

Proces: Opschoning Biogas

Functie: Om de kwaliteit van het ruwe biogas te verbeteren moet het gas meestal ontdaan worden van ongewenste stoffen. Reden hiervoor zijn de lagere energie-inhoud van biogas (tgv. hogere CO₂-concentratie en dus lagere methaanconcentratie) t.o.v. aardgas en preventie van corrosie en mechanische slijtage van de apparatuur waarin het biogas wordt gebruikt (tgv. H₂S, water,...).

Algemeen principe:*Biogas-opschoning*

Door het afscheiden van koolstofdioxide uit het biogas in een opschonings proces, wordt de energie-inhoud van opgewerkt biogas vergelijkbaar met aardgas.

De meest gebruikte technologieën voor biogas opschonen zijn de volgende:

Fysische of chemische absorptie:

Hier wordt gebruik gemaakt van een absorbeervloeistof, in veel gevallen water: het biogas wordt gewassen met water op hoge druk waardoor de CO₂ wordt gescheiden van het biogas. Typisch wordt biogas gevoed onder aan een toren op een druk van gemiddeld 10 tot 20 bar. Het water wordt bovenaan in de kolom binnengebracht. Het biogas wordt dan in de kolom via een gepakt bed, meestal bestaande uit een plastic medium in nauw contact gebracht met het water. De techniek steunt op het feit dat CO₂ en H₂S beter oplosbaar zijn in water dan methaan. CO₂ en H₂S worden opgelost in water en het gezuiverde methaan verlaat de kolom bovenaan.

Het water dat de toren onderaan verlaat, wordt van zijn druk ontdaan in een flash tank waarbij een gas voornamelijk bestaande uit CO₂ maar toch ook een zekere slipstream van methaan ontsnapt. Het gas wordt geloosd in de atmosfeer of behandeld in een gasfilter.

De klassieke opbouw van het systeem bevat een compressor om het biogas op een druk te brengen, een koeler om het waswater te koelen, een pomp om het waswater te circuleren, een absorptiekolom, een droger die achter de absorptiekolom wordt geplaatst om het overtollige water uit het biomethaan te verwijderen, 1 of 2 desorptiekolommen en een blazer om lucht in de tweede desorptiekolom te brengen. Bij dit systeem is voorreiniging niet nodig aangezien H₂S en NH₃ met deze techniek ook verwijderd worden.

In plaats van water kan ook polyethyleenglycol (selexol) gebruikt worden, een techniek die veel gebruikt wordt in de aardgasindustrie. Het belangrijkste verschil is dat CO₂ en H₂S beter oplossen in selexol en dat er minder solvent van nodig is.

Een andere variant is absorptie d.m.v. een chemische reactie, bijvoorbeeld met alkanolamines. CO₂ lost op in de vloeistof en reageert vervolgens bij atmosferische druk met de chemische substantie in de absorptiekolom. Hierdoor wordt CO₂ in de oplossing gedreven. Na reactie kunnen deze alkanolamines geregenereerd worden. H₂S wordt in dit geval best voor deze stap uit het biogas gescheiden om vergiftiging van de chemische componenten te voorkomen. Chemische scrubbers maken gebruik van organische amines als absorbentia voor de verwijdering van CO₂ op beperkt hogere druk. De amines worden gereduceerd door verwarmen en drukverlaging om CO₂ af te drijven. De amines kunnen teruggewonnen worden als nagenoeg puur bijproduct van het proces.

Cirmac, een Nederlands bedrijf dat valt onder de Atlas Copco groep, heeft dergelijk eigen proces ontwikkeld nl. Low Pressure CO₂ Absorption (LP CoaabTM). De regeneratie gebeurt door stoom in een CO₂ stripper. Warmtewisselaars worden gebruikt om de warmte zoveel mogelijk over te dragen van de CO₂ stripper (hoge temperatuur) naar de CO₂ verwijderingseenheid (lage temperatuur). Cirmac schuift de volgende voordelen naar voor voor het LP Coaab systeem: weinig tot geen methaan verliezen (<0,1%), geen emissies van methaan naar de atmosfeer, een hoge betrouwbaarheid, een compacte constructie, lage kostprijs van onderhoud en werking., volledig automatische controle, hergebruik van CO₂ mogelijk (alle toepassingen buiten voeding), een zeer hoge methaan zuiverheid.

Pressure Swing Adsorption (PSA), Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)

Dit proces maakt gebruik van een kolom met een moleculaire zeef, typisch actief kool, voor de differentiële adsorptie van de gassen CO₂ en H₂O. Methaan gaat door de zeef. PSA en VPSA is typisch een cyclisch batch proces waar adsorptie uitgevoerd wordt op een relatief hogere druk en de desorptie (de regeneratie) op een lagere druk. Het verschil tussen PSA en VPSA is dat bij VPSA er een vacuüm pomp is toegevoegd, dit zorgt voor een differentiële druk bij lagere absolute druk.

