

Verwerkings- en bestemmingsmogelijkheden zuiveringsslib

Inleiding

Uit een eerder artikel blijkt dat met name de kwaliteit van het zuiveringsslib in toenemende mate de mogelijkheden voor een nuttig hergebruik bepaalt. Dit is schematisch weergegeven in afb. 1. Daarnaast worden de hergebruiksmogelijkheden bepaald door de concurrentie van andere organische (mest)stoffen zoals dierlijke mest. Uit afb. 1 blijkt dat de hergebruiksmogelijkheden zijn:

- (natte) afzet in de landbouw;
- compost uit zuiveringsslib;
- zwarte-grondbereiding uit zuiveringsslib.



J. J. VAN DEN BERG
Grontmij nv De Bilt
Afdeling milieutechnologie

Als aan kwaliteitsvoorwaarden niet wordt voldaan of wanneer er onvoldoende (markt)perspectief is voor de afzet, dan moet worden gekozen voor andere opties zoals berging op stortplaatsen of vernietigen. In het volgende wordt een aantal aspecten van de verschillende mogelijkheden toegelicht.

Compostering

In opdracht van de STORA is door Grontmij NV een onderzoek verricht naar de bereiding van compost en zwarte grond uit zuiveringsslib. Naast een literatuurstudie en praktijkproeven, is een evaluatie gemaakt van uitgevoerde onderzoeken.

De instanties welke zich bezighouden of hielden met de compostering van zuiveringsslib of onderzoek op dit gebied, en waarvan de resultaten in STORA-verband [1] zijn gerapporteerd, zijn:

- het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland;
- het Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland;
- het Waterschap De Dommel;
- Grontmij NV;
- de STORA.

Compostering wordt gedefinieerd als een biologisch proces waarbij energierijk organisch materiaal onder invloed van microbiologische processen wordt geoxydeerd, waarbij dit materiaal wordt omgezet in energie-arme organische en anorganische materialen en waarbij warmte vrijkomt.

In te composteren materiaal moet voldoende koolstof en stikstof aanwezig zijn om in de behoefte aan energie en stofwisseling van de micro-organismen te voorzien.

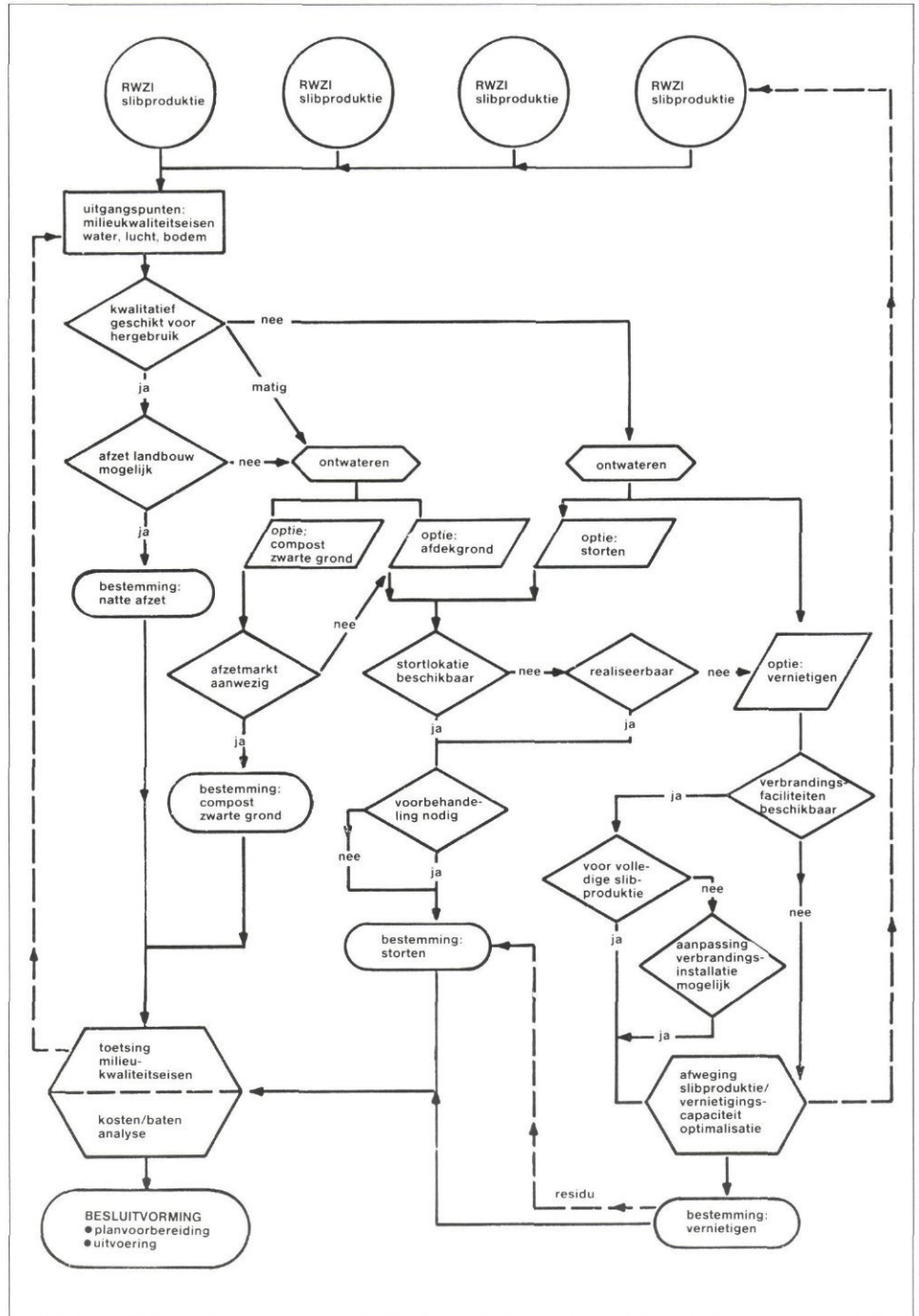
Het composteringproces wordt beïnvloed door:

- de beschikbaarheid van afbreekbaar materiaal en vocht;
 - de mate waarin zuurstof wordt toegevoerd en gasvormige afbraakprodukten en waterdamp worden afgevoerd.
- Compostering van zuiveringsslib kan worden uitgevoerd in open- en gesloten systemen. In Nederland worden alleen open systemen toegepast. Het te composteren materiaal wordt gemengd met een toeslagmateriaal en gestapeld tot rillen of hopen. Beluchting, dat wil zeggen de toevoer van zuurstof en de afvoer van vocht en gasvormige afbraakcomponenten, wordt gerealiseerd

door natuurlijke ventilatie van het mengsel van te composteren slib en toeslagmateriaal. Dit mengsel moet over voldoende porositeit beschikken om natuurlijke ventilatie plaats te laten vinden.

