

Methaanbereiding uit organisch afval

Citation for published version (APA):

Ham, M., Hamer, J., de Kock, P., Sonnemans, E., Oosterloo, J. G. F., & Valster, A. (1979). *Methaanbereiding uit organisch afval*. (3e dr. redactie) (Technische Hogeschool Eindhoven. Bureau Ontwikkelingssamenwerking, Subcommissie Microprojecten : werkmap; Vol. 14). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1979

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Methaanbereiding uit organisch afval

Werkmap ID-14

Uitgave:

CICA,

Bureau Ontwikkelingssamenwerking

Technische Hogeschool Eindhoven,

Subcommissie Microprojecten,

Postbus 513, Eindhoven.

DOCUMENTATIECENTRUM B.O.S - T.H.E.	
class.	AA9 79.04
dv.	
datum	

AA9



**METHAAN
BEREIDING
UIT
ORGANISCH
AFVAL**

8214410

INLEIDING

Naar aanleiding van de cursus "Aangepaste Technologie en Ontwikkelingslanden" van het Studium Generale (1976 Technische Hogeschool Eindhoven) heeft een werkgroep van zes studenten een literatuurstudie gemaakt van methaan gisting en eventuele toepassing daarvan in ontwikkelingslanden. Deze werkgroep had de medewerking van Ir. S.P. Bertram (afd. T).

In het hier voor U liggende verslag wordt nader ingegaan op waarom en wanneer methaanvergisting zinvol zou kunnen zijn en bij toepassing de technische uitvoering daarvan.

De werkgroep bestond uit de volgende leden :

Michiel HAM

Joos HAMER

Pierre de KOCK

Jan OOSTERLOO

Els SONNEMANS

Ad Valster

Nu de eerste oplage uitverkocht is en ik in de tussentijd me nog meer in dit onderwerp verdiept heb, vond ik het verstandig de werkmap te herzien.

De indeling is veranderd, de fouten zijn er zo goed mogelijk uitgehaald en ontbrekende informatie is toegevoegd.

Omdat er wel wat onderwerpen zijn waarover verschillende meningen bestaan, heb ik geprobeerd zo veel mogelijk de verschillende visies weer te geven.

Aanvullingen en opmerkingen zijn welkom !

Els Sonnemans, juni 1979

3e druk

INHOUD

	blz.
Inleiding	1
Inhoud	2
Doel van het rapport	4
1. Waarom methaangisting	5
1.1. Voordelen	6
1.2. Nadelen	6
2. Proces van vergisting	8
2.1. Methaanvorming	8
2.2. Factoren die het proces beïnvloeden	8
2.2.1. Temperatuur	8
2.2.2. PH	10
2.2.3. Toxische stoffen	11
3. Eigenschappen en gebruik eindprodukten	13
3.1. Gas	13
3.1.1. Gebruik van het biogas	14
3.2. Slib en water	15
3.2.1. Gebruik van slib voor land- en tuinbouw	17
3.2.2. Andere mogelijkheden van slibgebruik	18
4. Toevoer materialen en gasopbrengst	19
4.1. Gegevens over toevoermaterialen	20
4.2. Verdunning van toevoermateriaal	22
4.3. Gasopbrengst	23
4.4. Praktische wenken	23
5. Verschillende typen vergisters	24
5.1. Discontinuu werkende vergister	24
5.2. Continu werkende vergister	25
5.3. Vergistertype en klimaat	27
5.4. Korte beschrijving van enkele kleine, eenvoudige vergistingsinstallaties	28
6. Praktische wenken voor het ontwerpen en het gebruik	32
6.1. Hoeveelheid materiaal en de grootte van de vergister	32
6.2. Toevoermaterialen	34
6.3. Problemen met de vergister	37
6.4. Afvoer water en slib	40
6.5. Gasafvoer	41
6.6. Het op temperatuur houden van de vergister	43

6.6. Warmteverliesberekening	46
6.8. Het opstarten	47
6.8. 1. Opstartprocedure continue vergister	47
6.8. 2. Opstartprocedure discontinue vergister	48
6.8. 3. Andere methode	48
6.9. Het zuiveren van het gas	48
7. Bouwmaterialen, vergistingsinstallatie en biogas apparatuur	49
7.1. De vergister	49
7.2. De gashouder	53
7.3. Gebruikstoestellen	56
7.3.1. Kookapparatuur en lichtarmatuur	56
7.3.2. Motoren	60
8. Veiligheidsaspecten	63
9. Een eenvoudig uitgewerkt voorbeeld	63
10. Enkele kanttekeningen	65
10.1. Menselijke faecaliën	65
10.2. Werkzaamheden en de invloed op het levenspatroon	65
Literatuurlijst	68

DOEL VAN HET RAPPORT

In dit rapport willen we kennis laten maken met het verloop van het anaerobe vergistingsproces van organisch materiaal, en de mogelijkheden die het biedt. Eveneens willen we laten zien hoe, op ons inziens, verantwoorde wijze voorkomen kan worden, dat grondstoffen aan de aarde onttrokken worden, zonder dat daarvoor direkt iets terugkomt.

Voor de ontwikkelingslanden, waarvoor de werkgroep aanvankelijk tot stand kwam, zou dit rapport, evenals vele andere brochures, misschien een aanzet kunnen zijn, om toepassing in eigen situatie te overwegen. We hopen ook dat dit rapport de lezers in staat stelt, zelf een eenvoudige, misschien niet zéér efficiënte, installatie te bouwen, om zodoende het vergistingsproces te leren kennen.

Wij willen zeer nadrukkelijk vermelden, dat het bouwen van een goed werkende installatie niet zo eenvoudig is als het soms wel lijkt. Er is helaas, met uitzondering van India, te weinig konkrete ervaring nog met kleinere installaties in de wat gematigdere klimaten. Om een optimale gasproduktie te bereiken, zal nog veel onderzocht en geëxperimenteerd moeten worden.

Het is vooralsnog niet mogelijk, een algemeen, konkreet ontwerp aan te bieden, daar de diverse lokale omstandigheden te veel verschillen en wij daarvan ook te weinig op de hoogte zijn. Het maken van een aangepaste installatie achten we de taak van de plaatselijke bevolking, mede omdat import of aanschaf van kant-en-klare installaties voorlopig nog onbetaalbaar zal zijn.

Wij zijn ons ervan bewust dat we, zoals velen vóór ons, opnieuw een overzicht hebben gemaakt van de problematiek rond de methaanvergisting. Steeds meer mensen zullen daardoor weliswaar bekend raken met deze zaak, maar we moeten in de gaten houden, dat in dit stadium, onderzoek en praktijkervaring belangrijker worden dan het steeds weer ordenen van wat reeds bekend is...

de werkgroep,

Eindhoven, mei 1976

1. WAAROM METHAANGISTING .

Methaan gisting kan worden gebruikt om organisch afval te verwerken. Methaan (CH_4) is een gas, en is het belangrijkste deel (60-70%) van het zgn. biogas.

Dit biogas kan worden verkregen door anaerobe (onder afwezigheid van zuurstof) vergisting van dierlijke feacalien en organisch afval.

Op het ogenblik worden vooral in ontwikkelingslanden vaak dierlijke uitwerpselen en organisch afval verbrand ter verkrijging van energie.

Er is dan sprake van onttrekken van nuttige stoffen uit de natuur die na verbranding als gas in de atmosfeer verdwijnen, deze methode is bovendien niet zo hygienisch.

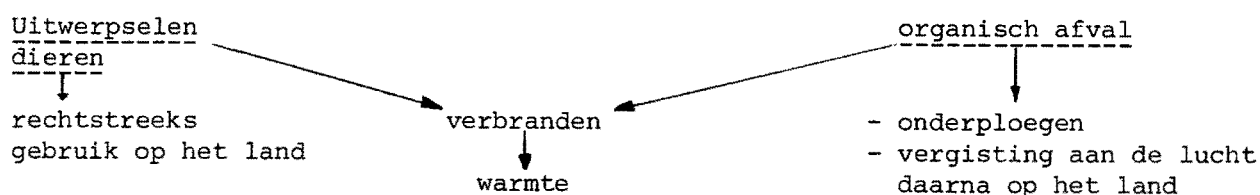
Anderzijds wordt ook organisch afval aeroob (met zuurstof) gecompoteerd.

Dit zijn de bekende mesthopen.

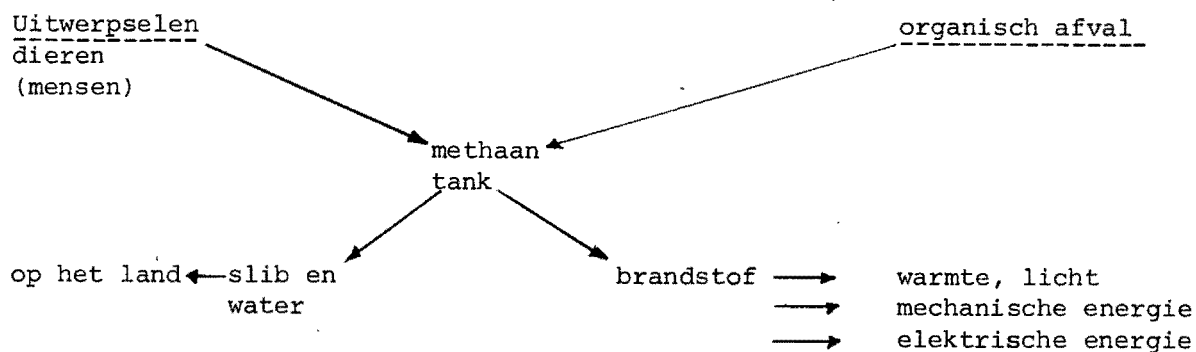
De zo verwerkte afval wordt als compost naar het land gebracht.

Bij methaangisting nu, verkrijgt men een brandbaar gas en het uitgegiste overblijvende slib kan als compost op het land gebruikt worden.

Normaal gebruik



Met vergistingsinstallatie



1.1 VOORDELEN METHAANGISTING

A) Schone energie

Het verkregen gas produceert bij verbranding geen onaangename dampen of stoffen en het kan direct gebruikt worden, in tegenstelling tot een vuurtje dat eerst aangemaakt moet worden.

De kans dat de ziekte verwekkende (-pathogene) bacterien in de dierlijke uitwerpselen met het voedsel van de mens in aanraking komen is kleiner.

B) Energie kringloop

De bijprodukten van het methaangistingsproces zijn zinvol te gebruiken.

Het uitgewerkte slib is als voedingsbron voor planten te gebruiken, het is rijk aan voor planten zo noodzakelijke elementen als fosfor (P), zwavel (S) en stikstof (N).

Dit in tegenstelling tot verbranden waarbij deze elementen als fosforoxide (P_2O_5), zwaveloxide (SO_2), stikstofoxide (NO_2) en ammoniak (NH_3) in gasvormige toestand verdwijnen.

Het met het slib meekomende water kan gebruikt worden voor bevloeiing, echter wel onder bepaalde voorwaarden.

C) Onafhankelijkheid

Met deze vorm van energievoorziening is men onafhankelijk van externe factoren, immers men levert zelf de toevoermaterialen voor de bacterien die het gas produceren.

1.2 NADELEN METHAANGISTING

A) Investing + onderhoud

Er is een bepaalde investering nodig voor bouw en er zijn kosten verbonden aan het onderhoud van een vergistingsinstallatie.

B) Opslag

Opslaan van het gas is een probleem.

Een installatie die dagelijks ongeveer produceert wat per dag nodig is verdient de voorkeur.

C) Waterafvoer

Indien het water uit de installatie niet behandeld wordt bestaat nog steeds de kans dat het water waarin geloosd wordt vervuult.

In ontwikkelingslanden zal met dat probleem zelden aantreffen maar in West-Europa bestaat de kans op toevoeging van een schadelijke hoeveelheid opgeloste organische stoffen wel.

2. PROCES VAN DE VERGISTING

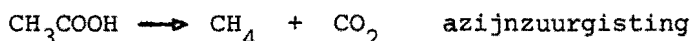
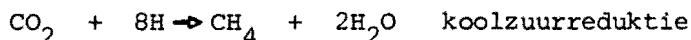
2.1 Methaanvorming

Methaangisting is een biologisch-chemisch proces.

Hierbij worden bepaalde stoffen m.b.v. enzymen door bacteriën afgebroken en vormen zich andere eenvoudiger stoffen.

Men kan drie deelprocessen onderscheiden:

- 1) Hydrolyse (ontleding van een stof door reactie met water)
onder invloed van een exo-enzymen worden onoplosbare stoffen (vetten, cellulose, eiwitten) omgezet in oplosbare.
- 2) Zuurvorming:
opgeloste organische stoffen worden door bacteriën omgezet in organische zuren.
- 3) Methaanvorming:
de gevormde produkten worden door bacteriën omgezet in methaan en koolzuur, de belangrijkste produkten waaruit methaan geproduceerd wordt zijn koolzuur en azijnzuur:



de meeste bakterien die deze omzetting veroorzaken verdubbelen zich elke 2 - 4 dagen, enkele soorten doen daar langer over.

2.2 Faktoren die het proces beïnvloeden.

2.2.1 De Temperatuur

Anaerobe vergisting kan plaatsvinden bij elke temperatuur tussen de 5 en 60°C. In de verschillende temperatuurgebieden zijn verschillende soorten bacteriën werkzaam.

In het gebied van 50 - 60°C zijn de zgn. thermofiele bacteriën werkzaam.

Vergistingstanks laat men in het algemeen niet in deze interval werken omdat:

- a) deze bacteriën erg gevoelig zijn voor temperatuur schommelingen.
- b) de bemestingswaarde van het uitgewerkte slib laag is.
- c) het veel energie kost zo'n hoge temperatuur te handhaven.
- d) de meeste materialen ook bij lagere temperatuur vergisten,

alhoewel dit langer duurt dan bij hogere temperatuur.

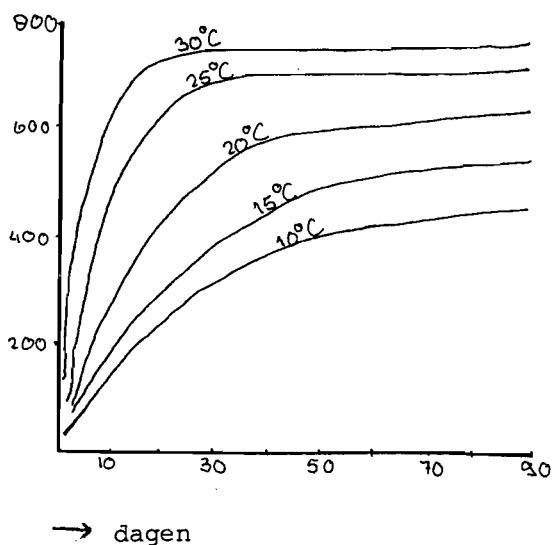
Een ander soort bacteriën werkt in het gebied 15 - 38°C, waarbij een optimum ligt tussen 30 - 35°C.

Bij hogere temperatuur is de vergistingstijd korter.

Ofschoon men verwachten zou dat de totale gasopbrengst onafhankelijk van de temperatuur is, blijkt dat bij hogere temperatuur de totale opbrengst groter is.

Onderstaande grafiek laat het verband zien tussen de temperatuur en de gasopbrengst, waaruit men ook de verblijfstijd in de vergister kan afleiden.

totale
gasproduktie
in liter
per kg.
actieve
stof
van een
bepaald
mengsel.



bron: Imhoff
in referentie 10)

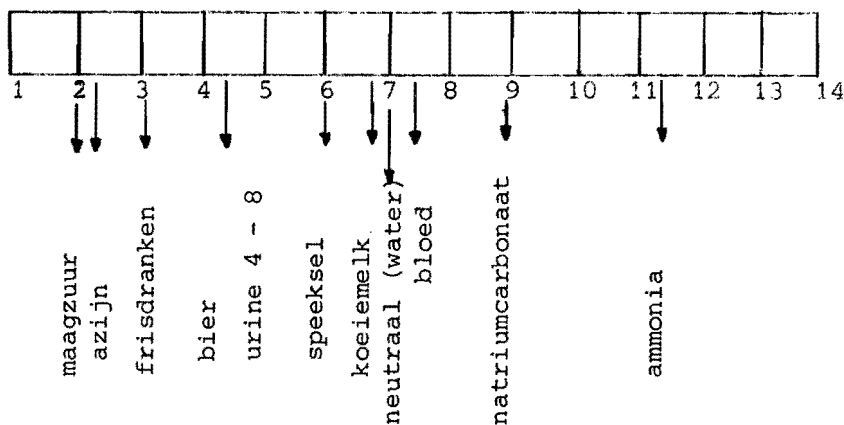
Deze grafiek zal voor de verschillende afvalstoffen variëren wat betreft de gasopbrengst maar het verloop van de lijnen blijft hetzelfde.

2.2.2 De PH.

Dit is een grootheid waarmee men het zure of basische karakter van een oplossing of mengsel aangeeft.

Een neutrale oplossing heeft een PH=7, een zure van 1 tot 7 en een basische van 7 - 14.

Hieronder staan enkele stoffen met de erbij horende PH.



Tijdens het gistingsproces zal de PH in het begin laag zijn (+ 5).

Dan vindt er immers zuurvorming plaats. Daarna wanneer er ook methaan geproduceerd wordt zal de PH stijgen tot 7-8 .

Wanneer men de PH meet in een installatie waarin kontinu nieuw toevoer-materiaal vergist wordt, dan zal deze 7,5-8,5 zijn. (Bron ; ref.10)

De PH kan op eenvoudige wijze geschat worden met behulp van lakmoes papier. Dit papier moet men in de vloeistof (of het uitgestoten slibwater) steken. Kleurt het rood, dan betekent dit dat de oplossing zure is. Een blauw lakmoespapiertje duidt op een basische oplossing.

Het zal niet vaak voorkomen dat de inhoud van de installatie te alkalisch (basisch) is, tenzij de toegevoerde stoffen erg alkalisch zijn.

Mocht het toch voorkomen dan is geduld de beste 'geneeswijze', voeg in ieder geval géén zuur toe!

Wanneer de inhoud te zuur is kan dit verholpen worden door enige dagen de toevoer van grondstoffen te verminderen, het slibwater opnieuw toe te voeren of kalkmelk, goed vermengd met het toevoermateriaal, toe te voeren.

In enkele installaties heeft men met succes soda (Na_2CO_3) en ook wel NaHCO_3 toegevoegd om de PH hoger te krijgen.

2.2.3 Toxische stoffen.

Dit zijn giftige stoffen die het proces nadelig beïnvloeden.

Deze komen voornamelijk voor in de installatie wanneer men onzorgvuldig met het keukenafval omgaat of als de toevoerstoffen niet voldoende verdund zijn.

