

**Deelstudie Verwerking Baggerspecie
Projectgroep CF508**

Sanering Kralingse Plas

Hoofdbegeleider: ir. G.J. Schiereck
Deelstudiebegeleider: ir. G.L.M. van der Schrieck
Auteur: Leontien Barends, studienummer 034836
Delft, 6 april 1998

Voorwoord

In dit rapport wordt een deel van het project van projectgroep CF508, namelijk de verwerking van de baggerspecie afkomstig uit de Kralingse Plas, verder uitgewerkt.

De verschillende verwerkingstechnieken zijn terug te vinden in hoofdstuk 4. De conclusies en aanbevelingen staan in hoofdstuk 6.

Mijn dank gaat uit naar ir. G.L.M. Van der Schrieck, voor de begeleiding in deze fase.

Delft, 6 april 1998

Leontien Barends

Inhoudsopgave

Voorwoord	blz. i
Samenvatting	blz. iii
1. Inleiding	blz. 1
2. Probleemanalyse	blz. 2
2.1. Inleiding	blz. 2
2.2. Probleemstelling	blz. 2
2.3. Doelstelling	blz. 2
3. Programma van Eisen	blz. 3
4. Varianten	blz. 4
4.1. Inleiding	blz. 4
4.2. Varianten	blz. 4
5. Toetsing en keuze	blz. 11
6. Conclusies en aanbevelingen	blz. 14
Literatuur	blz. 15

Samenvatting

In de baggerspecie afkomstig uit de Kralingse Plas kunnen twee soorten vervuilingen voorkomen, namelijk lood en nutriënten. Het doel is dan ook, een verwerkingsmethode te bepalen, die voor beide vervuilingen geschikt is.

Een relatief goedkope en toch redelijk effectieve methode voor de verwerking van de saneringsbaggerspecie uit de Kralingse Plas bestaat uit de volgende processen:

- Classificeren
- Hydrocyclonage
- Ontwateren
- Storten

Bij hydrocyclonage wordt het baggerslib gescheiden in twee deelstromen: een onderloop met daarin de grove (relatief schone) fractie, en een bovenloop met daarin vrijwel al het water en de fijne (relatief verontreinigde) fractie. De grove fractie, het zand, zal na de polishing nuttig worden toegepast, terwijl de overflow wel in het depot wordt geborgen. De kosten van deze methode zijn f2.000.000.

Voor het verwerken van kwaliteitsbaggerspecie is rijpen (ontwateren) de beste methode, waarbij voor de kosten gerekend kan worden op f8.000.000. Zowel bij hydrocyclonage als bij rijpen kunnen sommige uiteindelijke producten hergebruikt worden, wat leidt tot reductie van de kosten.

De Slufter is voor dit project de dichtstbijzijnde grootschalige stortlocatie, waardoor keuze voor storten in dit depot leidt tot de minste transportkosten.

1. Inleiding

De bodem van de Kralingse Plas is door jarenlange lozing van ongezuiverd rioolwater opgeladen met nutriënten, die vooral in de zomer door nalevering weer in het water terechtkomen.

Daarnaast is de plas plaatselijk vervuild met lood, afkomstig van een voormalige loodwitfabriek, die in de jaren '30 ongezuiverd afvalwater loosde op de plas.

Wanneer sanering van de waterbodemverontreiniging niet gepaard gaat met sanering van de bronnen van deze verontreiniging zal de verontreiniging en daarmee de negatieve effecten na verloop van tijd terugkeren. Een dergelijke sanering zal dus geen of slechts tijdelijke baten opleveren.

Voor het saneren van de bodem door middel van baggeren dient een aantal onderdelen uitgewerkt te worden. Allereerst zal een baggermethode gekozen worden uit de beschikbare varianten voor losmaken, verticaal en horizontaal transport. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kwaliteitsbaggeren, het verwijderen van nutriënten uit de bodem, en saneringsbaggeren, het verwijderen van lood uit de bodem. Verdere uitwerking van het baggerproces geschiedt in de deelstudie "Baggeren" van M.P.C. de Jong.

In de baggerspecie kunnen twee soorten vervuilingen voorkomen, namelijk lood en nutriënten. Doel van dit rapport is dan ook, een verwerkingsmethode te bepalen, die voor beide vervuilingen geschikt is. Nadat in hoofdstuk 2 de precieze omschrijving van het probleem is gegeven, volgen in hoofdstuk 3 de relevante gegevens en eisen waaraan de oplossing moet voldoen. De mogelijkheden voor de verwerking van de specie staan in hoofdstuk 4, en worden in hoofdstuk 5 getoetst aan de hand van criteria, waarna een keuze gemaakt kan worden. In hoofdstuk 6 volgen de conclusies en aanbevelingen.

