

N31085.91.02W

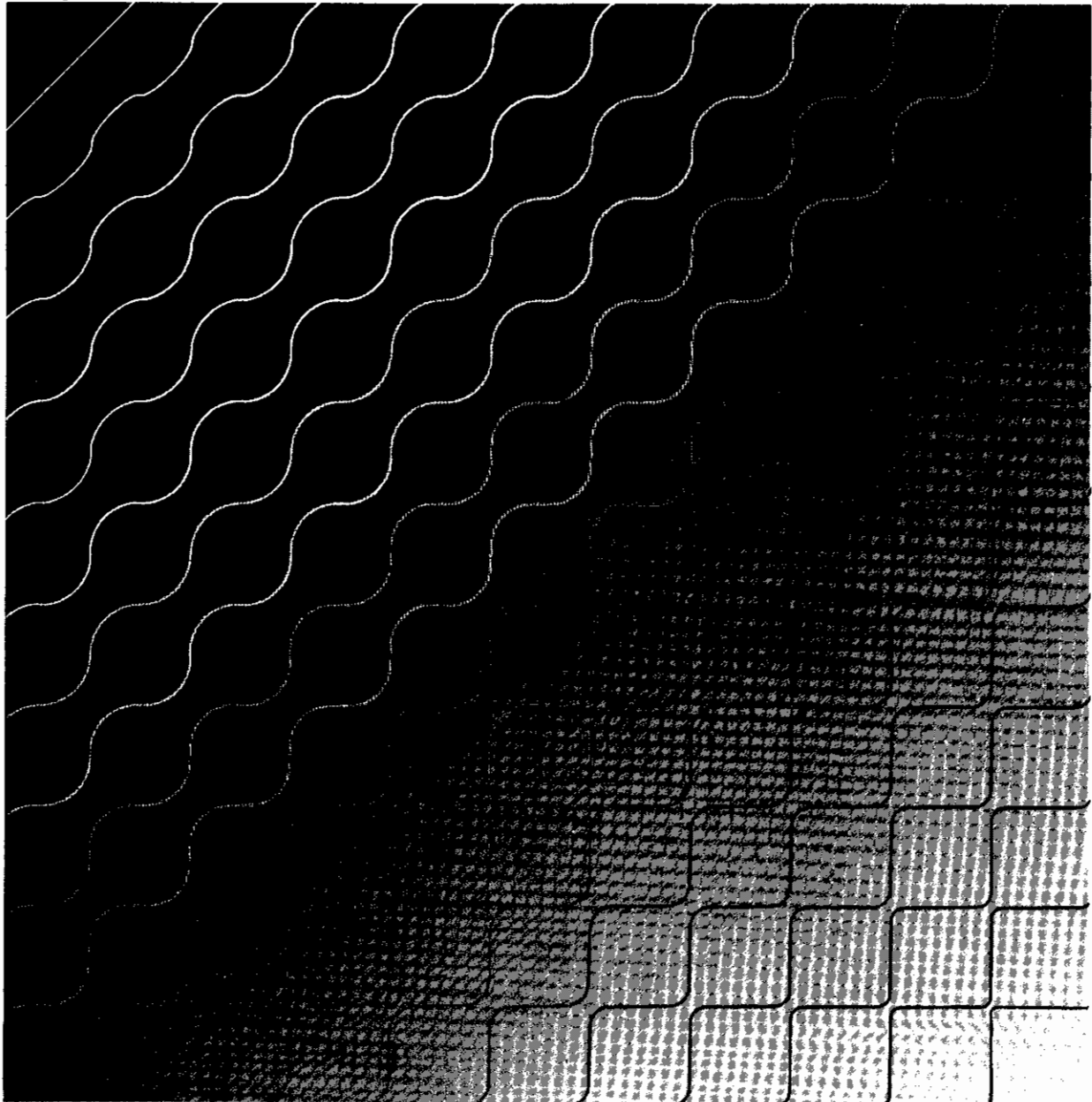
ige

rioolwater-

zuweginrichtingen



Rg1-02W



NA 31651, 1.02W10

IAWPRC SLUDGE MANAGEMENT CONFERENCE.
8 t/m 12 januari 1990 te Los Angeles (Verenigde Staten).

Werkdocument RWZI 2000 91-02W

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsestoege 3a
6708 PB Wageningen

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

Februari 1991

ir. W.G.Werumeus Buning (HEW)
ing. G.B.J. Rijs (RIZA)



0000 0762 6225

Handwritten scribbles at the bottom of the page.

Inhoudsopgave	blz.
Inhoudsopgave	1
1 Inleiding	2
2 Slibbeleid	3
2.1 Verenigde Staten	3
2.2 Brazilië	4
2.3 Zweden	5
2.4 Zwitserland	6
2.5 Japan	7
3 Algemeen onderzoek	8
3.1 Slib/water-binding	8
3.2 Stankoverlast	11
3.3 Overige	12
4 Slibverwerkingstechnieken	13
4.1 Slibdroging	13
4.1.1 Conventionele droogprocessen	13
4.1.2 Carver-Greenfield	13
4.2 Mechanische ontwatering	14
4.3 Chemische fixatie	16
4.4 OFS-proces	16
4.5 Steenproductie uit zuiveringsslib	18
4.6 Storten van zuiveringsslib	18
4.7 Slibverbranding	19
4.8 Smeltprocessen	19
4.9 SSP-proces	20
4.10 Overige	21

1 Inleiding

Onder auspiciën van de IAWPRC (International Association for Water Pollution Research and Control) is van 8 t/m 12 januari 1990 te Los Angeles (Verenigde Staten) een conferentie gehouden getiteld "1990 Sludge Management Conference".

De doelstelling van de conferentie was:

- een overzicht te geven van het beleid ten aanzien van de verwerking en afzet van zuiveringsslib in de diverse landen;
- de technische stand van zaken te presenteren van de slibverwerkingstechnieken.

Aan de conferentie is deelgenomen door circa 150 mensen uit een veertigtal landen.

In totaal zijn een zestigtal voordrachten gehouden en zijn twee excursies georganiseerd naar een drietal rwzi's en een stortplaats in de regio Los Angeles.

2 Slibbeleid

In het slibbeleid in de diverse landen valt een verschillende benadering waar te nemen. In een aantal landen op het westeuropese continent is een duidelijke teruggang waarneembaar in het hergebruik en een toename in de afvoer naar een stortplaats. In diverse andere landen wordt heel duidelijk aangekoerst op een zo flexibel mogelijke afzet met een duidelijke voorkeur voor hergebruik. De diverse benaderingen worden met een aantal voorbeelden geïllustreerd.

2.1 Verenigde Staten

Door Bastian, U.S. Environmental Protection Agency (EPA) werd de algemene benadering van de slibafzet in de Verenigde Staten gepresenteerd. Door zowel het Amerikaanse congres als de EPA wordt het hergebruik van zuiveringsslib sterk gepromoot. In principe wordt aan hergebruik duidelijk de voorkeur gegeven boven de afvoer naar een stortplaats, verbranding en dumping in zee. Diverse onderzoeken alsmede projecten op praktijkschaal waarbij hergebruik uitgangspunt was, zijn inmiddels uitgevoerd. Onder hergebruik wordt hierbij verstaan:

- anaërobe gisting met benutten van het gistingsgas;
- verbranding van gedroogd slib met energierugwinning;
- omzetting van slib in olie, kool en andere brandstoffen;
- benutting van slib als nutriëntenbron, bodemverbeteraar en constructiemateriaal.

