

Zuiveringsslib

Herkomst en Bestemming

door

L. K. BOS

Juli 1966

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Algemeen beeld	3
3. Zuivering van verontreinigd water	5
4. Zuiveringstechniek	5
5. Terminologie	8
6. Slibenquëtering	8
7. De productie van slib in Nederland	8
8. Consistentie en ontwatering	9
9. Samenstelling	11
10. Bestemmingsmogelijkheden	11
11. Aanbod van en vraag naar slib als meststof	13
12. Hygiënische aspecten	13
13. Zware metalen	15
14. Synthetische wasmiddelen	17
15. Aktuele bemestingservaringen	18
16. Menging van slib met stadsvuil-(compost)	21
17. Dumping	24
18. Verbranding	25
19. Compromis tussen compostering en verbranding	26
20. Conclusie	26
21. Literatuuropgave	27

ZUIVERINGSSLIB

Herkomst en Bestemming

L. K. BOS

Kand. i.i. spec. Waterzuivering, Landbouwhogeschool, Wageningen

1. INLEIDING

De vloeibare afvalstoffen van de menselijke samenleving worden grotendeels als afvalwater op de openbare wateren geloosd. De vervuiling van het oppervlaktewater neemt toe door de bevolkingsaanwas en de economische expansie, zowel in Nederland als daarbuiten. Bovendien neemt de hoeveelheid afval per inwoner en per produktie-eenheid toe bij de huidige economische ontwikkeling.

De natuurlijke zelfreinigende krachten van het oppervlaktewater zijn onvoldoende sterk om de vervuillende elementen onschadelijk te maken. Vele zuiveringsinstallaties zijn ingeschakeld om de reinigingsprocessen te versnellen, maar hun capaciteit is nog volstrekt onvoldoende om de balans tussen de mate van vervuiling en de mate van zuivering in evenwicht te houden. Door in versneld tempo het aantal en de capaciteit der installaties te verhogen hoopt men over 20 jaar de achterstand ingehaald te hebben.

De zuivering van afvalwater is echter een onderdeel van de verwerkingstechniek van vaste en vloeibare afvalstoffen. De techniek van de zuivering wordt thans zover beheerst, dat men voor wat betreft de scheiding uit ruw afvalwater van helder weinig vervuild water en een hoeveelheid vast materiaal (slijk of slib) van een opgelost probleem kan spreken. Echter dient zich in toenemende mate een nieuwe kwestie aan: het slibprobleem. De vraag hoe de grote hoeveelheden slib van de afvalwaterzuiveringsinstallaties op zinvolle wijze verwijderd kunnen worden vormt thans een groter probleem dan de zuivering zelf en zal klemmender worden, zowel in Nederland als daarbuiten.

2. ALGEMEEN BEELD

Nederland telde op 1 januari 1966 ruim 300 gemeentelijke rioolwaterzuiveringsinstallaties in werking (afb. 1). Deze behandelen het huishoudelijk en industrieel afvalwater van resp. 3 miljoen inwoners en 1 miljoen inwonerequivalenten. Onder 1 inwonerequivalent (i.e.) moet hierbij worden verstaan de hoeveelheid zuurstof-

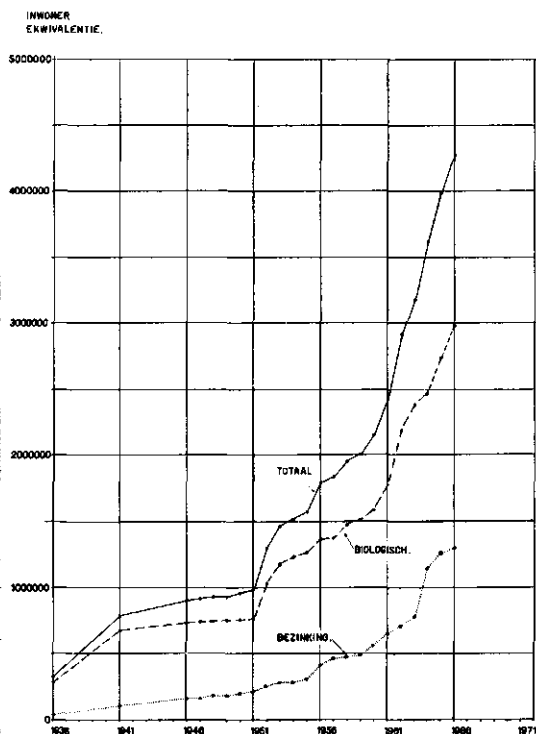
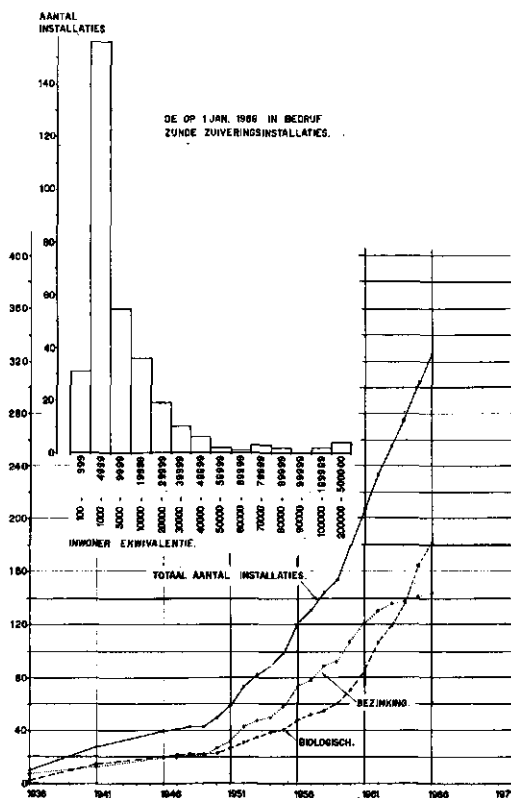
onttrekkende afvalstoffen, die per inwoner per etmaal op het openbare water geloosd wordt. Door de zelfreinigende werking van de micro-organismen in het openbare water kunnen 5,5 miljoen i.e. gezuiverd worden.

In totaal voeren 12,5 miljoen inwoners hun afval op het oppervlaktewater af en heeft de industrie in zijn geheel een vervuilkingskracht in deze zin van ongeveer 10 miljoen zielen: totaal dus 22 miljoen i.e.

Het oppervlaktewater wordt dus overbelast met 12,5 miljoen i.e. Globaal kan gesteld worden, dat in de installaties bijna 20 % van de totale afvalwaterproductie behandeld wordt. In deze getallen zijn niet begrepen de 15 miljoen i.e. van het Groningse industriegebied. Volgens plannen zullen deze binnen korte tijd rechtstreeks door een pijpleiding naar zee afgevoerd worden.

Afbeelding 1.

STATISTISCH OVERZICHT DER GEMEENTELIJKE RIJOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIES IN NEDERLAND.



3. ZUIVERING VAN VERONTREINIGD WATER

Voor de zuivering van vervuild afvalwater worden hoofdzakelijk mechanische en biologische behandelingsmethoden toegepast. De mechanische methode berust op een bezinking in langzaam stromend of vrijwel niet bewegend afvalwater van resp. relatief zwaar materiaal (zand) en zwevende, veelal organische, stoffen. De bezonken delen (rioolslak) worden zonder luchtzuurstof (anaeroob) vergist.

Het gedeeltelijk behandelde afvalwater kan hierna aan een biologische reiniging onderworpen worden. De niet bezonken organische stoffen worden hierbij met veel luchtzuurstof in contact gebracht en door een zich ontwikkelende microflora uitgevlokt en deels afgebroken (biologische oxydatie). Het resultaat van deze bewerkingen zijn: verder gezuiverd water en een mengsel van nog onverteerde organische stoffen met actief microbenmateriaal. Laatstgenoemd residuproduct heet geactiveerd of belucht slib en wordt samen met het primaire rioolslib vergist.

