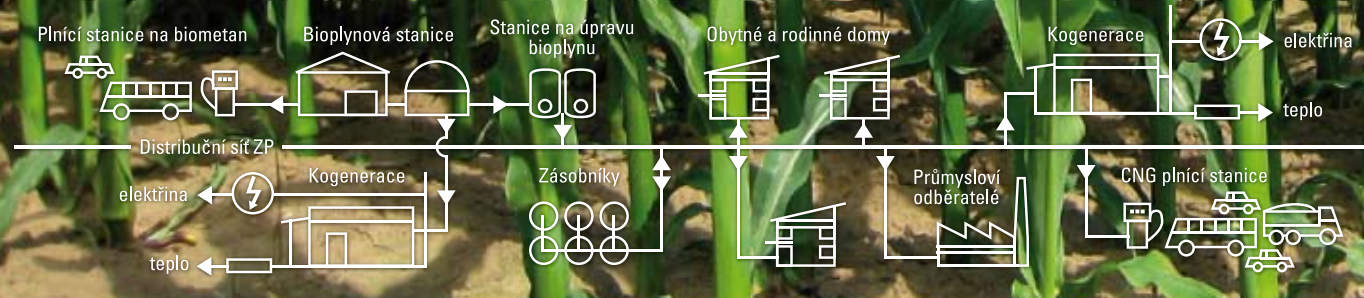


VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ



VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ

Smyslem tohoto materiálu je přiblížit technické, ekonomické a právní aspekty využití bioplynu resp. biometanu v dopravě a na několika zajímavých příkladech ze zahraničí demonstrovat, že lze tím na komunální úrovni dosáhnout energetické soběstačnosti například autobusové hromadné dopravy – přitom ekologicky šetrně a za ekonomicky přijatelných nákladů.



VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ

V současnosti se u nás bioplyn používá jako obnovitelné palivo pro výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách umístěných v blízkosti bioplynových stanic. Důvodem je primárně zavedená veřejná podpora

instalací využívajícím obnovitelné zdroje energie pro výrobu elektřiny formou garantovaných výkupních cen respektive „zelených“ bonusů majících charakter příplatku za environmentálně šetrnou výrobu el. energie.

Nevýhodou takovýchto instalací je nedostatečné využití tepla z kogenerace, zvláště v letním období. V zahraničí se proto v poslední době objevuje řada instalací s úpravou bioplynu na **biometan**, který je pak plnohodnotnou náhradou zemního plynu využitelného mj. i jako motorové palivo v dopravě. A to buď přímým zásobováním blízkoležících plnicích stanic na stlačený (zemní) plyn – **CNG** (z angl. "Compressed Natural Gas"), nebo vtlačení do distribuční sítě zemního plynu, jejímž prostřednictvím lze pak biometan dodávat (virtuálně) mnohem širšímu okruhu dalších možných zájemců.

Výhody úpravy bioplynu na biometan

Dát "zelenou" takovémuto využívání bioplynu má smysl z několika důvodů. Úpravou na biometan lze efektivně využít větší část primární energie obsažené v bioplynu, než je dnes obvyklé. Zatímco bioplynová stanice zpravidla zhodnotí **40–50 %** energie v bioplynu ve formě elektřiny příp. i tepla (mimo vlastní spotřebu), při úpravě na biometan a jeho dodávce do plynovodní sítě roste tento potenciál i na **více než 60 %**.

Jako motorové palivo je dále biometan šetrnější k životnímu prostředí, a to nejen ve srovnání s běžnou naftou či benzinem, ale i jejich obnovitelnými substituty - biodieselem a bioetanolem vyráběnými u nás z tradičních plodin. Zatímco při výrobě bioetanolu z obilí či biodieselu (resp. metylesteru řepkového oleje) z řepky olejné lze v našich podmínkách získat reálný hektarový energetický zisk mezi **20 až 50 GJ**, v případě bioplynu to může být **120 ale i víc GJ** v podobě finálního paliva, jsou-li pro jeho produkci vhodné plodiny, jako je např. kukuřice.