De natuurlijke ventilatie kan worden gestimuleerd door het te composteren materiaal regelmatig om te zetten (windrowmethode) of door het toepassen van geforceerde beluchting (aerated static pile-methode). In de praktijkproeven van de STORA is alleen de laatste methode in beschouwing genomen. Het mengsel van te composteren materiaal en toeslagmateriaal

Afb. 1.



wordt dan gestapeld op beluchtingsbuizen waaraan een ventilator is gekoppeld.

De slibsoorten welke bij praktijkonderzoeken betrokken zijn geweest, kunnen worden gekarakteriseerd naar de mate van stabilisatie, de wijze waarop stabilisatie heeft plaatsgevonden, de conditionering en de ontwateringstoestand.

De toegepaste slibsoorten waren:

- niet gestabiliseerd slib;
- aëroob gestabiliseerd slib;
- uitgegist slib.

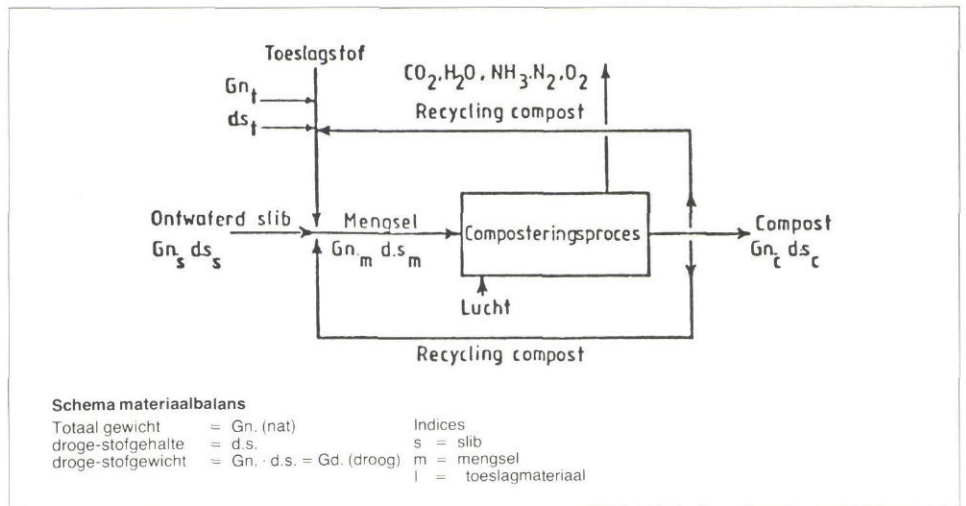
Ontwatering van de slibben vond plaats (eventueel na chemische conditionering) door middel van:

- lagunering;
- zeefbandpers;
- kamerfilterpers.

Ten behoeve van de compostering zijn aan het slib diverse toeslagmaterialen toegevoegd met als functie het reguleren van vocht en het verhogen van de porositeit van een stapeling van te composteren materiaal. Voor de vochtregulatie is gebruik gemaakt van houtschillen, houtsnippers, stro en compost; in een aantal gevallen zijn ten behoeve van de porositeit grove materialen gebruikt, zoals houtblokken. Uit literatuurgegevens blijkt dat vaak de koolstof/stikstof-verhouding (C/N) wordt gehanteerd als mengparameter. Het koolstofgehalte van het te composteren mengsel zou kunnen worden verhoogd door het toevoegen van koolstofrijke toeslagmaterialen.

De C/N-verhouding als procestechnologische parameter is gebaseerd op de mineralisatie van koolstof en stikstof door micro-organismen. De invloed van toeslagmaterialen als C-bron is echter in de praktijkproeven niet aangetoond en wordt dan ook van ondergeschikte betekenis voor het composteringsproces geacht. In afb. 2 is het schema van een materiaalbalans weergegeven.

De noodzakelijke mengverhouding wordt bepaald door de eigenschappen van het slib en van de toeslagmaterialen. Indien alleen vochtregulerende toeslagstoffen werden toegepast, was een mengverhouding tussen slib en toeslagstof van 1 : 2 à 2,5 (op volumebasis) gebruikelijk. Om warmteverliezen uit de stapeling te voorkomen en indringing van neerslag tegen te gaan is veelal gebruik gemaakt van afdek materiaal. De materialen die hiervoor kunnen worden gebruikt moeten een warmte-isolerende werking hebben en het indringen van neerslag tegengaan. Anderzijds moeten de afdekmaterialen de afvoer van vocht en gasvormige afbraakproducten uit een stapeling zo min mogelijk belemmeren. Toegepaste afdekmaterialen zijn compost, kunststofdoeken en stro.



Afb. 2 - Materiaalbalans compostering zuiveringsslib.

Voor een goed verlopend composteringsproces is het noodzakelijk om de natuurlijke beluchting van een stapeling te intensiveren met behulp van ventilatoren en beluchtingsbuizen. De hoeveelheid lucht die aan te composteren materiaal moet worden toegevoerd, wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid vocht die moet worden afgevoerd via de lucht en is dus afhankelijk van de hoeveelheid vocht in het te composteren slib en toeslagmateriaal.

De vereiste capaciteit van de ventilatoren moet mede op de weerstand van stapeling en beluchtingssysteem worden gedimensioneerd. Uit een aan de literatuur ontleend model voor de berekening van de weerstand van beluchtingssystemen, blijkt dat bij onderdrukbeluchting een hogere weerstand ontstaat dan bij drukbeluchting. De voornaamste weerstand wordt veroorzaakt door stroming van lucht door de perforaties van de beluchtingsbuizen.

Bij onderdrukbeluchting vindt de afvoer van lucht in het algemeen plaats in een biofilter welke ook een weerstandsverlies oplevert. In afb. 3 zijn schematisch het luchttransport en de temperatuurverdeling weergegeven.

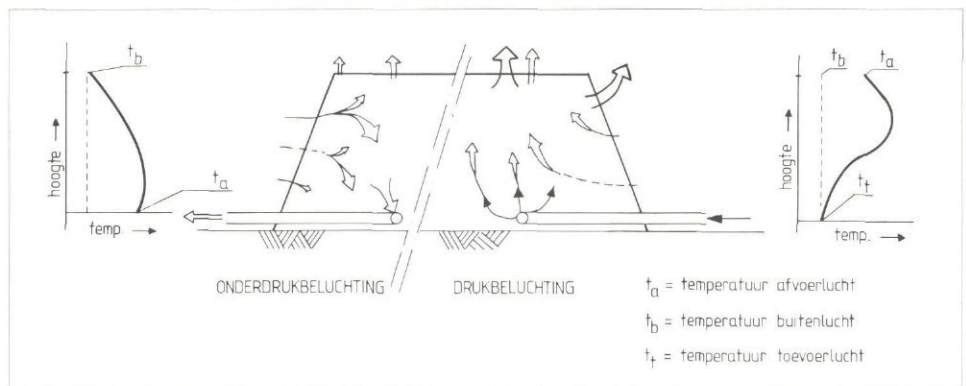
Theoretisch zou een groot aantal parameters

in aanmerking kunnen komen om het verloop van het composteringsproces te beoordelen. In de praktijk wordt echter uitsluitend de temperatuur in de stapeling gebruikt als stuurparameter. Bij processturing moet dan vooral worden gedacht aan de hoeveelheden lucht, die aan de stapeling worden onttrokken, c.q. toegevoegd.

