

Verbranden van zuiveringsslib, energetische en milieuhygiënische aspecten

Inleiding

De afzet van zuiveringsslib vormt voor de waterkwaliteitsbeheerders in Nederland een steeds groter probleem. Door de bouw van een groot aantal rioolwaterzuiverings-inrichtingen is de slibproductie de laatste jaren sterk toegenomen. De traditionele afzetmogelijkheden van zuiveringsslib – afzet als meststof in de landbouw of verwerking tot zwarte grond – vormen mede door de steeds strengere wetgeving en normering geen blijvende oplossing voor een groot deel van het slib.



I.R. J. H. B. TE MARVELDE
Zuiveringsschap
Hollandse Eilanden
en Waarden

De beleidsbeslissing inzake deze problematiek ligt in feite niet bij de waterkwaliteitsbeheerders maar bij de provincies. Deze zullen in het kader van de Afvalstoffenwet een plan moeten opstellen voor de verwijdering van het zuiveringsslib. Het eerste plan zal 1 januari 1987 in werking moeten treden voor een periode van 5 jaar.

Werkgroep

De waterkwaliteitsbeheerders zien de slibproblematiek op zich afkomen en proberen zich nu reeds zo breed mogelijk te oriënteren. Zowel bij de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant (GTD), als bij de Technische Dienst van het zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden (HEW) bestond de behoefte om in het kader van genoemde slibproblematiek de slibverbranding nader te bestuderen. Binnen de werkgebieden van de GTD en het zuiveringschap HEW wordt reeds gedurende meerdere jaren zuiveringsslib verbrand respectievelijk te Oijen (sedert 1975) en te Dordrecht (sedert 1972). Door beide genoemde diensten is een studie uitgevoerd naar de slibverbranding, waarbij de ervaringen opgedaan in Oijen en Dordrecht zijn gebundeld en getoetst aan nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast is ruime aandacht besteed aan de milieuhygiënische aspecten, zoals de samenstelling en het uitlooggedrag van de as en de uitworp van de schoorsteen. Deze basisstudie draagt door de gezamenlijke aanpak een algemeen karakter, waarbij met name het zelfstandig verbranden van zuiveringsslib is beschouwd. Dit artikel vormt een samenvatting van het uitgebrachte rapport [1].

Conventionele systemen

De traditionele ovensystemen zijn de etage-oven en de wervelbedoven. Een etage-oven

is in gebruik bij de Gevudo te Dordrecht [2] en een wervelbedoven op de rwzi Oijen [3]. Beide systemen zijn reeds een aantal jaren zonder veel problemen in bedrijf en hebben bewezen een betrouwbare vorm van slibverbranding te zijn. Specifieke verschillen, die een rol kunnen spelen bij de keuze van een systeem zijn onder andere het energieverbruik en een aantal milieu-aspecten. Een wervelbedoven kan met een geringere luchtvermaat worden bedreven dan een etage-oven, waardoor een hoger thermisch rendement mogelijk is en de capaciteit van de rookgasreiniging beperkt kan blijven. Een etage-oven daarentegen heeft als voordeel dat de as voornamelijk als bodemas vrijkomt zodat de vliegaskproductie gering is. Door de lage temperatuur boven in de etage-oven en het tegenstroomprincipe is er bij dit systeem kans op onvolledige verbranding en stankoverlast. In een wervelbedoven komt de as door de hoge turbulentie van het zandbed voornamelijk als zeer fijn verdeelde vliegask vrij. De hoge temperatuur en turbulentie zorgen voor een volledige verbranding. Dit type oven is bovendien meer geschikt voor discontinue bedrijfsvoering dan een etage-oven.