Často diskutovaná bilance energetických vstupů a výstupů při výrobě a užívání biopaliv je pro bioplyn jednoznačně pozitivní. V případě výroby bioplynu z kukuřice jsou energetické vstupy, jež je nutné vložit do vypěstování kukuřice, v porovnání s výnosem v podobě dále využitelné zelené hmoty asi v poměru **1:3**. Po odpočtu vlastní technologické spotřeby bioplynové stanice (v závislosti na použité technologii anaerobní fermentace představuje zpravidla 15–20 % energie obsažené ve vyráběném bioplynu) tento poměr klesá na přibližně **1:2,5** a po odpočtu vlastní spotřeby případného čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu (opět ve výši 15–20 % v závislosti na typu technologie a finální tlakové úrovni plynu při konečném využití) pak na výsledných asi **1:2**.

Zdrojem pro výrobu bioplynu resp. biometanu mohou být ale i nejrůznější organické materiály, které mají povahu odpadu. Například z jedné tuny kuchyňského bioodpadu může být vyrobeno tolik biometanu, že s ním autobus nebo svozový vůz ujede vzdálenost **200 i více kilometrů**. Chytrou koncepcí odpadového hospodářství lze tak z bioodpadů "pohánět" např. CNG autobusy městské hromadné dopravy, odpadářské vozy apod.

Technologie úpravy bioplynu na biometan

Existuje celá řada technologií umožňujících zvýšit v produkovaném bioplynu podíl energeticky hodnotného metanu, tj. oddělit z něj nežádoucí příměsi. Zejména se jedná o odstranění oxidu uhličitého tj. CO_2 (v bioplynu je zastoupen v rozmezí 25–55 %), a dále vodní páry (H_2O), sulfanu (H_2S), čpavku (NH_3), vodíku a vzduchu (tj. dusíku, kyslíku), které jsou v bioplynu obsaženy v malých množstvích. U kalového nebo skládkového plynu se pak rovněž vyskytují nežádoucí příměsi na bázi halogenovaných sloučenin nebo organických sloučenin křemíku.

Jednotlivé technologie se liší v principu separace, komplexnosti (některé odstraňují jen některé nežádoucí složky v bioplynu) a robustnosti (kapacitních schopnostech). Před vlastním oddělováním CO_2 obvykle předchází vyčištění surového bioplynu od stopových látek, především síry,

kteřá by negativně ovlivňovala další proces obohacování.

Postupy oddělování metanu a oxidu uhličitého (a příp. dalších nežádoucích složek) lze rozdělit do čtyř hlavních skupin, jež se liší principem činnosti a de facto i technologickým řešením:

- * **adsorpce – technologie PSA**
- * **absorbce – fyzikální (tlaková) vypírka**
– **chemická vypírka**
- * **membránová separace**
- * **nízkoteplotní rektifikace – kryotechnologie**

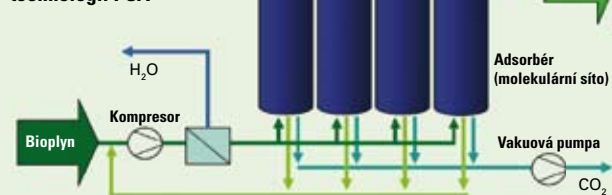
Největšího uplatnění v reálném provozu doposud doznaly s jistými modifikacemi v zásadě dvě technologie: proces **tlakové adsorpce** označovaný jako „**PSA**“ (z angl. Pressure Swing Adsorption) nebo **fyzikální či chemická absorbce** vodou či jiným roztokem (v angl. nazýván jako „scrubbing“ či „washing“); slibnou technologií z pohledu energetických i prostorových nároků je pak **membránová separace**, která má již první komerční nasazení. Za podobně perspektivní je považováno i využití **kryogenní metody** separace, její praktické uplatnění pro úpravu bioplynu je však zatím ve stádiu vývoje a ověřování. Podrobněji jsou jednotlivé technologie představeny níže.

Technologie PSA

Pro separaci oxidu uhličitého využívá tzv. Van der Waalsových sil, které vážou molekuly CO_2 na povrch vysoce porézní pevné látky (zpravidla jím je aktivní uhlí). Adsorpce probíhá za zvýšeného tlaku a desorpce – regenerace adsorbentu při sníženém tlaku (vakuu). V adsorbéru se tak opakovaně mění tlakové podmínky podle čehož se proces v podstatě nazývá. Aby produkce biometanu byla nepřerušovaná, bývá instalováno vždy několik adsorbérů, které pak pracují paralelně a pokaždé se nacházejí v jiné fázi procesu (typický počet je 4). Vyšší produkční kapacita je docilována instalací dalších sad.

