

SUMMARY

Sludge Disposal (2nd Post graduate course in sewage treatment)
General Introduction.

In this contribution a description is given of the amount of digested sludge produced in liquid and solid form in the Netherlands sewage treatment plants and of the methods of sludge treatment.

The conclusion reached is that the disposition of sludge over agricultural and horticultural ground, parks and public gardens only partially solves the urgent problem of sludge.

In the Netherlands as elsewhere, methods are being sought for the disposal of sludge artificially and in a manner that is technically and economically efficient. Since the quantities of sludge will multiply in the future and the sludge drying beds are become less easily available as a result of urbanisation, such methods must be found.

A study should also be made of the transport of raw or digested sludge to the North Sea by means of pressure pipe lines or ships.

Slibverwerking* (algemene inleiding)

Het afvalwater dat per dag van één mens afkomstig is, bevat (volgens Imhoff [1]) 190 gram organische en anorganische stoffen; de hoeveelheid organisch materiaal is ruim de helft. Wanneer het dagelijkse waterverbruik 100 liter per hoofd is, bevindt zich derhalve in elke liter afvalwater rond 2 gram materiaal en hoewel dat bijzonder weinig lijkt, spreekt men toch van geconcentreerd rioolwater.

Via het afvalwater komt per jaar per hoofd circa 70 kg organisch en anorganisch materiaal in de riolen. Ongeveer de dubbele hoeveelheid droge stof bevindt zich in de jaarlijkse hoeveelheid huisvuil die per hoofd in vuilnisemmers en vuilniswagens terecht komt.

De bezinkbare stoffen, die zich in het afvalwater bevinden, slib of slijk, ook wel primair slib genoemd ter onderscheiding van het biologisch spuislib, kunnen op vrij eenvoudige wijze door bezinking uit het afvalwater worden verwijderd. Rond 1/3 deel (wederom volgens Imhoff) van de organische en anorganische stoffen afkomstig van één inwoner kunnen door bezinking van het afvalwater worden gescheiden, hetgeen overeenkomt met ruim 1 liter slib als het gehalte aan droge stof 5 % is. Dit houdt in dat het volume van het bezonken slib rond 1 % is van de dagelijkse hoeveelheid afvalwater per hoofd.

Bij oxydatief-biologische zuivering

neemt de bacteriemassa toe; er wordt derhalve slib geproduceerd.

Omdat de hoeveelheid biologisch-actief materiaal bij oxydatief-biologische zuivering constant dient te zijn, zal overbodig slib moeten worden verwijderd. De hoeveelheid spuislib (actief-slibinstallaties) of de humus (oxydatiebedden) en de hoedanigheid daarvan zijn in hoge mate afhankelijk van de toegepaste zuiveringsmethode. In hoogbelaste actief-slibinstallaties en oxydatiebedden wordt relatief meer slib gevormd dan in overeenkomstige laagbelaste installaties waarin meer materiaal wordt geoxydeerd en waaruit als gevolg daarvan minder slib behoeft te worden verwijderd.

Het is gebruikelijk het overbodige, afgescheiden slib bij het aangevoerde afvalwater te voegen, waarin zich het primaire slib bevindt en het daarmee in een voorzuiveringsinstallatie tot bezinking te brengen, omdat aan deze werkwijze een aantal voordelen is verbonden. Afhankelijk van de toegepaste oxydatief-biologische zuiveringsmethode neemt het volume van de hoeveelheid te behandelen vers slib betrokken op het primaire slib met 50 tot 100 % toe en de hoeveelheid droge stof die zich daarin bevindt van 25 tot 75 %.

Een liter primair slib of een door een oxydatief-biologisch zuiveringsproces tot 2 liter toegenomen hoeveelheid vers slib per hoofd per dag verwerken, is niet zo moeilijk als het gaat om de liquidatie van het verse slib van 1000 inwoners. Anders is het daarentegen bij grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen waar dagelijks honderden kubieke

meters slib worden afgescheiden. Bij de huidige belasting van de rioolwaterzuiveringsinrichting-West van Amsterdam bijvoorbeeld is de hoeveelheid vers slib (primair en spuislib) 150.000 m³ per jaar of ruim 400 m³ per dag; de hoeveelheid uitgegist slib is ongeveer de helft daarvan.

In 1959 werd onder auspiciën van de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering een enquête gehouden met het doel een indruk te krijgen van de produktie aan slib, de verwerkingswijze en de daaraan verbonden kosten of baten. Het bleek dat de jaarlijkse produktie aan gedroogd slib 40.000 m³ was en dat bovendien in vloeibare vorm 121.000 m³ vrij kwam [2].

