

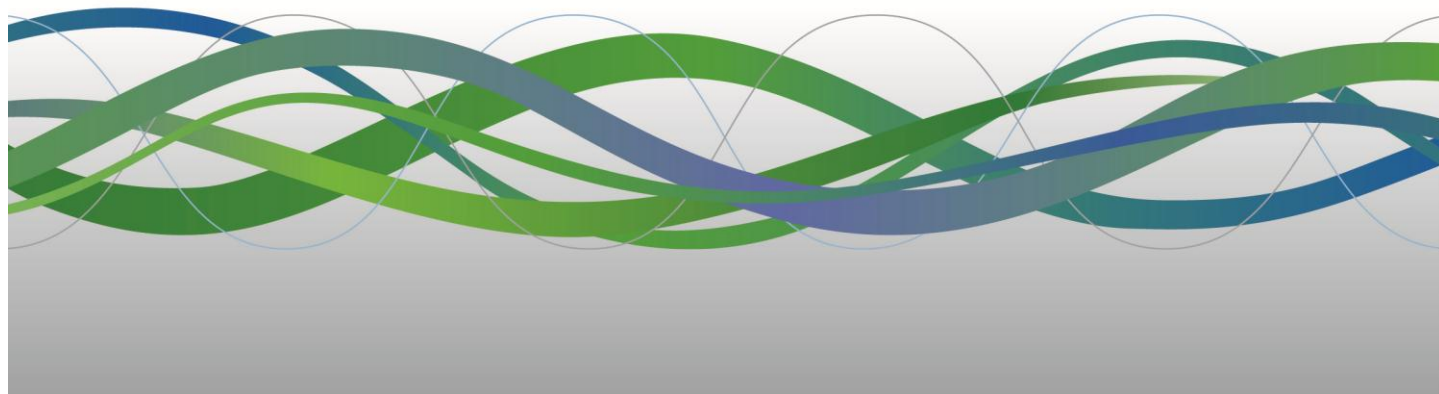
Rapport

GCS.13.R.23728-A

Greensafe

Risico-inventarisatie van microbiologische componenten in groengas

Groningen, 5 augustus 2013



GCS.13.R.23728-A

Greensafe

Risico-inventarisatie van microbiologische componenten
in groengas

Groningen, 5 augustus 2013

Auteur(s) Harm Vlap, Ria Bos - de Haan

In opdracht van Netbeheer Nederland



Auteur: Ria Bos- de Haan

Beoordeeld: Harm Vlap

27 bladzijden

Goedgekeurd: Ben Oudman

Copyright © 2013, KEMA Nederland B.V., Groningen, the Netherlands. All rights reserved.

It is prohibited to change any and all versions of this document in any manner whatsoever, including but not limited to dividing it into parts. In case of a conflict between the electronic version (e.g. PDF file) and the original paper version provided by KEMA, the latter will prevail.

KEMA Nederland B.V. and/or its associated companies disclaim liability for any direct, indirect, consequential or incidental damages that may result from the use of the information or data, or from the inability to use the information or data contained in this document.

The contents of this report may only be transmitted to third parties in its entirety and provided with the copyright notice, prohibition to change, electronic versions' validity notice and disclaimer

SAMENVATTING

Groengas uit vergisting bestaat voornamelijk uit kooldioxide (CO₂) en methaan (CH₄). Daarnaast kunnen -afhankelijk van de herkomst van het biomassa- micro-organismen, zoals schimmels, bacteriën en virussen in het gas voorkomen, die een risico kunnen vormen voor het gastransportnetwerk en de volksgezondheid. Om te kunnen garanderen dat er geen micro-organismen in het openbare net worden geïnjecteerd en er dus geen materiële- of immateriële gevolgschade kan ontstaan, wordt op dit moment in de "Aanvullende Voorwaarden RNB Groen Gas Invoeders (versie 14)" van de Nederlandse regionale netwerkbeheerders een HEPA filter, ter verwijdering van deze biologische componenten, verplicht gesteld.

Om te kunnen vaststellen of het transport en gebruik van groengas additionele risico's met zich mee brengt, zijn op een vijftal invoedingslocaties monsters van het ruwe biogas en het groengas voor en na het HEPA filter geanalyseerd. Tevens zijn een aantal aardgasstromen bemonsterd, om zo ook de vergelijking te kunnen maken met gas, dat reeds decennialang wordt getransporteerd en toegepast.

Op die locaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de aardgasleidingen zijn gemeten, zijn alleen Bacteriën en Eukarya aangetoond. Organismen, die behoren tot de groep Archaea zijn niet gevonden. Archaea staan vooral bekend om het feit dat zij in extreme omstandigheden kunnen overleven. Tevens behoren de organismen, die stalen leidingen aan kunnen tasten tot deze groep. De hoeveelheid aangetoonde organismen neemt van put tot pit toe. Hoewel niet uitgesloten kan worden dat aardgas van nature micro-organismen bevat, wijst deze toename van put tot pit er op dat de aanwezigheid van micro-organismen in het eindgebruikersgas het gevolg is van contaminatie van de gasleiding, ontstaan bij bijvoorbeeld werkzaamheden. De contaminatie bestaat dan naar alle waarschijnlijkheid ook uit in grond- en/of in water aanwezige micro-organismen.

Indien aardgas organisch materiaal bevat, biedt dit een voedingsbodem voor micro-organismen die door contaminatie in het netwerk terecht komen. Hierdoor kan het aantal micro-organismen toenemen. Er kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van micro-organismen, het gebruik van aardgas een potentieel, maar door het RIVM gering geschat, risico met zich mee brengt.

Op die groengaslocaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de biogasstromen zijn gemeten, zijn met name Archaea en Bacteriën aangetoond. Eukarya is voornamelijk aangetoond in ruwe biogasstromen, waarvan de vergister wordt gevoed met dierlijk materiaal. Dit ligt volledig in de lijn der verwachting, omdat alle hogere organismen –van eencellige gisten tot en met de mens- tot deze groep behoren.

Uit de resultaten is gebleken dat de mate van verwijdering van micro-organismen bij de onderzochte opwerkingstechnieken hetzelfde beeld geeft. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de resultaten onafhankelijk zijn van het type opwerking, dat wordt toegepast. Aannemelijk is dat de mate van reductie van micro-organismen in het biogas ten opzichte van het groengas (voor het HEPA filter) vooral veroorzaakt wordt door de droging van het gas. De organismen zullen bij voorkeur in de waterfase verblijven en daarom de gasfase verlaten tijdens het drogen.

Deze stelling is volledig in overeenstemming met informatie, die is verkregen van leveranciers van persluchtinstallaties voor operatiekamers. Hierin wordt gesteld dat contaminatie door micro-organismen wordt voorkomen bij dauwpunten, die lager zijn dan -26°C (bij 8 bar).

Om de aanwezigheid van micro-organismen in groengas te kunnen monitoren kan het waterdauwpunt als eerste indicatie worden gebruikt. De onderbouwing voor het gebruik van het waterdauwpunt als maat voor de hoeveelheid micro-organismen is nu echter nog niet inzichtelijk genoeg. Er dient vervolgonderzoek gedaan te worden naar de belasting van micro-organismen per druppel om zo te kunnen evalueren of voldoende organismen verwijderd zijn bij de specificaties die gesteld zijn ten aanzien van het waterdauwpunt.