Hoog-rendementsystemen

Een nieuwe ontwikkeling op het gebied van de slibverbranding vormen de hoog-rendementsystemen (HR-systemen). Een dergelijk systeem is gerealiseerd op de rwzi Groote IJpolder te Amsterdam [4]. Een HR-systeem wordt gekenmerkt door een voordroging van het slib in een aparte unit met behulp van de thermische energie van de rookgassen. De droger en oven moeten energetisch dan ook als één geheel worden beschouwd. Een uitgebreide beschrijving van de HR-systemen is te vinden in het rapport dat door Witteveen en Bos is opgesteld in opdracht van het ministerie van VROM [5]. De voordroging kan worden uitgevoerd als een directe droging, waarbij de rookgassen direct in contact worden gebracht met de te drogen silbkoek, of als een indirecte droging met behulp van warmtewisselaars en een tussenmedium (stoom of thermische olie). Het laatste systeem is in gebruik op de rwzi Groote IJpolder te Amsterdam. Bij toepassing van een normaal type wervelbedoven wordt het slib voorgedroogd tot maximaal 30 à 40% droge stof. Bij verdere voordroging zijn speciale voorzieningen in de oven noodzakelijk om de oven te koelen of moet een ander type oven worden toegepast, zoals een trommeloven, een poederoven of een vergassingsoven. De thermische koppeling van droger en oven maakt HR-systemen eigenlijk alleen geschikt voor een continue bedrijfsvoering. Een thermisch

evenwicht tussen droger en oven wordt eerst na verloop van uren bereikt. Op de rwzi Groote IJpolder is om deze reden afgestapt van het twee-ploegensysteem en overgegaan op continue dienst.

Autotherme verbranding

Om slib autotherm, dit wil zeggen zonder toevoeging van steunbrandstof, te kunnen verbranden is een vergaande ontwatering noodzakelijk. Het droge-stofgehalte, het percentage organische stof en de verbrandingswaarde van het slib in combinatie met het energieverlies over droger en oven (energieteerugwinning, temperatuur van de rookgassen en dergelijke) bepalen het autotherme niveau van de slibverbranding in een ovensysteem. De verbrandingswaarde van het zuiverings-slib is vast te stellen met behulp van een CZV-bepaling: 1 kg CZV komt overeen met een verbrandingswaarde van 13 MJ [6]. In tabel I wordt voor een aantal slibsoorten de verbrandingswaarde weergegeven.

Tabel I – Verbrandingswaarde diverse slibsoorten.

Slibsoort	Verbrandingswaarde (MJ/kg org. stof)	
	literatuur waarden	meetwaarden rwzi's Oost-Brabant
primaair slib	22-23	22-23
secundair slib	18	18,5-19,5
mengslib (vers)	21	–
uitgegist slib	19	19-20
slib v.e.		
oxydatiesloot	18	18,5

De verbrandingswaarde zonder meer geeft onvoldoende informatie over de mogelijkheden van autotherme verbranding. Door Niessen [5, 7] is derhalve de energieparameter ontwikkeld. Deze energieparameter geeft de verhouding water/energie in het slib weer. Op deze wijze is het mogelijk alle voor de verbranding van belang zijnde eigenschappen van het slib in één getal vast te leggen.

De formule voor de energie parameter luidt:

