

## Kosten van slibverwerking

De verwerking van zuiverings-slib is vanaf het begin van de praktijk van de afvalwaterzuivering het zorgenkind geweest van degenen die zich met de reiniging van afvalwater bezig hielden. De problematiek van de slibverwerking op een rioolwaterzuiveringsinstallatie schuilt voor een belangrijk deel in het hoge watergehalte (95-99 %) van het slib of anders gezegd ligt in het verkrijgen van voldoende volume reductie. Tot op heden is in ons land hiertoe de meest verbreide methode bij grote zuiveringsinrichtingen de anaërobe vergisting en bij de kleinere de aërobe stabilisatie gevolgd door ontwatering in de openlucht op al of niet gedraineerde met zand gevulde droogbedden.

In het bijzonder de natuurlijke ontwatering

ring ontmoet gaandeweg meer en meer bezwaren. Te dien aanzien zijn te noemen:

- een droogtijd die sterk door de weersomstandigheden wordt beïnvloed;
- een terreinoppervlak dat met het oog op een ongewisse droogduur ruim wordt bemeten en daardoor bij zuiveringsinrichtingen van enige betekenis zeer omvangrijk wordt (oxydatiesloten 1 m<sup>2</sup>/3 inw., actief-slibinrichtingen 1 m<sup>2</sup>/5 inw., oxydatiebedden 1 m<sup>2</sup>/10 inw.);
- een gebruik en onderhoud dat nogal arbeidsintensief is.

Daar de natuurlijke slibdroging qua

werkwijze weinig gecompliceerd is, heeft het niet aan pogingen ontbroken aan een of meer van de genoemde bezwaren tegemoet te komen. Hoe de aanpassing van het natuurlijke ontwateringsproces ook wordt gekozen, de omvang van het benodigde terreinoppervlak vermindert er niet door. De moeilijkheid om geschikt terrein van voldoende grootte te vinden en te reserveren, in het bijzonder in dicht bebouwde delen van ons land is zodanig dat alleen al daarom naar andere slibbehandelingsmethoden wordt omgezien. Het alternatief van de natuurlijke slibdroging is de slibontwatering langs mechanische weg. Recent is in een aantal artikelen aandacht besteed aan deze wijze van ontwatering, voor wat betreft de technische keuzemogelijkheden en de procesvoering. Ook met betrekking tot de constructie van slibdroogvelden voor mechanische ruiming is kortelings een publikatie verschenen. Hoewel in alle artikelen wel iets wordt medegedeeld ten aanzien van de factor „kosten” is een vergelijking van de onderscheidene systemen ten aanzien van dit aspect niet goed mogelijk. Om tot een zo objectief mogelijk kostenoordeel te komen is het nodig niet alleen de kosten van de betreffende ontwateringsapparatuur in beschouwing te nemen doch hierbij ook te betrekken al die kosten uit het afvalwaterzuiveringsproces die redelijkerwijze aan het produkt slib zijn toe te rekenen. Ook het restwatergehalte van het gedroogde produkt dient in verband met te maken transportkosten in het oordeel te worden betrokken. In principe kan men de diverse ontwateringsmethoden voor wat betreft het te bereiken droge stofgehalte in de slibkoek in 3 klassen onder brengen.

Te onderscheiden zijn de klassen:

- a. met een slibrest van 12 - 25 % d.s.;
- b. met een slibrest van 30 - 45 % d.s.;
- c. met een slibrest van 90 - 100 % d.s.