Uit de literatuur en de door DNV KEMA gevoerde gesprekken met experts op het gebied van de microbiologie is gebleken dat er nog te weinig bekend is over de microbiologische samenstelling van het biogas. Tevens fluctueren de aantallen sterk en zijn er geen verbanden te ontdekken tussen de soorten en hoeveelheden micro-organismen en bedrijfsparameters van het vergistingsproces. Dit wordt onderbouwd met de metingen uit deze studie.

Vanuit risicoperspectief kan dan ook alleen van de meest ongunstigste situatie worden uitgegaan. In deze situatie werden naast Bacteriën ($3,9 \cdot 10^3$ cellen/ Nm^3) zijn ook Eukarya ($1,0 \cdot 10^3$ cellen/ Nm^3) in significante hoeveelheden aangetoond in groengas na opwerking. De door het RIVM voorgestelde norm, die is gebaseerd op de drinkwaternorm ($2,5$ cellen/ Nm^3), werd met een factor 2000 overschreden.

Er wordt aanbevolen om in de Aansluitvoorwaarden een filter te eisen, die deeltjes in de range $0,3\text{-}5$ μm , met een efficiency van 99,95% kan verwijderen. Uit de uitgevoerde testen is gebleken dat diverse commercieel verkrijgbare verwijderingstechnieken hieraan kunnen voldoen. Het eisen van een HEPA-filter (H14, 99,995%) is dan ook niet noodzakelijk, waardoor een significante kostenreductie mogelijk is.

Na plaatsing van een nieuw filter dient de installatie te worden gecontroleerd op lekkage. Uit de filtertesten is gebleken dat er in veel situaties lagere efficiencies zijn gemeten dan op basis van de leverancierspecificaties mocht worden verwacht. Uit nader onderzoek is gebleken dat dit in bijna alle situaties te wijten was aan lekkage langs het filtermedium.

SUMMARY

Green gas produced by means of the digestion process consists mainly of (CO₂) and methane (CH₄). Depending on the origin of the biomass, the gas may also contain micro-organisms such as moulds, bacteria and viruses, which could pose a risk to the gas transport network and to public health. To guarantee that no micro-organisms are injected into the public network and cause material or immaterial consequential damage, the "Supplementary Conditions RNB Green Gas Feed-in Providers (version 14)" of the Dutch regional network managers currently make it compulsory to use a HEPA filter to eliminate these biological components.

Samples of the raw biogas and the green gas before and after the HEPA filter are taken at five feed-in locations to establish whether the transportation and use of green gas involves additional risks. A number of natural gas flows are also sampled for comparison with gas that has already been transported and used for decades.

Only bacteria and eukarya have been identified at the locations where significant quantities of micro-organisms have been detected in the gas pipelines. No organisms in the Archaea group have been found. Archaea are mainly known for their ability to survive in extreme conditions. This group also includes organisms that can cause damage to steel pipelines.

The quantity of identified organisms increases in the process between the extraction of the gas and its end-use. Although it cannot be ruled out that natural gas naturally contains micro-organisms, this increase in the process from extraction to end-use shows that the presence of micro-organisms in the end-user gas is caused by contamination in the gas pipeline, resulting from work being carried out, for example. In these cases it is highly probable that that contamination consists of micro-organisms present in the soil and/or in water.

Natural gas containing organic material creates a breeding ground for micro-organisms that get into the network through contamination. This can cause an increase in the number of micro-organisms. The presence of micro-organisms creates a potential risk for the use of natural gas, but one which the RIVM regards as being slight.

Mainly bacteria and eukarya have been identified at the green gas locations where significant quantities of micro-organisms have been detected in the gas pipelines. Eukarya has been identified primarily in raw biogas flows for which the digester is fed with animal products. This is completely in line with expectations since all higher organisms - from single-cell yeasts to human beings - are included in this group.

The results have shown that the same image is presented in the extent to which micro-organisms are eliminated in the investigated refinement techniques. This justifies the conclusion that the results are independent of the type of refinement applied. It is fair to assume that the extent of the reduction of micro-organisms in the biogas compared to the green gas (before the HEPA filter) is caused mainly by the drying of the gas. The organisms will tend to remain in the water phase, and therefore leave the gas phase during the drying process.

This proposition is entirely in keeping with the information obtained from suppliers of compressed air systems for operating rooms. According to that information contamination by micro-organisms is eliminated at dew points lower than -26°C (at 8 bar).

The water dew point can be used as an initial indicator for the presence of micro-organisms in green gas. However the use of the water dew point as a measure of the quantity of micro-organisms has not yet been sufficiently substantiated. Further study into the load of micro-organisms per drop will need to be carried out to evaluate whether sufficient organisms are eliminated with the specifications set for the water dew point.

The literature and talks held by DNV KEMA with microbiology experts show that not enough is yet known about the microbiological composition of the biogas. The quantities fluctuate sharply and no links have been found between the types and quantities of micro-organisms and the operating parameters of the digestion process. This is borne out by the measurements taken in this study.

From a risk perspective, it is therefore only possible to assume the least favourable situation.

In this situation, in addition to bacteria ($3.9 \cdot 10^3$ cells/ Nm^3), eukarya ($1.0 \cdot 10^3$ cells/ Nm^3) were also found in significant quantities in green gas after refinement. The standard proposed by the RIVM, which is based on the drinking water standard (2.5 cells/ Nm^3), was exceeded by a factor of 2000. It has been proposed to stipulate in the connection conditions a mandatory filter that is able to eliminate particles in the range 0.3-5 μm at an efficiency of 99.95%. The tests have shown that various commercially available elimination techniques are able to meet this requirement. It is therefore unnecessary to require the use of an HEPA filter (H14, 99.995%), which places a significant cost reduction in reach.

The system will have to be checked for leakage after a new filter has been installed. The filter tests have shown that in many situations lower efficiencies have been measured than suggested by the supplier specifications. Further study has shown that this was attributed in virtually all situations to a leakage around the filter medium.

INHOUD

	Pagina
Samenvatting.....	3
Summary	5
1 Inleiding.....	8
1.1 Leeswijzer.....	9
2 Risico identificatie van microbiologische componenten	10
2.1 Uitvoering.....	10
2.1.1 Analyse	10
2.1.2 Testprogramma groengas.....	12
2.1.3 Testprogramma aardgas.....	13
2.2 Resultaten	13
2.2.1 Groengas	13
2.2.2 Aardgas	15
3 Risicobeoordeling	17
3.1 Huidige normstelling	17
3.2 Groengas	18
3.3 Aardgas	20
4 Beheersmaatregelen: Verwijderingstechnieken.....	21
4.1 Efficiency beschikbare filtertechnieken.....	21
4.2 Toepasbaarheid groengasinvloedingslocaties	22
4.2.1 Efficiency reeds toegepaste HEPA filters.....	22
4.2.2 Aandachtspunten: Handhaving en controle	22
5 Conclusies.....	23
6 Aanbevelingen	25
7 Referenties	27