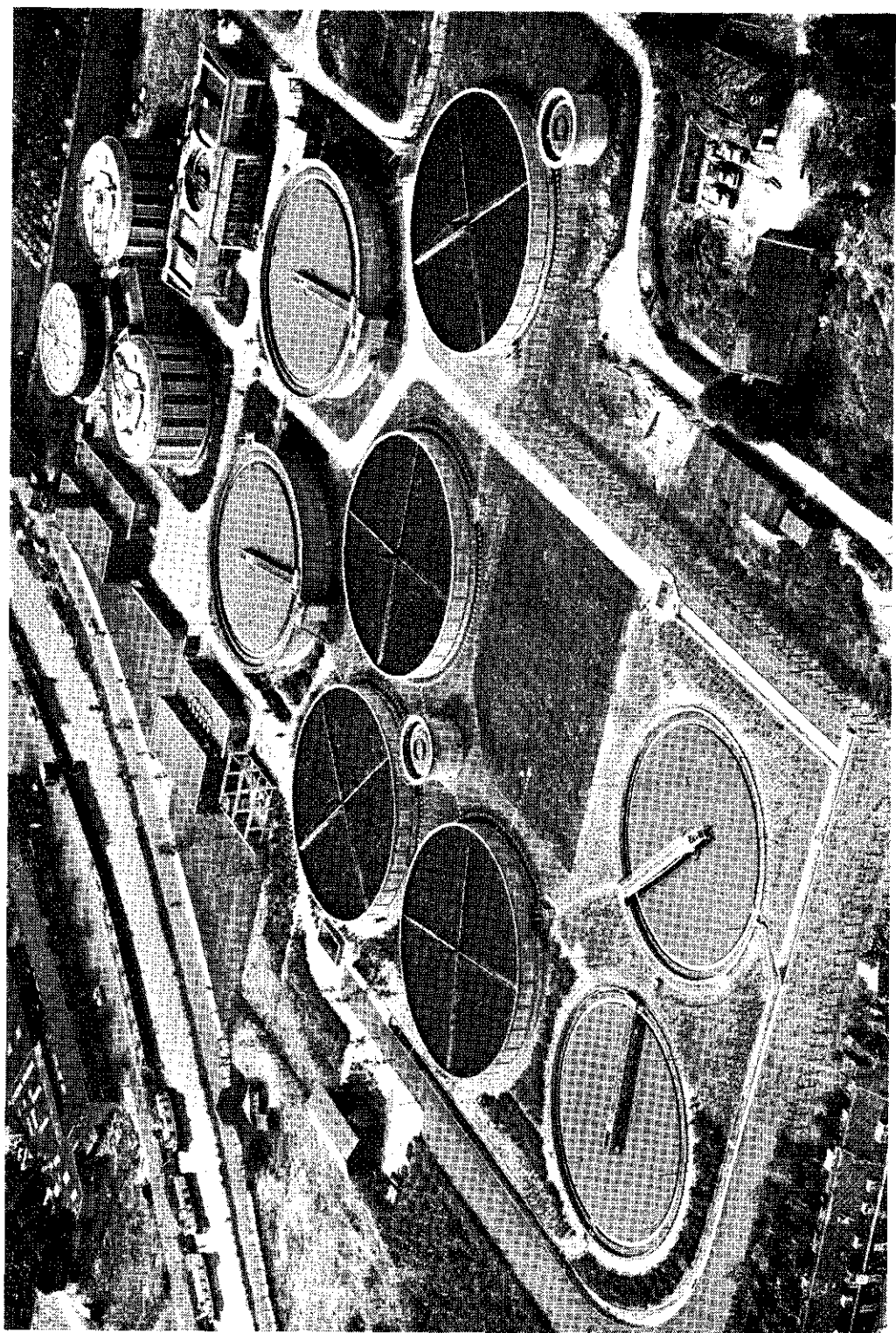
4. ZUIVERINGSTECHNIEK

Op vrijwel alle installaties wordt het afvalwater mechanisch of biologisch of door een combinatie van systemen gezuiverd. Afbeelding 2 geeft schematisch een indruk van de onderdelen van een mechanisch-biologische zuivering. Het zeer grove, veelal drijvende, vuil wordt via roosters en het zand door bezinking in een zandvang verwijderd. In een voorbezinktank wordt het fijne, meestal zwevende vuil van allerlei aard afgescheiden (rioolslak) en naar de gistingstank geleid. Het deels gezuiverde influent kan nu óf als effluent geloosd worden op het buitenwater óf verder door biologische oxydatie („verbranding”) en nabezinking verder gereinigd en daarna afgevoerd worden.

Voor de aerobe afbraak bestaan twee hoofdsystemen: aeratietanks met kunstmatige beluchting (O_2 -toevoer) en oxydatiebedden, waarbij het voorbezonken water over een doorluchte laag filtermateriaal (bv. lavaslakken) versproeid wordt. Bij de afbraak van de afvalstoffen ontwikkelen zich bij beide systemen aerobe micro-organismen, resp. in de vorm van zwevende vlokkenmassa's (zgn. actief slib) en slijm-laagjes of slibhuidjes op het filtermateriaal. In een nabezinktank wordt het actieve slib gescheiden van het gezuiverde water en grotendeels teruggevoerd naar de aeratietank (retourslib). Het overtollige geactiveerde slib (zgn. surplusslib) wordt, evenals alle slib, dat bij de nabezinking van het filtersysteem afgescheiden wordt, tezamen met het primaire rioolslak, in het slijkgistingsproces opgenomen. De hoofdprodukten van de slijkgisting zijn gasen (meest CH_4 , ook CO_2 en H_2S), grote hoeveelheden uitgist rioolslak en water.

Voor de afvalwaterverwerking van kleine conglomeraties (dorpen, kleine steden, instellingen), wordt veelal de oxydatiesloot volgens Pasveer toegepast. Deze bestaat uit een ondiepe circuitvormige sloot met een continue stroming van het water - (actief) slibmengsel.

Beluchting van het slib geschiedt door snel roterende borstels, die de luchtzuurstof intensief met het mengsel in contact brengen. Het verontreinigde influent wordt door aerobe oxydatie der slibmicroben gereinigd. Scheiding van het gezuiverde water en het slib geschiedt hetzij in een aparte bezinktank of door afstroming van het effluent na periodieke uitschakeling der borstels en bezinking van het slib. Het teveel aan slib dient weer te worden afgelaten en verwerkt.



Abbeelding 3. Overzicht van de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Utrecht. Achtergrond: 3 gistingstanks en 2 zandbangers, midden boven: 2 voorbezinkbassins, midden onder: 4 oxydatie-filterbedden, voorgrond: 2 nabezinkbassins. (foto K.L.M. Acrocanto N.V.)

5. TERMINOLOGIE

In het voorgaande werd gesproken over slijk en slib. Het slijk is afkomstig van primaire mechanische voorbezinking, het slib ontstaat bij de biologische behandelingsmethoden. Er bestaat een afspraak om de term 'slijk' niet meer te gebruiken, maar steeds van 'slib' te spreken.

In de Nederlandse literatuur worden voor het modderachtige, al of niet vergiste eindprodukt van zuiveringsinstallaties de termen rioolslijk, rioolslib, afvalwaterslib en zuiveringsslib door elkaar gebruikt. De laatste benaming wordt door het Meststoffenbesluit (1958) per definitie gehanteerd als het uitgist product ($\geq 15\%$ droge stof) der slijkgisting in installaties voor de zuivering van afvalwater. (lit. 1) Kortweg zal hier verder over slib gesproken worden, wanneer zuiveringsslib bedoeld wordt. De Duitse literatuur hanteert hiervoor het woord Schlamm, de Engels-Amerikaanse literatuur sludge. De nadruk zal verder vooral gelegd worden op het probleem der slibverwijdering (Schlammabeseitigung, sludge removal) en minder op de slibverwerking (Schlammbehandlung, sludge treatment).

6. SLIBENQUETERING

De eerste inventarisatie van het slibprobleem in Nederland werd in 1950 gegeven door Den Dulk (lit. 2) met gegevens van het Rijks Instituut voor de Zuivering van Afvalwater (R.I.Z.A.) en van gemeentebesturen. Een breder overzicht leverde de slibenquête van Scheltinga en Den Dulk in 1959. (lit. 3) Sindsdien is de omvang van het slibprobleem dermate toegenomen, dat de slibcommissie van de Nederlandse Vereniging van Afvalwaterzuivering (N.V.A.) in november 1965 een nieuw onderzoek noodzakelijk achtte. (lit. 4) Schrijver dezes is hierbij betrokken geweest. Er werden 300 formulieren verzonden naar alle installaties met vragen over de slibverwijdering en -verwerking. Van 290 bedrijven kwamen informaties binnen, 5 installaties bleken pas in januari 1966 in werking te treden en van 5 onbeduidend kleine bedrijven werd geen antwoord ontvangen. Enkele indrukken zullen in de volgende regels worden opgenomen. Het rapport van de slibenquête 1965 zal te zijner tijd in het tijdschrift „Water” verschijnen.

7. DE PRODUKTIE VAN SLIB IN NEDERLAND

Den Dulk geeft voor 1950 een totale jaarproduktie van 75000 ton vloeibaar slib, berekend naar een opgave van 25000 ton droge stof met een gemiddeld gehalte droge stof van 30%. Het aantal aangesloten i.e. was toen ca. 1 miljoen. (lit. 2) Scheltinga komt via de slibenquête 1959 (aangesloten i.e. 2 miljoen) tot een totale jaarproduktie van ruim 40000 m³ steekvast slib en ruim 120.000 m³ nat slib. Tezamen wordt dit, omgerekend op gedroogd (steekvast of 30% droge stof) 80.000 m³ per jaar. Per inwonerequivalent is dit 40 liter droog slib/jaar. Scheltinga geeft verder een prognose voor de produktie in 1980, wanneer ca. 10 miljoen i.e. zullen zijn aangesloten, van 400.000 m³ steekvast slib. (lit. 3)

Uit de enquête 1965 is gebleken, dat voor alle installaties tezamen het aantal aangesloten i.e. bijna 5 miljoen bedraagt met een jaarlijkse produktie van ruim

115.000 m³ steekvast slib en bijna 195.000 m³ vloeibaar slib. Omgerekend op 30% droge stof betekent dit een totaalproduktie van ca. 180.000 m³. Per inwoner-equivalent berekent men dan een produktie van 35-40 liter steekvast slib per jaar. (lit. 4) In tabel I zijn de globale cijfers volgens de enquêtes van 1959 en 1965 vermeld, waarbij de installaties volgens Scheltinga in de volgende aangegeven grootteklassen gegroepeerd zijn:

klasse	i.e.
1	≤ 5000
2	5000— 25.000
3	25.000—100.000
4	≥ 100.000

Tabel I. Slibproduktie in m³/jaar

Klasse	Aantal Installaties		Aantal i.e.		steekvast		vloeibaar	
	1959	1965	1959	1965	1959	1965	1959	1965
1	(60)	166	63.000	280.000	2500	10.000	1000	4000
2	28	87	357.000	1.010.000	10000	30.000	—	7000
3	17	28	777.000	1.376.000	15000	21.000	35000	80000
4	5	9	1.000.000	2.242.000	13000	54.000	85000	103000
Totaal	110	290	ruim 2 milj.	bijna 5 milj.	40000	115.000	121000	194000

Hieruit en uit het bovenstaande volgen enkele belangrijke conclusies:

1. De totale slibproduktie blijkt in 6 jaar met een faktor 2 tot 3 toegenomen te zijn, ongeveer evenredig aan de toename van het aantal aangesloten i.e.
2. De produktie van slib per jaar per i.e. is tamelijk constant: 35-40 liter steekvast slib.
3. De prognose van Scheltinga in 1959 voor het jaar 1980 blijkt reëel te zijn: totaal 400.000 m³ steekvast slib per jaar.

8. CONSISTENTIE EN ONTWATERING

Nat zuiveringsslib, al of niet vergist, is een min of meer vloeibare, baggerachtige substantie bestaande uit ruim 95% water. Als zodanig is het een moeilijk handelbaar produkt. Voor de mogelijkheden tot verwijdering, afzet en verwerking is een ontwaterd produkt vereist, dat steekvast en strooibaar is.

Er bestaan meerdere methoden om het slib te ontwateren (lit. 5 en 6). Afbeelding 8 illustreert, hoe het volume van 1 m³ nat slib (95% water) afneemt naarmate meer water onttrokken wordt (lit. 7). Door indikking, de eenvoudigste en goedkoopste methode wordt het watergehalte tot 85% teruggebracht en blijft het slib nog vloeibaar. Dit gebeurt door eenvoudige bezinking zoals in de gistingstank. De volumereduktie is ca. 60%, waarbij een steekvaste massa ontstaat. Dehydratie is mogelijk via natuurlijke (bv. slibdroogvelden, afb. 4) en kunstmatige methoden.

De laatste onderscheiden zich in statische en dynamische processen, waarbij onder meer vacuumfilters en drukfilters resp. centrifuges en trilzeven gebruikt worden (afb. 5). Verdere ontwatering door kostbare droogsystemen met warmtetoevoer door vreemde brandstof levert een produkt met 20% water, dat strooibaar verhandeld kan worden.

Tenslotte zijn verbrandingsmethoden ontwikkeld met als eindproduct een vrij grote hoeveelheid as.