Onder andere door een gebrek aan stortplaatsen wordt verwacht dat hergebruik van slib in de toekomst nog meer aandacht zal krijgen.

Een goed voorbeeld van de wijze waarop de slibafzet in de Verenigde Staten benaderd wordt is de benadering gevolgd bij de Hyperion Treatment Plant te Los Angeles. Het mechanisch gedeelte van de rwzi heeft een hydraulische capaciteit van $1,44 \times 10^6$ m³/d en het biologisch gedeelte met een hydraulische capaciteit van $7,19 \times 10^5$ m³/d. De capaciteit van de rwzi zal in 1998 zijn uitgebreid tot $1,7 \times 10^6$ m³/d.

In november 1987 moest het lozen van slib via een 11,9 km lange persleiding op zee worden gestaakt en moest een alternatieve vorm van slibafzet worden gerealiseerd.

De volgende aspecten zijn achtereenvolgens onderzocht:

- vaststellen van de slibhoeveelheden;
- ontwikkelen van een hergebruikprogramma voor zuiveringsslib;
- vaststellen van de noodzakelijke verwerkingsapparatuur.

Bij het uitwerken van het slibverwerkings- en slibafzetplan (Sludge Management Program) is ervan uitgegaan, dat de slibverwerking en slibafzet continu een verandering kan ondergaan door:

- veranderingen in de regelgeving ten aanzien van hergebruik, storten en verbranden van zuiveringsslib;

- veranderingen in de publieke opinie en de sociale acceptatie;
- ontwikkelingen van de technologie in de landbouw en de slibverwerking.

Uiteindelijk is gekozen voor een slibverwerkings- en slibafzetprogramma bestaande uit de volgende onderdelen:

- het verminderen van direct storten van slib om meer slib beschikbaar te krijgen voor hergebruik en energierugwinning;
- het inpassen van extra hergebruiksmogelijkheden (compostering);
- het verder uitwerken van energierugwinning door het vergroten van de productie van gedroogd slib voor de reeds bestaande verbrandingsinstallatie;
- het ontwikkelen van een financieel aantrekkelijk hergebruikprogramma voor de as.

Het resultaat van vorenstaande benadering is, dat voor de circa 1090 ton mechanisch ontwaterd slib per dag diverse hergebruiksmogelijkheden als directe toepassing in de landbouw, composteren en gebruik als afdekmateriaal voor stortplaatsen beschikbaar zijn. Daarnaast kan het slib worden gedroogd en verbrand. Vooral nog wordt ervan uitgegaan, dat de hierbij ontstaande as gestort zal moeten blijven worden in verband met het nog niet aanwezig zijn van hergebruiksmogelijkheden voor deze as.

Dat de voor Los Angeles uitgevoerde studies passen in de algemene benadering in de Verenigde Staten blijkt wel uit het toekennen door de EPA van de Special Award for Beneficial Sludge Use aan de stad Los Angeles voor de uitgewerkte plannen.

2.2 Brazilië

Jordao van het CEDAE gaf een voorbeeld van de benadering van de slibafzet in Brazilië. In ontwikkelingslanden als Brazilië moet de slibverwerking en slibafzet niet alleen voldoen aan de algemeen aanvaarde milieuhygiënische regels, maar dient tevens rekening te worden gehouden met beperkte financiële middelen.

De regelgeving in Brazilië staat het afvoeren van afvalwater en het storten van slib in zee toe. Hierbij dient te worden voldaan aan zekere waterkwaliteitscriteria en specifieke standaards. Daarnaast dient de afvoer van afvalwater en slib naar zee te worden onderworpen aan een milieu effect rapportage. Aangetoond moet worden, dat in het desbetreffende gebied geen gevaar bestaat voor de gebruiksfuncties van het water zoals visserij, recreatie, scheepvaart en dat het aanwezige ecosysteem niet in gevaar wordt gebracht.

Als voorbeeld werd gegeven de afvoer sinds 1974 in de staat Rio de Janeiro van afvalwater (6 m³/sec) na alleen een roostergoedverwijdering. Onderzoek uitgevoerd in de periode 1974-1988 toont aan, dat geen onomkeerbare ecologische processen zijn opgetreden.

Melding werd gemaakt van de ook in Brazilië voorkomende benadering van milieuhy-

gienische problemen: de samenleving accepteert een bepaalde verwerking van afvalstoffen zolang het maar niet in de directe omgeving plaatsvindt. Dit item kwam tijdens het symposium enige malen aan de orde als het NIMBY (not in my backyard) syndroom.

2.3 Zweden

Balmer van het Gothenburg Regional Sewerage Company (GRYAAB) gaf aan de hand van de discussies rond de slibafzet voor de stad Gothenburg een voorbeeld van de problemen in een in verhouding milieuhygiënisch ver ontwikkelde samenleving als in Zweden. De problemen worden met name veroorzaakt door de zeer kritische publieke opinie. Strategieën dienen te worden ontwikkeld om de bestaande wijze van slibafzet te continueren danwel te wijzigen in een richting die publieke ondersteuning krijgt. De huidige slibverwerking en -afzet in Gothenburg bestaat uit twee stromen:

- 85% van het verse primaire en secundaire slib wordt na indikking en ontwatering met behulp van zeefbandpersen en het toevoegen van kalk gebruikt voor landbouwkundige toepassingen;
- 15% wordt verwerkt in compost die wordt aangewend als bovenlaag bij landbouwkundige projecten.

Deze vorm van slibafzet wordt niet langer door de publieke opinie geaccepteerd.

Aangegeven werd op welke wijze het is gelukt om de slibverwerking en -afzet te wijzigen en dit ook geaccepteerd te krijgen door de publieke opinie.

Vergeleken zijn vier verwerkings- en afzetmogelijkheden:

- de bestaande afzet;
- verbranding;
- produktie van gedroogd uitgegist slib;
- ondergrondse opslag van uitgegist slib in ruimten oorspronkelijk gemaakt voor de opslag van strategische olievoorraden.

De resultaten van de studie zijn gepresenteerd op een symposium, waar aanwezig waren politici, vooraanstaande technici en gezondheidkundigen, milieucontrolerende instanties en de media. Als benadering is gekozen: hier zijn de alternatieven, dit zijn de consequenties, het is aan u om te kiezen. Zowel in de uitgevoerde studie als tijdens het symposium zijn door de opstellers van de studie geen conclusies getrokken.

Vervolgens zijn nog twee openbare bijeenkomsten georganiseerd.

In de discussies kwam naar voren, dat er geen geschikte stortplaats in de omgeving beschikbaar was. Ook slibverbranding werd als niet haalbaar gezien, zelfs niet met een zeer vergaande rookgasreiniging. Tegen de produktie van gedroogd uitgegist slib bestond veel minder weerstand dan tegen verbranding. Deze verwerkingsmethode bracht echter de hoogste kosten met zich mee. De ondergrondse opslag van uitgegist slib had een beperkt aantal bezwaren. Het voornaamste bezwaar was, dat het

principeel onjuist werd gevonden een potentieel her te gebruiken produkt zo op te slaan dat het ook in de toekomst niet meer voor hergebruik in aanmerking komt. In principe werd gebruik van zuiveringsslib in de landbouw als de beste oplossing gezien. Hiervoor moet het slib eerst zeer duidelijk in kwaliteit verbeteren. Ondergrondse opslag kon alleen worden geaccepteerd als een tijdelijke oplossing. De tussentijd moet worden benut om de kwaliteit van het slib aanmerkelijk te verbeteren.