1 INLEIDING

Groengas uit vergisting bestaat voornamelijk uit kooldioxide (CO₂) en methaan (CH₄). Daarnaast kunnen er verschillende sporencomponenten in het gas voorkomen. Deze sporencomponenten kunnen zowel van chemische- als van biologische aard zijn. In het ruwe biogas kunnen -afhankelijk van de herkomst van het biomassa- micro-organismen, zoals schimmels, Bacteriën en virussen voorkomen. Deze micro-organismen kunnen een risico vormen voor zowel het gastransportnetwerk, gasopslag als de volksgezondheid. [1]

Om te kunnen garanderen dat er geen micro-organismen in het openbare net worden geïnjecteerd en er dus geen materiële- of immateriële gevolgschade kan ontstaan, wordt op dit moment in de "Aanvullende Voorwaarden RNB Groen Gas Invoeders (versie 14)" van de Nederlandse regionale netwerkbeheerders een HEPA filter, ter verwijdering van deze biologische componenten, verplicht gesteld. [2]

Om te kunnen vaststellen of het transport en gebruik van groengas additionele risico's met zich mee brengt, zijn op een vijftal invoedingslocaties monsters van het ruwe biogas en het groengas voor en na het HEPA filter geanalyseerd. Tevens zijn een aantal aardgasstromen bemonsterd, om zo ook de vergelijking te kunnen maken met gas, dat reeds decennialang wordt getransporteerd en toegepast en waarvan de risico's verwaarloosbaar laag worden verondersteld.

Micro-organismen kunnen op verschillende manieren worden verwijderd. Sterilisatie en bestraling met ultraviolet (UV) licht zijn voorbeelden van reinigingstechnieken om micro-organismen te doden. Het probleem bij de toepassing van dergelijke technieken is echter dat de verblijftijd en temperatuur bepalend zijn voor het doden van een specifiek micro-organisme. Tevens hebben dergelijke technieken een energievraag, waardoor ze minder duurzaam zijn.

Van diverse verwijderingstechnieken is bekend dat zij in staat zijn om alle micro-organismen tot een bepaald niveau te verwijderen.[3] Deze staan bekend als zogenaamde 'absoluut filtertechnieken', waarvan de HEPA filters het meest bekende voorbeeld is. Uit onderzoeken op het laboratorium van DNV KEMA is gebleken dat dergelijke filters geschikt kunnen worden gemaakt voor drukken tot 10 bar. Wel dienen de filters te worden ingebouwd in een voor het filter geschikte drukvaste behuizing. Dergelijke behuizingen zijn echter groot en kostbaar. Vanuit de markt worden met enige regelmaat andere type filters aangeboden, die direct inzetbaar zijn bij hoge drukken. In hoeverre deze filters voldoende efficiency hebben is in dit project onderzocht. De resultaten van deze testen zijn opgetekend in rapport GCS 13.R.23755. [6]

1.1 Leeswijzer

Het project is opgesplitst in een tweetal onderwerpen. In hoofdstuk 2 zijn, op basis van de meetgegevens, de risico's geïdentificeerd van de microbiologische componenten. Hoofdstuk 3 bevat de beoordeling van het risico op basis van de risico-assessment, die met medewerking van het RIVM is uitgevoerd. De beheersmaatregelen en de toepasbaarheid in groengasvoedingslocaties zijn opgetekend in hoofdstuk 4. De conclusies en aanbevelingen zijn verwoord in de hoofdstukken 5 en 6.

2 RISICO IDENTIFICATIE VAN MICROBIOLOGISCHE COMPONENTEN

Biogas wordt geproduceerd in aanwezigheid van micro-organismen. De vraag rijst dan ook in hoeverre dergelijke organismen, bij groengasinjectie, mee kunnen komen en in hoeverre dit schadelijk is voor het transport- en distributienet, onderhoudspersoneel en eindgebruiker.

Alvorens het gas wordt ingevoed, heeft het al diverse reinigings- en opwerkingsstappen ondergaan. Of de micro-organismen tijdens deze stappen voldoende worden verwijderd dient uit onderzoek te blijken.

Om, tot die tijd dat meer informatie beschikbaar is, te kunnen garanderen dat er geen micro-organismen in het openbare net worden geïnjecteerd en er dus geen gevolgschade kan ontstaan eisen de Nederlandse netwerkbeheerders momenteel dat de invoedingsinstallatie is voorzien van een HEPA filter met een efficiency van 99,995%. [12]

Er is tot op heden nog te weinig informatie beschikbaar over de aanwezigheid van micro-organismen in biogas en groengas. Daarom is het niet mogelijk om met zekerheid iets te kunnen zeggen over de aanwezigheid van micro-organismen in groengas en of dit tot additionele risico's leidt. Om te kunnen bepalen of er werkelijk risico's verbonden zijn aan groengasinjectie in het openbare gasnet, dient een aantal gastromen te worden bemeten, waarbij de aantallen en soorten micro-organismen worden geanalyseerd. Deze micro-biologische analyses maken het mogelijk te beoordelen of de analyseresultaten locatie- of momentgebonden zijn. Hiertoe zijn op een vijftal invoedingslocaties monsters van het ruwe biogas, het groengas voor het HEPA filter en groengas na het HEPA filter geanalyseerd. Naast deze metingen zijn ook een aantal aardgasstromen bemeten, om zo ook te kunnen evalueren met welke soorten en hoeveelheden micro-organismen mensen al decennialang in contact komen bij vrije gasuitstroom.

2.1 Uitvoering

De gasstromen zijn door DNV KEMA bemonsterd en geanalyseerd door Bioclear. De gehele procedure van bemonstering en analyse is vooraf met het RIVM afgestemd. In 'Ontwikkeling methodiek om micro-organismen te samplen uit biogas' is het meetvoorschrift opgenomen. [7]

2.1.1 Analyse

Traditioneel worden micro-organismen gedetecteerd door ze te laten groeien op selectieve groeimmedia. Dit zijn methoden, die gebaseerd zijn op *Kolonievormende eenheden* (kve), *Most Probable Numbers* (MPN) of visuele beoordelingen van veranderingen (bijvoorbeeld) in kleur. Deze methoden hebben echter een aantal nadelen, waardoor ze niet- of minder geschikt bleken om voor dit project toe te passen.

De voornaamste reden hiervoor is dat de meeste micro-organismen niet groeien onder kunstmatige condities, omdat de juiste condities niet bekend zijn of niet nagebootst kunnen worden. Het percentage micro-organismen dat wel kan groeien, hangt af van de complexiteit van het monster en wordt meestal geschat op ongeveer 1%. [4]

De bioanalyse techniek, die in dit project is ingezet, heet de Quantitative Polymerase Chain Reaction (Q-PCR). Q-PCR is kweekonafhankelijk en maakt het daarom mogelijk micro-organismen aan te tonen, die anders niet detecteerbaar zouden blijven. De techniek wordt al meer dan 10 jaar gebruikt om micro-organismen te detecteren en te kwantificeren op basis van onderscheidende patronen op hun genetisch materiaal (DNA en/of RNA, een maat voor activiteit).

Q-PCR is gebruikt omdat hiermee nauwkeurige- en kwantitatieve resultaten kunnen worden verkregen. De analysemethodiek heeft een zeer groot dynamisch bereik, waardoor zowel 1 als 10^{12} micro-organismen kunnen worden aangetoond. Tevens is de methode geschikt voor routinematige monitoring van processen. De kwantitatieve resultaten worden online bepaald en vereisen daarom geen visuele interpretatie of telling. De resultaten zijn daarmee eenduidig en in hoge mate objectief.