Wanneer men veronderstelt [3] dat het natte slib een gehalte aan droge stof van gemiddeld 4 % had en dat het gedroogde produkt een gemiddeld droge stofgehalte van 16 % had, kan men deze hoeveelheden herleiden tot 280.000 m³ vloeibaar slib of 70.000 m³ gedroogd slib. In 1965 werd wederom een enquête gehouden [3]. De hoeveelheid gedroogd uitgegist slib bleek na 6 jaar bijna tot het drievoudige te zijn toegenomen, namelijk tot 116.000 m³, terwijl de hoeveelheid uitgegist vloeibaar slib ruimschoots met 50 % was toegenomen tot 195.000 m³. Herleid tot vloeibaar slib (droge stofgehalte gemiddeld 4 %) komt dit overeen met resp. 660.000 m³ vloeibaar slib of 165.000 m³ gedroogd slib, d.w.z. ruim 2,3 maal zoveel als 6 jaar eerder.

Deze toename is verklaarbaar, daar het aantal op rioolwaterzuiveringsin-

*) 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.

richtingen aangesloten inwonerequivalenten gedurende die tijd eveneens ruimschoots is verdubbeld, namelijk van 2,2 tot 4,9 miljoen.

Op grond van het voorgaande zou volgens de enquête van 1965 de productie aan uitgegist vloeibaar slib gemiddeld rond 130 liter per inwoner-equivalent per jaar zijn. De gemiddelde hoeveelheid vloeibaar slib van 130 liter per inwoner-equivalent per jaar is betrekkelijk laag. Dit moet worden toegeschreven aan de omstandigheid dat op een toch nog vrij groot aantal rioolwaterzuiveringsinrichtingen het afvalwater niet oxydatief-biologisch wordt gezuiverd en dat op rioolwaterzuiveringsinrichtingen waar dat wel het geval is, gewoonlijk oxydatiebedden werden toegepast, die minder te liquideren slib leveren dan rioolwaterzuiveringsinrichtingen met actief-slibinstallaties. Bovendien waren in de enquête een aantal oxydatiesloten begrepen. Bij toepassing van actief-slibinstallaties zal de hoeveelheid uitgegist slib per inwoner-equivalent groter zijn dan 130 liter per inwoner-equivalent. De slibproductie van de Amsterdamse rioolwaterzuiveringsinrichtingen-West en -Zuid bijvoorbeeld is bijna tweemaal zo groot, namelijk 250 liter uitgegist slib per inwoner per jaar met een droge stofgehalte van circa 4 %.

Volgens de enquête van 1965 wordt ruim de helft van de jaarlijkse productie aan steekvast slib en ruim 2/3 deel van het vloeibare slib gebruikt voor bemestingsdoeleinden e.d. Het verwekt wellicht enige verbazing dat ruim 2/3 deel van het vloeibare slib, d.w.z. bijna 140.000 m³, in deze vorm verwerkt over land- en tuinbouwgronden, plantsoenen en sportvelden, afgenomen werd door de handel of werd gebruikt bij compostering, doch hierbij dient te worden opgemerkt dat 75.000 m³ vloeibaar slib van de rioolwaterzuiveringsinrichting van Tilburg via een tussenhandelaar werd geleverd aan een klooster!

Verwerking van vloeibaar slib over land- en tuinbouwgronden, parken en plantsoenen, kan een gedeeltelijke oplossing van dit nijpende probleem zijn. Voor de verwerking van de groeiende hoeveelheden slib van in aantal toenemende rioolwaterzuiveringsinrichtingen is deze werkwijze, uitgezonderd voor gewoonlijk kleinere installaties of installaties die ten aanzien van de mogelijkheden van afzet van vloeibaar slib gunstig zijn gelegen, in het

algemeen geen mogelijkheid die het slibprobleem in belangrijke mate lijkt op te lossen, mede omdat de transportkosten bij toenemende vervoersafstanden zeer snel stijgen.

Van onder meer de rioolwaterzuiveringsinrichtingen te Maple Lodge [4] en door het Niersverband [5] wordt een belangrijk deel van het uitgegiste slib door tankwagens aan boeren afgeleverd, doch niet alleen in het Niersverband, maar ook in Zwitserland is gebleken dat een afstand van 10 à 12 km de grens is waarbij vloeibaar slib op een nog enigszins economisch verantwoorde wijze door tankwagens e.d. kan worden getransporteerd [6].