2. Probleemanalyse

2.1. Inleiding

Teneinde te kunnen bepalen of een waterbodembodem verontreinigd is moet men beschikken over:

- een normenstelsel dat aangeeft bij welke concentratie(s) van welke stof(fen) een waterbodembodem verontreinigd wordt geacht (toetsingswaarde etc)
- een inventarisatie van de gehalten van deze stoffen in de waterbodembodem

De belangrijkste verontreinigingen die in waterbodems gevonden worden zijn:

- nutriënten, met name fosfaten en nitraten (anorganische zouten, die ontstaan zijn door mineralisatie van organische fosforverbindingen en organische stikstofverbindingen)
- anorganische microverontreinigingen, met name zware metalen
- organische microverontreinigingen, waaronder:
 - minerale oliën
 - polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)
 - gechloreerde organische verbindingen zoals PCB's en bestrijdingsmiddelen

In de bodem van de Kralingse Plas komen zijn twee soorten vervuilingen maatgevend, namelijk nutriënten en lood, waardoor ook twee soorten baggerprocessen nodig zijn. Aangezien de dikte van de eutrofe laag niet precies bekend is, wordt hiervoor de waarde van de Bergse Plassen aangehouden, namelijk 0.5 tot 1.0 meter. Vermenigvuldigd met de oppervlakte van 100 hectare leidt dit tot 400.000 m³ met nutriënten vervuilde baggerspecie. Bovendien is de hoeveelheid slib vervuuld met lood niet precies bekend. Hiervoor wordt dus ook dezelfde hoeveelheid aangehouden als bij de Bergse Plassen, namelijk 50.000 m³. *hoe kan je daaraan?*

Aangezien bij verwerkingstechnieken over het algemeen wordt gerekend met tonnen droge stof, moeten beide bovenstaande volumes worden omgerekend. De omrekeningsfactor voor zowel slib-/kleirijke als venige baggerspecie is 0.5. Dit leidt tot een totale hoeveelheid met nutriënten vervuilde baggerspecie van 200.000 ton droge stof, en een hoeveelheid met lood verontreinigde specie van 25.000 ton.

Aangezien het op dit moment nog niet duidelijk is, of baggeren van de twee vervuilingen gescheiden plaats kan vinden, zijn er drie soorten baggerspecies mogelijk, namelijk vervuuld met alleen lood, of met alleen nutriënten, maar ook met allebei tegelijk. Hiermee dient bij het bepalen van de verwerkingsmethode rekening gehouden te worden.

2.2 Probleemstelling

De baggerspecie afkomstig uit de Kralingse Plas kan op drie manieren vervuuld zijn: alleen met lood, alleen met nutriënten, of met beide.

2.3 Doelstelling

Doel van dit rapport is een verwerkingsmethode (of combinatie van methoden) te bepalen, die voor de drie mogelijke vervuilde baggerspecies geschikt is.

3. Programma van Eisen

Natuurlijk

- Aard verontreinigde stoffen
- Verdeling van de stoffen over verschillende fracties
- Fysische samenstelling
- Ontwaterbaarheid
- Dichtheid
- Dikte eutrofe bodemlaag
- Volume baggerspecie

Juridisch

- Wet Milieubeheer
- Wet Bodembescherming
- Wet verontreiniging Oppervlaktewater
- Algemene Milieukwaliteit

Technisch

- Verwerkingsmethode levert nuttig toepasbare producten op
- Verwerkingsmethode is direct operationaliseerbaar
- De volledige hoeveelheid baggerspecie moet te verwerken zijn, ongeacht de methode

Uitvoering

- De voor de verwerkingsmethode benodigde machines en hulpstoffen zijn beschikbaar
- Voorkomen hinder voor omgeving tijdens verwerking
- Bij storing in verwerkingsproces tijdelijk depot aanwezig

