



Adviesgroep AVIV BV
Langestraat 11
7511 HA Enschede

Interne veiligheidsanalyse biogasinstallaties

Project : 132558
Datum : 1 mei 2014
Auteurs : J. Heitink
 B.S. van Holten
Status : Eindrapport

Opdrachtgever:
RIVM
t.a.v. C.M.A.G. van Wiechen
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Samenvatting

Het voorliggende rapport geeft een overzicht van de interne veiligheidsaspecten van installaties waarin biomassa wordt vergist. Vergisting houdt kort gezegd in dat men bacteriën laat groeien op een voedingsbodem, meestal een restproduct. Bij de omzetting van de voedingsbodem produceren de bacteriën o.a. gasvormige producten: het biogas. Het aantal bedrijven met een (co-)vergistingsinstallatie in Nederland bedraagt ca. 250. Vrijwel in alle gevallen wordt met het biogas elektriciteit en warmte opgewekt door het gas te verbranden in een gasmotor. Ook kan worden gekozen voor productie van gas dat geschikt is voor injectie in het aardgasnet. Hiervoor is een extra scheidingsstap nodig om koolzuur en andere componenten af te scheiden. Het aantal installaties dat dit zogenaamde groen gas produceert is groeiende. Het merendeel van het vast/vloeibare eindproduct dat overblijft na het vergistingsproces (digestaat) wordt na ontwatering ingezet als meststof.

Vergisting is een biologisch proces. Dat betekent dat de bacteriepopulatie afgestemd moet zijn op het gebruikte co-product voor de vergisting (substraat) en dat de gasproductie niet zo maar aan of uitgeschakeld kan worden. Inspelen op de variabiliteit van de substraatkwaliteit en gasopvang tijdens processtoringen (bv. spanningsuitval) zijn dan ook de belangrijkste te beheersen processen voor een exploitant van een biovergistingsinstallatie. Storingen ontstaan bijvoorbeeld door stolling van substraat, grof materiaal, zuurvormende processen of transformatoruitval.

Biogas is brandbaar en toxisch. Naast arbeidsongevallen als beknelling en elektrocutie, die overal in de industrie voorkomen, zijn brand, explosie en vergiftiging typerende arbeidsveiligheidsrisico's voor zowel werkenden aan of in de nabijheid van vergistingsinstallaties als voor hulpverleners.

Biovergisting wordt in veel verschillende branches toegepast. Het risicobewustzijn van de exploitanten van vergistingsinstallaties loopt sterk uiteen, afhankelijk van de mate van professionalisering en de eigen incidenthistorie. De arbocatalogus van de afvalbranche biedt voor de activiteit composteren en vergisten een breed toegankelijk en toepasbaar basisinstrument voor de beheersing van arbeidsveiligheidsrisico's van vergistingsinstallaties.

De totaal opgebouwde bedrijfservaring in Nederland ligt in de orde van 1000 bedrijfsjaren. Dit is nog onvoldoende om betekenisvolle conclusies over arbeidsongevallen op te baseren. De ervaringsbasis in Duitsland is ca. 60 maal groter. Een eerste schatting van het aantal gewonden per 100000 werkenden per jaar wijst niet op een in negatieve zin van de industrie afwijkend beeld. Desalniettemin zijn er in de periode 2005-2013 bij arbeidsongevallen in Nederland en Duitsland 7 doden te betreuren geweest, waarvan 1 in Nederland. Vijf van deze zeven slachtoffers zijn gevallen ten gevolge van de vorming van H_2S in de substraatopslag en/of bij de menging van substraat.

Onderhouds- of reparatiewerkzaamheden hebben een aandeel van ca. 45% in de incidenten met een gasexplosie. De overige incidenten met explosies gebeuren tijdens regulier bedrijf. Branden ontstaan merendeels tijdens regulier bedrijf.(80%, tegen 20% bij onderhouds- of reparatiewerkzaamheden).

Incidenten met biogasinstallaties worden niet systematisch geregistreerd. De ongevallendatabase die in 2011 is opgezet door J. Middelkoop (Brandweer Amsterdam Amstelland) is voor dit onderzoek aangevuld tot en met 2013. Deze bevat nu 229 incidenten wereldwijd in de periode 2001-2013, waarvan 14 in Nederland en 162 in Duitsland.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Voorwoord.....	5
Begrippen- en afkortingen	6
1. Inleiding.....	7
2. Beschrijving populatie	9
3. Procesbeschrijving.....	13
3.1. Aanvoer en opslag	13
3.2. Vergisting	14
3.3. Opwerking	14
3.4. Productie	15
4. Procesveiligheid.....	16
5. Arbeidsveiligheid.....	23
5.1. Activiteit composteren en vergisten: risicogroepen en maatregelen/voorzieningen	23
5.2. Analyse incidentdata	26
5.2.1. Nederland	26
5.2.2. Duitsland.....	29
5.3. Samenvatting onderzoek vergistingsrisico's door S. Wesemann	31
5.4. Conclusies	33
6. Conclusies	34
Referenties.....	35
Bijlage 1 Geïnterviewde personen.....	37
Bijlage 2 Vergistingsrisico's of vergissing in risico's? een samenvatting	38

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd door AVIV in opdracht van het RIVM. Het RIVM heeft het onderzoek laten uitvoeren in opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Het onderzoek is begeleid door een begeleidingscommissie, bestaande uit:

S.C.A. Wiers	Ministerie SZW
V.M. Sol	RIVM
P.A.M. Heezen	RIVM

Daarnaast zijn bijdragen geleverd door een aantal materiedeskundigen uit het veld. Hiervoor zijn de onderzoekers hen zeer erkentelijk.

Maart 2014
J. Heitink
B.S. van Holten

Begrippen- en afkortingen

AWZI	Afvalwaterzuiveringsinstallatie
Digestaat	Restproduct vaste stof na vergisting, Na ontwatering vaak afgezet als mest.
GFT	Groente, fruit en tuinafval
FOS/TAC	FOS (Flüchtige Organische Säuren) het gehalte vluchtige organische zuren; TAC (Totales Anorganische Carbonat) het totale anorganisch carbonaat gehalte is een maat voor de zuur/base-buffercapaciteit van het substraat. De FOS/TAC-verhouding geeft een grove indicatie van de gezondheid van het biologisch proces in de reactor.
LEL	Lower explosion limit. Minimale brandstofconcentratie waarbij een gasmengsel nog kan ontsteken (onderste explosiegrens)
Mesofiel proces	Vergisting waarbij gebruikt wordt gemaakt van mesofiele bacteriën voor de productie van het biogas. Dit zijn bacteriën die optimaal groeien tussen 35 en 45 °C.
MEP	Milieukwaliteit van de Elektriciteitsproductie. Een subsidieregeling voor elektriciteitsproducenten met wind-, zon- en waterkracht en biomassa.
NRV	Non-return valve (terugslagklep)
ONF	Organisch natte fractie
RVO	Rijksdienst voor ondernemend Nederland
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SDE	Stimulering duurzame energie. Subsidieregeling die de productie van duurzame energie stimuleert.
SNG	Synthetic natural gas, aardgas geproduceerd door middel van chemische processen (vergassing).
Substraat	Voedingsbodem voor bacteriën, de grondstof voor de vergisting. Voor de invoer in de reactor zo homogeen mogelijk gemengd tot een zo constant mogelijke kwaliteit.
Thermofiel proces	Vergisting waarbij gebruikt wordt gemaakt van thermofiele bacteriën voor de productie van het biogas. Dit zijn bacteriën die optimaal groeien tussen 45 en 55 °C.
Torrefactie	Een milde vorm van pyrolyse (verhitting zonder zuurstof bij een temperatuur tussen circa 200 en 400 °C) waarbij de eigenschappen van biomassa worden veranderd (verkoling). De biomassa is dan na verdichting tot briketten geschikt als brandstof.
UPS	Uninterruptible Power Supply (noodstroomvoorziening)
VGI	Voedings- en genotsmiddelenindustrie

1. Inleiding

Vraagstelling onderzoek

Het centrum Veiligheid van het RIVM heeft AVIV gevraagd een actueel beeld te schetsen van de risico's op het gebied van arbeidsveiligheid en procesveiligheid bij biogasinstallaties. Een interne veiligheidsanalyse voorziet hierin.

Zowel vanuit de bouwers van installaties, de vergunningverleners, arbeidsinspecteurs als vanuit hulpverleners en onderzoekers is aandacht gegeven aan mogelijke arbeidsongevallen en gevolgen voor de externe veiligheid. Dit document vat de bevindingen samen met het accent op de arbeidsveiligheid.

Biogas

Er bestaan verschillende procedés om energie te winnen uit vaste en vloeibare producten van biologische oorsprong. Naast verbranding van biomassa (al dan niet na torrefactie) als bijstook in conventionele centrales is er vergisting en vergassing.

Bij vergassing wordt de biomassa onder hoge temperatuur in afwezigheid van zuurstof omgezet in syngas (waterstof en koolmonoxide) dat direct als brandstof kan dienen. Syngas kan ook gebruikt worden als grondstof voor de productie van biomethaan (SNG). Bio-SNG-installaties verkeren nog in een beginstadium van ontwikkeling.

Bij vergisting wordt de biomassa onder matige temperatuur (35-50 °C) bij atmosferische druk in afwezigheid van zuurstof door anaerobe bacteriën omgezet in een mengsel van voornamelijk koolzuur en methaan. De productie van biogas uit vergisting van verschillende (afval)stromen heeft de laatste 10 jaar een sterke groei doorgemaakt mede door de stimulering met subsidies (MEP en SDE¹). In Nederland zijn momenteel enige honderden vergistingsinstallaties in bedrijf.

Dit onderzoek beperkt zich tot installaties die bedoeld zijn voor biovergisting. Gasvorming treedt uiteraard ook spontaan op bijvoorbeeld bij opslag van kuilvoer, mestopslag en –menging. Die installaties worden hier niet beschouwd.

Leeswijzer

Om een beeld te geven van de risico's van een bepaald type installatie zijn gegevens nodig over

- De ervaringsbasis met het type installatie: aantal installaties of aantal installatiejaren
- Het proces en de technische componenten van de installatie en de optredende storingen
- De ongevallen en met name die waarbij mensen gewond zijn geraakt of erger.

Aan elk van deze gegevens is een hoofdstuk gewijd. Hoofdstuk 2 vat de beschikbare gegevens samen over de populatie van installaties. Hoofdstuk 3 beschrijft beknopt het technische proces van vergisting. Hoofdstuk 4 en 5 geven een overzicht van aspecten van procesveiligheid en arbeidsveiligheid. Hoofdstuk 6 sluit af met een aantal conclusies.

¹ Milieukwaliteit van de Elektriciteitsproductie (MEP) en Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)

2. Beschrijving populatie

De Rijksdienst voor ondernemend Nederland, het agentschap van het ministerie van Economische Zaken beheert de toekenning van subsidies voor duurzaam ondernemen. Op de website b-i-o.nl worden de vestigingen bijgehouden van bedrijven die energie winnen uit biomassa.