Uiteindelijk is gekozen voor de opslag in een ondergrondse ruimte met een opslagcapaciteit voor 8 à 10 jaar.

2.4 Zwitserland

Conradin van het City Sewerage Department beschreef de wijziging in de slibafzet van de stad Zurich. Van oudsher werd het slib van de twee rwzi's van de stad Zurich afgezet in de landbouw. In het midden van de zeventiger jaren is een uitgebreidere regelgeving van kracht geworden met name met als doel het voorkomen van ziekten veroorzaakt door het nuttig gebruik van zuiveringsslib. Om deze reden is een pasteurisatie-eenheid op de rwzi Zurich-Werdholzli gebouwd.

Begin tachtiger jaren is de afzet naar de landbouw verder teruggelopen door strengere regelgeving ten aanzien van de kwaliteit en de toe te passen hoeveelheden. In dit verband was van groot belang het in de beschouwingen betrekken van de nutriëntenbalans van de bodem. Een overbesteding van de bodem diende te worden voorkomen ter bescherming van de oppervlaktewaterkwaliteit. Door de grote beschikbare hoeveelheid dierlijke mest en de commerciële fosformeststoffen werd de vraag naar zuiveringsslib minder. Omdat het realiseren van alternatieve afzetmogelijkheden vanwege regelgeving en procedures erg veel tijd vergde stakte de slibafzet. Als noodmaatregel is uiteindelijk gevonden het afvoeren van het slib per schip naar Swansea in Wales. Vanwege stankproblemen bij de tussenopslag in Swansea moest deze vorm van afzet echter weer spoedig worden gestaakt. Gelukkig is een alternatief gevonden in de afzet van slib naar Frankrijk en Italië als meststof en bodemverbeteraar.

Voor de korte termijn wordt het drogen van slib als de oplossing gezien. Onderhandelingen zijn gaande het gedroogde slib af te voeren naar West-Duitsland als een alternatieve brandstof voor kolen. Vanwege een gebrek aan stortcapaciteit wordt voor de middellange termijn het verbranden van slib als de oplossing gezien. Voor de lange termijn wordt wederom hergebruik van slib nagestreefd. Hiervoor is het nodig dat de kwaliteit van het slib wordt verbeterd door saneringen aan de bron. Voorts is het nodig, dat de import van fosformeststoffen wordt beperkt om zo voor zuiveringsslib en grotere markt te creëren.

2.5 Japan

Nomura van de Planning Division van de Japan Sewage Works Agency gaf een overzicht van een aantal ontwikkelingen op het gebied van slibverwerking in Japan. In 1988 was 40% van de japanse bevolking voorzien van riolering. Het percentage is stijgende. Als gevolg hiervan worden de problemen met afvalwaterzuivering en slibverwerking steeds groter. Met name in de dicht bevolkte gebieden is het vinden van ruimte één van de grote problemen. Eén van de richtingen waarin thans wordt gewerkt is het op grote schaal gaan verwerken van zuiveringsslib. Samenwerking is hierbij een vereiste. In een aantal gevallen heeft dit geresulteerd in het oprichten van aparte slibverwerkingsbedrijven onder beheer bij afzonderlijke lichamen. De recente ontwikkeling in Zuid-Holland met het oprichten van de DRSH Zuiveringsslib N.V. door de zuidhollandse waterkwaliteitsbeheerders voor de grootschalige verwerking van zuiveringsslib lijkt hier op.

Als recente ontwikkelingen bij de verwerking van slib in Japan werden aangegeven het indikken van slib met centrifuges en het verwerken in pyrolyse en smeltovens. Deze technieken worden ingepast in nieuwe slibverwerkingsinstallaties.

Het indikken van slib met centrifuges heeft de voorkeur gekregen boven gravitatie-indikking door het veel geringere ruimtebeslag en het slecht met gravitatie-indikking indikken van verschillende soorten slib. Op de centrale slibverwerkingslokaties wordt namelijk een groot deel van het te verwerken slib in natte vorm via persleidingen aangevoerd.

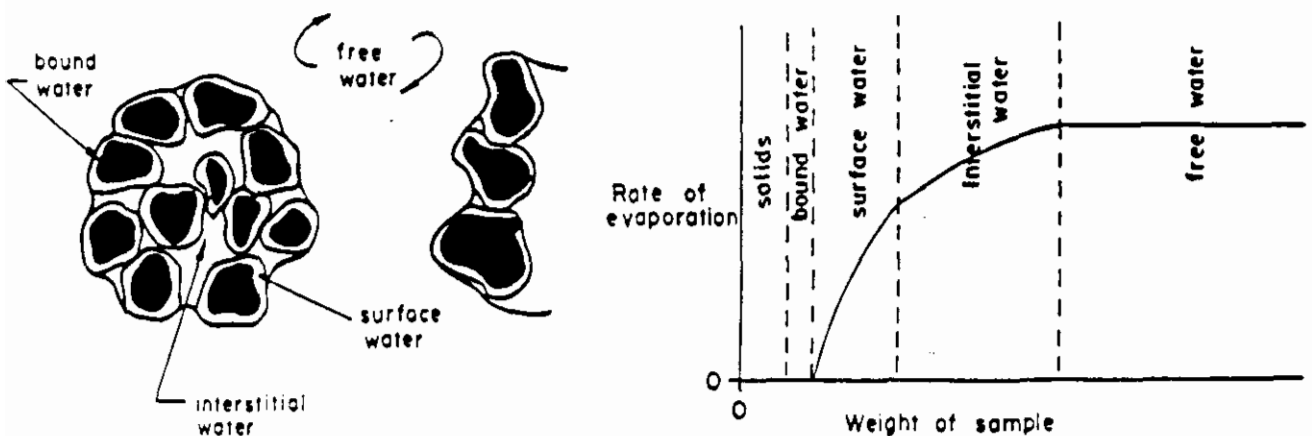
Pyrolyse en smeltprocessen worden met name toegepast omdat men b.v. zware metalen in een niet uitloogbare vorm vrij wil krijgen. De slak uit de smeltovens die een glas- of basaltachtige structuur heeft kan worden hergebruikt. De slak wordt b.v. toegepast bij de aanleg van riolering en wegen als steunlaag.

3 Algemeen onderzoek

Het algemeen onderzoek onderscheidde zich tijdens dit symposium in de onderwerpen slib/water-binding en stankoverlast bij slibverwerking.

3.1 Slib/water-binding

Tsang van Camp Dresser & McKee (USA) bestudeerde droogcurven en classificeerde het water in het zuiveringslib in vier categoriën; t.w. vrij water, capillair water, adsorptiewater en bindingswater. Figuur 1 geeft een inzicht in deze vier categoriën, o.a. bij een droogcurve. Het vrije water (X_f) wordt verwijderd gedurende de konstante massa-afname van de hoeveelheid slib. Wanneer de gewichtsafname ten gevolge van verdamping afneemt zal voornamelijk het capillaire water (X_i) verdwijnen. Indien dit nog een keer gebeurt betreft het het adsorptiewater (X_a). Het bindingswater (X_b) is het verschil tussen de uiteindelijke achterblijvende massa en na drogen bij een temperatuur van 105 °C.



Figuur 1 Inzicht in de typen water in zuiveringslib, o.a. bij een droogcurve.