$$Es = \frac{1 - S}{S \cdot V \cdot J} \times 1.000$$

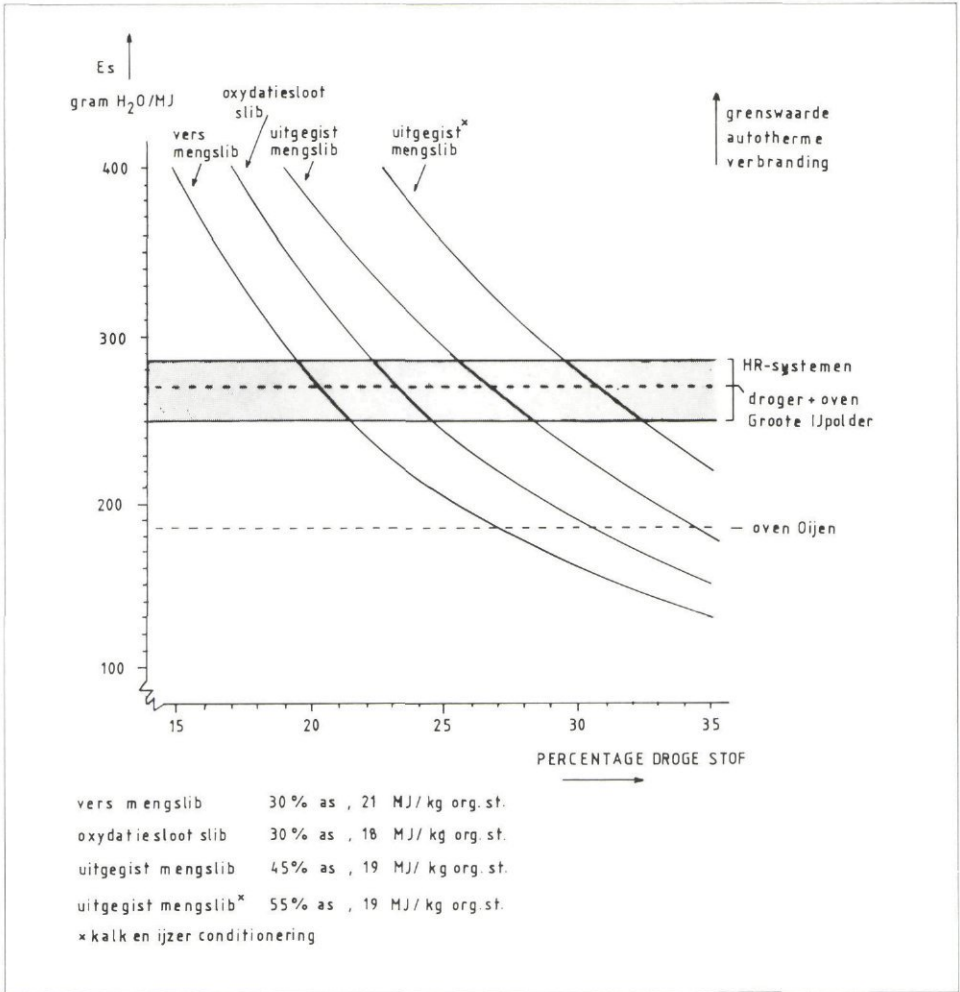
waarbij:

- Es : energieparameter (g H₂O/MJ slib)
- S : gehalte droge stof van het ontwaterde slib ($\frac{\%}{100}$)
- V : gehalte organische stof van de droge stof ($\frac{\%}{100}$)
- J : verbrandingswaarde (MJ/kg organische stof).

De energieparameter kan een waarde hebben van circa 100 tot 500 g H₂O/MJ. Naarmate slib verder wordt ontwaterd is de energieparameter lager. In afb. 1 wordt voor een aantal slibsoorten de energieparameter (Es) weergegeven in

relatie tot het percentage droge stof.
Voor een bepaald ovensysteem kan het autotherme niveau worden aangegeven aan de hand van slib, dat nog autotherm kan worden verbrand. In afb. 1 is aangegeven op welk niveau dit ligt voor de HR-systemen en de wervelbedoven op de rwzi Oijen. Bij de HR-systemen ligt het autotherme niveau bij een Es-waarde van 250 tot 285 g H₂O/MJ (de grenswaarde verschilt per systeem). Slib dat zover wordt ontwaterd, dat de energieparameter *lager* is dan de aangegeven waarde kan autotherm worden verbrand. Dit betekent bij de verbranding van vers mengslib (niet gestabiliseerd primair en secundair slib) een ontwatering tot circa 20-21% d.s., bij de verbranding van aëroob gemineraliseerd slib uit een oxydatiesloot circa 22-25% en bij uitgegist mengslib 25-28% d.s.
In een conventionele wervelbedoven, zoals de oven in Oijen, vergt dit respectievelijk voor vers slib 27% d.s., voor slib uit een oxydatiesloot 31% d.s. en voor uitgegist slib 35% d.s.