In Nederland zijn momenteel (januari 2014) 252 biogasinstallaties aanwezig afgezien van de 228 verbrandingsinstallaties [2]. De biogasinstallaties zijn onderverdeeld in de volgende groepen:

- Stortgasinstallaties, biogas uit gestort huisafval (41 stuks)
- RWZI/AWZI, biogas uit slib (82 stuks)
- Co-vergistingsinstallatie, biogas uit mest en co-substraat (105 stuks)
- VGI-vergistingsinstallatie, biogas uit reststroom/afvalstroom (13 stuks)
- GFT/ONF-vergistingsinstallatie, biogas uit groente-, fruit- en tuinafval (11 stuks)

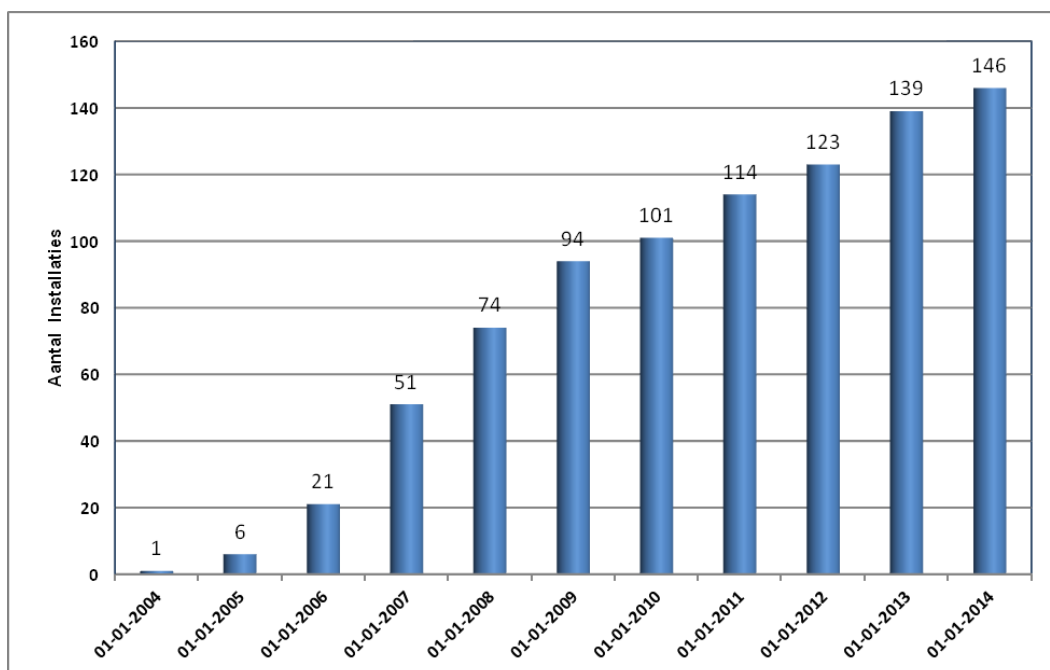
Diversiteit van installaties

Vergistingsinstallaties komen in zeer verschillende branches en op zeer verschillende schaalgroottes voor. De schaal varieert van een enkele boerderij-installatie tot de vergisting van een specifieke industriële afvalstroom van een chemisch proces. Dit gaat uiteraard gepaard met verschillen in werkwijzes, professionalisering, opleiding en training e.d. De voedingstroom varieert van zuiveringsslib, stortafval, bermgras, VGI, GFT, drijfmest, mais, tarwe, suikerbiet, (pulp), afvalloof aardappelen, tot afvalwater van bierproductie, papierproductie, aardappelproducten, suikerbietenverwerking, ziekenhuisafval als etensresten, po's en urinalen [1, 3].

De biogasproductiviteit varieert van 0.91 tot 3.44 Nm³ gas per m³ vergistervolume per dag dat wordt gewonnen uit 1.25 tot 5.14 kg organische stof per dag [13].

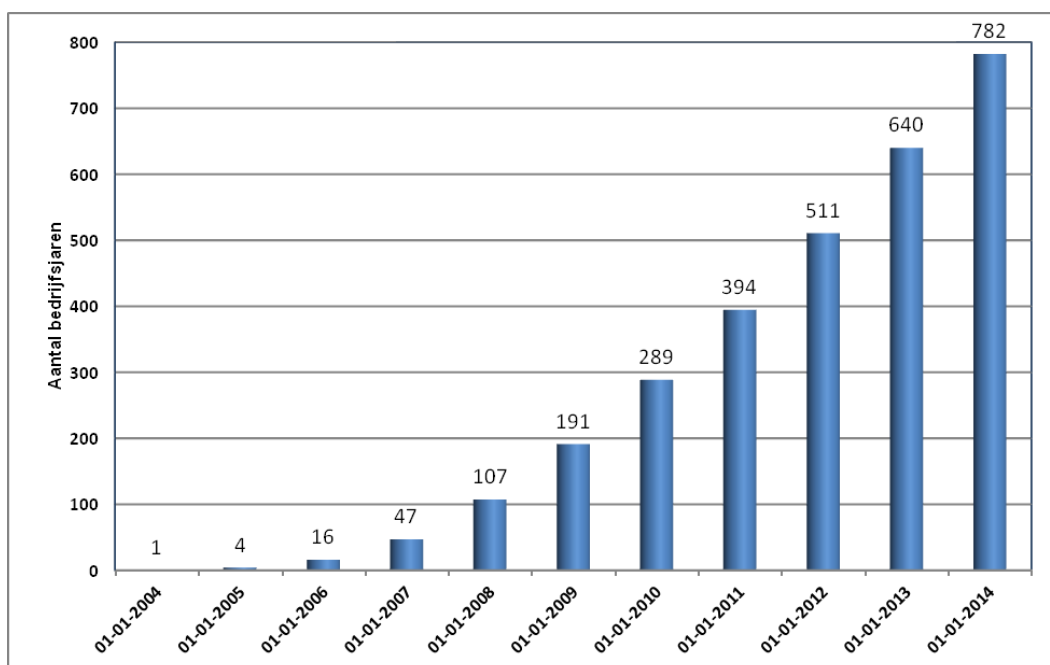
Groei aantal vergisters in Nederland

Figuur 1 toont, op grond van door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) ter beschikking gestelde subsidiedata (MEP en SDE) het cumulatieve aantal biogasinstallaties met covergisting in Nederland. Te zien is dat het huidige aanbod van vergisters voornamelijk tot stand is gekomen na 2005. Tussen 2005 en 2008 is een groot aantal nieuwe vergisters gebouwd. De groei stagneert in 2008 en 2009. In 2010 is er weer enige opleving te zien. Van het aantal vergisters in Nederland (peildatum 2010) is 86% op landbouwgrond gerealiseerd, 12% op industriële grond en 2% op andere gronden. [13]



Figuur 1. Aantal (co-)vergistingsinstallaties in Nederland (dit betreft alleen de installaties die met MEP of SDE subsidie zijn gebouwd [2])

Figuur 2 toont op grond van de datum van in gebruikname een schatting van het aantal bedrijfsjaren ervaring met covergistingsinstallaties in Nederland.



Figuur 2. Aantal bedrijfsjaren ervaring in Nederland, indicatief [2]

Ontwikkelingen in de markt

De realisatie van nieuwe biogas-installaties in de agrarische sector is sinds 2008 sterk gedaald. Oorzaken die genoemd worden zijn het eindigen van MEP-subsidie, sterke stijging van de kostprijs van het co-substraat, wisselende kwaliteit van het co-substraat, daling van de opbrengst van de opgewekte energie en het beheersen van het vergistingsproces dat complexer blijkt dan verwacht. Het is in de meeste gevallen daarom niet (meer) rendabel voor agrarische bedrijven een biogas-installatie op te zetten. Van de bestaande biogas-installaties bij de agrarische bedrijven kan het overgrote deel maar net de kosten van het voeren van de installatie dekken met de opbrengsten of lijdt verlies. Een deel weet door schaalvergroting wel winstgevend te zijn. [13]

Voor bedrijven die een eigen afvalstoffenstroom hebben, welke geschikt is voor vergisting, kan het hebben van een biogas-installatie wel rendabel zijn. Voorbeelden hiervan zijn producenten van voedingsmiddelen zoals aardappelproducten en suiker. Het voordeel van deze bedrijven is dat een groot deel van de door hun geproduceerde afvalstoffen kan worden omgezet in biogas, warmte en elektriciteit. Het digestaat/eindproduct is na behandeling veelal geschikt als meststof.

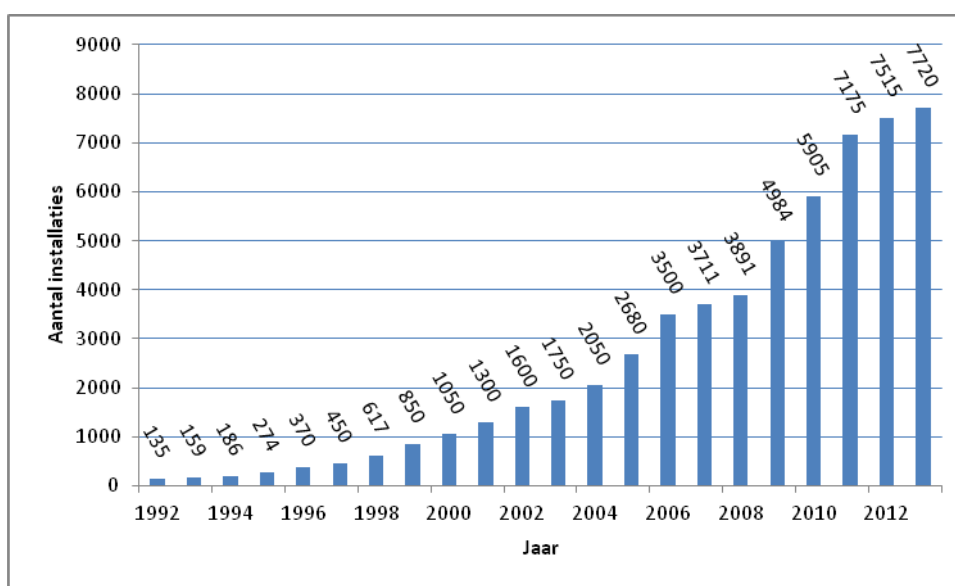
Ontwikkelingen in de tijd zijn schaalvergroting (vooral in de agrarische sector) en een verschuiving van de agrarische sector naar de industriële sector (benutting reststromen door de industrie zelf). Het gemiddeld geïnstalleerd elektrisch vermogen is afhankelijk van het bouwjaar getoond in tabel 1.

Bouwjaar	Gemiddeld elektrisch vermogen (kW)
Voor 2005	557
2005 en 2006	838
2007 en 2008	1287
Na 2008	1986

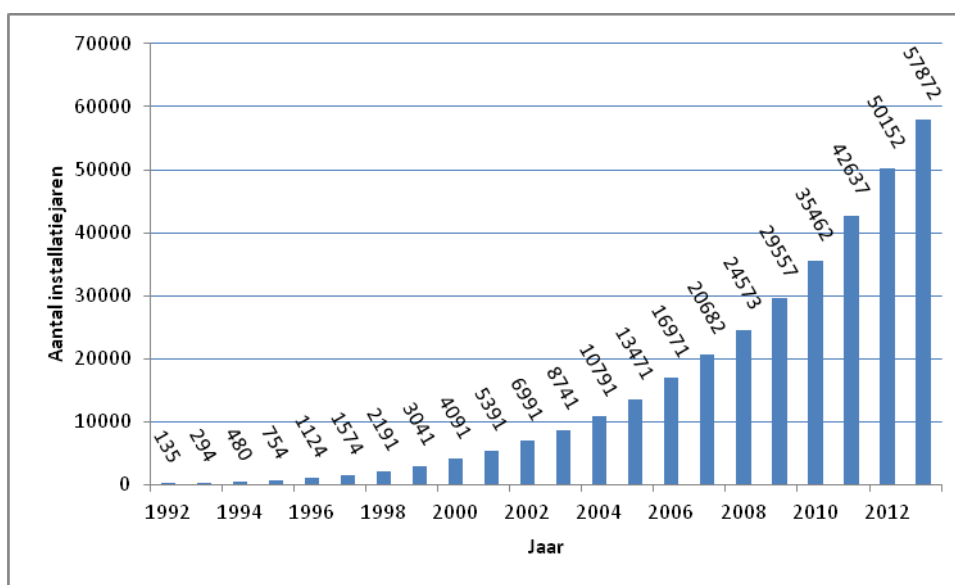
Tabel 1. Gemiddeld geïnstalleerd elektrisch vermogen [13]

Duitsland

Omdat over de installaties in Duitsland de meeste gegevens beschikbaar zijn en van geen van de andere landen een overzicht van zowel ongevallen als ervaringsjaren beschikbaar is, geeft figuur 3 de ontwikkeling van de aantallen vergistingsinstallaties in Duitsland. Figuur 4 toont op dezelfde wijze als bij de Nederlandse situatie een schatting van het totaal aantal bedrijfsjaren ervaring.