Alle toegepaste soorten zuiveringsslib bleken door micro-organismen te kunnen worden afgebroken, zij het dat de soorten van organismen voor de verschillende slibsoorten variëren. De aanwezigheid van conditioneringmiddelen als kalk en ijzerchloride of polyelectrolyten is daarbij niet van invloed op het composteringsproces gebleken. Als gevolg van het langdurig blootstellen aan relatief hoge temperaturen neemt de hygiënische betrouwbaarheid van het materiaal in hoge mate toe.

Bij het composteren van zuiveringsslib kan stankoverlast ontstaan bij het mengen van de materialen en het opbouwen van de stapeling. Het belangrijkste middel om dit bezwaar te minimaliseren is het stellen van eisen aan de stabilisatiegraad van het aangevoerde slib. Ook tijdens de compostering kan stankoverlast ontstaan; bij onderdrukbeluchting kan de onttrokken lucht met een biofilter

Afb. 3 - Schematische weergave luchttransport en temperatuurverdeling.



worden behandeld; bij drukbeluchting bestaat deze mogelijkheid niet.

Na afloop van het composteringsproces moet een scheiding tussen gecomposteerd materiaal en toeslagmateriaal tot stand worden gebracht door zeven. Het afgescheiden toeslagmateriaal kan, afhankelijk van het vochtgehalte, worden hergebruikt voor een volgend composteringsproces. De effectiviteit van de scheiding wordt in sterke mate bepaald door het vochtgehalte van het te zeven materiaal. Bij een vochtgehalte van meer dan 45% bestaat de neiging tot conglomereren van compostdeeltjes en aanhechting aan het oppervlak van de zeef en in de zeefdoorlaat. Wanneer porositeitverhogend toeslagmateriaal wordt toegepast naast vochtregulerend toeslagmateriaal, moet meerdere malen worden gezeefd om beide materialen af te scheiden. Nadat het porositeitverhogend toeslagmateriaal is afgescheiden kan de zeeffractie, bestaande uit vochtregulerend toeslagmateriaal en gecomposteerd slib, direct worden gezeefd of eerst worden opgeslagen voor narijping en droging.

Het eindproduct is de compost. Deze bestaat uit gecomposteerd zuiveringsslib en resten toeslagmateriaal. De compost kan worden gekarakteriseerd op basis van chemische samenstelling, hygiënische betrouwbaarheid en stabiliteit.

Als gevolg van het composteringsproces zal vocht worden afgevoerd waardoor het droge-stofgehalte toeneemt. De droge-stofgehalten van eindproducten variëren van 50 tot ongeveer 70%.

De gehalten aan organische stof in eindproducten variëren van 40% tot 60% van de droge stof. Dit organisch stofgehalte hangt voor een deel af van de mate waarin afbraak van organische stof heeft plaatsgevonden. Van grotere invloed echter is het achterblijven van organische toeslagmaterialen in het eindproduct.

De concentraties aan bemestende stoffen en micro-elementen blijken tijdens composteren zowel toe als af te nemen. In het algemeen zullen in het eindproduct de concentraties van bemestende stoffen en micro-elementen lager zijn dan in het slib. Dit is te verklaren door achterblijven van 'schoon' toeslagmateriaal aan het slib. Een concentratieverhogend effect kan eveneens ontstaan als gevolg van de afbraak van organische stof en vervluchtiging van de afbraakproducten. De koolstof-stikstof-verhouding (C/N-verhouding) van gecomposteerd zuiveringsslib blijkt tussen 10 en 15 te liggen en is van dezelfde orde van grootte als in de bouwvoor bij kleigrond en grasland. Om de mate van stabiliteit van compost te bepalen wordt naast de C/N-verhouding – die als maat voor

de reactiviteit van de compost in of op de bodem wordt beschouwd – het chemische zuurstofverbruik als parameter gebruikt.

Het chemische zuurstofverbruik van het slib neemt af tijdens composteren. De bepalingen worden sterk beïnvloed wanneer het eindproduct een hoog gehalte aan organische stof bevat en uit moeilijk afbreekbare verbindingen zoals lignine en cellulose – de hoofdbestanddelen van houtsnippers – bestaat.

Met betrekking tot de kosten van compostering zijn weinig Nederlandse gegevens beschikbaar. De bedragen, die in de (Amerikaanse) literatuur worden genoemd, namelijk f 200,- à f 300,- per ton droge stof, lijken niet van toepassing op de Nederlandse situatie. Op grond van de STORA-praktijkproeven, lijkt een kostprijs per ton droge stof van f 400,- à f 500,- meer reëel.

Zwarte-grondbereiding

Zwarte-grondbereiding wordt gedefinieerd als een methode om uit zuiveringsslib een product te bereiden dat een geschikt groeimedium voor planten vormt. In de praktijk betekent dit dat het slib gemengd wordt met toeslagstoffen om zowel fysisch als chemisch aan het criterium 'geschikt groeimedium' te kunnen voldoen.

De belangrijkste toeslagstoffen zijn van minerale aard (bijvoorbeeld zand), terwijl ook kleinere hoeveelheden van andere additieven kunnen worden gedoseerd, zoals specifieke meststoffen.

Uit de ervaringen, opgedaan met de verwerking van zuiveringsslib tot zwarte grond, kan worden afgeleid dat nagenoeg alle soorten slib, zoals die in Nederland worden geproduceerd, zich lenen voor deze verwerkingsvorm.

De consistentie van het slib (vloeibaar, steekvast, afhankelijk van het droge-stofgehalte van het slib) en de wijze waarop een eventuele ontwatering is gerealiseerd, legt beperkingen op aan de keuzemogelijkheden voor zwarte-grondbereiding; in alle gevallen is verwerking echter mogelijk.

Een factor, welke wel als limiterend kan worden beschouwd, is de stabilisatiegraad van het slib. Aangezien zwarte-grondbereiding een activiteit is, waarbij natuurlijke processen als droging door zon en wind, aërobe afbraak van organische stof en structuurvorming van essentieel belang zijn, dienen er optimale omstandigheden voor deze natuurlijke processen te worden gecreëerd. Dit betekent dat de bereidingsprocessen een beperkte laagdikte en derhalve een relatief groot oppervlak vereisen waarbij het nagenoeg niet mogelijk is om emissies naar de omgeving, bijvoorbeeld in de vorm van stank, tegen te gaan.

Derhalve moet het ontstaan van stank worden

voorkomen. Dit kan worden gerealiseerd door uitsluitend slib te verwerken, dat voldoende gestabiliseerd is.