Het al dan niet autotherm kunnen verbranden hangt dus in hoge mate af van de ontwateringsgraad die realiseerbaar is. In tabel II wordt een aantal literatuurgegevens betreffende de slibontwatering gegeven – gebundeld door de STORA [8] – gecombineerd met praktijkcijfers van de GTD en HEW.
Bij de huidige stand van de ontwateringstechniek is autotherme verbranding van vers mengslib in een HR-systeem mogelijk. Autotherm verbranden van aëroob of anaëroob gemineraliseerd slib is alleen realiseerbaar bij ontwatering met behulp van filterpersen.
In afb. 2 en 3 is voor respectievelijk vers mengslib en uitgegist mengslib de theoretisch benodigde hoeveelheid steunbrandstof voor het in stand houden van het verbrandingsproces aangegeven (exclusief opstart) in relatie tot het gehalte droge stof na ontwatering. De benodigde hoeveelheid



Afb. 1 - Energieparameter van zuiveringsslib als functie van het droge-stofgehalte.

steunbrandstof blijft bij ontwatering tot enkele procenten onder het autotherme niveau nog beperkt. Voor de procescontrole is het wenselijk de oven juist op dit niveau te bedienen, omdat het verbrandingsproces veel sneller is bij te sturen via het regelen van de aardgastoevoer dan via de slibtoevoer.

Rookgassen
Bij het verbranden van zuiveringsslib worden

de problemen gedeeltelijk verplaatst van het slib naar de rookgassen en de asrest. Een goede beheersing van zowel de rookgassen – rookgasreiniging, asafscheiding – als de asrest – hergebruik of gecontroleerd storten – is noodzakelijk. Eén van de belangrijkste verontreinigingen in het slib vormen de zware metalen. Deze zijn, met uitzondering van kwik, na verbranding voor het grootste deel gebonden aan de as. Met een goede stofverwijdering zijn de zware metalen, uitgezonderd kwik, dan ook nagenoeg kwantitatief uit de gasstroom te verwijderen.

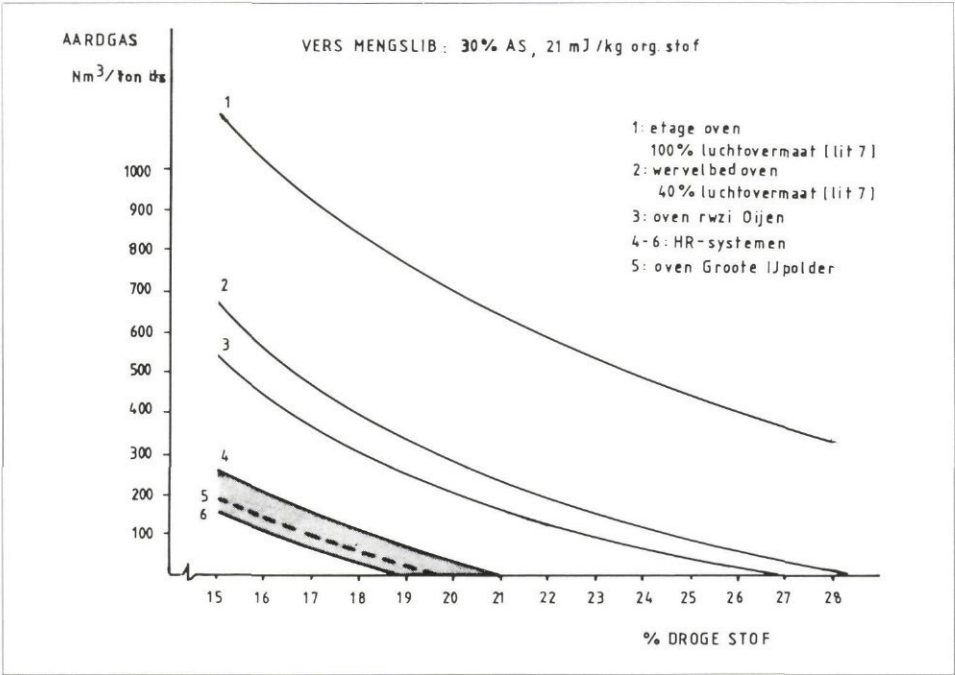
In tabel III is de balans van de zware metalen over de Gevudo in Dordrecht opgenomen. Huisvuilverbranding en slibverbranding zijn hier zodanig met elkaar verbonden, dat het opstellen van een aparte balans over de slibverbranding niet mogelijk is. De rookgasreiniging vindt in Dordrecht plaats door middel van een gaswassing met effluent van de rwzi. Het waswater wordt na bezinking van de as in aparte bezinkbassins teruggevoerd naar de rwzi. Via dit waswater wordt de samenstelling van het slib en derhalve ook van de as beïnvloed.