Figuur 3. Ontwikkeling aantal vergistingsinstallaties in Duitsland [21]

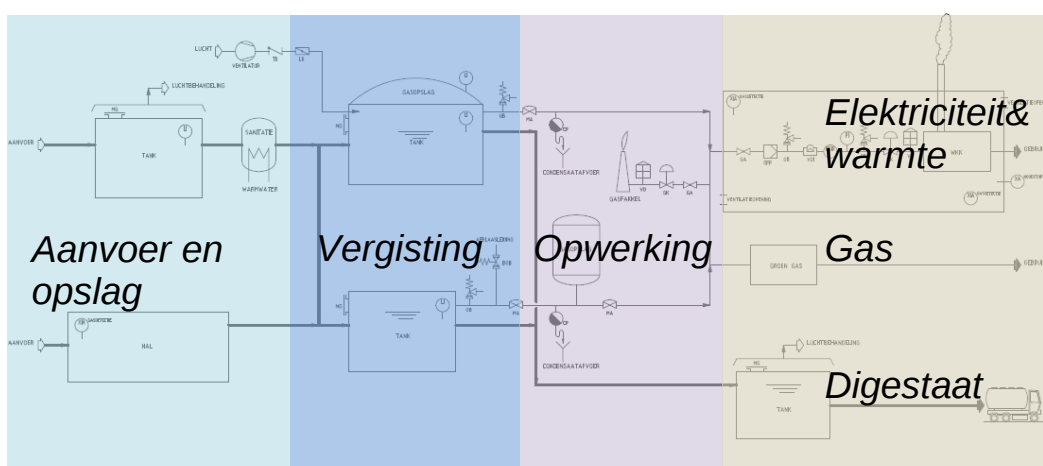


Figuur 4. Ontwikkeling aantal bedrijfsjaren ervaring met vergistingsinstallaties in Duitsland (indicatief) [21]

3. Procesbeschrijving

Figuur 5, ontleend aan [4] geeft een algemeen procesflowdiagram van een vergistingsinstallatie. Er zijn vier secties te onderscheiden:

- Aanvoer en opslag
- Vergisting
- Opwerking
- Productie van elektriciteit&warmte en/of gas en digestaat



Figuur 5. Proces flow diagram biovergisting [4]

Globale procesbeschrijvingen zijn o.a. te vinden in [13], [19] en [18]. Hieraan is onderstaande beschrijving grotendeels ontleend.

3.1. Aanvoer en opslag

Aanvoer, opslag en conditionering van de te vergisten grondstoffen. Dit kunnen vloeibare of vaste producten zijn. Voorbeelden zijn GFT, weislib uit de zuivelindustrie, rioolslib, frituurvet uit de aardappelindustrie.

De aanvoer kan geschieden per tankauto/vrachtauto, per spoorketelwagon, schip of buisleiding.

De opslag kan bestaan uit betonnen bakken, silo's, vloeistoftanks, containers e.d. In een agrarische vergister bestaat tenminste 50% van het substraat uit mest, het overige deel is cosubstraat b.v. maaisilage, afvalloof of bermgras. Het cosubstraat is noodzakelijk omdat het biogaspotentieel van mest relatief laag is. Is het aandeel van mest in tonnen ca. 43% van het aanbod, in biogasproductie is het mestaandeel slechts 10% [13].

De conditionering bestaat uit bewerkingen als mengen, malen, versnijden, zeven (homogenisering en deeltjesgrootteverkleining), hygiëniseren en hydrolyse. Door vermenging van vloeibare en vaste fracties wordt een verpompbare massa verkregen met het juiste watergehalte. Voor transport door de installatie worden meestal (ca. 80%) verdringerpompen ingezet (wormpompen, vijzels).

Methaanproductie in de opslagsectie is er niet of nauwelijks en wordt zoveel mogelijk onderdrukt. Eventueel vrijkomende CO₂ (broei, hydrolyse) wordt meestal niet

afgevangen. Controle op temperatuur en samenstelling, m.n. pH is belangrijk om de condities constant zo te houden. Processtoringen komen voor een niet verwaarloosbaar deel voort uit onvoldoende beheersing van de kwaliteit en conditie van het ingevoerde substraat, zie ook hoofdstuk 4.

3.2. Vergisting

De meeste installaties hebben één of meerdere hoofd- en navergisters. In de vergisters wordt het biogas geproduceerd. Het biogas bestaat uit een mengsel van ca. 60% methaan en 40% koolzuur. Daarnaast kunnen afhankelijk van het substraat en de reactiecondities zwavelwaterstof, ammoniak, zuurstof en stikstof aanwezig zijn [11]. Gas gewonnen in rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft ongeveer dezelfde samenstelling. Stortgas kan hiervan verschillen, afhankelijk van het substraat (meer gechlloreerde koolwaterstoffen).

Omdat de navergister gedeeltelijk dienst doet als digestaatopslag is het volume van de navergister met name bij de kleinere installaties groter dan het volume van de hoofdvergister.

De vergister bestaat meestal (90%) uit een cilindrische vaak betonnen tank met een volume van 1000-2000 m³. De hoogte is 5-7.5 m, de diameter 15-20 m, maar ook hogere en bredere uitvoeringen komen voor. Hij wordt bedreven als een geroerde batch reactor. De overige vergisters zijn propstroomreactoren, waarbij de reactiezone zich door de reactor heen beweegt en de verblijftijd in de reactor meer uniform is.

In de vergister wordt het substraat gemengd (roerders en/of pompen) en verwarmd tot ca. 40 °C (39 °C mesofiel proces, 50 °C thermofiel proces). De verblijftijd in de hoofd- en navergister is ca. 50 dagen. De benodigde proceswarmte wordt geproduceerd bij het verbranden van het biogas in de gasmotor. De overdruk in de vergister is laag, ongeveer 25 mbar. De vergisters zijn voorzien van een drukontlastingsventiel bij overdruk (meestal dubbel uitgevoerd mechanisch en hydraulisch) en een vereveningsventiel voor onderdruk. De biogasproductiviteit is gemiddeld 2.8 Nm³ biogas per dag per m³ volume van de hoofdvergister die gewonnen wordt uit 3.71 kg organische stof.

Het gas wordt in de vergister opgevangen door hem af te dekken met een gasdicht folie. Het folie is meestal dubbel uitgevoerd en wordt ondersteund door lucht in de ruimte tussen de folies te blazen.

Om de H₂S vorming te beperken kan ijzerslib, ijzerchloride of ijzerwater worden toegevoegd. Biologische ontzwaveling kan worden bereikt door injectie van kleine hoeveelheden zuurstof. Wanneer de gasruimte van de vergister zelf als opslag dient (interne gasopslag), is een houten vloer of gaaswerk ingebouwd als scheiding en om zwavelbacteriën op te laten groeien. Externe ontzwaveling door middel van een aparte kolom komt ook voor.

3.3. Opwerking

In de opwerkingssectie worden het gas en digestaat nabehandeld. Het gas wordt gekoeld, water gecondenseerd, zwavel verwijderd om corrosie verderop in het proces te voorkomen. Gas wordt opgeslagen in een tussenbuffer (externe gasopslag, gaszak) om aan de gasmotor of aan het gasnet continu te kunnen leveren. In de digestaatopslag kan eventueel nog wat gas gewonnen worden.

3.4. Productie

Elektriciteit en warmte

Het biogas wordt direct verbrand in een gasmotor. Elektrisch vermogen en warmte wordt geproduceerd en meestal deels in het eigen proces gebruikt (reactorverwarming). De biogasmotoren worden in een geluidwerende omhulling geplaatst en meestal door gespecialiseerde firma's onderhouden. Van de na 2008 gebouwde installaties heeft meer dan de helft een elektrisch vermogen groter dan 1000 kW [13].

Groen gas

Het gas kan ook worden opgewerkt tot aardgaskwaliteit en aan het aardgasnet worden gevoed. In dat geval kan de koolzuur worden afgescheiden, opgevangen en verhandeld. Naast gasopslag is dan een opslagtank (gekoeld) koolzuur aanwezig.

Digestaat

Het digestaat wordt rechtstreeks afgevoerd (tankauto) of opgeslagen. Bij opslag wordt het nabewerkt (gedroogd) en resulteert een droog product. Om geurproblemen te voorkomen wordt het nog geproduceerde gas opgevangen. Als het in het buitenland (in de praktijk voornamelijk Duitsland) wordt afgezet dient het nog gehygiëniseerd te worden (verwarming tot 70 °C). Ontwateren gebeurt door persen, centrifugeren gevolgd door drogen. Zowel de dikke fractie, de dunne fractie, als (gezuiverd) water worden afgezet als eindproduct.

4. Procesveiligheid

Essentieel voor het bedrijven van een biogasinstallatie is het omgaan met variabiliteit in de aan- en afvoer. De vergisting is immers een biologisch proces dat het stabielst verloopt bij een constante doorstroom en kwaliteit. Wanneer een verstoring optreedt is de gasproductie niet direct te stoppen, sterker nog het is van belang voor het behoud van de biologie het proces op gang te houden. Dat betekent dat het geproduceerde gas tenminste enige uren moet worden opgevangen, de stofstroom op gang moet worden gehouden, de verwarming van het systeem moet doorgaan enz. Wanneer de buffercapaciteit van het geproduceerde gas vol is, wordt het noodgedwongen geloosd naar de buitenlucht, bij voorkeur via een fakkel.

De door OWS uitgevoerde evaluatie van de vergisters in Nederland [13 en 23] somt de volgende ervaringen met storingen in de procesvoering op:

- Bezinklagen zijn onvermijdelijk, deze zijn (tijdelijk) te voorkomen met mixers. De bezinklaag is vaak alleen te verwijderen na het openen van de reactor. Verwijdering dient uit economische overwegingen (beperken stilstand) bij voorkeur gecombineerd te worden met revisie van de motoren van de mixers.
- Houten dakconstructies in de vergisters, bedoeld voor de aangroei van biozwavel door zwavelbacteriën, gaan veelal rotten. Bezijken van de houten constructie leidt tot extra H_2S vorming.
- Te weinig verwarmingscapaciteit bij winterse omstandigheden. Isolatie van tanks en leidingen en tijdig verwijderen van de bezinklagen zijn van belang om dit te voorkomen.
- Lekken in de gaskappen bijvoorbeeld ten gevolge van een storm. Een dubbel uitgevoerd membraan geeft een meer betrouwbare gasdichtheid.
- Bevriezen van de systemen voor drukontlasting van de vergister. Blokkeren van de drukontlasting is te voorkomen met tijdig onderhoud en gebruik van antivriesmiddelen.
- Blokkeren/slijtage van doseerschroeven en doseerpompen door grof materiaal in het substraat of een lage zuurgraad van het substraat (maissilage heeft b.v. een pH-waarde 4).
- Slechte werking van de mixers (o.a. ten gevolge van problemen met bedrijfszekerheid, corrosiegevoeligheid en vastlopen door lange vezels).
- Verstopping leidingen door lage temperatuur (waardoor vetten gaan stollen). Dit kan worden voorkomen door leidinglengtes zo klein mogelijk te houden.
- Bij digestaatontwatering (met een pers) ontstaat schade aan filterdoeken.
- Gasmotoren: blijken storingsgevoelig en hebben hoge onderhoudskosten (bij onderhoud door een externe partij).
- Uitval ventilator noodkoeling van de gasmotor leidt tot afschakelen motor.
- Bij motoruitval is er meestal slechts enkele uren buffertijd voor het geproduceerde gas. Wanneer de buffercapaciteit is bereikt, is afblazen of affakkelen naar de buitenlucht nodig.