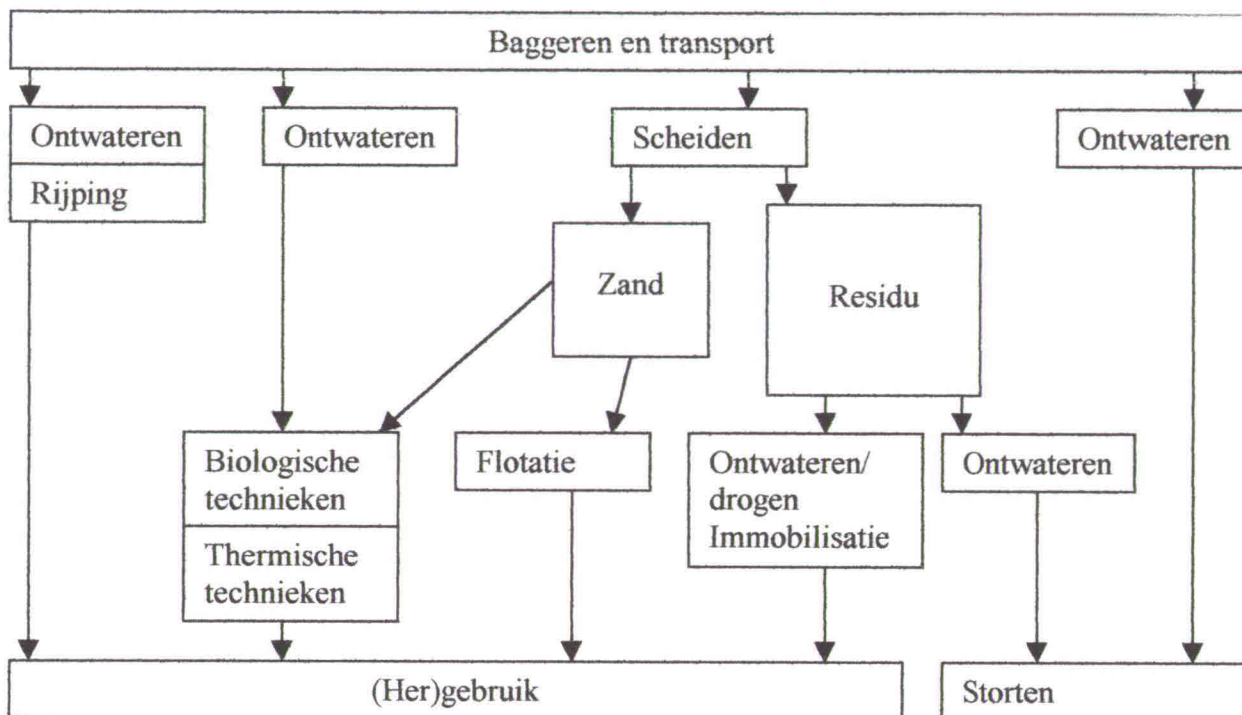
Economisch

- Gunstige kosten/batenverhouding
- Kosten aan- en afvoer materiaal en materieel minimaal

4. Varianten

4.1. Inleiding

Voor de verwerking van baggerspecie zijn verschillende methoden mogelijk. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur1: Overzicht van de operationele mogelijkheden voor verwerking voor baggerspecie [Bron: Interim-rapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems, 1995]

In paragraaf 4.2 volgt een korte omschrijving van de verschillende technieken, ingedeeld naar type proces (fysisch, chemisch, thermisch, biologisch, of immobilisatie).

4.2. Varianten

Fysische verwerkingstechnieken (scheidingstechnieken)

Verontreinigingen bevinden zich veelal in verschillende fracties van vervuilde baggerspecie. Veel verontreinigingen hechten sterker aan slib (de fijne fractie) dan aan het zandige gedeelte (de grove fractie). Door gebruik te maken van een verschil in fysische eigenschappen van slib en zand kunnen de verontreinigingen worden afgescheiden van het zand, en het volume van de uiteindelijk te reinigen of te storten hoeveelheid teruggebracht.

Sedimentkarakterisering

Karakterisering van het sediment geeft inzicht in de mogelijke mate van reiniging van de zandfractie en van concentrering van verontreiniging in de fijne fractie. Een operationele en veel

toegepaste sedimentkarakterisatietechniek is de 'fingerprintmethode'. Bij deze methode vindt scheiding van de baggerspecie in meerdere fracties plaats door middel van kleine hydrocyclonen. Vervolgens worden de gescheiden fracties geanalyseerd op het gehalte aan verontreinigingen. Indien scheiding niet door hydrocyclonage plaatsvindt is karakterisering met de fingerprintmethode minder zinvol.

Scheidingstechnieken

De in het sediment voorkomende verontreinigingen worden na scheiding voornamelijk in de fijne fracties geconcentreerd, wat heeft tot gevolg dat de zandfractie relatief schoon is.

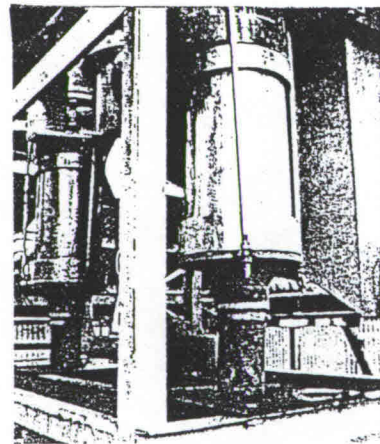
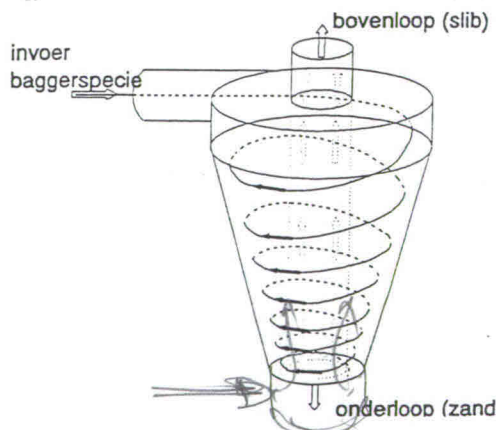
Zeven

Een zeefinstallatie bestaat gewoonlijk uit een stationair zeefdek; een schudzeef, een trilzeef of een draaiende trommelzeef met meerdere zeefdekken. Hierbij wordt het mengsel van grof naar fijn afgezeefd. Het mengsel dat door het fijnste zeefdek valt komt uiteindelijk terecht in een pompbak met een roerinstallatie. Het gedrag van de verontreiniging is minder nauwkeurig te voorspellen op grond van een zeefanalyse.

