
SUMMARY

Anaerobic Sludge Digestion

Anaerobic sludge digestion still is the method of sludge treatment of most common use. Aims and design parameters are described, as well as the possibilities of intensifying the process.

Mechanical emptying of sludge drying beds will be economical for sewage works dealing with 30.000 population equivalents and more. For smaller works mechanising of transport alone has to be considered.

Anaerobe slibgisting *

1. Doelstellingen en uitgangspunten

Onder de indruk van de stormachtige ontwikkelingen die in de afgelopen jaren hebben plaats gevonden in de sector van de biologisch-oxydatieve zuivering, is men geneigd de anaerobe slibgisting als een min of meer conservatieve werkwijze te beschouwen. De neiging bestaat zelfs hier en daar, zich af te vragen of de slibgisting nog wel toekomst heeft, mede gezien de in opmars verkerende moderne methoden van slibontwatering en -verbranding. Het is goed hiertegenover enige positieve stellingnemingen te plaatsen. Tijdens de in oktober 1965 te München gehouden cursus over slibverwerking [1] werd als conclusie geformuleerd dat we vooralsnog volkomen overtuigd kunnen zijn van het bestaansrecht van de anaerobe slibgisting. Wel liggen verschuivingen voor de hand in gebieden met veel industrieel afvalwater. Speciaal voor kleine en middelgrote gemeenten zonder storend industrieel afvalwater biedt echter het eenvoudige bedrijf van de slibgisting, dat ook door minder geschoold personeel is uit te voeren, voordelen ten opzichte van de nieuwere systemen. In het in de loop van 1967 verschijnende „Manuel of Practice” van de Amerikaanse „Water Pollution Control Federation” [2] wordt uitsluitend de anaerobe slibgisting behandeld als de methode die het meest algemeen gebruikelijk is: „It was considered logical that only the method of most common use be studied”.

De doelstellingen van de slibgisting

worden in bovengenoemd Manuel ongeveer als volgt omschreven, waarbij het aan de lezer wordt overgelaten aan welke punten hij de meeste waarde wenst te hechten.

1. Productie van een onschadelijk materiaal dat zonder bezwaar geschikt is voor verdere verwerking.
2. Reductie van de hoeveelheid vaste stof waarvoor een uiteindelijke bestemming moet worden gevonden.
3. Productie van een materiaal met relatief laag gehalte aan waterbindende kolloïden, d.w.z. beter ontwaterbaar.
4. Gebruik van een der meest economische methoden die momenteel ter beschikking staan voor de reductie van de hoeveelheid organische stof in afvalwater, resp. het biochemisch zuurstofverbruik.
5. Opneming in de zuiveringsinstallatie van een bufferende eenheid die in staat is de vervuiling van afvalwater van wisselende concentratie en hoeveelheid op te vangen, zodat de behandeling in de vloeistoffase met maximale efficiëntie bedreven kan worden. (Dit bufferend vermogen heeft niet uitsluitend betrekking op het primaire slib, doch tevens op de wisselende hoeveelheden surplusslib van de biologisch-oxydatieve zuivering.)
6. Productie van onder omstandigheden waardevolle stoffen zoals gas en kompost.
7. Vernietiging van stankoverlast veroorzakende componenten.
8. Vernietiging van parasieten (wormeieren) en pathogene organismen (Salmonellae).
9. Productie van een materiaal dat niet meer attractief is voor ratten en ander ongedierte.
10. Het op economische wijze voor-

zien in een eventuele behoefte aan nutriënten in de biologisch-oxydatieve zuiveringstrap. Met name bepaalde afbraakprodukten van eiwitten kunnen onder omstandigheden een ongunstige C-N-verhouding in het voorbezonden water verbeteren.

De verwerking van de organische slibstoffen vormt een noodzakelijk onderdeel van iedere zuiveringsinstallatie. Het is noodzakelijk dat men bij het ontwerpen en bedrijven daarvan uitgaat van de beschikbare theoretische kennis en bovendien de in de praktijk getoetste principes zo goed mogelijk gebruikt, teneinde tot een economisch verantwoorde werkwijze te komen. De anaerobe slibgisting maakt het mogelijk een uitgangspunt dat stankoverlast kan veroorzaken en potentieel gevaarlijke bestanddelen bevat, aanvaardbaar te maken voor verdere verwerking.