De theoretische detectielimiet van Q-PCR is 1 cel. In de praktijk zal de detectielimiet variëren, ten gevolge van de afhankelijkheid van het type monster, de opwerking van monsters en het type analyse. Detectielimieten worden daarom altijd per monster en per analyse bepaald, door in elke reactie meerdere interne standaarden mee te nemen. De detectielimieten variëren daarom per monster en per analyse.

Verschillen in detectielimieten kunnen veroorzaakt worden door:

- Verlies van materiaal bij de opwerking van de monsters. Om de kwantitatieve bioanalyses uit te voeren moet het genetisch materiaal (DNA), dat in een monster aanwezig is, worden geïsoleerd en gezuiverd. Verschillende handelingen zijn nodig om het genetisch materiaal in zuivere vorm te scheiden van ander materiaal dat in een monster aanwezig is (zoals vaste stoffen, eiwitten, organische/anorganische stoffen, etc.). Bij elke handeling is het mogelijk dat genetisch materiaal verloren gaat. Hierop wordt gecontroleerd en gecorrigeerd door het gebruik van interne standaarden.
- Matrixstorings. Bepaalde componenten kunnen na zuivering van het genetisch materiaal achterblijven en de efficiëntie van de bioanalyse verminderen. Hierop wordt eveneens gecontroleerd en gecorrigeerd met interne standaarden.
- Voorkomen van vals positieve resultaten. In het materiaal zijn mogelijk componenten aanwezig, die in de Q-PCR reactie een signaal geven, maar niet te herleiden zijn tot het originele micro-organisme. Om ervoor te zorgen dat dit achtergrondeffect niet als een vals positief resultaat wordt gezien zijn veiligheidsmarges ingebouwd. Het signaal moet significant hoger zijn dan de achtergrondruis.
- Het bemonsterde volume. Hoe groter het bemonsterde volume dat in behandeling wordt genomen voor het uitvoeren van microbiële analyses, hoe lager de detectielimieten. Het bemonsteringsvolume is, in overleg met RIVM en Bioclear, gesteld op ca. 1 m^3 gas.

Zoals eerder gememoreerd, zijn de geïdentificeerde risico's die micro-organismen vormen, de potentie om ziekten te veroorzaken en de aantasting van het gasnet. Omdat in beide categorieën honderden verschillende soorten micro-organismen bekend zijn, is besloten binnen dit project in eerste instantie te kijken naar de aan- of afwezigheid van organismen in het algemeen.

Hiertoe zijn de volgende drie bioanalyses uitgevoerd:

- Totaal Bacteriën. Tot deze groep behoren onder andere Bacteriën die ziektes kunnen veroorzaken en Bacteriën die metalen (leidingen) kunnen aantasten.
- Totaal Archaea. Archaea zijn een aftakking van de Bacteriën. Deze groep micro-organismen staat vooral bekend om de extreme condities, waaronder ze kunnen overleven. Tot deze groep behoren onder andere Archaea, die metalen leidingen kunnen aantasten. Bovendien behoren tot deze groep Archaea, die verantwoordelijk zijn voor de productie van methaan in vergisters (de methanogenen).
- Totaal Eukarya. Eukarya zijn die organismen, waar alle hogere organismen toe behoren (van eencellige gisten tot en met de mens). Tot deze groep behoren Eukarya, die ziektes kunnen veroorzaken, zoals bijvoorbeeld schimmels.

Alle (micro-)organismen op aarde behoren tot één van de genoemde drie groepen. Door deze bioanalyses uit te voeren worden daarom praktisch alle bekende organismen in de analyses meegenomen.

2.1.2 Testprogramma groengas

De navolgende groengasinstallaties zijn bemeten:

- Locatie 1: Vergisting van hoog energetisch organisch materiaal;
- Locatie 2: Vergisting van reststromen uit de voedingsindustrie en dierlijke afvalstromen;
- Locatie 3: Vergisting van organische natte fractie;
- Locatie 4: Vergisting van GFT, snoeiafval en bermgras;
- Locatie 5: Vergisting van GFT, snoeiafval en bermgras.

Voor zover mogelijk, is op drie plaatsen in het proces bemonsterd:

- Ruw biogas, direct na de vergister;
- Groengas voor het HEPA-filter;
- Groengas na het HEPA-filter.

Om te kunnen beoordelen of de analyseresultaten locatie- of moment gebonden zijn, zijn de analyses twee maal uitgevoerd op een vijftal groengas productie-installaties.

2.1.3 Testprogramma aardgas

Een drietal aardgasstromen zijn van “put tot pit bemeten”, door op een vijftal plaatsen in het gasnet de hoeveelheden micro-organismen te analyseren:

- HTL (60+ bar);
- RTL (40 bar);
- GOS (begin distributienet, 8 bar);
- Distributienet (eind distributienet, 8 bar);
- Eindgebruiker (lage druk, 100 mbar).

Aardgasstroom 2 is op twee punten in het distributienet bemeten. Reden hiervoor is dat in een deel van dit gebied recentelijk onderhoudswerkzaamheden hebben plaatsgevonden. De metingen zijn gebruikt om aan te kunnen tonen of het gasnet micro-biologisch kan zijn vervuild door grond en/of grondwater.

2.2 Resultaten

In deze paragraaf zijn de resultaten per locatie weergegeven. Indien het resultaat vet is weergegeven is het resultaat positief, ofwel zijn er significante hoeveelheden micro-organismen aangetoond. De overige analyses (weergegeven met een “<” symbool) scoren negatief. Dit wil zeggen dat er geen micro-organismen in het monster zijn aangetoond of dat het gemeten aantal lager is dan de detectielimiet. Waar geen resultaat is genoteerd was geen bemonstering mogelijk.

2.2.1 Groengas

Navolgend zijn de meetgegevens van de vijf invoedingslocaties weergegeven.

Tabel 3.1: Groengaslocatie 1

Datum	Archaea (cellen/dm ³)			Bacteriën (cellen/dm ³)			Eukarya (cellen/dm ³)		
	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa
09/11/11	<0,41	<0,31	<0,31	<125	<57	<76	<0,41	<0,31	<0,31
17/12/12	<1,13	<0,58		8,8	3,9		<1,3	1,0	

Tabel 3.2: Groengaslocatie 2

Datum	Archaea (cellen/dm ³)			Bacteriën (cellen/dm ³)			Eukarya (cellen/dm ³)		
	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa
08/03/12	3165	<0,25	<0,26	4088	<11	68	<3,2	<0,25	<0,26
12/12/12	58	<0,61	<0,60	315	<0,61	2,1	28	<0,61	2

Tabel 1.3: Groengaslocatie 3

Datum	Archaea (cellen/dm ³)			Bacteriën (cellen/dm ³)			Eukarya (cellen/dm ³)		
	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa
29/06/12		<12	<12		<0,25	<0,25		<1,8	<1,8
14/12/12		<0,47	<0,47		<0,47	0,62		<0,47	<0,51

Tabel 3.4: Groengaslocatie 4

Datum	Archaea (cellen/dm ³)			Bacteriën (cellen/dm ³)			Eukarya (cellen/dm ³)		
	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa
25/09/12	5		<1,4	79		<1,4	<22		<9,6
06/12/12	13		<2	173		<2	1,9		<2

Tabel 3.5: Groengaslocatie 5

Datum	Archaea (cellen/dm ³)			Bacteriën (cellen/dm ³)			Eukarya (cellen/dm ³)		
	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa	Biogas	Voor Hepa	Na Hepa
31/05/12	<1,3	<0,73		<1,3	<0,73		<10	<5,2	
24/09/12	<0,78	<0,63	<0,78	2,4	<0,63	<0,78	<6,7	<4,4	<5,2

Op die locaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de biogasstromen zijn gemeten, zijn met name Archaea en Bacteriën aangetoond. Eukarya is in het bijzonder aangetoond in ruwe biogasstromen, waarvan de vergister wordt gevoed met GFT en/of dierlijk materiaal. Dit laatste ligt volledig in de lijn der verwachting, omdat alle hogere organismen –van eencelligen tot en met de mens- tot deze groep behoren.

