

Vergistinginstallatie

Inleiding

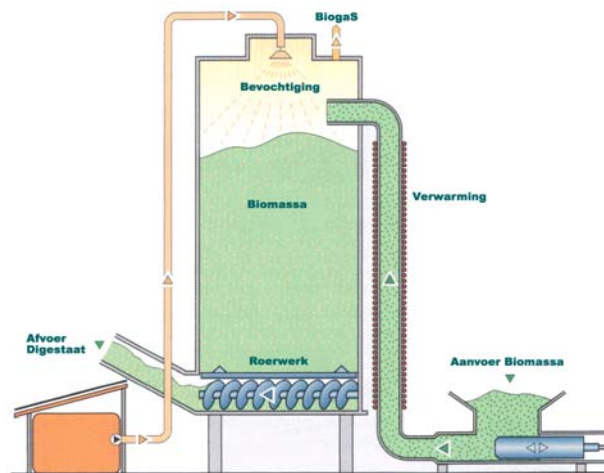
Een vergistinginstallatie is een technisch geheel waarin gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen om uit biomassa, energie te halen. Vergisten is het anaëroob afbreken van organisch materiaal door bacteriën. Via vergisting of fermentatie van de organische stof in de biomassa wordt biogas gevormd, dat na (biologische) ontzwaveling uiteindelijk verbrand kan worden in bijvoorbeeld een gasmotor (warmtekrachtkoppeling). Hierbij wordt duurzame energie in de vorm van thermische en elektrische energie geproduceerd. Dit stelt de veehouder in staat voor een groot deel in zijn eigen energiebehoefte te voorzien en eventueel energie te leveren aan het energienet of andere verbruikers. We onderscheiden 2 soorten vergisting:

1. natte vergisting
2. droge vergisting

Bij natte vergisting wordt de biomassa ondergedompeld in vloeistof en anaëroob (zuurstofloos in een afgesloten ruimte) vergist.

Bij droge vergisting, wordt de biomassa in ruimte opgeslagen en het evaluent er steeds over heen wordt gespoten waardoor de biomassa vergist.

Deze optie zal niet verder worden behandeld in dit hoofdstuk.



Figuur: voorbeeld opstelling droge vergisting

Typen natte vergistinginstallaties

Vergisters zijn in twee hoofdtypen in te delen: propstroomsystemen (batchsystemen) en doorstroom systemen. De doorstroomsystemen kunnen vervolgens nog ingedeeld worden in vergisters met constante inhoud en vergisters met variabele inhoud.



Figuur: Liggende vergister die in het verleden ook als propstroomvergister gebruikt werd. (deze kan echter ook als doorstroom vergister gebruikt worden)

Propstroomvergister

De propstroomvergister (ook wel batchsysteem genoemd) werkt volgens het "all in - all out"-principe. Dit wil zeggen dat de verse mest die het eerste de vergister ingaat, er ook als eerste vergiste mest weer uitkomt.

Hiervoor wordt in de regel een liggende vergister genomen. Bij traditionele propstroomvergisters werd de mest aanvankelijk niet gemengd. Hierdoor traden problemen op met drijf- en bezinklagen. Moderne propstroomvergisters worden daarom gedeeltelijk geroerd met een langzaam lopende as met bladen in een horizontale tank. Door deze manier van mengen is er wel een verticale menging en geen horizontale. De verblijftijd in de vergister is dus nog steeds van vrijwel alle mest gelijk.

Propstroomvergisters hebben doorgaans een verblijf tijd van circa 20 dagen bij rundveemest en 15 dagen bij varkensmest.

De propstroomvergister als doorstroom vergister is een vergister waarbij mest aan de reactor wordt toegevoegd en er digestaat uit de reactor verdwijnt volgens het "first in-first out" principe. Deze reactor geeft de hoogste biogasopbrengst omdat alle mest even lang in de reactor verblijft, waardoor alle mest een even lange verblijf tijd heeft. De mest dient semicontinu toegevoegd te worden. Dit wil zeggen dat de reactor de mest in porties krijgt toegediend. Het is hierbij aan te bevelen om de reactor minimaal 1 keer per dag te voeden. Hoe frequenter de reactor binnen een etmaal wordt gevoed, hoe constanter het te vergiste mengsel en dus zo min mogelijk schommelingen voor de micro-organismen. De pH en de temperatuur blijven bij frequent toevoegen beter constant, dit is voordelig voor het vergistingsproces. In de reactor dient de mest geroerd te worden.