De ontwikkeling van de kunstmatige slibontwateringsmethoden moet, hoe belangrijk ook, hier verder onbesproken blijven. Wel kan worden opgemerkt, dat het tot dusver niet gelukt is zowel economisch als technisch bevredigende kunstmatige slibontwaterings- en drogingsmethoden of verbrandingssystemen te ontwikkelen. In Europa, vooral in West-Duitsland (o.a. Niersverband, lit. 8) en plaatselijk ook in Nederland (Eindhoven, Apeldoorn) worden deze methoden toegepast of beproefd. In de U.S.A. en Canada, waar men met deze methoden tientallen jaren ervaring heeft, blijkt men ook voor de grote installaties terug te keren tot de klassieke slibdroogvelden (Milwaukee, Winnipeg). Ook in Engeland (East Middlesex, Mogden, Maple Lodge) is deze tendens waarneembaar. (lit. 9)

De natuurlijke ontwatering op droogvelden is relatief goedkoop en eenvoudig, maar heeft enige ernstige bezwaren:

1. de zeer grote oppervlakte, die men nodig heeft. In Nederland, waar grond zeer schaars is, weegt deze faktor soms zwaar.



Afbeelding 4.
Droogvelden voor slib van de
installatie Leidschendam. Voor-
grond: steekvast slib met
krimpscheuren. Achtergrond:
pas gestort vloeibaar slib met
weinig en geen kripscheuren.
(eigen opname)

2. stankontwikkeling. In warme seizoenen en in (sub)tropische landen speelt deze faktor een grote rol.
3. weersinvloeden bij de ontwatering (vorst, regen). Overdekking der velden remt de verdamping en is kostbaar.
4. lange verblijfstijd van het slib.
5. personeelstekort voor de running der velden.

Toch blijft ontwatering met kunstmatige methoden door de hoge kosten van de energievoorziening en de geringe waarde van de produkten in de praktijk een kostbare zaak. (lit. 9) Het gebruik van aardgas zal de brandstofkosten kunnen verlagen (Schr.).

9. SAMENSTELLING

Tabel II is ontleend aan de Landbouwgids 1965 en geeft de gemiddelde samenstelling weer van zuiveringsslib, alsmede van enkele andere natuurlijke organische meststoffen, die met slib kunnen concurreren. Alleen de hoofdvoedingselementen zijn hierin vermeld in kg. per ton produkt. Door de vaak zeer uiteenlopende herkomst van slib is voor de overige elementen moeilijk een gemiddelde te geven.

Tabel II.

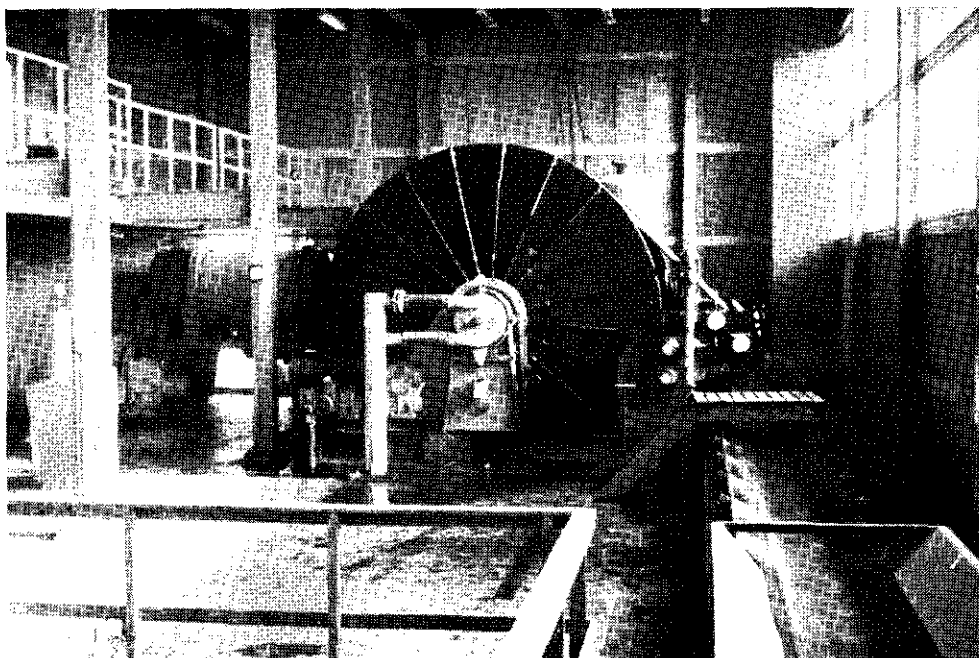
(alle cijfers in ‰)	droge stof	org. stof	N-totaal	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Zuiveringsslib	300	150	7,0	5,0	1,0	14
Stadsvuil-zuiveringsslibcompost	500	80	6,0	3,0	2,0	12
Stalmest	215	135	5,5	3,5	4,5	5
Stadsvuilcompost V.A.M.	700	(70)*	4,0	4,0	2,0	30

*) Deze opgave is afkomstig van verouderde gegevens. Het gehalte aan organische stof in V.A.M.-compost bedraagt thans 100-150 promille (Tuinbouwgids 1966, blz. 59).

Bovenvermelde cijfers geven niet de direkte opneembaarheid van de voedingsstoffen weer. Bij bemesting met organische stof speelt het zogenaamde korteduur- en langeduuereffekt een grote rol. De mogelijkheid om voedingselementen op te nemen bepaalt het korteduuereffekt. Het langeduuereffekt is een humuseffekt en komt, afhankelijk van de hoeveelheid toegediende organische stof pas vele jaren na toediening tot uiting. Deze effecten zijn afhankelijk van de grondsoort, het landgebruik en de chemische bodemvruchtbaarheidstoestand. Over zuiveringsslib zijn nog zeer weinig gegevens bekend, omdat hiervoor proefnemingen over vele jaren nodig zijn. Door dr. Kortleven worden in deze zin thans proeven genomen op langlopende proefvelden van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen (zie Hoofdstuk 15).

10. BESTEMMINGSMOGELIJKHEDEN

De plantengroei is de basis voor de vorming van organisch materiaal. De plant vormt organisch materiaal met behulp van zonlichtenergie uit water en koolstofdioxide



Afbeelding 5. Vakuüm-trommelfilter te Mierlo voor kunstmatige ontwatering van slib. (foto Waterschap „Dommel”)

(CO₂), dat als gas in de lucht aanwezig is. De assimilatieprodukten der planten dienen als voedsel voor de mens en hogere diersoorten. Organische afvalstoffen worden verder afgebroken door vele soorten mikro-organismen. Dit laatste proces speelt zich voornamelijk in de bodem af.

De grondstoffen van alle niet-organische goederen, die wij gebruiken of verbruiken zijn afkomstig van de exploitatie van de bodem. Hieruit volgt dat het uit morele overweging voor de mens een plicht is al zijn afvalstoffen in zo bruikbaar mogelijke vorm aan de bodem terug te geven. Het gebruik van slib door de agrarische sektor in de ruimste zin is dan ook op grond hiervan de aangewezen weg. Voor deze toepassing moet het slib hygiënisch betrouwbaar zijn en geen stoffen bevatten, die voor de plantengroei schadelijk zijn.

Het probleem wordt evenzeer en vaak bovenal door technische en economische overwegingen beheerst. De afnemers van slib voor agrarisch gebruik verkiezen een produkt, dat goed te transporteren en te verwerken is. Hiertoe moet het slib door ontwatering zeker steekvast en bij voorkeur door droging en verkruimeling strooibaar zijn. Deze processen brengen hoge kosten met zich mee. Anderzijds vergen het transport en de verwerking van vloeibaar slib in dezelfde sektor vaak even hoge kosten.

Wanneer het bedrijfseconomisch onaanvaardbaar is het slib op deze wijze af te zetten, wordt overgegaan tot dumping van het slib. Voor bedrijven die vlak bij zee liggen kan het slib zonder te hoge transportkosten in zee geloosd worden. Bedrijven in het binnenland gebruiken het slib in casu voor ophoging van terreinen of stabilisering van de bovengrond (duinen, bloembollengrond).

Wanneer het slib op generlei wijze gebruikt kan worden, wordt het op submarginale gronden gestort of verbrand.

In de volgende hoofdstukken worden bovengenoemde aspecten nader toegelicht.

11. AANBOD VAN EN VRAAG NAAR SLIB ALS MESTSTOF

In ons land wordt per jaar circa 15 miljoen ton stalmest geproduceerd (incl. kippen-, varkensmest etc.). Dit is af te leiden uit het aantal grootvee-eenheden per ha (ruim 2), de jaarproduktie aan stalmest per eenheid (20 ton drijfmest of 10 ton stalmest) en de oppervlakte grasland (ruim 1,3 miljoen ha). De jaarproducties van compost en slib bedragen resp. 200.000 ton en 180.000 ton steekvast. Van de stalmest blijft 80% op het eigen bedrijf en gaat 20% voornamelijk naar de tuinbouw.

De Nederlandse akkerbouwgronden hebben een gemiddeld organische-stofgehalte van 4%. Per jaar moet volgens Kortleven (lit. 10) ca 4000 kg organische stof per ha worden toegediend om dit percentage op peil te houden. Voor bouwland op klei en zand is 7—8% org. stof optimaal. Om te zijner tijd dit optimum te bereiken is een jaargift per ha van 10 ton compost of 5 ton steekvast slib of 15 à 20 ton vloeibaar slib nodig.

Grasland (1,3 miljoen ha) kan normaal in zijn eigen organische stofbehoefte voorzien. Noch voor effecten voor korte duur, noch voor lange duur is bemesting met compost nodig.

De tuinbouw neemt zeer grote hoeveelheden organische stof op, grotendeels stalmest; compost wordt in deze sektor ook veel gebruikt, maar kan schadelijke ballaststoffen (scherfjes, plastic) bevatten. Voor de akkerbouwgronden op klei (420.000 ha) ontbreekt het korteduur-effect van compostbemesting. Toevoer van compost is hier voor de boer weinig rendabel. Op de gemengde akkerbouwbedrijven (395.000 ha) wordt met stalmest uit eigen bedrijf voorzien.

Voor de zuivere akkerbouwbedrijven op zand- en dalgrond (85.000 ha) tenslotte is bemesting met compost rendabel. De totale behoefte is hier dus 850.000 ton per jaar en wordt maar ten dele door de produktie gedekt. Voor recreatiedoeleinden zoals plantsoenen, sportvelden, particuliere tuinen etc. is stalmest om esthetische redenen niet aantrekkelijk. In de toekomst zal hier 200.000 ton compost per jaar nodig zijn (lit. 11).