- Digestaat ontwateren met polymeer heeft hoger rendement, maar is complex en storingsgevoelig.
- Drijfslagen door samenkoeken floterende vezels in de navergisters zijn te voorkomen met in hoogte verstelbare mixers, maar detectie van drijfslagen is lastig.
- Schuimvorming is soms een probleem (zelden in NL), maar als het optreedt is het zeer hardnekkig.
- Vaak is maar één voedingspomp aanwezig zeker voor het co-product. Zelden is een reservepomp voorhanden. Reserveonderdelen zijn soms aanwezig.
- Een noodstroomvoorziening is niet altijd aanwezig.
- Bij stroomuitval ontsteekt ook de fakkel niet, dit leidt tot emissies en geuroverlast.

Voor dit onderzoek zijn de in de literatuur beschreven processtoringsen ingedeeld naar de in hoofdstuk 3 beschreven secties: aanvoer en opslag, vergisting, opwerking en productie. Gebruik is gemaakt van [13 en 23], de incidentbeschrijvingen (bij dit rapport behorend databestand), storingsanalyses, (bewerkte bedrijfsinformatie) een brandweerpublicatie [18] en de veiligheidsvoorschriften en -informatie van de beroepsorganisatie in Duitsland [19, 24]. Bij de storing zijn de in de literatuur aangetroffen maatregelen genoemd, die de storing voorkomen (Lines of Defense), dan wel is een aanvullende opmerking genoteerd.

Processtoring- /veiligheidsaspect	Aanvoer en opslag	Vergisting	Opwerking	Electriciteit, gas en digestaat	Line of defense (LOD)
Chemicaliën op de huid	Viscositeit substraat, pH				Gelaatscherm, handschoenen, ademfilter
Stabiliteit ondergrond	Verankering/fundering silo's	Verankering/fundering	Verankering/fundering		Ontwerp, bouwvergunning
Beknelling	Snijden/knellen (verlichting)				
Corrosie	pH substraat	pH en vochtgehalte	pH en vochtgehalte	H2S corrosie	Materiaalkeuze, kwaliteitsbewaking biogas, Sterkte en stabiliteit draagconstructies berekenen en toetsen
Werken in besloten ruimtes	Onderhoud/schoonmaak	Roerder storing of breuk Onderhoud/schoonmaak	Pompput condensaat		Sensor/PBM/toegang vergister met hoogwerker/procedures onderhoud en reparatie
Brand/explosie	Onderhoud/lassen/slijpen /broei	Lucht in reactor of leiding Vervanging dompelmixers, Zwavelvorming op betondeksel Drukopnemers voor niveaumeting als ontstekingsbron	Afblaasontsteking, gasophoping lage delen (kelder, condensaatput)	Gas in motorruimte, schakelkast, hete uitlaat tegen brandbare constructiedelen, Ondeugdelijke aarding	Voorlichting, training, werkinstructie Ex-zonering ATEX, apparaateisen Ventilatie LEL meting en -alarm: onderhoud en calibratie Detectoren niet in luchtstroom plaatsen Denk aan mogelijke ontmenging (methaan boven, CO ₂ onder) Stroomloos schakelende drukopnemers tbv niveaumeting Hittebescherming hete installatiedelen, Gasdichtheid doorvoeringen uit

Processtoring- /veiligheidsaspect	Aanvoer en opslag	Vergisting	Opwerking	Electriciteit, gas en digestaat	Line of defense (LOD)
					gasballon
Gasvorming in verkeerde procesfase	Medium te warm, onderdruk, overdruk, monster kenmerken		Gistend digestaat		
Blootstelling aan pathogenen	Kwaliteit invoer bepaalt mede risico [6] Hygiëniseratie vermindert pathogenen	Thermofiel veiliger dan mesofiel/psychrofiel Bacteriën voorspelbaarder dan virussen. schimmels en protozoa Onderhoud leidingwerk/pompen		Evt. fytoxiciteit bij toepassing in glastuinbouw (HF, SO ₂ , C ₆ H ₆)	Hygiëniseratie verplicht (export naar Duitsland)
Chemische reacties	H ₂ S vorming, broei, mengtank onderhoud, coproducten: samenstelling, temperatuur NaHSO ₃ in slachtafval [12]	H ₂ S vorming	H ₂ S vorming, condensaatput	Instabiel digestaat	Voldoende verblijftijd Recirculatie (deel van) digestaat Samenstelling meten
Verstopping leiding	Geblokkeerde doseerschroef of -pomp, slijtage door wrijving (zand, vezels), lage pH, gestold vet (koude)	Visceuze massa, drukopbouw, gestold vet (koude)	Visceuze massa, drukopbouw		Bewaking kwaliteit invoer, redundantie in pompen, isoleren leidingen, substraten met hoger stolpunt. Leidingen zo kort mogelijk, verwarmen substraat opslag
Verstikking	(sleuf)silo, putten, reingingsmiddelen	Zuurstofverdringing en/of CO ₂ , (houten) dakreparatie (falen van ondersteuning dak bij inzakken folieballon)	CO ₂ , condensaatput	CO ₂	Meting, adembescherming
Fakkelsstoring bv geen		Stank en LEL	Stank en LEL		Noodstroomvoorziening houdt fakkel

Processtoring- /veiligheidsaspect	Aanvoer en opslag	Vergisting	Opwerking	Electriciteit, gas en digestaat	Line of defense (LOD)
ontsteking door spanningsuitval					in de lucht plus de luchtpomp voor de biologische ontzwaveling [12]
Slechte menging in vergister, bezinklagen, drijfslagen		Slechte warmteoverdracht, drukopbouw schade aan roerders			Roerders naar hoogte variabel, meer inblazen gas, planning van onderhoud installatiedelen
Dakbelasting: wind, temperatuur, zon, sneeuw, impact (windturbines)		Schade gaskap, schuimvorming aantasting dak	Schade gaskap		Dubbel membraan ipv enkel
Bezwijken tussenvloer		Rotten houten vloer in vergister, versterkte H ₂ S vorming, wegvallen bescherming inzakken dak			Behandeling van het hout, gebruik kunststof
Gaslekkages		Lekke gaskap	Lekke gaskap, afdichting leidingdoorvoeren	Hoge drukken mogelijk bij groen gas (8, 40 bar)	Dubbel folie
Gaskwaliteit off spec		Interne ontzwaveling (biologisch of ijzerslib)	Externe ontzwaveling (C kolom)		Bij biologische ontzwaveling: ook meting O ₂ in reactor: max 12% lucht [9] Monitoring procesparameters (o.a. droge stof, organische stof, pH, FOS/TAC) Procedures onderhoud en reparatie Kennis/kunde exploitant
Gasmotor kapot		Drukopbouw, affakkelen nodig		Uitval ventilator noodkoeling	2 ^e gasmotor: 67% heeft er meer dan 1 30% heeft fakkelt 22% is aangewezen op simpel afblazen om de bio-activiteit tijdens

Processtoring- /veiligheidsaspect	Aanvoer en opslag	Vergisting	Opwerking	Electriciteit, gas en digestaat	Line of defense (LOD)
					storing te behouden (Dagelijks) onderhoud ook van de ventilator van de noodkoeling
Geen levering aan net mogelijk of stroomuitval		Drukopbouw	Gasopslag vol, uiteindelijk affakkelen of emissie	Defecte transformator	Periodiek onderhoud Noodstroom Piketdienst bekort duur
Capaciteit drukontlasting te laag door vervuiling		Drukopbouw	Drukopbouw		Redundantie, inspectie
Waterslot bevroren		Bij bevvriezing geen drukontlasting	Na uitblazen open verbinding met buitenlucht		Automatisch hervullen waterslot Antivries in waterslot Isolatie, tracing
Roerders falen		Afbreken roeras door lange vezels, minder gasproductie		Afbreken roeras door lange vezels	Dimensionering mixers (draaiuren, viscositeit)
Drijfllaag navergister			Drijfllaag <u>nav</u> ergisting, 90% zonder roerwerk		Mixers in hoogte verstelbaar
Blowerfalen (dakintegriteit)			Constance afleveringsdruk valt weg		Redundantie (spare blower stand by)
Condensafvoer lekt gas			Condenswater en compressorolie geven kleverige substantie, vlotter hangt		Condensafvoer niet in kelder laten uitkomen Drukveiligheidsinstellingen op elkaar afstemmen
Blower gaskap als ontstekingsbron					NRV (terugslagklep) na blower
Elektrocutie/brand				Machinekamer, WKK	installatievoorschriften

Processtoring- /veiligheidsaspect	Aanvoer en opslag	Vergisting	Opwerking	Electriciteit, gas en digestaat	Line of defense (LOD)
Ergonomie arbeidsplaats					Toegankelijkheid pompen, motoren, bordessen Openingen tbv procescontrole afgeschermd
Brand door blikseminslag					Bliksemafleider, aarding
Impact op installatie					Aanrijbeveiliging leidingen tanks
Werken op hoogte					Bordes, gasdetectie, roosters in mangaten
Alleen werken (piketdienst/storingsherstel)					Procedure bij storingen buiten werktijd
Leidingen: PVC verouderen [12]					
Verwarmingscapaciteit te laag					Warmte-isolatie reactoren en leidingen, leidingen korter, verwijderen bezinklagen

Tabel 2. Processtoringen en lines of defense (niet limitatief)

5. Arbeidsveiligheid

Het onderzoek van Wesemann [15] behandelt de arbeidsveiligheid specifiek bij biogasinstallaties. De gasgevaren zijn geanalyseerd door Middelkoop [17]². De arbocatalogus voor de Afvalbranche [5] gaat in op de risicogroepen en maatregelen en voorzieningen voor de activiteit composteren en vergisten.

Voor dit hoofdstuk is daarom gebruik gemaakt van de resultaten van deze onderzoeken. Paragraaf 5.1 past de arbocatalogus afvalbedrijven toe op de activiteit composteren en vergisten. Per risicogroep worden de in de catalogus genoemde veiligheidsbevorderende maatregelen opgesomd in de categorieën bronmaatregelen, technische maatregelen, organisatorische maatregelen en persoonlijke beschermingsmiddelen.

Paragraaf 5.2 geeft een overzicht van de ongevallen met biogasinstallaties uit de apart bijgeleverde database. Specifiek worden Nederland en Duitsland behandeld.

Paragraaf 5.3 vat de voornaamste bevindingen uit het onderzoek van Wesemann [15] samen. Een wat uitgebreidere samenvatting is opgenomen in bijlage 2.

5.1. Activiteit composteren en vergisten: risicogroepen en maatregelen/voorzieningen

De stichting Arbocatalogus afvalbranche geeft een arbocatalogus uit: de arbocatalogus afvalbedrijven. Deze is door de Minister getoetst. Wanneer een bedrijf de arbocatalogus gebruikt, wordt de exploitant geacht te hebben voldaan aan de in de beleidsregel arbocatalogi genoemde voorschriften van de arbeidsomstandighedenwet. In de catalogus zijn per activiteit in de afvalbranche een aantal risicogroepen geïnventariseerd en is een opsomming gegeven van mogelijke veiligheidsmaatregelen in de volgorde bronmaatregel, technische maatregel, organisatorische maatregel en persoonlijke beschermingsmiddelen. Hieruit blijkt dat de arbeidsveiligheidsrisico's goed bekend zijn, waaruit volgt dat de stimulering van de implementatie van maatregelen en voorzieningen van minstens even groot belang is. De risicogroepen en voorzieningen van de arbocatalogus zijn, toegesplitst op vergisting, hieronder samengevat.

² De ongevalsdata van Middelkoop zijn bewerkt en aangevuld. Het overzicht wordt bij dit rapport ter beschikking gesteld.