Het is bij dit type reactor noodzakelijk om een vooropslag van mest te hebben om een constante aanvoer van mest te garanderen. Daarnaast is er ook een opslag nodig voor het digestaat. Deze digestaatopslag is niet noodzakelijk als het digestaat na vergisting direct verder wordt verwerkt. Het is echter wel aan te bevelen om een buffer te hebben waarin het digestaat opgevangen kan worden als een storing optreedt in het verdere verwerkingstraject. Bij dit type reactor dient een klein deel van het digestaat teruggepompt te worden naar het begin van de reactor omdat het digestaat de methaanvormende bacteriën bevat. Dit is noodzakelijk om het gistingsproces, door enting met methaanvormende bacteriën voor aan in de reactor snel op gang te krijgen. Ook is zinvol om in de digestaatopslag het geproduceerde biogas op te vangen om zo de rentabiliteit van de vergister te verhogen. Het is echter zeer belangrijk dat het digestaat gescheiden wordt opgeslagen van de verse mest. Een propstroomvergister is geschikt voor biomassa met een drogestofgehalte tot 15%-20%. Het vergistingsproces bestaat uit 2 delen, namelijk de voorfermentatie en de nafermentatie. De biogasopbrengst bij een propstroomvergister, met dezelfde input, is 10% hoger als bij volledig gemengde reactoren.

Liggende vergisters kunnen ook als doorstroomvergister worden gebruikt.

In de reactor vindt minimale menging van biomassa met verschillende verblijftijden plaats. De biomassa gaat met een constante snelheid door de liggende vergister. Door het niet mengen van mest met verschillende verblijftijden, komt de tijd die een volume pakketje erover doet van het begin tot het eind, overeen met de totale verblijf tijd van de mest in de reactor. De afbraak keten zal zich hierbij in etappes van voor naar achteren plaatsvinden.

In het begin van de vergister zitten nog weinig methaanbacteriën, aan het eind heel veel. Door de geringe menging en door een klein deel van de vergiste mest weer terug te pompen naar het begin van de vergister, worden er ook methaan bacteriën in de verse mest gebracht. De biogasproductie komt hierdoor sneller op gang en is minder gevoelig voor veranderingen in samenstelling en processtoringen.

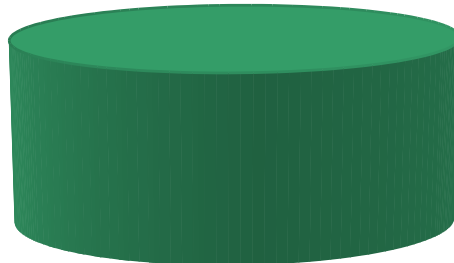
<p>Voordelen + Hogere biogasopbrengst t.o.v. staande vergisting systemen met even lange verblijftijd van de mest. Door het terugpompen van digestaat naar het begin van de reactor komt de biogasproductie sneller op gang, waardoor deze minder gevoelig is voor veranderingen in de mestsamenstelling en processtoringsen. Sterk drijvende biomassa kan het systeem beter verwerken</p> <p>Zand en slib is eenvoudig te verwijderen Systeem kan hogere drogestof % verwerken Het digestaat bevat minder ziektekiemen.</p>	<p>Nadelen - Een deel van het digestaat dient teruggevoerd te worden naar het begin van de vergister. Er is een vooropslag van mest en een naopslag van digestaat nodig.</p> <p>Relatief hoge investering, vooral in roerwerk en pompen. Of de investering daadwerkelijk hoog is, hangt veel af van het rendement van de vergister. Dit geldt natuurlijk in principe voor iedere vergister. Veel slijtage door groot aantal bewegende delen. Externe gasopslag nodig Minder stabiele ontzwaveling mogelijk</p>
--	---

Volledig geroerde staande vergister met constante inhoud

De volledig geroerde vergister met constante inhoud is een systeem waarbij de verse mest volledig wordt vermengd met bijna vergiste mest. Niet alle mest heeft dus een even lange verblijftijd in de reactor. Bij dit type vergister verlopen de zure gisting en de methaanvergisting in dezelfde reactor, waardoor er nooit de optimale condities heersen voor beide processen. De gasopbrengst is daarom nooit maximaal. Het gehele proces speelt zich af in één reactor.

