



Foto: A. Zver—Keter

BIO-METHANE REGIONS

Pridobivanje in čiščenje bioplina



Kmetijski inštitut
Slovenije



Promocija biometana in njegov tržni razvoj skozi lokalna in regionalna partnerstva
Projekt je pod okriljem programa Intelligent Energy-Europe

Contract Number: IEE/10/130
Deliverable Reference: Task 3.1.1
Delivery Date: May 2012



Uvod

Projekt Biomethane regions

Program Evropske komisije "Intelligent Energy Europe" je zagotovil sredstva za mednarodni projekt z imenom Bio-methane regions. V okviru tega projekta se bo znanje in izkušnje, pridobljene v prejšnjem projektu z imenom Biogas Regions, nadgradilo in uporabilo za povečanje števila bioplinskih naprav in proizvodnje bioplina/biometana po EU, še posebej pa v državah, ki so v projekt vključene kot partnerji. Te države so Avstrija, Nemčija, Danska, Švedska, Francija, Belgija, Italija, Madžarska, Hrvaška, Slovenija in Velika Britanija.

Bioplin in biometan

Bioplin postaja v zadnjem obdobju vse pomembnejši na področju izkoriščanja alternativnih virov energije v svetu in pri nas. Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju (brez prisotnosti kisika) v bioplinski napravi. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov – bakterij. Trenutno ga največ uporabljajo v kogeneratorskih enotah (sočasna proizvodnja električne in toplotne energije) na družinskih kmetijah, smetiščih, napravah za čiščenje odpadnih voda itd. Bioplin lahko proizvajamo tako rekoč iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje ogljika in dušika. Produkti, ki nastanejo z anaerobnim vrenjem so nevarni za okolico, ker vsebujejo toplogredne pline. Največji delež plinov pri anaerobnem vrenju ima metan, ki ga uporabljamo kot gorivo, pri tem pa dobimo ogljikov dioksid in vodo (s tem zapremo krog ogljikovega dioksida). Bioplin so začeli bolj masovno izkoriščati ob koncu sedemdesetih let prejšnjega stoletja (proizvajali so ga predvsem iz živalskih fekalij). Danes se za proizvodnjo bioplina uporablja razen omenjenih fekalij tudi energetske rastline (koruza, sirek, itd.), komunalne odpadke (rastlinski material iz košnje javnih površin, listje itd.), odpadke predelave v prehranski industriji in tudi odpadke iz gospodinjstev.

Čiščenje bioplina poteka po različnih postopkih, predvsem pa je pomembno, da izločimo čim več neželenih ali kvarnih primesi in čim bolj zvišamo vsebnost metana. Biometan je bioplin, očiščen do stopnje, ko lahko z njim nadomeščamo zemeljski plin. Od njega se tako razlikuje le po načinu pridobivanja, ki ga uvršča med obnovljive vire energije. Biometan se zelo dobro odreže v primerjavi z ostalimi biogorivi kot sta bioetanol in biodizel, saj za ekvivalentno energijsko vrednost goriva potrebuje mo manj kmetijskih površin za pridelavo biomase.

Kmetijski inštitut Slovenije

Kmetijski inštitut Slovenije je javni raziskovalni zavod ustanovljen leta 1898. Ustanoviteljica inštituta je vlada Republike Slovenije. Inštitut v okviru registrirane dejavnosti opravlja naslednje naloge: temeljne, uporabne in razvojne raziskave, z zakoni opredeljene strokovne naloge, svetovanje, študije in laboratorijske analize, nadzor in preverjanje kakovosti kmetijskih pridelkov in izdelkov, objavljanje spoznanj in rezultatov raziskovalnega, strokovnega in kontrolnega dela, itn.

Na inštitutu je osem oddelkov usmerjenih v različna področja kmetijstva. Eden od njih je Oddelek za kmetijsko tehniko, ki je usmerjen v alternativne energetske vire, racionalno rabo energije in okoljski odtis kmetijskih strojev ter eksploatacijsko preizkušanje kmetijskih strojev in naprav glede tehnološke in ekonomske ustreznosti. Omenjene usmeritve oddelka so pomembne, ker je v zadnjih nekaj desetletjih kmetijska pridelava v razvitem svetu postala skoraj v celoti odvisna od uporabe strojev. Sodobna kmetijska pridelava za pogon strojev ter procesno tehniko v največji meri uporablja energijo tekočih goriv fosilnega porekla. Nenehno večanje cen goriv fosilnega porekla, omejenost virov tovrstne energije, politične krize, negativni vplivi na olje itn. vplivajo na povečani interes celotne družbe za alternativnimi oziroma obnovljivimi viri energije. Kmetijstvo v zadnjih letih poleg tradicionalne vloge proizvodnje hrane in surovin za različne namene, postaja v svetu in pri nas vse bolj pomembno na področju obnovljivih virov energije oziroma zagotavljanju surovin za proizvodnjo okolju prijazne energije. Raziskave v zadnjih letih so zato intenzivno usmerjene v področje obnovljivih virov energije v kmetijstvu (poudarek je na biogorivih, bioplin in rastlinsko olje ter uporaba trdne kmetijske biomase za energetske namene).



Bioplinarna Logarovci, Marjan Kolar s.p.

Anaerobna fermentacija

Opis procesa

Bioplin nastane z anaerobno razgraditvijo organske snovi (živalske fekalije, energetske rastline, rastlin-ski material itn.). Razgraditev npr. v gnojevki opravi-jo mikroorganizmi, ki so v njej že prisotni in vanjo pridejo z živinskim blatom (anaerobna razgraditev organskih snovi temelji predvsem na biokemičnih procesih, katerih nosilci so mikroorganizmi.) Raz-graditev poteka v treh stopnjah; v prvi se lažje raz-gradljiv in prebavljiv del organske snovi ob pomoči encimov, ki jih izločajo bakterije, razgradi v manjše molekule (sladkorji, maščobe, aminokisline, baze in minerali). V drugi stopnji produkte prvostopenjske razgraditve resorbirajo bakterije in v vrsti procesov tvorijo produkte vrenja (maščobne kisline, alko-hol, ogljikov dioksid itn.). Na tretji stopnji iz produk-tov drugostopenjske razgraditve anaerobne metan-ske bakterije tvorijo metanogene snovi (pretvorba v metan in ogljikov dioksid). Hitrost razgraditve organske snovi in reprodukcija mikroorganizmov sta odvisni od temperature.

Metansko vrenje se lahko odvija v širokem razponu temperatur od 5 do 65° C. Pomembno je, da je izbrana temperatura čim bolj konstantna, ker že zelo majhne spremembe temperature vplivajo na hitrost nastajanja plina. Za vodenje metanskega vrenja obstajajo tri optimalna temperaturna območ-ja: psihofilno (15 – 20 °C), mezofilno (32 – 42 °C) in termofilno (48 – 55 °C). Z večanjem temperature se hitrost nastajanja plina podvoji za vsakih 10 do 15° C, anaerobni (zadrževalni) čas pa se skrajšuje. Istočasno narašča tudi količina plina, ki se lahko pridobi iz določene količine substrata. Termofilno anaerobno vrenje ima nekaj prednosti v primerjavi z mezofilnim. Čas trajanja procesa se skrajša, raz-gradnja substrata se poveča, bolj se uničijo patoge-ni mikroorganizmi in kakovost gnoja je boljša. Slabi lastnosti termofilnega postopka pa sta potreba po večji količini toplotne energije in nujnost ohranjanja konstantne temperature, ker so termofilne bakterije veliko bolj občutljive na oscilacije temperature v primerjavi z mezofilnimi. Zaradi nihanja temperatu-re izgube v proizvodnji plina lahko znašajo tudi do 30 %. V primeru da se temperatura zniža na 50 °C ali še nižje bo stopnja rasti termofilnih mikroorgani-zmov drastično padla in se lahko pojavi tveganje propada teh mikroorganizmov. Prednost mezofil-nega temperaturnega območja je večje dopustno nihanje temperature, do +/- 3 °C v primerjavi s ter-mofilnim temperaturnim območjem, kjer temperatu-ra lahko niha le +/- 1°C. Pri termofilnom načinu delovanja je prav tako potrebno zagotoviti bolj učin-kovito mešanje zaradi boljšega prenosa mase in toplote. Poleg tega mora biti dotok substrata v digestor enakomeren tekom dneva. Ravno zaradi naštetih slabosti se v večini primerov izvaja mezo-filno vrenje.

Substrati za bioplinske naprave

Bioplinske naprave na kmetijah običajno uporabljajo gnojevko ali gnoj kot substrat. V mnogih primerih dodajo fermentacijske dodatke, kot so odpadki pri predelavi zelenjave in hrane ali obnovljive surovine, da bi izboljšali izplen bioplina iz naprave. Dodajanje fermentacijskih dodatkov je urejeno z zakonodajo. Na reprodukcijo mikroorganizmov ima pomemben vpliv razmerje med ogljikom in dušikom v masi, ki se fermentira. Zaželeno je da znaša od 1:10 do 1:16. Če je preveč ogljikovih hidratov glede na bel-jakovine, nastane manj metana ter več vodika in ogljikovega dioksida. Največ plina z visoko vsebno-stjo metana dajejo maščobe, manj beljakovine, plin iz ogljikovih hidratov pa je zelo siromašen z meta-nom. Pri gnojevki, ki se ji sestava spreminja, raču-najo, da se pri reakcijski temperaturi 32 °C proiz-vede od 0,8 do 1,0 m³ plina na kilogram razgrajene oziroma 0,4 do 0,6 m³ plina na kilogram razpoložlji-ve suhe organske snovi. Razlika v produkciji plina je posledica nesposobnosti mikroorganizmov, da razgradijo določene organske snovi (lignin).