De waarde van slib als meststof is voornamelijk de structuurverbeterende werking.

Het gehalte aan stikstof en fosfor doet niet onder voor dat van stalmest; het kaliumgehalte is echter altijd te laag. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in het slib, die afkomstig kunnen zijn uit industrieel afvalwater, of een te hoog gehalte aan detergenten, kunnen echter bezwaarlijk zijn.

Over de hygiënische bezwaren wordt verschillend geoordeeld. Sommigen laten zich in hoofdzaak leiden door theoretische beschouwingen, anderen nemen een meer praktisch standpunt in.

Door de Gemeentelijke Geneeskundige en Gezondheidsdienst van Amsterdam wordt een onderzoek verricht naar de aanwezigheid van salmonellae in uitgegist slib, dat zich enige tijd op de slibdroogvelden van de rioolwaterzuiveringsinrichting-West van Amsterdam bevindt.

Het ziet er naar uit dat, wanneer het uitgegiste slib zes maanden op een droogveld heeft gelegen, virulente salmonellae niet meer aanwezig zijn.

Om pathogene bacteriën, virussen en wormeieren te doden, is het nodig het slib te verwarmen tot circa 70 ° C gedurende 5 à 15 minuten [7] [8].

In het Niersverband ging men er inmiddels toe over het uitgegiste slib eerst te pasteuriseren voordat het voor verdere toepassing wordt gebruikt.

De verwerking van slib dat uit het afvalwater wordt verwijderd en van het overbodige slib dat bij oxydatief-biologische zuiveringsprocessen ontstaat is technisch-economisch gezien een van de grootste problemen die zich bij de zuivering van afvalwater voordoen.

Dit probleem is overigens niet nieuw en het bestaat sinds men met de zuivering van afvalwater begon. Men

trachtte door toepassing van een gistingsproces het slibvolume en de hoeveelheid droge stof te verminderen door de hoeveelheid organisch materiaal te reduceren.

Door het slibgistingproces wordt tevens een tweede opgave vervuld, namelijk de stabilisatie van het materiaal. Hierdoor worden de eigenschappen van het slib verbeterd, niet in het minst in hygiënisch opzicht. Onder stabilisatie van slib kan worden verstaan een zo vergaande anaërobe gisting, dat als resultaat slib wordt verkregen dat niet meer in zure gisting overgaat. Stabilisatie kan eveneens worden bereikt door aërobe mineralisatie in bijvoorbeeld oxydatiesloten en zgn. „total oxidation plants” met een lage slibbelasting, die in de orde van grootte van 0,05 moet zijn. Van de methode om slib te behandelen neemt het slibgistingproces, gevolgd door het drogen van slib op droogvelden, nog steeds veruit de belangrijkste plaats in. Het slibgistingproces is zo oud als de techniek van de zuivering van afvalwater.

Door de Fransman Louis Mouras te Vesoul werd omstreeks 1860 een tank geconstrueerd, die door abbé Moigno de „Fosse Mouras” werd gedoopt en dank zij zijn inspanning ook in Parijs werd toegepast, niettegenstaande het feit, dat toen reeds Franse hygiënisten waarschuwingen hadden laten horen. In ons land werd de tank van Mouras bekend onder de naam septictank.

In een septictank bezinken onder meer de faecaliën, die uiteen vallen en tot rotting overgaan, zodat, nadat de tank is ingewerkt, er methaangisting ontstaat. Het afvalwater wordt in een septictank niet gezuiverd. Niettemin geniet de „rotput” bij de leek nog ten onrechte een hardnekkig voortlevende, gunstige reputatie.

De septictank heeft in de geschiedenis van de zuivering van afvalwater toch een belangrijke rol gespeeld, omdat onder meer bleek dat slib dat uit het rioolwater wordt afgescheiden, anaëroob kan worden behandeld.

Bezwaren aan de septictank verbonden leidden er toe andere wegen bij de behandeling van afvalwater in te slaan, doch het duurde nog enkele tientallen jaren voordat in 1899 de Amerikaan Clark voorstelde de ruimte, bestemd voor de bezinking van afvalwater, te scheiden van de ruimte waarin het gistingsproces zich afspeelt [9].

Dit principe werd voor het eerst in

de praktijk gebracht door W. O. Travis, die te Hampton in Engeland in 1903 een tank bouwde, de Travis- of ook wel de hydrolytic tank genoemd.