Een volledig geroerde vergister kan vloeistoffen vergisten met een drogestof percentage van maximaal 10%. In dit type reactor heeft de mest (afhankelijk van de mestsoort) een optimale verblijfsduur van ongeveer 20 à 25 dagen bij mesofiele vergisting waardoor de vergister ook dienst kan doen als tijdelijke opslag. Een veel grotere verblijftijd heeft geen zin omdat daarna geen significante hoeveelheid gas meer wordt gevormd. Bij de reactor met constante inhoud blijft de inhoud van de vergister ongeveer op hetzelfde niveau. Deze reactor kan gezien worden als een vat waarbij er een deel van het digestaat uitloopt, als er een hoeveelheid verse mest wordt toegevoegd. Er is dan ook nog een opslag nodig voor het digestaat. Vooral bij dit type vergister is het aan te bevelen om het biogas, dat in de digestaatopslag ontstaat door nagisting, op te vangen om zo de rentabiliteit van de installatie te verhogen. Hierbij is het zaak om het digestaat gescheiden van de verse mest op te slaan.

<p>Voordelen + De vergister kan dienst doen als tijdelijke opslag van mest door de langere verblijftijd, tot wel 20 à 25 dagen bij mesofiele vergisting. Als er reeds een opslagsilo voor de mest aanwezig is, kan deze in veel gevallen omgebouwd worden tot een volledig geroerde vergister. Op het systeem kan goede biologische ontzwaveling toegepast worden</p> <p>eventueel gas buffer is eenvoudig te plaatsen op de silo Compact gecombineerd systeem van vergister, ontzwaveling en gasbuffer mogelijk</p>	<p>Nadelen - Volledig geroerde vergisters kunnen stoffen vergisten met maximaal 10% droge stof. De gasopbrengst is niet optimaal, omdat de mogelijk aanwezig is dat vers ingebrachte biomassa dezelfde dag de vergister kan verlaten waardoor niet alle mest even goed vergist is. Er is veel proceswarmte nodig om de mest op temperatuur te houden. Tevens dient 1/3 van de mest altijd in de vergister te blijven, aangezien een deel van de methaanvormende bacteriën moeten in de vergister blijven om het vergistingsproces opgang te houden. Reactor is niet kiemvrij, omdat niet uitsluitend vergiste mest bij het digestaat kan zitten. Sterk drijvende biomassa is veel energie nodig om deze onder het vloeistof niveau te houden Grotere hoeveelheden zand en slib moeilijker te verwijderen</p>
---	---

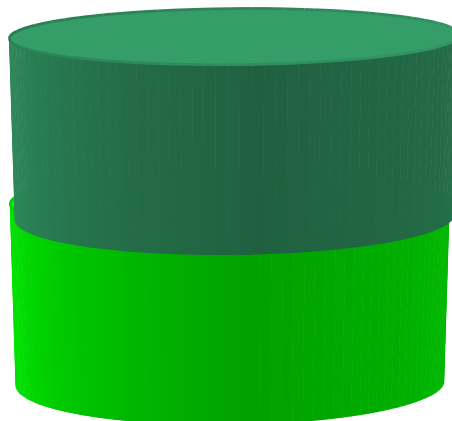


Volledig geroerde vergister met variabele inhoud

De volledig geroerde vergister met variabele inhoud, is een vergister waarbij de verse mest volledig wordt vermengd met bijna vergiste mest. Niet alle mest heeft dus een even lange verblijftijd in de reactor. Bij dit type vergister verlopen de zure gisting en de methaanvergisting in dezelfde reactor, waardoor er nooit de optimale condities heersen voor beide processen. De gasopbrengst is daarom nooit maximaal. Het gehele proces speelt zich af in één reactor.