Onderstaand overzicht geeft weer in welke mate bepaalde stoffen schadelijk zijn voor het proces.

mg/l			
ion	Stimulerend	matig remmend	sterk remmend
Natrium	100 - 200 mg/l	3.500 - 5.500	8.000
Kalium	200 - 400	2.500 - 4.500	12.000
Calcium	100 - 200	2.500 - 4.500	8.000
Magnesium	75 - 150	1000 - 1.500	3.000
Ammonia	50 - 1000	1500	8.000
Sulfide	0,1 - 10	100	200
Cobalt	20	onbekend	onbekend

bron: ref. 9)

Ionen van zware metalen zoals koper, nikkel, zink en lood kunnen schadelijk zijn. Indien er zwavel aanwezig is zullen ze zich ermee verbinden en minder schadelijk zijn.

Er wordt dikwijls beweerd dat antibiotica, pesticiden en desinfectiemiddelen absoluut niet in de vergister mogen komen, of dit waar is en in welke mate ze eventueel zijn toegestaan zijn, is me niet bekend.

Het advies is dus, wees er voorzichtig mee, zolang er nog geen onderzoekresultaten zijn.

In hoeverre men zeep kan toevoegen in de vergister, hangt onder meer af van de samenstelling van de andere toevoerstoffen.

Enkele getallen;

Harde toiletzeep bevat 80 g. natrium per kilo zeep,

een Nederlands wasmiddel 250 g.,

zachte zeep bevat geen natrium, wel kalium (110 g. per kg. zeep)

Wasmiddelen bevatten ook sulfaat ionen.

Vetzuren kunnen ook schadelijk zijn, zo is bv. natrium-oleaat in concentraties groter dan 500 mg./l schadelijk.

Bij toevoeging van calciumchloride is een concentratie van 2000 - 3000 mg/l nog aanvaardbaar. (bron: ref.9)

Bij alle schadelijke stoffen is het belangrijk dat ze niet schoksgewijs tegevoerd worden.

Vergiftiging is snel te merken omdat er dan een verminderde gasproductie is.

3. EIGENSCHAPPEN EN GEBRUIK EINDPRODUKTEN

3.1 Gas

Om verwarring te voorkomen wordt er nogmaals op gewezen dat biogas niet hetzelfde is als methaangas is.

Biogas bestaat weliswaar voor het grootste gedeelte uit methaangas (CH_4), doch in biogas kunnen we ook CO_2 (koolzuur), H_2 (waterstof), H_2S (zwavelwaterstof) vinden.

In welke hoeveelheden is afhankelijk van de toevoerstoffen en de werking van de vergisting.

De meest geproduceerde gassen zijn CH_4 en CO_2 .

Methaan heeft een verbrandingswaarde van 40MJ/m^3 .

Indien het biogas 75% methaan bevat is de verbrandingswaarde $0,75 \times 40 = 30 \text{ MJ/m}^3$.

Bij 60% methaan wordt dit $0,6 \times 40 = 24 \text{ MJ/m}^3$.

Vervolgens de gegevens van zuiver methaangas..	
specifiek gewicht	0,553 t.o.v. lucht
droog gewicht	63,5 g./m ³
vloeibaar gewicht	0,3 g./l
verbrandingswaarde	34-40 MJ/m ³
hoeveelheid lucht	
nodig voor verbranding	9,5 m ³ /m ³ gas.
Methaan is brandbaar in de lucht wanneer 4-15% methaan in de lucht aanwezig is. (Pas goed op bij lekkages.)	
bron: ref.9)	

Vergelijking van de verbrandingswaarde van biogas met die van andere gasvormige energiebronnen.	
Stadsgas	17 - 19 MJ/m ³ .
biogas	21 - 27
methaan	34 - 40
propaan	81 - 96
butaan	107 - 126
aardgas	30 - 32
ethyleen	57
bron: ref. 10	

3.1.1 Gebruik van het biogas.

Het gas is direct te gebruiken voor verlichting, verwarmen, koken enz.

Indirekt is het te gebruiken als mechanische energie m.b.v. verbrandingsmotoren en als elektrische energie m.b.v. verbrandingsmotor en generator.

Hoeveel biogas men nodig heeft voor een bepaald doel is erg afhankelijk van het rendement van het gebruikte toestel.

Voor ontwikkelingslanden wordt $0,6 \text{ m}^3$ per persoon per dag voor kookdoeleinden en verlichting voldoende geacht.

Het ligt er echter wel aan wat er gekookt wordt.

Onderstaande getallen zijn dan ook meer bedoeld om een idee te geven hoeveel gas er nodig is, dan dat het absoluut vaststaande hoeveelheden zijn:

Benodigheden hoeveelheid biogas voor verschillende apparaten.		
Koken	: 5 cm. brander	$0,33 \text{ m}^3/\text{h}$
	15 cm. brander	$0,64 \text{ m}^3/\text{h}$
	per persoon	$0,34 - 0,42 \text{ m}^3/\text{h}$
	grote groepen per pers.	$0,1 - 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$
Verlichting	: gaslamp (vergelijk 40 Watt lamp)	$0,13 \text{ m}^3/\text{h}$
	per gloeikousje	$0,007 - 0,12 \text{ m}^3/\text{h}$
Verbrandingsmotor	: per PK (0,7 KW)	$0,45 - 0,51 \text{ m}^3/\text{h}$
IJskast	: per 100 l inhoud	$0,09 - 0,12 \text{ m}^3/\text{h}$
Benzine	: 1 l. komt overeen met	$1,33 - 1,87 \text{ m}^3$
Dieselolie	: 1 l. komt overeen met	$1,50 - 2,07 \text{ m}^3$
Water koken	: 1 l. vereist	$0,11 \text{ m}^3$
Gasgeyser	: 75 l.warm water / dag	$1,8 - 2,1 \text{ m}^3$
Elektriciteit	: 1 KWh wordt verkregen uit	$0,6 \text{ m}^3$
N.B. : deze getallen hebben betrekking op ongewassen biogas (dus met CO_2) en zijn gemiddelde waarden.		

In sommige gevallen is het gas alleen te gebruiken als het onder druk staat:

branders	5 - 8 cm.	waterkolom
lampen	8 - 10 cm.	"
motoren	3 - 10 cm.	"

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de aanpassing van apparatuur.

3.2 Slib en water

Van de vaste stof die in de vergister gaat blijft na vergisting 30 - 60% over, (afhankelijk van het toevoer materiaal).

Stel dat het vaste stofgehalte 9% was, dan zal het uitgegiste materiaal 2,7 - 5,4% vaste stof hebben.

Dit is een waterige 'modder'.

Deze is geschikt voor irrigatie en kan verpompt worden.

Men kan de installatie zo bouwen dat het grootste deel van het slib bezinkt en het water (plus iets slib) regelmatig afgevoerd wordt.

Omdat dit water veel opgeloste stoffen bevat is het uitstekend geschikt voor bevloeiing, vooral in landen met een lange periode zonder regen, het slib moet dan apart uit de vergister gehaald worden.

De bestaande installaties in ontwikkelingslanden zijn veelal zo gebouwd dat het water en slib gelijktijdig uit de vergister komen.

Het simpelste is deze uitgescheiden vloeistof meteen op het land te brengen.

Daarbij heeft men het voordeel dat de opgeloste stikstofverbindingen direct voor het gewas beschikbaar zijn.

De nadelen van deze methoden zijn:

- het grote volume dat getransporteerd moet worden
- in vochtige gebieden of tijdens de regentijd is extra watertoevoeging vaak niet acceptabel omdat dan of aarde weggespoeld wordt of waardevolle stoffen met het water mee diep in de grond verdwijnen.

Het scheiden van het water en de vaste stoffen kan het eenvoudigste door middel van bezinking geschieden.

De vaste stoffen zinken naar de bodem van een groot vat, het water verdampt of wordt van bovenaf weggevoerd.

Omdat dit water nog organische stoffen bevat moet nagegaan worden of het gebied waarop geloosd wordt dit verwerken kan.

In het algemeen is dit geen probleem in ontwikkelingslanden en het is in ieder geval hygiënischer dan bv. direct gebruik van koeiemest op het land of open bezinkputten van menselijke faecaliën.

Toevoeging van kalk (5-10% van de totale vaste stof) versnelt de droging. (ref. 10).

Zoals boven gezegd zijn de stikstofverbindingen van het natte slib direkt te gebruiken door de plant.

Uit proeven in India blijkt echter dat het gedroogde slib een hogere graanopbrengst geeft.

Er zal nog meer onderzoek gedaan moeten worden om te weten welke vorm voor welke gewassen het gunstigste is.

Een analyse van de voornaamste stoffen in het slib laat zien dat de mestwaarde ook zeer afhankelijk is van de toegevoerde stoffen.

Analyse van gasvrij slib na 6 weken vergisting.		
droge stof	element in % van de hoeveelheid	
	vee	menselijke faecalien
% N. Stikstof	2,21%	7,4%
% Fosfor als P_2O_5	1,3%	2,4%
% Kalium als K_2O	1,5%	2,7%

3.2.1 Gebruik van slib voor land- en tuinbouw.

Hieronder volgen enkele voordelen en de mogelijke nadelen van het gebruik van slib voor de land- en tuinbouw.

Voordelen,

- anaerobe vergisting van mest geeft minder stikstofverlies dan aerobe (aan de lucht) vergisting.
- water wordt beter vastgehouden
- onkruidzaden verliezen hun kiemkracht (behalve tomaatzaden of zaden met een harde schil)

De volgende voordelen worden ook wel eens genoemd, maar of dit werkelijk zo is, is me niet bekend.

- bij gebrek aan water zal het slib als plakken op de aarde liggen en zo voorkomen, dat de grond uitdroogt door zoninstraling.
- de meststof verbrandt de planten niet, hetgeen verse mest vaak wel doet.
- er ontstaan ook bepaalde schimmels, die een gunstige invloed op de gezondheid van de planten hebben.

Nadelen,

- veel gebruik van vers slib kan de grond zuur maken.
Dit is echter te voorkomen door kalk in te harken, enkele weken voor met bemesting wordt begonnen.
Indien de kalk wordt toegevoegd nadat bemest is, dan zal ammoniak (NH_3) verdampen en daarmee een waardevolle stikstofbron verloren gaan. (ref. 1)
- de structuur van de grond moet goed in de gaten worden gehouden, om het gedrag te leren kennen van de bodem bij bemesten met slib. Bv. bij leem zal het slib zich ophopen en problemen leveren rond de wortels van de planten.
- afhankelijk van de herkomst van het ruwe materiaal, bv. stadsafval, kunnen er zware metalen en het slib aanwezig zijn of zouten, waardoor het gevaar bestaat dat er, na verloop van tijd, teveel van in de bodem terecht komt.

Opmerkingen

- Bij gebruik van dikke slib wordt het beste resultaat verkregen door éénmaal een zware toevoeging van slib, + 5 cm. dik, ca. 1 uur te laten intrekken. Dan goed begieten, daardoor zal tevens de geur verdwijnen (ref. 1).
- Het kan voorkomen dat een deel van het slib nog niet helemaal is uitgegist, de koolstof wordt dan nog opgebruikt en stikstof onttrokken (ref. 1).
- Het uitgegiste materiaal, slib, trekt de zgn. flower-fly (Eristalis Tehax) aan. Deze is echter onschadelijk en leeft van sommige voor de landbouw schadelijke insecten. De larven van dit insect drijven ook op sterk vervuild water (ref. 1).
- Alhoewel de meeste pathogene (ziekteverwekkende) bacteriën het verblijf in de vergister niet overleven, kunnen er nog sporen in het water en in het slib voorkomen (dit is onder meer afhankelijk van de temperatuur en de verblijfstijd in de vergister).

Indien men 100% zeker wil zijn geen pathogene bacteriën te hebben, dan kan men het beste het slib zes maanden laten liggen voordat het gebruikt wordt. Zonder het te laten liggen, zal het slib voor 99% vrij zijn van deze bacteriën. Dat wordt in het algemeen voldoende geacht, vooral in verhouding tot de vaak ongezonde situatie zonder vergister. Er is nog onderzoek aan de gang op welke wijze en in welke mate deze bacteriën gedood worden.

3.2.2. Andere mogelijkheden van slibgebruik

Vergist materiaal met het water is een ideale vloeistof voor hydroponica. In de hydroponica groeien planten in een zeer waterrijk milieu i.p.v. op aarde. Het slib met veel stikstof in oplossing versnelt de groei van de planten, die dienst kunnen doen als veevoer of als toevoermateriaal voor de vergister.

Een andere mogelijkheid is het waterige slib in een soort vijver te leiden. Door de grote hoeveelheden stikstof groeien algen in het water. Deze algen kunnen in de vergister vergist worden. Het zo verkregen gesloten systeem is een zeer efficiënte manier van het gebruik van de grondstoffen. Hier gaat het dan meer om de produktie van biogas dan om het verwerken van mest en ander organisch afval. De algen groeien ook niet overal even goed; een installatie in Californië voldoet uitstekend, in West-Europa zal het iets minder zijn. De algen kunnen ook als voedsel voor vissen dienen. Maar zoals de algen beter groeien in een zonnig klimaat, zo zullen tropische vissen (b.v. Tilapia) makkelijker te kweken zijn dan eetbare vissen uit West-Europa. In West-Europa schijnen karper wel op zo'n manier te kweken te zijn.

4. TOEVOER MATERIALEN EN GASOPBRENGST

Als toevoermateriaal voor de vergister kan men gebruik maken van uitwerpselen van mens en dier, oogstafval, slachtafval en keukenafval.

Wanneer men keukenafval vergist moet men erop letten dat men niet teveel zeep toevoert.

De vergistbaarheid van het toevoermateriaal is van verschillende factoren afhankelijk.

a) het droge-stof-gehalte;

Elke stof bevat water. Het gewicht dat over blijft nadat het water bij een temperatuur van 105°C uit 100 gr. stof verdampt is, is het droge stof gehalte.

Deze droge stof is weer te splitsen in een organisch gedeelte (wordt de actieve stof genoemd) en een asgedeelte, dit laatste blijft over nadat de stof in lucht verhit is tot 450°C . Dit gedeelte is niet vergistbaar.

In dit overzicht wordt alleen met het droge-stof-gehalte gewerkt, er zijn echter ook publicaties die met het organisch stof gehalte werken. Dit is i.h.a. 80% van het droge stof gehalte.

b) koolstof gehalte.

Dit element is in vele vormen aanwezig, die echter niet allemaal direct bruikbaar zijn voor de bacteriën.

De minst vergistbare koolstofverbinding is lignine, deze stof maakt de plant stevig, het komt vnl. voor in hout e.d.

c) stikstofgehalte.

Stikstof komt in de grootste concentratie voor in urine en de uitwerpselen van vogels.

Anaerobe bacteriën gebruiken stikstof die aanwezig is in NH_3 en eventueel ook die uit aminozuren.

d) koolstof-stikstofverhouding (C/N verhouding)

Deze twee elementen vormen het voornaamste voedsel van de bacteriën.

Bloed en urine hebben veel stikstof, dus een lage C/N verhouding.

Zaagsel, stro, graanafval e.d. hebben een laag stikstofgehalte en een hoge C/N verhouding.

In veel literatuur staat vermeld dat de beste C/N verhouding 30 is met een minimum van 20.

Toch bestaan er tegenwoordig ook grote vergisters die enkel met uitwerpselen van koeien of varkens gevoed worden.

De C/N verhouding is daar lager of gelijk aan 16.

Het vergistingsproces verloopt goed, alleen de bemestingswaarde van het slib is iets lager dan wanneer de toevoermaterialen een C/N verhouding van 30 hebben.

e) hoeveelheid water

Punt a) handelde over de hoeveelheid water die in toegevoerde materie aanwezig is.

Dit punt handelt over de hoeveelheid water in de totale vergisterinhoud. Indien er te weinig water aanwezig is kan er een schadelijke concentratie ammoniak ontstaan.

Bij gebruik van discontinue vergisters (zie volgende hoofdstuk: een vergister die eenmaal geladen wordt; wanneer de gasproduktie (bijna) gestopt is, wordt hij leeggehaald) is de hoeveelheid water meestal geringer dan bij vergisters waar doorstroming moet plaatsvinden.

Het zal niet snel gebeuren dat de inhoud te veel water bevat.

Maar veel water betekent een grote vergistingsbak en dikwijls veel te verwarmen materiaal.

Vaak wordt een vaste stofpercentage van 7-9% aangegeven, andere bronnen bevelen 10-12% aan.

Het juiste gehalte zal afhankelijk zijn van het soort toevoermateriaal, de verblijfstijd en het type vergister.

4.1 Gegevens over toevoermaterialen.

De cijfers die hieronder volgen zijn afkomstig van verschillende bronnen.

Het ligt ook voor de hand dat bv. een koe in een ontwikkelingsland die ander eten krijgt als een koe in Amerika, een andere hoeveelheid uitwerpselen en van andere samenstelling heeft.

De lagere mestopbrengst per dier geldt dan ook in het algemeen voor ontwikkelingslanden.

Wil men een globale berekening maken, dan moet men rekenen met de hoeveelheid mest die verzamelbaar is, dat kan 's zomers en 's winters sterk verschillen.

TABEL GEGEVENS TOEVOERMATERIALEN				
Soort materiaal	kg/dag	vochtgehalte %	totaal N % van de droge stof	C/N verhouding
<u>Dieren</u>				
koe - mest	10 - 25	80	1,7	18
urine	5 - 10	+ 96 %	15 - 18	
varken - mest	(3 tot) 4	82	3,8	
urine	2,2	+ 96%	?	
paard - mest	18	75	2,3	25
urine	4	+ 97%	?	
schaap - mest	(1,3 tot) 1,5	68	3,8	
urine	0,8			
geit -mest	1,4	70	?	?
urine	?			
kip	0,05	56	6,3	
mens - mest	0,20	73	6	6 - 10
urine	1,05	96 - 98%	18	6 - 10
slachthuisafval			7 - 10	2
bloed			10 - 14	3
<u>Plantenafval</u>				
hooi, jong gras			4	12
haver stro			1,1	27
tarwe stro			0,5	150
zaagsel			0,1 - 0,25	200 - 500
aardnctenschil			?	36
zeewier			1,9	19
huishoudafval gem.			2,2	25
aardappel groen			1,5	25 (ref 1)
<u>Oogstafval</u>				
graan	kg loof/ha/oogst			
maïs	5.000			
groente	40000			
peulvruchten	2.000			
aardappel	2.000			
	12000			

Een werkzaamere aanduiding is de residu-coëfficiënt.

Deze coëfficiënt, vermenigvuldigd met het gewicht van de oogstopbrengst , geeft het gewicht afval aan.