Čas zadrževanja substrata v digestorju je odvisen od veliko faktorjev, kot so: temperatura, stopnja mešanja, koncentracija organskih snovi v vhodnem substratu, prostorninska obremenitev digestorja itn. Za popolno razgradnjo organske mase bi bil teore-tično potreben zelo dolg čas zadrževanja substrata v digestorju. V praksi je potrebno izbrati optimalen čas zadrževanja, torej kompromis med želeno sto-pnjo razgradnje organskih snovi ter tehnično izved-ljivimi dimenzijami digestorja. Obremenitev diges-torja lahko predstavimo kot organsko obremenitev (kg vnesene organske mase na kg bakterijske mase na dan) ali kot prostorninsko obremenitev (kg vnesene organske mase na m³ digestorja na dan). Pri kontinuiranih digestorjih se koncentracija subs-trata v digestorju ne spreminja, kar pomeni da je proporcionalna prostorninski obremenitvi digestor-ja.



Mešalo znotraj bioreaktorja

Mešanje substrata v digestorju je pomem-bno zaradi enako-merne obremenitve celotne prostornine digestorja ter zaradi izenačene tempera-ture v digestorju. V primeru, da se ne opravlja intenzivno mešanje substrata v digestorju lahko pri-de do različnega odvijanja procesa v

Bioplinske naprave

Bioplinske naprave na kmetijah so skupek različnih komponent za pripravo in predelavo substrata in pripravo in uporabo bioplina in toplotne energije. Najpomembnejše komponente so opisane in predstavljene na sliki spodaj.

Jama za zbiranje gnojevke (3) - gnoj se zbira in homogenizira v jami z namenom pridobivanja substrata za bioplinsko napravo. Velikost in tehnična oprema jame (mešalnik, drobilnik, črpalke) so odvisne od vrste substrata.

Digestor (bioreaktor, fermentacijska posoda, fermentor itn.) (4) - je lahko navpične ali vodoravne izvedbe. Narejen je iz armiranega betona, jekla, plastične mase itn., njegova velikost pa je odvisna od količine substrata, ki ga je potrebno predelati, in od zahtevanega časa zadrževanja substrata v digestorju. Digestor je zaradi zagotavljanja konstantne proizvodnje bioplina ogrevan in opremljen z mešalnikom in opremo, potrebno za zbiranje bioplina.

Rezervoar za plin (plinohram) (9) – namenjen je za zbiranje plina. Služi kot rezervoar za hrambo

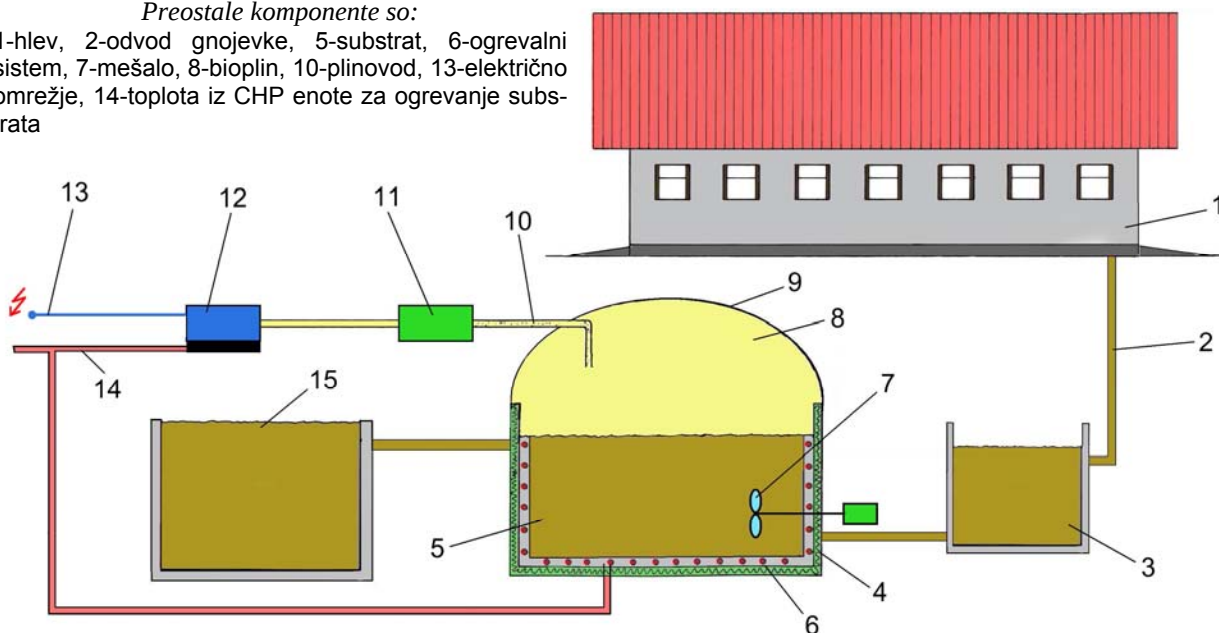
Rezervoar za naknadno fermentacijo in shranjevanje gnoja (15) – v njem so shranjeni fermentacijski ostanki, dokler jih ne raztrosijo po poljih. Skladišče fermentacijskih ostankov je lahko plinotesen post-fermentacijski rezervoar v katerem se zbira bioplin, pridobljen po glavnem fermentacijskem procesu.

Enota za čiščenje in pripravo bioplina (11) - bioplin vsebuje več neželenih primesi, ki mu znižujejo energijsko vrednost ali kvarno vplivajo na elemente kogeneracijske enote. Te primesi so predvsem ogljikov dioksid, žveplo in voda.

Kogeneracijska enota (12) - predstavlja kombinirano toplotno in električno enoto. Bioplin, ki se mu odstrani vodikov sulfid in voda, se sežiga v kogeneracijski enoti, pri tem pa nastaja toplotna in električna

Preostale komponente so:

1-hlev, 2-odvod gnojevke, 5-substrat, 6-ogrevalni sistem, 7-mešalo, 8-bioplin, 10-plinovod, 13-električno omrežje, 14-toplota iz CHP enote za ogrevanje substrata



plina do nadaljnje predelave. Zbiralnik plina je lahko sestavni del digestorja ali rezervoarja za naknadno fermentacijo ali pa je lahko ločena enota. Tam, kjer plin hranijo nad digestorjem ali rezervoarjem za naknadno fermentacijo, sta oba pokrita s plastično prevleko, pod katero se zbira plin. Plin, ki nastaja nad digestorjem, je vlažen zaradi direktnega dotika s tekočim substratom, ima pa praktično isto temperaturo kot substrat.

na energija. Bioplin zgoreva v plinskem motorju, ki poganja generator električne energije (1 m³ bioplina lahko da, v odvisnosti od izkoristka kogeneracijske enote 1,6–1,9 kWh električne energije). Približno ena tretjina energije, ki jo vsebuje bioplin se spremeni v električno energijo in okoli dve tretjini energije v toplotno energijo. Specifična poraba bioplina (s približno 60% metana) v motorjih z notranjim zgorevanjem znaša okrog 0,65 m³/kWh. Za kontinuirano delovanje motorja moči 50 kW je potrebno 32,5 m³/h (1 m³ bioplina ustreza 0,5 kg mineralnega dizelskega goriva).

Tehnologije fermentacije

Tehnološki postopek za proizvodnjo bioplina

Glede načina dovajanja vhodnega substrata v digestorje razlikujemo dva tipa tehnoloških postopkov za proizvodnjo bioplina: diskontinuirani ali šaržni postopek ter kontinuirani postopek.

Pri diskontinuiranem postopku se vhodni substrat skupaj z določeno količino prevrele mase zapre v digestor. Pri segrevanju do izbrane delovne temperature začne nastajati bioplin, ki se mu postopoma povečuje delež metana.

Anaerobno vrenje v takšnih digestorjih traja od 40 do 100 dni, oz. dokler se ne doseže določena stopnja razkroja organskih sestavin. Za diskontinuira-

-no proizvodnjo so namenjeni digestorji horizontalne ali vertikalne izvedbe narejeni iz kovine, armiranega betona ali plastike. Lahko so v nadzemni ali podzemni izvedbi.

Pri kontinuiranem postopku anaerobnega vrenja se digestor nenehno polni s svežim substratom. Istočasno se iz njega prazni določena količina predelane substrata. Predelani substrat se vodi v rezervoar, jamo ali laguno za zbiranje predelane substrata. Od tam se predelani substrat periodično prečrpava v cisterne za razvoz substrata ter nanaša na kmetijska zemljišča (stabilizirano gnojilo).

	Prednosti	Slabosti
Diskontinuirani postopek	majhni stroški	velika prostornina digestorja
	možnost uporabe substrata z višjo vsebnostjo suhe snovi (20% in več)	neizenačena količina in sestava bioplina
	manjša nevarnost prehoda na kislinско vrenje	praznjenje digestorja predstavlja kompliciran postopek
	možen razkroj vlaknastih materialov brez mehanskega dela	
Kontinuirani postopek	kratek retencijski čas substrata	visoki stroški
	količina in sestava bioplina sta konstantni	potrebno je segrevanje digestorja
	substrat se lahko transportira s pomočjo črpalk	večja poraba energije
	ni emisij smradu zaradi zaprtega sistema	potrebno je pogosto mešanje

Sestava bioplina

Sestava bioplina lahko močno variira v odvisnosti od izvora biomease. V grobem bioplin delimo na

pridobljenega iz bioplinjskih naprav na kmetijah in iz čistilnih bioplinjskih naprav.