De invloed van drie ontwateringsmethoden op de verdeling van het water is bekeken, t.w. afvoer van het water via een drainage ten gevolge van de zwaartekracht, vacuümfiltratie en centrifuge, zowel bij chemisch conditioneren met een kationische polymeer als fysisch conditioneren door vriesdooien. Gebleken is dat slechts een deel van het vrije- en capillaire water door deze ontwateringsmethoden kan worden verwijderd, het adsorptie- en bindingswater blijft onaantast. Uit de hoeveelheid achtergebleven capillaire water blijkt in hoeverre de ontwateringsmethode in gebreke blijft. Uitgegaan moet daarom worden dat met mechanische ontwatering slechts een gedeelte van aanwezige vrije water verwijderd kan worden. Tabel 1 illustreert deze theoretische maximaal te behalen drogestofgehalten.

Tabel 1

De maximaal te behalen drogestofgehalten in zuiveringslib bij de verwijdering van de vier typen water.

	Dewatering Procedure		
	Drained	Filtered	Centrifuged
Cake solids as measured (only X_d removed)	15.6	18.4	12.3
Cake solids if all X_p removed	31.1	30.0	18.6
Cake solids if all X_p and X_i removed	69.6	69.9	69.9
Cake solids if all X_p , X_i , and X_s removed	89.0	89.0	89.0
Cake solids if all moisture removed	100.0	100.0	100.0

All solids content expressed in %. X_d = Moisture removed by the dewatering process. $X_p = X_d + X_f$.

Polymeerdosering bevordert de afvoer van het vrije water. Het bevroren en vervolgens weer laten dooien van het slib heeft een aanzienlijke invloed op de ontwaterbaarheid, aangezien deze methode zijn uitwerking heeft op zowel het vrije water als het capillaire- en adsorptiewater (tabel 2).

Tabel 2

Invloed van vriezen/dooien op ontwatering.

	Untreated	Treated
	Sludge	Sludge
Moisture Removed	99.9	99.3
Moisture Remaining		
Free moisture	2.5	0.0
Interstitial moisture	1.2	0.5
Surface moisture	0.3	0.1
Bound moisture	0.1	0.1
	100.0	100.0
Total free moisture	48.4	99.2

All moisture content expressed in % initial moisture.
Initial moisture content = 249 g/g (0.4% solids).

Het rendement van de ontwatering neemt door deze handeling toe tot 99%, hetgeen overeen komt op een verbetering van het drogestofgehalte in het ontwaterde zuiveringslib van 9% tot 35%.

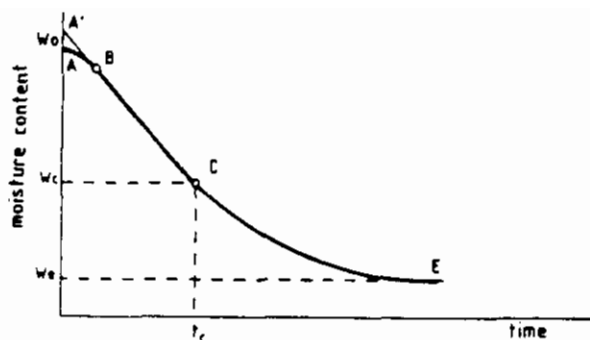
In een Japans onderzoek van Hashimoto (Central Laboratory, Kurita Water Industries) is getracht een relatie aan te brengen tussen een aantal algemene slibkenmerken en ontwateringseigenschappen van zuiveringslib aan de hand van het conditioneren van het slib met geschikte polyelectrolyten en vervolgens het ontwateren met behulp van een zeefbandpers. In totaal zijn 24 slibsoorten (16 gemengd met primair en secundair slib en 8 na anaërobe vergisting) getoetst op 33 slibkenmerken (tabel 3). De betrokken ontwateringsparameters waren de filtreerbaarheid onder invloed van de zwaartekracht (gravitational filterability), het watergehalte in de filterkoek, de slibuitrekbaarheid van de filterkoek (sludge extension index) - d.i. de verhouding oppervlak 2/oppervlak 1, waarbij 1 het oppervlak van het slib op het filterdoek is

verkregen na zwaartekracht filtratie, en 2 het oppervlak van het ontwaterde filterkoek van de zeebandpers - en de hoeveelheid gedroogd slib die achterblijft op de filterdoek.

Tabel 3 Slibkenmerken.

Supernatant(1)	
pH	(-)
Conductivity	($\mu\text{S}/\text{cm}$)
M-alkalinity	(mg/l)
P-acidity	(mg/l)
Capillary suction time	(sec)
Supernatant(2)	
Colloid equivalent	(meq/l)
Protein	(mg/l)
Neutral polysaccharide	(mg/l)
Acid polysaccharide	(mg/l)
Nucleic acids	(mg/l)
Relative viscosity	(-)
Capillary suction time	(sec)
Raw sludge	
Total solids	(g/dl)
Volatile TS	(%)
Suspended solids	(g/dl)
Volatile SS	(%)
Fiber A	(%)
Fiber B	(%)
Protein	(%)
Al	(%)
Fe	(%)
Colloid equivalent	(meq/gSS)
Viscosity	(cP)
Capillary suction time	(sec)
Sludge expansion index	(-)
Moisture content	(%)
Available extracts	
Extracted substances	(%)
Protein	(%)
Neutral polysaccharide	(%)
Acid polysaccharide	(%)
Nucleic acids	(%)
Colloid equivalent	(meq/gSS)
Intrinsic viscosity	(dl/g)

Smollen van Division of Water Technology (Zuid Afrika) gaf te kennen dat ofschoon bekend is welke slibeigenschappen de ontwaterbaarheid kunnen beïnvloeden, de mate van belangrijkheid nog onduidelijk is. In zijn eigen onderzoek vergeleek hij van gecentrifugeerde slibmonsters de gebruikelijke ontwateringstesten, de SRT (specific resistance to filtration) en CST (capillary suction time) met gemaakte droogcurven. De doorgaans gepresenteerde droogcurven (zie figuur 1) zijn volgens Smollen niet bruikbaar voor zuiveringslib. Een betere weergave van een droogcurve is figuur 2, waarin onder constante droogcondities het watergehalte is uitgezet tegen de droogtijd. Het eerste gedeelte van de curve (A-B) is de opwarmperiode. Hierna is de droogsnelheid lineair tot het kritische punt C is bereikt. Vanaf punt C gaat de lineaire lijn over in een asymptotische curve tot bij E, waarbij een evenwicht wordt bereikt. W_c en W_e geven respectievelijk aan het fysisch- en chemisch gebonden water. De hoeveelheid geïmmobiliseerde water wordt verkregen uit het verschil tussen deze beide typen gebonden water en het totale watergehalte. Hierbij is verondersteld dat in gecentrifugeerde slibmonsters geen vrij water meer aanwezig is.



Figuur 2 Droogcurve voor gelijkblijvende droogcondities; verdeling in vrij-, geïmmobiliseerd water en fysisch- en chemisch gebonden water.

Uit de verkregen gegevens blijkt dat de gebruikelijke ontwateringstesten SRT en CST alleen inzicht geven in het niet-geïmmobiliseerde water. Deze testen geven dus geen informatie over de mogelijkheid en het gemak waarmee het gebonden water wordt verwijderd. Tevens is uit dit onderzoek naar voren gekomen, dat het doseren van polyelectrolyt de filtratiesnelheid vergroot doordat een deel van het geïmmobiliseerde water wordt vrijgemaakt. Door het toevoegen van de polyelectrolyt gaan de kleine deeltjes zich hechten aan de grotere. Dit resulteert weliswaar in een hogere filtratiesnelheid en lagere SRT- en CST-waarden, maar tegelijkertijd wordt hiermee meer water fysisch gebonden. Hierdoor zal het resterende water moeilijker te verwijderen zijn.