Tot de eerste categorie zijn te rekenen de technieken die gebruik maken van schroefdecaanteercentrifuges, zeefbandpersen, vacuümtrommelfilters en trilzeven alsmede de natuurlijke ontwatering op droogbedden. Tot de tweede categorie behoren de persfiltersystemen en tot de laatste categorie de technieken waarbij de wateronttrekking geschiedt door verdamping. Bij dit laatste is nog het onderscheid te maken tussen de zuivere verdampingsprocessen en de processen waarbij tevens verbranding plaatsvindt. In het nu volgende is een poging gedaan voor een aantal systemen van slibbehandeling de jaarlijkse kosten per inwonerekwivalent als functie van de ontwerp-grootte van de zuiveringsinrichting te

### METHODEN VAN SLIBVERWERKING

#### Literatuur

1. Karper, R., Koster, E. L. C., Verhaagen, J. *Verslag bezoek aan de kunstmatige slibverwerkingsinstallatie te Stuttgart en omgeving*. H<sub>2</sub>O 2 (1969) 210.
2. Karper, R., Lee, A. B. van der, Teeuwen, T., Verhaagen, J. *Kunstmatige slibverwerkingsinstallaties in Zwitserland*. H<sub>2</sub>O 4 (1970) 2.
3. Karper, R., Scheltinga, H. M. J., Verhaagen, J. *Kunstmatige slibverwerkingsinstallaties in Engeland*. H<sub>2</sub>O 4 (1971) 388.
4. Publieke Werken (aug. 1960) 107.
5. Verhaagen, J. *Productie en afzet van afvalwaterzuiverings-slib in Nederland*. Uitkomsten enquête 1965 Water 51 5 101 (1967).
6. Verhaagen, J. *Productie en afzet van afvalwaterzuiverings-slib in Nederland*. Uitkomsten enquête 1971 H<sub>2</sub>O 5 2 25 (1971).
7. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van. *Slibontwatering door centrifugeren*. H<sub>2</sub>O 3 (1970) 22.
8. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van. *Slibontwatering door centrifugeren bij verlaagd toerental*. H<sub>2</sub>O 3 (1970) 612.
9. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van. *Slibontwatering met een zeefbandpers*. H<sub>2</sub>O 3 (1970) 492.
10. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van. *Slibontwatering met een vacuümbandfilter*. H<sub>2</sub>O 5 (1972) 31.
11. Karper, R., Verhaagen, J. *Slibdrooginstallatie volgens het Seilers-Koppersysteem in Zwitserland*. H<sub>2</sub>O 1 (1968) 370.
12. Heyn, J. P., Brouwer, W. A. H. *Constructie van slibdroogvelden ten behoeve van mechanische ruiming*. H<sub>2</sub>O 5 (1972) 86.
13. Zellen, van, Wouda, D., *De Zimproinstallatie in Apeldoorn*. H<sub>2</sub>O 5 (1972) 131.
14. Kolenbrander, G. J., *de la Lande Cremes, L.C.N., Stalmest en Gier*. Veenman & Zonen, Wageningen, 1967.
15. Haan, S. de. *Landbouwkundige en milieuhygiënische consequenties van het gebruik van zuiverings-slib als meststof, grondverbeteringsmiddel of stormmateriaal*. H<sub>2</sub>O 5 (1972) 325.
16. Haan, S. de. *Ergebnisse aus Versuchen mit Stadtmüllkompost*. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 27/1, 1972.
17. Geering, J., *Richtlinien für die Verwendung von Abwasserklärschlamm im schweizerischen Futter- und Ackerbau*. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft Nr. 1, Jahrgang 16, 1968.
18. Vater, W. *Möglichkeiten der Verbrennung von Klärschlamm*. Mitteilungen der V.C.B., februari 1972.
19. Palm, R. *Gedanken zur kombinierten Schlamm- und Müllverbrennung in Rostfeuerungen*. Brennstoff-Wärme-Kraft, mei 1966.
20. Noach, W. *Versuche zur Entwässerung von Klärschlamm mit einer Zentrifuge*. Technisch-Wissenschaftliche Mitteilungen Emschergenossenschaft-Lippeverband, juli '61.
21. SVA-rapport: *Slibdroging en verbranding in combinatie met verbranding van vaste afvalstoffen*.
22. Teensma, B. *Het drogen van slib door biologische zelfverhitting (komposteren)*. H<sub>2</sub>O, 1961-1.
23. Kampelmacher, E. H. *Onderzoekingen over de bacteriële reductie in slib in Slibverwerkingsinstallaties te Apeldoorn, Mierlo en Maastricht*, Rapport U/2/70 Zoön. Rijksinstituut voor de Volksgezondheid Utrecht.