Primesi	Bioplin iz kmetijskih bioplinjskih naprav	Bioplin iz čistilnih bioplinjskih naprav
metan	60 – 70 %	55 – 65 %
ogljikov dioksid	30 – 40 %	35 – 45 %
vodik	1 – 3 %	1 – 3 %
ogljikov monoksid	< 1 %	< 1 %
dušik	< 1 %	< 1 %
vodikov sulfid	10–2000 ppm	10 – 40 ppm

Čiščenje bioplina

Čiščenje bioplina do faze biometana je sodoben proces ločevanja plinov. Na trgu je na voljo več učinkovitih in ekonomsko uspešnih tehnologij za pridobivanje biometana, ki se ga lahko uporablja kot pogonsko gorivo ali vbrizgava neposredno v javno plinsko omrežje. Tehnologije čiščenja se veskozi izboljšuje, obenem pa se razvijajo in aplicirajo novesaj nobena ni najboljša, vsako pa se lahko optimizira za točno določene pogoje. Izbira ekonomsko najbolj učinkovite tehnologije čiščenja temelji na sestavi in količini neočiščenega bioplina, želeni čistosti biometana, končni uporabi biometana, samem procesu anaerobne digestije (psihrofilno, mezofilno ali termofilno območje), vrsti in načinu dovajanja substrata (kontinuirani in diskontinuirani postopek) in lokalnih pogojih samega okolja, kjer deluje bioplinarna. Odločitev za najprimernejšo tehnologijo morata sprejeti projektant in upravitelj že v zgodnjih fazah načrtovanja in ta nato služi za smerokaz skozi celotno načrtovanje in izgradnjo.

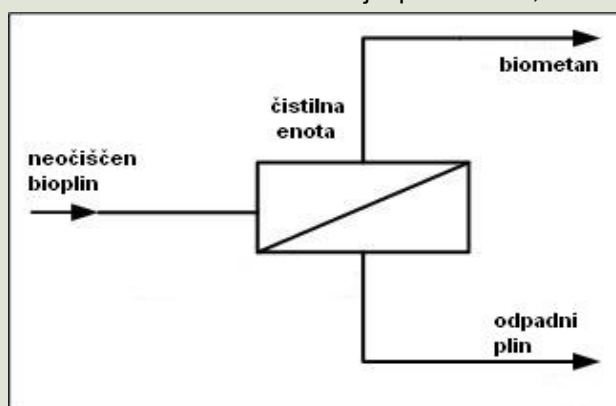
Kot že omenjeno čiščenje bioplina predstavlja postopek ločevanja plinov, katerega kočni produkt je biometan točno določenih zahtev. Ponavadi se izloča ogljikov dioksid, ki ga je v bioplinu tudi največ (z odstranjevanjem CO_2 najhitreje bioplinu dvigamo energijsko vrednost in Wobbejev indeks), bioplin moramo tudi osušiti in mu odstraniti še razne druge primesi, kot so kisik, dušik, vodikov sulfid, amoniak in siloksani. Včasih je pomembno tudi odišavljanje, večanje energijske vrednosti z dodajanjem propana ali komprimiranje za nadaljnjo uporabo biometana. Desno je predstavljena shema osnov čiščenja bioplina.

Bioplin je v osnovi ločen na biometan, ki ima visoko vsebnost metana in preostali plin z visoko vsebnostjo ogljikovega dioksida. Nobena tehnologija čiščenja seveda ni popolna, zato ta preostali, odpadni plin še vedno vsebuje manjši delež metana, ki se

ga veskozi poskuša zmanjšati. Glede na vsebnost metana, izgube metana iz čistilne enote (količina metana v odpadnem plinu glede na količino metana v neočiščenem bioplinu) in pravilnike, se odpadni plin sme ali ne sme izpustiti v ozračje. V nadaljevanju bodo razložene dostopne tehnologije čiščenja bioplina, ki ga lahko razčlenimo v tri najpomembnejše dele: odstranjevanje žvepla, ogljikovega dioksida in vode. Odstranjevanja primesi in čiščenja odpadnega plina se bomo dotaknili le bežno.

Čiščenje bioplina lahko glede na uporabo ločimo na čiščenje za uporabo v kogeneracijskih napravah in na čiščenje bioplina do faze biometana.

Zahteve proizvajalcev kogeneracijskih naprav so ponavadi manj stroge od zahtev za doseganje kvalitete biometana. Predvsem je pomembno, da se



bioplin osuši in iz njega odstrani žveplo. Voda in vodikov sulfid namreč tvorita žveplovo kislino, ki povzroča korozijo v cevovodih in v motorjih z notranjim izgorevanjem. V nadaljevanju sta najprej opisana najbolj pogosta postopka, torej odstranjevanje vode in odstranjevanje žvepla, ki sta nujna za vse aplikacije bioplina, za tem pa so opisani še ostali postopki čiščenja, s katerimi zagotovimo zahteve čistosti biometana.



Sušenje bioplina

Neočiščen bioplin po izhodu iz bioreaktorja vsebuje precej vodne pare, njena vsebnost pa se povečuje z višanjem temperature. Vodikov sulfid, ki je tudi prisoten v neočiščenem bioplinu skupaj z vodo reagira v žveplovo kislino, ki je močno korozivna in lahko povzroči okvare na motorju in ostali opremi bioplinске naprave. Voda v bioplinu tudi znižuje zmogljivosti motorja na kogeneracijski enoti, prisotnost vodne pare v zgorevalnem prostoru motorja znižuje izkoristek. Težava se pojavi tudi zaradi akumuliranja vode v ceveh, ki vodi do padca tlaka na filtru in zniža zmogljivost motorja na kogeneracijski napravi, saj mora ta stiskati tudi vodo.



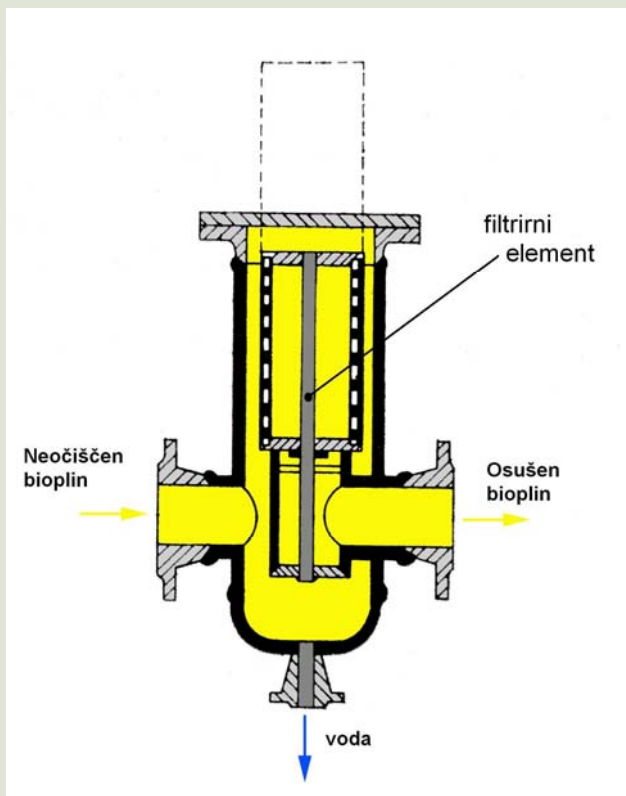
Sušilec bioplina (MTA EnerDryer, opremljen z OMEGA-AIR filtrom)

Bioplin lahko sušimo po različnih postopkih, najbolj pogost je kondenzacijski. Z večanjem tlaka in nižanjem temperature bioplina voda kondenzira in jo lahko odstranimo. Bioplin se običajno komprimira do tlakov 12bar. Ta postopek je nezahteven, za ohlajanje bioplina lahko plinovod napeljemo pod zemljo, vendar pa z njim večinoma ne moremo dosegati zahtev za biometan, zadošča pa za pridobivanje energije v kogeneracijskih enotah.

Za doseganje kvalitete biometana, za npr. vbrzganje v javno plinsko omrežje pa je potreben boljši postopek sušenja, saj kvaliteteto biometana predpisuje več evropskih regulativ. Uporabljajo se filtracijski, adsorpcijski in absorpcijski postopki.

Pri adsorpcijskih postopkih se največ uporablja SiO_2 , poleg tega pa tudi aktivno oglje in molekularna sita. Za kontinuiran proces sta potrebna adsorber in desorber, kot pri podobnem postopku za odstranjevanje ogljikovega dioksida. Adsorpcijske postopke se navadno aplicira pri manjših in srednje velikih aplikacijah s proizvodnjo manj kot 100000 m^3/h bioplina.

Pri absorpcijskem odstranjevanju vode se kot absorbent uporablja glikol ali trietilenglikol, ki poleg vode odstrani tudi ostale pline, ki spadajo med dolgo veržne ogljikovodike. Absorpcijske postopke se uporablja za večje operacije, torej za proizvodnjo nad 100000 m^3/h bioplina.