Risicogroep	Risico	Maatregel			
		Bron	Technisch	Organisatorisch	PBM
Aanraking van afval	Verwonding, prikincident, infectie (HIV, tetanus, hepatitis)	Contact vermijden	Hulpmiddelen bij uit elkaar trekken (vast substraat) ontsmetting	Juiste verpakking werkkleding	Kevlar handschoenen helm
Alleen werken	Onwel worden	Verbod op alleen werk	Bewakingscamera alarmeringsmiddel	Taak-risico-analyse registratie	
Beperkte verlichting	Geen zicht op beweging machines, ander personeel, obstakels	Basisverlichting taakaanpassing	Aanvullende verlichting	Hoofdlamp	
Besloten ruimten	Brand explosie verstikking	Aanpassing ontwerp	Alarmering, meting, ventilatie	Afsluiters, werkvergunning	Adembescherming
Brand en explosie	Ontsteking in ex-zone	Ontwerp duur bron en blootstelling minimaliseren	Vonkarm gereedschap	LEL-meting werkvergunning	
Fysieke belasting	In-/uitstappen, werkhouding, trillingen	Eisen voertuigen, containers	Arbeidsmiddelen onderhoud	Rouleren taken, seizoenskleding	Handschoenen
Gevaarlijke stoffen	Gassen bij vergisting, H ₂ S, NH ₃ , CO ₂ , CH ₄	Openen apparatuur minimaliseren	Ventilatie	Werkvergunning meting	
Lawaai	Pompen, zeven, gasmotoren	Ontwerp apparaten en omhulling	Afscherming	Onderhoud, rouleren	Gehoorbescherming

Risicogroep	Risiko	Maatregel			
		Bron	Technisch	Organisatorisch	PBM
Procesveiligheid	Elektrocutie Heet werk Hoge temperatuur Stops	Voorkomen storingen	Keuren Verbetercheck lasrook Werken op afstand	Vakbekwaamheid werkvergunning	
Vallende en wegschietende voorwerpen	Containerdeur, hijsen, vallen	voertuigeisen	Onderhoud arbeidsmiddelen, Afschermen werkplek	Werkvergunning, housekeeping	
Vallen en beknellen	Zeeftrommels, shredders, stortkokers, vijzels	inkoopeisen	Afscherming, onderhoud	werkvergunning	Valbeveiliging
Verkeer en omgeving		routing		Voorlichting verkeersplan	
Stof	Kwartsstof, micro-organismen	Vermijden stof	Ventilatie, luchtfiltering omkasting	werkvergunning	Adembescherming

Tabel 3. Arbocatalogus afvalbranche: arbeidsveiligheidsrisico's activiteit vergisting [5]

5.2. Analyse incidentdata

Totaal zijn (voorlopig) 229 incidenten met biogasinstallaties wereldwijd in een register opgenomen (database apart bijgeleverd). De incidenten zijn ontleend aan de verzameling van Middelkoop [17], het INERIS-onderzoek [20], aanvullend raadplegen van de franse BARPI-database (januari 2011-november 2013). Van de 229 incidenten zijn er 166 in Duitsland. Omdat van Duitsland zowel qua incidenten als qua installatie-aantallen de volledigste informatie beschikbaar is, beperken we ons in navolging van [17] tot Duitsland en de periode 2005 tot 2013. Ook buitenlandse overzichten maken (noodgedwongen) gebruik van voornamelijk Duitse ongevalstatistiek [25, 26].

5.2.1. Nederland

Totaal zijn 14 incidenten met vergistingsinstallaties in Nederland gevonden. De incidenten zijn weergegeven in tabel 4. De aard van de incidenten komt overeen met die in Duitsland. Typerende incidentverlopen zijn o.a. brand/explosie tijdens werkzaamheden, bedwelmings bij werkzaamheden, uitblazen drukbeveiliging met ongecontroleerde emissie of elektrische storing gevolgd door gasstoring.

Datum	Plaats	Probleemlocatie	Oorzaak	Beschrijving
04-07-2002	Putten	Opslagsilo	Snijden op dak	Vergisting oorzaak ontploffing Het Puttense fouragebedrijf Hamstra, waar in juli twee silo's zijn ontploft, krijgt voorlopig geen vergunning om weer in bedrijf te gaan. Dit heeft de provincie Gelderland besloten naar aanleiding van TNO-onderzoek naar de explosie. Na het ongeluk, waarbij twee werknemers om het leven kwamen, heeft de provincie TNO opdracht gegeven onderzoek te doen naar de oorzaken ervan. De conclusies van dat rapport zijn niet mis te verstaan: de ontploffing was het gevolg van slechte bedrijfsvoering. "Veiligheid speelt binnen de bedrijfscultuur bij Hamstra geen rol. Beslissingen worden genomen op basis van gelegenheidsoverwegingen met vooral aandacht voor kostenbesparingen en voor het beperken van geuremissies. Veiligheidsconsequenties worden niet onderkend en dus ook niet overwogen", aldus TNO. Het bedrijf heeft zelf ook onderzoek laten doen naar de oorzaak. Daaruit komt een genuanceerd beeld naar voren. De oorzaak was een ongelukkige samenloop van omstandigheden. Uit het TNO-onderzoek is gebleken dat vergistingsprocessen van de grondstoffen een belangrijke rol hebben gespeeld bij het ontstaan van de explosie. In de silo's werden hoge concentraties methaan en alcoholische verbindingen aangetroffen. De laatste vormden de brandstof voor de ontploffing. Leiding en personeel bleken zich niet bewust van de risico's, omdat hiervoor te weinig kennis in huis was. TNO meent daarom dat een herbezinning op de procesvoering noodzakelijk is. De provincie onderschrijft de conclusies uit het eindrapport en heeft het verzoek van Hamstra om een tijdelijke vergunning afgewezen. Deze beslissing werd bovendien ingegeven door het feit dat Hamstra inmiddels zijn installaties gedeeltelijk veranderd heeft. Dit mag echter pas wanneer hiervoor een milieuvergunning is verleend. Volgens de provincie moet het bedrijf eerst een nieuwe milieuvergunning aanvragen waarin de gevolgen van de doorgevoerde veranderingen goed in beeld worden gebracht.
08-2007	Brabant, locatie onbekend	Opslagsilo	Overbelast	Een silo met 150 m ³ glycerine bezweek tijdens het lossen van een tankwagen. Hierdoor kwam een grote hoeveelheid glycerine in de bodem terecht. De glycerine zou tijdelijk worden opgeslagen in de silo waarna het zou worden toegevoegd aan de vergister. Oorzaak was waarschijnlijk een overmatige drukopbouw in de tank doordat het product dat in de tank gepompt werd nog te warm was
10-2007	Limburg, locatie onbekend	Vergister	Werkzaamheden	Doordat een stroomkabel in een naastgelegen perceel werd stukgetrokken, viel de meet- en regelapparatuur uit. Aangezien de vergisting doorging en de gasdruk opliep, werd via de overdrukbeveiliging 1150 m ³ biogas afgeblazen
02-2008	Brabant, locatie onbekend	Gasmotor	Technisch defect	Bij een Brabantse Co-vergister ontstond meerdere keren storing in de gasmotor. Hoewel het onderhoud van de motor goed werd uitgevoerd, viel deze door een complex beveiligingssysteem regelmatig uit. Hierdoor ontstond overdruk in de vergisters. Het overtollige gas werd afgefakkeld. Een handhavingstraject is opgestart door de provincie.
04-2008	Brabant, locatie onbekend	Vergister	Technisch defect	Door een technische storing liep het vergistingsproces ongecontroleerd door. Hierdoor is mest uit de installatie gelopen, wat heeft geleid tot verontreiniging van de bodem en het oppervlaktewater. Het waterschap heeft een handhavingstraject gestart
11-04-2008	Tirns	Kunststof leiding	Werkzaamheden	Tijdens het aanleggen van een kunststof buis tussen twee silo's raakte de buis in brand. De installatie was nog in aanbouw, de silo's waren nog leeg

Datum	Plaats	Probleemlocatie	Oorzaak	Beschrijving
07-2008	Friesland, locatie onbekend	Vergister	Stroomstoring	Het bedrijf levert zoveel stroom aan het net dat dit overbelast raakt en een stroomstoring ontstaat. Hierdoor valt de meet- en regelapparatuur uit. Hierdoor ontstaat overdruk in de vergisters en moet gas worden afgeblazen
07-08-2008	Coevorden	Vergister	Stroomstoring	Door meerdere stroomstoringen is het vergisteringsproces ontregeld en kan er geen elektriciteit worden afgeleverd aan het net. Hierdoor is het nodig dat overtollig gas wordt afgeblazen of afgefakkeld.
04-04-2011	Lutteleest	Dak	Werkzaamheden	Twee mannen van een aannemingsbedrijf in Friesland waren bezig met het vervangen van rotte delen van het binnendak van een vergister. Omdat de wagen met de hoogwerker onderweg een lekke band had gekregen, waren zij alvast zonder veiligheidsvoorzieningen begonnen. Eén van de mannen zakte 's morgens rond 08.30 uur door een rot deel van het binnendak. Halverwege de middag kon zijn lichaam pas geborgen worden, nadat een groot deel van de silo was leeg gepompt
24-09-2011	Hoogstede	Transformator	Technisch defect	De transformator lekte olie dat een steekvlam heeft veroorzaakt. Toen de brandweer arriveerde was de brand uit zichzelf gedoofd.
31-10-2011	Mijdrecht	Onbekend	Onbekend	Brand uitgebroken bij een biogasinstallatie aan de Veenweg. Brandweer had moeite de brand onder controle te krijgen omdat niet duidelijk was of gastoevoeren waren afgesloten. Nadat de gealarmeerde specialisten aanwezig waren kon de brand snel worden geblust.
20-01-2012	Coevorden	Affakeling	Technisch defect	Door een storing heeft de affakeling van de installatie niet gewerkt. Het vrijgekomen biogas zorgde voor klachten en overlast in een nabijgelegen woonwijk. Omdat de oorzaak onbekend was is meteen overgegaan tot evacuatie van de woonwijk.
21-10-2012	Raalte	Waterslot	Niveaubeveiliging vervuild waterslot uitgeblazen	De explosie op zondagochtend 21 oktober 2012 is vooraf gegaan door de detectie van biogas uit een condensafvoer achter in de leidingkelder. Hierop volgend treedt het gasalarm in werking. Als reactie op het gasalarm, volgt er een aantal automatische acties. Deze acties leiden onder andere tot het stoppen van afvoer van biogas uit de gashouder. De toevoer van biogas van de vergistingstanks naar de gashouder wordt echter niet gestopt. Als gevolg hiervan stijgt het niveau in de gashouder. Bij het bereiken van het 125 m3 niveau is de niveaubeveiliging van de gashouder geopend. Deze beveiliging had verdere vulling van de gashouder moeten voorkomen. Door ernstige vervuiling van de vlamdover in de afvoer had deze beveiliging echter onvoldoende capaciteit om voldoende gas te kunnen afvoeren. Hierdoor vindt er een verdere vulling van de gashouder plaats. Omdat de gashouder op een gegeven moment niet meer kon expanderen, vindt er vanaf dit punt drukopbouw plaats in de gashouder en de daaraan verbonden leidingen en condensafvoeren. De gashouder is voorzien van een overdrukbeveiliging welke opent bij 44 mbar. De vergistingstanks zijn voorzien van beveiligingen welke openen bij een druk boven de 40 mbar. Bij een druk van +/- 39,7 mbar opent echter al het waterslot van de condensafvoer bij de gasreiniger. Deze condensafvoer heeft een afvoer in de pompenkelder. Tijdens het onderzoek is vastgesteld dat bij het openen van het waterslot er zoveel water uit het slot wordt gedrukt dat er geen afsluiting van gas meer plaatsvindt. De volledige inhoud van de gashouder kan hierdoor via de afvoer uitstromen in de pompenkelder. In de pompenkelder vormt zich vervolgens een explosief gasmengsel. Door een onbekende ontstekingsbron is dit mengsel ontstoken.
23-09-2013	Dongen	Fakkel	Onbekend	De fakkel die gebruikt wordt om biogas af te fakkelen, vatte vlam. Het vuur was snel onder controle, maar de brandweer kon niet voorkomen dat de fakkel beschadigd raakte. Niemand raakte gewond. De fabriek heeft niet stilgelegd.

Tabel 4. Overzicht ongevallen met biogasinstallaties in Nederland

5.2.2. Duitsland

Tabel 5 geeft de verdeling over de jaren.