TABEL I

Type	Continuifilter met slijbgisting (30d) + droogbedden, handgeruimd	Continuifilter met slijbgisting (20d) + zeefbandpers	Continuifilter met slijbgisting (20d) + zeefbandpers en droger	Oxydatiesloot met slijkdroogbedden, handgeruimd	Oxydatiesloot met zeefbandpers	Oxydatiesloot met zeefbandpers + droger
Ontwerpgrootte	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Af te voeren hoeveelheid slijb in m <sup>3</sup>	2.160	3.600	600	2.160	3.580	2.072.000
Investering	f 1.460.000	1.505.000	2.275.000	1.536.000	1.352.000	595
idem per i.e.	f 40,7	50	75,5	51	45	69
<i>Jaarlijkse kosten:</i>						
Totaal	f 245.385	298.795	460.260	270.570	303.860	456.610
Per i.e.	f 8,18	9,96	15,34	9	10,13	15,22
Per m <sup>3</sup> af te voeren slijb	f 113,60	82,99	767	125,26	84,80	767
Per ton drogestof	f 454	553	852	501	565	852
Jaarlijkse kosten in % van de investering van de totale RWZ	6,5	9,6	12	9,0	11,9	15,2
Investeringen slijbgedeelte in % van de investering van de totale RWZ	38	48,5	60	51	53	69

TABEL II

Type installatie	AT met slijbgisting (30d) + droogbedden; mechanisch geruimd	AT met slijbgisting (20d) + zeefband + droger	Continuifilter met slijbgisting (30d) + droogbedden; mechanisch geruimd	Continuifilter met slijbgisting (20d) + zeefband + droger	Oxydatiesloot met slijkdroogbedden; mechanisch geruimd	Oxydatiesloot met zeefband *) + droger
Ontwerpgrootte	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Af te voeren hoeveelheid slijb in m <sup>3</sup>	6.110	1.680	5.000	1.390	5.100	1.430
Investering	f 3.580.000	4.180.000	2.620.000	3.260.000	3.586.000	2.866.000
idem per i.e.	f 51,1	59,5	37,4	46,5	51	41,5
<i>Jaarlijkse kosten:</i>						
Totaal	f 545.290	857.480	419.939	692.398	610.030	762.985
Per i.e.	f 7,79	12,25	6,00	9,89	8,71	10,90
Per m <sup>3</sup> af te voeren slijb	f 90,13	510	83,98	498	119,61	533
Per ton drogestof	f 361	566	336	553	478	592
Jaarlijkse kosten in % van de investering van de totale RWZ	7,8	12,2	6,35	10,5	11,3	14
Investeringen slijbgedeelte in % van de investering van de totale RWZ	51	60	40	49	66	53

\*) Hier is een bedrijfstijd van 16 h genomen aangezien 8 h tot niet reële waarden voert.

TABEL III

Type installatie	AT met slijbgisting (30d) + droogbedden; mechanisch geruimd	AT met slijbgisting (20d) + zeefband + droger	Oxydatiesloot met slijkdroogbedden; mechanisch geruimd	Oxydatiesloot met zeefband + droger
Ontwerpgrootte	200.000	200.000	200.000	200.000
Af te voeren hoeveelheid slijb in m <sup>3</sup>	17.500	4.870	14.500	4.050
Investering	f 8.790.000	7.820.000	8.990.000	6.796.000
idem per i.e.	f 40,4	39	45	34
<i>Jaarlijkse kosten:</i>				
Totaal	f 1.270.200	1.773.880	1.367.080	1.669.340
Per i.e.	f 6,35	8,87	6,83	8,35
Per m <sup>3</sup> af te voeren slijb	f 72,58	364	94,28	412
Per ton drogestof	f 290	404	377	458
Jaarlijkse kosten in % van de investering van de totale RWZ	8,5	11,8	11,3	13,9
Investeringen slijbgedeelte in % van de investering van de totale RWZ	58,5	52	75	56,5