Sušenje bioplina z membrano

Odstranjevanje žvepla

Po vplivu na energijsko vrednost je ogljikov dioksid glavni kontaminant bioplina, vendar pa je glede na kvari vpliv na opremo in ekonomsko izvedljivost veliko hujši vodikov sulfid. Vodikov sulfid je nevaren in koroziiven plin, ki ga moramo iz bioplina odstraniti pred uporabo, kot je npr. vbrizgavanje v javno plinsko omrežje ali izgorevanje v kogeneracijski enoti, saj ta pri izgorevanju v motorjih z notranjim izgorevanjem tvori žveplov dioksid (SO_2), ki v nadaljnji oksidaciji v ozračju ob prisotnosti katalizatorjev, kot je npr. NO_2 tvori H_2SO_4 , ki pa je eden od povzročiteljev kislega dežja. V odvisnosti od pogojev anaerobne fermentacije in pridobivanja biometana se odločimo za uporabo ene ali kombinacije večih tehnologij desulfurizacije bioplina, da dosežemo zahteve, ki nam omogočajo učinkovito in ekonomsko konkurenčno delovanje.

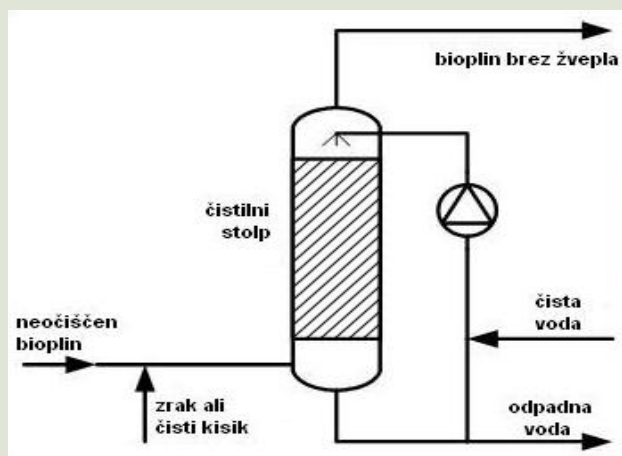
Neposredna desulfurizacija

Z dodajanjem vodnih raztopin različnih kovinskih soli (železov klorid ali železov sulfat) direktno v bioreaktor ali predhodni bazen za mešanje, se doseže prehajanje žvepla v skoraj netopen železov sulfid, ki se ga nato izloči skupaj s predelanim substratom. S podobno tehnologijo se lahko odstranjuje tudi amoniak. Pozitiven stranski učinek tega postopka je tudi izboljšanje življenjskega okolja metanogenih mikroorganizmov z reduciranjem toksičnih substanc v substratu, s čimer posledično dosežemo ne samo boljši izkoristek motorja na kogeneracijski enoti temveč tudi povečan donos metana.



Biološka desulfurizacija

Z kemoavtotrofnimi mikroorganizmi vrst *Thiobacillus* in *Sulfolobus* lahko preko oksidacije odstranjujemo vodikov sulfid. Oksidacija zahteva prisotnost določene količine kisika, ki se ga dodaja z zrakom če pa je vsebnost dušika previsoka pa direktno čisti kisik. Proces lahko poteka znotraj bioreaktorja z uporabo mikroorganizmov, že prisotnih v substratu ali pa v posebni enoti, skozi katero usmerjamo bioplin. Če hočemo doseči čistost bioplina, ko lahko z njim nadomeščamo zemeljski plin, desulfurizacija znotraj bioreaktorja ne zadošča, ampak moramo uporabiti ločeno napravo, kjer neočiščen bioplin vnašamo v stolp z biološko sluzjo, ki vsebuje mikroorganizme, v nasprotni smeri pa se dovaja voda s hranilnimi snovmi. Mikroorganizmi oksidirajo vodikov sulfid z molekularnim kisikom in pretvorijo neželeno plinsko zmes v vodo in elementarno žveplo ali žveplovo kislino, ki se izloči z odpadnimi vodami. Investicijski in operativni stroški te metode so nizki, prav zato je metoda pogosto uporabljena. Metoda je enostavna in stabilna, velika prednost je tudi odsotnost kemikalij. Slabost metode je, da z njo težko zagotovimo enakomerno in stabilno vbrizgavanje v plinsko omrežje. Takšen sistem lahko odstrani zelo visoke količine vodikovega sulfida iz bioplina vendar pa se slabo odziva na spreminjanje vsebnosti žvepla v neočiščenem bioplenu. Ta metoda zato ni najboljša izbira v primeru velikih količin vodikovega sulfida ali hitrih nihanj pri proizvodnji bioplina.

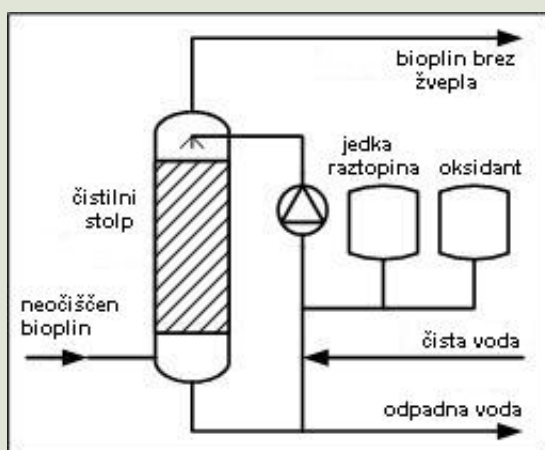


Biološka desulfurizacija

Kemično-oksidativno čiščenje

Absorpcija vodikovega sulfida v kavstičnih raztopinah je ena najstarejših metod desulfurizacije plinov. Danes se običajno uporablja natrijev hidroksid, s pozornim kontroliranjem pH pa nastavlamo selektivno ločevanje. Cilj je ustvariti in ohranjati proces z maksimalno absorpcijo vodikovega sulfida in minimalno absorpcijo ogljikovega dioksida za zmanjševanje kemične porabe (ogljikov dioksid odstranjujemo z učinkovitejšo metodo). Selektivnost med vodikovim sulfidom in ogljikovim dioksidom se lahko še poveča z aplikacijo oksidanta za oksidacijo absorbiranega vodikovega sulfida v elementarno žveplo, s tem pa še povečamo stopnjo

odstranjevanja vodikovega sulfida. Za oksidant se ponavadi uporablja vodikov peroksid, saj ta tehnika kaže zeleno stopnjo nadzora in stabilnosti operacije pri večjih nihanjih vsebnosti in količine pri proizvodnji bioplina. S to metodo lahko pod normalnim obratovanjem dosežemo vsebnost vodikovega sulfida do 5ppm. Ponavadi se bioplin očisti nekje do 50ppm, preostali vodikov sulfid pa odstranimo z adsorpcijo na kovinske okside. Ta tehnologija zahteva dober nadzor samega procesa in veliko znanja o ravnanju s kemičnimi snovmi ter se je izkazala za zelo primerno, kadar je prisotno veliko nihanje vsebnosti vodikovega sulfida.

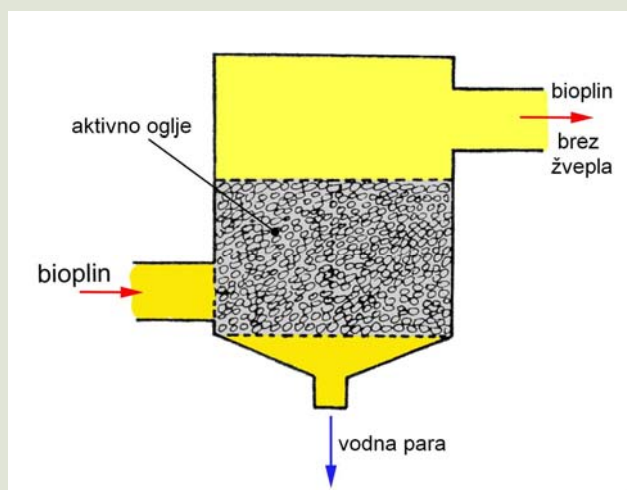


Kemično-oksidativno čiščenje

Adsorpcija na kovinske okside ali aktivno oglje

Vodikov sulfid se lahko adsorbira na površino kovinskih oksidov, kot so železov oksid, cinkov oksid, bakrov oksid ali aktivno oglje in ga lahko nato učinkovito odstranimo iz bioplina. Med adsorpcijo se žveplo na kovinske okside veže kot kovinski sulfid, izloči pa se vodna para. Takoj, ko se adsorbent nasiči, se ga odstrani in nadomesti z novim. Adsorpcija žvepla na aktivno oglje se navadno izvaja ob manjši prisotnosti kisika, da se poveča

moč vezi na površino, če pa vnašanje kisika ni dovoljeno, se uporablja posebno impregnirano aktivno oglje. Tehnologija adsorpcije je zelo učinkovita za doseganje vsebnosti manj kot 1ppm, vendar pa so navkljub nizkim investicijskim stroškom operativni stroški razmeroma visoki. Prav zaradi tega se to tehnologijo običajno uporablja za zahtevnejše ali končne aplikacije.



Adsorpcija na aktivno oglje

Uporaba	Maksimalna koncentracija žvepla (ppm)
Kotel	1000
Kogeneracija (CHP)	200 (500)
Gorivo za vozila	23
Vbrizgavanje v omrežje	4
Gorivna celica	1

Odstranjevanje ogljikovega dioksida

Ogljikov dioksid nima kvarnega vpliva na same dele strojev in cevovode, vendar pa močno znižuje energijsko vrednost bioplina, saj ga je v njem lahko do 45%. Ogljikov dioksid tako odstranjujemo zaradi povečanja donosnosti celotnega delovanja bioplinarne.