Een volledig geroerde vergister kan maar vloeistoffen vergisten met een drogestof percentage van maximaal 10%. Bij de volledig geroerde vergister met variabele inhoud neemt echter het niveau van de vloeistof in de vergister steeds toe. De vergister dient tevens als opslag van het digestaat, er is dus geen navergister nodig. Doordat het digestaat in de vergister blijft, heeft deze vaak een behoorlijk grote inhoud. De verblijf tijd van de mest kan wel oplopen tot 5 maanden doordat de vergister tevens als opslag dienst doet. Bij het uitrijden van het digestaat gaat er biogas uit de mest verloren, die nog niet optimaal vergist is.

Daarnaast mag het digestaat nooit allemaal uit de vergister worden gehaald, de methaanvormende bacteriën verdwijnen uit de vergister en het vergistingsproces stopt.



Voordelen +

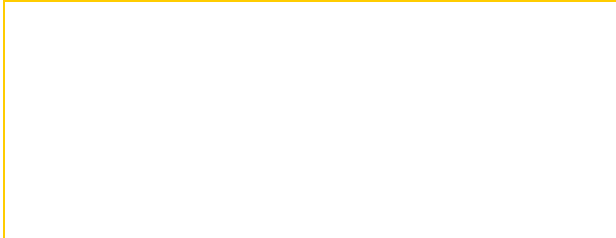
De vergister kan dienst doen als tijdelijke opslag van mest door de langere verblijftijd, welke wel kan oplopen tot 5 maanden.

Als er reeds een opslagruimte voor mest aanwezig is, kan deze omgebouwd worden tot een vergister.

Nadelen -

Volledig geroerde vergisters kunnen stoffen vergisten met maximaal 10% droge stof.

De gasopbrengst is niet optimaal, omdat niet alle mest even ver vergist is. Het is wel te verwachten dat de biogasopbrengst bij dit type vergister enkele procenten hoger is dan bij de volledig geroerde vergister met constante inhoud, doordat de mest bij dit type reactor verder is uitgegist. Slechts een klein gedeelte van de mest heeft



maar een kortere verblijf tijd gehad als eigenlijk nodig was.
Er is veel proceswarmte nodig om het proces op temperatuur te houden. . 1/3 van de mest dient altijd in de vergister te blijven, omdat anders alle methaanvormende bacteriën verdwijnen, waardoor het proces stopt.

Combinatiesystemen (tweetrapsvergister)

Het vergistingsproces wordt in twee fasen (tweetrapsproces) doorlopen, namelijk: voorfermentatie en nafermentatie. In de eerste fase wordt de mest opgewarmd, gehydrolyseerd en verzuurd. In een tweede silo, speelt de methaanvormende fase zich af. Het grootste gedeelte van het biogas wordt geproduceerd in het tweede gedeelte. Voordeel van deze methode is het creëren van een verbeterde leefomgeving door het scheiden van deze twee groepen bacteriën. Elk van de bacteriën soort heeft een optimale pH en verblijftijd. Hierdoor kan de biomassa beter werken dan in een gemengd systeem waarbij de temperatuur en verblijftijd afwijken van het optimum.