Noodzakelijk voor een goed verloop van de anaerobe slibgisting is het bieden van een optimaal milieu aan bepaalde anaerobe en/of facultatief anaerobe organismen, waarin deze zich ongehinderd kunnen ontwikkelen.

Ontwerp en bedrijf van de slibgisting kunnen voorts een optimale gasontwikkeling, mineralisatie en vernietiging van de vaste stof als doelstelling hebben. Gezien echter de diverse mogelijkheden voor de uiteindelijke slibverwerking en het eventuele gebruik van de al dan niet ontwaterde slibstoffen als bodemverbeteraars, is het evengoed mogelijk dat aan een zo volledig mogelijke stabilisatie minder belang wordt gehecht.

Tenslotte kunnen factoren zoals kapitaalschaarste, stringenter eisen aan het effluent van de installatie en moeilijk zuiverbare industriële componen-

*) 2e Vakantiecursus in behandeling van afvalwater, gehouden door de Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde van de T.H. Delft, op 30 en 31 maart 1967, Les 3a.

ten van het afvalwater de traditionele normen voor het ontwerp van zuiveringsinstallaties in aanzienlijke mate doorkruisen. Deze ontwikkelingen hebben op hun beurt echter stimulerend gewerkt op research en ontwikkelingswerk.

Het „Manuel of Practice No 8” [3] inzake het ontwerpen van zuiveringsinstallaties geeft de volgende parameters die van belang zijn bij het vaststellen van de afmetingen van de slibgisting.

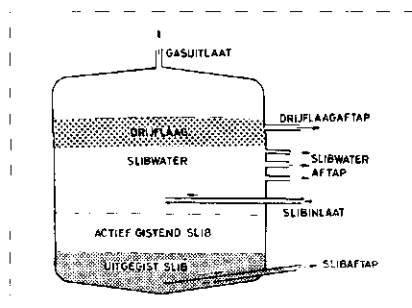
1. Te verwerken slibhoeveelheden.
2. Voorgenomen temperatuur van de slibgisting.
3. Volumina, benodigd voor indikking, afscheiding van slibwater en opslag van het slib voor die gevallen waar continu aftappen van slib niet mogelijk is.
4. Het effectieve volume van de tank tijdens het praktisch bedrijf. Hierbij dient bijv. rekening gehouden te worden met de vorming van zandafzettingen en drijfslagen, die het in feite beschikbare volume ongunstig beïnvloeden.
5. Karakteristiek van het te verwerken slib.
6. Gewenst afbraakpercentage.

2. Intensivering van de slibgisting

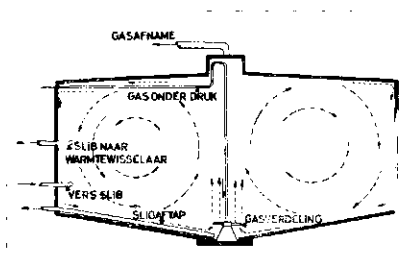
In afb. 1 is schematisch de doorsnede van een conventionele slibgistingstank weergegeven, terwijl afb. 2 het principe aangeeft van een tank met geïntensiverde slibgisting.

Intensivering van de anaerobe alkalische slibgisting en daardoor een scherpere dimensionering resp. hogere belasting van de gistingstanks kunnen bereikt worden door het activeren en beschermen van de gevoelige methaanbacteriën. De belangrijkste maatregelen daartoe zijn:

1. Voorwarmen van het toegevoerde slib.
2. Mengten van het toegevoerde slib met actief gistend entmateriaal.



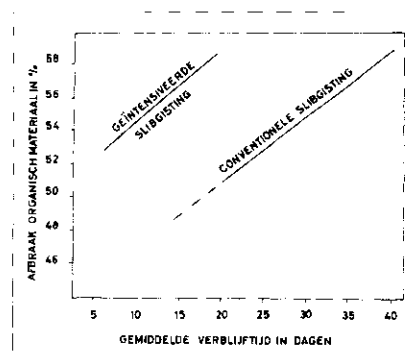
Afb. 1 - Conventionele slibgisting.