benaderen en wel voor een drietal zuiveringssystemen, te weten de continu filtermethode, het traditionele belucht slijbproces en de oxydatiesloot. Bij de continu filtermethode en het traditioneel belucht slijbproces is ervan uitgegaan dat

het slijb uitsluitend wordt verwerkt na anaërobie stabilisatie en dat de stabilisatietijd 30 dagen bedraagt indien de ontwatering geschiedt op droogbedden en 20 dagen voor iedere vorm van mechanische ontwatering. De slijbpro-

duktie per inwonerekwivalent is — zolang betere waarden ontbreken — genomen overeenkomstig de door Imhoff aangegeven waarden.

Voor de oxydatiesloot is een slijbproductie aangenomen van 50 g/i.e./d. Ten

einde bij dit type zuiveringsinrichting het werk te kunnen verdelen in onderdelen ten behoeve van de waterbehandeling en ten behoeve van het slib is aangenomen dat een belucht slibproces waarvan de beluchtingsruimte is gedimensioneerd op 20 i.e./m<sup>3</sup> (501/i.e.) tankinhoud een overeenkomstig effluent geeft als de oxydatiesloot. Als ontwerpnorm voor het beluchtingscircuit van de oxydatiesloot geldt 250 l/i.e. Uitgaande hiervan en met inachtnaam van het hiervoor gestelde is dan 4/5 deel van de beluchtingsruimte bij de oxydatiesloot toe te rekenen aan de slibbehandeling. De capaciteit van de beluchtingsinstallatie voor een oxydatiesloot wordt berekend uitgaande van een OC/load verhouding = 2,5. Op overeenkomstige wijze als bij de inhoud van de beluchtingsruimte is gedacht, is ten aanzien van de beluchting gesteld dat een OC-load verhouding = 1,7 tot een effluent van gelijke kwaliteit leidt. Dit betekent dan dat van de te installeren beluchting (vermogen, aantal beluchters, enz.) een deel gelijk aan  $0,8/2,5 = 0,32$  is toe te rekenen aan het slib.

Als slibontwateringsmethoden zijn in beschouwing genomen de ontwatering op droogbedden, de ontwatering met behulp van een zeefbandpers en de ontwatering met behulp van een zeefbandpers gecombineerd met een trommeldroger. De ontwatering tot een slibrest van 30 - 45 % d.s. is niet in beschouwing genomen wegens gebrek aan gegevens. De ontwerpgrößen zijn 30.000, 70.000 en 200.000 i.e. Bij de ontwatering op droogbedden wordt de ruiming verondersteld uitgevoerd te worden met handkracht en transportband bij 30.000 i.e., door mechanische ruiming bij 70.000 i.e. en 200.000 i.e. Voor het droge stofgehalte in de slibkoek bij droging op droogbedden is 25 % aangehouden.

Bij de slibontwatering langs mechanische weg is er voor het aantal bedrijfsuren van uitgegaan, dat bij 30.000 en 70.000 i.e. gedurende 8 h per dag met de apparatuur wordt gewerkt; bij 200.000 i.e. is deze tijd op 16 h per dag gesteld.