Het is gebleken dat de bereidingsprocessen, die zijn ontwikkeld om uit zuiveringsslib een goede teelaarde te bereiden, ook kunnen worden toegepast om van een moeilijk hanteerbaar zuiveringsslib (bijvoorbeeld slib dat, na chemische conditioning, met een zeefbandpers gedeeltelijk is ontwaterd) een product te bereiden dat op een stortplaats verwerkbaar is. Het criterium 'geschikt groeimedium' wordt dan vervangen door 'verwerkbaarheid'. Dit betekent in het algemeen een mengsel dat veel rijker is aan zuiveringsslib, of anders gezegd, een mengsel met relatief weinig toeslagstoffen. Vanwege de overeenkomst in verwerkingsmethode wordt ook in dit geval gesproken van zwarte-grondbereiding.

Om de feitelijke zwarte-grondbereiding te kunnen realiseren, is voor het bereiden van een homogeen mengsel een zeer intensieve menging noodzakelijk. Gebleken is dat dit zowel met speciale mengmolens kan gebeuren, maar dat ook een normale landbouwfrees zich uitstekend leent voor dit doel. Tijdens het proces van rijping, waarbij sprake is van ontwatering en afbraak van organische stof kan een *maximale* laagdikte van het slib-toeslagstofmengsel van circa 0,20 m worden toegepast; een grotere laagdikte leidt tot anaërobie in het mengsel, waardoor het rijpingsproces sterk vertraagd wordt.

Om een goed verlopend rijpingsproces te verkrijgen, kan meestal niet direct de eindmengverhouding worden verkregen; het zuiveringsslib wordt in een aantal charges aan het toeslagmateriaal toegevoegd en intensief gemengd.

Zwarte-grondbereiding is een relatief langdurig proces; onder optimale omstandigheden moet worden gerekend op 3 à 4 maanden, terwijl deze termijn kan uitlopen tot circa 1 jaar, wanneer met name de (weers)omstandigheden ongunstig zijn. Zwarte-grondbereiding is als vorm van slibverwerking zowel op kleine als grote schaal uitvoerbaar, ervan uitgaande dat men over voldoende oppervlak beschikt. Bij een kleine bedrijfsomvang kan periodiek het benodigde materiaal worden gehuurd (loonwerker), terwijl het bij een grote verwerkingscapaciteit aantrekkelijk kan zijn om met materieel in eigen beheer te werken. Belangrijk is dat er over voldoende flexibiliteit in de bedrijfsvoering wordt beschikt om ook onder ongunstige weersomstandigheden het slibaanbod te kunnen verwerken.

Indien steekvast ontwaterd slib wordt verwerkt tot zwarte grond, kan als kostenindicatie f 170,- à f 210,- per ton droge stof worden genoemd, afhankelijk van het feit of er een stortbaar product of teelaarde bereid

wordt. In geval van verwerking van vloeibaar slib worden de kosten geraamd op f 350,— à f 440,— per ton droge stof, afhankelijk van de mate van mechanisatie. Hierbij moet worden bedacht dat er in dit geval geen kosten voor voorontwatering zijn.

Er moet vanuit worden gegaan, dat locaties waar zuiveringsslib tot zwarte grond wordt verwerkt, van een kunststoffolie worden voorzien om verontreiniging van de bodem en het grondwater te voorkomen.

Uitgangspunt voor een nuttig hergebruik van zuiveringsslib blijft de kwaliteit daarvan.

Omdat een optimaal hergebruik moet worden nagestreefd blijft het verbeteren van de slibkwaliteit bijvoorbeeld door sanering aan de bron geboden.

Wanneer er, om welke redenen dan ook, onvoldoende mogelijkheden zijn voor een nuttig hergebruik van zuiveringsslib, moet het slib aan de circulatie worden onttrokken door het te bergen op stortplaatsen of het te vernietigen.

Storten van zuiveringsslib

Mede door de kwaliteitsnormen die worden gehanteerd voor een nuttig hergebruik van zuiveringsslib neemt het storten van zuiveringsslib toe. In 1979 werd landelijk gezien ongeveer 25% van de geproduceerde hoeveelheid slib op droge-stofbasis gestort. Verwacht wordt dat in de eerste planperiode zoals genoemd in de 'Richtlijn voor de inhoud van de provinciale plannen voor de verwijdering van zuiveringsslib' (1987-1992), de hoeveelheid te storten slib op regionale stortplaatsen zal toenemen tot 50 à 70% van de totale slibproductie. Volgens deze richtlijn worden aan het te storten slib de volgende eisen gesteld:

- het slib dient steekvast te zijn en een droge-stofgehalte te hebben van ongeveer 35%;
- het slib moet zijn gestabiliseerd in verband met stankhinder.

De laatste eis spreekt voor zichzelf en behoeft geen nadere toelichting.

De eisen ten aanzien van de steekvastheid en het droge-stofgehalte hebben betrekking op de verwerkingsmogelijkheden op een stortplaats.

In het algemeen zal zuiveringsslib worden gestort op stortplaatsen voor huishoudelijke afvalstoffen en ermee te verwerken bedrijfsafval ex. art. 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet.

Deze stortplaatsen worden tegenwoordig ingericht volgens het principe van 'Isoleren, Beheersen en Controleren' zoals genoemd in de 'Richtlijn gecontroleerd storten' van het ministerie van VROM. Hoewel in dit verband niet verder wordt ingegaan op de wijze van storten, zijn met betrekking tot zuiveringsslib de fysische en chemische eigenschappen van belang.

Het storten van slib brengt twee bezwaren met zich mee.

In de eerste plaats wordt een hoeveelheid water aangevoerd; de mate waarin is afhankelijk van het droge-stofgehalte van het ontwaterde slib. Dit water zal tijdelijk worden geborgen in het stortlichaam hetgeen de stabiliteit en de berijdbaarheid van het stortlichaam nadelig beïnvloedt.

Het water zal uiteindelijk percoleren waardoor de percolatiewaterbelasting toeneemt. Uit de praktijk blijkt dat het droge-stofgehalte als criterium voor de stortbaarheid van ontwaterd zuiveringsslib niet voldoet. De stevigheid (consistentie) van het slib is een betrouwbaarder graadmeter voor de beoordeling van de stortbaarheid dan het droge-stofgehalte, terwijl er geen eenduidig verband is tussen consistentie en droge-stofgehalte. Tevens blijkt uit de praktijk dat afhankelijk van stortdoel (grondlaag, tussenlaag of afdeklaag) en stortmethodiek (meestorten, mengen of laagsgewijs verwerken), de eisen aan de consistentie kunnen variëren.

Voor een optimale verwerking van slib op stortplaatsen is meer inzicht noodzakelijk met betrekking tot andere stortparameters dan het droge-stofgehalte.

Zuiveringsslib, dat is gestort, is onderhevig aan een aantal processen zoals adsorptie/desorptie en de (microbiologische) afbraak van organische stof.

Afhankelijk van eventuele maatregelen om dit tegen te gaan, kan neerslag infiltreren in het stortlichaam. Een aantal in het stortlichaam aanwezige stoffen kan onder invloed van de percolerende neerslag in oplossing gaan.