3.2 Stankoverlast

De slibverwerking op rwzi's is een belangrijke bron van vrijkomende stinkende stoffen, zoals zwavelcomponenten (H_2S , mercaptanen, organische sulfiden), stikstofverbindingen (ammoniak en organisch stikstof) en zuren, aldehyden en ketonen. **Bonnin** van het Research Center of C.G.Eaux (Frankrijk) heeft op een twaalfstal rwzi's luchtmonsters genomen en geanalyseerd. Als voornaamste bronnen kunnen worden aangemerkt de slibindickers (H_2S , CH_3SH , NH_3), thermische conditionering (H_2S , acetaldehyde), slibontwatering (H_2S , NH_3) en opslag (NH_3 , na behandeling met kalk). Preventieve maatregelen om de stankemissie te minimaliseren zijn naast een zo vergaand mogelijke stabilisatie van het slib, het gebruik van een centrifuge of filterpers in plaats van een zeefbandpers bij de slibontwatering, reduceren van de verblijftijd in de slibindikker tot minder dan 48 uur, het affakkelen van niet te gebruiken biogas en afzuiging van de opslagruimte na kalkbehandeling.

3.3 Overige

Pitman uit Zuid Afrika beschrijft de mogelijkheden om de hoeveelheid fosfaat die vrij kan komen bij de verdere verwerking van zuiveringsslib, waaronder indikken, vergisten en ontwateren, te minimaliseren. De mate van deze fosfaatafgifte is sterk gerelateerd aan de aard van het zuiveringsslib en de wijze van behandelen. Aangetoond is dat circa 60 % van het fosfaat, dat tijdens de biologische afbraak is vastgelegd, weer vrijkomt tijdens anaërobe vergisting.

Het is bekend dat beluchting de fosfaatbinding aan het slib kan versterken. Op het laboratorium is dit uitgetest door anaëroob vergist fosfaatrijk-zuiveringsslib te beluchten (tabel 4). Na 2 uur beluchten stijgt de pH door CO₂-uitblazing en een vermindering van de alkaliteit, hardheid en ortho-fosfaat gehalte.

Tabel 4 Effect van beluchten op fosfaatvastlegging in gistingsslib.

	Unaerated	After 2 h Aeration
pH (Unfiltered)	7.7	8.8
Alkalinity (CaCO ₃)*	3 080 mg/l	2 680 mg/l
O-PO ₄ (P)*	100 mg/l	45 mg/l
Hardness (CaCO ₃)*	164 mg/l	106 mg/l

*(Filtered through glass fibre filter paper)

Novak van Virginia Polytechnic Institute and State University (USA) gaf in zijn voordracht aan dat de tijdens slibontwatering optredende afschuifkrachten (shear) een extra polymeerdosering kan vereisen. Door vergelijking van een laboratoriumopstelling met een filterpers is aangetoond dat de vereiste polymeerdosering vooraf op laboratoriumschaal kan worden bepaald.

4 Slibverwerkingstechnieken

Over slibverwerkingstechnieken werd een aantal voordrachten gehouden die een goed overzicht gaven van de ontwikkelingen in de diverse landen. Op de posterpresentatie werd eveneens aan een aantal interessante technieken aandacht geschonken.

4.1 Slibdroging

Naast de conventionele droogtechnieken zoals die tot dusver worden toegepast bij de droging van zuiveringsslib (dunne laag droging, schijven droging), werd ruim aandacht besteed aan het Carver-Greenfield proces.

Dit gebeurde zowel in de voordrachten als tijdens het excursieprogramma.

4.1.1 Conventionele droogprocessen

Oehlmann van Buss AG (Zwitserland) gaf in zijn voordracht aan dat de slibdroogprocessen die in de levensmiddelen-, de chemische- en de farmaceutische industrie worden toegepast zonder grote bezwaren toegepast kunnen worden voor het drogen van zuiveringsslib. Te onderscheiden zijn directe en indirecte droging. Bij directe droging wordt verwarmde lucht langs het natte zuiveringsslib geleid waarbij water wordt opgenomen. Bij indirecte droging wordt de benodigde warmte geleid door een wand. Hierbij wordt stoom of verhitte olie als warmtebron gebruikt. Bij het BUSS droogstelsel vindt indirecte droging van zuiveringsslib plaats en kan afhankelijk van de droogtegraad en de bestemmingsmogelijkheden bestaan uit verschillende trappen. In de eerste trap wordt het zuiveringsslib gedroogd door middel van dunne laag droging. De installatie bestaat uit een rotor met verschillende schoepen. Deze schoepen hebben afhankelijk van de plaats in de installatie een steeds andere functie, variërend van menging, transporteren en reinigen van de wanden. De specifieke droogcapaciteit - d.i. de hoeveelheid slib dat per tijdseenheid per m^2 wordt gedroogd - ligt tussen 20-160 $kg/h.m^2$, afhankelijk van de begin- en einddrogestofgehalte. De specifieke verdampingscapaciteit is maximaal circa 100 $kg/h.m^2$. Het einddrogestofgehalte bedraagt 35-65 %. De tweede trap bestaat uit een Rovator schijfdroger met een verblijftijd van enkele uren. De specifieke droogcapaciteit bedraagt 20-70 $kg/h.m^2$; de specifieke verdampingscapaciteit 15 $kg/h.m^2$; het drogestofgehalte kan oplopen tot 90 % of meer.

4.1.2 Carver-Greenfield proces

Het Carver-Greenfield proces berust op het principe van meertrapsverdamming. Bij een toenemend drogestofgehalte bereikt het slib-water mengsel een dusdanige consistentie, dat het niet meer verpompbaar is. Om dit probleem te ondervangen wordt een hoogkokende niet in water oplosbare olie toegevoegd. De olie kan na afloop van het

proces worden teruggewonnen en opnieuw gebruikt.

Op dit moment is in de Verenigde Staten één installatie in bedrijf te weten op de rwzi Hyperion te Los Angeles. Daarnaast zullen binnen niet al te lange termijn installaties gebouwd worden in opdracht van de County of Los Angeles (Joint Water Pollution Control Plant) en van de Ocean County Ytilities Authority (OCUA) te New Jersey. Voorts is een installatie gepland in Treton (City of Treton). Het project te New Jersey wordt gesubsidieerd door de EPA o.a in verband met het toepassen van het Carver-Greenfield proces als een innovatief proces.

De Carver-Greenfield installatie op de rwzi Hyperion is circa 2 jaar in bedrijf. Tot dusver zijn veel problemen opgetreden. De ontwerpcapaciteit van de installatie bedraagt 265 ton droge stof per dag. Maximaal is nog niet meer dan 100 ton droge stof per dag verwerkt. Tijdens het bezoek aan de rwzi stond de installatie buiten gebruik in verband met het aanbrengen van modificaties aan de installatie. De tot dusver ondervonden problemen zijn zowel technisch als besturingstechnisch van aard. De technische problemen worden deels veroorzaakt door de opstelling van de installatie in een te klein gebouw. Hierdoor zijn te veel bochten in leidingen tussen de diverse droogtrappen ingebouwd waardoor zeer snel verstoppingen optreden. Wat betreft de besturing van de installatie is de gevoeligheid voor fluctuaties erg groot. Men durfde geen uitspraak te doen of men er ooit in zal slagen tot een stabiele procesvoering te komen.