Uit de resultaten van de metingen in de groengasstromen blijkt verder dat bij de onderzochte opwerkingstechnieken de mate van reductie van micro-organismen in het biogas ten opzichte van het groengas (voor het HEPA filter) hetzelfde zijn. Omdat micro-organismen bij voorkeur in de waterfase blijven is het aannemelijk dat de mate van reductie voornamelijk veroorzaakt wordt door droging van het gas. Deze aanname wordt door het RIVM zeer wel mogelijk geacht.

Slechts in één situatie worden micro-organismen in het groengas (voor HEPA) aangetoond. In deze situatie waren de analyses voor de groepen Bacteriën (3,9 cellen/dm³) en Eukarya (1,0 cellen/dm³) positief.

2.2.2 Aardgas

Navolgend zijn de meetgegevens voor de drie bemeten aardgasstromen weergegeven.

Tabel 3.6: Aardgas 1

Locatie	Datum	Archaea (cellen/dm ³)	Bacteriën (cellen/dm ³)	Eukarya (cellen/dm ³)
M&R (65 bar)	16/01/2013	<1,0	<1,0	<1,0
M&R (40 bar)	16/01/2013	<1,0	2	<1,0
GOS (8 bar)	19/12/2013	<0,72	140	<1,0
HAS (8 bar)	05/12/2012	<0,63	3,6	<0,63
HAS (100 mbar)	05/12/2012	<1,9	6,5	<1,9

Tabel 3.7: Aardgas 2a

Locatie	Datum	Archaea (cellen/dm ³)	Bacteriën (cellen/dm ³)	Eukarya (cellen/dm ³)
M&R (65 bar)	17/01/2013	<1,0	1,0	1,0
M&R (40 bar)	17/01/2013	<1,0	1,0	<1,0
GOS (8 bar)	04/12/2012	<1,3	<1,3	<1,3
HAS (4 bar)	04/12/2012	<0,89	3,5	3,2
HAS (100 mbar)	04/12/2012	<0,78	28	15

Tabel 3.8: Aardgas 2b

Locatie	Datum	Archaea (cellen/dm ³)	Bacteriën (cellen/dm ³)	Eukarya (cellen/dm ³)
GOS (8 bar)	03/04/2013	<0,9	1,8	<0,9
HAS (4 bar)	03/04/2013	<0,5	3,3	2,4
HAS (0,25 mbar)	03/04/2013	<0,7	1,3	<0,7

Tabel 3.9: Aardgas 3

Locatie	Datum	Archaea (cellen/dm ³)	Bacteriën (cellen/dm ³)	Eukarya (cellen/dm ³)
M&R (65 bar)	26/11/2012	<1,3	<1,3	<2,3
M&R (40 bar)	26/11/2012	<2,7	<2,1	<8,8
GOS (8 bar)	26/11/2012	<4,4	<3,4	<1,4
HAS (8 bar)	26/11/2012	<3,8	<3,0	<1,2
HAS (100 mbar)	26/11/2012	<8,7	21	<8,7

Op die locaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de aardgasleiding zijn gemeten, zijn alleen Bacteriën en Eukarya aangetoond. Organismen, die behoren tot de groep Archaea, zijn in de aardgasstromen niet aangetoond. De groep Archaea staat vooral bekend om het feit dat zijn onder extreme omstandigheden kunnen overleven.

Uit de meetresultaten van de aardgasstromen blijkt dat bij de drie onderzochte aardgasstromen het aantal organismen van put tot pit toeneemt. Het is aannemelijk dat dit het gevolg is van contaminatie van buitenaf. Veelal worden leidingonderdelen, voordat zij worden geïnstalleerd in het netwerk, blootgesteld aan omgevingsomstandigheden. Een voorbeeld is het verschil in de meetresultaten van locatie Aardgas 2a en 2b en het feit dat leidingen bij vervanging of nieuwbouw reeds dagen van te voren in het zand liggen. Tijdens de aanraking met zand, grond-of slootwater zullen organismen in het gasnet worden geïntroduceerd. Onder bepaalde omstandigheden zou er in de gasleiding groei en of biofilm vorming van micro-organismen kunnen plaatsvinden. In zulke gevallen, zou er een vermeerdering van de micro-organismen tijdens transport van het gas kunnen plaatsvinden.

3 RISICOBEOORDELING

3.1 Huidige normstelling

Het Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM) heeft in 2008 een risico assessment uitgevoerd naar het risico van de vrije uitstroom van groengas uit het openbare gasnet naar het publiek gerelateerd aan het geaccepteerde risico van drinkwater. Deze studie is uitgevoerd in opdracht van AgentschapNL .[5]

In de studie, zijn de volgende aannames gemaakt:

- Aardgas heeft de afgelopen decennia niet tot gezondheidsproblemen geleid en bevat dus geen pathogenen;
- De dosis-respons relatie (relatie tussen blootstelling en ziekte) voor groengas is 1. Alle micro-organismen, die in groengas aanwezig zijn, worden als pathogeen verondersteld;
- Het totale openbare gasnet bevat gemiddeld niet meer dan 20% groengas, dat afkomstig is van vergisting van organisch materiaal;
- Onverbrand gas komt vrij tijdens het ontsteken van de kookbranders. Het gemiddelde gasverbruik (voor koken) is 200 dm³/uur. De totale tijd van deze vrije uitstroom wordt geschat op 5 seconde/dag. Dit komt overeen met $(200 \cdot 5 / 3600 =) 0.28$ dm³/dag;
- Een gemiddeld persoon ademt 24 keer/minuut (1 keer/2,5 seconde). Het volume van één inademing is 1 dm³. Tijdens de vrije uitstroom (5 s) wordt 2 dm³ van het gas/lucht-mengsel geïnhaald;
- Het volume boven het kooktoestel is 1 m³ (1000 dm³). De fractie onverbrand groengas in het gas/lucht-mengsel, dat wordt geïnhaald is $(2 / [(0,28 \cdot 20\% / 100\%) + 1000] =) 0,002$;
- Er is geen toetsingsnorm voor groengas, daarom is het risiconiveau voor drinkwater toegepast. Hiervoor geldt dat de concentratie aan micro-organismen zo laag moet zijn, dat het gebruik van drinkwater resulteert in minder dan één infectie per 10.000 inwoners per jaar.