Uit deze cijfers volgt dat theoretisch de vraag naar slib zeer groot moet zijn. Voor de zuivere akkerbouw alleen al is het aanbod van de beschikbare organische meststoffen (compost en slib) veel te klein. Toch stuit de afzet van slib op moeilijkheden, die hun oorzaak vinden in 3 bezwaarlijke punten:

1. Slib is niet altijd hygiënisch betrouwbaar.
2. Een ongunstige consistentie maakt het slib moeilijk verwerkbaar.
3. De voorlichting en propaganda bij de afzet zijn absoluut onvoldoende.

12. HYGIENISCHE ASPEKTEN

Met het rioolwater worden in niet te onderschatten mate organismen afgevoerd, die schadelijk kunnen zijn voor mens en dier. De pathogene organismen komen via het rioolwaterzuiveringsproces in het slib terecht. Het is gebleken dat ziektekiemen zich door sedimentatie in de bezinkruimten in het slib kunnen ophopen. Door het slib voor diverse doeleinden te gebruiken kunnen de kiemen verspreid en vermenigvuldigd worden en kan herinfectie optreden. (lit. 12)

Het betreft hier de volgende ongewenste organismen:

1. Bacteriën behorende tot o.a. de geslachten: *Salmonella*, *Brucella*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Leptospira*, *Mycobacterium*.

2. Virussoorten.
 3. Parasieten, voornamelijk soorten van *Taenia*, *Ascaris* en *Oxyuris*.
 1. De *Salmonella*soorten, o.a. *Salmonella paratyphi B*, veroorzaken bij de mens besmettelijke darmziekten. Behalve via rioolwater en slib verspreiden zij zich via menselijke en dierlijke voedingsmiddelen (vlees), via andere organische meststoffen (stalmest, gier) en oppervlaktewater. Vermeerdering zou mogelijk zijn in afvalwater met hoog eiwitgehalte. Als voedsel voor protozoën (natuurlijke zelfreiniging) neemt het aantal af (lit. 13). Ook gezonde *Salmonella*-uitscheiders bij de mens dragen tot verspreiding bij. Men schat hun aantal in Nederland op ruim 25.000. In deze zin kan vooral het afvalwater van medische inrichtingen en abattoirs gevaarlijk zijn.
- Bemesting met slib van weilanden, plantsoenen, sportvelden etc. kan verspreiding van deze ziektekiemen bevorderen. Dit geldt zeker voor niet-vergist slib. Het is echter gebleken, dat *Salmonellae* ook het alkalische vergistingsproces kunnen overleven (lit. 13). Om *Salmonellae* in water aan te tonen, wordt veel gebruik gemaakt van de vrij eenvoudige determinatie van stammen van de onschadelijke bacteriesoort *Escherichia coli*. Deze stammen komen in menselijke faecaliën in enorme hoeveelheden voor en daarbuiten weinig. Wanneer *E. coli* niet aangetoond wordt neemt men bij gebrek aan betere indicatiemethoden aan, dat ook geen *Salmonellae* aanwezig zijn. Hoewel *Salmonellae* veel minder talrijk in verontreinigd water zijn, is deze conclusie geenszins waterdicht. Het is zonder twijfel gewenst ook de *Salmonella*-titer van verontreinigd of gezuiverd water en ook van slib te bepalen. De directe bepalingsmethode kan worden uitgevoerd met een Bismuthsulfiet-agar. Een *Salmonella*cultuur groeit op deze voedingsbodem als groene of bruine kratervormige bacteriekolonies.
- Bacillus anthracis* kan vooral bij het vee miltvuur verwekken. De sporen, d.z. zeer resistente reproductieorganen, kunnen tientallen jaren in de grond in leven blijven en hoge temperaturen doorstaan (lit. 12).
- Corynebacterium diphtheriae* (diphtherie bij de mens), *Brucella abortus* (abortus bij koeien), *Leptospira icterohaemorrhagiae* (ziekte van Weil bij de mens) en *Mycobacterium tuberculosis* (t.b.c. bij mens en dier) zijn alle pathogenen, die in slib kunnen voorkomen.
2. Infectie door virussoorten kunnen vooral voor het veebestand desastreus zijn. Bij voorbeeld: Mond- en klauwzeer, varkenspest, vogelpest en hondsdoelheid. Bij de recente epidemie in ons land van mond- en klauwzeer en de afslachting van zeer veel dieren kan het afvalwater van slachterijen een smetstofreservoir van betekenis zijn.
 3. *Taenia saginata* (ongewapende lintworm), *Ascaris lumbricoides* (spoelworm) en *Oxyuris vermicularis* (aarsmade) zijn wormen die parasitair in de darmorganen van de mens leven. Zij doen weinig schade, maar kunnen uiterst lastig zijn. Uit de eieren, die met de menselijke faecaliën uitgescheiden en via het rioolwater verspreid worden, ontwikkelen zich buiten het lichaam embryonen, die met ongewassen groenten en fruit (*Ascaris*) of via handen of stof (*Oxyuris*) weer ingenomen worden. Een lintworm produceert per dag bij een persoon maar liefst 700.000—1.000.000 eieren (lit. 14). Via het rioolwater komt 70% hiervan in zuiveringsslib terecht. De eieren zijn zeer resistent en overleven het gistingproces voor een deel. Na bemesting van grasland met slib komen de eieren als blaaswormen via het rund als tussengastheer met de vleesconsumptie weer in het menselijk lichaam.

De importantie van genoemde ziektekiemen dient wel ingezien, maar vooral niet overschat te worden. Hygiënistten tillen vaak zwaar aan dit probleem en zien in

elke ziektekiem een bron van infectie. In de praktijk is nog nergens een epidemisch ziektebeeld geconstateerd, dat bemesting met slib als oorzaak heeft. Door de snelle toename der slibproductie is waakzaamheid in casu blijvend geboden. Voor uitgestikt slib geldt dit alleen voor bemesting op grasland en in de kastuinbouw. Bovendien zou een onderzoek aan te bevelen zijn naar de hygiënische eigenschappen van de verpakte tuin- en potgrond, waarin slib verwerkt is en waarvan vele (meer dan 30) merken in de handel zijn.

Door pasteurisatie en compostering van slib met huisvuil kunnen temperaturen bereikt worden, die genoeg pathogenen doden om de hygiënische bezwaren op te heffen. De eerste methode zal dit jaar in Duitsland toegepast worden. Uitgestikt ingedikt slib wordt van *Salmonellae* ontdaan door het 15 minuten bij 60 °C te verwarmen en daarna naar het grasland te transporteren. Het tweede proces is de meest ideale oplossing van het probleem en wordt hierna besproken.

13. ZWARE METALEN

De meeste zware metalen zijn als sporenelementen voor het vee en voor de groei en het leven van gewassen in zeer kleine hoeveelheden onmisbaar. Bij accumulatie van deze elementen in de grond kunnen voor de gewassen schadelijke overmaatverschijnselen ontstaan.

Slib, afkomstig van industrieel afvalwater, kan als meststof in deze zin op den duur gevaarlijk zijn. Men denke aan de chemische en farmaceutische industrieën, aan leerlooierijen, galvaniseerbedrijven, verffabrieken, metaalindustrieën etc. Het is zelfs zo dat de zware metalen bij het zuiveringsproces zich in het slib ophopen. Voor Cu, Ni, Cr en Zn vond Bucksteeg een concentratietoename van gemiddeld 2700. Dit wil zeggen, dat uit afvalwater, waarin 1 mg. metaal per liter zit, slib geproduceerd wordt met 2700 mg. metaal per kg droge stof.

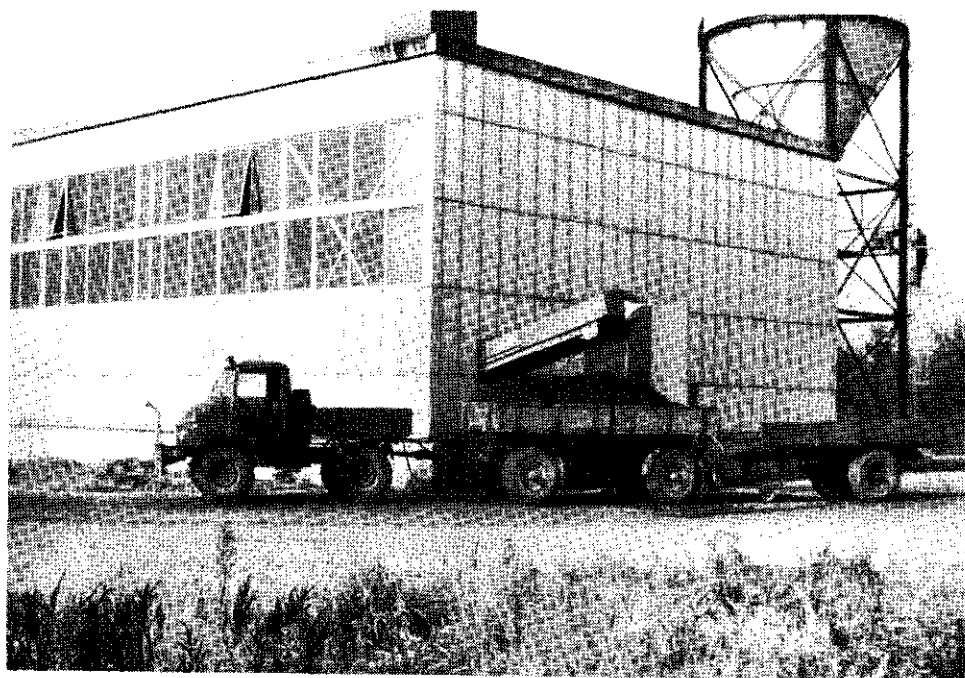
Voorals te veel lood en zink kan voor mens, plant en dier nadelig zijn (lit. 15). De kwanta lood en zink in huishoudelijk zuiveringsslib bedragen resp. 2000 en 3000 p.p.m. droge stof. Met een (normale) gift van 10 ton steekvast slib per ha. per jaar wordt dus (tabel II) resp. 6 en 9 kg. zink toegevoegd. Het normale gehalte van deze elementen in de grond is resp. 30 en 60 p.p.m. overeenkomend met 120 resp. 240 kg per ha. Gesteld dat de toxiciteitsgrens voor beide elementen bij ongeveer 1000 mg per kg grond ligt ofwel 4000 kg per ha, dan is duidelijk dat voor het gebruik van normaal slib in casu geen ongerustheid hoeft te bestaan. Des te bedachtzamer dient men te zijn als het gaat om zuiver industrieel slib, waarvan de gehalten aan deze elementen tientallen malen hoger kunnen zijn.

