paliva pro pohon vozidel

7.1 Parametry plynu a soulad s normou

V České republice stanovuje požadavky na kvalitu biometanu k použití pro pohon vozidel norma ČSN 656514. Tato norma je aplikovatelná pro prodejce biometanu, v našem konceptu se s prodejem plynu třetím osobám ze zařízení na úpravu a plnění bioplynu neuvažuje, a proto drobné odchylky od této normy nemají vliv na možnost využití paliva. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny jednotlivé parametry plynu dle normy a jejich srovnání se skutečnou dosahovanou hodnotou v zařízení na úpravu bioplynu.

Tabulka 1. Požadavky na kvalitu biomethanu využitelného pro zážehové motory (dle ČSN 65 6514)

Parametr	Požadovaná hodnota – biometan (ČSN 65 6514)	Reálná hodnota – biometan	Pozn.
Obsah CH ₄	min. 95,0 % mol.	min. 95,0 % mol.	bezpečnostní rezerva v počtu membrán
Obsah H ₂ S	max. 10 mg.m ⁻³	10 mg. m ⁻³	nutno odstranit na vstupu membrán adsorbenty, pokud není plyn předupraven
Obsah CO ₂ + N ₂ + O ₂	max. 5 %	max. 5 %	max. 5 %
- Obsah CO ₂	(max. 2,5 %)	max. 3 %	max. 3 %
- Obsah N ₂		max. 1 %	max. 1 %
- Obsah O ₂		max. 2 %	max. 2 %
Obsah H ₂ O	max. 32 mg.m ⁻³	max. 32 mg. m ⁻³	nutno sušit na výstupu membrán, pokud není plyn předupraven

Z hlediska rozsahu použití (lokální spotřeba, omezené množství) a důrazu na investiční nenáročnost je proces nastaven tak, aby bezpečně plnil uvedené parametry normy, monitorování kvality plynu je prováděno pouze při servisních intervalech zařízení (každých 1000 h provozu, cca 2 a více měsíců dle vytíženosti), tento interval je dostačující. Počty membránových modulů jsou stanoveny tak, aby i při nefunkčnosti jednoho modulu byla stále plněna uvedená norma. Stejně tak je postupováno s nastavením objemu pro adsorbenty odstraňující vlhkost z plynu a síru, tento objem je dvojnásobný pro zajištění bezpečné rezervy pro dosahování kvalitativních parametrů plynu jako paliva.

Absence odorizace plynu je nahrazena jiným bezpečnostním prvkem s dvojitým jištěním - řízenou ventilací ředící objem plynu pod výbušnou mez (malý objem plynu) s metanovým čidlem, při jehož signalizaci nadlimitní koncentrace v okolním prostředí dochází k okamžitému odstavení zařízení.

Z hlediska uživatelského je kritické, aby byly dodrženy hodnoty obsahu síry a vody, při překročení těchto hodnot by mohlo docházet k nežádoucí korozi palivového systému vozidla. Nedodržení hodnot ostatních složek nebude mít v krajním případě za následek poškození komponent, pouze při zvýšeném obsahu o několik jednotek % CO₂ klesne energetický objem paliva a úměrně se sníží výkon motoru a dojezd vozidla. S vyšší koncentrací CO₂ by mohlo docházet také k zamrznání CO₂ v palivových nádržích v případech velmi nízkých venkovních teplot (pod mínus 20 °C).

7.2 Podmínky čerpání do vozidel

Čerpání do vozidel musí být v souladu s bezpečnostními požadavky relevantních norem, zejména TPG 304 02 Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla (pokud kapacita zařízení přesahuje 20 m³/h a objem VT zásobníku plynu je větší než 0,96 m³ vodního objemu) a TPG 982 03 Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG (pro kapacity zařízení do 20 m³/h a velikost zásobníku do 0,96 m³ vodního objemu).

Zejména se jedná o stanovení maximální hodnoty tlaku, jakým se vozidlo plní, která pro zařízení do 20 m³ je max. 210 bar, popř. 200 bar při 15 °C při teplotní kompenzaci.

7.3 Základní charakteristiky plnicího zařízení

Plnicí zařízení (část zařízení za membránami, která se skládá z vysokotlakého kompresoru, případné úpravy plynu sušením, případného tlakového zásobníku a výdejní hadice či stojanu) musí být dle výkonu produkce biometanu v souladu s technickými podmínkami TPG 304 02 Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla (pokud kapacita zařízení přesahuje 20 m³/h a objem VT zásobníku plynu je větší než 0,96 m³ vodního objemu) a TPG 982 03 Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG (pro kapacity zařízení do 20 m³/h a velikost zásobníku do 0,96 m³ vodního objemu).

7.4 Parametry vozidel vhodných pro pohon biometanem

Zařízení na úpravu bioplynu produkuje plyn v kvalitě srovnatelné s kvalitou zemního plynu, po jeho stlačení je tedy možné plyn používat jako palivo u všech vozidel uzpůsobených provozu na CNG (stlačený zemní plyn). Tato vozidla mohou vzniknout následnou úpravou (přestavbou) vozidla na provoz CNG, popř. být již upravena výrobcem, pak se jedná o tzv. tovární provedení vozů na CNG. Z tohoto přehledu je možné uvést např. tato vozidla:

Osobní vozy: Škoda Octavia G-Tec, Škoda Citigo G-Tec, VW ecoup!, VW Golf TGI, Fiat Panda, Fiat Punto, Fiat Doblo

Dodávkové vozy: VW Caddy TGI, Fiat Doblo, Opel Combo, Fiat Ducato, Mercedes Benz Sprinter

Nákladní vozy: Iveco Daily, Iveco Eurocargo, Iveco Stralis, Mercedes Benz Econic, Volvo FM Dualfuel

Traktory: Valtra DualFuel Hitech N 103.4, N113 a N123