Procesní schéma znázorňuje obrázek níže. Bioplyn zbavený síry se stlačuje na cca 0,4–0,7 MPa a zchladí na teplotu 10 až 20 °C, a odloučí se z kondenzovaná voda. Takto vyčištěný plyn se přivádí zesponu do adsorbéru, který obsahuje tzv. molekulární síto tvořené velmi jemně rozemletým uhlíkem v extrudované podobě. Na tomto adsorbentu se zachycuje CO_2 a zbytkový obsah H_2O a H_2S a rovněž malé množství metanu; z horní části filtru vychází metan o koncentraci **95–98 %**. Po nasycení adsorbéru se přítok vstupního bioplynu přepne na druhou sadu regenerovaných filtrů.

Procesní schéma úpravy bioplynu technologií PSA



V klasickém uspořádání procesu PSA zajišťuje střídání sad filtrů řídicí jednotka pomocí elektromagnetických ventilů (např. zařízení společnosti **CarboTech Engineering GmbH** nebo **Cirmac International BV**). Jinou alternativou je přepínání jednotlivých cyklů pomocí systému rotujících ventilů, díky čemuž je doba cyklů kratší a zařízení kompaktnější (technologie vyvinula společnost **QuestAir Technologies Inc.**, nyní součástí skupiny **XEBEC Inc.**).

Tlaková vypírka

Technologie využívá odlišné rozpustnosti nežádoucích složek bioplynu – konkrétně oxidu uhličitého, sulfanu a čpavku – oproti metanu při různé teplotě a tlaku (při tlaku 1 bar a teplotě 25 °C má CO_2 25krát větší rozpustnost než metan, H_2S téměř 80krát a NH_3 dokonce více než 20tis.

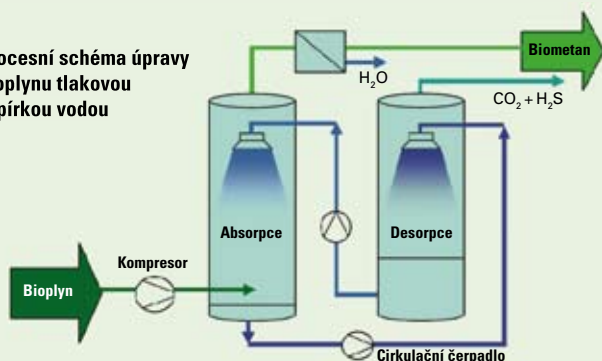
VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ



násobně). A tak zatímco je při průchodu pracovním prostředím za zvýšeného tlaku jimi "nasyčena" procesní kapalina, metan prochází a zvyšuje svůj podíl na výstupním plynu.

Nejčastěji je jako pracovní médium – rozpouštědlo využívána voda (pak je tento proces nazýván v angl. jako "water scrubbing" či v něm. „Druckwasser Wäsche“). Procesní schéma tlakové vypírky vodou ukazuje obrázek níže. Surový bioplyn je dvoustupňově stlačen s mezichlazením a při teplotě cca 15 °C a tlaku 0,3 – 0,7 MPa vstupuje do spodku absorpční kolony. Do její horní části je vstříkována voda, která v protiproudové sprše zachytí jmenované nežádoucí plyny a výsledný biometan odchází s obsahem 95–98% CH₄. (Tento proces neodstraní zbytkový obsah vzduchu, tj. N₂ a O₂.) Pro vyšší účinnost procesu je kolona uvnitř vyplněna vysoce porézním materiálem s velkou vnitřní plochou. Voda ze spodní části kolony se čerpá do expanzní nádoby a odtud po uvolnění na atmosférický tlak do desorpční kolony, kde se rozpuštěné plyny uvolní za pomoci protiproudu vzduchu a spolu s ním odcházejí do atmosféry. Regenerovaná voda je zpravidla čerpána zpět do absorberu. Plyn uvolněný v expandéru je recirkulován zpět do sání druhého stupně komprese.

Procesní schéma úpravy bioplynu tlakovou vypírku vodou



Z důvodu lepších absorpčních vlastností pak bývají namísto vody rovněž využívána **organická rozpouštědla** – nejčastěji jím je Genosorb® nebo Selexol®, což jsou obchodní značky chemického roztoku na bázi polyetylen glykolu od různých výrobců.