Hydrocyclonage (polishing)

Het doel van toepassing van hydrocyclonage is het produceren van een schone fractie en/of het produceren van stromen die geschikt zijn voor verdere verwerking. Een hydrocycloon is een soort trechtervormige centrifuge waar de verontreinigde baggerspecie, verdund met water, van bovenaf doorheen wordt gevoerd. Door de hoge snelheid in de centrifuge zakken de zware, grotere deeltjes (zand) via de buitenwand naar beneden en verlaten de cycloon via de 'onderloop'. De lichtere, fijnere deeltjes (slib) stromen via de 'bovenloop' uit de hydrocycloon weg. Omdat de verontreinigingen meestal aan de slibfractie zijn gebonden, concentreren die zich in de bovenloop. Door het proces twee maal uit te voeren kan de specie in drie fracties/deelstromen worden gescheiden: in grof zand, fijn zand en in slib.

Hydrocyclonage is geschikt voor baggerspecie met meer dan 50% zand, omdat bij lagere zandgehalten de scheidingsefficiëntie afneemt (het afgescheiden zand wordt minder schoon) en de kosten voor de uitvoering onevenredig toenemen (voor weinig product moet veel baggerspecie worden gescheiden).



Figuur 2: Schematische en weergave van de werking van een hydrocycloon, alsmede een cycloon als onderdeel van een scheidingsinstallatie

[Bron: Scheiden van verontreinigd sediment, POSW Fase II (1992-1996), 1995]

Nabehandeling

Wanneer de onderloop niet voldoende schoon is voor hergebruik, dan kunnen aanvullende scheidingstechnieken nog tot een aanmerkelijke reductie van verontreinigingen leiden.

Gravitatietechnieken

Dit mechanisme werkt alleen als er een voldoende groot dichtheidsverschil bestaat tussen de verontreinigende deeltjes en de 'schone' bodemdeeltjes.

- schudtafel: een onder een helling opgestelde tafel die met een bepaalde frequentie en intensiteit heen en weer beweegt. Door de schudbeweging vindt een sortering plaats van de deeltjes, die zich onder invloed van de helling naar onderrand van de tafel bewegen. ← *hoe af-scheiding?*
- jig: hierin worden de deeltjes onderworpen aan een pulserende waterstroom, waardoor op basis van de bezinksnelheid van de verschillende deeltjes en de pakking van het bed een sortering van deeltjes met verschillende eigenschappen plaatsvindt.
- spiraalscheider: de gronddeeltjes glijden spiraalsgewijs naar beneden, waarbij door verschillen in dichtheid de deeltjes in een bepaalde baan komen. Door aan de onderzijde schotjes te plaatsen, kunnen deeltjes met verschillende dichtheid van elkaar gescheiden worden.
- Opstroomklasseerder: hierin kan een scherpe scheiding plaatsvinden, zodat het mogelijk is de ongewenste deeltjes in de onderloop van een hydrocycloon te verwijderen. Het te scheiden mengsel wordt aan de bovenkant ingevoerd. Halverwege het vat wordt over de gehele doorsnede schoon water toegevoegd. Deze opwaarts gerichte stroom neemt de fijnste deeltjes mee en stort vervolgens over de rand van het vat in een goot waar het verder wordt afgevoerd.

Flotatietechnieken

Bij flotatie wordt de baggerspecie eerst sterk verdund met water. Vervolgens worden er luchtbelletjes door de ontstane suspensie geblazen, waaraan flotatie-additieven zijn toegevoegd. Deze stoffen zorgen ervoor dat de verontreinigde deeltjes zich hechten aan de luchtbelletjes. Deze luchtbelletjes bewegen zich naar de oppervlakte, waar ze een schuimlaag vormen die dan wordt verwijderd (afgeroomd). Flotatie resulteert in een reststroom (het schuim) met een hoge concentratie verontreinigingen.

Ontwateren

De doelen van ontwateren van baggerspecie of fracties daarvan zijn: volumevermindering (in verband met storten) en voorbereiding (in verband met verdere verwerking of het geschikt maken van de specie voor hergebruik).

Natuurlijke ontwatering

Na sedimentatie consolideert het sediment, wat op drie manieren kan worden bereikt: door het eigen gewicht van de sedimentdeeltjes, door een aangebrachte bovenbelasting of door een onderdruk.

Mechanische ontwatering

Voor mechanische ontwatering wordt gebruik gemaakt van zeefbandpersen, decanteercentrifuges en soms van kamerfilterpersen.

Chemische en thermische verwerkingstechnieken

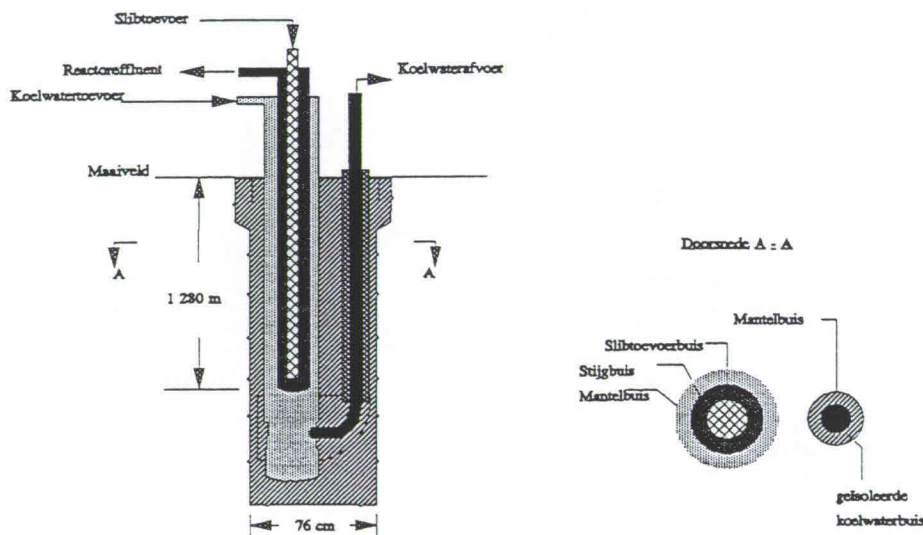
Een aantal reinigingstechnieken is gericht op het losmaken van de verontreinigende stoffen uit het te reinigen materiaal (desorptie). Dat gebeurt via verhitting (thermisch) of met behulp van oplosmiddelen (chemisch).