Hiervan uitgaande, ontwierp Imhoff in 1906 een tank die bekend werd onder de naam imhofftank of emschertank, welke in het Emschergebied in 1907 werd gebouwd volgens het principe „dass in den Faulräumen jeder Wasserbewegung und der Eintritt von Gasen oder Wasser aus den Faulräumen, in die Absetzräume möglichst verhindert wird”. [9].

De imhofftank werd op grote schaal in Duitsland en de Verenigde Staten van Amerika toegepast. Ook in ons land werden al jaren geleden imhofftanks gebouwd. In het verleden heeft men getracht enkele bezwaren van de imhofftank te elimineren door gewijzigde constructies toe te passen, waardoor men echter weer andere moeilijkheden introduceerde. Tot deze varianten behoren de Francke-, Omsen Erfurtertanks, die zich niet hebben kunnen handhaven in tegenstelling tot de moderne imhofftank en de clarigester, die voor kleinere rioolwaterzuiveringsinrichtingen kunnen worden toegepast.

Van de problemen die men jaren geleden reeds onderkende, zijn vele opgelost, doch voor een aantal is nog steeds geen adequate oplossing gevonden. Sommige oude problemen zijn op andere wijze weer naar voren gekomen. Toen wijlen dr. H. van der Zee in 1928 in dienst trad van de Dienst der Publieke Werken van Amsterdam trof hij daar aan, zoals hij schreef, „een moderne inrichting; bezinking met slibgisting, oxydatiebedden en humustanks”.

Deze rioolwaterzuiveringsinrichting werd in 1927 in bedrijf gesteld en had een capaciteit van 25.000 inwoner-equivalenten. „De bezinkruimten waren voor die tijd heel modern, geen ouderwetse imhofftanks, maar de verbeterde in de vorm van een Franckeput en een Omsput”.

In zijn verslag vermeldt hij dat hij werd geconfronteerd met een Francketank, waarin een drijfslaag was ontstaan met een dikte van 3 m en met het feit dat deze drijfslaag in boterzure gisting was overgegaan. De enige oplossing was de laag weg te spitten, af te voeren en zo vlug mogelijk onder de aarde te verwerken.

Hij rapporteerde: „Dit gebeurde met mankracht, draglines waren nog on-

bekend. De stank was zo enorm, dat zelfs doorgewinterde rioolwerkers, die dag in dag uit de huislozingen in de straten moesten ontstoppen en die dus wel aan viezigheid en stank gewoon waren, het slechts een kwartier lang achter elkaar konden volhouden en met melk en koffie moesten worden bijgebracht. Het was een grote opluchting, letterlijk en figuurlijk, toen al dit slib onder de aarde was verdwenen”.

Bij de na-oorlogse uitbreiding van de rioolwaterzuiveringsinrichting-West te Amsterdam werden deze tanks gesloopt: sic transit gloria mundi.

Principieel veranderde er feitelijk vrijwel niets totdat men tegen het einde van de twintiger jaren voor middelgrote en grote installaties er toe overging de bezinking van afvalwater en de slibgisting in speciaal daarvoor bestemde tanks geheel gescheiden van elkaar te doen verlopen.

Niettemin had men reeds enkele tientallen jaren eerder hier en daar gistingsruimten gemaakt, door aarden dammen omgeven, waarin het in bezinkingsinstallaties afgescheiden slib werd vergist.

In het algemeen maakte men zich niet veel zorgen over de inhoud van deze gistingsruimten. Nadat zij met slib waren gevuld, werden zij na enige tijd leeggemaakt en opnieuw gebruikt.

Hoewel aanvankelijk nog de slibgisting in één trap geschiedde, ontstond later de slibgisting in twee trappen, waarbij de tanks van de tweede trap in hoofdzaak dienen om het in de tanks van de eerste trap vergiste slib te scheiden van het slibwater.

Volumevermindering van het slib kan ook worden verkregen door toepassen van slibindickers voordat het gistingsproces begint.

Het gistingsproces werd verkort en geïntensiveerd door het onder optimale omstandigheden te doen plaatsvinden, zoals door verwarming van het slib, enting van vers slib met gistend slib en intensieve menging, doch het probleem van de verdere behandeling van vergist slib bleef [10].

Het drogen van slib op droogvelden wordt in ons land algemeen toegepast [2] [3].

Het drogingsproces op velden of in sliblagunen wordt in hoge mate beïnvloed door klimatologische omstandigheden. In Nederland verloopt dit drogingsproces gewoonlijk langzaam, omdat de gemiddelde jaarlijkse neer-

slag en de gemiddelde jaarlijkse verdamping niet veel verschillen.