Natuurlijk zullen grote delen ervan als veevoer, dakbedekking etc. kunnen dienen.

	residu - coëfficiënt
soja boon	0,55 - 2,6
katoen	1,2 - 3
tarwe	0,47 - 1,75
rogge	1,20 - 1,95
suikerbieten	0,07 - 0,20
suikerriet	0,13 - 0,25
gerst	0,95 - 1,75
rijst (ongepeld)	0,38 - 1,25
sorghum-gierst	0,50 - 0,85 (ref.9)

4.2 Verdunning van toevoermateriaal.

Zoals al eerder opgemerkt, is het voor sommige vergisters (vooral de continue) noodzakelijk dat er water toegevoerd wordt en wel voor de doorstroming en menging en/of om de concentratie van bepaalde schadelijke stoffen te verlagen. Een voorbeeld:

De vergister wordt gevoed met koemest, deze heeft een vochtigheid van 80% , het gewenste vaste stofpercentage is 8%, dat betekent dat het vaste stof percentage van 20 naar 8 moet, een faktor 2,5.

De hoeveelheid water die men toevoegen moet is dan $2,5 - 1 = 1,5$ maal de hoeveelheid mest.

Indien ook urine toegevoegd wordt, moet men dit in mindering brengen op het toe te voegen water.

Aanbevolen verdunningen indien geen urine toegevoegd wordt uitgaande van 8% droge stof.	
	mest : mest + water
varken	1 : 2,5
koe	1 : 2,5
kip	1 : 8 ook wel 10
kalf	1 : 1,875
paard	1 : 2,1
groen afval	1 : 2,1

N.B. Deze getallen gelden alleen voor de uitwerpselen dus niet b.v. voor drijfmest.

4.3 Gasopbrengst

Ook hier zijn er weer verschillen tussen de diverse bronnen:

totale gasproductie per kg. droge stof.			
mest	varken	0,39 - 0,50	m ³
	koe	0,21 - 0,31	m ³
	paard	0,25	m ³
	kip	0,39 - 0,61	m ³
groen	bladeren enz.	0,45	m ³
	mais, stro	0,81	m ³

bron: ref.9

ref.10

4.4 Praktische wenken ter berekening biogas opbrengst en enkele opmerkingen over toevoer materialen.

1. 1 kg. verse koemest levert 0,05 m³ gas op
2. een koe in ontwikkelingslanden levert gemiddeld 10 kg. mest per dag.
3. een mens produceert + 1 kg. mest incl. urine per dag, dus 0,05 m³ gas.
4. 1 kg. groen zal gemiddeld 0,1 - 0,2 m³ gas leveren.
5. 10 - 20% urine bij het toevoermateriaal zal de C/N verhouding en de PH ongunstig kunnen beïnvloeden, maar het blijkt stimulerend te werken voor de gasproductie. Veelal wordt aanbevolen wel urine te gebruiken.
6. afval van jonge planten produceert meer gas dan van oudere.
7. droog afval (hooi, stro) produceert meer gas dan groen afval per kg. maar het duurt wel langer.
8. struiken en onkruid dat bepaalde jaartijden snel groeit, kunnen geoogst worden, gedeeltelijk gedroogd worden en beetje voor beetje in de vergister gedaan worden, zodat een constante gasproductie bereikt wordt.
9. ook papier kan in de vergister gedaan worden, zij het niet teveel ineens en steeds goed gemengd met de mest. (bron. ref.9)
10. alhoewel hout of houtzaagsel veel onverteerbaar lignine bevatten kan het in bescheiden mate toch in de vergister gedaan, het bevordert wel de opbouw van een schuimlaag.

5. VERSCHILLENDE TYPEN VERGISTERS

In de loop der tijd zijn er reeds overal ter wereld vele verschillende ontwerpen van methaangistingsinstallaties gemaakt, waarvan er ook veel gebouwd zijn. Het zou in dit kader te ver gaan om al deze ontwerpen te behandelen.

We zullen ons nu beperken tot het bespreken van de voornaamste hoofdtypen, en daarvan de belangrijkste kenmerken.

(voor-en nadelen)

5.1 De discontinu werkende vergister.

Dit is het eenvoudigste ontwerp voor een vergister. Deze wordt slechts eenmaal gevuld met toevoermateriaal. (waar ook methaanbacteriën aan toegevoegd moeten worden).

De vergistingstijd bedraagt 2 tot 4 maanden.

Voordelen:- weinig aandacht vereist tijdens de vergisting.

- men kan er bijna elk organisch materiaal ingooien, zelfs uitgedroogd materiaal.
- Wel zorgvuldig selekteren, zodat de C/N verhouding 30 bedraagt.
- primitief ontwerp, dus eenvoudig te maken. (gebruik bv. oude oliedrums)
- geen problemen met drijf laagvorming, of met zand en grind.
- hygienisch betrouwbaarder dan continue vergister.
- het materiaal kan altijd volledig uitgisten.

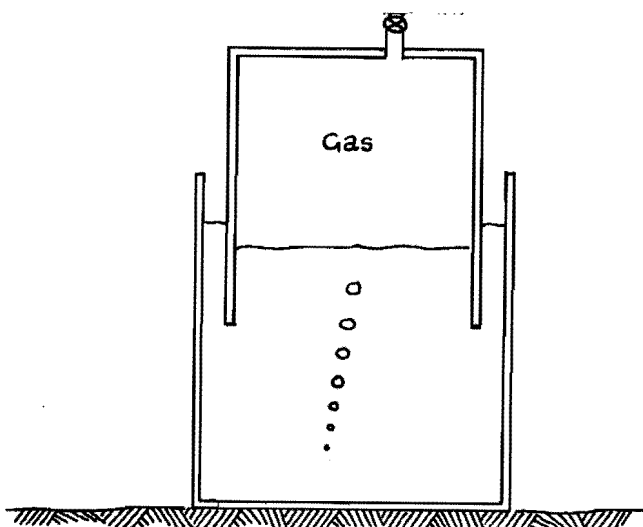
Nadelen :- Laden en ontladen vereist veel arbeid.

- bij ontladen komen nog (mog. schadelijke) gassen vrij :stank.
- geen constante gasproduktie; in de tijd gezien loopt de gasproduktie langzaam op en daalt daarna weer.

Bij dit type vergister laadt men maar een keer in 2 - 4 maanden. Dit kan een voordeel zijn als men slechts periodiek organisch afval ter beschikking heeft, bv. oogstafval.

Het hoeft geen nadeel te zijn als men wel continu toevoer heeft.

Dan kan men namelijk meer eenheden gebruiken, die niet gelijk geladen worden, zodat men wel continue gasproduktie kan verkrijgen.



tekening : discontinu werkende vergister.

5.2 De continu werkende vergister

Deze wordt dagelijks voorzien van toevoermateriaal. De samenstelling van dit materiaal moet nauwkeurig binnen bepaalde grenzen liggen, omdat de vergistingstijd korter is dan bij discontinu werkende vergisters. Er mogen eigenlijk geen deeltjes bijzitten die drijven in water, omdat die een drijfslaag kunnen vormen, waardoor de gasproductie stagneert.

Ook moet voorkomen worden dat zand of grind in de vergister terecht komt. Als dit niet geheel mogelijk is moeten er maatregelen getroffen worden om ten eerste de drijfslaag, en ten tweede het zand en grind, te verwijderen. Vergistingstijd 20 - 60 dagen.

Voordelen :

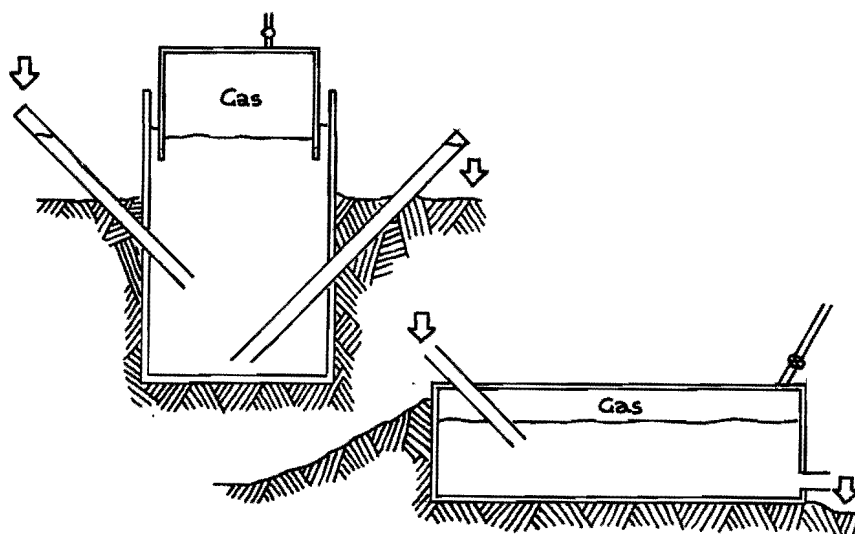
- continu doorgaande gasproductie,
- dagelijks voeden (met dagelijks beschikbaar afval)
- proces vrij goed bij te sturen (dit in tegenstelling tot discontinu werkende vergisters, waarbij men zo goed als niets kan regelen) d.m.v. temperatuur en grootte toevoeging.
- relatief weinig (dagelijks terugkerende) arbeid.

Nadelen :

- verwijdering van drijfslaag kan problemen opleveren
- verwijdering zand en grind kan een probleem zijn.
- moeilijker te bouwen ontwerp (dan bij discontinu werkend systeem).

Continu werkende vergisters kunnen worden onderscheiden in twee typen, te weten de verticale en de horizontale ("displacement") vergister.

De eerste bestaat uit een staande, de andere uit een liggende cilinder-vorm.



vertikale vergister

horizontale vergister

De voordelen van de verticale vergister t.o.v. de horizontale vergister zijn :

- vaak makkelijker te bouwen ontwerp (bv. gemetselde cilinder)
- de mogelijkheid bestaat om de gashouder bovenop de vergister te zetten, d.w.z. te laten "drijven", niet aan te bevelen in de koudere klimaten i.v.m. warmte verlies tenzij het geïsoleerd wordt.

De voordelen van de horizontale vergister, t.o.v. de verticale vergister zijn :

- alle slib passeert een gebied waar de methaanbacterien werkzaam zijn, zodat men niet hoeft te roeren om een goede menging te verkrijgen.
- ideale verhouding : lengte is 5 x de hoogte.
- beter te controleren (door openingen in de vergisterwand).
- zand en grind gemakkelijker te verwijderen.
- door het grotere oppervlak wordt de drijfslag minder snel dik
- de drijfslag kan met behulp van een schuif uit de vergister getrokken worden.
- alle afval is gedwongen de hele weg af te leggen.

Een ander systeem met een continu vergister is de :zg. snelle (high-rate) vergister. De inhoud bevat meer water dan normaal in een continu vergister.

De verblijfstijd is korter, 10 - 20 dagen.

Dit systeem wordt voornamelijk toegepast in riool zuiverings installaties en installaties bij grotere koeien- varkens- enz. fokkerijen.

Daar de verblijfstijd zo kort is, kan de tank kleiner zijn.

Als het materiaal uit de vergister komt, gaat het in een grote bezinkput.

Hier wordt nog iets methaan geproduceerd maar veelal laat men dit ontsnappen.

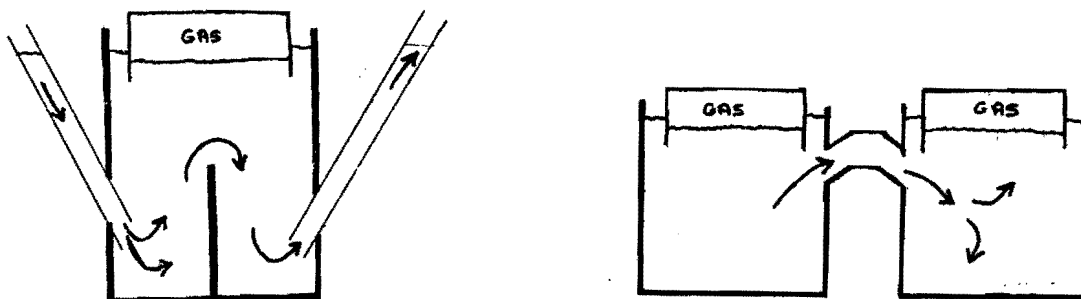
Meestal is het verkrijgen van methaan niet het hoofddoel.

Het belangrijkste is dat de mest op een reukloze manier verwerkt wordt, of het

afvalwater gezuiverd wordt.

Dit proces zal dan ook zelden in agrarische gebieden in ontwikkelingslanden toegepast worden.

Een variatie op de verticale vergister is een vergister met twee vertrekken. Dit kan bereikt worden door middel van een muurtje of door twee cilinders in serie te plaatsen.



De voordelen zijn :

- een scheiding in plaats van de verschillende stadia van vergisting
- hogere gasopbrengst
- het afval is verplicht een langere weg te volgen
- de verschillende kamers kunnen op verschillende temperaturen gehouden worden.

De nadelen zijn :

- duurdere konstruktie vooral voor kleine vergisters, loont dikwijls niet.
- het is meer werk de inhoud van de vergister(s) te controleren op temperatuur, pH etc.
- de leiding van de eerste naar de tweede vergister is een ideale plaats voor opeenhoping van afval en kan zo een verstopping veroorzaken.

5.3 Vergistertype en klimaat

In warme klimaten is het niet zo belangrijk welk type men kiest.

In koudere moet men ervoor zorgen dat het warmte verlies overdag en 's nachts zo klein mogelijk is en dat er overdag zoveel mogelijk zonnewarmte opgevangen wordt.

De ideale maat van een cilinder, met een zo klein mogelijk oppervlak (waardoor men warmte verliezen kan) bij een bepaald volume, verkrijgt men wanneer de hoogte gelijk is aan de diameter.

De eisen die aan de vergister gesteld worden om een optimaal vergistingsproces te krijgen zijn echter vaak anders. Bv. bij een horizontale cilinder is de lengte 5 x hoogte. Welke gevolgen een afwijking hiervan heeft is niet bekend.

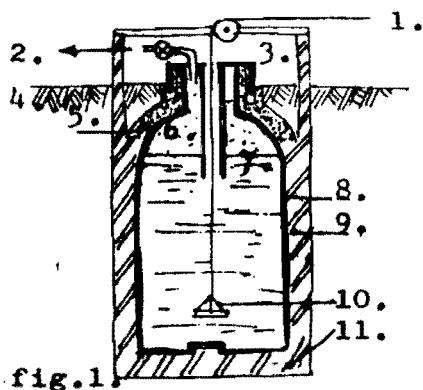
Bij een verticale cilinder die in de grond steekt is het buitenoppervlak klein zodat 's nachts weinig warmte verloren gaat maar anderzijds overdag ook niet teveel zonnewarmte opgevangen wordt.

Een horizontale cilinder met een zwart geverfd dak zal overdag veel zonnewarmte kunnen opvangen, 's nachts echter naar de koude hemel uitstralen. 's Nachts afdekken of een plantenkast boven de vergister bouwen vermindert deze warmte afgifte.

Wanneer overdag de zonnewarmte niet zo groot is of wanneer het dag en nachtverschil in temperatuur erg groot is, dan kan men de vergister het best helemaal ingraven of isoleren.

5.4 Korte beschrijving van enkele kleine, eenvoudige vergistingsinstallaties.

1. Een discontinu, verticale vergister, gashouder niet geïntegreerd :

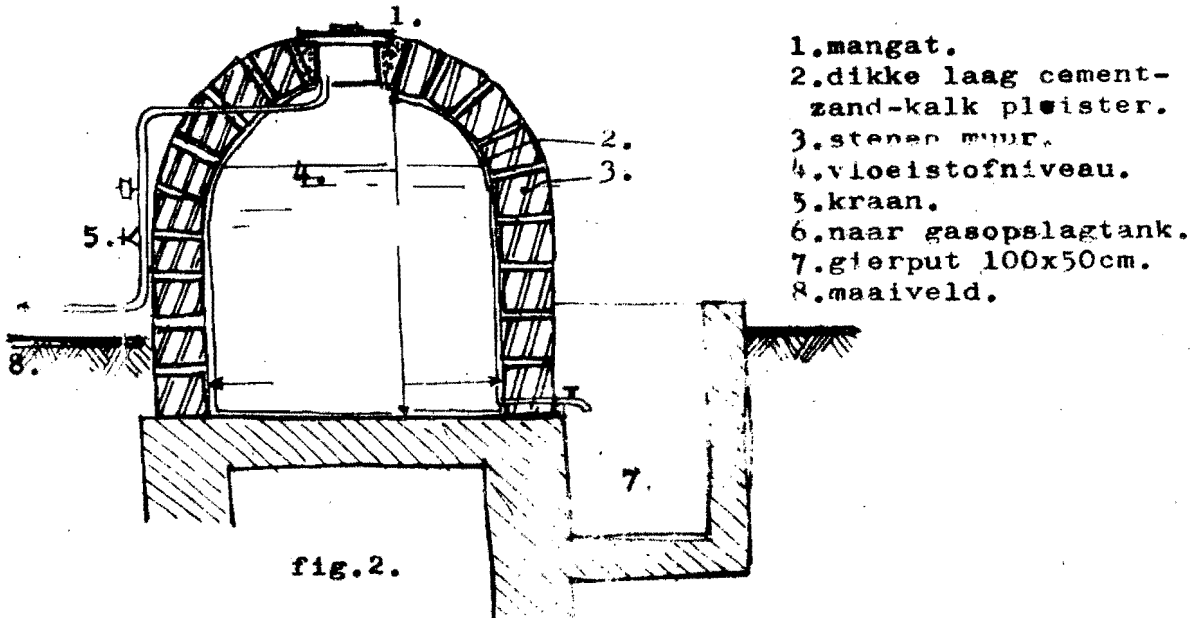


1. flexibele kabel.
2. naar gasopslagtank.
3. mangat, metalen deksel.
4. maaiveld.
5. gewapend beton.
6. gas.
7. vloeistofniveau.
8. waterdichte pleisterlaag
9. stenen muur.
10. roerder.
11. betonnen vloer-25cm. dik.

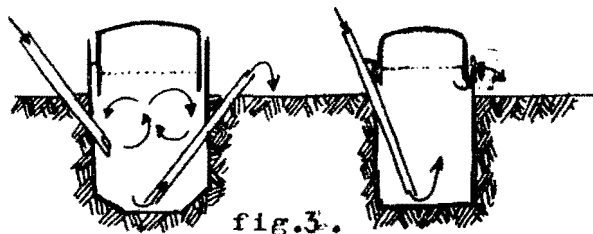
- men vult de tank, sluit de tank af en laat de inhoud gisten. Zodra de gasproduktie vermindert of ophoudt het deksel eraf halen. Lading uit de tank halen en opnieuw beginnen. -zie ook de uitwerking van het systeem met de 2 olievaten.-
Min. afmetingen 6 m^3 , ontwerp van R.B. Singh, bestaand uit een waterdicht vat, metalen deksel met waterslot.