Chemická vypírka

Oddělování nežádoucích příměsí, přítomných v bioplynu, od metanu je možné docílit i chemickou absorpcí. Výhodou oproti fyzikální vypírce je vyšší selektivita a rozpustnost nežádoucích plynů, a to i při atmosférickém tlaku. Nejčastějším sorbentem je **monoetanolamin**, odtud označení **MEA**. Procesní schéma chemické vypírky je velmi podobné, liší se však způsobem absorpce a pracovními podmínkami. Vstupní surový bioplyn je stlačován pouze na cca 50 kPa (k překonání odporu vodní sprchy) a vychlazen na teplotu cca 10 °C. Sorbent je ředěn vodou na koncentraci cca 10–20% a na rozdíl od fyzikální vypírky váže nežádoucí plyny chemicky. Obohacený biometan odchází s koncentrací **96–99%**. Regenerace sorbentu se provádí opět v desorpční koloně po zahřátí roztoku, v její spodní třetině až na teplotu přes 100 °C. Část vody se při tom odpaří.

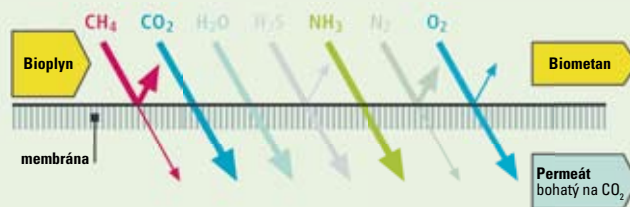
Absorpční technologii k obohacování bioplynu nabízí řada firem. Tlakovou vypírku vodou např. společnosti **Malmberg Water AB** a **Flotech Group**, na bázi organického rozpouštědla Genosorb® pak např. **Haase Energietechnik AG**. Absorpci chemickou cestou pak využívá řešení firmy **MT-Biomethan GmbH** či **Cirmac International BV**.

Membránová separace

Membránová separace využívá rozdílné průchodnosti jednotlivých složek ve směsi bioplynu tenkou membránou. Materiálem pro konstrukci membránových sít jsou nejčastěji polymery. Skrze membránu prochází snáze CO₂ (a též zbytkový obsah H₂S a vodní páry) jako tzv. permeát, zatímco většina metanu zůstává před membránou a odchází na tlakové straně jako tzv. retenát. Podíl metanu v retenátu závisí na použitém materiálu membrány, jejím stáří a také tlakové úrovni. Za optimálních podmínek proces čištění

probíhá při tlaku 0,7–0,9 MPa a docíljuje se až **97–98%** obsahu CH₄ ve výsledném plynu. Vyšší míry vyčištění (a menších ztrát metanu) umožňuje dvoustupňová separace.

Membránovou technologii nabízí např. opět firma **Cirmac International BV** či také **Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH**.



Nízkoteplotní rektifikace

Oxid uhličitý a metan mají dosti rozdílné body varu (CO₂ -78 °C; CH₄ -161 °C). Těto skutečnosti lze tak využít a kryogenní cestou, tj. ochlazením bioplynu na velmi nízkou teplotu (min. -80 °C), oddělit CO₂ a příp. další nežádoucí složky od metanu jejich zkapalněním příp. rovnou desublimací. Výhodou tohoto postupu je velmi vysoká čistota výsledného plynu (více než 99% CH₄) a také možnost dále zhodnotit zkapalněný CO₂. Při ještě nižších teplotách pak může být zkapalněn i biometan, čímž se pak může stát náhradou za LNG. Zatím však uplatnění této technologie nedoznalo v této oblasti komerčního uplatnění, zejména z důvodu vysoké kapitálové a energetické náročnosti.

Podmínky pro využití biometanu

(v ČR v porovnání se zahraničím)

V České republice si zatím bioplyn cestu do dopravy nenašel. Co všechno musí být splněno, aby se u nás podobně jako v zahraničí mohl na plnicích CNG stanicích objevit namísto (stlačeného) zemního plynu na biometan? Jaké technické, legislativní a ekonomické podmínky k tomu musí být splněny?

Požadavky na kvalitu

Prvním dobrým krokem bylo přijetí změny technických pravidel **TPG 902 02** upravujících požadavky na kvalitu plynů bohatých na metan, která jsou dodávána prostřednictvím plynárenských sítí. S platností od 1.3.2009 byly nově upraveny požadavky na biometan (viz tabulka na další straně). Definované parametry jsou nicméně jen doporučením, provozovatel příslušné distribuční sítě zemního plynu může při sjednávání připojení výroby biometanu do místní plynárenské sítě požadovat i jiné (přísnější) hodnoty.