Absorpcija

Ločevanje z absorpcijo temelji na različni topnosti raznih plinskih primesi bioplina v čistilni raztopini. V čistilnih napravah, ki uporabljajo to metodo, je bioplin intenzivno v stiku s pralno raztopino znotraj čistilnega stolpa, ki ima veliko notranjo kontaktno površino (to se doseže z uporabo plastičnega satovja). Komponente, ki jih želimo odstraniti iz bioplina (npr. ogljikov dioksid) so ponavadi veliko bolj topne

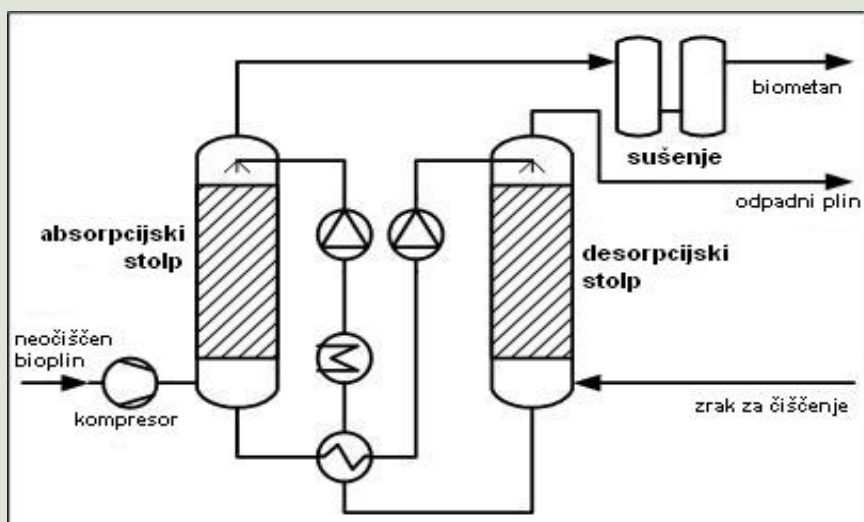
v pralni raztopini kot metan in produkt je plin, obogaten z metanom, ostane pa nam odpadni plin, obogaten z ogljikovim dioksidom. Za maksimiranje zmogljivosti absorpcijskega sistema moramo pralno raztopino vseskozi menjati s svežo ali jo regenerirati v ločenem postopku (desorpcija). Trenutno se največ uporabljajo tri različne tehnologije, ki temeljijo na tem fizikalnem principu.

Fizikalna absorpcija: vodno čiščenje pod tlakom

Absorbirane plinske komponente se fizikalno vežejo v pralno tekočino, v tem primeru vodo. Ogljikov dioksid ima višjo topnost v vodi kot metan in se ga posledično raztopi več, še posebej pri nižjih temperaturah in višjih tlakih. Poleg ogljikovega dioksida lahko z uporabo vode kot pralne tekočine iz bioplina odstranjujemo tudi vodikov sulfid in amoniak. Odpadna voda iz stolpa je nasičena z ogljikovim dioksidom in se jo usmeri v enoto za ločevanje tekoče in plinaste faze, kjer se tlak v trenutku močno zniža in povzroči hitro sprostitve večine raztopljenega plina. Ker ta odpadni plin vsebuje poleg ogljikovega dioksida tudi manjši delež metana (metan je do določene mere topen v vodi), se sproščen plin usmeri nazaj v tok neočiščenega bioplina. Če želimo porabljeno vodo reciklirati za ponovno uporabo v pralnem (absorpcijskem) stolpu, jo je

potrebno regenerirati-usmeriti v desorpcijski stolp, kjer trči ob nasprotno usmerjeni tok čistilnega zraka, kamor se sprosti še preostali raztopljeni ogljikov dioksid. Tako regenerirana voda je nato prečrpana nazaj v čistilno enoto in ponovno uporabljena kot pralna tekočina.

Slabost te metode čiščenja bioplina je prisotnost kisika in dušika v očiščenem (izhodnem) biometanu (bioplenu). Razlog tiči v raztapljanju zračnih primesi v vodi med njeno regeneracijo v desorpcijskem stolpu. Takšna voda se nato ponovno uporablja v čistilnem procesu in del kisika in dušika se prenese v biometan. Temu se pri uporabi te metode ne moremo izogniti prav tako pa je potrebno na ta način proizveden biometan še posušiti, npr. z uporabo glikola.



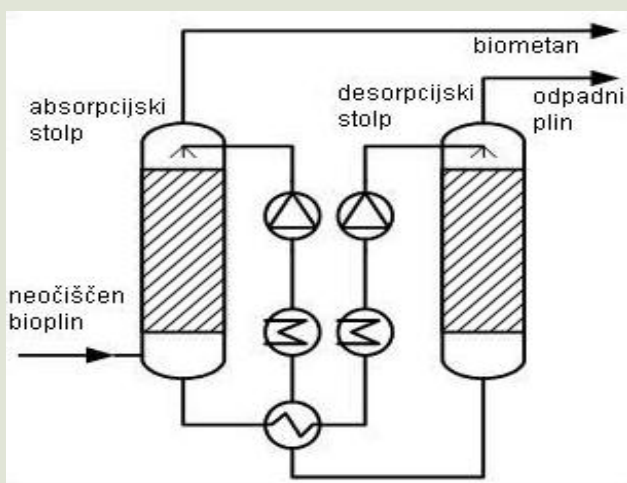
Vodno čiščenje pod tlakom

Organska fizikalna absorpcija

Tudi ta tehnologija uporablja za pralno tekočino organsko topilo (npr. polietilen glikol). Pokazalo se je, da je ogljikov dioksid bolj topen v takšnih raztopinah kot v vodi, posledično je potrebno manj pralne raztopine in manjše dimenzije čistilne enote. Primeri komercialno dostopnih tehnologij čiščenja bioplina, ki temeljijo na organski fizikalni absorpciji so Genosorb®, Selexol®, Sepasolv®, Rektisol®.

Kemična absorpcija: čiščenje z amini

Kemijska absorpcija je okarakterizirana s fizikalno absorpcijo plinskih primesi v pralni tekočini, ki ji sledi kemična reakcija med pralno tekočino in plinom, absorbiranim v njej. Posledično je vezanje odstranjenih komponent plina v pralno tekočino opazno močnejše, kapaciteta pralne tekočine pa je nekajkrat višja. Količina metana, absorbiranega v pralno tekočino je nizka, saj je kemična reakcija zelo selektivna, zato imamo pri tej metodi zelo majhne izgube in zelo visok izplen metana.



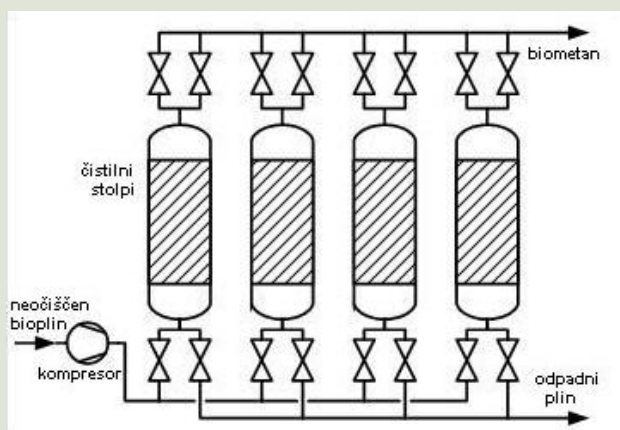
Čiščenje z amini

Zaradi sorodnosti ogljikovega dioksida z uporabljnimi topili (vodna raztopina monoetanolamina MEA, dietanolamina DEA in metildietanolamina MDEA), je delovni tlak čiščenja z amini znatno nižji v primerjavi vodnim čiščenjem ob enaki kapaciteti. Običajno čistilne naprave, ki temeljijo na principu čiščenja z amini, ne potrebujejo dodatnega komprimiranja bioplina, ampak delujejo na malo povišanem tlaku, ki ga zagotavlja že sam bioplin. Visoka kapaciteta in selektivnost aminske raztopine v primeru regeneracije le-te delujeta kot neugodnost, saj se močno poveča poraba energije v obliki procesne toplote. Nasičeno aminsko raztopino je potrebno segreti na temperaturo okrog 160°C, ko se sprost večina CO₂ in ta zapusti regeneracijski stolp kot precej čist odpadni plin. Manjši del pralne tekočine se izgubi preko izhlapevanja in jo moramo tako stalno dodajati. Na takšen način bi lahko odstranjevali tudi vodikov sulfid, vendar pa bi za

regeneracijo potrebovali višje temperature, zato se v praksi ob uporabi te metode za odstranjevanje ogljikovega dioksida vodikov sulfid odstrani predhodno.

Adsorpcija: PSA

Ločevanje plinov na podlagi adsorpcije temelji na različni adsorpciji plinov na trdne površine pod povišanim tlakom. Ponavadi se za adsorbent uporablja aktivno oglje ali molekularna sita (zeolite). Ti materiali selektivno adsorbirajo ogljikov dioksid iz neočiščenega bioplina in s tem obogatijo vsebnost metana v plinu. Po adsorpciji na visokem tlaku se nasičen adsorbent regenerira s postopnim nižanjem tlaka in izpere s tokom neočiščenega bioplina ali biometana. Med tem korakom odpadni plin zapusti adsorber, nato pa tlak spet dvignemo s komprimiranim bioplinom ali biometanom in adsorber je pripravljen na naslednjo sekvenco polnjenja. Industrijske aplikacije čiščenja na podlagi adsorpcije ponavadi uporabljajo štiri, šest ali devet adsorpcijskih posod v vzporedni vezavi za učinkovito izvedbo kontinuirane operacije. Med fazo nižanja tlaka pri regeneraciji adsorbenta se sestava odpadnega plina spreminja, saj se adsorbirani metan (izgubljeni) sprosti prej (pri višjih tlakih), večina ogljikovega dioksida pa se desorbira pri nižjih tlakih. Zato odpadni plin, pridobljen v prvih korakih dekompresije ponavadi usmerjamo nazaj v dovod neočiščenega bioplina, da zmanjšamo izgube metana. Odpadni plin iz naslednjih korakov regeneracije lahko dovajamo v drugi korak adsorpcije (za večanje vsebnosti metana/višanju čistosti biometana), v čistilno enoto ali ga spustimo v atmosfero. Vodo in vodikov sulfid je potrebno pred tem postopkom odstraniti, saj lahko poškodujeta adsorpcijski material.