De soorten verontreinigende stoffen en de mate waarin zij in het percolatiewater terecht komen, zijn afhankelijk van de aard en de samenstelling van de gestorte materialen. Het percolatiewater moet mede om deze reden veelal behandeld worden voordat tot lozing op het oppervlaktewater kan worden overgegaan. Voor wat betreft het in oplossing gaan van verontreinigende stoffen spitst de problematiek zich toe op de volgende vragen:

- Welke fractie van verontreinigende stoffen in het uitgangsmateriaal kan daaruit vrijkomen als gevolg van uitloging?
- Hoe gedraagt een opslag van uitgangsmateriaal zich als invloeden van buitenaf inwerken en wat zijn de eventuele consequenties voor het omringende milieu?
- Hoe gedraagt een bepaald uitgangsmateriaal zich in vergelijking en in samenhang met andere gestorte afvalstoffen op een stortplaats?

De vraag welke fracties van verontreinigende stoffen uit het zuiveringsslib kunnen worden verwijderd door uitloging, zou zich niet

moeten beperken tot de min of meer 'conventionele' verontreinigingen zoals zware metalen, maar zou zich ook moeten richten op organische microverontreinigingen. Van belang daarbij is de vraag wat het vastleggende vermogen is van materialen waaruit slib is samengesteld en van de materialen die verder aanwezig zijn op een vuilstort. Een van de problemen bij het uitlooggedrag van zuiveringsslib zou bijvoorbeeld de verandering in de matrix kunnen zijn.

Uit literatuurgegevens is bekend dat een aantal factoren mogelijk van invloed kunnen zijn op de sortatieprocessen van organische verontreinigingen zoals temperatuur, de zuurgraad, de redoxpotentiaal, het gehalte van organische stof en de geleidbaarheid c.q. het geleidend vermogen als representatief voor het zoutgehalte. Er bestaat echter weinig inzicht in de verdelingscoëfficiënten van verontreinigende stoffen over de vaste en de waterfase van het zuiveringsslib. Voor verbrandingsresiduen is een standaarduitloogtest ontwikkeld door de Studiegroep Ontwikkeling Standaard Uitloogtesten Verbrandingsresiduen (SOSUV) [2]. De resultaten van deze uitloogtesten geven schattingen van de milieu-effecten op korte, middellange en lange termijn.

Daartoe zijn de volgende standaarduitloogtesten ontwikkeld:

- kolomproef; wanneer het van belang is de initiële concentratie in het percolatiewater van een stortlichaam te kennen, zal alleen een kolomproef uitsluitel kunnen geven;
 - schudproef; door middel van een dergelijke proef kan informatie worden verkregen over de totale uitloogbare hoeveelheid (onder bepaalde omstandigheden) van een element;
 - cascadeproef; dit is een opeenvolging van een aantal schudproeven met hetzelfde uitgangsmateriaal waarbij na scheiding tussen vaste en vloeibare fractie, een nieuw uitloogmedium wordt toegevoegd.
- Door middel van cascadeproeven wordt een indruk verkregen van de uitloogbaarheid als functie van de tijd op langere termijn. Deze standaarduitloogtesten worden alle uitgevoerd onder aërobe omstandigheden. Een keuze tussen de verschillende proeven wordt onder meer gemaakt aan de hand van de zogenaamde L/S-verhouding. De L/S-verhouding is de verhouding tussen de totale hoeveelheid vloeistof die in contact komt met de uit te logen stof en de totale hoeveelheid monstermateriaal.

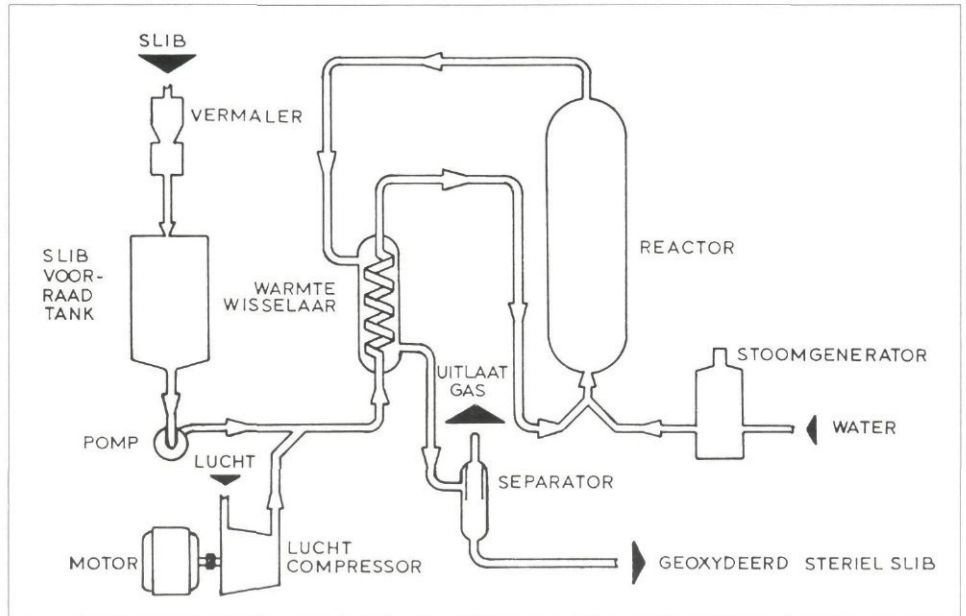
De L/S-verhouding wordt beschouwd als een relatieve tijdsparameter en/of als een relatieve tijdschaal. De relatie tussen de relatieve tijdschaal en de werkelijke tijdschaal wordt gegeven door de snelheid waarmee een bepaalde L/S-verhouding wordt bereikt. Hiertoe zal voldoende inzicht moeten bestaan in de snelheidsbepalende stap van het uit-

looggedrag onder praktijkomstandigheden. Bij de relatie tussen de relatieve en de werkelijke tijdschaal (dat wil zeggen de verhouding tussen een op laboratoriumschaal uitgevoerd experiment en de praktijkschaal) is ook de keuze van een uitloogmedium van belang.

Onder praktijkomstandigheden is de kwaliteit van het percolatiewater van een stortlichaam mede-afhankelijk van het biologische (afbraak)stadium waarin een stortlichaam verkeert.

Onderscheid kan worden gemaakt in een aërobe fase, een zuurvormende fase en een al dan niet stabiele methanogene fase waarbij de pH kan variëren van minder dan 6 tot circa 8. Aangenomen mag worden dat als afdek materiaal gebruikt zuiveringsslib, al dan niet gemengd met andere materialen, eerder onder aërobe omstandigheden zal verkeren dan zuiveringsslib dat in het inwendige van een stortlichaam wordt verwerkt. Bij een afnemende zuurgraad in de afdeklaag, onder meer als gevolg van (zure) neerslag, zullen met name de zware metalen desorberen en via het oppervlak kunnen afstromen.

De boven omschreven methode om op laboratoriumschaal de uitloogeigenschappen van gestorte verbrandingsresten te bepalen,



Afb. 4 - Zimpro-installatie.

zou ook kunnen worden ontwikkeld voor te storten zuiveringsslib.