Jaar	Aantal incidenten
2005	8
2006	11
2007	8
2008	21
2009	21
2010	32
2011	22
2012	26
2013	13
Totaal	162

Tabel 5. Aantal incidenten met biogasinstallaties in Duitsland

Tabel 6 geeft de aantallen doden en gewonden per jaar. Duidelijk is dat het ongeval in Rhadereistedt (2005) het beeld sterk beïnvloedt. Bij de overige twee doden viel 1 dode door vergiftiging bij de mengput en 1 dode na een explosie bij slijpwerkzaamheden op het dak van een silo.

Jaar	Aantal doden	Aantal gewonden
2005	4	13
2006	0	0
2007	1	4
2008	0	0
2009	1	6
2010	0	7
2011	0	4
2012	0	2
2013	0	7
Totaal	6	43

Tabel 6. Incidenten met doden of gewonden

In verschillende publicaties wordt gesuggereerd dat onderhoudswerkzaamheden relatief riskant zijn. Tabel 7 laat zien dat dat niet algemeen geldig is. Van de incidenten met brand ontstond 80% tijdens normaal bedrijf en 20% tijdens onderhouds- of reparatiewerkzaamheden. Het gaat dan om blikseminslag, oververhitte motoren e.a. Tabel 8 laat zien dat van de incidenten met explosie ca. 45% optreedt tijdens opstarten, leeg maken en onderhoud/reparatie, schoonmaak e.d. De overige 55% treedt op tijdens regulier bedrijf. Een maatregel als de ATEX-zonering borgt dat niet in explosieve atmosferen wordt gewerkt.

Jaar	Bouwfase	In bedrijf name	Normaal bedrijf	Onderhoud/reparatie	Uit bedrijfname
2001			1		
2003		1			
2004			2		
2005			5	1	
2006			5		
2007			5	1	
2008			10	3	
2009		1	12	4	
2010		1	17	3	1
2011	1		12	1	
2012			9	4	
2013			5		
Totaal	1	3	83	17	1

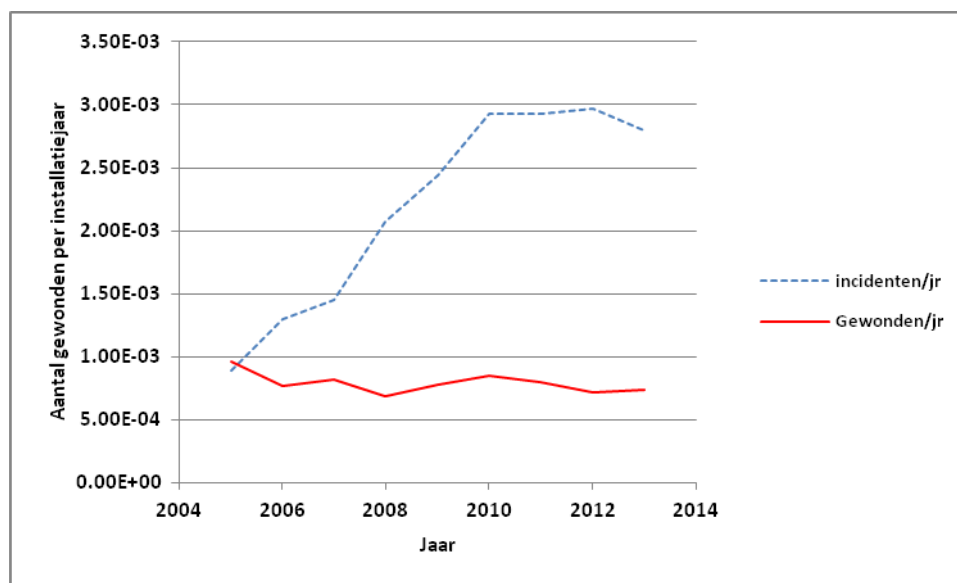
Tabel 7. Aantal incidenten met brand naar bedrijfsfase

Jaar	In bedrijf name	Normaal bedrijf	Onderhoud/reparatie	Uit bedrijfname
2005		1		
2007		4	1	
2008		2	2	
2009	1	3	3	
2010	1	3	2	1
2011		1	2	
2012		1		
2013		2		
Totaal	2	17	10	1

Tabel 8. Aantal incidenten met explosie naar bedrijfsfase

In navolging van Middelkoop is een schatting afgeleid voor de kans op een incident per installatiejaar ervaring. Dit is weergegeven in figuur 6. Hiertoe zijn bovengenoemde aantallen gedeeld door de bedrijfsjaren gerapporteerd in hoofdstuk 2. Middelkoops analyse tot 2010 [17] is voortgezet tot en met 2013. Na toename tot 2010 blijft het aantal incidenten per installatiejaar redelijk stabiel. De betrouwbaarheid van deze conclusie is beperkt omdat er geen zicht is op de volledigheid van de data.

De schaalgrootte van de installaties in Duitsland is gemiddeld ongeveer de helft van die in Nederland. Het gemiddeld geïnstalleerd elektrisch vermogen in Duitsland is ca. 460 kWe, in Nederland 1050 kWe. De installaties in Nederland zijn ook jonger. Het geïnstalleerd vermogen hangt sterk af van het bouwjaar. Installaties in Nederland van voor 2005 hebben een gemiddeld vermogen van 557 kWe. Installaties die na 2008 zijn gebouwd hebben een vermogen van bijna 2000 kWe [13].



Figuur 6. Ontwikkeling aantal incidenten en aantal gewonden per installatiejaar

Puur ter indicatie kan de grootte hiervan worden vergeleken met het aantal ziekenhuisopnames na een SEH-behandeling per 100000 werkenden voor andere sectoren. Het aantal werknemers wordt door het Fachverband Biogas mee gerapporteerd [21]. Wanneer het aantal gemelde gewonden ziekenhuisopnames betreft komt voor biogasinstallaties het aantal gewonden per 100000 werkenden in 2013 op ca. 18 (7 gewonden op 39603 arbeidsplaatsen), een getal dat lager is dan gemiddeld in de industrie (75, genoemd in [22]). De betrouwbaarheid van dit resultaat is echter beperkt.

5.3. Samenvatting onderzoek vergistingsrisico's door S. Wesemann

In bijlage 2 is een uitgebreide samenvatting opgenomen van het onderzoek van S. Wesemann [15]. Voor dit onderzoek heeft Wesemann in verschillende bedrijfstakken de arbeidsrisico's bij biogasinstallaties in Nederland onderzocht. Uit het onderzoek komt naar voren dat het risicobewustzijn van de exploitanten van vergistingsinstallaties onderling sterk verschilt. Wesemann constateert in zijn onderzoek dat de arbeidsrisico's zich vooral voordoen bij de co-vergistingsinstallaties. De exploitanten van de andere biogasinstallaties (2 slibafvalvergisters en 1 GFT-vergister) beheersen de risico's beduidend beter. Als samenvattende oorzaak wordt het verschil in (algehele) kennis en kunde aangedragen om de co-vergistingsinstallaties veilig in bedrijf te houden en te onderhouden. Onderstaande ligt, beknopt samengevat, volgens de onderzoeker ten grondslag aan een gebrekkige veiligheidsbeheersing::

- Werkgever en werknemers zijn zich niet bewust van de arbeidsrisico's (brand, explosie, verstikking, bedwelmings, vergiftiging en blootstelling aan gevaarlijke stoffen) en indien deze wel bekend zijn wordt daar regelmatig niet naar gehandeld.
- Fabrikanten voeren hun taak voor productveiligheid onvoldoende uit. In veel gevallen is er geen CE-markering, de gebruikershandleiding is veelal niet in het Nederlands en

de fabrikant heeft vaak geen adequate risicoanalyse (Hazop-studie of vergelijkbaar) gemaakt van de installatie.

- Tevens bleek bij geen van de bezochte co-vergisters (11 stuks) een RI&E (Risico-inventarisatie en evaluatie) of een EVD (explosieveiligheidsdocument) aanwezig te zijn.

Naast de hierboven gesignaleerde verschillen tussen branches in mate van professionalisering is ook de eigen incidenthistorie van groot belang voor het veiligheidsbewustzijn. Uit de voor dit onderzoek gevoerde gesprekken komt naar voren dat een in het eigen bedrijf opgetreden incident een katalysator kan zijn voor een toename van het veiligheidsbewustzijn in het gehele bedrijf of zelfs in de bedrijfstak.

5.4. Conclusies

De volgende conclusie zijn te ontleen aan de beschikbare gegevens.

- De arbeidsveiligheidsrisico's in de afvalbranche zijn geïnventariseerd in een breed toegankelijke arbocatalogus. Deze is goed bruikbaar voor biogasinstallaties.
- Onderhouds- en reparatiewerkzaamheden hebben een belangrijk aandeel (ca. 40%) in de ongevallen met explosies, het aandeel van onderhouds- en reparatiewerkzaamheden in de incidenten met branden in het algemeen is ca. 20%.
- Er zijn geen aanwijzingen dat het aantal gewonden per installatiejaar in negatieve zin afwijkt van overige industrie.
- Het risicobewustzijn van de exploitanten van vergistingsinstallaties verschilt sterk.

6. Conclusies

1. Het aantal installaties waar biomassa wordt vergist op bedrijfsmatige schaal bedraagt in Nederland ca. 250, het cumulatief aantal bedrijfsjaren ervaring in de orde van 1000. Deze schatting is gebaseerd op een overzicht van toegekende overheidssubsidies.
2. Er is een sterk verband tussen bouwjaar en geïnstalleerd elektrisch vermogen. Sinds 2004 is dit toegenomen van ca. 500 kW naar meer dan 2000 kW per installatie.
3. Veel voorkomende processtoringen hangen samen met de variabiliteit van de substraatkwaliteit, verhoogde slijtage, onvoldoende menging door bezink- of drijfslagen en elektrische storingen (transformator of gasmotor).
4. De arbocatalogus van de afvalbranche biedt voor de activiteit composteren en vergisten een breed toegankelijk en toepasbaar basisinstrument voor de beheersing van arbeidsveiligheidsrisico's van vergistingsinstallaties.
5. Het aantal installatiejaren en het aantal arbeidsongevallen in Nederland zijn te klein om betekenisvolle conclusies aan te ontleen over de arbeidsveiligheid van dit type installaties. Het Duitse beeld wijst echter niet op een hoger arbeidsrisico dan gemiddeld in de industrie, zie conclusie onder 6.
6. Het aantal installatiejaren ervaring in Duitsland is ca. 60 maal zo groot. Een eerste schatting van het aantal gewonden per 100000 werkenden per jaar wijst niet op een van de industrie in negatieve zin afwijkend beeld. Desalniettemin zijn er in de periode 2005-2013 in Duitsland 6 doden te betreuren geweest en in Nederland één. Vijf van deze zeven slachtoffers zijn gevallen ten gevolge van de vorming van H₂S in de substraatopslag –menging.
7. In het aantal incidenten met een gasexplosie hebben onderhouds- of reparatiewerkzaamheden een aandeel van ca. 45%. De overige 55% van de incidenten met explosie gebeurt tijdens regulier bedrijf. Van de incidenten met een brandontwikkeling is ca. 80% tijdens normaal bedrijf tegen 20% tijdens onderhouds- of reparatiewerkzaamheden.
8. Incidenten met biogasinstallaties worden niet systematisch geregistreerd. De verzameling van Middelkoop is voor dit onderzoek aangevuld tot en met 2013. Hij bevat nu 229 incidenten wereldwijd in de periode 2001-2013, waarvan 14 in Nederland en 162 in Duitsland.
9. Biovergisting wordt in veel verschillende branches toegepast. Het risicobewustzijn van de exploitanten van biogasinstallaties loopt sterk uiteen, afhankelijk van de mate van professionalisering en de eigen incidenthistorie.