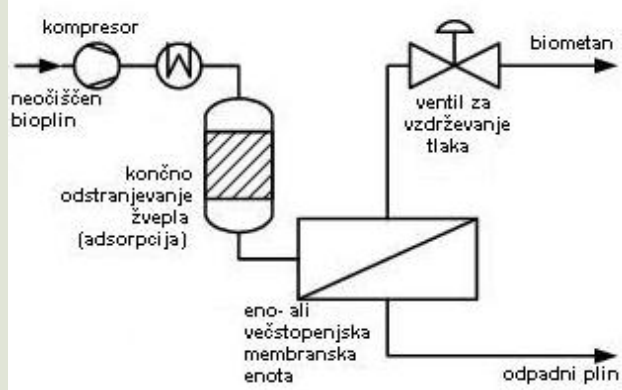


Adsorpcijsko čiščenje

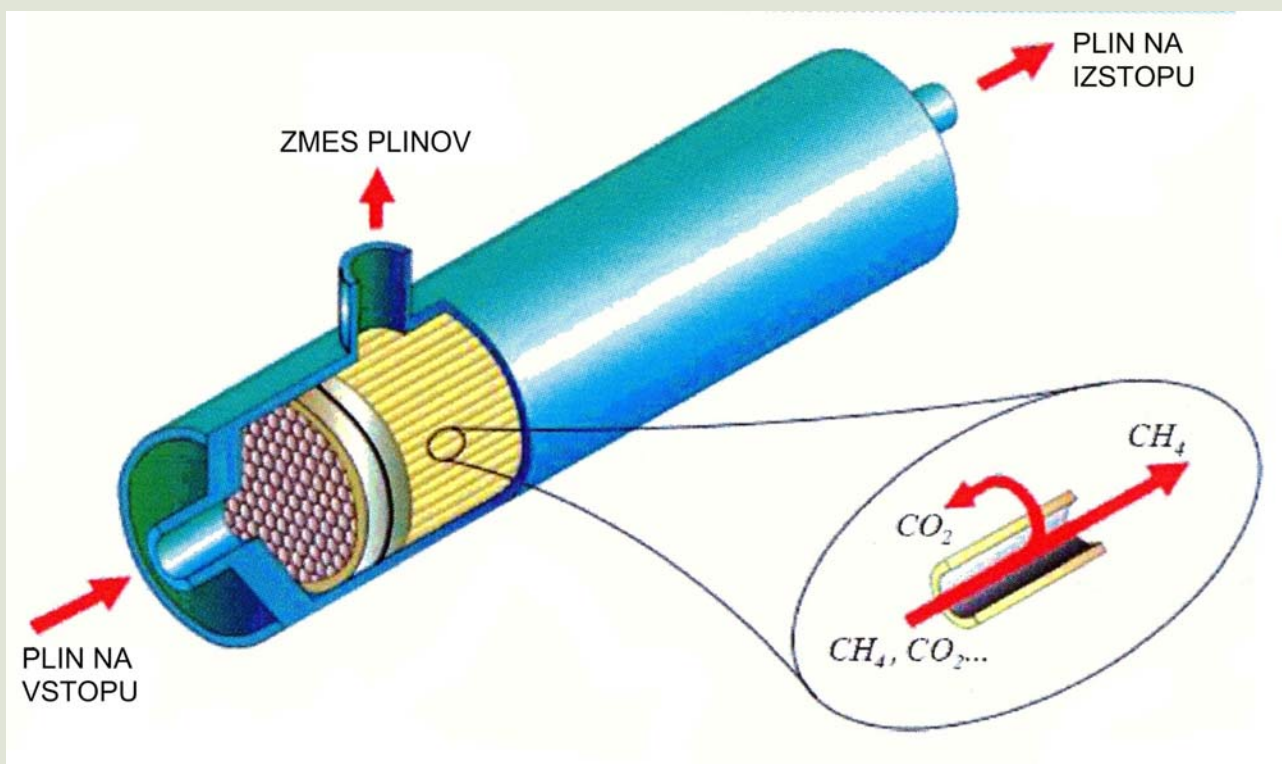
Membranske tehnologije

Membrane, ki se uporabljajo za čiščenje bioplina, so izdelane iz materialov, ki so prepustni za ogljikov dioksid, vodo in amoniak. Vodikov sulfid, kisik in dušik so le delno prepustni, metan pa zelo težko prehaja skozi takšne materiale. Običajno so membrane za čiščenje bioplina iz polimernih materialov, kot so polisulfon, poliamid ali polidimetilsiloksan. Ti materiali imajo iskane lastnosti selektivne prepustnosti za ločevanje metana in ogljikovega dioksida v kombinaciji z odpornostjo na ostale komponente v neočiščenem bioplinu. Za doseganje zadovoljive površine v kompaktnih merah čistilne enote so membrane v obliki votlih vlaken v kombinaciji z več vzporednih membranskih modulov.

Po komprimiranju na delovni tlak se neočiščen bioplin ohladi za sušenje in odstranjevanje amoniaka. Zatem bioplin z uporabo odpadne toplote kompresorja segrejemo in odstranimo iz njega preostali vodikov sulfid z adsorpcijo na železov ali cinkov oksid. Na koncu plin dovajamo v eno- ali večstopenjsko membransko enoto. Medsebojne povezave korakov prehajanja skozi membrane ne temeljijo na zahtevani čistosti biometana ampak na zahtevanem izplenu metana in specifični porabi energije za komprimiranje. Moderne čistilne naprave s kompleksnejšo zasnovo ponujajo možnost zelo visokega izplena metana in nizke porabe energije. Pokazalo se je, da imajo lahko tudi večstopenjske kompresorske postavitve ekonomsko prednost. Z spreminjanjem delovnega tlaka in hitrosti komprimiranja reguliramo kvaliteto in kvantiteto biometana za doseg zahtevanih.



Membransko čiščenje



Vir: Air Liquide

Primerjava različnih tehnologij čiščenja bioplina

Težko je podati univerzalno primerjavo različnih tehnologij čiščenja bioplina, ker je veliko pomembnih parametrov odvisnih od lokalnih dejavnikov. Prav tako tehnične zmožnosti (npr. doseganje določene čistosti biometana) določene tehnologije ne sovpadajo dobro z ekonomsko upravičenostjo celotne operacije. Razvoj tehnike je večini metod čiščenja bioplina omogočil doseganje zahtev biometana, zato se pri izbiri najprimernejše metode ukvarjamo predvsem z ekonomičnostjo procesa. Zelo dobro je, da se predhodno napravi detajlno študijo stroškov celotne operacije in različnih tehnologij čiščenja in zato v okviru tega projekta nastaja orodje »BiomethaneCalculator«, ki vsebuje vse pomembne postopke in tehnologije čiščenja bioplina in predvidi okvirne stroške proizvodnje biometana.

Tabela spodaj povzame najpomembnejše parametre opisanih tehnologij čiščenja in jih aplicira na tipično sestavo bioplina. Vrednosti nekaterih parametrov predstavljajo povprečja iz postavljenih čistilnih naprav ali preverjene podatke iz literature.

Odstranjevanje z membranami ponuja možnost širokega prilagajanja tehnologije lokalnim pogojem z uporabo različnih konfiguracij membran in večstopenskega odstranjevanja ali komprimiranja. Tu je tudi razlog, da so določeni parametri podani v obliki intervalov, kjer spodnja vrednost sovпада z enostavnejšo (cenejšo) izvedbo čistilne enote, ki ima nižji izplen metana, zgornja vrednost pa s kompleksnejšo in učinkovitejšo z višjim izplenom metana.

Parameter	Vodno čiščenje	Organsko fizikalno čiščenje	Aminsko čiščenje	PSA	Membranske tehnologije
Vsebnost metana v biometanu [vol%]	95,0-99,0	95,0-99,0	>99,0	95,0-99,0	95,0-99,0
Izplen metana [%]	98,0	96,0	99,96	98	80-99,5
Izguba metana [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20-0,5
Delovni tlak [bar(g)]	4-8	4-8	0	4-7	4-7
Poraba električne energije [kWh _{el} / m ³ biometana]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
Potreba po toploti in temperaturno območje	-	srednja 70-80°C	visoka 120-160°C	-	-
Potreba po predhodni desulfurizaciji	odvisno od procesa	da	da	da	da
Potrebna čistilna sredstva	sredstvo proti mašenju, sušilno sredstvo	organsko topilo (ne-nevarno)	aminska raztopina (nevarna, korozivna)	aktivno oglje (ne-nevarno)	
Število referenčnih naprav	visoko	nizko	srednje	visoko	nizko
Tipični investicijski stroški [€/ (m³/h) biometana]					
100 m ³ /h biometana	10.100	9.500	9.500	10.400	7.300-7.600
250 m ³ /h biometana	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900
500 m ³ /h biometana	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700
Tipični operativni stroški [ct/(m³/h) biometana]					
100 m ³ /h biometana	14,0	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
250 m ³ /h biometana	10,3	10,2	12,0	10,1	7,7-11,6
500 m ³ /h biometana	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5-10,1

Odstranjevanje ostalih primesi

Poleg glavnih kontaminantov, katerih odstranjevanje smo že obdelali, se v bioplinu pojavljajo še drugi, kot so amoniak, siloksani in ostali trdni delci. Te odstranjujemo zaradi vpliva na delovanje strojev, zmanjševanja onesnaževanja ozračja, tal in vodotokov ali zaradi zmanjševanja smradu.