Zijn de uitloogeigenschappen bepaald, dan kan een gemotiveerde beslissing worden genomen over de vraag of zuiveringsslib al dan niet als afdek materiaal kan worden toegepast.

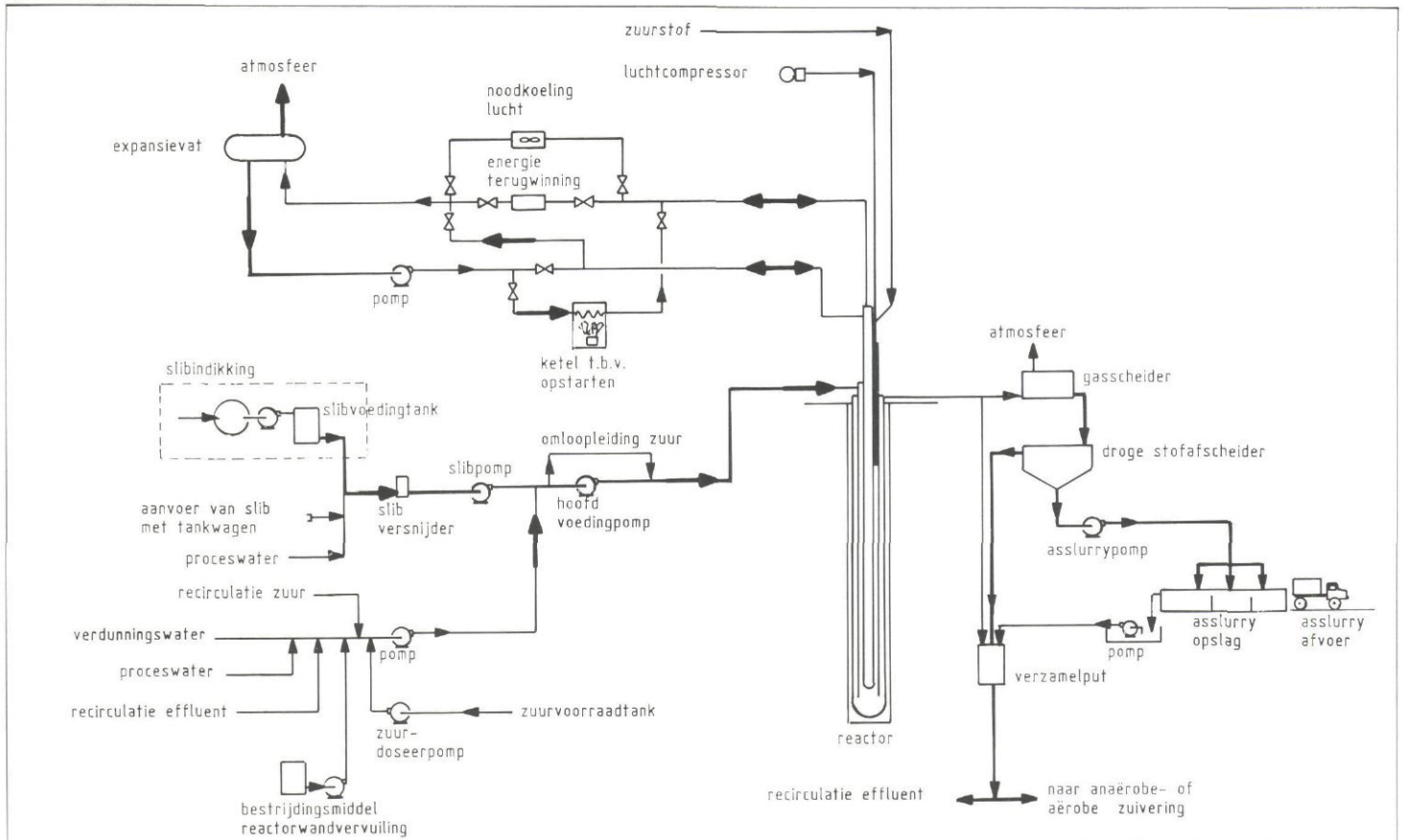
Uit het voorgaande wordt duidelijk dat de

kennis omtrent het storten van zuiveringsslib en de gevolgen daarvan nog als onvoldoende kan worden omschreven.

Vernietigen van zuiveringsslib

Naast het storten van zuiveringsslib kan de vernietiging van zuiveringsslib zich koesteren in een toenemende belangstelling. Over ver-

Afb. 5 - Stroomdiagram VTR-systeem.



branding als zodanig is onlangs een uitgebreid rapport verschenen [5]. In het kader van dit artikel wordt ingegaan op de natte oxydatie van zuiveringsslib anders dan door verbranding.

De thermische oxydatie van zuiveringsslib wordt onder meer toegepast bij het Zimmerman-procédé (Zimpro). Volgens dit procédé wordt de in zuiveringsslib aanwezige organische stof in een reactor bij hoge temperatuur en druk met luchtzuurstof geoxydeerd [3]. Het droge-stofgehalte van het te behandelen slib kan daarbij variëren van 3 tot 10%.

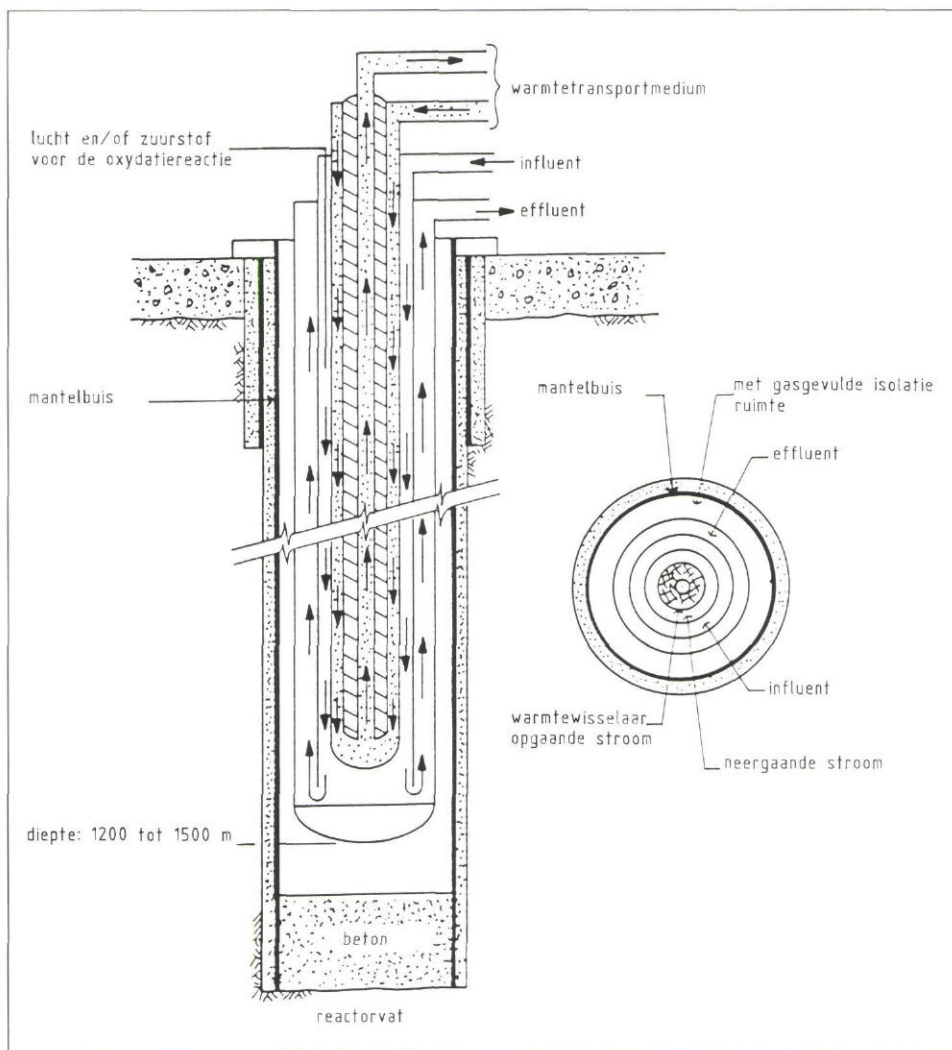
De mate van oxydatie van het slib in de reactor wordt uitgedrukt in de reductie van het chemische zuurstofverbruik (CZV). Bij een temperatuur van circa 300 °C en een druk van 80 atm. wordt een CZV-reductie verkregen van 80 tot 85%, terwijl bij 160 °C en een druk van 15 atm. de CZV-reductie 15 tot 30% bedraagt.