Industrieel slib, dat chemische stoffen kan bevatten, die zelfs in minieme kwanta (bv. cyaanverbindingen) funest zijn, mag nimmer als meststof gebruikt worden. Verder moet bedacht worden, dat het effect van deze stoffen sterk afhankelijk is van de mate waarin accumulatie plaats kan vinden, de invloed van deze stoffen op andere factoren (invloed pH op het beschikbaar komen van bepaalde elementen) en de specifieke tolerantie der gewassen. Daarom is het moeilijk voor een bepaalde stof grensconcentraties aan te geven, waarbij het slib een giftige werking op cultuurgewassen zal hebben.

Om een indruk te geven welke de voornaamste giftige chemische stoffen zijn, die in dit industrieel slib voorkomen en welke uitwerking deze stoffen bij verwerking van dit slib in de agrarische sektor kunnen hebben is tabel III opgenomen. Door gebrek aan nauwkeurige gegevens is alleen een kwalitatieve indeling mogelijk. De tabel is ontleend aan Kumpf, Maas und Straub (lit. 5).



Afbeelding 6. Afname van de filterkoek en transportband bij de filterinstallatie te Mierlo. (foto Waterschap „Dommel”)



Afbeelding 7. Aanzicht slibfilterstation te Mierlo. Transport van het ontwaterde slib. (foto Waterschap „Dommel”)

Tabel III.

Giftige werking	Sterk	Matig	Zwak
Verbindingen van	Aluminium	Arsenicum	Barium
	Borium	Lood	Chroom (3-waardig)
	Chroom (6-waardig)	Chloorzuur	IJzer (i.v.m. pH)
	Fluor	Koper	Zwavelwaterstof
	Cobalt		Kalk
	Lithium		
	Nikkel		
	Oxaalzuur		
	Zink		

Een aansluiting aan dit onderwerp der giftige stoffen volgt in hoofdstuk 15.

14. DETERGENTEN

Van de in gebruik zijnde synthetische wasmiddelen (waarin detergenten aanwezig zijn) behoort 90% tot de groep der zgn. anionactieve Na-zoutverbindingen. Het anion is het actieve deel en bestaat uit een kort hydrofiel wateraantrekkend deel, gekoppeld aan een meestal lange vertakte of onvertakte hydrofobe, sterk waterafstotende koolstofketen (R). Tot deze groep behoren de alkysulfaten ($\text{ROSO}_3\text{-Na}^+$) en de alkylarylsulfonaten ($\text{RSO}_3\text{-Na}^+$). Als gevolg van hun structuur verlagen de detergenten de oppervlaktespanning van water, waardoor vuildeeltjes van allerlei aard snel bevochtigd en geëmulgiseerd worden. Deze werking verklaart hun functie als reinigingsmiddel.

Door het snel stijgend gebruik van detergenten bevat ook het afvalwater steeds meer van deze stoffen. Zij kunnen bij de zuivering van het water remmend werken op zowel de mechanische als de biologische waterbehandelingsmethoden. De zachte detergenten, die wat betreft het organische molekuulgedeelte door mikro-organismen afgebroken worden, geven weinig hinder. De harde, biochemisch moeilijk afbreekbare, middelen (sulfonaten) doorlopen grotendeels het gehele zuiveringsproces. Opmerkelijk is de grote adsorptie van (harde) detergenten aan het slib. Gemiddeld komen niet meer dan 10 p.p.m. (=mg/L) sulfonaat in onbehandeld rioolwater voor. In slib kan 1% detergent voorkomen (berekend op 2% droge stof). Dit gehalte komt overeen met 200 mg. sulfonaten per liter nat slib.

Van belang is het onderzoek geweest van Den Dulk (lit. 16) over de invloed van de detergenten op de ontwikkeling van cultuurgewassen. Zijn voornaamste conclusie is, dat de water-luchthuishouding in de grond door de sulfonaten ernstig verstoord kan worden. Groeireductie en opbrengstderving zijn hiervan het gevolg. Potproeven met humusarme zandgrond toonden aan, dat de grond belangrijk minder water kon bevatten bij sulfonaatconcentraties, die veel lager zijn dan normaal in het slib. Bij spinazie werd een opbrengstreductie van ca. 75% vastgesteld na toediening van 480 mg sulfonaat per pot (7 kg. zand). Ook andijvie, tomaten, bonen, wortelen en luzerne bleken scherp op sulfonaten te reageren.

De potgrond werd bovendien gemengd met 80 gram steekvast slib per pot, dat op zichzelf 2,7% sulfonaten bevatte, berekend op het droge stofgehalte (25,6%). Hiermee werd dus een extra gift van 553 mg. sulfonaten gegeven. Deze slibgift komt overeen met een dosis van 25 ton per ha. Merkwaardigerwijze bleek de gewassengroei nu nauwelijks geremd te worden. Volgens Den Dulk worden de sulfonaten

onwerkzaam door sterke adsorptie aan het slibhumuscomplex. Dit werd bevestigd door analoge proeven met compostgiften en op humusrijke kleigrond. Men neemt aan dat deze bufferende werking van de organische stof ook optreedt bij het voorkomen van zware metalen in de grond (lit. 17). Toch zal men bij herhaalde toediening van slib, op humusarme zandgronden de invloed van detergenten op de relatie plant-water-bodem in het oog moeten houden.

Opgemerkt moet worden, dat in Duitsland sinds 1964 bij de wet is voorgeschreven, dat de afbreekbaarheid van anionactieve detergenten in was- en reinigingsmiddelen tenminste 80% moet bedragen. In ons land kent men deze voorschriften (nog) niet. Op laboratoriumschaal is men erin geslaagd detergenten te ontwikkelen, die voor 100% biologisch afbreekbaar zijn. Deze produkten zijn echter zo duur, dat van fabricage hiervan op grote schaal voor de handel nog geen sprake is.

15. AKTUELE BEMESTINGSERVARINGEN

Uit recente informaties (lit. 4) blijkt, dat men uit het oogpunt van bemesting overwegend goede ervaringen heeft met het gebruik van slib. Voor alle grootteklassen der installaties tezamen blijkt bij 75% van het aantal beschikbare opgaven het slib als meststof goed te voldoen. Het aantal meldingen, dat slib uitstekend noemt is 20%, terwijl slechts 5% matige ervaringen heeft. Incidenteel blijkt slib onbruikbaar te zijn door een zure werking t.g.v. een onvolkomen gisting, door toxisch werkende industriële lozingen of door te hoge zoutconcentraties (NaCl).

Vergeleken met stalmest en compost bevat slib weinig kalium (tabel II). Een extra K-gift zal meestal nodig zijn om de vereiste NPK-verhouding op peil te houden, tenminste wanneer regelmatig slib als meststof gebruikt wordt.

Het grootste effect van de slibbemesting treedt op bij de groei van gras, hetzij bij plantsoenen, gazons of weiland. Het betreft hier een stikstofeffect, omdat de voorziening met organische stof bij een grasbestand doorgaans voldoende is.

Over de invloed van slibgebruik op de akkerbouwteelten zijn zeer weinig systematische proeven gedaan. Om enige concrete gegevens te verkrijgen zijn vele jaren tijds nodig. Onlangs zijn enige resultaten gepubliceerd (lit. 19), van de proeven van dr Kortleven op de langlopende proefvelden van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen. Deze proeven werden in 1955 aangelegd met haver, aardappelen en bieten op zandgrond. In de loop van bijna 10 jaren werden stadsvuilcompost en slib in de volgende mengverhoudingen toegediend:

- I stadsvuilcompost + 25 % water
- II stadsvuilcompost + 25 % slib
- III stadsvuilcompost + 50 % slib
- IV stadsvuilcompost + 100 % slib
- V stadsvuilcompost + 200 % slib
- VI alleen steekvast slib

In totaal ontvingen alle objekten elk rond 175 ton per ha. Bovendien werden per objekt 6 stikstoftrappen aangelegd. Nagegaan werd onder meer hoe de verschillende gewassen reageerden op de verschillende mengverhoudingen en N-trappen. Omdat toediening van uitsluitend slib als enig objekt (VI) over alle jaren en voor alle gewassen een betrouwbare opbrengstverhoging bleek te geven is het gemiddelde van de objekten I t/m V vergeleken met objekt VI. In deze zin zijn in tabel IV de gemiddelde effecten voor de drie gewassen samengevat.

Tabel IV

N-trap	Haver		Aardappelen		Bieten	
	korrel	siro	knol	zetmeel	biet	loof
1	24,1	22,0	16,3	20,1	12,2	12,4
2	30,7	22,7	16,2	19,1	5,0	9,1
3	26,8	18,2	9,8	11,4	-2,9	10,2
4	16,9	20,5	6,7	6,3	-9,4	3,7
5	17,9	17,2	2,9	1,7	-9,2	1,2
6	12,7	16,2	3,0	3,4	-14,0	-10,4
Gem.	21,5	19,5	9,2	10,3	-3,0	4,4

(cijfers ontleend aan lit. 19)

Bemesting met uitsluitend slib blijkt bij haver de korrel- en stroopbrengst ieder met een gemiddeld 20 % te verhogen. Bij aardappelen bestaat het effect uit een verhoging van het knolgewicht en zetmeelgehalte van rond 10 %. Bieten blijken alleen positief te reageren bij lage N-trappen. Uit het cijferverloop van tabel IV is af te leiden, dat ook bij deze gewassen het effect van het slib vrijwel uitsluitend een stikstofeffect blijkt te zijn.

Bij het gebruik van slib als meststof is het van belang rekening te houden met het zgn. langduureffect (Hfst. 9). Met de langjarige proefnemingen is het mogelijk voor verschillende gewassen een indruk te krijgen over de werkingseffecten der elementen. Zo is uit bovengenoemde proef gebleken, dat voor haver de effecten in het jaar van bemesting beduidend groter zijn dan in de hierop volgende jaren. Voor aardapelen bleek geen verschil te bestaan tussen de directe werking en de nawerking. Bij andere proeven op zandgrond is voor slib een stikstofwerkingscoëfficiënt van 40 in het eerste bemestingsjaar vastgesteld.

Het is bekend, dat cultuurgewassen zeer verschillend reageren op diverse soorten organische meststoffen. De aard en de hoeveelheid van de in water oplosbare humusstoffen speelt hierbij een grote, zij het nog grotendeels onbekende, rol. Gewassen, die een hoge pH moeilijk verdragen zullen zeker veencompost verkiezen boven stadsvuilcompost. Ook in moeilijk verklaarbare gevallen blijkt de werking specifiek te zijn. Dit geldt zeker ook voor slib. Den Dulk (lit. 20) toonde met potproeven aan, dat spinazie duidelijk positief en andijvie uitgesproken negatief (toxische stoffen?) reageerde op slibbemesting. Beide gewassen zijn betrekkelijk pH-indifferent.