Bij het ontwerp is men er van uitgegaan, dat de afgassen van de Carver-Greenfield installatie minder stank zouden geven dan van andere droogsystemen. Op basis van de ervaringen tot dusver acht men het noodzakelijk de afgassen van de Carver-Greenfield installatie te verbranden om stankoverlast te voorkomen.

4.2 Mechanische ontwatering

Uit discussies rond mechanische slibontwateringsapparatuur bleek, dat voor uitgest slib geringe verschillen bestaan tussen de resultaten behaald met zeefbandpersen en centrifuges. Bijkomende argumenten als b.v. reeds bestaande ervaringen geven vaak de doorslag in de uiteindelijke keuze.

Als voordeel van een centrifuge werd genoemd de gesloten uitvoering waardoor minder stankstoffen vrijkomen en het geringere ruimtebeslag.

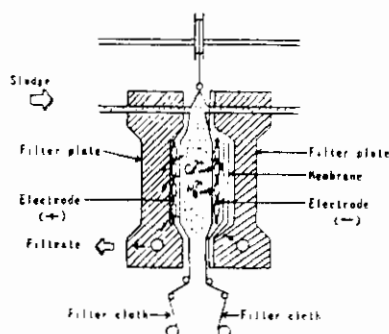
Als voordeel van een zeefbandpers werd genoemd een hoger drogestofgehalte en een geringer energieverbruik.

Bij deze vergelijkingen moet worden bedacht, dat prestaties van ontwateringsapparatuur behaald met slib van een rwzi niet zondermeer veralgemeeniseerd kunnen worden. Specifieke slibeigenschappen, die tot dusver nog niet goed beschreven kunnen worden zijn hierbij van invloed. Daarnaast is op dit moment door het grote belang dat wordt gehecht aan hogere drogestofgehalten van mechanisch ontwaterd slib een ontwikkeling gaande bestaande ontwateringsapparatuur te verbeteren. Voorts wordt

ook nieuwe ontwateringsapparatuur ontwikkeld.

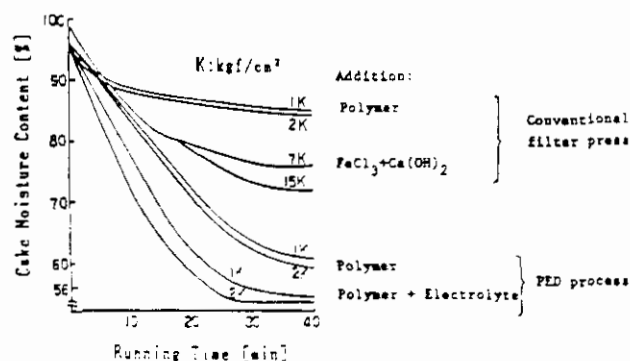
De mogelijkheid om de werking van centrifuges te optimaliseren werd toegelicht door **Garrel** van Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago (USA). Door een automatische regeling van het verschiltoerental tussen centrifugetrommel en transportschroef is het mogelijk een centrifuge continu optimaal te laten werken. Dit houdt in, dat een zeer duidelijke toename van het drogestofgehalte van het ontwaterde product verkregen kan worden. De regeling werkt op basis van een gemeten momentkracht van de transportschroef in een sliblaag in de centrifugetrommel. In Nederland zijn reeds centrifuges op de markt waarin het betreffende sturingsmechanisme is opgenomen.

Kondoh van Shinko Pantec Co. (Japan) besprak de resultaten van het ontwateren van zuiveringsslib met een filterpers waaraan een electro-osmotisch proces (PED = pressurized electro-osmotic dehydrator) was toegevoegd. Figuur 3 geeft een indruk van de opbouw van de filterplaten.



Figuur 3 Opzet filterpers met electro-osmose proces.

De ontwateringssnelheid en het drogestofgehalte met dit PED-proces zijn aanzienlijk beter dan met een conventionele filterpers (figuur 4). Met een filterpers zonder electro-osmose wordt een drogestofgehalte gehaald van 27% en met inpassing van electro-osmose van 40%.



Figuur 4 Ontwateringssnelheid met en zonder electro-osmose proces.

Ten aanzien van de kosten dient vermeld te worden dat bespaard kan worden op de chemicaliën en de storkosten, maar de investeringskosten voor het PED-proces en het energieverbruik zullen aanzienlijk hoger uitvallen.

4.3 Chemische fixatie.

Chemische fixatie is een wijze van slibstabilisatie waarbij slib wordt omgezet in een product dat kan worden gebruikt als afdek materiaal van stortplaatsen danwel voor landbouwkundige toepassing. Uitgangproduct is een met een zeefbandpers of een centrifuge ontwaterd slib. Door het toevoegen van chemicaliën ontstaat een chemisch, biologisch en fysisch stabiel product. Het eindproduct heeft een geringe stankpotentie, bevat een geringe hoeveelheid pathogenen en bevat de aanwezige zware metalen in een vastgelegde vorm.

Twee gepatenteerde processen werden kort door Jacobs van Jacobs/WFC (USA) gepresenteerd:

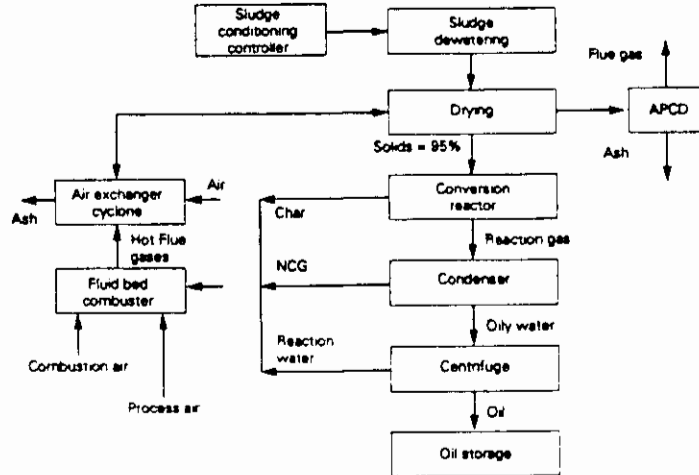
- het Chemfix proces. Dit proces gebruikt portland cement en natriumsilicaat als toelagstoffen;
- het N-Viro proces. Hierbij worden kalk en cementovenstof als toelagmaterialen gebruikt.

Reimer (USA) ging in op de mogelijkheden om het met het Chemfix proces behandelde slib te hergebruiken. Stabilisatie van het slib wordt bereikt door de hoge pH (pH >12). Tijdens het proces worden sommige organische stoffen alsmede toxische zware metalen gebonden. Door het toevoegen van specifieke toelagstoffen kunnen ook andere potentieel schadelijke stoffen worden vastgelegd. Ascaris eieren, één van de meest resistente pathogenen aanwezig in zuiveringsslib kunnen door het proces worden geïnactiveerd. Als kostenniveau voor het proces werd onder Amerikaanse condities een niveau van f 240,- tot f 280,- per ton drogestof aangegeven.