Referenties

- 1 Wiskerke W., Helder groen gas, Stichting Natuur en Milieu, Utrecht 2011
- 2 www.b-i-o.nl, Ministerie EZ, Agentschap nl, stand 30 november 2013
- 3 Ministerie EZ. Agentschap NL, voorbeeldprojecten duurzame warmte
- 4 Heezen P.A.M., Mahesh S., Veiligheid grootschalige productie van biogas, RIVM rapport 620201001 Bithoven 2010
- 5 Stichting Arbocatalogus Afvalbranche, Arbocatalogus Afvalbranche, <http://www.arbocatalogus-afvalbranche.nl/> , 2013
- 6 Bisschops I., Eekert, M. van, Inventarisatie van het risico van transmissie van pathogenen uit biogas, LeAF, Wageningen, 2008
- 7 Inventarisatie van het risico van transmissie van pathogenen uit biogas, LeAF, Wageningen 2008
- 8 Dijk C.J. van, Dueck Th. A., Burgers W., Risicoevaluatie toepassing groen gas in de nederlandse glastuinbouw, Plant research international, Wageningen 2009
- 9 Biogas-E, Veiligheidsbrochure biogas, www.biogas-E.be
- 10 Broomhall D. et al., Hazards arising from the conveyance and use of gas from non conventional sources (NCS), HSE Research Report 882, London, 2011
- 11 Polman E.A., Analyse vanbiogassen uit vergistingsinstallaties, KIWA GT-080142, Apeldoorn, 2008
- 12 Vrominspectie, Co-vergisting van mest in Nederland, Pub.nr. 0005, Den Haag, 2010
- 13 Peene A., Velghe F., Wierinck I., Evaluatie van de vergisters in Nederland, OWS, Gent, 2011
- 14 Rabobank Food & Agri, Thema-update biogas, Rabobank 2013
- 15 Wesemann S., Vergistingsrisico's of vergissing in risico's, Stichting post hoger onderwijs veiligheidskunde, Utrecht 2012
- 16 <http://www.sueddeutsche.de/muenchen/erding/eichenried-spurensuche-nach-der-explosion-1.1004465>, geraadpleegd op 15 april 2014
- 17 Middelkoop J., Gasgevaren van biogasinstallaties, TU Delft, 2012
- 18 Linde, Dittrich, Biogasanlagen, Fachwissen Feuerwehr, Reihe Ecomed Sicherheit, Heidelberg 2013
- 19 Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft, Sicherheitsregeln für Biogasanlagen, Technische Information 4, Kassel 2008

-
- 20 Retour d'experience relatif aux procédés de méthanisation et à leurs exploitations, INERIS, Rapport DRA-12-117442-01013A
 - 21 Fachverband Biogas, Branchezahlen Prognose 2013-2014
 - 22 Venema A. et al., Arbeidsongevallen in Nederland 2011, TNO m.m.v. veiligheid.nl
 - 23 Velghe F., Wierink I., Evaluatie van de vergisters in Nederland, fase II, Gent 2013
 - 24 Kommission für Anlagensicherheit, Merkblatt Sicherheit in Biogasanlagen, KAS-12, juni 2009
 - 25 Ility Engineering, Biofuel incidents, Hint report 11-01, Tampere 2011
 - 26 Jenkins A. et al., Lessons for safe design and operation of anaerobic digesters, Loss prevention bulletin 229 february 2013 pp. 19-24

Bijlage 1 Geïnterviewde personen

De volgende personen zijn voor dit onderzoek geraadpleegd en hebben waardevolle informatie verstrekt.

Naam	Organisatie	Datum	Wijze	Karakter geleverde input voor onderzoek
J. Middelkoop	Brandweer Amsterdam Amstelland	28-10-2013	Interview/E-mail	Incidentenverzameling en inzetervaring
R. Nijboer	Twence	21-11-2013	Interview/E-mail	Inzicht in praktijk van veiligheidsbeheersing
S. Wesemann	Inspectie SZW	2-12-2013	Interview/E-mail	Ervaringen eigen onderzoek
A. Veenstra	LTO Noord	11-11-2013	Telefonisch	Beschikbare informatie bij brancheorganisatie
B. van Asselt	RVO	12-11-2013	Telefonisch/E-mail	Geaggregeerde overzichten naar aantallen installaties met subsidie
P. Bredius	Stigas	13-11-2013	Telefonisch	Beschikbare informatie
S. Kuper	Inspectie SZW	2-12-2013	E-mail/telefonisch	Ervaringen eigen onderzoek
F. Beukema	Waterschap Groot Salland	13-02-2014	Interview	Inzicht in praktijk van veiligheidsbeheersing
R. Wierda	Waterschap Groot Salland	13-02-2014	Interview	Inzicht in praktijk van veiligheidsbeheersing

Bijlage 2 Vergistingsrisico's of vergissing in risico's? een samenvatting

Deze bijlage is een beknopte samenvatting van het onderzoek van Wesemann [15]. Op relevante plaatsen worden ter illustratie een aantal ongevallen genoemd uit de verzameling van Middelkoop [17].

Voor dit onderzoek zijn in 2011 14 bedrijven bezocht. Dit betrof 6 industriële bedrijven, 4 agrarische bedrijven, 2 afvalverwerkers en 2 rioolwaterzuiveringinstallaties (rwzi's). Van deze bedrijven waren 11 in het bezit van een co-vergister, één afvalverwerker had een gft-vergister en de rwzi's hadden, logischerwijs, een slibvergister.

Wesemann constateert dat 6 typen arbeidsrisico's niet of onvoldoende beheerst worden bij de vergistingsinstallaties in Nederland [15]. Dit betreft de volgende arbeidsrisico's:

- A. Explosie en/of een brand,
- B. Verstikking, bedwelming, vergiftiging (acuut),
- C. Blootstelling aan gevaarlijke stoffen, huid en inhalatierisico's (lange termijn),
- D. Blootstelling aan biologische agentia,
- H. Gevaar op arbeidsplaats
- I. Gevaar bij arbeidsmiddelen

Voorgaande doet zich vooral voor bij co-vergisters in de agrarische en industriële branche. De rwzi's en de afvalverwerker met de gft-vergister doen het beduidend beter. De arbeidsrisico's: fysieke belasting (E), blootstelling aan trilling (F) en blootstelling aan lawaai (G) wordt door alle bedrijven voldoende beheerst. Tabel 9 toont of de bedrijven de arbeidsrisico's voldoende of onvoldoende beheersen.

Verkenning nummer	Branche	A	B	C	D	E	F	G	H	I
V001/130	Industrieel									
V001/131	Industrieel									
V003/183	Industrieel									
V001/132	Afval									
V003/194	Agrarisch									
V003/192	Agrarisch									
V003/193	Agrarisch									
V001/133	Afval									
V001/134	Agrarisch									
V003/196	Industrieel									
V001/135	Industrieel									
V003/197	Industrieel									
V003/203	Rioolwaterzuivering									
V003/205	Rioolwaterzuivering									

Tabel 9. Beheersing arbeidsrisico tijdens bedrijfsverkenning* [15]

* E, F en G betreffen respectievelijk gevaar blootstelling fysieke belasting, trillingen en lawaai

De bevindingen van Wesemann ten aanzien van de arbeidsrisico's A, B, C, D en H zijn hieronder samengevat.

A. Explosie en/of brand

De volgende tekortkomingen zijn geconstateerd:

- Medewerkers kunnen de gevaren van de installatie niet benoemen,
- Er is geen of onvoldoende kennis over veilig werken in Atex-zones,
- Metingen of men in een atmosfeer werkt die brandbaar of explosief is worden niet gedaan of onjuist uitgevoerd,
- Van de 14 bezochte bedrijven zijn er 5 in het bezit van een EVD (explosieveiligheidsdocument), waarvan 4 verouderd of incompleet. In geen van de situaties is deze voor of tijdens de bouw opgesteld dat overigens wel verplicht is.
- Er wordt gebruik gemaakt van apparatuur die niet geschikt is voor gebruik in de Atex-zones (kans op explosie)

Voorbeeldongevallen Duitsland

Onderstaande tabel toont een overzicht van ongevallen in Duitsland waarbij zich een explosie heeft voorgedaan tijdens werkzaamheden of onderhoud voor de periode 2008 - 2011. Dit is overigens geen compleet overzicht van de ongevallen die zich hebben voorgedaan. Getoond zijn de ongevallen die vermeld zijn op nieuwsmedia en verzameld zijn door Middelkoop [17].

Nr.	Datum	Gewond	Dood	Oorzaak	Onderdeel	Type bedrijf
31	13-02-2008	0	0	Boren	Vergister	Onbekend
43	22-09-2008	0	0	Lassen	Vergister	Landbouw
55	30-03-2009	1	0	Openen luik	Vergister	Onbekend
68	12-11-2009	2	1	Slijpen	Vergister	Papierfabriek
72	08-12-2009	0	0	Lassen	Vergister	Onbekend
78	08-01-2010	0	0	Verwarmen ventiel	Vergister	Onbekend
100	11-08-2010	3	0	Lassen	Vergister	Landbouwbedrijf
104	23-09-2010	2	0	Schoonmaken	Vergister	Landbouwbedrijf
113	06-12-2010	2	0	Lassen	Vergister	Onbekend
134	25-07-2011	2	0	Schoonmaken	Onbekend	Onbekend
135	29-07-2011	2	0	Lassen	Onbekend	Landbouwbedrijf

Tabel 10. Explosies bij biogasinstallatie in Duitsland tijdens werkzaamheden

Ongevalnr. 104 'Explosie tijdens onderhoudswerkzaamheden, 2 gewonden (Duitsland Moosinning Eigenried, 23-09-2010)'

Twee stagiaires zijn net klaar met het schoonmaken van de vergister. Op het moment dat zij het gebouw verlaten doet zich een explosie voor. Een stagiair wordt geraakt door een steekvlam en raakt voor 50% verbrand. De tweede stagiair raakt alleen lichtgewond en verkeerd in een shock. Door de druk is een vier meter hoge muur over een lengte van 3 meter ingestort. Figuur 7 toont een foto van de ingestorte muur. Als bijdragende factor aan het ongeval wordt genoemd een onvoldoende risicobewustzijn bij exploitanten, ontwerpers/bouwers en aannemersbedrijven.



Figuur 7. Explosie tijdens onderhoudswerkzaamheden, 2 gewonden (Duitsland Moosinning Eigenried, 23-09-2010)

B. Verstikking, bedwelming en acute vergiftiging

Binnen de gehele inrichting bestaat de kans op verstikking, bedwelming en vergiftiging door het biogas. Dit betreft in of nabij de volgende onderdelen [17]:

- mengput,
- vergisters,
- digestaatopslag,
- condensatschacht,
- leidingen die biogas voeren,
- besloten ruimtes
- en de omgeving van gasbehandelingsinstallaties.

Medewerkers zijn op de hoogte van deze risico's, maar handelen daar dikwijls niet naar. Ter voorbeeld is genoemd dat een werknemer zijn adem inhoudt om een besloten ruimte te betreden en daar snel de benodigde werkzaamheden verricht. Tabel 11 toont een aantal ongevallen met vergiftiging in Duitsland.

Nr.	Datum	Gewond	Dood	Oorzaak	Onderdeel	Branche
187	08-11-2005	13	4	Menselijke fout	Mengput	Agrarisch
26	03-10-2007	0	1	Onderhoud	Gasleiding	Agrarisch
170	23-01-2013	1	0	Onderhoud	Mengput	Agrarisch
211	29-12-2013	4	0	Onderhoud	Vergister	Onbekend

Tabel 11. Ongevallen met vergiftiging bij biogasinstallatie in Duitsland

Ongeval 187, Rhadereistedt.

Bij een biogasbedrijf is de automatische losaansluiting defect. Men besluit een lading warme, zure varkensdarmslijm uit een Nederlandse tankwagen te lossen in een ontvangstsilo met melk en dierlijke producten via het open vulluik. Direct na start van het lossen komt een enorme wolk H₂S vrij. De eigenaar, 2 medewerkers en de Nederlandse chauffeur raken direct bewusteloos. Een Duitse chauffeur die verderop in een kantoor toekijkt kan nog net ontsnappen en de hulpdiensten waarschuwen voordat hij ook het bewustzijn verliest. Meerdere brandweermensen en ambulancemedewerkers raken later onwel door gasen uit hun eigen kleding of uit die van de slachtoffers.