Het blootstellingsniveau van het geïdentificeerde risico kan worden berekend volgens:

$$N_{path} = C_{path} \cdot D \cdot V_{onv} \cdot \frac{C_{grngs}}{100\%} \cdot F_{inh} \quad [3.1]$$

Waarin:

N_{path} : aantal pathogene deeltjes in groengas (deeltjes/dag)

D : dosis-respons relatie (=1)

C_{path} : aantal pathogene deeltjes in groengas (deeltjes/dm³ groengas)

V_{onv} : vrije gasuitstroom (0,28 dm³ gasmengsel/dag)

C_{grngs} : gehalte groengas in het gasmengsel (=20%)

F_{inh} : geïnhaleerde fractie groengas (=0,002)

Vergelijking 3.1 kan worden vereenvoudigd tot:

$$N_{path} = C_{path} \cdot 1,12 \cdot 10^{-4} \quad [3.2]$$

De drinkwaternorm schrijft voor dat er maximaal 1 infectie per 10.000 mensen per jaar mag zijn, ofwel 1 (pathogeen) deeltje per 10.000 per jaar.:

$$1 = C_{path} \cdot 1,12 \cdot 10^{-4} \cdot 10.000 \cdot 365 \quad [3.3]$$

Hieruit volgt dat groengas $2,5 \cdot 10^{-3}$ deeltjes/dm³ (2,5 deeltjes/m³) mag bevatten.

3.2 Groengas

De mate, waarin eindgebruikers of onderhoudspersoneel via groengas aan micro-organismen kunnen worden blootgesteld, hangt af van wat voor soorten en hoeveelheid micro-organismen aanwezig daarin.

Zoals gememoreerd, komt de normstelling uit 2008. Recentelijk is door het RIVM bekeken in hoeverre deze relatief strenge norm kan worden versoepeld. Uit dit onderzoek is gebleken dat er voor het RIVM geen aanleiding is gevonden om af te wijken van de normstelling, die gebaseerd is op de drinkwaternorm.

De reden hiervoor is het gebrek aan informatie over de microbiologische samenstelling van het gas:

- Op basis van gesprekken, die door DNV KEMA zijn gevoerd met het RIVM en andere biologen, is gebleken dat er tot op heden geen verbanden zijn aangetoond tussen de aanwezigheid van de soorten en hoeveelheden organismen en de bedrijfsomstandigheden, zoals biomassa samenstelling en condities in de vergister;
- Met QPCR analysemethode wordt zowel dood- als levend materiaal gedetecteerd. De onderlinge verhouding dood-/levend materiaal is onvoorspelbaar. Tevens is er geen informatie over de verhouding schadelijke-/niet-schadelijke organismen in het gas samenstelling.

Het is niet aannemelijk dat het duurzaam geproduceerde gas alleen maar pathogene organismen kan bevatten, want dan zouden er immers geen micro-organismen aanwezig zijn, die voor het vergistingsproces essentieel noodzakelijk zijn. De aanname dat het gas 10-20% pathogenen bevat wordt door het RIVM als 'aannemelijk' verondersteld.

Naast de gassamenstelling dient er rekening te worden gehouden met de locatie van de groengasplant. De naaste omwonenden zullen volledig beleverd worden met groengas. Afhankelijk van de afname- en productiecapaciteiten, zal het gas verder de leiding in kunnen stromen. In hoeverre het acceptabel is dat de mogelijke graad van besmetting dichtbij de plant het hoogst is, is een punt van aandacht.

Wanneer met deze factoren rekening wordt gehouden, kan formule 3.1 worden herschreven tot:

$$N_{path} = C_{path} \cdot D \cdot V_{onv} \cdot \frac{C_{grngs}}{100\%} \cdot F_{inh} = C_{path} \cdot 1,12 \cdot 10^{-4} \quad [3.4]$$

Waarin:

N_{path} : aantal pathogene deeltjes in groengas (deeltjes/dag)

D : dosis-respons relatie (=0,2)

C_{path} : aantal pathogene deeltjes in groengas (deeltjes/dm³ groengas)

V_{onv} : vrije gasuitstroom (0,28 dm³ gasmengsel/dag)

C_{grngs} : gehalte groengas in het gasmengsel (=100%)

F_{inh} : geïnhalerde fractie groengas (=0,002)

Hieruit volgt ook eveneens een grenswaarde van 2,5 deeltjes/m³.

Op één van de bemeten groengaslocaties zijn significante hoeveelheden micro-organismen in groengas ('voor HEPA') aangetoond. Omdat er te weinig kennis is over de biologische samenstelling van het gas en uit de praktijk is gebleken dat deze sterk kan fluctueren, dient vanuit risico-benadering te worden uitgegaan van deze meest ongunstige situatie. De hoogste hoeveelheden zijn gemeten op groengaslocatie 1. Hier worden naast Bacteriën ($3,9 \cdot 10^3$ cellen/Nm³), ook Eukarya ($1,0 \cdot 10^3$ cellen/Nm³) in significante hoeveelheden aangetoond. De overschrijding van de RIVM norm is dan ook aanzienlijk: ($4,9 \cdot 10^3 / 2,5 =$) ca. 2000 maal. Vanwege de hoge overschrijding kan worden geconcludeerd dat de in-voeding van groengas in het aardgasnetwerk een potentieel hoog risico vormt voor de gezondheid.

Tevens is te weinig bekend over de samenstelling van de micro-organismen om de integriteit van het leidingnetwerk te waarborgen.

3.3 Aardgas

De mate waarin eindgebruikers of onderhoudspersoneel via aardgas aan schadelijke micro-organismen worden blootgesteld, is onderzocht. Met betrekking tot de concentraties aan micro-organismen in het aardgas kan worden gesteld dat deze in dezelfde orde van grootte –of hoger- zijn dan groengas. Microbiologische contaminatie van het gasnetwerk blijkt toe te nemen van ‘put tot pit’. Aan het begin van de gasleidingnetwerk ligt de concentratie onder de detectie-limiet, maar in het eindgebruikersgas zijn $(1,3 \cdot 10^3 - 28 \cdot 10^3)$ per m^3 bepaald. De hoeveelheid micro-organismen neemt dus toe van put tot pit. Hoewel niet uitgesloten kan worden dat aardgas van nature micro-organismen bevat, wijst deze toename van put tot pit er op dat de aanwezigheid van micro-organismen in het eindgebruikersgas het gevolg is van contaminatie van de gasleiding, ontstaan tijdens bijvoorbeeld werkzaamheden. De contaminatie bestaat dan naar alle waarschijnlijkheid uit in grond of in water aanwezige micro-organismen. Indien aardgas organisch materiaal bevat, biedt dit een voedingsbodem voor micro-organismen die door contaminatie in het netwerk terecht komen. Hierdoor kan het aantal micro-organismen toenemen. Er kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van micro-organismen, het gebruik van aardgas een potentieel, maar gering microbiologisch risico met zich mee brengt, dat door het RIVM als verwaarloosbaar wordt verondersteld.

4 BEHEERSMAATREGELINGEN: VERWIJDERINGSTECHNIEKEN

Om het risico van de overdracht van micro-organismen uit de vergister naar groengas te mitigeren, dienen er extra verwijderingstechnieken op een invoedingslocatie te worden toegepast.