Stěžejní parametry (jako např. obsah metanu, vody, kyslíku, síry ad.) by přitom měly být sledovány kontinuálně měřícím zařízením předepsaným distributorem.

Obdobné požadavky na kvalitu jsou pak již v českých technických předpisech definovány i pro přímé využití bioplynu resp. biometanu v motorových vozidlech (tj. bez jeho dopravy veřejnou plynárenskou sítí). Stalo se tak přijetím normy **ČSN 65 6514** (v platnosti od 1. 1. 2008), která je v zásadě českým překladem švédského standardu SS 15 54 38. Z důvodu absence infrastruktury výroby biometanu však v praxi zatím žádné z motorových vozidel u nás na "bio CNG" ještě nejedí (v minulosti však kupodivu ano).

Majetko-právní vztahy

Jistou bariérou vzniku prvních zařízení na výrobu biometanu (pro jeho dodávku do plynovodní sítě ZP) jsou však v české legislativě zatím nevyjasněné vlastnické vztahy k zařízení připojovacího místa a financování nákladů na jeho instalaci a provoz. Připojovacím místem se rozumí ta část strojního a technického vybavení, která po úpravě bioplynu monitoruje a na finální tlakové ad. parametry upravuje výsledný biometan pro možné dodání do sítě. Součástí připojovacího místa bývá **obchodní měření**

VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ



zajišťující zpravidla současně i **měření kvality** (tvorí jej pak procesní chromatograf, průtokoměr a přepočítávač), dále **odorizační jednotka**, **kompresor** pro úpravu tlakové úrovně biometanu dle požadavků místní

sítě a také **telekomunikační zařízení** pro dálkový přenos dat a možné dálkové řízení stanice. Někdy pak bývá součástí i zařízení na přidávání propanu pro zvýšení spalného tepla biometanu (v ČR však nebude, zdá se, vyžadováno). Stávající praxe v Německu například rozděluje investiční náklady připojovacího místa rovnoměrně mezi výrobce biometanu a místního distributora, a to včetně případného potrubního přívodu biometanu až do délky 10 kilometrů. Provozní náklady plně hradí provozovatel distribuční sítě. V ČR by tyto otázky měly být vyjasněny v průběhu roku 2010, kdy se očekává změna prováděcích předpisů k energetickému zákonu (458/2000 Sb.).

Požadavky na kvalitu biometanu pro možnost jeho dodávky do plynárenských sítí v ČR dle TPG 902 02

Parametr	Hodnota
Obsah metanu	min. 95,0 % mol.
Obsah vody vyjádřený jako teplota rosného bodu vody	max. -10°C při předávacím tlaku
Obsah kyslíku	max. 0,5 % mol.
Obsah oxidu uhličitého	max. 5,0 % mol.
Obsah dusíku	max. 2,0 % mol.
Obsah vodíku	max. 0,2 % mol.
Celkový obsah síry (bez odorantů)	max. 30 mg.m ⁻³
Obsah merkaptanové síry (bez odorantů)	max. 5 mg.m ⁻³
Obsah sulfanu (bez odorantů)	max. 7 mg.m ⁻³
Obsah amoniaku	nepřítomen
Halogenované sloučeniny	max. 1,5 mg(Cl+F).m ⁻³
Organické sloučeniny křemíku	max. 6 mg(Si).m ⁻³
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny

Poznámka: Způsoby a rozsah měření jednotlivých parametrů závisí na dohodě mezi provozovatelem příslušné distribuční soustavy resp. přepravní soustavy a výrobcem plynu.

Ekonomické aspekty

Poslední neznámou v českých podmínkách by pak zůstala cena biometanu, za kterou by jej bylo možné na trhu získávat, a případná veřejná podpora jeho výroby a využití v dopravě. Dle zkušeností ze zahraničí by úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu "zatížila" cenu energie ve výsledném biometanu asi 2–3 EURct/kWh výhř. plynu (méně při větší velikosti zařízení, to znamená o kapacitě 200 a více m³/hod vstupního plynu).