In ons dichtbevolkte land zijn mede daardoor voor middelgrote en grote installaties aanzienlijke oppervlakken voor droogvelden nodig. Met het gedroogde of ten dele gedroogde produkt kan soms niet veel anders worden gedaan dan afvoer naar baggerbergplaatsen e.d.

Het is geen wonder dat allereerst wordt gezocht naar methoden om slib op een technisch verantwoorde en economische wijze kunstmatig te verwerken, omdat bovendien de hoeveelheden slib, zoals ook met afvalstoffen van andere aard het geval is, zich in de toekomst zullen verveelvoudigen. Niettemin zijn de natuurlijke methoden van het drogen van slib gewoonlijk nog steeds het meest economisch en bovendien eenvoudig en bedrijfszeker [11]).

Het doel van de kunstmatige slibverwerking is primair op een klein oppervlak het gehalte aan droge stof van het slib te verhogen, hetgeen op natuurlijke wijze op droogvelden plaatsvindt, die ten gevolge van de verstedelijking van ons land steeds minder gemakkelijk beschikbaar zullen zijn. Men ziet hier een analogie met de natuurlijke zelfreiniging in grote wateroppervlakken en de kunstmatige oxydatief-biologische zuivering van afvalwater in rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

Tot hoever het volume van het slib dient te worden verminderd, wordt bepaald door de toepassings- of verwerkingsmogelijkheden van het behandelde slib.

Kunstmatige slibverwerking is overigens niet iets van de laatste decennia. Reeds in 1880 werd in Engeland een filterpers toegepast, waarbij onder hoge druk water van het slib werd afgescheiden [9].

Zestig jaar geleden, namelijk in 1907, verscheen het boek van Dunbar „Leitfaden für die Abwasserfrage”, waarin enige methoden om slib te verwerken worden behandeld, die vandaag nog steeds de vakwereld bezighouden.

Het is verbluffend dat Dunbar reeds toen compostering na menging met huisvuil, ontwatering door middel van filterpersen en centrifuges, behandeling van slib met elektrische stroom, waterafscheiding door middel van bevriezing en verbranding van gedroogd slib, al of niet gemengd met huisvuil, beschreef [12].

In de Verenigde Staten van Amerika ging men er reeds lang voor de tweede

wereldoorlog toe over slib kunstmatig te verwerken, voornamelijk met behulp van vacuümfilters, terwijl ook thermisch drogen en verbranding van slib werd toegepast. Thans zijn honderden van dergelijke installaties in de Verenigde Staten in bedrijf.

In Europa is men nog lang niet zo ver, ook in West-Duitsland niet. Op de honderden rioolwaterzuiveringsinstallaties van de Bondsrepubliek wordt op een tiental installaties het slib voor vacuümfilters behandeld; op enkele installaties wordt het slib verbrand of in een droogtrommel gedroogd [13].

Voor de afscheiding van water is energie nodig. De benodigde energie hangt af van de bindingskrachten tussen water en slib, welke worden bepaald door de toestand waarin het water in het slib voorkomt.

De bindingskrachten tussen het water en het slib nemen toe naarmate het watergehalte van het slib afneemt.

In uitgegist slib met een watergehalte van 95 % is ongeveer 70 % van het water vrij water, dat gemakkelijk afscheidbaar is.

Het capillaire water is ongeveer 22 % van de totale hoeveelheid en het geadsorbeerde en cellulair gebonden water ongeveer 8 % [14]. Het laatstgenoemde water is energetisch het sterkst gebonden.

Vanzelfsprekend dient voor de afscheiding van water die methode te worden toegepast die energetisch het meest voordelig is.

Bij de indikking van slib moet per m³ af te scheiden water arbeid worden verricht die volgens Möller in orde van grootte overeenkomt met 10⁻³ tot 10⁻² kWh. Filtratie of centrifugeren vraagt een arbeid die overeenkomt met 10⁰ tot 10¹ kWh per m³ af te scheiden water, terwijl de thermische energie die nodig is per m³ te verdampen water equivalent is aan circa 10³ kWh [14].

In het algemeen is energetisch gezien de gunstigste volgorde derhalve indikken, vervolgens filtreren, centrifugeren of zeven en tenslotte thermisch drogen.

In ons land wordt nog slechts te Eindhoven slib kunstmatig verwerkt.