Thermische verwerking

Natte oxidatie

Afbraak van organische bestanddelen onder toevoer van zuurstof bij lage temperaturen (maar dan onder hoge druk of door gebruik van katalysatoren), zonder dat het materiaal daarvoor ontwaterd hoeft te worden. Zuurstof wordt toegevoegd aan slurry, maar dit alleen is niet genoeg om de afbraakreactie op gang te brengen. Bij beide methoden worden zware metalen gebonden. *? waarom?*

- VerTech: bij het VerTech-procédé is het antwoord gevonden door de oxidatie plaats te laten vinden onder hoge druk en een reactietemperatuur van 200-300°C.
- Bayer Loprox-proces: de alternatieve Loprox-methode zoekt het bij lagere druk en temperatuur (150-200°C). Een toegevoegde katalysator zorgt ervoor dat de reactie onder deze minder extreme omstandigheden toch goed verloopt.



Figuur 3: Doorsnede VerTech-reactor

[Bron: Verwerking van baggerspecie met het VerTech-proces, Praktijkproef haven van Elburg en basisontwerpt, POSW Fase II (1992-1996), 1996]

Thermische reductie/desorptie (droog verbranden)

De verontreinigde bodem wordt verwarmd totdat verbranding, verdamping of pyrolyse van de organische microverontreinigingen plaatsvindt. De gasvormige producten die ontstaan worden afgevoerd via een stofafvanger en een naverbrander.

- Verdampingstechniek: hierbij wordt de verontreinigde grond in een trommeloven verhit tot een temperatuur van 200 tot 800°C door middel van directe of indirecte verhitting, waardoor de verontreiniging verdampt of pyrolyseert.
- Verbranding in een gefluidiseerd bed: hierin wordt de grond gemengd met brandstof, en bij een temperatuur van 800 tot 1000°C worden de verontreinigingen direct geoxideerd.

- Verhitting door middel van infrarood-straling: hierbij de warmte geleverd wordt door elektrische elementen.

Chemische Verwerking

electro-reclamatie

Het principe berust op het transport van geladen deeltjes (ionen, ion-complexen) en water in een elektrisch veld. Ten gevolge van het aanleggen van een spanningsverschil worden geladen deeltjes naar elektroden getransporteerd, waar deze afgevangen worden in de electrodevloeistof. Vervolgens worden de metalen in neergeslagen vorm afgevoerd.

biologische extractie

Dit tweetraps proces is gericht op het extraheren van zware metalen met behulp van organische zuren en thiobacilli.

solventextractie

Oplossen van organische microverontreinigingen, zoals PCB's, PAK's, olie en pesticiden met behulp van organische oplosmiddelen.

zuurextractie

Oplossen van zware metalen met behulp van anorganische door verdringing van geadsorbeerde positief geladen metaalionen door protonen. Daarnaast zorgt een lage pH voor verhoging van het oplosbaarheidsproduct van metaaloxiden. Niet alle metalen kunnen zo opgelost worden, loodsulfiden bijvoorbeeld zijn ook bij een lage pH slecht oplosbaar.

complex-extractie

Complexvormers (EDTA, NTA, citroenzuur enzovoorts) kunnen met zware metalen complexen vormen, waardoor de metalen aan de vaste fase onttrokken worden en in de waterfase terechtkomen.

Biologische verwerkingstechnieken

Hierbij worden toxische organische (micro)verontreinigingen onder zuurstofvrije omstandigheden, met behulp van micro-organismen, afgebroken tot onschadelijke of minder toxische stoffen. In principe kan biologische reiniging worden toegepast voor bodems die verontreinigd zijn met organische verbindingen zoals PAK, olie, HCB en PCB's. Zware metalen blijven in dezelfde mate aanwezig.

In situ reiniging (biobaggeren)

Bij in situ reiniging worden preparaten, met daarin nutriënten, bacteriën en/of zuurstofdragende verbindingen, geacht na verspreiding onder zuurstofvrije omstandigheden een biologische afbraak in de bodem in gang te brengen.

Reiniging in depot: biologische dechlorering

Onder zuurstofarme omstandigheden kunnen bepaalde bacteriën chloorhoudende organische verontreinigingen (zoals PCB's en bepaalde bestrijdingsmiddelen) gedeeltelijk dechloreren. Na het inbrengen van zuurstof zorgen andere micro-organismen voor verdere biologische afbraak.