Afb. 2 - Geactiveerde slibgisting met gasinblazing.

3. Geforceerde circulatie in de tank en tegengaan van de drijfslagvorming.
4. Handhaven van een gelijkmatige temperatuur in de gehele gistingstank.
5. Corrigeren van een eventueel ongunstige C-N-P-verhouding.
6. Uitvoeren van de slibgisting in twee trappen.
7. Vroegtijdig afscheiden van slibwater.

Deze maatregelen maken het mogelijk het benodigde volume tot de helft of zelfs een derde te reduceren, zoals uit afb. 3 blijkt. De verblijftijd van het gistende slib kan echter niet ongelimiteerd verminderd worden. Hoe groter



Afb. 3 - Volumereductie bij geïntensiverde anaërobe slibgisting.

de verblijftijd, hoe groter de fracties van het toegevoerde slib, die reeds na een of enkele dagen de tank verlaten.

In formule uitgedrukt: $C = C_0 \cdot e^{-k\theta}$

waarin C = resterende fractie na de tijd θ
 C_0 = oorspronkelijke concentratie
 k = met de retentietijd variërende constante.

Afb. 4 geeft deze functie weer voor verschillende gemiddelde verblijftijden. Afb. 5 toont aan dat bij verblijftijden kleiner dan 10 dagen het afbraakpercentage van de organische stof, maar vooral van de vetten, in toenemende mate gaat dalen [4].

Noack stelde bij de Emschergenossenschaft aan de hand van semi-technische proeven vast dat de gewenste verblijftijd in de slibgisting afhankelijk is van het gehalte aan organische stof in het slib. Uitgaande hiervan stelde hij de volgende formule op voor het berekenen van het minimaal benodigde volume:

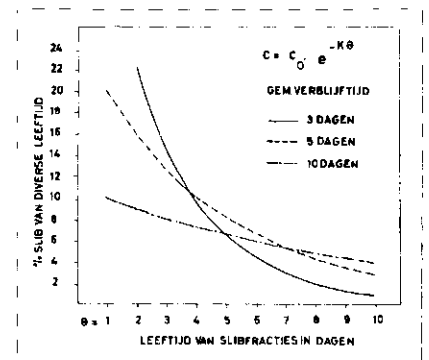
$$V = F \cdot \sqrt{20} \cdot w$$

waarin V = volume slibgistingstank in m^3

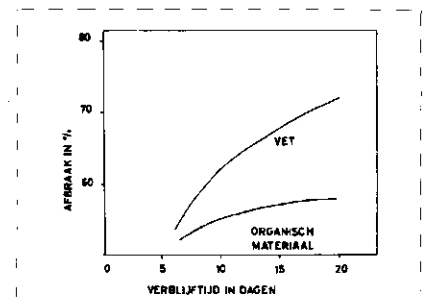
F = hoeveelheid vers slib in m^3 /etmaal

w = organische slibstoffen in %

Een ander punt van overweging is het hygiënische aspect van de verkorte verblijftijden. Langley [5] stelde vast dat Salmonella schotmuelleri en S. typhosa voor resp. 7,5 en 6,7 % een verblijf van een dag in een slibgisting met 6 dagen gemiddelde verblijftijd overleefden. Bij een gemiddelde



Afb. 4.



Afb. 5 - Afbraakpercentages van de organische stof bij verschillende verblijftijden.

verblijftijd van 20 dagen bedroegen deze overlevingspercentages na één dag 0,40 en 0,22 %. Tijdens een langer voortgezette studie bleek echter in het afgetapte slib uit de tank met 6 dagen gemiddelde verblijftijd slechts 2,4 x zoveel S. typhosa aanwezig als bij de tank met 20 dagen retentie. Bij de keuze van de verwarmingsinstallatie spelen uiteraard de te ver-

werken slibhoeveelheden een voorname rol. De temperaturen in een verwarmde gistingstank liggen meestal tussen 30 en 35° C.

In Duitsland past men o.a. de volgende systemen toe [6].