Tabel II – Droge-stofgehalten in % d.s. te realiseren met diverse ontwateringstechnieken.

	Primair slib	Vers mengslib	Uitgegist mengslib	Oxydatieslootslib
<i>Centrifuge</i>				
STORA*	25-30	18-24	18-25	12-18
HEW	—	—	19-20,5	16,5
<i>Zeeffbandpers</i>				
STORA*	gem. 25,5	—	gem. 25,5	gem. 25,5
HEW	—	—	19-21	17-21,5
GTD	—	ca. 25	20-27	18-21
<i>Vacuümfilter</i>				
STORA*	25-28	16-25	—	—
<i>Filterpers (conditionering)</i>				
STORA* (As)	50	50	50	—
STORA (FeCl ₃ + kalk)	45	45	45	—
GTD	—	30-40	—	—

* [Lit. 8].

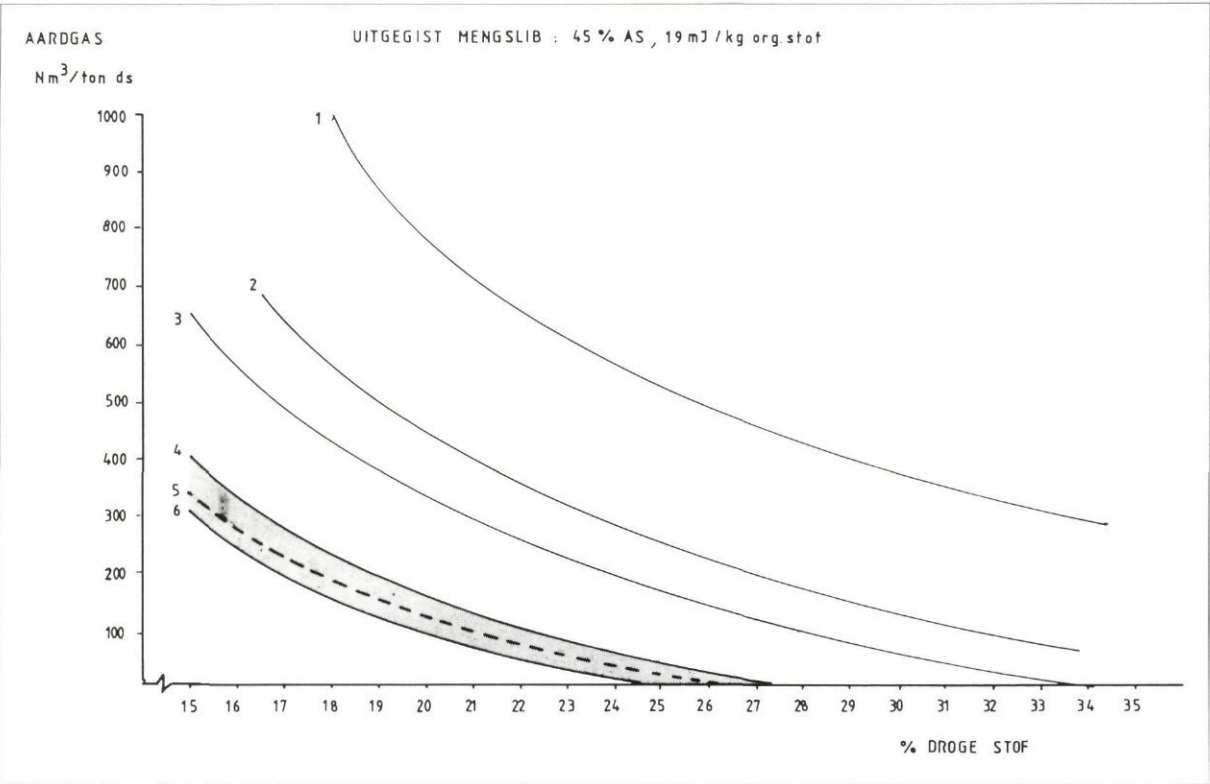
In tabel IV is de metaaluitworp via de rookgassen van de slibverbranding te Oijen aan-gegeven. De rookgassen worden hier door middel van een elektrostatisch filter (E-filter) van de vlieg-as ontdaan. De aangegeven metingen zijn uitgevoerd na het E-filter. Ook is hier de hoogste uitstoot de uitstoot van kwik. Zelfs na uitbreiding van de gas-reiniging met een wassing met neutraal (effluent) of basisch waswater is dit metaal zeer moeilijk terug te vangen. In West-Duitsland (Bamberg) wordt bij de huisvuil-verbranding geëxperimenteerd met een zure gaswassingstrap om hiermee ook kwik te verwijderen. Een verwijderingspercentage tot 70% wordt hiermee bereikt [10]. Behalve de reeds genoemde verontreini-gingen bevatten de rookgassen ook een aantal verbrandingsprodukten, die zijn ontstaan als gevolg van het verbrandings-proces op zich, zoals CO, CO₂, SO₂, SO₃, NO_x, HCl, HF en C_xH_y. Het ontstaan van produkten