Ex situ biologische afbraak

Landfarming en rijping

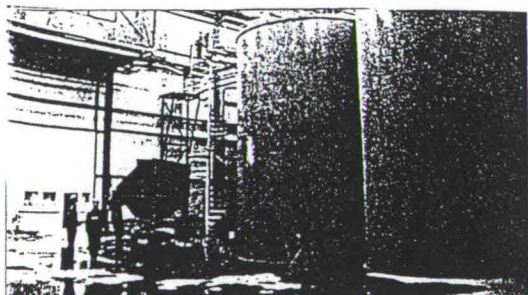
Direct na het baggeren wordt de specie in dunne lagen uitgespreid. Na passieve droging of ontwatering kan zuurstof uit de lucht in het materiaal doordringen. Onder die omstandigheden kunnen micro-organismen PAK en olieachtige verontreinigingen afbreken. Toevoeging van entmateriaal en meststoffen, en verwarming en bodemvochtigheid stimuleren dit afbraakproces.

- Intensieve landfarming: hierbij wordt de zuurstofvoorziening optimaal gehouden door regelmatig ploegen.
- Extensieve landfarming: hierbij bevordert men de zuurstofvoorziening hooguit door middel van beplanting. Het idee achter deze methode is om voorbehandelde specie te ontdoen van de restconcentratie door het geven van veel tijd (ordegrootte: jaren).
- Kasfarming: hierbij wordt specie in een laag van 50-100 cm in een kas gebracht, en de biologische activiteit wordt versneld door actieve beluchting en verhoging van de temperatuur tot 35°C.

Reactoren

In een reactor kunnen alle relevante omstandigheden worden gecontroleerd en verder geoptimaliseerd. Door menging en beluchting kan het afbraakproces sneller verlopen.

- Bioreactor: in een 'bioreactor' gebeurt reiniging bijvoorbeeld in een ronddraaiende trommel, waarin de complete, niet gescheiden specie wordt behandeld.
- Slurry-reactor (continu-systeem): in de 'slurry-reactor' uit het Slurry Decontamination Process (SDP), wordt de specie eerst gescheiden in een aantal fracties waarna biologische reiniging in verschillende reactoren volgt. De totale specie wordt in een serie van reactoren gebracht, waarin eerst scheiding en de-agglomeratie plaatsvindt, gevolgd door biocascades en ontwatering.
- Beluchtingsbassin (batch-systeem: in partijen): in een 'beluchtingsbassin' wordt de fijne fractie uit de bovenloop van de hydrocyclonage (<50µm) bij een temperatuur van 20°C in suspensie gehouden.



Figuur 4: Bioreactor

[Bron: Eindrapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) fase II (1992-1996), 1997]

Compostering

Compostering vindt plaats als de baggerspecie met organisch materiaal op hopen wordt gezet. Deze hopen moeten af en toe omgezet worden om voldoende zuurstof toe te laten. De temperatuur in de hopen kan tot 60 à 70°C oplopen. De omzetting van de verontreiniging vindt zodoende plaats met behulp van thermofiele micro-organismen.

Immobilisatietechnieken

Immobilisatietechnieken hebben tot doel het verlagen van de uitloogbaarheid van verontreinigingen. De uitwisseling van de contaminanten met het omringende milieu wordt zodoende geminimaliseerd. Met deze technieken kunnen afvalstromen geschikt worden gemaakt voor storten of in gunstige gevallen voor nuttig gebruik. Alle species, of (fijne) fracties van species kunnen worden geïmmobiliseerd.

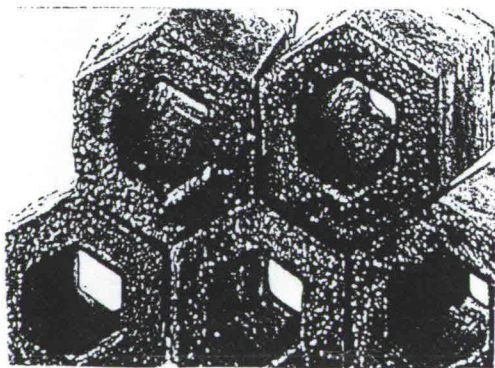
Fysisch-chemische immobilisatie

Bij fysisch-chemische immobilisatieprocessen wordt eerst de chemische insluiting gerealiseerd, waarna een fysische opsluiting volgt, waarbij de verontreinigingen worden opgesloten in een kristallijne matrix, een polymere matrix of bitumineuze matrix. Fysisch-chemische immobilisatietechnieken zijn minder geschikt voor organische microverontreinigingen dan voor anorganische verontreinigingen (zware metalen).

Thermische immobilisatie

Bij thermische processen wordt na hydrocyclonage de fijne residustroom ontwaterd met een zeefbandpers, en verwerkt tot droge pellets. Deze worden – eventueel met toeslagstoffen – in een oven gebracht.