Een combinatie van 2 of 3 van deze tanks is nuttig om voortdurend over gas te kunnen beschikken. 2 x per dag ongeveer 10 minuten roeren.

(fig.1 en 2)



2. Een kleine installatie , continu en vertikaal, met één gistingsruimte, gashouder geïntegreerd.



- toevoerpijp mondt uit iets boven de bodem van de tank.

Dagelijks worden grondstoffen toegevoerd waardoor het niveau in de tank stijgt en de tank tenslotte overloopt. Als de organische stof eenmaal vergist is, scheiden zich vaste stof en vloeistof in lagen. De vloeistof loopt over, de vaste stof zal naar de bodem zinken en eventueel de toevoer verhinderen. Dit kan voorkomen worden door de brei zo homogeen mogelijk te houden zodat zowel vloeistof als vaste delen wegvloeien. (fig.3)

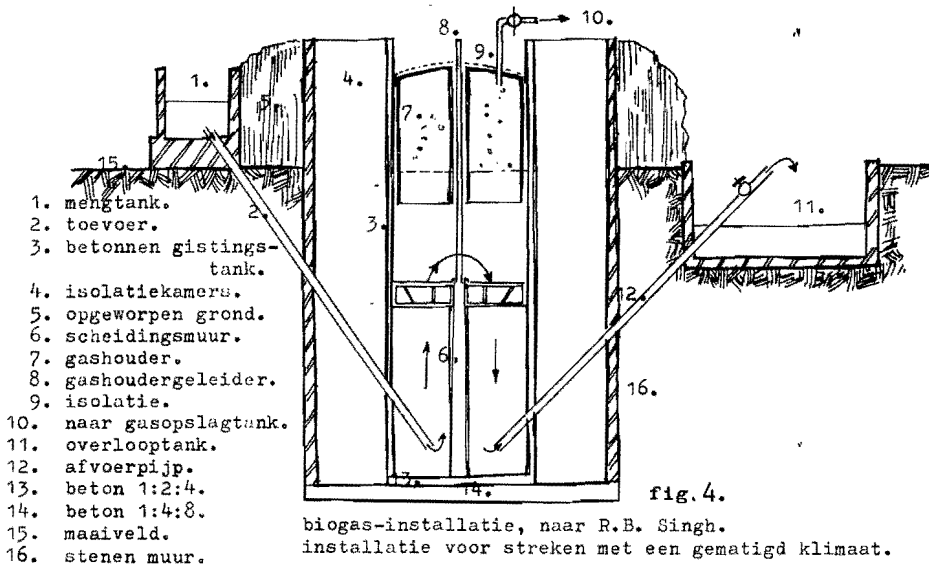
3. Een continu verticale vergister met 2 gistingsruimten, gashouder geïntegreerd:

-Hierin is het mogelijk het materiaal verder af te breken dan bij de vorige het geval is. De brei wordt toegevoerd op de bodem van eerste ruimten. De gistende brei stijgt door de regelmatige toevoer van de grondstoffen en gaat over de muur naar de tweede ruimte, waar de gisting wordt voortgezet.

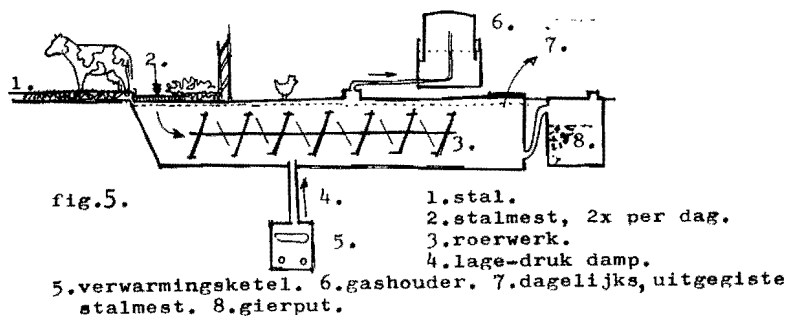
Vaste en vloeibare stof scheiden zich en het slib op de bodem van de tweede ruimte wordt d.m.v. een pijp afgevoerd.

In koude gebieden is isolatie wel noodzakelijk, (hier d.m.v. isolatiekamers) en verwarmen van het water wel aan te bevelen.

Roeren alleen in de eerste ruimte, de tweede met rust laten. Roeren 2 à 3 maal per dag gedurende 15 à 20 minuten. (fig.4)



4. Een continue, horizontale vergister, gashouder niet geïntegreerd.
De zgn. gistingskanaalmethode "Darmstadt":



Het systeem bestaan uit een gistingskanaal, 2m breed, 2,2m diep en 5m lang, aan alle zijden geïsoleerd.

Stalmest wordt elke dag in de invoeropening gedaan. Het roerwerk wordt aangedreven door een 1/2 Pk motor en maakt één omwenteling per minuut. Aan het eind van het kanaal wordt de mest door een arm omhoog gebracht en kan dan op de mestplaats worden opgeslagen. Een probleem vormt nog een goed ontwerp van de schoepen van het roerwerk .(fig5.)

6. PRAKTISCHE WENKEN VOOR HET ONTWERPEN EN HET GEBRUIK VAN EEN VERGISTINGSINSTALLATIE;

6.1 Hoeveelheid toevoermateriaal en de grootte van de vergister.

Voordat men de grootte kan bepalen moeten eerst de volgende vragen beantwoord zijn:

- wat is het volume van de afval dat dagelijks geproduceerd wordt, is dit met of zonder urine.
- wat is de vochtigheid van de afval (zie 4.1)
- hoeveel stikstof (N) bevat het (zie 4.1)
- wat is de C/N verhouding (zie 4.1)
- wat is de ideale temperatuur voor het soort afval
- wat is de vergistings- of verblijfstijd.
- moet er water toegevoegd worden (zie 4.2)

Aan de hand van het soort afval, de hoeveelheid en de frequentie waarmee het verkregen wordt kan men bepalen of het een continu of discontinu vergister wordt. Bij een discontinu kan de hoeveelheid water minder zijn, de vergistingstijd is langer.

Wanneer men de hoeveelheid afval (met water) per dag vermenigvuldigt met de verblijfstijd krijgt men de inhoud van de vergister (zonder gasopslag) Bij een discontinu vergister die maar een gedeelte van het jaar gebruikt wordt moet men rekenen met een verblijfstijd van 2 - 3 maanden.

Bij gebruik van meer discontinu vergisters is de grootte van elke vergister afhankelijk van het aantal .

Bv. 2 vergisters ; elk moet zo groot zijn dat het afval van 2 maanden kan bevatten.

Bv. 4 vergisters : een vergister wordt gedurende 1 maand gevuld . Tijdens de 2e, 3e en een gedeelte van de 4e maand vindt de vergisting plaats, dan wordt hij geleegd en in de 5e maand weer gevuld. In de tussentijd vindt hetzelfde plaats bij de andere, alleen een maand in de tijd verschoven. Elke vergister moet dus 1 maand afval kunnen bevatten.

Bij een continu systeem is de grootte afhankelijk van de temperatuur omdat deze (mede)de snelheid van vergisting en dus de verblijfstijd bepaalt.

Er bestaan geen grenzen aan de grootte van de installatie, het is mogelijk om te werken met oliedrums tot grote rioolzuiveringsinstallaties.

In India hanteert men een minimum van $4 - 5\text{m}^3$ (voor 6 mensen en 2 koeien), omdat anders de bouwkosten relatief erg hoog worden.

Voor de grootte van de gashouder is het van belang dat men weet hoeveel gas er geproduceerd is en hoe frequent het gasgebruik is (dus hoeveel gas voor de opvang van pieken bewaard moet worden).

Als alleen 's avonds van 6 - 8 uur gas gebruikt wordt dan zal de opslag minimaal $\frac{24 - 2 \text{ uur}}{24} = \frac{22}{24} = \frac{11}{12}$ van de dagelijkse produktie moeten zijn.

Een voorbeeld

Er zijn 4 koeien en 6 mensen; het gas wordt 's avonds gebruikt voor koken en verlichting. Men wil een continue vergister. Verwarming van de vergister is niet nodig.

Berekening (zie hoofdstuk 4.4):

a. 4 koeien: $4 \times 10 \text{ kg. mest} \times 0,05 \text{ m}^3 \text{ gas} \Rightarrow 2 \text{ m}^3 \text{ gas/dag}$
6 mensen: $6 \times 1 \text{ kg. mest} \times 0,05 \text{ m}^3 \text{ gas} \Rightarrow 0,30 \text{ m}^3 \text{ gas}$

 $2,30 \text{ m}^3 \text{ gas/dag}$

b. wat er met het gas gedaan wordt.

6 mensen: koken $6 \times 0,30 \text{ m}^3 \text{ gas}$ (zie 3.1.1.) $\Rightarrow 1,80 \text{ m}^3 \text{ gas}$
er resteert nog $2,3 - 1,8 = 0,5 \text{ m}^3 \text{ gas}$, dit is voldoende voor 1 gloeikousje 5-6 uur.

c. Volume van de vergister

koeien: $4 \times 10 \text{ kg. mest} + 40 \text{ kg. water}$ (zie 4.4) = 80 l.
mensen: $6 \times 1 \text{ kg. mest} + 6 \text{ kg. water}$ = 12 l.

 92 l.

Bij een vergistingstijd van 6 weken, moet het volume $6 \times 7 \times 92 = 3.784 \text{ l.}$ = $3,8 \text{ m}^3$ zijn.

Het is echter verstandig rekening te houden met een eventuele uitbreiding van het veebestand of de familie, zodat men beter een vergister van $4,5 \text{ m}^3$ bouwen kan indien het geld en de mogelijkheid aanwezig is.

d. De inhoud van de gashouder moet ongeveer $\frac{10}{12}$ van de gasproduktie zijn, d.w.z. $\frac{10}{12} \times 2,3 = \underline{+ 2 \text{ m}^3}$.

6.2 Toevoermaterialen

Bij een discontinu vergister is de toevoer eenmalig.

Als het materiaal erg droog of heel dik modderig aanvoelt dan moet er water bij gedaan worden.

Het beste kan men hiervoor het water afkomstig van de vorige vergisting gebruiken, daar dit water de juiste bacteriën bevat.

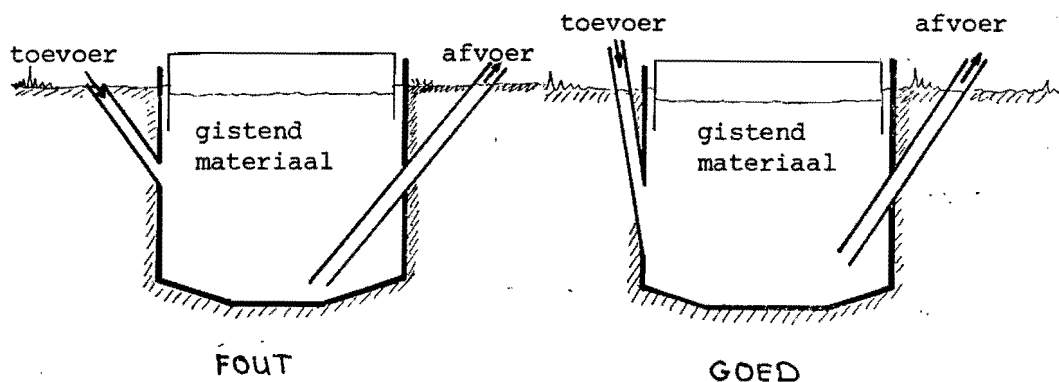
Bij een continu vergister kan de toevoer zowel doorlopend de gehele dag plaatsvinden als in stappen.

Indien de vergisterinhoud verwarmd moet worden kan men de toevoermaterialen voor-verwarmen voor ze de vergister ingaan, dit gaat echter wel stinken.

Over de positie van de vulpijp valt het een en ander te zeggen:

De buitenopening van de vulpijp moet zich hoger bevinden dan elke andere opening naar de atmosfeer, zodat geen terugslag kan optreden in de vulpijp. Het andere uiteinde van de vulpijp moet zich dicht op de bodem bevinden, maar er niet vlak op, anders krijgt men verstoppingen. Ook verdient het aanbeveling om de vulpijp niet door te laten lopen in de tank in verband met gasontwikkeling, waarvan het gas dan gedeeltelijk zijn weg zal vinden door de vulpijp.

In horizontale vergisters levert het doorlopen van de vulpijp onnodig ruimteverlies op.



Voor tanks die werken met continu toevoer, is een toestel dat zand en gruis en wat ander onverteerbaar materiaal scheidt van de voeding en daarna verwijdert, essentieel.

De werkzaamheid van de tank wordt zodoende vergroot; er gaat namelijk geen nuttige ruimte verloren, wat anders, zonder afscheiding van zand en gruis, wel het geval zou zijn geweest.

Enkele mogelijkheden:

1. Geschikt voor kleine tanks,

De afscheiding kan in dit geval eenvoudigweg een emmer of iets dergelijks zijn. Het belangrijkste is dat het materiaal waterdicht is. In de zijkant van de bak wordt ongeveer 5 cm. boven de bodem een gat gemaakt met een diameter voldoende groot om de dikke brij te kunnen voeren naar de tank (diameter ongeveer 5 à 6 cm.)

Door het afvoergat wordt een pijpje van passende grootte gestoken waaraan een slang van voldoende lengte vastgemaakt kan worden m.b.v. bijvoorbeeld ijzerdraad.

(de slang kan goed een fietsbinnenband zijn)

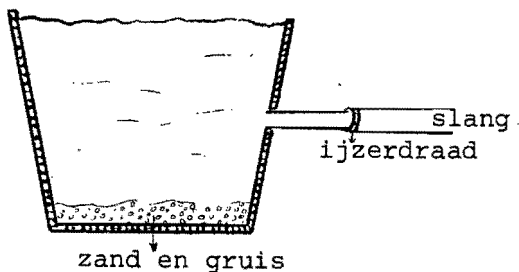
De werkwijze is als volgt:

-de bak wordt gevuld met het toevoermateriaal voor de tank, dat van tevoren klaargemaakt is.

-zand en gruis e.d. laat men uitzakken, door de bak eenvoudigweg te laten staan.

-wanneer de tank gevuld moet worden tilt men de bak op, waarbij eventueel licht geroerd wordt zonder echter het gruis op te laten dwarrelen.

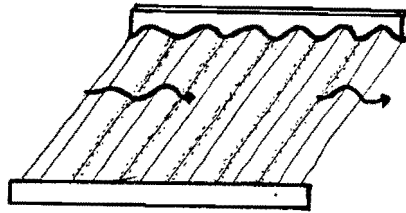
-eventueel nog wat water toevoegen om achter gebleven organisch materiaal weg te spoelen.



2. Voor meer dan 1 ton droog gewicht toevoer per dag.

Het toevoermateriaal wordt nu over een golvende bodem geleid.

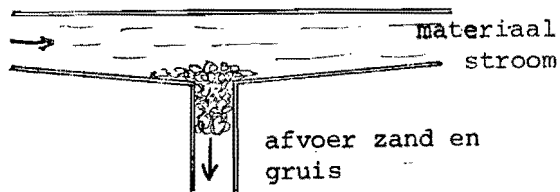
Zand en gruis afzet vindt plaats in de lage gedeelten van de bodem.



Een alternatief is, dat het materiaal door een verbreed T-stuk geleid wordt. Zand en gruis afzet vindt hierin plaats, waarna dit afgevoerd wordt door de verticale buis van het T-stuk .

Men moet bij deze procedure wel oppassen voor verstoppingen van de verticale afvoerpijp.

Op de beide laatstgenoemde mogelijkheden wordt verder niet ingegaan aangezien dit werkstuk grotendeels handelt over methaangistingsinstallaties op kleine schaal.



6.3 Problemen met de vergister

Wanneer men constateert dat de gasopbrengst lager wordt dan kan dit verschillende redenen hebben.

Hieronder worden ze kort besproken:

- a) De PH is te hoog (alkalisch) hier kan men het beste niets tegen doen en rustig afwachten.
- b) De PH is te laag (zuur). Dit kan verholpen worden door enige dagen de toevoer te verminderen, het slibwater opnieuw toe te voeren, of kalkmelk goed vermengd met het toevoermateriaal toe te voeren. Toevoegen van soda ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$) of NaHCO_3 helpt ook de PH te verhogen.

- c) De verwarming werkt niet goed meer. De verwarmingsbuizen kunnen aangekoekt zijn en de warmte kan niet goed meer afgegeven worden. Er zal niets anders opzitten dan de vergister leeg te maken en de buizen schoon te maken.

Zie voor informatie over verwarmingssystemen 6.6

- d) Er zijn giftige stoffen in de vergister.

Voorals men niet weet welke stoffen erin zitten is het moeilijk er iets aan te doen.

Verdunning, dus geen materialen maar alleen water toevoegen, is het eerste middel dat men moet aanwenden om te zien of er nog iets te redden valt. Lukt dit niet dan zal de vergister i.h.a. leeggemaakt moeten worden.

- e) Schuimvorming

Er bestaan verschillende soorten schuim .

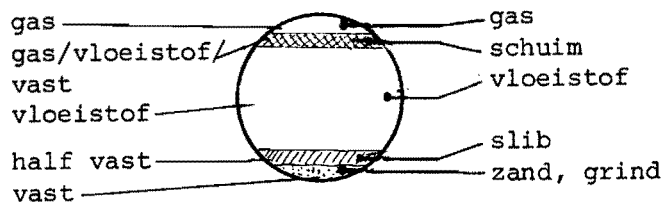
De eerste (in het engels froth) kan ontstaan in de beginperiode van het vergistingsproces. Het zijn grote grijze 'bellen'. Door de vergister enige dagen geen nieuw materiaal te geven verdwijnen ze weer.

De tweede soort ontstaan doordat uitgedroogde mest geen water meer opneemt en drijven blijft. Deze mest zal niet vergist worden.

De derde soort schuim is een mengsel van haren, huid, stro, stukjes hout, veren en meer spullen die blijven drijven.

Hoe kleiner het oppervlak van de installatie des te dikker zal de laag worden. Deze laag kan de gasbellen die naar boven willen tegenhouden.

Opbouw van de lagen
in een vergister.