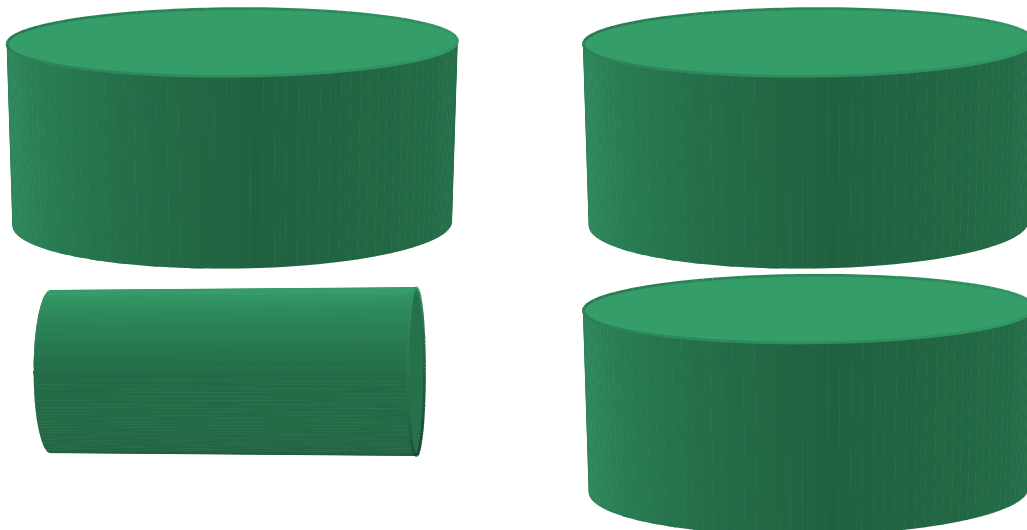
Omdat bij een liggende vergister alle mest een nagenoeg gelijke verblijf tijd heeft en voor de bacteriëngroepen een optimale pH en verblijftijd heersen vanwege het twee fasen systeem, produceert in theorie een liggende vergister 10% meer biogas dan een volledig geroerd systeem.

Liggende vergisters kunnen vloeistoffen tot maximaal 15% d.s. verwerken, ook is het beter mogelijk om drijvende (bv Stro) en zinkende stoffen (zand Slib) in liggende vergister te vergisten, omdat drijvende stoffen altijd in het vloeistof niveau bevind, en zand en slib relatief eenvoudig te verwijderen is. Wel is externe gas opslag noodzakelijk.

De laatste jaren worden steeds vaker combinaties toegepast van staande vergisters en opslag van vergiste mest in een silo met gasopslag. Deze silo fungeert als navergister, het biogas dat na de hoofdvergister nog vrij komt uit het digestaat kan dan alsnog opgevangen worden in een gaszak boven de silo.

Door goede isolatie blijft het warmtegebruik van de vergister beperkt tot 20 - 30% van de totale warmteproductie.

Het elektriciteitsverbruik van de biogasininstallatie zelf bedraagt, bij installaties op boerderijschaal, circa 2,5% per dag.



Voordelen +	Nadelen -
Biomassa eigenschappen worden meer stap gewijs afgebroken	Duurder in aanschaf
Meer specifieke bacteriën in de diverse vergisters vergisters	Moet meerdere vergisters managen
Zand en slib kan in het eerste deel van installatie verwijderd worden	Veel pomptechniek noodzakelijk
Sterk opdrijven de biomassa eigenschappen kunnen in het eerste deel van de installatie ontnomen worden	
Meer management mogelijkheden omdat er meer vergisters zijn	
Bij biologie verstoring is is slechts een deel van installatie verstoord waarbij het verstoorde deel snel weer opgestart kan worden door de niet verstoorde vergister	
Hogere biogas opbrengst	
Bij storing is slechts een deel van de installatie betrokken	

De ontzwaveling

Het biogas bestaat voor 40 tot 85% uit methaan (CH₄), voor 15 tot 60% uit koolzuurgas (CO₂). Daarnaast zijn er ook nog 0 tot 0,2% waterstof (H₂), 0 tot 0,2% stikstof (N₂), 0 tot 1 % zwavelwaterstof (H₂S) en enkele sporen van vluchtige organische componenten aanwezig. Zwavelwaterstof is schadelijk voor de motor van de warmtekrachtkoppeling en voor het leidingnetwerk. H₂S tast namelijk metalen als ijzer, koper en brons aan. Het is daardoor aan te bevelen om het leidingnetwerk, dat voor de ontzwaveling zit, niet van deze metalen te maken. Om zwavelwaterstof uit het biogas te verwijderen zijn diverse technieken voorhanden.