4.4 OFS-proces

In het verleden is op diverse plaatsen reeds gerapporteerd over het OFS (Oil from Sludge) proces, het "olie-uit-slib" proces, waarbij uit zuiveringsslib een olie wordt geproduceerd vergelijkbaar met dieselolie. Dit thermo-chemisch proces vindt plaats onder gematigde omstandigheden; temperatuur < 450°C en een druk van circa 1 atmosfeer. In de eerste trap van de OFS-reactor wordt het gedroogde slib in afwezigheid van zuurstof opgewarmd tot 450°C, waardoor circa 40 tot 50 % van het slib verdampt. Vervolgens worden deze dampen in contact gebracht met het kool, dat als residu bij dit proces achterblijft. In deze tweede trap treden gekatalyseerde reacties op, waarbij de organische stof wordt omgezet in alifatische koolwaterstoffen, die gewoonlijk ook het belangrijkste bestanddeel vormen van ruwe olie. Per ton zuive-

ringsslib wordt 150-300 liter olie gevormd met als bijproducten kool (58 %), reaktiewater (16 %) en niet te condenseren gas (11 %).



Figuur 5 Processchema van een OFS-installatie.

Bridle van Enersludge en Hammerton van Sydney Water Board (beide uit Australië) rapporteerden over het gedrag van zware metalen en organochloorverbindingen in het OFS proces. De resultaten waren verkregen met een proefinstallatie die gedurende 4 maanden heeft gedraaid in Sydney.

Met uitzondering van arseen en kwik blijven alle zware metalen in het OFS proces achter in de kool. Meer dan 75 % van de PCB's en 85 % van HCB aanwezig in het slib werden tijdens het OFS-proces vernietigd. In de bij het proces vrijkomende gassen konden geen organochloorverbindingen worden aangetoond.

Tabel 5 Gehalte aan verontreinigingen in slib en reaktieproducten.

Contaminant	Sludge		Oil		Char		Reaction Water	
	Range	Ave	Range	Ave	Range	Ave	Range	Ave
Arsenic	1-5	3.1	0.5-1	0.8	1-6	3.3	<1-3	2.2
Cadmium	35-54	44	0.1-1	0.7	59-87	69	<0.5	<0.5
Chromium	314-745	615	0.4-3.3	2.1	774-1080	977	<0.5	<0.5
Copper	1070-1380	1187	2-5	4.0	1615-2160	1934	<0.5	<0.5
Lead	245-310	267	0.3-8	1.1	358-460	412	<0.5	<0.5
Mercury	6-9	7	<1	<1	0.6-2	1.5	<1	<1
Nickel	207-332	198	0.4-1	0.9	258-350	307	<0.5	<0.5
Zinc	2655-3390	1999	0.7-13	8.7	2655-3365	3142	<0.5	<0.5
HCB	0.75-1.9	1.3	0.29-1.7	1.0	<0.004	<0.004	<0.01	<0.01
PCB's	0.21-0.47	0.32	0.26-0.8	0.48	<0.012	<0.012	<0.016	<0.016

Alle tot dusver verricht onderzoek naar het OFS proces is uitgevoerd met proefinstallaties. Momenteel wordt getracht te komen tot een praktijkinstallatie. Het streven is erop gericht deze praktijkinstallatie in 1991 in gebruik te kunnen nemen.

4.5 Steenproductie uit zuiveringslib

Aziz van National University of Singapore heeft in een aantal studies de mogelijkheden geevalueerd om zuiveringslib her te gebruiken, anders dan afzet naar de landbouw en als zwarte grond. Hij concludeerde dat het slib na verbranding een aantal goede eigenschappen bezit voor verdere toepassing, zowel direct als indirect, in de sfeer van civiele werken. Direct zijn de verbrandingslakken te gebruiken als onderlaag voor wegfundering. Indirect kan de verbrandingsas toegepast worden als toeslagstof in cement of bij de bereiding van stenen, dakpannen, rioleringsbuizen etc.

Wakefield (Zuid-Afrika), Kamata (Japan) en Alleman (USA) gingen bij hun presentatie dieper in op de mogelijkheid om zuiveringslib in te zetten bij de productie van stenen.

Wakefield gaf aan, dat afhankelijk van het soort steen tot maximaal 30% slib in de stenen kan worden verwerkt. Uitgegaan wordt van een slib-klei mengsel. De eigenschappen van deze stenen, zoals sterkte, waterabsorberend vermogen, uniformiteit in afmetingen (220*106*73 mm), kleur en structuur voldoen aan de eisen. Als voordelen werden genoemd een reductie van de brandstofkosten met 69%, een lichtere steen (2,4 kg in plaats van 3 kg), reductie van het waterverbruik alsmede een verhoogde steenproductie.

Kamata verhaalde van de succesvolle ontwikkeling van een permeabele steen waarbij gebruik wordt gemaakt van as uit een slibverbrandingsinstallatie. Gebruikt wordt een slib-zand-klei mengsel in een verhouding 3:6:1.

Alleman ging met name in op het uitlooggedrag van (zware) metalen uit stenen waarin zuiveringslib is verwerkt. Op basis van uitgevoerd onderzoek werd geconcludeerd, dat bij een gemiddelde kwaliteit slib geen significante uitloging van metalen plaatsvindt. Bij zeer sterk verontreinigd zuiveringslib mag uit de stenen enige uitloging van arseen, selenium en cadmium worden verwacht.

4.6 Storten van zuiveringslib

Köhlhoff (Duitsland) ging in op het stortgedrag van zuiveringslib. Uit onderzoek uitgevoerd in West-Duitsland is gebleken, dat de afschuifweerstand een goede maat is voor het bepalen van de storteigenschappen van zuiveringslib. Praktijkonderzoek heeft uitgewezen, dat een afschuifweerstand van minimaal 20 kN/m² nodig is om slib op een verantwoorde wijze te kunnen storten. Op stortplaatsen zelf vinden nog omzettingprocessen plaats. Laboratoriumtests en aanvullend praktijkonderzoek hebben aangetoond, dat slib geconditioneerd met kalk tot een pH van 12-13 na verloop van tijd weer een pH van ongeveer 7 bezit. Na een opslagperiode van 2 jaar was de afschuifweerstand gedaald van 20 tot 3 à 5 kN/m². De daling van de afschuifweerstand wordt volledig toegeschreven aan het ontstaan van vrij water. Het drogestofgehalte was namelijk zelfs licht gestegen van 40-45% naar 45-53%.

Op dit moment is onderzoek gaande naar het stortgedrag van op andere wijze geconditioneerd en ontwaterd slib.

Voor met name mono-deponien acht Köhlhoff het noodzakelijk het gedrag van het slib in de tijd te volgen. Dit om er voor te zorgen, dat mogelijk ontstaande gevaarlijke situaties tijdig worden onderkend.

In Nederland wordt tot dusver voor het storten van zuiveringsslib in mono-deponiën een afschuifweerstand van ca. 10 kN/m² aangehouden. Op basis van de eerste ervaringen in West-Duitsland lijkt het noodzakelijk het gedrag van het slib in deze stortplaatsen nauwgezet te volgen.

3.8 Slibverbranding

Door Reimann van Müllheizkraftwerk Stadt und Landkreis Bamberg (Duitsland) werd in de posterpresentatie bericht over een succesvolle ontwikkeling in de stad Bamberg. Hier wordt gedurende twee jaar mechanisch ontwaterd zuiveringsslib gemengd met huisvuil en gezamenlijk verbrand. Het zuiveringsslib met een drogestofgehalte van > 35% wordt opgehaald tesamen met het huisvuil en tijdens het transport naar de verbrandingsinstallatie in de vuilniswagen gemengd. Maximaal wordt op gewichtsbasis 30% slib aan het huisvuil toegevoegd.