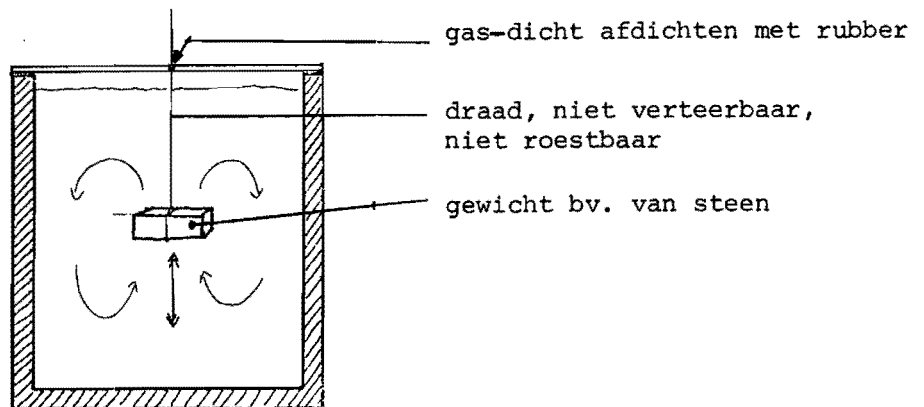


Men kan deze schuimlaag op meer manieren stukmaken.

Een vereiste is dat men het regelmatig doet (eens per dag of eens per week, afhankelijk van de toevoermaterialen) omdat de gebroken laag als het ware weer dicht groeit.

Men kan de laag doorbreken door er van bovenaf in te steken op verschillende plaatsen en dan een steen of ketting op en neer te bewegen, of vloeistof met kracht op de schuimlaag laten vallen.

Of het geproduceerde biogas via pijpleidingen naar de vloer leiden, wanneer het dan onder druk ontsnapt zal het op zijn weg naar boven de laag doorbreken.

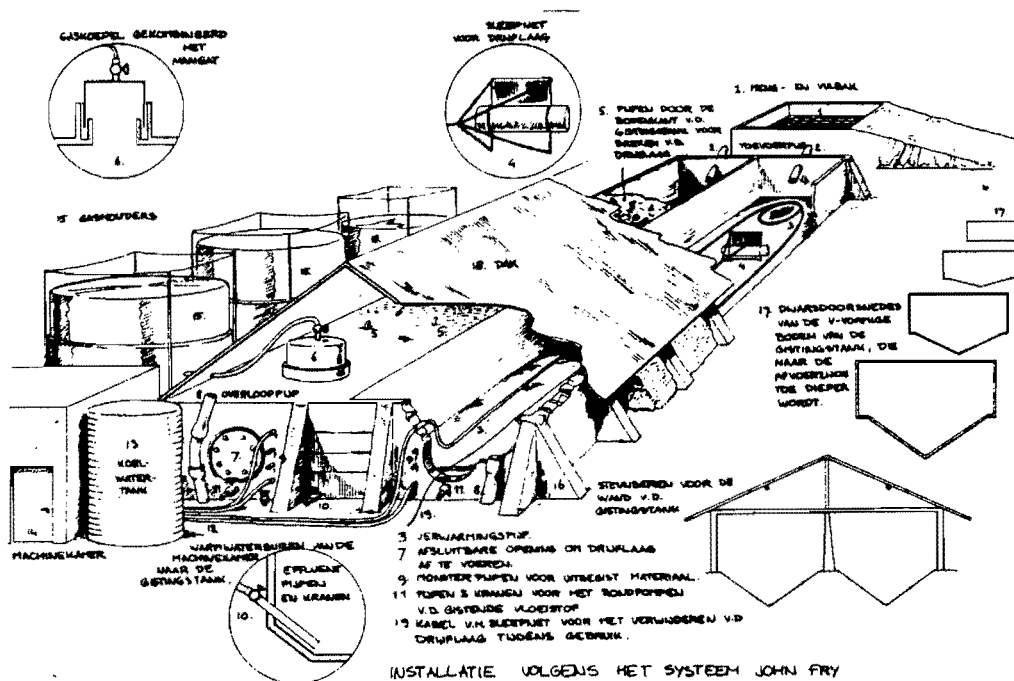


Ook kan men een schoepenstelsel ter hoogte van het vloeistof nivo installeren, door draaiing hiervan zal de laag doorgebroken worden (zie fig.5 paragraaf 5.4)

Er zijn mensen die het doorbreken van een schuimlaag te veel werk vinden, omdat het zo vaak gebeuren moet.

Ze halen liever af en toe de schuimlaag eruit. Bij een vergister met een erop drijvende gaskap is dit niet zo'n probleem. (bij vergisters met aparte gasopslag is het iets moeilijker)

Hiertoe wordt er iets onder het vloeistofnivo een opening (scum door) gemaakt, (zie het figuur volgens Fry).



Men laat zoveel water uit de vergister weglopen totdat het vloeistofnivo aan de onderkant van de opening staat. Met een soort dragline wordt de schuim van de ene kant van de vergister naar de andere getrokken.

Aan beide uiteinden van de vergister zit zo'n deurtje, de dragline zit altijd in de vergister. Nadat al het schuim eruit getrokken is trekt men de dragline weer op z'n oorspronkelijke plaats, sluit de deuren en vult de vergister aan met toevoermateriaal en water.

Na een week is de produktie weer op het oude peil.

Het enige voordeel van een schuimlaag is z'n warmte-isolerende werking.

f) In een verticale cilinder van maar één ruimte moet de inhoud af en toe gemengd worden om opeenhoping van teveel organisch materiaal te voorkomen.

Dit kan op dezelfde manieren als bij de schuimlaag besproken.

Bij een horizontale vergister speelt dit minder vooral als er veel water in zit. Zie verder het voorbeeld onder 5.4.)

6.4 Afvoer water en slib. Dit probleem is eenvoudig bij discontinu werkende installaties.

Nadat de gisting is afgelopen, laat men het water wegvloeien (kan gebruikt worden voor irrigatiewerkzaamheden) en het uitgegiste materiaal kan daarna uitgeschept worden (kan goed gebruikt worden voor bemesting).

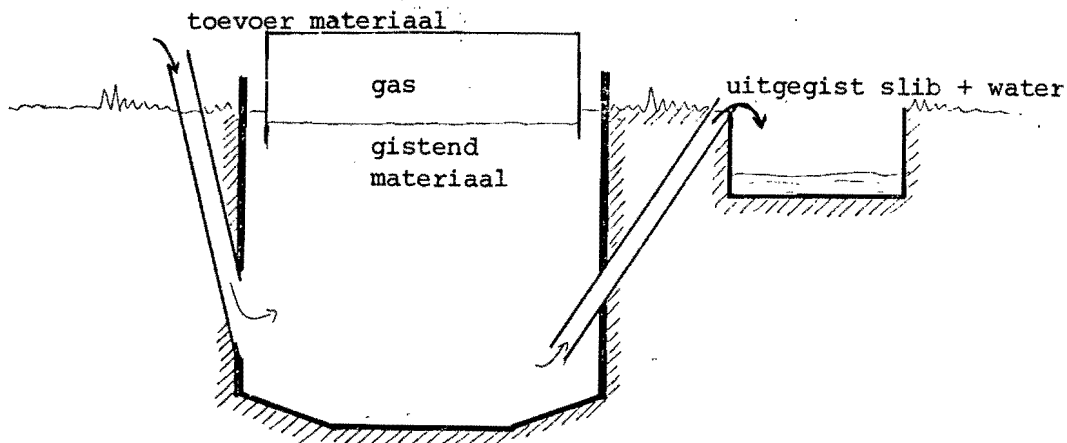
Dit geheel is arbeidsintensief. Het verdient aanbeveling om een gedeelte van het slib en het water (dit laatste vooral in waterarme streken) te behouden en te gebruiken voor menging met vers afval.

De benodigde bacteriënkultuur behoeft dan niet geheel opnieuw opgebouwd te worden. Af en toe moet er vers water toegevoegd worden omdat anders de kans bestaat op een te hoge concentratie schadelijke stoffen.

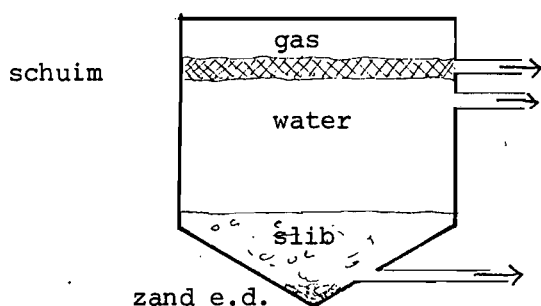
Bij continu werkende installaties die verticaal gebouwd zijn kan men voor de afvoer van water en slib volstaan met een overloop, een afvoerpijp die tot op de bodem van de installatie reikt.

Wanneer men verhindert dat het slib geheel uitzakt (door regelmatig roeren) dan vindt via deze pijp afvoer van zowel water als uitgegist slib plaats.

Dit kan direkt als irrigatie en bemesting gebruikt worden. Indien men door droging het water verwijderd is het overgebleven slib als mest stof te gebruiken



Men kan echter ook het slib en het water gescheiden uit de vergister laten komen. Vooral bij een grotere tank waarbij niet te veel gemengd wordt bestaat de vergisterinhoud uit verschillende lagen.



Wanneer men de afvoerpijp hoog in de vergister laat beginnen zal er voornamelijk water uitstromen.

Dit kan men direkt gebruiken voor irrigatie (zie 3.2) of opslaan in vijvers en daarna gebruiken of lozen op een rivier. Het slib wordt apart en minder frequent verwijderd.

Dit kan met een pomp of met behulp van schuifpanelen die men van bovenaf bedient en waarmee men het slib in een ander bassin schuift.

Voor een horizontale installatie geldt nagenoeg hetzelfde .

6.5 Gasafvoer

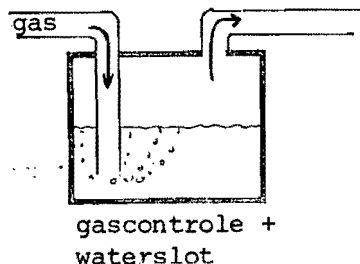
Het gas dat geproduceerd is zal in het algemeen niet meteen gebruikt maar opgeslagen worden.

Dit kan in een gashouder die direkt boven de vergister of elders geplaatst is.

Een eenvoudige controle of er gas geproduceerd is, onafhankelijk van de kwaliteit ervan, gebeurt door de gasleiding door een bak met water te leiden.

Als er gas is, verschijnen er bellen in het water die via een andere leiding weer verdwijnen.

Het water filtert ook iets CO_2 uit het gas, maar dan moet het water wel regelmatig ververs worden.



Deze gascontrole kan tevens dienen als waterslot, hierdoor wordt het gas verhinderd terug te stromen naar de plaats van de produktie.

Het is aan te bevelen deze voorzorgsmaatregel te treffen, voor het geval dat er lucht (of brand) in de gasleiding naar het verbruikerstoestel aanwezig is.

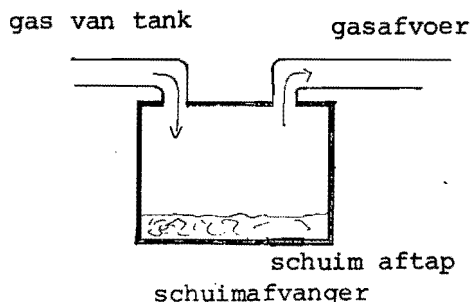
Indien men in de leiding een klep maken kan, die met gas naar een kant doorlaat, is dat natuurlijk ook goed.

Het gas dat de vergister verlaat kan schuim bevatten, dit schuim kan de leidingen verstoppen.

Een eenvoudige schuimvanger kan men maken uit een gasdicht blik of iets dergelijks. Hierin maakt men een aan- en afvoerleiding aan de bovenkant. Het schuim zal op de bodem blijven liggen.

Bij het verwijderen van het schuim via een gat aan de onderkant, moet men voorzichtig te werk gaan omdat er geen lucht bij het gas mag komen.

Dus de toevoerkraan even afsluiten.



Het gas is verzadigd met waterdamp, die condenseert wanneer de temperatuur daalt. De gasleidingen, die zo lang kunnen zijn als men zelf wenst indien ze maar de juiste maat hebben en het gas er voldoende snel door kan, kunnen horizontaal en schuin lopen.

Het verdient aanbeveling een kleine helling (daling of stijging) te creëren indien die niet aanwezig zou zijn.

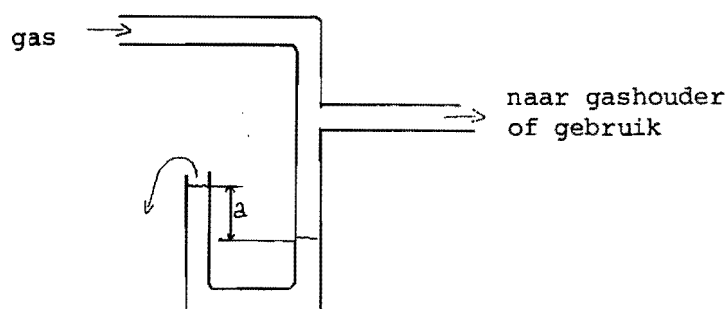
Dan zal namelijk de gecondenseerde waterdamp naar het laagste punt wegstromen en daar kan het afgetapt worden. Onderstaande tekening geeft het principe weer.

Beschut deze condensatieopvanger wel tegen vorst.

Met deze opvangmethode kan tevens de gasdruk gemeten worden.

Het verschil in de hoogte van het waternivo in de twee buizen geeft de gasdruk aan.

b.v. $a = 15$ cm dan is de gasdruk 15 cm waterkolom.



overtollig water uit de buis wordt eruit 'geduwd'

Wanneer de gasdruk voor een bepaald verbruikersoestel te hoog is dan moet het gewicht op de gashouder verminderd of het contra gewicht vergroot worden.

Als de druk te laag is dan moet dat gewicht op de gashouder verzwaard, of het contragewicht verminderd worden.

6.6 Het op temperatuur houden van de vergister

Het is beter de vergistingstemperatuur constant te houden, al ligt deze onder het optimum van $30 - 35^{\circ}\text{C}$, dan deze te variëren.

In warme streken, die ook weinig temperatuurschommelingen kennen is het vergistingsproces zonder moeilijkheden uit te voeren. Het dak zwart verven verhoogt de hoeveelheid opneembare zonne-energie.

Zijn er grote verschillen tussen dag en nachttemperatuur (groter dan 7°C) dan is het meestal voldoende om de installatie in te graven en de aarde te bedekken door bv. een dak boven de installatie.

Wordt namelijk door regen de aarde vochtig, dan geleidt ze makkelijk de warmte naar koudere grond.

Indien men met langere koude periodes te maken heeft dan kan men de installatie het beste bouwen met een dubbele muur waartussen men isolatie doet.

(bv. mest of stro) Ook goed is styrofoam (geëxpandeerd poly-styreen) indien dit te verkrijgen is,.

Voordeel is, dat dit gesloten cellen heeft, zodat hier geen water in kan gaan zitten.

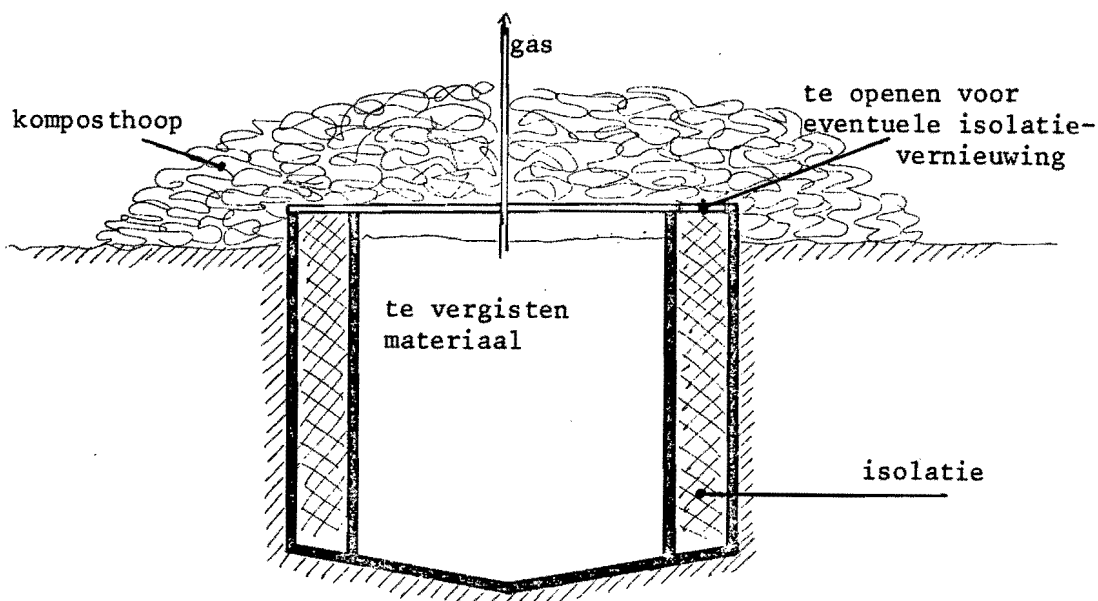
Ook moet men niet vergeten de bovenkant van de tank te isoleren.

Dit kan men goed doen door bv. een composthoop over het deksel te leggen.

Deze blijft door aerobe vergisting warm.

Om deze zo efficiënt mogelijk te gebruiken moet hij zich in de schaduw bevinden.

Teveel zon en te weinig water is uitermate slecht.



In vele klimaten zal isolatie alleen onvoldoende zijn en moet de vergister-inhoud verwarmd worden, omdat anders de vergistingstijd veel te lang zou worden of zelfs helemaal geen vergisting optreden ($T < 5^{\circ}\text{C}$).

Het verwarmen kan op verschillende manieren geschieden.

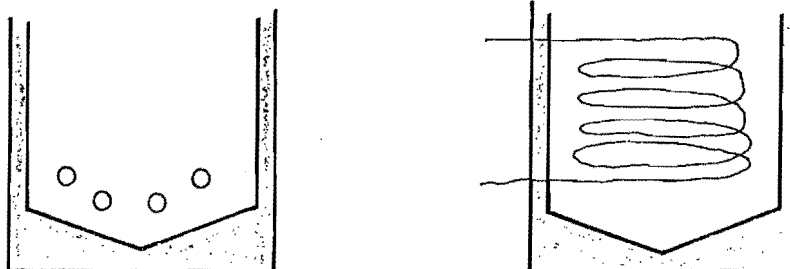
1. Om te beginnen kan men de toevoermaterialen verwarmen, eenvoudig door een bak met het mengsel boven een vuur te houden. Maak de opstelling wel zo dat er weinig warmte verloren gaat. Dit gaat wel stinken.

Indien er water toegevoegd moet worden aan de toevoermaterialen dan kan hier het beste het warme water dat de vergister verlaat voor gebruikt worden. Wel af en toe 'vers'water toevoegen omdat anders de concentratie van schadelijke stoffen te hoog kan worden.

2. Warme lucht of warm water geleid door een buizensysteem in de vergister, warmt deze op.

Men moet oppassen dat de temperatuur niet hoger is dan 55°C , anders koeken de leidingen aan, hetgeen de warmte overdracht belemmert.