C. Blootstelling aan gevaarlijke stoffen, huid en inhalatierisico's

- Door geen van de bedrijven is aandacht besteed aan de blootstelling van werknemers aan gevaarlijke stoffen.
- Medewerkers kunnen blootstaan aan oplosmiddelen, zuren en basen en giftige gasen (NH₃, CO, CO₂, CH₄ en H₂S) die tijdens het vergistingsproces kunnen ontstaan.
- Geconstateerd is dat medewerkers niet de geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken.

D. Blootstelling aan biologische agentia

Blootstelling aan biologische agentia kan op meerdere manieren plaatsvinden:

- Bij gebruik van een koeltoren om het gas te ontdoen van waterdamp bestaat het risico op legionellabesmetting.
- Blootstelling aan de co-producten en mest die gebruikt worden voor vergisting. Deze stoffen kunnen endotoxines, schimmels en bacteriën bevatten die schadelijk zijn voor de mens (zoals E.coli-bacteriën en enterobacteriën). Mest kan tevens virussen bevatten.

Blootstellingsmomenten zijn er bij controle van het substraat of digestaat, onderhoud van de installatie en bij het verplaatsen of overladen van het product. Wanneer digestaat als meststof wordt afgezet in het buitenland is hygiëniseren verplicht.

H. Arbeidsplaats gerelateerde risico's

- Tanks en leidingen zijn veelal niet beschermd tegen aanrakingen.
- Meeste installaties zijn niet voorzien van bordessen, onderhoudswerkzaamheden komen regelmatig voor. Men gebruikt dan losse ladders waardoor valgevaar ontstaat.
- Gebruik van materialen die niet geschikt zijn, bijvoorbeeld houten daken die bestendig zijn tegen de gasen in de vergister. Gevaar op inzakken/instorten.
- Bij nachtelijke storingen wordt vaak één medewerker ingezet, in geval van nood kan er dan niemand helpen.

Welke oorzaken liggen ten grondslag aan de arbeidsrisico's?

Om de onderliggende oorzaken te achterhalen van de arbeidsrisico's is door Weseman de Tripod incident analyse methode toegepast. De in deze methode beschreven basisrisicofactoren (BRF) zijn van invloed op de beheersing van de arbeidsrisico's. Een elftal BRF zijn vastgesteld:

- Het ontwerp van de installatie/apparatuur (OW),
- Materieel en middelen (MM),
- Onderhoudsmanagement (OH),
- Orde en netheid van de werkplek (ON),
- Fysieke werkomstandigheden (OM),
- Instructie en procedures (PR),
- Training en opleiding (TR),
- Communicatie (CO),
- Tegenstrijdige doelen (veiligheid vs. productie) (DO),
- Structuur van de organisatie (OR),
- Beheersmaatregelen en beveiligingen (BM).

Tabel 12 toont de beoordeling van de verschillende basisrisicofactoren per branche. Aangeven is of de BRF wel of niet voldoende wordt beheerst.

Branche	Risico	BRF										
		OW	MM	OH	ON	OM	PR	TR	CO	DO	OR	BM
Riool Water Zuivering	Explosie/Brand			X			X	X	X			
	VBV								X			
	Blst. Gevst.*							X	X			
	Blst. Bioag.**					X	X	X	X			
	Inrichting Arbeidsplaats											
Afval	Explosie/Brand	X	X	X			X					X
	VBV						X					X
	Blst. Gevst.	X				X			X			X
	Blst. Bioag.	X							X			X
	Inrichting Arbeidsplaats	X	X	X		X						
Industrieel	Explosie/Brand	X	X	X		X	X	X	X	X		X
	VBV	X	X	X			X	X	X	X		X
	Blst. Gevst.	X	X	X	X	X	X	X	X			X
	Blst. Bioag.	X		X	X		X	X	X			X
	Inrichting Arbeidsplaats	X	X	X	X			X				
Agrariër	Explosie/Brand	X	X	X		X	X	X		X		X
	VBV	X	X				X	X	X	X		X
	Blst. Gevst.	X	X	X	X	X	X	X	X			X
	Blst. Bioag.	X		X	X		X	X	X			X
	Inrichting Arbeidsplaats	X	X	X	X			X	X			

Tabel 12. Beheersing basisrisicofactoren per branche [15]

Toelichting tabel

X = Onvoldoende beheerst

VBV: Verstikking, bedwelming en vergiftiging

*: Blootstelling gevaarlijke stoffen

** : Blootstelling biologische agentia

Uit de tabel is op te maken dat de tekortkomingen zich voornamelijk voordoen bij de bedrijven met een co-vergister in de agrarische en industriële branche. De Rwzi's scoren aanzienlijk beter. Daar zijn met name tekortkomingen bij training & opleiding en communicatie geconstateerd. De afvalverwerker met de GFT-vergister beheerst de

meeste basisrisicofactoren voldoende. De afvalverwerker met de co-vergister scoorde vergelijkbaar met de andere co-vergisters uit de industriële en agrarische branche.

Conclusies per basisrisicofactor (van toepassing op de co-vergistingsinstallaties)

Het ontwerp van de installatie, apparatuur en gereedschap

Door bouwers is onvoldoende rekening gehouden met de risico's die de installatie met zich draagt. De volgende punten zijn veelvuldig geconstateerd:

- Gebruik van materialen die niet voor het doel geschikt zijn. Verstoppingen, lekkages en sterke corrosie van bouwmaterialen en apparatuur (vanwege H₂S vorming). Onder andere mixers en houten dakconstructies van de vergisters zijn veelgenoemde onderdelen die aangetast worden.
- Toepassing van apparatuur in Atex-zones die daar niet voor geschikt is. De fabrikanten zijn verplicht om een EVD (explosie veiligheidsdocument) op te stellen en toe te passen tijdens de bouw van de installatie. Bij geen van de bezochte co-vergisters is voor of tijdens de bouw een EVD gebruikt.
- Geen rekening gehouden met weersomstandigheden (bevriezen van watersloten of ontluchtingsventielen).
- Bij stroomuitval is er vaak geen noodstroomvoorziening of een alarm, ook niet voor essentiële onderdelen zoals de fakkel of pompen. Het vergistingsproces blijft ook bij stroomuitval doorgaan waardoor biogas gaat ophopen in de installatie.
- Affakkelininstallaties zijn bij de meeste installatie niet aanwezig. Afblazen gebeurt dan direct naar de atmosfeer.

Kwaliteit apparatuur en gereedschap, materieel en middelen

Onvoldoende materieel en middelen aanwezig om de risico's te beheersen zodat veilig gewerkt kan worden. Bijvoorbeeld geen meetapparatuur voor personeel om explosieve of giftige atmosfeer te detecteren. Gebruik van materieel en middelen in Atex-zones die kunnen leiden tot brand of explosies.

Onderhoudsmanagement

De meerderheid van de bezochte bedrijven hebben geen procedures of een planning voor de (preventieve) onderhoudswerkzaamheden. Vervanging of reparatie van defect apparatuur/materieel wordt veelal uitgesteld of niet uitgevoerd.

Begrijpelijkheid, correctheid en aanwezigheid van instructies en procedures

Over het algemeen ontbreken instructies en procedures. Medewerkers hebben elk hun eigen werkwijze en zijn doorgaans onderling niet op de hoogte van elkaars werkzaamheden.

Training en opleiding

Adequate training en opleiding van de eigenaar en medewerkers ontbreekt. Bij oplevering van de installatie geeft de fabrikant uitleg over de installatie aan de eigenaar. Er is dan een medewerker van de fabrikant die de eerste dag(en) meeloopt. Hierbij is vooral aandacht hoe de installatie werkt of draaiende gehouden moet worden. Uitleg over de aanverwante risico's en onderhoud van de installatie ontbreekt of is gebrekkig. In de

meeste gevallen ontbreekt bovendien een handleiding en wanneer er wel een handleiding aanwezig is, is dat niet in het Nederlands.

Communicatie

Geconcludeerd is dat er onvoldoende aandacht aan communicatie wordt gegeven. Enkele co-vergisters hebben wel een logboek dat wordt bijgehouden.

Beheersmaatregelen en beveiligingen

Beveiligingen en beheersmaatregelen zijn toegepast maar veelal niet toereikend. Bijvoorbeeld overdrukventielen die niet beschermd zijn tegen weersinvloeden, vervuilde fakkels of ontluchters. Onvoldoende ventilatie in besloten ruimtes waardoor kans op verstikking, bedwelmings- en vergiftiging ontstaat.

Dagelijks onderhoud van de werkplek, orde en netheid

De algehele orde en netheid is voor verbetering vatbaar. Werkplekken en ruimtes zijn vaak niet schoon of opgeruimd. Dit maakt het moeilijker om lekkages te ontdekken en te beoordelen of die recent zijn.

Kijkend naar de incidenten die hebben plaatsgevonden komt men tot de volgende oorzaken:

- Ontstaan van diverse storingen en het daarop niet adequaat reageren door medewerkers;
- Niet veilig uitvoeren van onderhoud en reparaties aan de installatie, door ontbreken van een goede voorbereiding;
- Niet goed beheersen van het proces waardoor beveiligingen aangesproken worden en er gas ontsnapt met ontsteking tot gevolg. Hetzelfde geldt voor de onjuiste inrichting van de installatie;
- Niet goed opgeleid/ingewerkt zijn van medewerkers waardoor zij niet weten wat de risico's zijn van de installatie en onjuist te werk gaan.



Bovenstaande samenvatting is in lijn met de geïnventariseerde knelpunten in het onderzoek uit 2011 'Evaluatie van de vergisters in de Nederland [13]: Deze studie rapporteert een aantal gebruikerservaringen met vergistingsinstallaties. Hieronder zijn een aantal kernpassages samengevat.

'De leveranciers en constructeurs van installaties zijn in de ogen van sommige exploitanten niet steeds even geliefd. En in sommige gevallen terecht. De kwaliteit van de geleverde installaties is soms ondermaats, de afwerking niet naar behoren en de basisengineering bevat grove fouten. Een onervaren en onwetende exploitant laat zich soms misleiden door de mooie verkooppraatjes en zit een tijdje later met een installatie opgezadeld vol technische problemen. De kosten om die problemen op te lossen kunnen hoog oplopen en de constructeur hiervoor verantwoordelijk stellen is heel moeilijk, maar vooral ook heel duur (gerechtskosten). Lukt het wel om de constructeur verantwoordelijk te stellen, dan loop je het risico dat het bedrijf failliet gaat en een vergoeding helemaal onmogelijk wordt. Dan is het voor de exploitant helemaal niet aanvaardbaar om vast te

stellen dat die diezelfde constructeur na oprichting van een nieuw bedrijf gewoon verder gaat met zijn activiteiten.

Door herhaaldelijke technische problemen met vergistingsinstallaties zijn er verzekeringsmaatschappijen die bepaalde aspecten niet meer willen opnemen in een polis. Zo maakte een exploitant melding dat de schade berokkend als gevolg van een lekkende gaskap buiten de verzekeringspolis viel.

Minder ingrijpend dan bovenstaande problemen, maar ook wel sterk storend is het verkeerd beeld die constructeurs wel eens durven voorstellen aan de exploitant met betrekking tot de dagdagelijkse bedrijfsvoering van een vergistingsinstallatie. In praktijk blijkt de arbeidsbelasting zwaarder te zijn dan de voorspelling van de constructeur, net als de onderhoudskosten die soms met een veelvoud de voorspelling overstijgen.

De vergistingswereld is duidelijk een harde wereld waarin je telkens een stok achter de deur moet houden wil je niet in de problemen komen. Voor veel landbouwers was dit wennen, want binnen de landbouwsector wordt heel vaak op vertrouwens gewerkt. Dit is in de vergistingssector niet mogelijk zonder af en toe voor schut gezet te worden. Een mogelijk oorzaak is misschien de beperkte kennis bij de exploitant en de afhankelijkheid van leveranciers en derden.’ [13]