Het slib wordt onder hoge druk en onder toevoeging van lucht onder hoge druk in een reactor geperst en daarbij verwarmd door middel van stoom. Als gevolg hiervan vindt een oxydatiereactie plaats waarbij, afhankelijk van het organische stofgehalte van het te oxyderen slib, zoveel warmte kan vrijkomen dat het proces verder autotherm verloopt. Mede door de verhouding tussen de lengte en de diameter van de reactor is de doorvoersnelheid ongeveer 1 m per minuut. Vanuit de reactor gaat het geoxydeerde slib via een warmtewisselaar naar een separator waarin het als gevolg van de oxydatie in de reactor gevormde gas (waterdamp, stikstof, koolzuurgas, zuurstof) wordt afgescheiden. Het afgescheiden slib moet worden ontwaterd en vervolgens gestort. Het daarbij vrijkomende water zal verder behandeld moeten worden. Afhankelijk of een hoge dan wel lage druk oxydatie wordt toegepast, bestaat het slibresidu uit minder of meer anorganisch materiaal, dat vrijwel geen zuurstofbehoefte meer heeft. In afb. 4 is een Zimpro-installatie schematisch weergegeven.

Door Van Wijnen Nederland NV wordt sinds kort (in licentie) het 'Vertical Tube Reactor' systeem (VTR) geïntroduceerd voor de natte oxydatie van zuiveringsslib [4]. Het principe van de werking is identiek aan het Zimmerman-procédé. Het meest opvallende verschil met een Zimpro-installatie is echter het ruimtelijk aspect. Is de Zimpro-installatie vrij omvangrijk, de VTR is voor wat betreft het reactorgedeelte een hoofdzakelijk 'ondergronds' gebeuren.

Het VTR-systeem bestaat in grote lijnen uit:

- de verticale reactor;
- zuurstofunit;
- verwarmingsunit;
- effluent behandelingsunit.



Afb. 6 - Schema verticale reactor.

Een stroomdiagram is weergegeven in afb. 5. De VTR bestaat uit een aantal concentrische buizen die tot op een diepte van ongeveer 1.500 m in de bodem steken (zie afb. 6). Door de binnenste buizen stroomt thermische olie die wordt gebruikt als warmtetransportmedium. Door de buitenste buizen worden het te oxyderen slib en een oxydant toegevoegd. Als oxydanten wordt gebruik gemaakt van lucht of zuivere zuurstof. De hoeveelheid oxydant in verhouding tot het influent bepaalt de gewenste reductiegraad. Door de hoge temperatuur (ca. 260 °-300 °C) en druk onderin de reactor treedt een vergaande reductie op van de organische fractie van het zuiveringsslib. De warmte die vrijkomt bij deze reactie wordt overgedragen aan de binnenste buizen waarin zich de olie bevindt. De warmte kan later weer aan de olie onttrokken worden voor verwarming en het opwekken van elektriciteit.

Omdat de hoeveelheid lucht voor oxydatie beperkt is door de oplosbaarheid van zuurstof, is het in te voeren slib gebonden aan een maximum droge-stofgehalte. Om aan dit

mogelijke capaciteitsprobleem tegemoet te komen zou zuivere zuurstof in plaats van lucht toegevoerd kunnen worden. Hierdoor zou theoretisch de verwerkingscapaciteit toenemen met een factor 6. Na het verlaten van de reactor moet het effluent worden ontgast en worden ontdaan van de in hoofdzaak anorganische bestanddelen (asrest).

In de reactor kunnen zich calciumcarbonaat (CaCO₃) en calciumsulfaat (CaSO₄) afzetten (scaling). Hieraan kan gedeeltelijk tegemoet worden gekomen door de roestvrijstalen wanden van de reactor zo glad mogelijk te maken en een, in vergelijking met een Zimpro-systeem, grote doorvoersnelheid van meer dan 1 m/s. 'Scaling' kan echter niet volledig worden voorkomen, reden om een zogenaamde scale-inhibitor toe te voegen. Bovendien wordt per bedrijfsperiode van ongeveer 3 weken een aantal uren gespoeld met salpeterzuur om aanslag te verwijderen.

Door het oxydatieproces in de reactor vormen zich in het effluent oplosbare organische verbindingen en wel in hoofdzaak

vetzuren. De stikstofverbindingen in het slib worden omgezet tot ammoniumstikstof terwijl zwavelverbindingen worden geoxydeerd tot sulfaat.

Het effluent zal dan ook nog een nabehandeling moeten ondergaan voordat tot lozing op oppervlaktewater kan worden overgegaan. Gedacht kan daarbij worden aan een aërobie nabehandeling. Omdat hierbij weer slib wordt geproduceerd dat via het VTR-systeem zou moeten worden behandeld, is een anaërobie nabehandeling een interessante optie. Enerzijds omdat bij een dergelijke nabehandeling minder slib wordt gevormd, anderzijds omdat daarbij biogas wordt gevormd dat kan worden benut. De afgelopen jaren zijn in de USA zowel op laboratorium- als op praktijkschaal uitgebreide proefnemingen uitgevoerd. Over de resultaten daarvan en de mogelijke toepassingen in Nederland zal in een volgende bijdrage worden ingegaan.