2.1. Maximale intensivering

Met ± 15 dagen verblijftijd; bijv. toegepast te München, Stuttgart en Lüneburg. Te München wordt de totale warmtehoeveelheid, benodigd voor de opwarming van het verse slib en de temperatuurregeling in de beide slibgistingstanks, gedurende de daguren toegevoerd. Een dergelijke warmtehoeveelheid van 5-7,5 miljoen kcal/h is slechts door middel van directe stoominblazing te verwerken. Een voor lage stoomdrukken van minder dan 0,5 ato geschikte injecteur is hiervoor speciaal ontwikkeld. Dergelijke buiten de gistingstanks opgestelde injecteurs nemen slechts zeer weinig plaats in beslag. Ze zijn aangepast aan de typische eigenschappen van het zuiverings-slib en bovendien geschikt voor het pasteuriseren van uitgegist slib voor landbouwdoeleinden.

2.2. Gedeeltelijke intensivering

Met ± 20 dagen verblijftijd; bijv. toegepast te Schweinfurt. Hier heeft de verwarming plaats in buiten de tanks geplaatste warmtewisselaars, die eveneens met stoom worden verwarmd, teneinde het voor de warmteoverdracht benodigde oppervlak zo klein mogelijk te houden. De stoom wordt verkregen uit het koelwater van de gasmotoren. Bij dergelijke installaties is doorgaans de temperatuur van het toegevoerde slib enkele graden lager dan de inhoud van de gistingstanks.

2.3. Geringe intensivering

Met ± 30 dagen verblijftijd, speciaal voor kleinere installaties, bijv. bij sanatoria e.d. De warmteoverdracht geschiedt hier door middel van verwarmingsorganen binnen de gistingruimte en met behulp van warm water. Het systeem lijkt op een normale centrale verwarming en heeft praktisch geen toezicht nodig.

Een intensieve circulatie in de slibgistingstanks kan op verschillende wijze bereikt worden, bijv.

1. Door middel van een roerapparaat.
2. Door middel van gasinblazing.
3. Door rondpompen met behulp van een buiten de tank geplaatste slibpomp, eventueel gecombineerd met een uitwendige verwarmingsinstallatie.



Afb. 8 - Slibbed te Schijndel gevuld met uitgegist slib zonder toevoegingen.

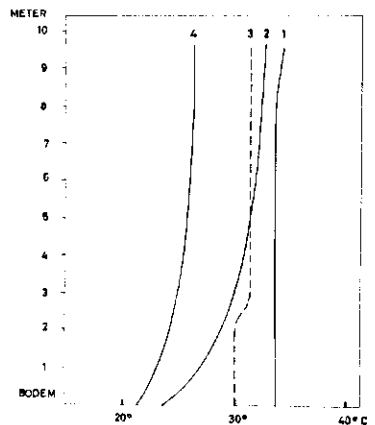
In Nederland wordt intensivering van de slibgisting toegepast op de beide grote Amsterdamse zuiveringsinstallaties. Door middel van acht buizen, die omstreeks 50 cm boven de bodem uitmonden, wordt in de tanks (diameter 20 m) 1-1,5 m³/m².h slibgistingsgas ingeblazen. De temperatuur wordt met behulp van buiten de tanks geplaatste warmtewisselaars op 30° C gehouden, terwijl de verblijftijd 15 dagen bedraagt. Wanneer slib wordt toegevoerd met een droge-stofgehalte van minder dan 2 %, ontstaan moeilijkheden in verband met de dan optredende te grote verdunning en te geringe ent met actief gistend materiaal. Verbetering kan worden bereikt door dan slib vanuit de als indikker werkende tweede trap te recirculeren.

In Engeland is een systeem ontwikkeld, waarbij gas wordt geïnjecteerd aan de onderzijde van verticaal opgestelde dubbelwandige stijgbuizen, die daardoor als mammoetpomp gaan fungeren. Verwarming vindt plaats via de dubbele wand door middel van warm water. Dit zg. Heatamix-systeem wordt thans, na geslaagde proefnemingen, ingebouwd in de 20 tanks van de zeer grote installatie Mogden. Aanvankelijk werkten deze slibgistingstanks met 20 dagen verblijftijd. Na inbouw van het circulatiesysteem bleek deze tijd te verminderen tot 13 dagen. Uit veiligheidsoverwegingen houdt men voor de toekomst een verblijftijd van 16 dagen aan.