3.9 Smeltprocessen

In een aantal voordrachten uit Japan (Oku van Kobek Steel, Sakai van Kyoto University) werd ingegaan op het smeltproces. Eind 1988 waren vijf praktijkinstallaties werkend volgens het smeltproces in bedrijf en vijf installaties in aanbouw. Bij het smeltproces ontstaat in plaats van as zoals geproduceerd bij de slibverbranding een verglaasd product. Als voornaamste voordelen van het smeltproces werden genoemd het volledig vastleggen van de in het slib aanwezige verontreinigingen en een voor constructiedoeleinden te gebruiken eindproduct. Afhankelijk van o.a. de energieprijzen en de stortkosten voor de as bij slibverbranding kan het smeltproces ten opzichte van het conventionele verbrandingsproces voordelen bieden.

In de posterpresentaties werd door de firma KHD Humboldt Wedag AG aandacht gevraagd voor het CORMIN-proces. In dit proces vindt bij een temperatuur van circa 1600 °C verbranding van gedroogd en gemalen slib in een smeltcycloon plaats. Via een tussenschicht loopt dan een stroom vloeibare as in de ontgassingsoven, waar een naverbranding plaatsvindt bij 1400 °C. Door afkoeling ontstaat uit de as een slak. Dit product is zeer compact, hard en glasachtig van structuur. De slak is onoplosbaar in water en agressieve media en geschikt voor gebruik als bouw materiaal b.v. voor fundaties. De slak bestaat hoofdzakelijk uit silicium-, aluminium-, ijzer- en calciumoxyde.

Zware metalen concentreren zich niet in de slak, maar in het stof dat bij de verbranding tesamen met de afgassen wordt afgevoerd.

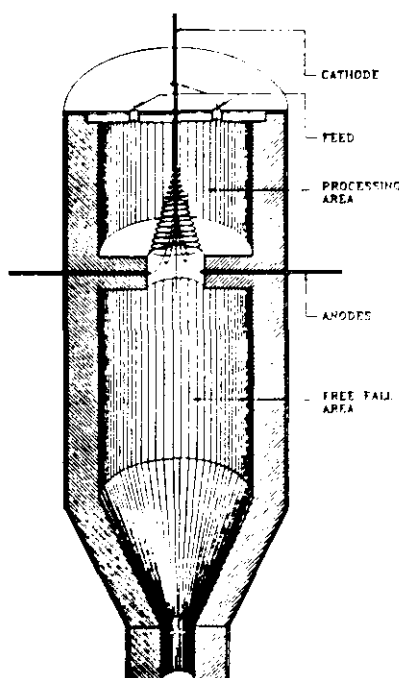
Tot dusver is alleen op laboratoriumschaal onderzoek verricht.

4.9 SSP proces

Als één van de echt nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de slibverwerking werd gepresenteerd het SSP-proces van de firma Neustrail. SSP staat voor "Sustained Shockwave Plasma". Bij het proces wordt gebruik gemaakt van plasmatechnologie.

Voor het verwerken in een SSP reactor dient het zuiveringsslib eerst vergaand (tot ca. 80%) te worden gedroogd. Vervolgens wordt het slib in de SSP reactor gebracht. Deze reactor bestaat uit drie zones. In de eerste zone, de plasmazone, wordt het slib chemisch gereduceerd en voorbereid. In de plasmazone wordt een milieu met een zeer snel roterend elektrisch veld gecreëerd. De temperatuur in deze zone bedraagt 25.000-50.000 °C, de verblijftijd van het slib 0.03 seconden. Vervolgens komt het slib in de tweede zone, de primaire oxydatiezone. Hierin wordt de temperatuur teruggebracht tot 815-925 °C. Onder toevoeging van lucht in sub-stoichiometrische hoeveelheden vindt hier de omzetting van alle oxydeerbare vaste stoffen in gasvormige verbindingen plaats. De verblijftijd in deze zone bedraagt 0.65 seconden. In de derde zone, de secundaire oxydatiezone, wordt het gasmengsel, dat in de tweede zone is vrijgekomen met 5% luchtovermaat volledig geoxydeerd. De verblijftijd in deze zone bedraagt 0.20 seconden.

In figuur 6 is een schema van een complete SSP-installatie weergegeven.



Figuur 6 SSP-installatie.

Als voordeel van het SSP procede ten opzichte van conventionele slibverbranding wordt geclaimd, dat een restproduct overblijft dat geschikt is voor hergebruik in b.v. de cementindustrie. Daarnaast is ongeveer een stoichiometrische luchthoeveelheid nodig, zodat een geringere luchthoeveelheid hoeft te worden behandeld.

4.10 Overige

Tran van Asian Institute of Technology (Thailand) vergeleek de conventionele aërobe vergisting van primair- en secundair zuiveringsslib in een air-lift bioreactor onder mesofiele- en thermofiele procesomstandigheden. Bij de mesofiele aërobe slibgisting kon bij een hydraulische verblijftijd van 4 dagen een belasting van 7,2 kg organische drogestof/m³.dag worden gerealiseerd en een organische drogestof-verwijdering van 40 %. Dit is aanzienlijk hoger dan de aangehouden richtlijn van 1,6 kg organische drogestof/m³.dag voor de conventionele aërobe vergistingstanks, waarbij een organische drogestof-reduktie van circa 20 % mag worden verwacht. Onder thermofiele omstandigheden is een organische stofreduktie van 30 % verkregen bij een hydraulische verblijftijd van 2,5 dag en een belasting van 8,2 kg organische drogestof/m³.dag. De jaarlijkse kosten kunnen hierdoor tot 75 % gereduceerd worden ten opzichte van een conventionele aërobe vergisting; te onderscheiden in een vermindering van de kapitaalskosten (20 %) en energiekosten (50 %).

Tyagi van Université du Quebec (Canada) presenteerde de resultaten van een onderzoek op laboratoriumschaal naar de biologische uitloging van zware metalen uit uitgegist zuiveringsslib. Vergeleken werden de resultaten tussen een continu geroerde reactor en een airlift reactor.

In de continu geroerde reactor werd een verblijftijd aangehouden van 0,75 dag. Het aan de reactor toegevoegde slib werd op een pH van 4,5 gebracht. Aan de reactor werd 4 g/l FeSO₄.7H₂O toegevoegd. Voorts werd geënt met een bacteriecultuur van Thiobacillus Ferro-oxidans. Bereikt zijn o.a. de volgende resultaten:

parameter	onbehandeld slib	slib na behandeling	verwijderingspercentage
Cu	2694 mg/kg d.s.	229 mg/kg d.s.	91 %
Zn	2704 „	164 „	94 %
Mn	382 „	26 „	93 %
Cd	16 „	5,3 „	67 %
Ni	23 „	7,5 „	67 %
Cr	65 „	60 „	8 %
Pb	295 „	273 „	7 %

Wanneer de kwaliteit van het slib na behandeling wordt getoetst aan de kwaliteitseisen voor nuttige toepassing van zuiveringsslib zoals opgenomen in het ontwerp-besluit kwaliteit overige organische meststoffen voor de periode 1991 t/m 1994 dan voldoet alleen cadmium niet aan de gestelde grenswaarde (3,5 mg/kg ds). Hierbij dient wel te

worden opgemerkt, dat het cadmiumgehalte van het onderzochte slib in vergelijking met de gemiddelde kwaliteit van het nederlandse slib hoog is.

Het behandelde slib was goed mechanisch te ontwateren. Het nutriëntgehalte (N en P) werd door de bewerking niet negatief beïnvloed.