De verwarmingsbuizen plaatst men in het algemeen een stuk boven de bodem, of schroefvormig midden in de vergister, zie tekeningen.



In koudere klimaten (bv. West - Europa) rekent men in het algemeen dat men 20 - 30% van de verkregen energie in de vorm van biogas nodig heeft voor het op temperatuur houden van de vergister.

Het warme water voor de verwarming kan op verschillende manieren verkregen worden:

a) een deel van het verkregen biogas wordt gebruikt : het idee van een centrale verwarming met een gesloten watercircuit.

b) heeft men een motor in gebruik dan verdient waterkoeling de voorkeur; de 'verlieswarmte' (70 - 80% van de energie toevoer) van de motor kan dan door de vergister geleid worden. Heeft het koel water een te hoge temperatuur (hoger dan 55°C) dan kan men d.m.v. een warmte wisselaar minder heet maar wel meer warm water verkrijgen.

c) m.b.v. zonne energie.

Vlakke plaat kollektoren leveren i.h.a. water op een gunstige temperatuur voor de vergister af. Het probleem is echter de energie opslag, des te groter de opslag des te meer zonloze dagen zal geen biogas gebruikt hoeven te worden voor verwarmen van de vergister.

Gebeurt de warm water voorziening ook door zonne energie dan wordt een grotere opslag meer rendabel.

Bij grote vergisters kan men ook een opslagvat centraal midden in de vergister plaatsen, waarbij de warmte naar alle kanten afgegeven wordt. Indien men zowel een motor als zonnepanelen gebruikt kan men het beste het warme water afkomstig van de panelen gebruiken voor verwarming van de vergister.

Het hete koelwater van de motoren hoeft dan niet gedegradeerd te worden tot warm water, maar kan voor andere doeleinden (bv. wassen, koken) gebruikt worden.

6.7. Warmteverliesberekening

Nu volgt, heel globaal, hoe men kan berekenen hoeveel warmte de vergister afgeeft aan zijn omgeving. Voor het warmteverlies geldt de formule:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot (\tau_i - \tau_o) \text{ Watt}$$

waarin: k warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal van de wand $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

A oppervlakte van de wand m^2

$\tau_i - \tau_o$ de temperatuur in de vergister min de omgevingstemperatuur.

k wordt berekend als volgt:

- voor 1 laag $k = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{d}{\lambda}}$ $\lambda = \text{weerstandskoeff. W/m}^0\text{C}$
 $d = \text{dikte in meter}$

- voor 2 lagen $k = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}}$

De λ waarde voor enige materialen

baksteen	0,6 $\text{W/m}^0\text{C}$
beton	1,3 - 1,9
hout	0,16
staal	30-70
minerale wol	0,04
kunststofschuim	0,03
aarde	2,2

De R-waarde van de 20 cm. dikke gaslaag is ongeveer $0,15 \text{ m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}$.

Voorbeeld:

T vergister 30°C

T grond 14°C

Wandopp. 12 m^2 15 cm. beton + 10 cm. kunststofschuim

Vloer 9 m^2

Dak 9 m^2 .

Het dak is van staal, waarop 10 cm. isolatie.

Wand: $k = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{0,15}{1,5} + \frac{0,10}{0,03}} = \frac{1}{3,4} = \pm 0,3$

Vloer: evenzo

$$\text{Dak : } k = \frac{1}{R_{\text{gas}} + R_{\text{isol}}} = \frac{1}{0,15 + \frac{0,10}{0,03}} = \frac{1}{3,4} = \pm 0,3$$

Het warmteverlies wordt dan

$$\text{wand: } \dot{Q} = 0,3 \times 12 \text{ m}^2 \times (30-14) = 57,6 \text{ W}$$

$$\text{vloer: } \dot{Q} = 0,3 \times 9 \text{ m}^2 \times 16 = 43,2 \text{ W}$$

$$\text{dak : } \dot{Q} = 0,3 \times 9 \text{ m}^2 \times 16 = 43,2 \text{ W}$$

Totaal warmteverlies 144 W. Per dag wordt dit $0,144 \times 24 = 3,45 \text{ kWh}$

$$\text{ofwel } 144 \times 24 \times 3600 = 12,44 \text{ MJ}$$

Deze berekeningen worden complexer indien het vat cilindrisch is. Het zou hier echter te ver gaan dit helemaal te beschrijven.

De energie nodig voor het verwarmen van de toevoermaterialen is iets eenvoudiger te berekenen.

Neem het totale gewicht van de toevoerstoffen (dus afval met water)

Per kilogram is 4,2 KJ (=1 Kcal) nodig om het 1°C in temperatuur te doen stijgen.

Dus bv. 6 kg. in temperatuur laten stijgen van 10° tot 30°C vraagt $6 \times (30 - 10) \times 4,2 \text{ KJ} = 504 \text{ KJ}$.

6.8 Het opstarten

6.8.1 De opstartprocedure verloopt als volgt bij een continu vergister.

1 Verkrijg startmengsel. Als er een andere werkende methaanvergistingsinstallatie of rioolzuivering in de buurt is, kan men daarvan wat slib betrekken.

Is dit niet het geval, dan moet men zelf een startmengsel maken. Men kan methaanbacteriën'kweken' door organisch materiaal enige weken tot maanden afgesloten van zuurstof te bewaren.

2. Voeg niet meer dan de helft (van het startmengsel dat al in de vergister zit) toe aan verse grondstoffen op de eerste dag.
3. Doe hetzelfde op de tweede en derde dag (dus steeds 50% laden van wat erin zit).
4. Voeg de vierde dag niets toe, om er zeker van te zijn dat er niet teveel geladen wordt.
5. Op de vijfde dag iets meer dan 50% laden.
6. Verder drie weken lang iedere dag ongeveer 50% laden.
7. Hierna is het toegestaan om meer dan de helft van wat erin zit, dagelijks bij te laden.
8. Indien de inhoud verwarmd moet worden dan mag de temperatuur niet meer dan 2°C per dag opgevoerd worden.

6.8.2 Voor een discontinu vergister kan men natuurlijk volstaan met punt 1.

6.8.3 Een andere methode, voor continu vergister: is de vergister voor 80% vullen met water ($\pm 35^{\circ}\text{C}$) en dan het startmengsel toevoegen. Wanneer dan iedere dag een beetje toevoermateriaal in de vergister gebracht wordt, wordt de brei vanzelf dikker.

6.9 Het zuiveren van gas

Behalve methaan en CO_2 bevat het biogas ook zwavelwaterstof, H_2S .

Dit laatste veroorzaakt corrosie in apparaten.

Het is te verwijderen door het gas langs ijzervijlsel te leiden.

Goede resultaten werden ook verkregen door houtkrullen te impregneren met een ijzersulfaat oplossing (FeSO_4), waardoor het biogas geleid wordt.

Het is alleen moeilijk te zien wanneer de houtkrullen verzadigd zijn met FeS . Dit zal de ervaring moeten leren.

Indien de houtkrullen vervangen worden is voorzichtigheid geboden omdat het ijzersulfide spontaan ontbranden kan.

Theoretisch is 35 l "ijzerspons" voldoende voor 2.500 m^3 biogas.

Omdat de CO_2 niet brandbaar is kan men deze ook verwijderen.

Voor stationair motoren is dit niet noodzakelijk, wenselijk wel omdat het rendement van verbranding in een motor hoger is indien er geen CO_2 in het gas zit en indien de samenstelling van het gas zo constant mogelijk gehouden is.

De CO_2 kan verwijderd worden door het gas onder hoge druk door water te leiden. I.v.m. de vereiste hoge druk is dit alleen rendabel bij grote installaties (stadsrioolzuivering o.i.d.)

Een andere methode is het gas door een oplossing van kalkwater te leiden. Dan wordt er krijt (CaCO_3) gevormd, de oplossing wordt melkachtig-wit waaraan men zien kan dat het kalkwater vernieuwd moet worden. Een nadeel van deze zuivering is dat men veel kalkwater nodig heeft, nl. 1 l. kalkwater voor $\frac{1}{2}$ l. CO_2 ofwel 3 kg. gebluste kalk voor $1\text{m}^3 \text{CO}_2$. (in de praktijk vaak nog meer, dit is afhankelijk van de doorstroomsnelheid van het gas door het water)

Dit wil zeggen dat bij een CO_2 percentage van 30% men voor 1m^3 biogas 600 l. kalkwater nodig heeft.

Het kan eveneens met natrium of kaliumhydroxide maar i.h.a. zijn deze minder goed verkrijgbaar en veel duurder.

7. BOUWMATERIALEN, VERGISTINGSINSTALLATIE EN BIOGAS APPARATUUR.

Eerst even iets over de plaats waar de tank gebouwd wordt.

Als men de tank in de grond wil plaatsen kan men op moeilijkheden stuiten, de grond kan zo-wel te nat als te hard zijn, zodat de tank wel bovengronds gebouwd moet worden.

De problemen die zich daarbij kunnen voordoen betreffen isolatie en toevoer van afval. Dit zal d.m.v. een stelling moeten gebeuren, alleen water afvoer en schoonmaken zullen makkelijker gaan.

7.1 De vergister

Vooraf wanneer men niet hoeft te verwarmen kan men goedkope bestaande tanks kopen.

Let bij oliedrums er wel op dat er geen petroleumresten o.i.d. inzitten. Continu toevoer zal dan veelal niet mogelijk zijn en men is afhankelijk van bestaande afmetingen.

Grotere tanks van staal zullen in het algemeen erg duur zijn en indien staal niet roestvrij is, is het verstandig het te behandelen.

Veelal moeten deze tanks gefundeerd worden en omdat ze de warmte goed geleiden ook geïsoleerd.

Bij metselwerk is de dikte veelal 15-20 cm, de stenen zijn zelf te bakken. Alhoewel men zonder cement, dus alleen met klei, ook goed kan metselen en de binnenwanden kan afsmeren, verdient het gebruik van cement toch de voorkeur. De kans op lekkages is dan kleiner.

Lekkages op het nivo waar het gas zit zijn natuurlijk zeer onwelkom, omdat dan gas ontsnapt.

Lekkages bij het vloeistofnivo zijn vooral onprettig wanneer er isolatie achter zit, omdat deze wanneer hij nat wordt zijn werking voor een groot deel verliest.

De kans op lekkages wordt veel geringer wanneer men met beton bouwt. Beton gasdicht krijgen is echter ook moeilijk.

De aan- en afvoer leidingen goed aan later sluiten kan ook problemen opleveren, maar is wel te doen.

Beton vraagt echter veel (duur) cement , zand en grind.

En indien bovengronds gebouwd wordt , een wapening van staal of bamboe.

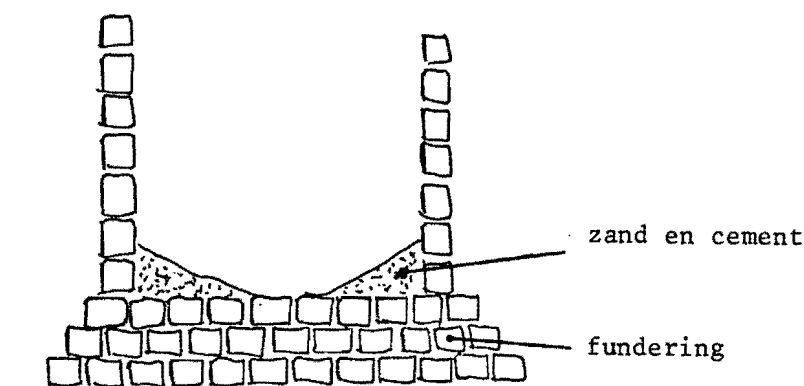
De vorm van de tank kan men het beste cilindrisch nemen omdat dan de verhouding materiaal-verbruik/ inhoud het gunstigste is, terwijl men ook geen dicht slibben van hoeken krijgt.

Het taps toelopen van de bodem heeft als voordeel dat het zand en grind zich daar verzamelt en dus afgevoerd kan worden.

Indien men in stenen bouwt is het praktischer de hoeken naderhand te vullen met cementmortel (of kleimortel).

Wanneer een fundering noodzakelijk is zal deze bij beton geen extra moeilijkheid opleveren.

Bij gebruik van stenen dient de fundering iets dikker te zijn.



doorsnede verticale
cilindrische vergister

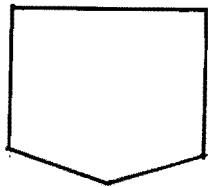
Wordt voor een horizontale vergister gekozen dan zal een cilindrische bouw met stenen of beton erg moeilijk zijn, zodat men een rechthoek verkiest.

Voor de verhouding hoogte vergister tot lengte (is de af te leggen weg) wordt 1 : 5 tot 1 : 12 als goed werkzaam opgegeven.

Wat de consequenties zijn wanneer men deze verhouding niet toepast is (nog) niet bekend.

In doorsnede zal een horizontale (gemetselde of betonnen) vergister er zo uit zien.

Men laat de V-vorm van de bodem naar het einde toe ook wel eens dieper steken. Maar dit maakt de bouw natuurlijk iets moeilijker.



Een mogelijkheid die in ontwikkelingslanden niet zo snel toegepast zal worden bestaat uit grote zakken butylrubber als vergistingstank. Ze hebben het voordeel dat de goedkoop zijn en door de meeste stoffen niet aangetast worden (wel door olie e.d.)

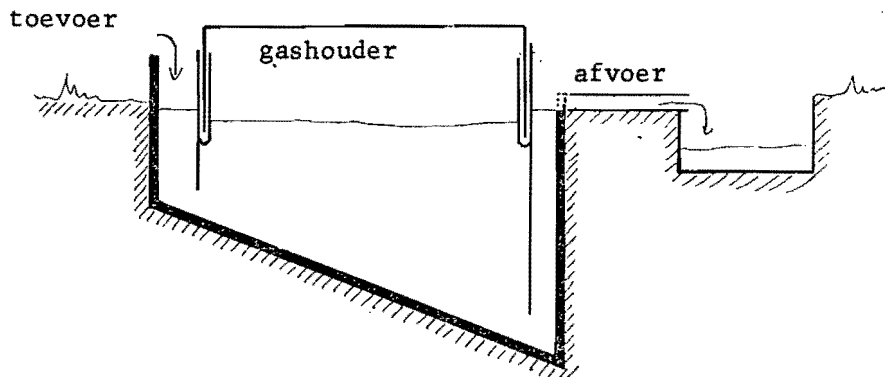
Het nadeel is dat ze snel kapot gaan, ze soms gesteund dienen te worden en makkelijk branden.

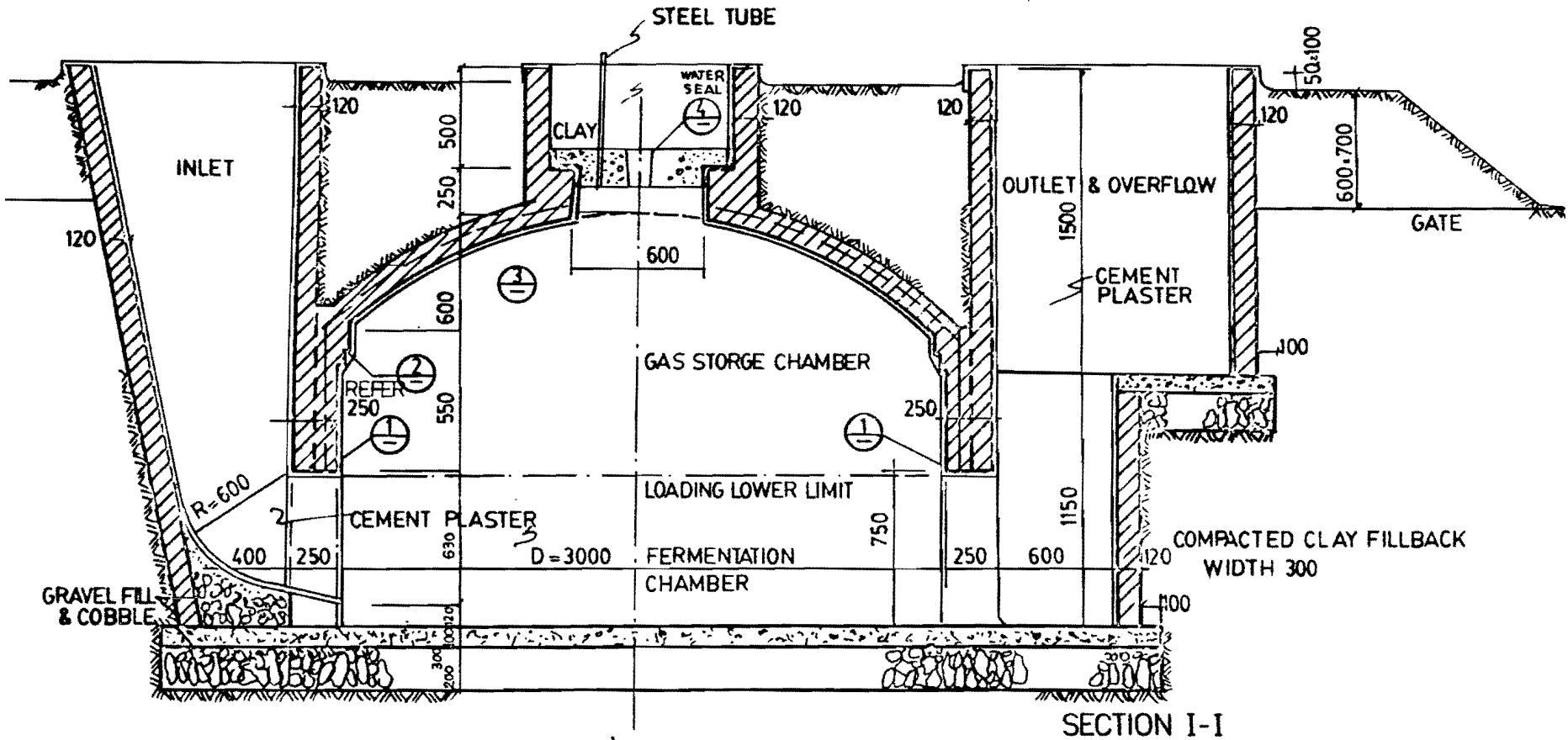
Kleinere vergisters zijn te maken van tractor binnenbanden.

De aan- en afvoer leidingen kunnen van staal, beton of bamboe (maak dan wel zo dat het bamboe vervangbaar is) zijn.

De vereiste diameter van de leidingen is afhankelijk van de hoeveelheid toevoermateriaal en de structuur ervan, 10 tot 20 cm is een veel gebruikte grootte. De tekeningen van punt 5.4 geven enige voorbeelden .