Het PSA systeem bestaat uit compressor om biogas op druk te brengen. Het biogas wordt gevoed aan het bed, als het bed volgeladen is wordt het proces naar het volgende bed geleid. Na verzadiging wordt de druk op het bed geleidelijk verminderd. In deze stap komt een CH₄/CO₂-mengsel vrij met een hoog gehalte aan CH₄. De volgende stap is het actief kool bed regenereren door het onder vacuüm te brengen (0,1 bar; VPSA) of de druk te verlagen (PSA) waarbij een gasstroom met voornamelijk CO₂, met een kleine hoeveelheid methaan, vrijkomt. Na opwerking ontstaat een opgewerkt biogas met 96%-98% methaangehalte.

Op voorhand wordt een condenser geïnstalleerd om het water te verwijderen, een fijne H₂S verwijderingstechniek.

Membraanscheiding

Dit proces is gebaseerd op de selectieve permeabiliteit van membranen voor verschillende componenten. Bepaalde componenten worden hierdoor getransporteerd terwijl andere worden weerhouden.

Er zijn 2 basissystemen voor gaszuivering:

- (1) De hoge druk gasscheiding met gasfasen aan beide kanten van het membraan
- (2) De lage druk gas-vloeibare absorptiescheiding waarbij een vloeistof de moleculen, die doorheen het membraan gaan, absorbeert.

Cryogene scheiding

Dit proces maakt gebruik van het verschil in temperatuur en druk waarbij de verschillende componenten vloeibaar worden. Biogas wordt gekoeld en gecompriemd zodat CO₂ en andere onzuiverheden vloeibaar gemaakt worden. Het ruwe biogas wordt gecompriemd tot 80 bar. De compressie gebeurt in verschillende stappen. Het biogas moet op voorhand wel gedroogd zijn om vervriezing in de volgende koelprocessen te voorkomen. Het biogas wordt gekoeld tot -45°C. Het gecondenseerde CO₂ wordt verwijderd in een afscheider. Het gas wordt dan verder afgekoeld tot -55°C en geëxpandeerd tot 8-10 bar in een expansievat. Het gas heeft dan een temperatuur van ongeveer -110°C. In deze tank is een gas-vaste fase evenwicht.

Dit proces is een interessant proces als het eindproduct vloeibaar biomethaan is (LBM), de equivalent van vloeibaar aardgas. In dit geval werkt het koelingsproces voor de zuivering synergetisch met de verdere koeling tot LBM.

In Nederland heeft het bedrijf Gastreatment Services een systeem ontwikkeld nl. Gastreatment Power Package (GPP). Dit systeem kan biogas opschonen tot biomethaan.

Het kiezen van een bepaalde opschoningstechniek is een belangrijke keuze en hangt van verschillende factoren af. De keuze is afhankelijk van de biogassamenstelling en debiet van het biogas, maar ook de economische aspecten en de omgevingsaspecten zoals de aanwezigheid van warmte, elektriciteit) bepalen mee de keuze. De keuze kan ook onderworpen zijn aan ecologische overwegingen en ook het eindgebruik van het biomethaan spelen een rol.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende opschoningstechnieken met elk hun voor-en nadelen.

*Tabel 1: Vergelijking van verschillende biogas-opwerkingstechnieken (voor nieuwe biogasinjectie projecten, > 500 m³/h, energiegewassen, verschillende locaties (Bron: Dr. A. Schulte-Schulze Berndt, 2007; * aangepast door de resultaten van de technologie evaluatie door H. Vandeweyer et.al. uit BIOMETHAAN opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit)*

Attributie	Water scrubber	Selexol scrubber	Amine scrubber	PSA	Membranen	Cryogene scheiding
CH ₄ -verrijking	Hoog ++	Hoog ++	Hoog++	Hoog++	Laag-	*Hoog++
O ₂ /N ₂ -verrijking	Ja-	Ja-	Ja-	*Ja-	Ja-	*Ja-
CH ₄ -verliezen	Medium+/-	Hoog --	Laag ++	Medium +/-	Hoog --	*Medium +/-
Product gas droger vereist	Ja-	(Ja-)	Ja -	Nee +	Nee +	*Nee +
H ₂ S voor- of nabehandeling vereist	*Soms +/-	*Soms +/-	Ja-	Ja -	*Soms +/-	*Nee +
Pafgassen behandeling vereist	*Nee+	*Nee+	*Nee+	Nee +	*Ja -	* Nee +
Benodigdheden (energie, water, koelwater, chemicaliën)	*Hoog--	Hoog--	Hoog --	Medium +/-	*Laag ++	*Medium +/-
Energievraag	0.28 -0.4 kWh/m³ ruw gas	0.32 kWh/m³ ruw gas	0.42 - 0.52 kWh/m³ ruw gas	0.21 - *0.35 kWh/m³ ruw gas	0.5 - *0.14 kWh/m³ ruw gas	0.35 kWh/m³ ruw gas
Niveau van emissie (afvalwater, afgassen, afval)	Medium +/-	Laag +	Medium +/-	Laag +	Laag +	*Laag +
Investeringskost	Medium +/-	Medium	Hoog -	Medium	Hoog -	*Hoog -