Amoniak nastaja pri fermentaciji gnojevke ali ostankov hrane iz amonijevih ionov pri visokem pH. Nastanku amoniaka se lahko torej izognemo že s spremembo procesa fermentacije, drugače pa se običajno odstranjuje med sušenjem bioplina, saj je njegova topnost v vodi v tekoči fazi visoka. Prav tako je večina tehnologij za odstranjevanje ogljikovega dioksida učinkovita tudi v primeru odstranjevanja amoniaka.

Siloksani se uporabljajo v dezodorantih in šampoinih in jih zato najdemo v bioplinu iz komunalnih čistilnih naprav in deponij in lahko povzročijo velike težave pri izogrevanju v motorjih z notranjim izogrevanjem, saj zaradi nastanka silicijevega dioksida povzročijo abrazijo. Odstranjujemo jih lahko z ohlajanjem bioplina, adsorpcijo na aktivno oglje, aktivni aluminij ali silicijev gel ali z absorpcijo v tekočih mešanicah ogljikovodikov.

Trdni delci in kapljice so prav tako lahko prisotni v bioplinu iz bioplinarn ali deponij in lahko povzročijo mehansko obrabo v plinskih motorjih, turbinah in cevovodih. Te delce odstranimo s finimi mehanskimi filtri (0,01mm-1mm).

Čiščenje odpadnega plina

Odpadni plin iz čistilne enote vsebuje določeno količino metana, odvisno seveda od tehnologije, uporabljene pri čiščenju bioplina. Ker je metan močen toplogredni plin, je z splošnega trajnostnega vidika postopka pridobivanja biometana zelo pomembno, da se njegove emisije v atmosfero zmanjšajo. V večini držav so emisije metana iz bioplinarn omejene. Prav tako lahko visoka vsebnost metana v odpadnem plinu poveča specifične stroške čiščenja bioplina in ogrozi ekonomičnost celotnega procesa. Prav tako lahko tudi previsoko zastavljeni cilji izplena metana povečajo investicijske in obratovalne stroške določene tehnologije čiščenja. Zato je najbolj obetavna zasnova v smislu ekonomike kompromis med izplenom in izgubo, v večini primerov pa se doda še enoto za čiščenje odpadnega plina preden le-tega spustimo v ozračje.

Najbolj pogost način odstranjevanja metana iz odpadnega plina je oksidacija (izgorevanje) in proizvodnja toplote, ki jo lahko sproti porabljamo v postopkih anaerobne fermentacije, jo dovajamo v lokalni toplovod ali pa uide v ozračje.

Druga možnost je dodajanje odpadnega plina neočiščenemu bioplinu in nato ponovno čiščenje in na koncu izogrevanje v CHP enoti. V vsakem primeru je potrebno zasnovati samo napravo previdno, saj odpadni plin ne vsebuje dovolj metana za vzdrževanje plamena.

Metan v odpadnem plinu lahko oksidiramo z gorilniki za pline z nizko kalorično vrednostjo ali s katalitskim izogrevanjem. Proizvajalci ponujajo več komercialno dostopnih tehnologij, ki lahko vzdržujejo izogrevanje pri vsebnostih metana do 3%. Obdelava odpadnega plina z še nižjo vsebnostjo metana je zelo težavna, saj plin ne zagotavlja dovolj energije za zgorevanje in mu je potrebno dodajati neočiščen bioplin ali biometan za zagotavljanje enakomerne oksidacije. Prav zaradi tega pa nima smisla izbrati tehnologijo čiščenja bioplina z maksimalnim možnim izplenom metana, saj lahko postane velika težava ravnanje z odpadnim plinom. Veliko bolj pomembna je integracija čistilne enote v samo bioplinarno. Zelo malo tehnologij čiščenja omogoča pridobivanje odpadnega plina, ki bi ga lahko spuščali neposredno v ozračje.

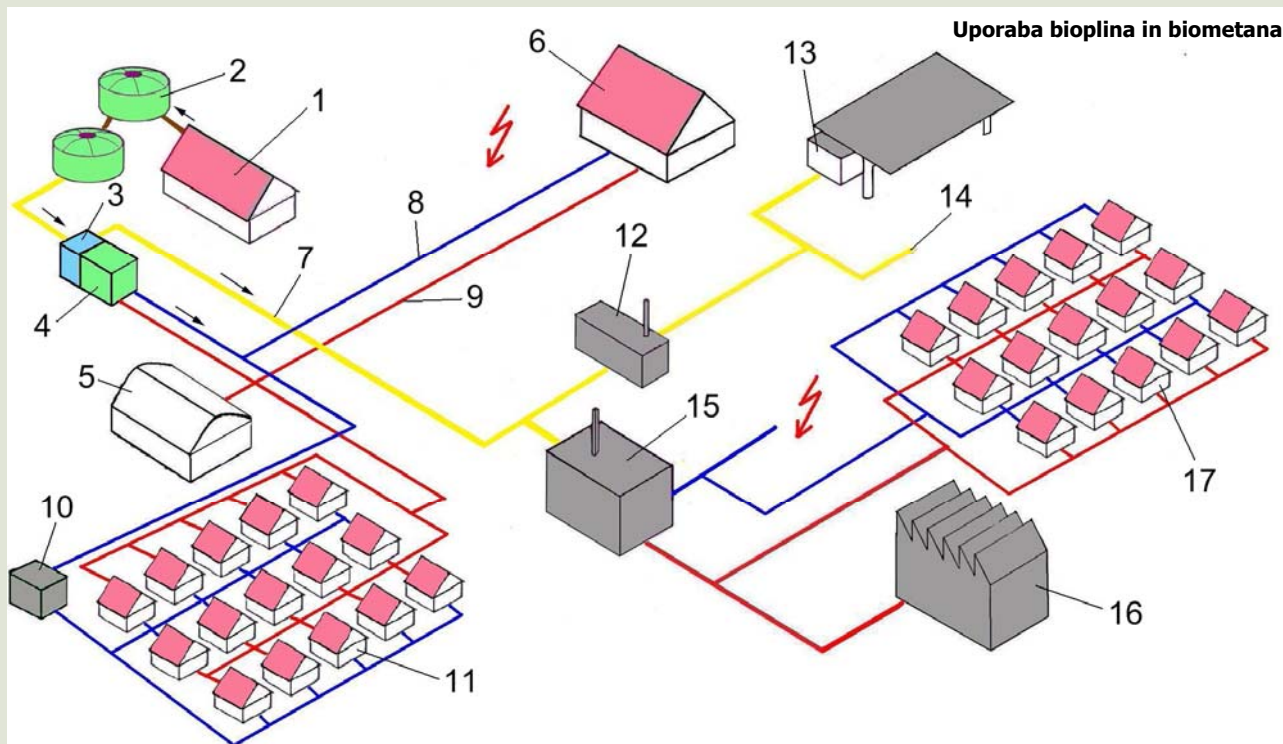
Uporaba biometana

Vbrizgavanje biometana v javno plinsko omrežje

Bioplinu z izbranim postopkom odstranimo večino ogljikovega dioksida in žvepla in ga "nadgradimo" do faze biometana, ki se ga lahko po komprimiranju vbrizgava v javno plinsko omrežje. V omrežju se lahko prosto meša z zemeljskim plinom, vbrizgan delež pa se enostavno prodaja kot obnovljiv vir. V prihodnosti se bo zaradi finančnih spodbud delež biometana v omrežju večal.

Prednost vbrizgavanja v javno omrežje se pokaže pri odročnih bioplinških napravah. Veliko bioplinških naprav je postavljenih na kmetije, večje farme ali čistilne naprave, ki so velikokrat odmaknjene od večjih naselij ali mest. To pomeni, da težko izkoristimo vso presežno toplotno energijo, ki se proizvede v kogeneracijskih enotah, kar posledično zmanjša izkoristek bioplinških naprav. V omenjenih primerih je odlična rešitev čiščenje bioplina direktno na kmetijah in njegovo vbrizgavanje v javno omrežje z zemeljskim plinom ter s tem transport do potencialnih uporabnikov na velike razdalje. Po tem postopku dejansko dobavljamo energijo iz obnovljivih virov do vseh uporabnikov omrežja. V Sloveniji lastnih virov zemeljskega plina nimamo in ga moramo za zadoščanje vseh potreb uvažati iz

tujine (predvsem iz Rusije in Alžirije, vir: Javna agencija RS za energijo). Letna poraba zemeljskega plina v Sloveniji znaša približno 1,1 mrd kubičnih metrov. Bioplin lahko pridobivamo iz gnoja, ki nastane pri govedoreji, prašičereji in perutninarstvu. V Sloveniji je po podatkih Statističnega urada RS za leto 2010, 303.763 GVŽ govedi, 52.124 GVŽ prašičev in 11.762 GVŽ perutnine. Iz statističnih podatkov o deležu suhe snovi in organske suhe snovi v gnoju ter specifičnem donosu bioplina lahko določimo teoretično potencialno količino bioplina, ki bi lahko zajeli v bioplinarnah. Če upoštevamo povprečno vrednost metana v bioplinu (60%), je v Sloveniji na voljo približno 86 milijonov kubičnih metrov biometana letno. Izračunane količine pridobljenega bioplina, ki so navedene zgoraj, so seveda teoretične vrednosti, ki jih je v praksi težko doseči, nam pa pokažejo smer, v katero bi morala vsaka družba stremeti. Poleg živinskega gnoja imajo potencial za proizvodnjo biometana tudi organski komunalni odpadki. Po podatkih Agencije za okolje RS jih zberemo letno do 30.000 ton letno, iz teh odpadkov bi prav tako lahko preko anaerobne fermentacije proizvajali bioplin.