Sinds enkele jaren wordt biogas biologisch ontzwaveld, dit geschiedt door een kleine hoeveelheid lucht aan het biogas toe te voegen, dit geschiedt in een aparte ruimte of rechtstreeks in de gasopslag. Afhankelijk van de hoeveelheid H₂S in het biogas moet er 2 tot 6 vol. % lucht aan het biogas worden toegevoegd. Wanneer een beperkte hoeveelheid lucht wordt toegevoegd aan het biogas, ontstaat een reactie met de sulfide oxiderende bacteriën (zwavelminnende bacteriën). Uit deze reactie ontstaat als tussen product elementair zwavel, die als vaste stof terug te vinden is in het digestaat.

Wordt er echter teveel lucht toegevoerd, dan verloopt een tweede reactie. Hierbij wordt de elementaire zwavel omgezet tot zwavelzuur. Dit zwavelzuur zal in de mest weer omgezet worden in zwavelwaterstof, zodat er geen verwijdering van deze ongewenste stof heeft plaatsgevonden. Daarnaast wordt biogas in lucht een uiterst explosief mengsel.

Een juiste dosering van de toegevoerde lucht is uiterst belangrijk. De reductie van H₂S is afhankelijk van de temperatuur, bacterie hecht oppervlakte, luchtvochtigheid, de reactietijd, de hoeveelheid en de plaats van luchttoevoer. Bij goede omstandigheden kan er een reductie plaatsvinden tot een concentratiedaling onder de 50 ppm.

Een goede ontzwaveling is noodzakelijk voor behoud van een WKK men zal zwavel waarden altijd op nemen in garantiebepalingen

Deze methode kan vrij eenvoudig toegepast worden met goedkope materialen. Een meetinstrument dat het zwavelwaterstofgehalte in het biogas meet, kan indiceren of er iets meer of iets minder lucht aan het biogas toegevoegd moeten worden. Dit toevoegen kan uiterst eenvoudig gebeuren met bijvoorbeeld een simpel aquarium pompje. Deze methode werkt uiterst effectief tegen lage kosten, tegenwoordig is deze methode dan ook het meest toegepast bij mestvergistingsinstallaties op boerderijniveau. Deze heeft dan ook voor het bedrijf Mts. Swart-Agricola de voorkeur.

In het verleden werd ijzerchloride (FeCl_3) gedoseerd in de reactor. Een reductie tot minder dan 100 ppm. is in het verleden gehaald. Deze hierdoor bereikte zuivering is meestal niet voldoende waardoor er een extra nazuivering nodig kan zijn.



Het biogas kan biologisch gezuiverd worden door middel van een vastbedreactor. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een waterscrubbel (adsorptie) in combinatie met een biologische ontzwavelingsunit. Bij dit principe wordt water over een filter gesprekeld. In het filterbed komen water en lucht elkaar in tegenstroom tegen. Aan het biogas wordt 4 - 6 vol.% lucht toegevoegd voordat deze de zuivering ingaat. Het filterbed biedt de mogelijkheid voor scrubben en het laten groeien van