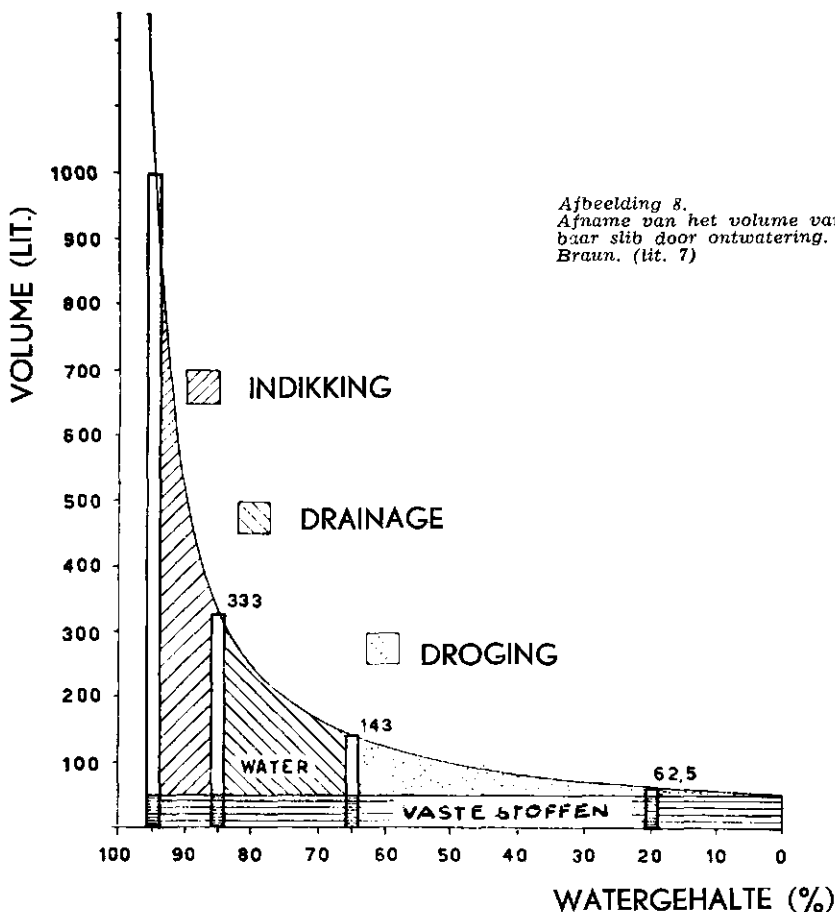
Op enige plaatsen in Nederland wordt slib in boomgaarden gebruikt. De fruitopstand reageert hierop opvallend gunstig, vooral wat betreft de kwaliteit der vruchten. Het is niet bekend welke faktor hierop invloed heeft. De N-werking zal zeker een grote rol spelen, evenals de mulch-werking.

15.1 BODEMMOEHEID

In het buitenland zijn berichten verschenen, die melding maken van een 'bevoelingsmoeheid' van gronden, die regelmatig met onbehandeld rioolwater of vloeibaar slib zijn bevoeid. Interessant is een publikatie van Rohde over dit onderwerp (lit. 17). Deze wijst erop, dat dit verschijnsel terug te voeren is tot een verstoorde sporenelementen-huishouding der grond. Vele zware elementen, die zich toch al in het slib hebben opgehoopt, accumuleren in de bovengrond der vloeivelden door adsorptie aan het humuscomplex. Hierdoor ontstaan reductieverschijnselen en verzuurt de grond. Door deze pH-verlaging wordt meestal de opneembaarheid dezer elementen verhoogd. Als gevolg hiervan zijn op vloeivelden nabij Berlijn (zure

gronden) en Parijs (alkalische gronden) ernstige chlorotische verschijnselen bij gevoelige cultuurplanten (spinazie, sla, bieten) vastgesteld. Vooral zink en koper kunnen schadelijk zijn, hoewel ook Mn, Mo, Fe, Co en Bo, eventueel met interactie, afhankelijk van de pH van het milieu, een rol spelen. Een overmaat Zn of Mo kan in basische grond Mn-gebrek geven. Teveel Zn in zuur milieu kan Fe-gebrek veroorzaken. Vermeldenswaard is nog, wat Rohde over de bron van het relatief grote kwantum aan koper en zink in zuiveringsslib vermeldt. Bij een normale voeding bevatten de menselijke faecaliën 150-200 mg Cu en 7-20 mg Zn per hoofd per dag. Per kg stofzuigerinhoud vond Rohde 437 mg Cu en 2920 mg Zn en per kg stof uit dakgoten in een stad (Berlijn) 4190 mg Cu en 4080 mg Zn. Eerst- en laatstgenoemde afvalstoffen komen tenslotte via het rioolwater in het slib terecht. Opmerkelijk is de grote dosis Zn in huishoudelijke stof. Deze zou verklaard kunnen worden door het hoge Zn-gehalte van dierlijke beharing, de grondstof voor de fabricage van allerlei soorten vloerbedekking (Schr.).

In Nederland is van moeheidsverschijnselen in genoemde zin nog geen sprake. Thans wordt bijna 195.000 m³ vloeibaar slib per jaar verwijderd. Hiervan wordt een klein deel regelmatig op terreinen verwerkt, hetzij voor bemesting van weiland of zandgrond, hetzij voor plantsoenen, sportvelden etc. in urbane centra. Het overige gedeelte wordt gedumpt, gecomposteerd met huis- of tuinvuil of afgezet voor diverse doeleinden naar de tussenhandel (o.a. voor potgrond).



De waarde van slib als organische meststof wordt primair bepaald door zijn structuurverbeterende eigenschappen. Als zodanig is slib op één lijn te stellen met stal-mest en compost (tabel II), aangenomen dat het slib geen elementen bevat, die voor het bodemleven schadelijk zijn.

Voorts is gebleken, dat slibbemesting een gunstige invloed heeft op de ontwikkeling van ééncellige en meercellige organismen in de bodem. Vooral de activiteit van regenwormen wordt hierdoor gestimuleerd. De gangen van deze wormen zijn waardevol voor de doorluchting en de drainage van de bodem. Over dit onderwerp is een interessant onderzoek verricht door Graff (Institut für Humuswirtschaft, Braunschweig-Völkenrode):

Lumbricus terrestris is een regenwormensoort, die tot 2 meter diepe gangen kan graven en deze ter versteviging bekleedt met humusachtige uitscheidingsproducten. Het is gebleken, dat deze produkten een hoog gehalte aan fosfor en stikstof hebben. Deze elementen komen in dit geval direkt ten goede aan de planten, omdat de wortels zich vooral in de wormgangen ontwikkelen. Tijdens een vierjarige proef bracht Graff (lit. 18) verschillende soorten organisch materiaal op percelen zavelige zandgrond en telde aan het einde der periode (1964) het aantal wormgangen. Ook werd bepaald in hoeverre de hoeveelheid N en P (in grammen per m²) was toegenomen. De analyses betroffen de bodemlaag van 25-100 cm. onder maai-veld. Tabel V geeft de resultaten weer.

Tabel V.

materiaal	aantal wormgangen	N	P
geen organisch materiaal	70	1,27	0,34
stro + kalkstikstof	44	0,93	0,19
slib	161	7,59	3,74
vers verkleind stadsvuil	146	4,43	1,74
stadsvuilcompost	36	0,65	0,33

Het effect van de slibbemesting is zeer markant, vooral in vergelijking met huisvuilcompost. Dit komt, omdat de compost een gering gehalte aan gemakkelijk afbreekbare organische stof bevat. Opvallend is wel, dat het aantal wormgangen in de grond waarop geen organisch materiaal gebracht is tweemaal zo groot is als in de grond, die met compost bedekt is. Graff kan dit slechts verklaren door aan te nemen dat bepaalde stoffen in de compost de ontwikkeling der wormen geremd hebben.

16. MENGING VAN SLIB MET STADSVUILCOMPOST

In het voorgaande werd er al op gewezen, dat een totale vernietiging van waardevolle afvalstoffen van de menselijke samenleving moreel niet aanvaardbaar is. De waarde van slib ligt vooral in het gebruik als organische meststof. Het ligt dus voor de hand het slib af te zetten naar de agrarische sektor. Deze afzet ondervindt in toenemende mate moeilijkheden door de slechte verwerkbaarheid van het slib en door hygiënische bezwaren. Menging van het slib met stadsvuilcompost opent betere perspectieven.

Menging van nat slib met compost

Deze mengingsvorm is aantrekkelijk. De aanleg van uitgestrekte slibdroogvelden is hierdoor niet meer noodzakelijk en te kostbare kunstmatige drogingsmethoden kunnen vermeden worden. Aangenomen, dat het slib geen voor de plant schadelijke bestanddelen bevat, kan eveneens gesteld worden, dat de compostkwaliteit door de menging nauwelijks zal veranderen. Het natte slib bevat immers slechts 5—10% droge stof, terwijl men bij de composteringsprocessen ruim 200 liter water (= ca 200 liter nat slib) per ton vuil mag toevoegen.

Hoeveel slib kan op deze wijze verwijderd worden? Een ruwe berekening levert het volgende redelijke inzicht voor een gemeenschap van bijvoorbeeld 1000 inwoners. Per inwoner worden gemiddeld per jaar 40 liter steekvast slib en ruim 200 kg vaste afvalstoffen geproduceerd (lit. 21). Omgerekend is dit circa 100 m³ nat slib en ruim 200 ton vast vuil per 1000 inwoners. De opnamecapaciteit van vast vuil voor nat slib is ruim 200 liter per ton. Hieruit volgt, dat ruim 40 m³, zeg maximaal 50 m³ nat slib of de helft van de geproduceerde hoeveelheid in het composteringsproces kan worden opgenomen. Grotere gemeenschappen tellen bovendien vaak vele industriële inwonerequivalenten, zodat het totale aantal i.e. een veelvoud kan zijn van het aantal inwoners. Daarom zal bij grotere steden met veel industrie aanmerkelijk minder dan de helft van het geproduceerde kwantum nat slib naar de compostsektor kunnen worden afgezet. Ontwatering van slib zal hier zeker nodig blijven.

Absoluut noodzakelijk is, dat bij deze menging het compostbedrijf en de zuiveringsinrichting dicht bij elkaar liggen om de kosten van het slibtransport (per tankauto, per schip of via een persleiding) binnen aanvaardbare grenzen te houden. Deze faktor is eigenlijk de 'bottleneck' van het systeem.

Menging van steekvast slib met compost.