De investeringskosten in bouwkundige en in mechanische- en elektromechanische werken zijn afgeleid uit bij het RIZA bekende begrotingscijfers voor overeenkomstige voorzieningen voor de slibbehandeling. De afschrijvingstermijn is voor bouwkundige werken gesteld op 40 jaar, die voor mechanische- en elektromechanische werken op 20 jaar. Als rentepercentage is aangehouden 8 %. Het prijspeil is gebaseerd op het jaar 1971. Voor de berekening van de jaarlijkse kosten van bediening, reparatie en energieverbruik is gebruik gemaakt van bij het RIZA bekende begrotings- en praktijkcijfers. De jaarlijkse kosten voor onderhoud zijn gesteld op 0,5 % van de investeringssom voor de bouwkundige werken en 1,5 % voor de mechanische- en elektromechanische werken. Grond-

kosten zijn niet in rekening gebracht, daar het niet goed mogelijk is een „algemeen” geldige vierkante meterprijs te noemen. Ten einde de lezer in staat te stellen hiervoor zelf een bedrag in te vullen worden de volgende waarden gegeven voor de berekening van het benodigde terreinoppervlak ten behoeve van slibbehandeling, wegen, gazons en groenstrook bij:

- oxydatiesloot + droogbedden 0,36 m<sup>2</sup>/i.e.
- oxydatiesloot + zeefband + droger 0,06 m<sup>2</sup>/i.e.
- continufilter + gisting + droogbedden 0,15 m<sup>2</sup>/i.e.
- continufilter + gisting + mech. ontw. 0,075 m<sup>2</sup>/i.e.
- trad. belucht. slib + gisting + droogbedden 0,25 m<sup>2</sup>/i.e.
- trad. belucht. slib + gisting + mech. ontw. 0,045 m<sup>2</sup>/i.e.

De berekende te investeren kosten en de bijbehorende jaarlijkse kosten voor de slibbehandeling op basis van vorenstaande uitgangspunten zijn voor de ontwerpgrößen 30.000, 70.000 en 200.000 i.e. samengevat in de tabellen I, II en III.

In afb. 1 zijn de jaarlijkse kosten per inwonerekwivalent als functie van de ontwerpgröotte in beeld gebracht.

Uit de weergegeven waarden blijkt, evenals dit het geval is voor de stichtingskosten per ekwivalent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie, dat de jaarlijkse kosten per i.e. afnemen met toe-

nemende ontwerpgröotte. Ook het kostenverschil per i.e. tussen een ontwatering tot 90 % d.s. en ca. 25 % d.s. wordt geringer bij toenemende bouwgröotte. Aangenomen wordt dat de kosten voor een ontwatering tot 30 à 45 % d.s. ergens ligt tussen die voor ca. 25 % en 90 % d.s.

De berekende jaarlijkse kosten zijn „afpoort” van de installatie; dat wil zeggen zij moeten nog worden vermeerderd met de kosten van transport naar het punt van bestemming en de verwerking daar ter plaatse. Wanneer onder „verwerking daar ter plaatse” wordt verstaan gezamenlijke verwerking met stedelijke afvalstoffen, hetzij door storten, hetzij door verbranden en de rijafstand op niet meer dan 30 km wordt gesteld, blijkt dat de jaarlijkse kosten per i.e. volgens bovenstaande volledig arbitraire raming met een bedrag tussen 0,5 en 1 gulden worden verhoogd. Dit laatste is naar voren gekomen uit een overleg over deze materie met de Stichting Verwijdering Afvalstoffen (SVA). Dit zou erop wijzen dat, zeker wanneer slib en stedelijke afvalstoffen tezamen een eindbestemming krijgen, de kosten voor het produkt slib geheel en al worden bepaald door de keuze van het slibverwerkingsproces op de rioolwaterzuiveringsinrichting. De eindbestemming van het slib stelt via de eis van een „goede” verwerkbaarheid op de stort- of verbrandingsinstallatie zijn voorwaarden bij de keuze van het proces op de zuiveringsinrichting.

Voor wat betreft de eis van een goede verwerkbaarheid op een stort wordt de wens geuit dat ten aanzien hiervan op korte termijn normen worden gesteld.

Afb. 1 - Jaarlijkse kosten slibverwerking prijspeil 1971.