De aan en afvoerleidingen kunnen echter ook meer geïntegreerd worden in de bouw zoals onderstaand principe tekeningetje en de doorsnede tekening van een chinese vergister, (deze is ook cilindrisch)



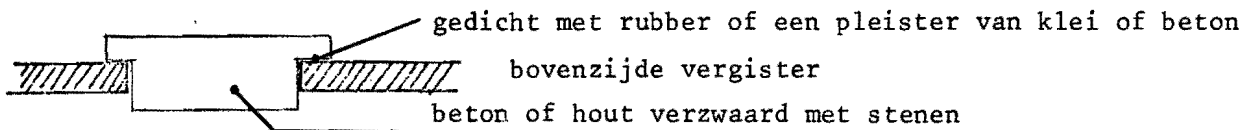


SECTION I-I

maten in mm.

Indien de gashouder niet boven de vergister geplaatst wordt en indien het niet mogelijk is via de aan- of afvoerleiding de vergister in te komen dan dient aan de bovenzijde een mangat gemaakt te worden, voor het schoonmaken en eventuele controle.

Dit hoeft niet voor een discontinu vergister.



Evenzo moeten de openingen waaruit men van tijd tot tijd de schuimlaag verwijdert (zie 6.3) goed gasdicht gemaakt te worden.

7.2 De gashouder

Een gashouder kan zowel boven de vergistingstank als apart gebouwd worden. Dit laatste heeft als voordeel dat er meer tanks op aangesloten kunnen worden, en men ook tijdens de schoonmaak (bij discontinu) een gasvoorraad heeft. Als nadeel echter dat er een aparte constructie gemaakt moet worden (tenzij plastic gebruikt wordt).

Hoe groot de gashouder moet worden is afhankelijk van de regelmaat waarmee gasgebruikt wordt.

In veel gevallen zal het volume van de gashouder gelijk zijn aan de biogasproductie van één dag.

Het chinese voorbeeld van 7.1 heeft een gashouder die niet beweegbaar is.

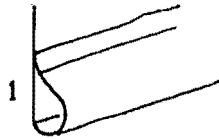
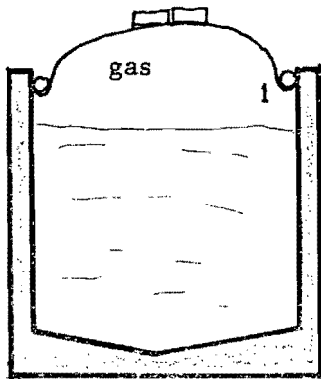
Bij veel gasgebruik zal de vloeistof van de 'outlet & overflow' en de 'inlet' naar de vergistingskamer stromen.

Wordt weinig gas gebruikt dan wordt de vloeistof naar de overflow geduwd.

Dit is een voorbeeld van een stenen gashouder en kan alleen gebruikt worden indien de afname regelmatig is.

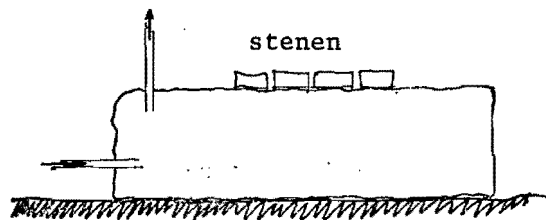
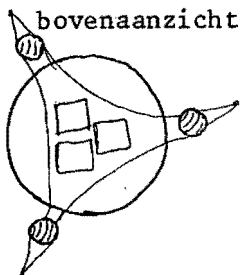
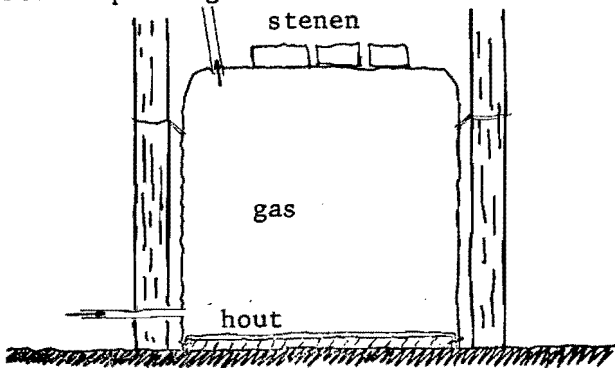
De meest gebruikte materiaal is echter staal, ook hier is een cilindrische vorm het gunstigst en wel in verband met de druk.

Deze is 5 - 20 cm waterkolom afhankelijk van het doel waarvoor het gas gebruikt wordt.



grote plastic lap
of zeil omgevouwen
en geplakt

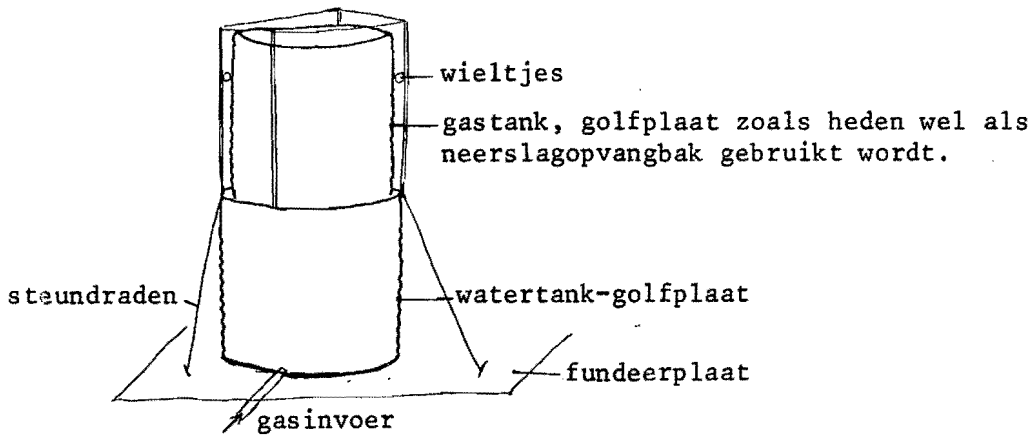
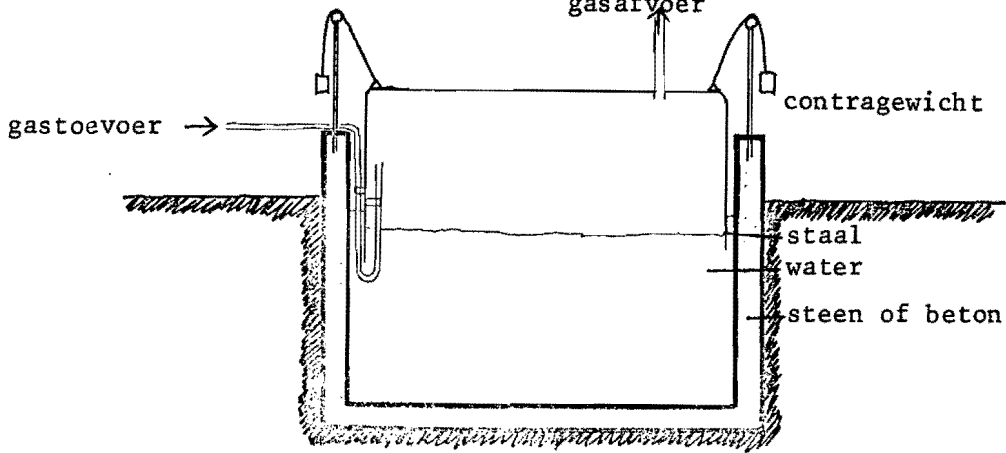
Voorbeeld aparte gashouder zonder waterbassin



dit is als het ware een grote ballon die door
het gas opgeblazen wordt.

De eigenlijke tank is een grote plastic lap of een zeil dat goed te lijmen is. Van onderen is deze vast gemaakt aan een houten plank die met hetzelfde plastic bekleed is. Al naar gelang de gasinhoud zwelt deze zak of valt hij in elkaar. Verticale steun wordt verkregen door een drietal steunpalen. De verzwaring met stenen dient voor het verkrijgen van de gewenste gasdruk.

Voorbeelden aparta gashouder met waterbassin.
gasafvoer



volgens Fry.

7.3 Gebruikstoestellen

7.3.1 Kookapparatuur en lichtarmatuur.

Wanneer biogas goed brandt is de vlam blauw en rookvrij . Per 1. methaan is er 9,6 liter lucht nodig .

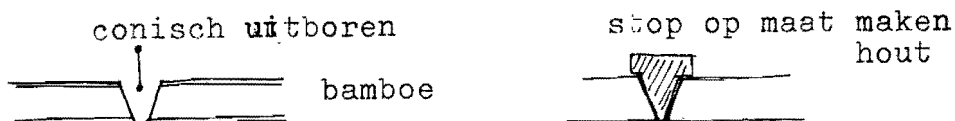
Omdat er CO₂ gas ontstaat moet de ruimte waarin het gas verbrandt wel geventileerd worden.

De leidingen kunnen gemaakt worden van de volgende materialen:

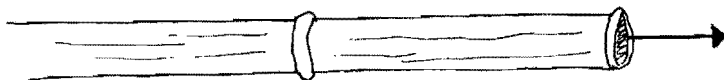
- ijzer : duur, lassen, kunnen verweren en roesten
- lood : duur, lassen, kunnen verweren
- plastic : indien aanwezig meestal niet zo duur, smelten en lijmen.
- bamboe : goedkoop, bitumen, groot slijtage
- binnenband : indien aanwezig vrij goedkoop, lijmen.

Bij ijzer, lood en plastic is het maken van afsluiters alleen mogelijk met speciaal gereedschap .

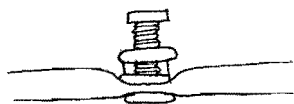
Bij bamboe is eenvoudiger gereedschap mogelijk.



Bij gebruik van bamboe moet men wel de knoken doorsteken, dit is precisiewerk.



Een binnenband kan men dicht knijpen, zie tekening

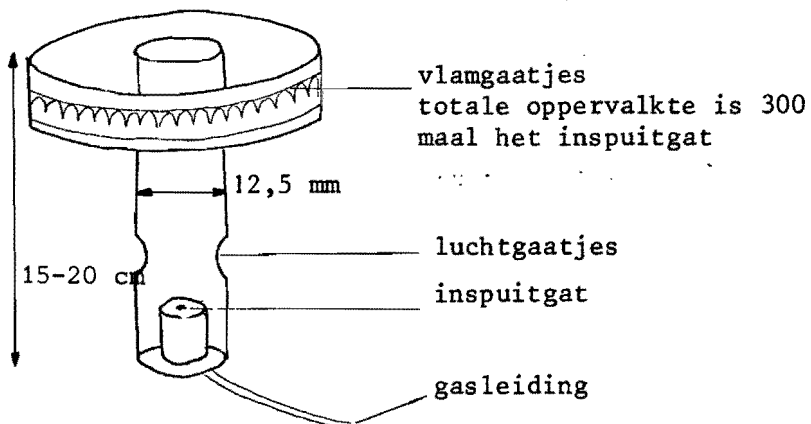


Een normale brander voor aardgas is minder geschikt voor biogas omdat dan de luchttoevoer te groot is.

De vlam zal van de brander weggaan en niet alle gas verbrandt.

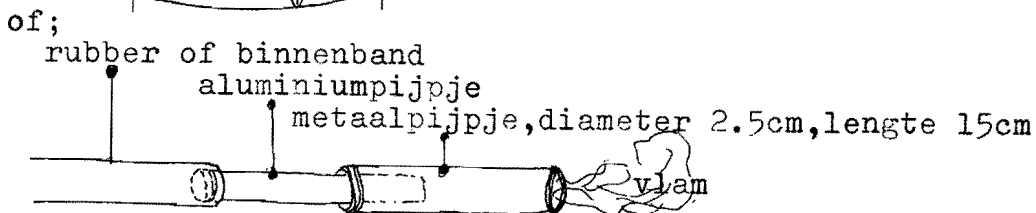
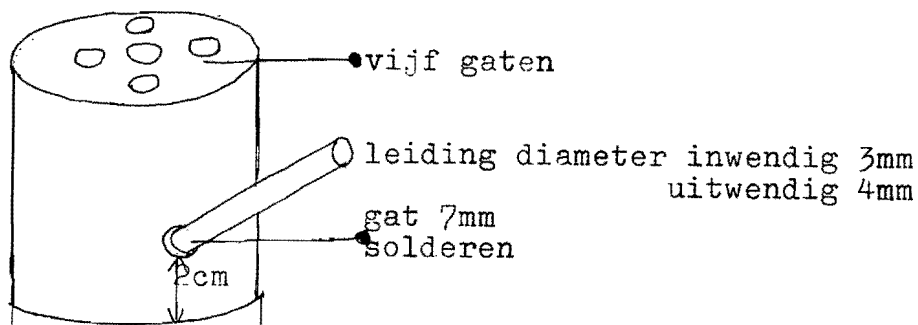
De beste druk om op te koken is voor biogas 5-8 cm waterkolom.

Het principe van een brander die voldoet:

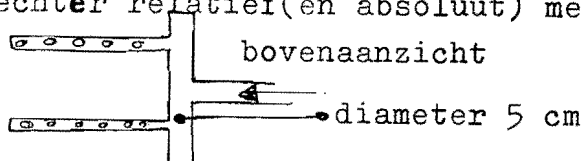


Twee voorbeelden van eenvoudige zelfbouw branders:

- Neem een leeg cigarettent of frisdrankblikje, maak 2 cm van de onderkant een gat en steek hier een leiding in, maak in de bovenzijde met een spijker met een diameter van 2mm vijf gaten, vul het blikje met stenen zodat het gas verspreid wordt, en het blikje beter staat.



Om een grote plaat te verwarmen, van b.v. 20 bij 20 cm kan men onderstaande brander maken. Dit systeem verbruikt echter relatief (en absoluut) meer gas.



Als men een brander aansteekt en deze blijft niet doorbranden kan er te veel gas, teveel lucht zijn of de gasdruk is niet goed. Dit laatste is te verhelpen door stenen op de gashouder te leggen waardoor de druk verhoogd wordt.

Omdat in de meeste eenvoudige branders de afsluiter of open of dicht is, is het moeilijk de gashoeveelheid te regelen als men vermoedt dat men te weinig of te veel gaatjes uit de brander krijgt.

De eenmaal gemaakte luchtgaatjes zijn meestal nog wel dicht te krijgen maar het is veel praktischer de brander te proberen met een klein luchtgaatje en dan steeds een gaatje erbij te maken totdat de vlam naar wens is.

Biogas brandt met een vaal blauwe vlam. Willen we door middel van biogas licht maken dan moeten we er iets gloeiend mee stoken. Het meest gebruikt hiervoor is een gloeikousje.

Alhoewel sommige mensen het te gevaarlijk vinden wordt ook het volgende wel toegepast. (beschrijving in een indiaase publicatie)

Het gas wordt geleid door een blik waar wat petroleum of olie in zit. Het gas dat door het blik stroomt wordt verrijkt en de vlam geeft meer licht. 1 Liter petroleum zou voldoende zijn voor 300 - 400 branduren van een gaslamp.

Willen we een aardgasbrander geschikt maken voor biogas, met een druk van h cm waterkolom en een methaangehalte van x %, dan moet het inspuitgat vergroot worden. Om dezelfde warmteproduktie van de brander te krijgen, moet de diameter van het inspuitgat worden opgeboord tot d_{brander} .

$$d_b = \frac{100}{x} \cdot \frac{30}{n} \cdot d_a$$

waarin d_a de oorspronkelijke diameter van het inspuitgat is.

Deze berekening geeft de volgende resultaten.

$x_{\%}$	h_{cm} waterkolom	d_b/d_a
60	5	2,02
60	8	1,86
70	5	1,87
70	8	1,66

7.3.2 Motoren.

Biogas is goed te gebruiken als brandstof voor motoren.

Dit wordt vooral in ontwikkelingslanden wel gedaan en gebruikt in een malerij of in auto's of er wordt met behulp van een generator elektriciteit van gemaakt.

Motoren moeten echter omgebouwd worden voor ze geschikt zijn voor biogas.

Over ombouw van motoren is wel het een en ander te vinden in standaardwerken over motortechniek, maar deze hebben betrekking op grote motoren.

Motoren die zowel lopen op de oorspronkelijke brandstof als op biogas worden wel eens genoemd 'dual-fuel' motoren.

Dieselmotoren zijn in het algemeen geschikter voor biogas dan benzinemotoren. (omdat biogas een oktaangetal van 10 heeft).

Dieselmotoren kunnen meer energie uit de brandstof halen.

Enkele opmerkingen bij verschillende typen motoren (ref.1,10,11.)

Gasmotor : Deze zijn erg gevoelig voor variaties in de samenstelling van het gas.

Benzinemotor : Deze kan werken op enkel biogas, het is echter vaak makkelijker:

de motor te starten op benzine en als hij eenmaal warm is over gaan op biogas.

Om een goede mengverhouding gas - lucht te krijgen (90:10) is een druk van 1,8 - 2,5 cm waterkolom vereist.

Daar het gas koud ingevoerd dient te worden dient de scheiding van in- en uitlaatkoker goed geïsoleerd te worden.

Het ontstekingsstijdstip moet vervroegd worden omdat biogas langzamer brandt.

De bougies verroeten niet maar moeten toch regelmatig nagekeken worden, de elektroden afstand is 0,2 - 0,4 mm.

De kompressie verhouding is laag (8:1) en het rendement zal zelden hoger dan 25% zijn.

Dieselmotor : Deze is ongevoeliger voor variaties in de samenstelling van het gas.

Men laat deze motoren veelal werken met behulp van dieselolie, de lucht wordt dan vervangen door een mengsel van biogas met 90% lucht.

De hoeveelheid dieselolie die men nog verbruiken moet is minimaal 5 tot 30%, hoe groter het vermogen van de motor, des te kleiner het percentage toe te voegen dieselolie.

Te weinig dieselolie geeft aanleiding tot onregelmatige toevoer en het stilvallen van de motor.

Het rendement zal ongeveer 24 - 40% zijn. Wil men geen dieselolie meer gebruiken dan moet men bougies in de motor aanbrengen.

De elektrodenafstand mag niet meer dan 0,1 - 0,2mm zijn.

Deze ombouw is echter erg moeilijk en het explosiegevaar is groter dan bij andere motoren.

Indien men geen stationaire motor toepast maar een auto op biogas wil laten lopen dan worden de problemen groter.

Men moet immers het gas opslaan. Methaan wordt pas vloeibaar bij $-82,5^{\circ}\text{C}$ en een druk van 47 atm., zodat het niet eenvoudig te comprimeren is.