Resumé

De afzet van nat slib wordt beperkt door de kwaliteitsaspecten van het slib en de concurrentie van dierlijke meststoffen. Andere hergebruiksmogelijkheden van zuiveringsslib zijn de bereiding van compost of zwarte grond. Als slib niet kan worden hergebruikt zal het moeten worden geborgen op stortplaatsen of worden vernietigd. Met betrekking tot het storten van zuiveringsslib zijn de fysische en de chemische eigenschappen van belang; enerzijds vanwege de verwerkbaarheid op of in het stortlichaam, anderzijds vanwege de milieubelasting door uitloobbare stoffen. Voor vernietiging van zuiveringsslib wordt een nieuw systeem voor de natte oxydatie geïntroduceerd door Van Wijnen Nederland NV. Volgens dit systeem wordt het niet ontwaterde slib in een ondergrondse reactor geoxydeerd; de mate waarin is afhankelijk van de hoeveelheid oxydant (luchtzuurstof of zuivere zuurstof) die wordt toegevoerd. Het effluent kan aëroob of anaëroob worden nabehandeld.

Literatuur

- STORA (1986). *Compost en zwarte grond uit zuiveringsslib*. Deel 1: systemen, technologie, ervaring; deel 2: praktijkproeven; deel 3: procesparameters en bedrijfsvoering. Rijswijk.
- Stichting energie-onderzoek centrum Nederland (1983). *Omschrijving van de standaard uitloogtest van verbrandingsrestduur*. BEOP-25, Petten.
- Koot, A. C. J. (1980). *Behandeling van afvalwater*. Uitgeverij Waltman Delft.
- Hall, R. H. and Rappe, G. C. (1985). *An innovative below-ground wet air oxidation system for the treatment of hazardous and toxic waster*. 32nd. Annual Ontario industrial waste conference, Toronto, Ontario, June 18.
- Ministerie van VROM. *Verbranden van zuiveringsslib, reeks Afvalstoffen*. ISBN 90 346 051 0.

Verwerking van zuiveringsslib

- Slot van pagina 441

voor de samenstelling en dosering van compost, enerzijds bereid uit mengsels van slib en andere (afval)stoffen, anderzijds bereid uit alléén zuiveringsslib.

De aanbevelingen voor de samenstelling en de dosering van compost, alléén uit zuiveringsslib bereid, zijn dezelfde als in de Unie-Richtlijn wordt aangegeven voor steekvast slib. De samenstelling wordt gegeven in tabel II terwijl de dosering is weergegeven in tabel III.

Voor slib dat als grondstof wordt gebruikt voor compost van mengsels van slib en andere afvalstoffen worden dezelfde aanbevelingen gedaan als die voor de grondstof van zwarte grond (grondstofnorm). Voor compost van mengsels van slib en andere afvalstoffen zijn grenswaarden aanbevolen voor de gehalten aan zware metalen (produktnorm).

Ook hiervan is in het vooruitzicht gesteld dat na een periode van 5 jaar deze aanbevelingen aangescherpt zullen worden. De aanbevelingen voor deze grenswaarden zijn weergegeven in tabel IV. Ook aan de dosering van dergelijke compost worden (gebruiks)normen gesteld. Deze zijn weergegeven in tabel V.

Resumé

De overheid tracht het hergebruik van afvalstoffen te stimuleren; voorwaarde hierbij is echter dat dit hergebruik op milieuhygiënische verantwoorde wijze geschiedt. Met name voor (afval)stoffen, die naast positieve ook negatieve eigenschappen bezitten (zoals de aanwezigheid van verontreinigende stoffen) is normstelling ten aanzien van samenstelling

TABEL IV – Aanbevelingen voor de samenstelling van compost uit mengsels van slib en ander organisch afval of compost uit louter andere organische afvalstoffen, voor de 1e planperiode en voor de 2e en 3e planperiode.

Element	1e planperiode	2e en 3e planperiode
	korte termijn indicatieve maximum gehalte (mg/kg ds)	middellange en lange termijn indicatieve maximum gehalte (mg/kg ds)
Kwik	3	1,5
Cadmium	3	1,5
Chroom	300	100
Nikkel	60	50
Lood	300- 500	150
Koper	400	50
Zink	1.300	250
Arseen	10	10

TABEL V – Doseringen van compost, bereid uit mengsels van slib en ander organisch afval of compost uit louter andere organische afvalstoffen per tijdseenheid per hectare bouwland op basis van 100% d.s.

Hoeveelheid (100% d.s.)	Bouwland (ton/ha)
per jaar	3
per 2 jaar	6
per 3 jaar	9
per 4 jaar	12

en dosering noodzakelijk. Dit geldt voor bijvoorbeeld dierlijke mest, compost bereid uit huishoudelijk afval maar ook voor zuiveringsslib en daaruit bereide producten (compost, zwarte grond).

Uit een inventarisatie naar deze normering ten aanzien van zuiveringsslib is gebleken, dat er nog weinig goed onderbouwde en op zuiveringsslib toegespitste normen beschikbaar zijn. De normstelling is nog sterk in ontwikkeling.

Als overbrugging tot het moment dat de specifieke normen beschikbaar zullen zijn, wordt gebruik gemaakt van normeringen, welke oorspronkelijk met andere doelstellingen zijn opgesteld.

Literatuur

- Unie van Waterschappen. *Inventarisatie bodemnormen in Nederland*.
- IMP-M 1985-1989, Tweede Kamer 1985-1986, 19204.
- Vonk, J. W. (1982). *Er zijn niet of nauwelijks normen voor beoordeling van de bodemkwaliteit*. TNO-project 1058.
- Vonk, J. W. *Bodemparemeters als ecologische bodemkwaliteitskenmerken*. PUDOC Wageningen.
- Unie van Waterschappen (1985) *Richtlijn voor de afzet van zuiveringsslib ten behoeve van gebruik op bouw- en grasland*. Augustus 1985.
- Richtlijn voor de inhoud van het provinciaal plan voor de verwijdering van zuiveringsslib*. Ministerie van VROM, DGHM directie Afvalstoffen en Schone Technologie, februari 1986.

Colloquium TOW-IW: Toegepast Onderzoek Waterstaat— Integraal Waterbeheer

TOW-IW staat voor een meerjaren R&D-programma van Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium op het gebied van Integraal Waterbeheer. Daarover wordt op 9 oktober 1987 in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft een colloquium gehouden.

Op het colloquium worden de resultaten van een aantal projecten gepresenteerd en geëvalueerd. Deze projecten hebben betrekking op:

- diffusie bronnen van verontreiniging – modellen voor emissie, bestrijding en kosten;
- water/landbouw/milieu – kwantificering van de effecten van bemesting op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater; en
- modellen voor het beschrijven van het lot van microverontreinigingen in aquatische systemen.

Aanvullend hierop worden met behulp van een aantal PC's demonstraties gegeven van verschillende wiskundige modellen die individueel of geïntegreerd toegepast kunnen worden bij integraal waterbeheer.

Informatie:

Dr. J. de Jong, Rijkswaterstaat Dienst Binnenwateren/RIZA, tel. 03200 - 7 04 11.
Ir. R. Klomp, Waterloopkundig Laboratorium, tel. 015 - 56 93 53.