Micro-organismen kunnen op verschillende manieren worden verwijderd. Sterilisatie, bestraling met ultraviolet (UV) licht en koeling zijn voorbeelden van dergelijke reinigingstechnieken. Het probleem bij de toepassing van genoemde technieken is echter dat de verblijftijd en temperatuur bepalend zijn voor het doden van een specifiek micro-organisme. Tevens hebben dergelijke technieken een energie-vraag, waardoor ze minder duurzaam zijn.

Van diverse commercieel verkrijgbare verwijderingstechnieken is bekend dat zij in staat zijn om deeltjes -ter grootte van micro-organismen- tot een bepaald niveau uit gas te verwijderen. Deze staan bekend als zogenaamde 'absoluut filtertechnieken', waarvan het HEPA filter het meest bekende voorbeeld is. Vanuit de gasbehandelingstechniek zijn echter ook andere filters en filtertechnieken bekend, die volgens opgave van de leveranciers, eveneens geschikt zouden zijn voor het afvangen van zeer kleine deeltjes.

4.1 Efficiency beschikbare filtertechnieken

Door DNV KEMA zijn diverse commercieel beschikbare verwijderingstechnieken getest op de efficiency en de toepasbaarheid op groengas invoedingslocaties. De resultaten van deze testen zijn opgetekend in rapport GCS 13.R.23755. [6]

In het onderzoek zijn acht verschillende filtermedia met bijbehorende behuizingen op het DNV KEMA laboratorium, onder gecontroleerde omstandigheden, getest. Tijdens de testen is informatie verkregen over de wijze waarop de efficiency afneemt naar aanleiding van drukpulsaties. Op basis van de resultaten is een kwantitatieve- en kwalitatieve analyse opgesteld.

De efficiency van een filter kan worden bepaald volgens:

Vergelijking 4.1

$$Efficiency\ filter\ (\%) = \left(1 - \frac{Aantal\ deeltjes\ na\ het\ filter}{Aantal\ deeltjes\ voor\ het\ filter}\right) * 100\%$$

Uit de groengasmetingen (ca. 5000 cellen/m³; paragraaf 2.2.1) en de door het RIVM gestelde norm (2,5/m³; paragraaf 3.1) volgt dat er, om te voldoen aan de drinkwaternorm, een filter benodigd is met een efficiency van tenminste 99,95%.

In rapport GCS 13.R. 23755 zijn filters gerapporteerd, die voldoen aan een efficiency van 99,95%. De andere filtermedia voldoen niet aan de drinkwaternorm, zoals door het RIVM is gesteld en zijn derhalve niet- of minder geschikt voor het borgen dat er geen micro-organismen in het gasnet worden geïnjecteerd. Wel is gebleken dat alleen een filter, met een voldoende rendement niet voldoende is. Na plaatsing van een filter in het filterhuis, dient te worden gecontroleerd of de afdichting voldoende is en er geen ongefilterde gasstroom langs het filter kan stromen.

4.2 Toepasbaarheid groengasinvoedingslocaties

4.2.1 Efficiency reeds toegepaste HEPA filters

Om te kunnen garanderen dat er geen micro-organismen in het openbare net worden geïnjecteerd, worden momenteel HEPA-filters toegepast. Echter, op twee invoedingslocaties is het geanalyseerde groengas monster na HEPA monster positief voor minimaal één van de drie groepen organismen (Bacteriën, Archaea en/of Eukarya). In beide gevallen was de detectielimiet van de groepen micro-organismen voor het HEPA filter erg laag en was het resultaat van de monsters voor alle groepen negatief. De verhoging van het aantal micro-organismen na het HEPA filter is mogelijk het gevolg van contaminatie van het filtermedium bij installatie of door de aangroei van een biofilm. Biofilms bestaan uit een gestructureerde gemeenschap van micro-organismen, die vastgehecht zitten aan een oppervlak en ingesloten zijn door slijm die ze zelf produceren

De effectiviteit van de reeds geplaatste HEPA filters in de groengasopwerkingsinstallaties is uit de meetresultaten niet te bepalen, vanwege het feit dat te weinig micro-organismen voor het HEPA filter zijn aangetoond of beide gastromen (voor en na) negatief waren voor alle groepen micro-organismen.

4.2.2 Aandachtspunten: Handhaving en controle

Uit de kwantitatieve- en kwalitatieve analyses en de resultaten van de filtertesten kan geconcludeerd worden dat controle en handhaving van de efficiency van essentieel belang is.

Aanbevolen wordt om bij het vervangen en/of schoonmaken van een filter te controleren of het filter juist is bevestigd is.

De werking van het filter kan alleen worden gecontroleerd door de deeltjesconcentratie in de restgasstroom te meten. Dit kan bijvoorbeeld worden uitgevoerd met behulp van een iso-kinetische monstername UV of deeltjesteller. Temperatuur en druk moeten regelmatig worden gecontroleerd. De drukval over het filter bepaalt wanneer de schoonmaakcyclus/vervanging moet worden gestart. Regelmatige inspectie van de filters is nodig voor controle op verslechtering van de filters en de behuizing. Bij de inbouw van een filterhuis dient rekening te worden gehouden met een goede toegankelijkheid van het filter.

5 CONCLUSIES

Op basis van de met Q-PCR verkregen meetresultaten is een indicatie verkregen van de aanwezigheid van micro-organismen in zowel groengas als aardgas. Op basis van deze meetresultaten en in nauw overleg met biologische experts, waaronder het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu (RIVM), zijn de additionele risico's van groengas afgeschat. Hierbij is aardgas, dat reeds decennialang wordt gebruikt en niet tot aantoonbare gezondheidsproblemen heeft geleid, als referentie genomen.

Op die locaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de aardgasleidingen zijn gemeten, zijn alleen Bacteriën en Eukarya aangetoond. Organismen, die behoren tot de groep Archaea zijn niet gevonden. Archaea staan vooral bekend om het feit dat zij in extreme omstandigheden kunnen overleven. Tevens behoren de organismen, die stalen leidingen aan kunnen tasten tot deze groep. De hoeveelheid aangetoonde organismen neemt van put tot pit toe. Hoewel niet uitgesloten kan worden dat aardgas van nature micro-organismen bevat, wijst deze toename van put tot pit er op dat de aanwezigheid van micro-organismen in het eindgebruikersgas het gevolg is van contaminatie van de gasleiding, ontstaan bij bijvoorbeeld werkzaamheden. De contaminatie bestaat dan naar alle waarschijnlijkheid ook uit in grond- en/of in water aanwezige micro-organismen.

Indien aardgas organisch materiaal bevat, biedt dit een voedingsbodem voor micro-organismen die door contaminatie in het netwerk terecht komen. Hierdoor kan het aantal micro-organismen toenemen. Er kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van micro-organismen, het gebruik van aardgas een potentieel, maar door het RIVM gering geschat, risico met zich mee brengt.

Op die groengaslocaties, waar significante hoeveelheden micro-organismen in de biogasstromen zijn gemeten, zijn met name Archaea en Bacteriën aangetoond. Eukarya is voornamelijk aangetoond in ruwe biogasstromen, waarvan de vergister wordt gevoed met dierlijk materiaal. Dit ligt volledig in de lijn der verwachting, omdat alle hogere organismen –van eencellige gisten tot en met de mens- tot deze groep behoren.