Legenda:

1-kmetija, 2-bioplinška naprava, 3-čistilna enota za bioplin, 4-kogeneracijska enota na bioplinški napravi, 5-steklenjak za gojenje rastlin, 6-lokalna poraba toplote, 7-plinovod, 8-električno omrežje, 9-toplovod, 10-transformatorska postaja, 11-bližnje naselje, 12-čistilna enota za nadgrajevanje bioplina do faze biometana, 13-polnilna postaja za vozila na plin, 14-končni uporabniki javnega plinskega omrežja, 15-termoelektrarna s kogeneracijsko enoto, 16-industrija, 17-oddaljeno naselje

Kot pogonsko gorivo za vozila

S podobnim procesom kot pri čiščenju bioplina za vbrizgavanje v plinsko omrežje, lahko bioplin očistimo do faze, ko je primeren za uporabo kot pogonsko gorivo v vseh vozilih, ki delujejo na stisnjen zemeljski plin ali avtoplin. To so večinoma vozila z bencinskimi motorji (motorji, ki delujejo po Ottovem principu), v zadnjem času pa je nekaj znanih proizvajalcev traktorjev razvilo sisteme za predelavo dizelskih motorjev (motorji, delujoči po principu kompresijskega vžiga goriva). V takšni obliki se uporablja dve gorivi, poleg biometana se v motor vbrizga še manjši del mineralnega dizelskega goriva ali še raje biodizla ali rastlinskega olja, ki povzroči vžig biometana.

Proizvajalci motorjev in motornih vozil se glede možnosti uporabe utekočinjenega zemeljskega plina ali biometana že prilagajajo, kot npr. Steyr z drugo eksperimentalno generacijo traktorjev, ki lahko delujejo na biometan. Leta 2008 je Steyr predstavil traktor s predelanim dizelskim motorjem, ki lahko uporablja dve vrsti goriva, mineralno dizelsko gorivo (do 10%) in stisnjen biometan. Do inicialnega vžiga majhne količine mineralnega dizelskega goriva pride ob vbrizgu goriva v stisnjen zrak. Biometan se meša v posebnem mešalnem delu skupaj z zrakom za zgorevanje, nastala mešanica pa nato potuje skozi sistem za vbrizg v valj motorja,

kjer se vžge takoj po vžigu mineralnega dizelskega goriva. Steyr je leta 2011 predstavil novo, še bolj izpopolnjeno različico tega traktorja, podobno izvedbo traktorja je razvil tudi Valmet. Volvo je ponudil motorje s sistemom »Methane Diesel« za tovornjake za daljše Transporte, ki že ob uporabi zemeljskega plina dosežejo 10 % zmanjšanje emisij CO₂, ob uporabi biometana pa celo do 70 %.

Pri motorjih na dve gorivi (angl. dual fuel) se, ko je motor neobremenjen (npr. prosti tek) uporablja le mineralno dizelsko gorivo ali biodizel, pri večanju obremenitve (dodajanje plina) pa do 80 % ali več biometana.

Pri izgorevanju biometana v motorjih z notranjim izgorevanjem nastaja mnogo manj emisij, kot pri bencinu ali mineralnem dizelskem gorivu, prav tako pa se pri izgorevanju ne sproščajo strupeni trdni delci. Ravno to so razlogi za uporabo biometana za pogon vozil javnega prevoza. S tem bi močno izboljšali kvaliteto zraka v mestih, kjer večina javnega prevoza sloni na avtobusih z dizelskimi pogonskimi agregati. Tudi v Ljubljani je javno podjetje LPP v floto mestnih avtobusov dodalo 20 novih vozil Cite-lis CNG proizvajalca Irisbus. Ti avtobusi delujejo samo na stisnjen zemeljski plin, kar v praksi pomeni, da bi lahko brez dodatnih predelav delovali na biometan, kar je priložnost za uporabo čistega obnovljivega goriva.



Prva generacija traktorja Steyr, ki deluje na biometan, rezervoarji za biometan so nameščeni na strehi.



VW Touran, ki deluje na metan



**Avtobus za mestni promet
Irisbus Citelis CNG**



**Druga generacija traktorja Steyr, ki deluje na biometan, rezervoarji so
nameščeni ob strani in med kolesi (označeno s krogom).**

Uporaba predelanega substrata

Substrat iz bioplinskih naprav lahko po predelavi v procesu anaerobne fermentacije uporabimo za več namenov, eden izmed njih je tudi proizvodnja gnojila. Predelan substrat je večinoma tekoč in ga lahko kot gnojevko polivamo po njivah ali travnikih, lahko pa ga s separatorjem ločimo na tekočo in suho fazo (gnojilo in vodo) ter ga peletiramo.

Kmetijska zemljišča lahko z gnojenjem s predelanim substratom obogatimo s hranljivimi snovmi in z njim nadomestimo nitratna, fosfatna in kalijeva gnojila (primeren je tudi za ekološko pridelavo). Gnojenje zemljišča s predelanim substratom je pomembno za vzdrževanje in formiranje humusa v tleh. Zaradi doseganja optimalnih rezultatov pri uporabi tega gnojila ter za preprečitev škodljivih posledic je pomembno, da je gnojevka oz. substrat v čim bolj stabilnem stanju, torej da se je večina metana že izločila iz substrata. S tem dosegamo optimalno razmerje ogljika in dušika v predelanem substratu, ki je pomembno zaradi vpliva na kvaliteto humusa in vpliva na mikrobiološke procese v tleh. Zelo pomembno je, da predelani substrat ne vsebuje patogenih bioloških organizmov, ki lahko okužijo kmetijske pridelke in postanejo vzrok infektivnih bolezni ljudi in živali. Z anaerobnim vrenjem v digestorju se značilno zmanjšuje število vrst in količina patogenih organizmov, ki so prisotni v vhodnem substratu. Med anaerobnim vrenjem se nekatere mikrobiološke vrste popolnoma uničijo (stopnja uničevanja je odvisna od temperature, časa in pH substrata).

Z uporabo predelanega substrata za gnojenje dosegamo zmanjševanje uporabe mineralnih gnojil, dosegajo se boljši finančni efekti, povečuje se kvaliteta zemljišč, kar ima za posledico večje pridelke in boljšo kakovost le-teh. Takšna pridelava hrane je bolj prijazna do okolja.



Separator v večji bioplinski napravi



Gnojenje travnika s predelanim substratom

Viri:

"Abschlussbericht Verbundprojekt Biogaseinspeisung, Band 4"
Fraunhofer-Institut fuer Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Urban, Lohmann, Girod; Germany, 2009
www.umsicht.fraunhofer.de

"Biogas upgrading technologies - developments and innovations"
IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas
Peterson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2009
www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection"
IEA Bioenergy Task 37 - Energy from biogas and landfill gas
Persson, Jönsson, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006
www.iea-biogas.net

"Biogas upgrading and utilisation"
IEA Bioenergy Task 24 - Energy from biological conversion of organic waste
Lindberg, Wellinger; Sweden & Switzerland, 2006
www.iea-biogas.net

"Techniques for transformation of biogas to biomethane"
Biomass and Bioenergy 35 (2011) 1633-1645
Ryckebosch, Drouillon, Vervaeren; 2011
www.journals.elsevier.com/biomass-and-bioenergy

"Membrane biogas upgrading processes for the production of natural gas substitute"
Separation and Purification Technology 74 (2010) 83–92
Makaruk, Miltner, Harasek; 2010
www.journals.elsevier.com/separation-and-purification-technology

"Chemical-oxidative scrubbing for the removal of hydrogen sulphide from raw biogas: potentials and economics"
Water Science and Technology (2012) to be published
Miltner, Makaruk, Krischan, Harasek; 2012
www.iwaponline.com/wst/default.htm

"Biogas regions: Bioplin v kmetijstvu"
Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko, Jejčič, Poje, Slovenija, 2009
http://www.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biogas/PUBLIKACIJA_BIOPLIN_V_KMETIJSTVU.pdf

Publikacija je del projekta Bio-methane Regions:

Promocija biometana in njegov tržni razvoj skozi lokalna in regionalna partnerstva



Kmetijski inštitut
Slovenije



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



SevernWye
ENERGY AGENCY



Supported by



KNOWLEDGE CENTRE FOR AGRICULTURE



Izdal Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, partner na projektu Bio-methane Regions; avtorji: Vienna University of Technology (Austria), Institute of Chemical Engineering, Research Division for Thermal Process Engineering and Simulation; avtorji slovenskega dela teksta: dr. Viktor Jejčič, mag. Tomaž Poje, Aljoša Orešek; foto: mag. Tomaž Poje, dr. Viktor Jejčič

Za vsebino te publikacije so izključno odgovorni avtorji. Evropska komisija ni odgovorna za kakršno koli uporabo na osnovi informacij vsebovanih v publikaciji