Afb. 6 geeft aan hoe het vaststellen van het verticale temperatuurprofiel in een slibgistingstank gebruikt kan worden voor het verifiëren van een goede menging en verwarming.

3. Slibdroogbedden

De oudste en nog steeds meest toegepaste wijze van slibdroging is die door middel van droogbedden. Ze zijn doorgaans goedkoper dan de mechanische methoden en zijn dan ook overal aan te bevelen waar genoeg ruimte ter beschikking staat. Uiteraard



Afb. 6 - Verticaal temperatuurprofiel in slibgistingstank. 1 = goede menging; 2 = slechte menging; 3 = stratificatie; 4 = slechte verwarming.

zijn ze in de meeste gevallen alleen bruikbaar voor gestabiliseerd slib, daar ze anders stankbezwaren en vliegenplagen zouden veroorzaken. In de regel bezitten slibdroogbedden een onderlaag van grof zand en zijn ze voorzien van drainage.

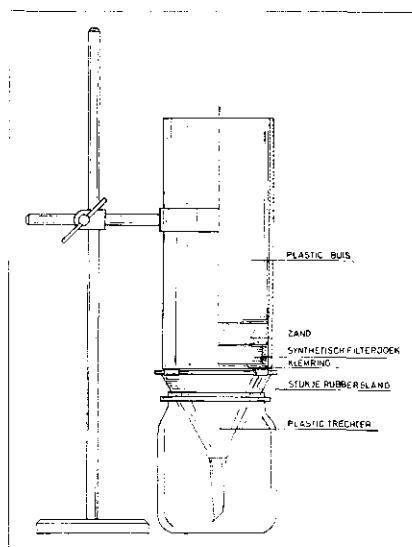
De ruiming geschiedde vroeger vrijwel uitsluitend met de hand. Tegenwoordig komen meer en meer mechanische hulpmiddelen ter beschikking. Het is onder meer een kwestie van kostprijs-

berekening in hoeverre het verantwoord is tot mechanisatie over te gaan. Volgens recente Duitse gegevens is dat bij installaties vanaf ± 30.000 inw.eq. het geval. Bij kleinere installaties kan men voorlopig beginnen met het uitsluitend mechaniseren van het transport van het met de hand geruimde slib. In verband daarmee dienen de wanden van de droogbedden zodanig te worden uitgevoerd dat het transportmiddel gemakkelijk kan binnenrijden. Ook wordt de bodem van de bedden wel gedeeltelijk verhard, bijv. met behulp van geperforeerde stenen.

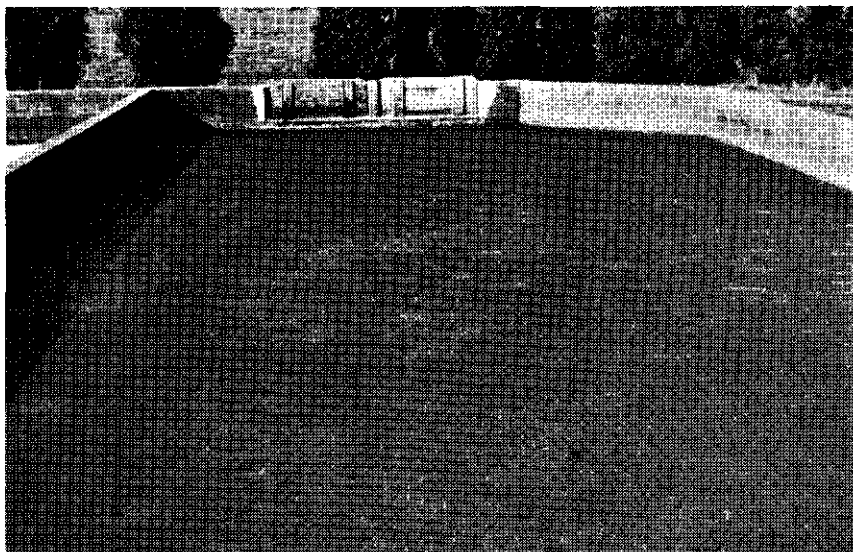
Het transportmiddel dient aan de volgende eisen te voldoen.