		+/-		+/-		

Naast methaan en koolstofdioxide, kan biogas ook water, waterstofsulfide, stikstof, zuurstof, ammonia, siloxanen en deeltjes bevatten. De concentraties van deze verontreinigingen zijn afhankelijk van de samenstelling van het substraat waaruit het gas geproduceerd werd.

Water kan worden verwijderd door koelen, compressie, absorptie of adsorptie.

De concentraties H₂S in het biogas kan worden verminderd door precipitatie in de vergistervloeistof of door de behandeling van het gas ofwel in een aparte tank of tijdens het verwijderen van koolstofdioxide.

Zuurstof en stikstof kunnen worden verwijderd door adsorptie met actief kool of via moleculaire zeven of membranen. Ze kunnen ook deels worden verwijderd in de ontzwavelingsprocessen of in sommige biogas opwerkingsprocessen.

Werking: Mogelijke zuiveringstechnieken worden uitgebreid beschreven in:

http://www.iea-biogas.net/download/publi-task37/upgrading_rz_low_final.pdf

<http://www.iea-biogas.net/download/publi-task37/Biogas%20upgrading.pdf>

Input

Eisen aan de input: Indien ruwe biogas met minder dan 500 mg/m³ H₂S geen voorbehandeling nodig. Bij hogere concentraties, is voorbehandeling aanbevolen.

Hulpstoffen en energie: > 0,04 tot 0,33 kWh/Nm³, en afhankelijk van de gebruikte techniek ook warmte 0 – 0.7 kWh/NM³ (160°C)

Output

Producten: biogas met gelijkaardige kwaliteit als aardgas en/of geschikt als transportbrandstof .

Emissies: methaan (<1%-10%)

Rendement : methaanconcentratie in biomethaan(opgeschoond biogas) >96%

Kansen en belemmeringen: biogas opschoning is duur, maar levert zo wel de meest 'schone' (minst vervuilende) brandstof op (75% schoner dan diesel, en 50% schoner dan benzine)

Voor- en nabehandeling: zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie

Uitvoeringen: zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie

Typische schaalgrootte: zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie

Efficiëntie: methaanconcentratie > 96%-99%

Financieel: Investeringskost ca. 1,2 – 1,5 M€ (1.000 Nm³/u ruw biogas),
ca. 0,5 – 0,8 M€ (250 Nm³/u ruw biogas)

Operationele kosten: ca. 7 – 13 €/MWh (1.000 Nm³/u ruw biogas)

ca. 13 – 17 €/MWh (250 Nm³/u ruw biogas)

(Bron: Michael Beil, Uwe Hoffstede, ISET, Division Bio-energy Systems Technology "European Biomethane Fuel Conference", Göteborg/Sweden, 2009-09-09)

Operationele condities:

Parameter	PSA	Water scrubbing	Organic physical scrubbing	Chemical scrubbing
Pre-cleaning needed ^a	Yes	No	No	Yes
Working pressure (bar)	4–7	4–7	4–7	No pressure
Methane loss ^b	<3% / 6–10 % ^f	<1% / <2 % ^g	2–4 %	<0.1 %
Methane content in upgraded gas ^c	>96 %	>97 %	>96 %	>99 %
Electricity consumption ^d (kWh/Nm ³)	0.25	<0.25	0.24–0.33	<0.15
Heat requirement (°C)	No	No	55–80	160
Controllability compared to nominal load	+/- 10–15 %	50–100 %	10–100 %	50–100 %
References ^e	>20	>20	2	3

(Bron: Anneli Petersson, Arthur Wellinger; Biogas upgrading technologies – developments and innovations 2009)

Voor meer info zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie.

Mate van ontwikkeling: matuur, met nieuwe technieken in ontwikkelingen (zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie)

Nadere info installaties: zie bovenvernoemde pdf's voor uitgebreide informatie

Referentie: IEA Task 37