als CO en NO_x kan door de procesvoering worden beïnvloed. Resterende – zure – produkten kunnen met behulp van een neutrale (effluent) of basische gaswasing vrijwel volledig worden verwijderd. In de rookgassen van de installatie Oijen zijn tevens polycyclische aromatische koolwater-stoffen (PAK) geanalyseerd. PAK's ontstaan bij onvolledige verbranding van materiaal van organische oorsprong. De som van de meetwaarden (in de schoorsteen) van alle PAK's tezamen varieerde tussen 370 en 420 ng/Nm³. Deze concentraties worden over korte afstand reeds sterk verdund,



Afb. 2 - Benodigde steunbrandstof in relatie tot het droge-stofgehalte na ontwatering van vers mengslib.

Tabel III – Zware metalenbalans over de verbranding (Huisvuil + slib) van de Gevudo in Dordrecht.

	As slibverbranding %	Slakken %	Vlieg-as %	Waswater gaswassing %	Atmosfeer via schoorsteen %
Cd	8,4	8,9	38,2	40,7	3,9
Cr	2,0	90,0	5,2	2,2	0,5
Cu	1,4	95,1	2,4	0,8	0,2
Pb	3,2	77,0	14,3	4,0	1,4
Ni	1,2	92,5	5,0	0,7	0,5
Zn	8,0	57,3	19,8	12,9	2,0
Hg	(niet gemeten)				± (95-100%)



Afb. 3 - Benodigde steunbrandstof in relatie tot het droge-stofgehalte na ontwatering van uitgedist mengslib.

waardoor het concentratieniveau in de omgeving van de oven niet boven het landelijk gemiddelde ligt. Deze gemiddelde achtergrondconcentratie ligt in Nederland in de orde van grootte van 100 ng/Nm³, waarbij aanzienlijke variaties voorkomen. De MAC-waarde voor de som van alle PAK's tezamen bedraagt 500 ng/Nm³.