- Sinteren: door verhitting tot circa 1200°C in een draaitrommeloven smelt de buitenste laag van de minerale bestanddelen (zand en slibdeeltjes). Zware metalen worden daarbij ingesloten in de silicaatroosters van het Ecogrind. Organische verontreinigingen verbranden geheel. Vluchtige metalen (kwik, cadmium, lood) en fijne deeltjes (vliegias) komen via rookgaswassers als afval vrij.
- Smelten: door verhitting bij zeer hoge temperaturen (ca. 1400°C) worden de organische verontreinigingen vernietigd en smelten de minerale componenten. Zware metalen worden hierbij opgenomen in de minerale structuur en daarmee geïmmobiliseerd. Bij een door zandafscheiding bereikte optimale korrelgrootteverdeling en door toevoeging van toeslagstoffen ontstaat na gecontroleerde stolling en kristallisatie een sterk op basalt gelijkend product. Net als bij sintering komen ook bij het smeltproces afvalstoffen als vluchtige metalen en vliegias terecht in de rookgassen. Via rookgasreiniging worden deze stoffen afgevangen.



Figuur 4: Kunstbasalt

[Bron: Eindrapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) fase II (1992-1996), 1997]

5. Toetsing en keuze

Uit de in de voorgaande paragraaf beschreven technieken dient een keuze gemaakt te worden, aan de hand van een aantal criteria. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als milieu-effectiviteit, nuttige toepasbaarheid producten, toepasbaarheid voor typen verontreinigingen, alsmede de kosten. Aangezien de laatste twee doorslaggevend zijn, worden deze nader beschouwd.

Toepasbaarheid voor verontreinigingen

De toepasbaarheid van de verschillende technieken staat in tabel 2 weergegeven.

Techniek	Verontreiniging			
	org. micro verontr.	olie, PAK	metalen	Cocktail
hydrocycloon + dichtheidsscheiding	0	0	0	0
sedimentatiebekken	0	0	0	0
flotatie	+	+	0	0
natte oxidatie	+	+	-	-
thermische desorptie/reductie	+	+	-	-
electro-reclamatie	-	-	+	-
biologische extractie	-	-	+	-
solventextractie	+	+	-	-
zuurextractie	-	-	+	-
complex-extractie	-	-	+	-
intensieve landfarm	-	+	-	-
extensieve landfarm	-	+	-	-
kasfarm	-	+	-	-
slurryreactor	-	+	-	-
beluchttingsbassin	-	+	-	-
sinteren	+	+	+	+
verglazen	+	+	+	+

+ = wel

0 = neutraal

- = niet

Toepasbaarheid van verwerkingstechnieken voor reiniging van typen verontreinigingen
[Bron: Interim-rapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems, 1995; Van vuile bagger tot schoon slib. Waterbodemsanering: visies, onderzoek, oplossingen, 1991]

Bij hydrocyclonage wordt het baggerslib gescheiden in twee deelstromen: een onderloop met daarin de grove (relatief schone) fractie, en een bovenloop met daarin vrijwel al het water en de fijne (relatief verontreinigde) fractie. De grove fractie, het zand, zal na de polishing nuttig worden toegepast. Hierdoor vermindert de hoeveelheid materiaal die geborgen dient te worden, en biedt hydrocyclonage mogelijke ontlasting van de Slufter. De overflow zal wel in het depot worden geborgen, waarbij volumewinst pas wordt bereikt als deze waterige stroom verder behandeld wordt, in ieder geval door ontwatering toe te passen.

Uit de tabel is op te maken, dat voor verwerking van metalen vervuilde baggerspecie vooral de volgende twee (combinaties van) technieken geschikt zijn:

- classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, storten
- classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, thermisch immobiliseren, (her)gebruik

Hierbij is van de twee methoden de tweede het meest effectief.

Met betrekking tot de verspreiding van zware metalen uit een depot is het van belang of het milieu al of niet anaëroob is. Indien de door de storting beïnvloede waterschijf voldoende organische stof bevat om het systeem zuurstofloos te houden zullen de metalen in de vorm van sulfide-complexen gebonden blijven.

Voor de opslag van de nutriëntenbaggerspecie (klasse 0-II slib) gaat de voorkeur uit naar storten op land, alwaar de baggerspecie moet rijpen (ontwateren). Hierna kan het slib nuttig worden toegepast.

Dit leidt tot de volgende varianten voor verwerking/storten van saneringsbaggerspecie:

0. Storten zonder enige vorm van verwerking (nulalternatief)
1. Classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, storten
2. Classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, thermisch immobiliseren, (her)gebruik

Voor het verwerken van baggerspecie zijn de volgende varianten voorhanden:

0. Storten zonder enige vorm van verwerking (nulalternatief)
1. Rijpen

Kosten

Globale kostenkennallen voor de (combinaties van) verwerkingstechnieken weergegeven, inclusief de kosten voor het storten van binnen de keten vrijkomende residustromen, staan in tabel 2 weergegeven.