Uit de resultaten is gebleken dat de mate van verwijdering van micro-organismen bij de onderzochte opwerkingstechnieken hetzelfde beeld geeft. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de resultaten onafhankelijk zijn van het type opwerking, dat wordt toegepast. Aannemelijk is dat de mate van reductie van micro-organismen in het biogas ten opzichte van het groengas (voor het HEPA filter) vooral veroorzaakt wordt door de droging van het gas. De organismen zullen bij voorkeur in de waterfase verblijven en daarom de gasfase verlaten tijdens het drogen. Deze stelling is volledig in overeenstemming met informatie, die is verkregen van leveranciers van persluchtinstallaties voor operatiekamers. Hierin wordt gesteld dat contaminatie door micro-organismen wordt voorkomen bij dauwpunten lager dan -26°C (bij 8 bar). [8]

Uit de door DNV KEMA gevoerde gesprekken met experts op het gebied van de microbiologie is gebleken dat er weinig tot niets bekend is over de microbiologische samenstelling van het biogas. Tevens fluctueren de aantallen sterk en zijn er geen verbanden te ontdekken tussen de soorten en hoeveelheden micro-organismen en bedrijfsparameters van de vergister. Dit wordt onderbouwd met de metingen uit deze studie.

Vanuit risicoperspectief kan dan ook alleen van de meest ongunstigste situatie worden uitgegaan. In deze situatie werden naast Bacteriën ($3,9 \cdot 10^3$ cellen/ Nm^3) zijn ook Eukarya ($1,0 \cdot 10^3$ cellen/ Nm^3) in significante hoeveelheden aangetoond in groengas na opwerking. De door het RIVM voorgestelde norm, die is gebaseerd op de drinkwaternorm ($2,5$ cellen/ Nm^3), werd met een factor 2000 overschreden.

Om te kunnen voldoen aan de door het RIVM voorgestelde norm is een filter benodigd met een efficiency van minimaal 99,95% (range 0,3-5 μm). Uit de uitgevoerde testen is gebleken dat diverse commercieel verkrijgbare verwijderingstechnieken hieraan kunnen voldoen. Het eisen van een HEPA-filter (H14, 99,995%) is dan ook niet noodzakelijk, waardoor een significante kostenreductie mogelijk is.

6 AANBEVELINGEN

Op basis van de, middels Q-PCR uitgevoerde analyses is een indicatie verkregen van mogelijke microbiologische risico's. De uitgevoerde analyses geven immers aan dat micro-organismen in de geanalyseerde gasmonsters aanwezig zijn. Om te bepalen of de aangetoonde micro-organismen ook daadwerkelijk een risico vormen -doordat ze pathogeen zijn of doordat ze bio-corrosie kunnen veroorzaken- is het echter van belang om te weten welke soorten micro-organismen aanwezig zijn. Er zijn namelijk veel micro-organismen die geen risico vormen voor de mens of voor de integriteit van het aardgasnetwerk. Tevens zijn met de QPCR-analyses ook de dode cellen meegeteld, die geen infectieus materiaal bevatten. Om te bepalen welke soorten micro-organismen aanwezig zijn in de geanalyseerde monsters zou gebruik gemaakt kunnen worden van een methode om de dominant aanwezige soorten micro-organismen in de monsters te identificeren op basis van onderscheidende patronen op het genetisch materiaal.

Men dient zich echter wel af te vragen of dit vervolgonderzoek leidt tot een praktische beoordeling van het risico. De mate van identificatie hangt af van de aard van de aanwezige micro-organismen, waarbij het ook mogelijk is dat niet eerder geïdentificeerde organismen worden gevonden. In dit geval blijft het onmogelijk om te bepalen of de aangetoonde micro-organismen ook daadwerkelijk een risico vormen. Tevens kan een verandering in vergistingsomstandigheden, biomassa, temperatuur, pH, de samenstelling van de microbiologie veranderen. Het is dan ook onmogelijk dat door de onzekerheid van de microbiologie en de veranderende omstandigheden het risico verlaagd kan worden. Geadviseerd wordt om voor eventueel vervolgonderzoek gebruik te maken van de expertise van het RIVM.

Om de aanwezigheid van micro-organismen in groengas te kunnen monitoren zou het waterdauwpunt als eerste indicatie kunnen worden gebruikt voor de aanwezigheid van micro-organismen. Aannemelijk is dat de mate van reductie van micro-organismen in het biogas ten opzichte van het groengas voor HEPA, vooral veroorzaakt wordt door de droging. De organismen zullen bij voorkeur in de waterfase verblijven en daarom de gasfase verlaten tijdens het drogen.

De dauwpunttemperatuur is een maatstaf voor de hoeveelheid waterdamp in gas. Aangezien micro-organismen alleen overleven in een waterig milieu zou gesteld kunnen worden dat bij een laag dauwpunt geen micro-organismen kunnen overleven. De onderbouwing voor het gebruik van het waterdauwpunt als maat voor de hoeveelheid micro-organismen is nu echter nog niet inzichtelijk genoeg. Er dient vervolgonderzoek gedaan te worden naar de belasting van micro-organismen per druppel om zo te kunnen evalueren of voldoende organismen verwijderd zijn bij de specificaties die gesteld zijn ten aanzien van het waterdauwpunt.

Het verdient aanbeveling om een filter periodiek te vervangen. Deze frequentie is discutabel, maar eens per jaar –tijdens groot onderhoud- lijkt reëel. Tevens verdient het aanbeveling om de filters te vervangen na vocht- of condensaatdoorslag.

Na plaatsing van een nieuw filter dient de installatie te worden gecontroleerd op lekkage. Uit de filtertesten is gebleken dat er in veel situaties lagere efficiencies zijn gemeten dan op basis van de leverancierspecificaties mocht worden verwacht. Uit nader onderzoek is gebleken dat dit in bijna alle situaties te wijten was aan lekkage langs het filtermedium.

7 REFERENTIES

1. B. Vinnerås, C. Schönning, A. Nordin, Identification of the microbiological community in biogas systems and evaluation of microbial risks from gas usage, Science of the Total Environment 367 (2006) pag. 606-615, accepted 3 February 2006.
2. I Schoemaker (namens Netbeheer Nederland), Aanvullende Voorwaarden RNB Groen Gas Invoeders, versie D14.0
3. H. Vlap, Removal of micro-organisms by using HEPA filters, KEMA, GCS 10.M.20688, February 16 th,2010
4. A.de Vos-van Steenwijk, Microbiële analyses binnen het project “Greensafe”, 19 december 2012
5. R de Jonge, Risk assessment of microbiological Hazards in landfill gas and biogas, RIVM report, December 2008.
6. Vlap, Bos-de Haan, Greensafe - Onderzoek naar de toepasbaarheid van diverse commercieel verkrijgbare verwijderingstechnieken, DNV KEMA, GCS.13.R.23755
7. M. W. Massink, Ontwikkeling methodiek om micro-organismen te samplen uit biogas (Stageverslag), KEMA/Hanze hogeschool Groningen, 26 januari 2009
8. Parker Hannifin B.V., Documentatie microbiologische groei in persluchtleidingen.