Een tank van 1,6 m lang en een diameter van 27 cm heeft een inhoud van 54 liter, bij zuivere methaan, wat overeenkomt met 12 m^3 ongecomprimeerde methaan en is te vergelijken met 15,9 l benzine .(ref.10)

Daar het comprimeren ook energie kost (ongeveer $\frac{1}{4}$ van de brandstofwaarde van het gas) is het duidelijk dat men voor niet-stationaire motoren het gas het liefst zuivert zodat de onproduktieve CO_2 niet gecomprimeerd hoeft te worden.

Men dient ook te bedenken dat de aktieradius van een methaan- auto niet zo groot is, de ruimte voor methaanopslag 3 tot 4 keer zo groot is als die voor benzine en ook de gashouder een gewicht heeft (bovenstaand voorbeeld , ongeveer 65 kg.)

Het verdient aanbeveling altijd een motor met waterkoeling toe te passen.

Het hete koelwater is immers altijd wel te gebruiken.

Voor het verwarmen van de vergister (dan wel niet warmer dan 55°C) of eenvoudig als gebruikswater.

Hieronder volgt een deel van een verslag van Maus Dieleman over de ombouw van een kleine dieselmotor op biogas en dieselolie. Er wordt maar één motor beschreven, maar we hopen dat u vele gegevens kunt "vertalen" voor uw eigen motor. Let wel, de proeven zijn gedaan met zuiver methaan!

A. Kleine motoren kunnen vaak van heel simpele brandstofregelsystemen voorzien worden.

- Handbediening. Nadat de motor op dieselolie gestart is, wordt de brandstofpomp vastgezet op b.v. 30% capaciteit (nullast). Met de handbediende gaskraan kan aan de vraag naar vermogen voldaan worden.
- Centrifugaal-regulateur op de brandstofpomp (vaak standaard op stationaire aggregaten). Nadat de motor op dieselolie onder vollast zijn werk doet, wordt de handbediende gastoevoer geopend, zodanig dat de pompkapaciteit tot 20-30% teruggesteld wordt door de regulateur. Rond dit bedrijfspunt kan variërende belasting opgevangen worden door de dieselregulateur.
- Centrifugaal-regulateur op de gastoevoer. De regulateur wordt nu i.p.v. aan de brandstofpomp aan de gaskraan vastgemaakt zodanig dat de werking overeenkomt. Nadat de motor op dieselolie gestart is en nullast draait, wordt de pomp vastgezet in deze stand of in een lagere na opening van de gastoevoer.

B. Ombouw motor:

Petter watergekoelde 1-cilinder stationaire dieselmotor. 659 cm^3 .

Type PH1W.

Gemeten vermogen (op diesel): 5 kW bij 1650 omw./min. terwijl 16 kW werd toegevoegd als brandstof (het rendement was dus 31%). Er werd 4 kW afgevoerd via het koelwater en 4,5 kW via de hete uitlaatgassen. De restpost bestaat voornamelijk uit andere warmteafgifte (straling) van de motor.

In de testopstelling kan de belasting ingesteld worden m.b.v. een waterrem.

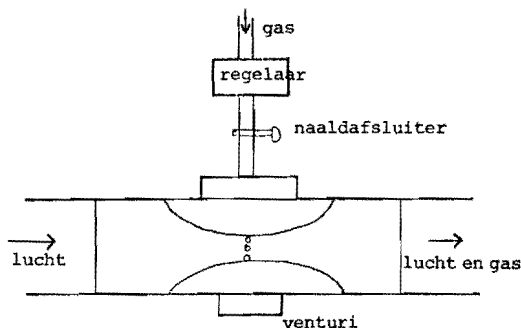
I.p.v. biogas wordt het ermee vergelijkbare en beschikbare aardgas gebruikt: geen CO_2 , verbrandingswaarde $31,5 \text{ MJ/m}^3$ i.p.v. ca 24 MJ/m^3 . Het gas dat een leidingdruk van 30 mbar (30 mm. wk) heeft, wordt eerst met behulp van een drukregelaar tot juist onder de atmosferische druk gebracht. Deze drukregelaar werd gehaald uit een LPG-gas ombouw-set voor een benzine-auto. Het is hiervan de tweede regelaar, de zogenaamde "lage-druk" regelaar.

Het gas stroomt vanaf deze regelaar via een regelbare gaskraan naar gaatjes in de lucht-inlaatbuis. Ter plaatse van de gaatjes is de diameter van de lucht-inblaasbuis extra verkleind door middel van een venturi.

De onderdruk in de leiding ten gevolge van de luchtstroom is hier dus extra klein.

Door het drukverschil tussen de uitgang van de drukregelaar (juist onder omgevingsdruk) en de venturi-onderdruk zal het gas naar de venturi stromen als de motor loopt en zich met lucht vermengen.

De grootte van de gasstroom moet in goede verhouding staan tot de grootte van de luchtstroom. Dit wordt bereikt door het boren van een geschikt aantal gaatjes.



Het venturi-onderdeel was eveneens afkomstig uit de LPG-gas ombouw-set.

Gegevens: diameter gaatjes 5 mm. 6 stuks

diameter luchtinlaat 30 mm.

diameter venturi 19 mm.

Op deze manier bleek voldoende gas aangezogen te kunnen worden door de kleine Petter-motor.

C. Resultaat proeven

De motor werd gestart op dieselolie. Nadat het gewenste toerental bereikt was bij nullast werd de hengel van de inspuitpomp vastgezet, in dit geval op 30% van de inspuut bij vollast.

Gelijktijdig werd nu de gastoevoer geopend en vermogen gevraagd door een waterrem van de proestand. De motor reageerde hierbij zonder haperen, overslaan of terugslag in de inlaatleiding. Het geluidsniveau ligt bij diesel/gas-bedrijf iets lager dan bij dieselbedrijf.

Het bleek dat bij vollast het dieselaandeel tot 20% te verminderen was. Daaronder werden geluiden van "overslaan" waargenomen.

Het totale toegevoerde vermogen van gas en diesel is hoger dan bij enkel dieselbedrijf.

Hoeveel meer hing af van het gevraagde motorvermogen; bij lage belastingen tot 25% meer energie en bij vollast was het verschil in energieverbruik praktisch nul. Verbeteringen zouden nog aangebracht kunnen worden; zoals het monteren van een smookklep in de luchtinlaat, en vervanging van enkele brandstofpomp-onderdelen.

N.B. In de luchtinlaatpijp moeten vlamdovers (propfen staalwol) aangebracht worden i.v.m. explosiegevaar door een mogelijke terugslag via de inlaatpijp.

8. VEILIGHEIDSASPEKTEN

1. Zorg altijd dat er geen lucht bij het gas kan komen, immers methaan vermengd met een bepaalde hoeveelheid lucht is explosief.
2. Controleer met zeepsop de gehele installatie geregeld op lekken.
3. Zorg voor een goede ventilatie in de ruimten waar de installatie zich bevindt.
4. Overloop, toevoer en hoogtemeter moeten in open verbinding staan met de buitenlucht.
5. Zorg dat de druk in de installatie altijd positief blijft, omdat bij negatieve druk lucht ingezogen kan worden of de installatie door de atmosferische druk in elkaar gedrukt kan worden.
6. Metalen installaties altijd "aarden" i.v.m. blikseminslag.
7. Zorg dat de installatie niet kan bevriezen.
8. Situeer de installatie zodanig dat deze onbereikbaar is voor bos- en heidebranden en vandalen.
9. Niet roken of open vuur bij de installatie.
10. Houdt altijd een brandblusser gereed.
11. Zorg dat zwaardere gassen niet op de vloer kunnen blijven hangen, en dat lichtere gassen naar boven kunnen ontsnappen.
12. Wanneer gas ontsnapt, doof alle vuur en doe geen lampen aan of uit, iedere schakelaar geeft een vonk.
13. Plaats de regelkraan zo dicht mogelijk bij de vlam.
14. Kondens moet verwijderd kunnen worden uit alle gasleidingen door een condensatie-aftap op het laagste punt.
15. Composthopen, kadavers en ander afval moeten op een behoorlijke afstand van de gasopslag liggen, voor het geval fosfine-gas dat hierin geproduceerd kan worden spontaan zou ontbranden.

9. EEN EENVOUDIG UITGEWERKT VOORBEELD

Hierin wordt verteld hoe men op een eenvoudige manier afval kan laten vergisten. Het is een goede methode om het proces te leren kennen en om aan het gas te wennen; ook als men geen andere middelen heeft om een installatie te bouwen, is dit verhaal goed te gebruiken, omdat de materialen weinig kosten en bijna overal wel te krijgen zijn.

Een voorwaarde is wel dat het klimaat niet al te koud is, want goede isolatie vraagt wel apart materiaal.

- Neem twee oliedrums van verschillende grootte, de diameter van de kleinste minstens 5 cm. kleiner als die van de grootste, dit zal meestal neerkomen op een drum van 30 en een van 50 gallon.

- Verwijder van de grote drum de bovenzijde en van de kleine de onderzijde met een zaag of snijmes.
- Maak beide tanks goed schoon met water, zand en oude lappen zodat er geen olieresten meer in zitten.
- Steek een gasleiding in het gat van de kleine drum.
- De aansluiting kan gasdicht gemaakt worden door een rubber ringetje of een kleipleister er omheen te doen.
- De andere kant van de leiding kan leiden naar een brander of een gasopslag, voor afsluiters zie 5.5.3.
- Voeg aan het verzamelde afval water toe totdat er een dikke brij ontstaat, voeg even veel startmateriaal toe (zie 4.3), deze totale hoeveelheid mag niet hoger zijn dan de hoogte van de kleine tank.
- Laat de kleine tank met open afsluiter in de gevulde grote tank zakken, de afsluiter moet open omdat alle lucht uit de kleine tank moet.
- Na drie weken verzamelt zich gas in de kleine tank en deze wordt dan iets omhoog geduwd.
- Probeer dit gas echter nooit aan te steken, maar laat het ontsnappen en maak hiermee de leidingen lucht vrij.
- Om te controleren of er wel gas vrij komt, kan men gas door een waterbak leiden (zie 6. voor de tekening hiervan).
- Als men de brander wil proberen, de afsluiter langzaam openen.
- Is de druk niet goed, duw de kleine tank dan iets omlaag zodat de druk vergroot wordt.
- Tijdens het proces kan steeds de kleine tank snel even verwijderd worden, men neemt dan ongeveer 20 l. materiaal uit de grote drum en legt er vers afval bij.
- Por af en toe met een stok de inhoud wat door elkaar.
- Men kan ook niet bijvullen, en dan na ongeveer 30 dagen wanneer de gasproductie ophoudt, het hele proces opnieuw beginnen en dan als startmateriaal de inhoud van de uitgewerkte tank gebruiken.

Als men bang is dat er grote temperatuursverschillen tussen dag en nacht zullen zijn, kan men de grote tank gedeeltelijk ingraven of bekleden met verse mest.

10. ENKELE KANTTEKENINGEN

10.1. Menselijke faecaliën

Hier wordt er nog een keer op gewezen dat menselijke faecaliën in een vergistingstank gedaan mogen worden. Er wordt wel beweerd dat het proces alleen op dierlijke uitwerpselen en plantaardig afval werkt; dit is echter niet waar. Het soort eten van de mens speelt natuurlijk ook een rol, maar de ervaring zal een betere handleiding zijn dan de tabellen.

Wel is het verstandig contact op te nemen met een gezondheidsdeskundige. Bij bijvoorbeeld een ziekenhuis zal men meer menselijke dan dierlijke faecaliën hebben, terwijl het benodigde materiaal wel voorhanden zal zijn en het gas zeker welkom is.

10.2. Werkzaamheden en de invloed op het levenspatroon

In dit stuk wordt ingegaan op de arbeid en de tijd die voor een funktionerende vergistings-tank nodig zijn en de eventuele gevolgen ervan voor het levenspatroon van de gebruikers.

Economische gevolgen.

Als in een gemeenschap men op de hoogte komt van de mogelijkheid om afval te vergisten, kunnen de levensomstandigheden van enkele mensen zo zijn dat ze de investeringen voor zulk een installatie niet kunnen doen. Degene die er wel toe in staat zijn, zullen hun afval efficiënter kunnen gebruiken, terwijl ze ook nog beschikken over een goed bemestingsmiddel. Op die manier wordt het bestaande verschil tussen deze twee groepen nog groter.

Werkzaamheden.

Omdat de installatie van verschillende materialen gebouwd kan zijn en de problemen erbij erg plaatsgebonden zijn, wordt de bouw zelf hier niet besproken.

Het eerste belangrijke punt is de toevoer. Het organisch afval dat bij de bereiding van voedsel vrijkomt, is geen probleem, evenals bladeren etc.; deze kunnen gewoon in de tank gedaan worden. Moeilijker is het echter met faecaliën van dieren en mensen. Als de dieren niet op stal staan, maar gewoon vrij rondlopen, liggen hun uitwerpselen overal verspreid. Kon men vroeger deze uitwerpselen laten drogen en ze dan door kinderen laten verzamelen, waarna men ze kon verbranden om zo het voedsel te kunnen bereiden, nu, bij toepassing van een vergistings-tank, kan dit niet meer.

De faecaliën moeten namelijk zo vers mogelijk in de tank gegooid worden en mogen niet eerst uitgedroogd zijn. Ook als men er later met water weer een dikke brij van maakt, is dit nog steeds niet bevorderlijk voor het proces. Als het hele proces langer dan drie maanden duurt, is de schade echter niet zo groot.

Een gevolg hiervan is dat men of een stal moet bouwen waarin men dus alle mest kan opvangen (met nog de keuze alleen 's nachts of de gehele dag) of iemand moet de taak krijgen een paar keer per dag over het terrein alle verse uitwerpselen te verzamelen.

Bij kippen is dit allemaal weer een stuk moeilijker dan bij koeien. We kunnen ervan uitgaan dat 6 mensen en 2 koeien een voldoende hoeveelheid afval produceren voor een tank.

Bij veelvouden hiervan kan men natuurlijk ook gebruik maken van een grotere tank. Het kan dus een probleem zijn als men te weinig beesten heeft, want de oplossing "neem nog een dier erbij" is voor vele mensen financieel niet haalbaar. Als men echter wel beesten kan aanschaffen, verdienen kippen de voorkeur, uit oogpunt van afvalsamenstelling.

Bij gebruik van menselijke faecaliën zal men bij de vergister een toilet moeten bouwen. Hygiënisch gezien natuurlijk erg aan te bevelen, maar als men niet gewend is zijn behoefte op één bepaalde plaats te doen, is dit wel een grote verandering.

Het kan dus ook zonder dierlijke uitwerpselen (zie vorige bladzijde) maar als de mogelijkheid van dierlijk afval aanwezig is, moet men dat zeker gebruiken.

Dan zijn er de verschillende kleinere werkjes; het zuiveren van afval, het roeren 1 à 2 keer per dag 10 à 20 minuten, bij continue toevoer moet 2 à 3 keer per week de tank-inhoud op hoeveelheid gecontroleerd worden, water en slib moeten afgevoerd worden voor zover deze niet vanzelf naar buiten stromen. Dit slib kan het beste meteen op het land gelegd worden; is het echter geen bemestingstijd, dan moet het bewaard worden. Dit zal voor velen wel een nieuwe manier van bemesten zijn, zoals ook irrigatie met het vrijgekomen water nieuw kan zijn.

Een volgend belangrijk punt is het gas dat vrijkomt: de werkzaamheden hiervoor zijn: in het begin en op het eind kwaliteitscontrole, tijdens het hele proces de druk controleren en indien nodig, het gas zuiveren. Gasgebruik is natuurlijk iets heel anders dan verwarmen boven een gestookt vuurtje. Men werkt met branders en afsluiters die steeds goed dichtgedraaid moeten worden, er is explosiegevaar, men is meestal plaatsgebonden wat aftap betreft en soms zullen een paar families moeten samenwerken.

Als laatste punt wordt nog het schoonmaken bekeken.

Bij een niet-continue tank moet men de tank na elk proces schoonmaken. Daartoe moet de tank eerst een paar dagen in open verbinding met de frisse lucht hebben gestaan, anders is het te ongezond. Bij continue toevoer moet de tank eens in de 7-10 jaar helemaal schoongemaakt worden, als er zich tenminste tussentijds geen grote problemen voordoen waardoor men wel genoodzaakt is alles leeg te maken (verstopping, scum).

Literatuurlijst

1. L. John Fry:
Practical building of methane power plants for rural energy independence
1975, 96 pag., Engels
beschrijft op populaire manier enige theorie, maar vooral de praktijk
van het zelf bouwen en bedrijven van door de schrijver zelf ontworpen
en gebouwde installaties voor zijn boerderij
2. Jan Craens:
Biogas methaangisting in Nederland
1976, 20 pag., uitgave van "De Kleine Aarde", Munsel 17, Boxtel
beschrijving van de theorie van de methaangisting. overzicht van in
verschillende landen ontwikkelde typen installaties (kleine en grote)
3. L. John Fry, Richard Merrill:
45 pag., Engels
Methane digesters for fuel gas and fertilizer
beschrijving installaties van binnenbanden, oude flessen e.d.
4. Intermediate Technology Development Group:
One-day colloquium on methane production by anaerobic fermentation
5. Ram Bux Singh:
Biogas plants, generating methane from organic wastes
Ajitmal Etawah U.P. India: Gobar Gas Research Station
6. Ram Bux Singh:
Biogas plants, designs with specifications
met schetsen, doorsneden e.d. van installaties gebouwd en/of ontworpen
door het Gobar Gas Research Station in India
7. T.H. Hutchinson:
Methane farming in Kenya
uit: Compost Science 1972, 13-6
8. Prasad C., Prasad K., Krishna and Reddy A.
Biogas plants; prospects, problems and tasks
Economic and Political Weekly (India) 9:1347-1364
9. National Academy of Sciences
Methane generation from human, animal and agricultural wastes
1978, 131 blz., 2101 Constitution Ave., Wash. DC, 24018 U.S.A.
Een gedegen handboek met veel cijfermateriaal o.a. over factoren die
het proces beïnvloeden en enkele voorbeelden van de kosten van
installaties.
Veel verwijzingen naar andere literatuur.

10. Peter John Meynell:
Methane: planning a digester
1976, Prim Press, Stable Court, Chalmington, Dorchester, England
Engels handboek waarin het vergistingsproces duidelijk beschreven staat
11. Zachte Technologie deel 5. Methaangisting
40 blz., 1978, Celestijnenlaan 101, 3030 Heverlee, België
Nederlandstalig handboek met veel informatie .
12. Acharya C.N.
1958
Preparation of fuel gas and manure by anaerobic fermentation of organic materials
Icar Research Series nr. 15, New Delhi, India
13. M.G. Mc Garry en Jill Stainforth.
Compost fertilizer, and Biogas Production from Human and Farm Wastes in the People's Republic of China.
94 blz. 1978.
International Development Research Centre P.O.B. 8500
Ottawa Canada K1G 3H9.