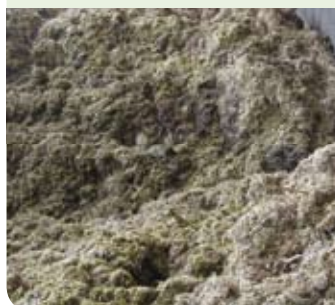
Tím by se celková cena biometanu na vstupu do plynárenské sítě nebo CNG stanice reálně pohybovala mezi 1,5 až 2 Kč/kWh, tedy sice min. 2krát více než je cena zemního plynu jako komodity (tj. bez nákladů distribuce), ale stále méně, než je současná maloobchodní cena benzínu či nafty vč. spotřební daně (při průměrné ceně 23 Kč/l bez DPH činí v přepočtu 2,3–2,4 Kč/kWh).

V zahraničí se proto prosazuje přístup podpořit formou financování části investice výrobní zařízení a tím přiblížit cenu na úroveň blízkou zemnímu plynu. Díky tomu pak bývá případná cena 100% biometanu na plnicích stanicích stejná, za jakou je nabízen běžný zemní plyn (např. v Rakousku je prodáván pod obch. značkou „methaPUR“). K této formě podpory se lze přiklonit i v našich podmínkách – alespoň v případě prvních několika instalací.

Významný vliv na cenu bioplynu resp. biometanu však má jeho současné obvyklé využití jako palivo pro (kombinovanou) výrobu elektřiny a tepla. Podpora výroby elektřiny z bioplynu jakožto obnovitelného zdroje dnes v tuzemsku provozovatelům bioplynových stanic využívajících pěstované suroviny umožňuje hrubý výnos ve výši cca 2 Kč za každou užitečně využitou kilowatthodinu plynu (výrobou a prodejem elektřiny a příp. části tepla v kogenerační jednotce). Navíc, s cílem zvýšit míru využití primární energie by v ČR mělo být od roku 2010 po vzoru Německa možné získat příspěvek za výrobu „zelené“ elektřiny v jakékoliv kogenerační jednotce na zemní plyn, pokud výrobce prokáže, že na trhu nakoupil odpovídající množství biometanu. To dále rozšíří zájem o toto perspektivní biopalivo a přispěje ke vzniku prvních instalací na výrobu a dodávku biometanu do veřejné plynárenské sítě, ať už pro jakékoliv konečné využití.

Příklady ze zahraničí

Biometan je jako motorové palivo dnes využíván v několika evropských velkoměstech – příkladem může být švédský **Stockholm**, francouzské **Lille** nebo švýcarský **Bern**. Na biometan zde jezdí desítky autobusů městské hromadné dopravy. Limitované kapacity čistírenských provozů a rostoucí počet motorových vozidel jezdících na stlačený (zemní) plyn nicméně vedou k využívání dalších vhodných surovin pro výrobu biometanu jako jsou nejrůznější biodpady či i záměrně pěstované suroviny. Takto jsou řešeny nedávno dokončené projekty na využití bioplynu v dopravě v německém **Berlíně**, španělském **Madridu** či rakouském **Margarethen am Moos**. Že nejen autobusy, ale dokonce i motorový vlak může jezdit na bioplyn pak dokazuje švédský **Linköping**. Všechny výše uvedené projekty vznikly hlavně s cílem snížit negativní vlivy autobusové hromadné dopravy ale i dalších dopravních prostředků na životní prostředí. Staly se však současně názorným příkladem, jak lze automobilovou dopravu učinit nejen ekologicky šetrnější, ale i nezávislou na konvenčních motorových palivech; přitom však trvale udržitelně a za přijatelných ekonomických nákladů. Proto si zaslouží **blížší představení** – třeba jako zajímavá inspirace pro některé z českých a moravských měst.



Partneři projektu



Intelligent Energy Europe

Publikace byla vydána společností SEVEN, o.p.s. (www.svn.cz) v rámci mezinárodního projektu MADEGASCAR, jehož cílem je různými informacemi a vzdělávacími aktivitami podpořit ve vybraných zemích Evropské unie zavádění vozidel na stlačený (zemní) plyn a bioplyn. Přípravu publikace stejně jako další aktivity uvedeného projektu spolufinancuje Evropská komise prostřednictvím programu Intelligent Energy – Europe. Výhradní zodpovědnost za obsah tohoto materiálu leží plně na jeho autorech. Informace v něm obsažené nutně nemusí odpovídat oficiálním názorům orgánů Evropské unie a Evropské komise nenese odpovědnost za jejich jakékoliv možné použití. Vybrané fotografie uveřejněny s laskavým svolením: Biogas Syd (Švédsko) a ALENSYS Alternative Energiesysteme AG (Německo). Vydáno: Praha 2009.