Uitloging asrest

De asresten zullen over het algemeen gestort dienen te worden. Verwerking als grondstof in een produkt (asfalt, bakstenen, vliegascement) is slechts op beperkte schaal mogelijk, waarbij het gehalte zware metalen een belemmering vormt. Bij storten is vooral het uitlooggedrag van de zware metalen van belang.

In samenwerking met de GTD is het uitlooggedrag van de fijn verdeelde vliegasc van de wervelbedoven van Oijen en de iets grovere bodemas van de etage-oven van Dordrecht onderzocht. Hiervoor zijn zowel schudproeven als kolom-percolatieproeven uitgevoerd [9]. Tussen de beide soorten bestond vrijwel geen verschil in uitlooggedrag. Het uitlooggedrag van de zware metalen wordt in sterke mate bepaald door de pH. Bij een lage pH logen zware metalen in veel hogere mate uit dan bij neutrale pH. De pH van het percolatiewater wordt echter sterk beïnvloed door het sterk alkalisch karakter van de as. Een niet gebufferde oplossing van pH 3 heeft na percolatie door een aslaag van 20 cm reeds een pH hoger dan 9. In de praktijk zal de pH op een stortplaats van verbrandingsas dan ook in het basische gebied liggen waarbij slechts een zeer geringe uitloging plaatsvindt. In tabel V worden de resultaten weergegeven van de uitgevoerde kolom-percolatieproeven. Hierbij is de hoogte van de as-laag nagebootst door het percolatiewater telkens opnieuw over de kolom te gieten. Dit is mogelijk omdat de hoeveelheid zware metalen, die vrijkomt vele malen kleiner is dan de hoeveelheid die potentieel (op basis van de schudproeven) zou kunnen worden vrijgemaakt. In de eerste experimenten bleek het onmogelijk de pH voldoende te bufferen. Bij de verdere experimenten is door dagelijks aanzuren de uitgangs-pH constant gehouden. De eerste experimenten met een oplopende pH benaderen in feite het beste de praktijk.

De in tabel V aangegeven hoogte van de as-laag is de hoogte waarbij de gehalten zware metalen in het percolatiewater vrijwel constant blijven en er zich een evenwicht heeft gevormd tussen de gebonden zware metalen en de oplossing. Gezien de lage concentraties in het percolatiewater, lijkt storten op een gecontroleerde stortplaats verantwoord.

Tabel IV – Metaaluitwerp via de rookgassen bij de slibverbranding te Oijen.

	Metaalgehalte in in slib(mg/kg ds)	Ingaande vracht in g/h	Uitgaand via rookgassen	
			g/h*)	in %
Cu	630	554	0,4	0,07
Cr	255	241	0,05/0,13	0,02/0,05
Zn	1.600	1.400	0,54	0,04
Pb	480	460	0,4	0,09
Cd	7,3	3,6	0,06	1,6
Ni	45	40	0,12	0,3
Hg	4,5	3,6	1,9/0,95	52/26
Arseen	5,5	5,2	0,07/1,7	1,3/33

*) De vermelde waarden zijn gemiddelden. Waar twee getallen worden gegeven is het verschil zo groot dat de afzonderlijke waarden zijn vermeld.

Tabel V – Resultaten kolom-percolatie-experimenten bij verschillende pH-waarden.