Steekvast slib, door natuurlijke of kunstmatige ontwatering verkregen, bevat 25—30% droge stof. Als zodanig bevat het een hoger gehalte aan organische stof, stikstof en fosfaat dan nat slib en kan het bovendien in velerlei verhoudingen met compost gemengd worden. Ontwatering is dus vereist. Kunstmatige methodes zijn nog duur, en voor de gemeenten blijft dus de aanleg van droogvelden noodzakelijk met alle genoemde nadelen hieraan verbonden. Bovendien dient de menging nauwkeurig te zijn, hetgeen extra kosten kan vragen. Ook is duidelijk, dat het gehalte aan eventueel schadelijke bestanddelen hoger is dan in nat slib.

Menging van slib met verkleind stadsvuil

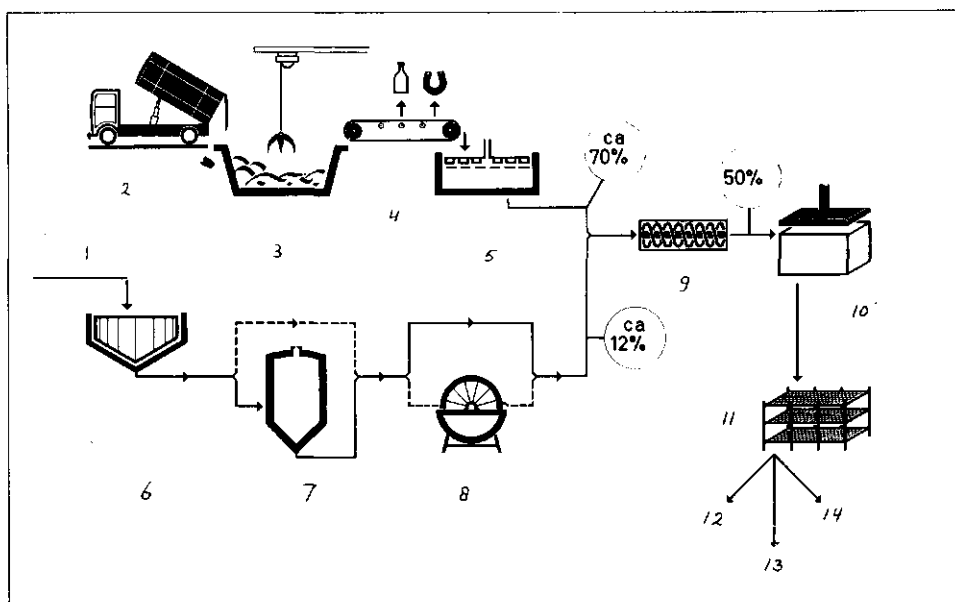
Compostering van een mengsel van slib en verkleind stadsvuil is de meest aantrekkelijke methode. Aan het mengprocédé moet veel aandacht worden besteed, omdat het rulle vuil zich moeilijk met de kleffe slibsubstantie laat mengen. Een groot voordeel is, dat bij de gezamenlijke compostering de temperaturen in de hopen oplopen tot circa 60°, waardoor de meeste pathogene kiemen, wormeieren en onkruidzaden grotendeels vernietigd worden. Over de strooibaarheid en de hygiënische betrouwbaarheid van het eindprodukt zijn in de loop der jaren uitvoerige onderzoeken verricht door de Stichting Compost te Wageningen. Bij een recent onderzoek van deze dienst werden proefhopen compost en verkleind stadsvuil uit Arnhem plus vacuum gedroogd rioolslib uit Eindhoven opgezet (lit. 22).

Uit de resultaten volgt, dat compostering van max. 1 volumedeel slib op 1 volume-deel vers vuil een produkt oplevert, dat goed strooibaar is en een goede hygiënische kwaliteit bezit. In gewichtsverhoudingen betekent dit per ton vers vuil ongeveer 2 ton vacuümgedroogd slib. Hierbij is het criterium van dr. Knoll in Duitsland aangehouden, waarbij *Salmonellae* gedood worden als de temperatuur minstens 7 dagen 50 °C of hoger is (lit. 23).

Buitenlandse ontwikkelingen

Voorals in Duitsland is de compostering van slib met stadsvuil onderzocht. Opvallend is het zgn. Brikollare-procédé in Schweinfurt, ontworpen door dr. Caspari (afb. 9). De 60.000 inwoners van Schweinfurt produceren per hoofd per jaar 200 kg vast vuil en 137 kg slib. Het verkleinde vuil wordt met het ontwaterde slib gemengd. Het mengsel wordt samengeperst en verwerkt tot tegels (30 x 30 x 10 cm). Dit geeft een volumereduktie van 50%. De tegels worden dicht bij elkaar opeengestapeld. De temperatuur loopt hierbij op tot 60 °C en het watergehalte daalt tot gem. 15%. De briketten zijn nu onbeperkt houdbaar en gemakkelijk te verhandelen of op te slaan. Naar behoefte kunnen zij na een eenvoudige bevochtiging, verbrokkeld en vermalen worden, korte tijd nagecomposteerd en aansluitend in goed strooibare vorm en vrij van ziektekiemen aan de agrarische sektor verkocht worden. In de laatste plaats mag aan verbranding gedacht worden.

Ook in andere landen zoals Zwitserland, Engeland en Amerika wordt de gezamenlijke compostering van slib en stadsvuil volgens diverse procédés beproefd. De investeringskosten van deze methoden zijn vaak zeer hoog en overtreffen nog steeds de baten, zoals bij alle composteringmethoden.



Afbeelding 9. Gezamenlijke verwerking van stadsvuil en slib volgens het Brikollare-procédé. 1. Slib, 2. stadsvuil, 3. bunker voor opslag, 4. sortering, 5. verkleining, 6. indikking, 7. gistingsruimte, 8 filtratie, 9. menging, 10. samenpersing, 11. opslag, 12. compostering, 13. verkoop, 14. verbranding. De percentages betreffen het gehalte aan vast materiaal. Ontleend aan Stalman (lit. 25 en 26)

Menging van onvergist slib

Tot heden was sprake van zuiveringsslib, dus vergist slib. Opname van onvergist slib in het composteringsproces ontmoet ook geen bezwaren, omdat de temperaturen voldoende hoog oplopen (tot 60°C) om aan de hygiënische eisen te voldoen. Bovendien is gebleken dat ook zeer thermoresistente bacteriën, die eigenlijk pas bij 100 °C gedood worden, niet meer in het eindprodukt te vinden zijn. Dit wordt toegeschreven aan het bestaan of ontstaan van antibiotische stoffen in het huisvuil of de compost (lit. 23).

Hoe aantrekkelijk compostering van huisvuil met slib ook moge zijn, het is zeer de vraag of deze verwerkingswijze in Nederland een hoge vlucht zal nemen. De transportkosten van het slib van de ruim 300 zuiveringsinstallaties naar de 15 compostbedrijven zullen aanzienlijk zijn, evenals andere kostenfactoren zoals voordroging, mengapparatuur etc. In het belang der volksgezondheid is de compost-industrie zeker bereid zoveel mogelijk slib (zonder toxische stoffen) op te nemen, mits de kosten voldoende gedekt worden. De zuiveringsinstanties blijken voornamelijk niet in staat of niet bereid hiervoor de nodige gelden ter beschikking te stellen. In 1965 werd slechts ongeveer 3% van de Nederlandse slibproductie tot compost verwerkt.

17. DUMPING VAN SLIB

Zolang slib om diverse, hiervoor besproken redenen, een moeilijk te verwijderen en af te zetten substantie blijft, is dumping de meest goedkope manier het kwijt te raken. Men kan hierbij onderscheiden het deponeren op stortplaatsen en de afvoer naar zee.

Storting

De slibdroogvelden op het terrein van de installatie kunnen als tijdelijke stortplaats beschouwd worden. Zijn deze vol, dan kan het slib op terreinen die verder van de installatie liggen, gestort worden. Drainage van deze terreinen is nodig. Voor permanente opslag worden laagliggende terreinen gebruikt door aarden wallen om dijkt of door een betonnen muur afgezet (sliblagoon). Vooral in Duitsland zijn zeer grote lagons in gebruik. Rohde beschrijft een lagoon met een capaciteit van 260.000 m³ (lit. 24). Hier wordt jaarlijks 80.000 m³ nat slib gestort. Door natuurlijke ontwatering (tot 30% droge stof) neemt dit volume af tot 10.700 m³ per jaar, zodat de totale capaciteit voldoende is voor bijna 25 jaar.

Voor de storting van giftig industrieel slib is het noodzakelijk te bedenken dat het nabijgelegen oppervlaktewater en grondwater door uitloging van toxische elementen sterk vervuild kunnen worden. Dit bepaalt de keuze der terreinen. Storting op gemeentelijke vuilnisbelten, zoals hier en daar in Nederland voorkomt, is uiteraard uit den boze. In 1965 werd in ons land van de totale produktie van steekvast en nat slib resp. 45% en bijna 30% op de een of andere wijze gedumpt.

Lozing in zee

Steden aan de kust kunnen hun slib in zee kwijt (lit. 5). In 1909 voerde men reeds het slib van de chemische industrieën van Londen per schip af naar de monding

van de Theems. Ook nu wordt het slib van dichte Engelse bevolkingscentra als Londen, Manchester en Southampton in zee gedumpt. Een groot aantal steden in Amerika (New-York, Philadelphia enz.) evenals enkele steden in Duitsland (Hamburg) raken hun slib op dezelfde wijze kwijt. De keuze van de stortplaats is belangrijk. Door indikking vooraf is het slib zwaarder dan het zoute water, maar dit sluit de opdrijving van los vuil niet uit. Wanneer te dicht bij de kust geloosd wordt bestaat de kans dat door getijstromingen de kust en de badstranden vervuilen. In het buitenland wordt daarom het slib op enkele tientallen km uit de kust op voldoende diepe plaatsen gestort. Hiervoor worden speciaal geconstrueerde tankschepen gebruikt.

Hygiënische bezwaren zijn er niet, mits vergist slib, waarin het grootste deel der pathogene kiemen al vernietigd is, verscheept wordt. Overigens is gebleken, dat de zelfreinigende werking in deze zin van zeewater groter is dan van zoet water. In dit verband is een oudere publikatie vermeldenswaard waarin aangetoond is, dat bij afvoer van onbehandeld rioolwater naar zee infectie van de mens door *Salmonellae* via de consumptie van oesters mogelijk is (lit. 2).