1. Licht in gewicht;
2. Gemakkelijk manoeuvreerbaar;
3. Spoorbreedte voor en achter gelijk;
4. Kipbaar;
5. Lage bedrijfskosten.

In 1966 werden de kosten van het met de hand ruimen van slibbedden becijferd op $f 16,-/m^3$ steekvast slib. Na het in gebruik nemen van een aan de bovengenoemde eisen voldoende slibwagen (afb. 7) bleek op de installatie Schijndel van het Waterschap De Aa per manuur 3 x zoveel slib geruimd te worden dan met kruiwagentransport. De ruimingskosten zijn op deze wijze tot $f 7,50/m^3$ teruggebracht. Soms worden tegenwoordig de droogbedden omzeild door het natte uitgeste slib rechtstreeks met behulp van tankwagens of persleidingen over daartoe geschikte landerijen te verspreiden. Als voorbeelden kunnen worden genoemd het Niersverband en



Afb. 10 - Opstelling ter bepaling van filterbaarheid van slib (methode met zandfilter).



Afb. 9 - Slibbed te Schijndel gevuld met door toevoeging van polyelectrolyt sneldrogend uitgeste slib.

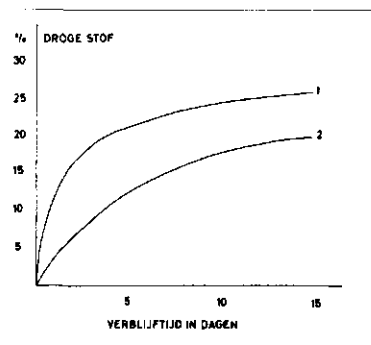
de Nederlandse installaties Tilburg en Schijndel.

Het is een bekend verschijnsel dat op installaties met een biologische oxydatie volgens het belucht-slibproces de droogtijden van het uitgeste slib vrij lang zijn. Speciaal is dit het geval wanneer onverwarmde slibgisting wordt toegepast. Wanneer het voor droogbedden beschikbare oppervlak beperkt is, kan dit vooral in natte jaren tot noodtoestanden aanleiding geven. In dergelijke gevallen kan men overwegen het uitgeste slib voor het aflaten op de droogbedden te conditioneren, bijv. met de momenteel ter beschikking staande polyelectrolyten.

Te Schijndel genomen proeven hebben aangetoond dat na toevoeging van 50 g kationactief polyelectrolyt (Reten 210) per m^3 uitgeste slib een veel snellere ontwatering optrad (afb. 8 en 9). De kosten van een dergelijke toevoeging bedragen omstreeks $f 2,50$ per m^3 steekvast slib. Wellicht zou de werking van de polyelectrolyten, gezien de soortgelijke ervaringen bij de vacuumfiltratie, nog ondersteund kunnen worden door toevoeging van ijzervulfaat of kalk. Het is echter te ver-

wachten dat de daartoe benodigde hoeveelheden chemicaliën vrij hoog zullen liggen, gezien het bufferende en ionenbindende karakter van het sterk kolloïdale slib.

In afb. 10 is een laboratoriumapparaat afgebeeld dat bruikbaar is voor vergelijkend onderzoek naar de ontwaterbaarheid van slib op droogbedden. Afb. 11 geeft de resultaten van een dergelijk onderzoek weer, waarbij de boven beschreven conditionering van het Schijndelse slib met polyelectrolyten werd onderzocht.



Afb. 11 - Zandfiltertest, 1 = uitgeste slib met polyelectrolyt; 2 = uitgeste slib zonder polyelectrolyt.

Literatuur

1. Liebmann, H., et al. *Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen*, Münchener Beiträge Nr 13 (1966).
2. *Anaerobic Sludge Digestion*, Manual of Practice No 16, Water Pollution Control Federation, Washington D.C. (1967).
3. *Sewage Treatment Plants Design*, Manual of Practice No 8, Water Pollution Control Federation, Washington D.C. (1959).
4. Roy, H. K. and C. N. Sawyer, *Sewage and Ind. Wastes* 27, 1356 (1955).
5. Langley, H. E., Jr., Thesis, Massachusetts Institute of Technology (1957).
6. Roediger, W., *Faulraumheizungs-systeme*, Städtehygiene Nr. 9 (1960).