Bij de kostenbepaling uitgegaan van de volgende bandbreedte ten aanzien van de capaciteit:

Classificeren:	100.000-500.000 ton droge stof/jaar
Thermisch immobiliseren:	25.000-100.000 ton droge stof/jaar
Ontwateren:	100.000 ton droge stof/jaar
Rijpen:	25.000-100.000 ton droge stof/jaar

Combinatie van Technieken	Aangehouden kosten	Aangehouden range
Classificeren, polishen, ontwateren slibfractie, storten ontwaterde slibfractie	f80,- / t.d.s.	f70,- f115,- / t.d.s.
Classificeren, polishen, ontwateren slibfractie, immobiliseren slibfractie, ((her)gebruik)	f250,- / t.d.s.	f200,- f300,- / t.d.s.
Rijpen	f40,- / t.d.s.	f35,- f70,- / t.d.s.
Storten (grootschalig)	f30,- / t.d.s.	f25,- f40,- / t.d.s.

Tabel 2: Globale kostenkennallen verwerkingstechnieken

[Bron: Haalbaarheidsstudie grootschalige verwerking baggerspecie. Eindrapport Fase 1: Verkenning en voorbereiding. 1995]

Deze kostenkanten en de aanwezige hoeveelheid te verwerken specie, te weten 200.000 ton droge stof kwaliteitsbaggerspecie en 25.000 ton droge stof saneringsbaggerspecie, leiden tezamen tot de volgende mogelijkheden voor de kosten:

Voor de verwerking van saneringsbaggerspecie:

0. Storten zonder enige vorm van verwerking

$$f30 \cdot 25.000 = f750.000$$

1. Classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, storten

$$f80 \cdot 25.000 = f2.000.000$$

2. Classificeren, hydrocyclonage, ontwateren, thermisch immobiliseren, (her)gebruik

$$f250 \cdot 25.000 = f6.250.000$$

Voor het verwerken van kwaliteitsbaggerspecie:

0. Storten zonder enige vorm van verwerking

$$f30 \cdot 200.000 = f6.000.000$$

1. Rijpen

$$f40 \cdot 200.000 = f8.000.000$$

Zowel bij hydrocyclonage als bij rijpen kunnen sommige uiteindelijke producten hergebruikt worden, wat leidt tot reductie van de kosten.

Keuze

Van de methoden geschikt voor de verwerking van saneringsbaggerspecie is thermische immobilisatie het meest effectief, maar deze methode is erg duur. Aangezien hydrocyclonage op zich al effectief is, en de methode goedkoop is, wordt hiervoor gekozen.

Voor het verwerken van kwaliteitsbaggerspecie is rijpen de beste methode.

Ja, maar waar?

duur methode 1?

6. Conclusies en aanbevelingen

In de vorige paragraaf is gebleken, dat een relatief goedkope en toch redelijk effectieve methode voor de verwerking van de saneringsbaggerspecie uit de Kralingse Plas bestaat uit de volgende processen:

- Classificeren
- Hydrocyclonage
- Ontwateren
- Storten

De kosten van deze methode zijn f2.000.000. Voor het verwerken van kwaliteitsbaggerspecie is rijpen de beste methode, waarbij voor de kosten gerekend kan worden op f8.000.000.

Zowel bij hydrocyclonage als bij rijpen kunnen sommige uiteindelijke producten hergebruikt worden, wat leidt tot reductie van de kosten.

Een aspect waarmee bij de keuze van de stortlocatie rekening gehouden dient te worden, is het beleid van de overheid ten aanzien van het storten van baggerspecie, namelijk dat het aantal stortlocaties beperkt moet blijven. Op dit moment zijn twee grootschalige depots operationeel (Slufter en Papegaaiebek) en zijn twee grootschalige depots in een vergevorderd voorbereidingsstadium, te weten: Ketelmeer en Hollandsch Diep. De Slufter is voor dit project de dichtstbijzijnde, waardoor keuze voor dit depot leidt tot de minste transportkosten.

Literatuur

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), *Eindrapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) fase II (1992-1996)*, Lelystad: RIZA, 1997

RIZA, *Interim-rapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) fase II (1992-1996)*, Lelystad: RIZA, 1995

Biekart, J.W. & Rob Leuven, *Van vuile bagger tot schoon slib. Waterbodemsanering: visies, onderzoek, oplossingen*, Utrecht: Stichting Natuur en Milieu en Stichting Nederland Gifvrij, 1991

Annokkee, G.J., *Grootschalige, extensieve uitvoeringswijzen van reinigingsmethoden voor vervuilde baggerspecie, POSW Fase I (1989-1990)*, Lelystad: RIZA, 1990

Rijt, C. van, *Scheiden van verontreinigd sediment, POSW Fase II (1992-1996)*, Lelystad: RIZA, 1995

Smits, J.G.C., M.P.J.M. Kroot, H.N. Kerdijk, *Immobilisatie van verontreinigingen in baggerspecie en vaste afvalstoffen in depot, POSW Fase II (1992-1996)*, Lelystad: RIZA, 1995

RIZA, *Haalbaarheidsstudie grootschalige verwerking baggerspecie. Eindrapport Fase I: Verkenning en voorbereiding, POSW Fase II (1992-1996)*, Lelystad: RIZA, 1995

RIZA, *Verwerking van baggerspecie met het VerTech-proces, Praktijkproef haven van Elburg en basisontwerpt, POSW Fase II (1992-1996) Deel 10*, Lelystad: RIZA 1996

Boeve, M.N., *Modernisering van de waterkwaliteitswetgeving Wvo en Wvz*, Amsterdam: Centrum voor Milieurecht, 1996