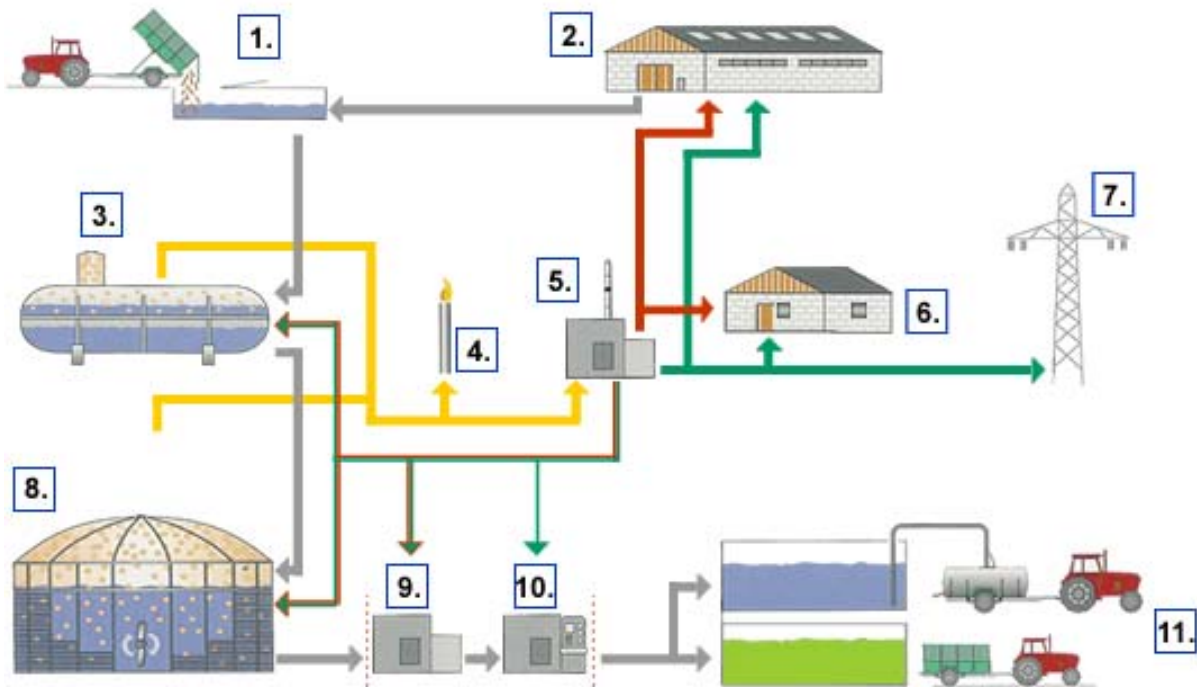
Figuur: biologische ontzwaveling boven een staande vergister

ontzwavelende micro-organismen. Hierbij ontstaat zwavelzuur dat terug te vinden is in het digestaat.

Tenslotte kan er ook gekozen worden om het biogas door een kist met vetvrije roestende ijzerkrullen leiden. Bij deze methode kan de kist met ijzerkrullen geregenereerd worden, waardoor deze steeds opnieuw gebruikt kunnen worden. Nadeel van deze methode is dat er veel warmte vrijkomt bij regeneratie.

De systeemkeuze

De optimale systeemopstelling zal aan de hand van onderstaand schema worden weergegeven.

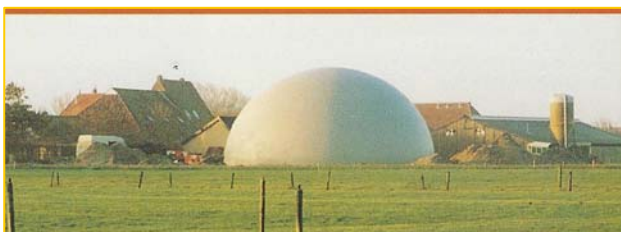


Figuur: mogelijke systeemopstelling

1. Vooropslag
2. Stal
3. Liggende vergister
4. Gasfakkel
5. Warmte/Kracht koppeling
6. Woonhuis
7. Levering aan het net
8. Naverdiger met ontzwaveling en gasbuffer
9. Mogelijke sterilisatie
10. Separatie
11. Na-opslag digestaat voor dunne en vaste fractie

Biogasopslag

Het biogas zal opgeslagen dienen te worden, omdat de biogasproductie niet altijd precies overeenkomt met de brandstofbehoefte van de warmtekrachtkoppeling. Het biogas kan worden opgeslagen in een gaszak welke bijvoorbeeld boven in de vergister geplaatst kan worden. Als de elektriciteitsproductie op de pieken in de stroomvraag wordt afgestemd, is er een relatief grote gaszak nodig met een opslagcapaciteit van ongeveer één dag. De grootte van de gaszak hangt dus af van het doel dat wordt nagestreefd met de elektriciteitsproductie. Voor de biogasbuffer wordt echter steeds meer een staande vergister gebruikt met als gecombineerd doel nl. vergister, ontzwaveling en biogasbuffer.





Figuur: externe trapezium biogasopslag



Figuur: externe biogazak



Figuur: vergister/ontzweveling/gasbuffer



Figuur: vergister met gasbuffer

Biogasbenutting

De verschillende manieren die momenteel bestaan of nog in ontwikkeling zijn, staan beschreven in onderstaande schema.