In dit verband zij opgemerkt dat in 1943 op de rioolwaterzuiveringsinrichting-West van Amsterdam reeds proeven werden genomen met een vacuümfilter, destijds het eerste in Europa, waarbij ferrizouten als coagulatiemiddel voor het slib werden gebruikt. Op de rioolwaterzuiveringsinrichting

te Eindhoven wordt het verse primaire slib, nadat het is ingedikt tot een droge stofgehalte van 8 % en met behulp van kalkmelk en ferrosulfaat is uitgevlokt, gedroogd door middel van Komline-Sandersonfilter (vacuümfilter). Gebleken is dat salmonellae, die in het verse slib aanwezig zijn ten gevolge van de vrij hoge pH-waarden tijdens de filtratie in de filterkoek niet meer zijn aan te tonen [15].

In Oss wordt bestudeerd om slib dat niet kan worden vergist in verband met de aanwezigheid van onder meer chloroform, afkomstig van een farmaceutische industrie, in het afvalwater, op kunstmatige wijze te drogen.

Ook elders bestuderen Nederlandse deskundigen het vraagstuk van de kunstmatige slibverwerking.

Daarnaast zal ook aandacht moeten worden besteed aan de mogelijkheid

van afvoer van slib naar zee. Het verse slib van Den Haag en een aantal buurgemeenten zal door een persleiding op een afstand van 10 km uit de kust in de Noordzee worden geloosd. In de Verenigde Staten van Amerika wordt dit hier en daar reeds gedaan. Vele Nederlanders wonen en werken in een vrij smalle strook langs de Noordzee, hetgeen inhoudt dat de afstanden waarover grote hoeveelheden slib naar zee moeten worden getransporteerd, betrekkelijk gering zijn.

In het buitenland wordt slib ook door middel van schepen naar zee afgevoerd. Deze mogelijkheid dient eveneens te worden bestudeerd.

De kunstmatige slibverwerking is, gezien de vele technische en economische problemen die daarmee verband houden, gekozen als onderwerp voor de 2e Vakantie cursus in behandeling van afvalwater.

Literatuur

1. Imhoff, K., *Taschenbuch der Stadtentwässerung*, München-Wien, 1966.
2. Scheltinga, H. M. J. en Dulk, P. R. den, *Productie en afzet van zuiveringsslib in Nederland*, Publieke Werken 28 (1960) (8), blz. 107-110.
3. Verhaagen, J., *Productie en afzet van afvalwaterzuiveringsslib in Nederland*, Water 51 (1965) (5), blz. 101-104.
4. Kershaw, M. A. en Wood, R., *Sludge Treatment and Disposal at Maple Lodge* — Conference Paper no. 4. The Institute of Sewage Purification, Harrogate, 1965.
5. Triebel, W., *Erfahrungen des Niersverbandes mit der Schlammabeseitigung*, Water (1962), blz. 324-330.
6. Braun, R., *Problems of sludge disposal*, in: *Advances in Water Pollution Research*, Proceedings of the Second International Conference held in Tokyo, August 1964, Pergamon Press Inc., 1965, Volume 2, blz. 217-243.
7. Roediger, H., *Pasteurisierung von Faulschlamm*, Städtehygiene (1958).
8. Liebmann, H., *Die Lebensfähigkeit der Wurmeier unter den verschiedenen Bedingungen der Schlamm- und Müllbehandlung* (mit besonderer Berücksichtigung der Bekämpfung der Cysticercose des Rindes) in: H. Liebmann, *Die Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen*, Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, München-Wien, 1966, blz. 45-53.
9. Brix, J., Imhoff, K. en Weldert, R., *Die Stadtentwässerung in Deutschland*, Jena, 1934, Zweiter Band.
10. *Manual of Practice No 16, Anaerobic Sludge Digestion*, Water Pollution Control Federation, Washington, 1967.
11. Imhoff, K. en Imhoff, K. R., *Die natürlichen Verfahren der Schlammabwässerung sind immer noch wirtschaftlich*, Gas- und Wasserfach 105 (1964) (26), blz. 710-715.
12. Dunbar, *Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage*, München-Berlin, 1907.
13. Kiess, F., *Entwicklung und Stand der Schlammbehandlung in der Bundesrepublik Deutschland*, Kommunalwirtschaft (1963) (9), blz. 370-382.
14. Möller, V., *Theoretische Grundlagen der Entwässerung von Klärschlamm*, in: *Klärschlamm und Müll*, Haus der Technik, Vortragsveröffentlichungen, Heft 46, Essen, 1965, blz. 9-43.
15. Peters, H., *Filtratie van vers slib van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Eindhoven*, Water 50 (1966) (4), blz. 55-57.