Afvoer van slib naar zee is ook mogelijk door pijpleidingen. Hierop kunnen verschillende installaties aangesloten worden. De afvoer wordt niet bemoeilijkt door slechte weersomstandigheden. Een nadeel is, dat steeds op dezelfde plaats geloosd wordt. De constructie van speciale diffusoren aan het eind der leiding kan een goede verspreiding van het slib bevorderen. In ons land bestaan vergevorderde plannen om het slib van de installatie in Den Haag met een pijpleiding in zee te lozen. Tenslotte kan opgemerkt worden, dat uit het oogpunt der kustvisserij sliblozing in zee een „bemestende” waarde heeft en geenszins bezwaren ontmoet.

18. VERBRANDING

Vernietiging van slib door verbranding (lit. 5) is moreel gezien een verwerpelijke oplossing om zich van dit voor de natuurlijke kringloop geenszins waardeloze materiaal te ontdoen. Pas wanneer geen enkele afzet- of opslagmogelijkheid aanwezig is of wanneer van schadelijk industrieel slib sprake is, mag tot verbranding worden overgegaan.

Drie factoren beheersen het slibverbrandingsprocédé; het watergehalte, het gehalte aan niet-brandbare bestanddelen en de calorische waarde van het slib. Zijn deze factoren bekend, dan is volgens eenvoudige fysische berekeningsgrondslagen de stof- en energiebalans van het verbrandingsproces op te stellen.

Bij de conventionele verbrandingmethoden is vooral de partiële ontwatering noodzakelijk om het gebruik van vreemde brandstoffen (bv. olie) als aanvullende warmteenergiebron minimaal te houden. Bij de verdamping van het resterende water wordt mede gebruik gemaakt van de warmte-energie van de verbrandingsgassen van het slib.

De noodzaak van vóórontwatering brengt hoge kosten met zich mee. Om deze kosten te drukken is het Zimmermann-procédé ontworpen. Volgens dit systeem worden de brandbare slibdelen direkt in natte toestand met voldoende lucht bij hoge temperatuur (200 °C) en druk (120 atm.) in een reaktor gepompt. Bij deze „natte verbranding” vindt direkt complete oxydatie plaats en komt warmte-energie vrij (temp. verhoging tot 280 °C). De eindprodukten (gassen, waterdamp en as) worden gescheiden en hun warmte-inhoud wordt via turbines en warmtewisselaars benut om de bedrijfstemperatuur in stand te houden. Als maatstaf voor de warmte-inhoud van het slib geldt hier de chemische zuurstofbehoefte.

Het is duidelijk, dat de calorische waarde van slib sterk afhangt van de herkomst en de wijze waarop het slib behandeld is. Niet vergist slib is een betere brandstof dan vergist slib, waarbij een vrij groot deel der organische stof exotherm is omgezet in slibgistingsgassen. De hoeveelheid as als waardeloos residuprodukt van de verbranding kan groot zijn en moet verwijderd worden.

19. COMPROMIS TUSSEN COMPOSTERING EN VERBRANDING

Het stijgende welvaartspeil brengt met zich mee, dat in steeds grotere hoeveelheden vaste en vloeibare afvalstoffen van de samenleving zo goedkoop en verantwoord mogelijk verwijderd moeten worden. In Nederland wordt thans per hoofd jaarlijks 200 kg vast vuil en ongeveer 130 kg vloeibaar slib geproduceerd. Voor het jaar 2000 rekent men op het drievoudige van deze kwanta. Maar men wordt ook in toenemende mate geconfronteerd met een verandering in de samenstelling van het vuil. De hoeveelheid ongewenste en schadelijke bestanddelen neemt ook toe (bv. plastic en glas in vast vuil en chemische stoffen in slib). Door de grote hoeveelheid gebruikt verpakkingsmateriaal in het vaste vuil neemt het volume veel sneller toe dan het gewicht. Dit belemmert een snelle vuilverwerking en doet het compostrendement dalen. Bovendien neemt mede door het stijgend aardgas- en olie-verbruik, de calorische waarde toe. Deze is thans ca 1800 kcal per kg vuil en zal verder oplopen tot 2500 à 3000 kcal/kg.

Wanneer men bedenkt, dat 600 kcal nodig zijn om 1 kg water te verdampen, zal uit het bovenstaande duidelijk zijn, dat een gezamenlijke verbranding van stads-vuil en slib zeker voor grote gemeenten (≥ 100.000 inw.) aantrekkelijker wordt. Maar is totale vernietiging van alle afvalstoffen ten volle aanvaardbaar zolang deze nog gedeeltelijk bruikbaar zijn? Naar onze mening is het een gebiedende eis te blijven zoeken naar mogelijkheden de afvalstoffen zoveel mogelijk in de natuurlijke kringloop terug te brengen. Alleen verwerking tot compost komt hiervoor in aanmerking.

Opvallend zijn in dit verband onderzoeken in Duitsland, waarover Sontheimer mededelingen gedaan heeft (congres München 1963). Deze acht het mogelijk om de hete rookgassen van de verbranding van grof stadsvuil te gebruiken voor de droging van ingedikt slib (80% water). Het eindprodukt bevat 5—10% water en kan tot een hoogwaardige meststof vermalen worden. Het minder grove stadsvuil kan tot compost verwerkt worden, eventueel gemengd met het poedervormige slib. Bij dit proces worden de hete rookgassen van de vuilverbranding over een golfvormig kettingrooster zonder einde geblazen. Het natte slib, dat aan het begin van het rooster toegevoerd wordt, valt in poedervorm aan het andere einde hierdoorheen. Het is te hopen, dat deze en andere soortgelijke en naar onze mening in principe ideale verwerkingsmethoden verder uitgewerkt en praktisch beproefd zullen worden.

20. CONCLUSIE

Bij de behandeling van vloeibare afvalstoffen ontstaan naast een gedeeltelijk gezuiverd effluent aanzienlijke hoeveelheden slib. Deze baggerachtige substantie moet verwijderd worden. De afzet naar de verschillende sectoren wordt geremd door de

moeilijke verwerkbaarheid en de mogelijkheid dat het slib voor mens, dier en plant schadelijke bestanddelen bevat. Vooroordelen spelen hierbij zeker een rol.

Een landelijk onderzoek naar de eigenschappen van diverse slibsoorten ten dienste van een verantwoorde afzet is gewenst.

De organisatie van de afzet dient centraal geregeld te worden.

Samenwerking tussen de instanties, die belangen van de waterzuivering, compostering en volksgezondheid dienen, is noodzakelijk.

De vernietiging van slib door verbranding mag pas in uiterste noodzaak toegepast worden.

„Het vuil en is geen heiligheyt,
Maar doet wonderen waar het leit”.

(Cats)

Wageningen, juli 1966

21. LITERATUUROPGAVE

1. Gegevens Meststoffenbesluit. Uitgave Rijkslandbouwproefstation, Maastricht, 1959.
2. Den Dulk, P. R., Afvalwaterzuivering en de belangen van land- en tuinbouw. Medelingen Directeur van de Tuinbouw, 14, p. 71-88, 1951.
3. Scheltinga, H. M. J. en Den Duik, P. R., Produktie en afzet van zuiveringsslib in Nederland. (Rapport Slibenquête 1959). Publieke Werken 28, 1960, p. 107 e.v.
4. Rapport Slibenquête 1965 der Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering (in voorbereiding).
5. Kumpf, W., Maas, K. und Straub, H., Müll und Abfallbeseitigung. Handbuch über die Sammlung, Beseitigung und Verwertung von Abfällen aus Haushaltungen, Gemeinden und Wirtschaft, Band I u. II. Schmidt Verlag, Berlin, 1964-1966.
6. Scheltinga, H. M. J. De situatie ten aanzien van de produktie van afvalwater-slib in Nederland. Publieke Werken, 27, p. 79-85, 1959.
7. Braun, R. Problems of Sludge Disposal, 3rd Int. Congress on Treatment and Disposal of Refuse and Sewage Sludge, Trento (Italy), 1965, p. 219-237.
8. Triebel, W. Erfahrungen des Niersverbandes mit der Schlammabeseitigung. 'Wasser', 46e jg., 1962, p. 324-330.
9. Imhoff, K., en Imhoff, K. R., Die natürlichen Verfahren der Schlammabwasserung sind immer noch wirtschaftlich. Das Gas und Wasserfach, 105, 1964.
10. Kortleven, J. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Dissertatie Wageningen 1963.

11. Rapport inzake de behoefte aan stadsvuilcompost in Nederland. Stichting „Compost”, Wageningen, 1961.
12. Strauch, D., Veterinärhygienische Probleme bei der Verwertung von Abfällen in Landbau (zie Kumpf, Maas und Straub (lit. 5)).
13. Rapport inzake het Salmonellose vraagstuk. Verslagen en Meded. betreffende de Volksgezondheid Nr. 3, maart 1964, p. 495-497.
14. Scheltinga, H. M. J. Afvalwaterslib in Nederland. Publieke Werken, 27, p. 148, 1959.
15. Scheltinga, H. M. J. Zink en lood in grond, plant en dier. Landbouwkundig Tijdschrift 67, 3 (1955), p. 153.
16. Den Dulk, P. R. Synthetic detergents in sewage sludge. Neth. Journ. Agricultural Science, Vol. 8, No. 2 (1960), p. 139-149.
17. Rohde, G. Spurenelementanreicherung verursacht Rieselmüdigkeit. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 11, Jg., 1961, Heft 11, s. 542-550.
18. Graff, O. Beeinflussung des Bodens in biologischer Hinsicht. Zie Kumpf, Maas, Straub, Kennzahl 6810, Aug. 1965 (lit. 5).
19. Verslag van de proefnemingen over het jaar 1964, p. 28-30. Stichting „Compost”, Wageningen.
20. Den Dulk, P. R. Organische meststoffen in de Tuinbouw, Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen no. 69. 16, 1963, p. 69-71. Uitgave Pudoc, Wageningen.
21. Popkema, B. Welvarend... niet schoon. A.O.-Reeks. Aktuelle Onderwerpen nr. 1090 (uitg. 1966).
22. Rapport over mengproeven met verkleind stadsvuil en rioolslib in 1965 te Arnhem, Stichting „Compost”, Wageningen, 1966 (intern rapport).
23. Knoll, K. H., Die Kompostierung im Blickpunkt der Hygiene, I. Int. Kongress für Beseitigung und Verwertung von Siedlungsabfällen, Scheveningen, Niederlande, 1959.
24. Rohde, H. Ablagerung von Abwasserschamm. 2. Int. Kongres über Beseitigung und Verwertung von fester Siedlungs- und Industrieabfälle, Essen, 1962.
25. Stalman, V., Schlammbehandlung und -verwertung. Voordracht Congres Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering, Utrecht, oktober 1965 (publicatie in bewerking).
26. Stalman, V., Ausgewählte Probleme der Schlammbehandlung. Voordracht Postakademiale Cursus Slibverwerking, Den Haag, december 1965 (interne publicatie).