Gehalten zware metalen in percolatiewater					Samenstelling as	
					as Dordrecht mg/kg ds	as Oijen mg/kg ds
pH (gebufferd)		as Dordrecht	as Oijen			
Cd	µg/l	6,0–8,8*	5,0	7,0–7,5*	6,0	5,0
Cr	..	0,3	420	<10	<10	150
Cu	..	1.490	1.520	540	360	<10
Pb	..	51	1.490	30	70	11.600
Arseen	..	340	1.060	<10	<10	80
Ni	..	3	230	—	—	—
Zn	..	20	420	<10	20	680
	..	52	66.400	410	580	34.000
Hoogte as-laag		± 3 m	± 3 m	± 1,7 m	± 2,4 m	± 1,7

* Oplopend tijdens het experiment

Evaluatie

Verbranden van zuiveringsslib is technisch goed mogelijk. De bedrijfservaring met de etage-oven in Dordrecht en de wervelbedoven in Oijen leert, dat beide systemen zeer betrouwbaar zijn. De energiebehoefte van dergelijke conventionele ovens is echter dusdanig hoog, dat ze momenteel alleen nog gekoppeld aan een warmtebron zoals een huisvuilverbrandingsinstallatie, zullen worden toegepast. Door de ontwikkeling van de Hoogrendementsystemen is de energiebehoefte van slibverbrandingsinstallaties sterk teruggedrongen. Autotherme verbranding van niet-gestabiliseerd slib wordt hiervoor mogelijk. De koppeling van droger en oven maakt deze systemen eigenlijk alleen geschikt voor grote installaties. In de praktijk betekent dit meestal één centrale slibverbrandingsinstallatie voor een aantal rwzi's. Gezien de vele rwzi's met slibgisting en de vele ultralaagbelaste systemen in Nederland zal een centrale slibverbrandingsinstallatie waarschijnlijk niet autotherm kunnen draaien.

Het bouwen van grote installaties verdient echter toch de voorkeur ook in het kader van te treffen milieumaatregelen. Om luchtverontreiniging zoveel mogelijk tegen te gaan zal een natte gaswassing moeten worden toegepast eventueel in combinatie met een E-filter om vóór de gaswassing de as droog af te vangen. In hoeverre extra voorzieningen noodzakelijk zijn en mogelijk zijn om ook kwik terug te vangen hangt onder andere af van de samenstelling van het slib en de kwaliteitseisen die aan de te spuien rookgassen worden gesteld. Slibverbranding mag

dan ook niet worden gezien als dé oplossing voor het slibprobleem. Bestrijding van verontreiniging aan de bron, zodat slib op verantwoorde wijze kan worden hergebruikt blijft de enige juiste oplossing.

Literatuur

1. GTD, HEW. (1985). *Verbranden van zuiveringsslib*. Bostel, Dordrecht juli 1985.
2. Eggink, H. J. (1978). *De capaciteit van de wervelbedoven in Oijen*. H₂O 11, nr. 13.
3. Daesdonk, A. J. van en van de Sande, A. J. (1978). *Slibverbranding in een wervelbedoven*. H₂O 12, nr. 14.
4. Kruize, R. R., Weenink, J. en de Korte, H. F. (1985). *Ontwerp en eerste bedrijfservaring van de rioolwaterzuiveringsinrichting Groote IJpolder*. H₂O 18, nr. 10.
5. Witteveen + Bos. (1985). *Verbranden van zuiverings-slib, onderzoek naar kostenminimalisatie*. Publicatiereeks Afvalstoffen nr. 13, ministerie van VROM, 's-Gravenhage.
6. Eggink, H. J. (1983). *Verbrandingswaarde van zuiveringsslib en de vereiste ovencapaciteit*. H₂O 16, nr. 22.
7. Niessen, W. R. (1981). *The impact of sludge incineration on the environment*. Uit Sludge and its ultimate disposal, Am n Arbor Science, chapter 16.
8. STORA. (1981). *Slibeigenschappen en resultaten van slibontwateringsapparatuur*. Slibontwatering deel 2. Rijswijk 1981.
9. HEW. (1985). *Uitloogexperimenten as van slibverbranding*. Dordrecht, juli 1985.
10. J. Vehlouw. (1985). *Stand und Entwicklung der Müllverbrennung, Thermische Verfahren der Abfallwirtschaft*. Statusbericht 1985, Bundesministerium für Forschung und Technologie, august 1985.

