

# BAGGERSPECIEPROBLEMATIEK IN BELGIE, DUITSLAND EN NEDERLAND

ir. C. NIEUWENDIJK,  
ir. A.M.J.V. VAN BOXTEL,  
TU Delft  
Faculteit der Civiele Techniek  
Nederland

## 1. INLEIDING

Ongeveer twintig jaar geleden leverde de verwerking van baggerspecie nog geen problemen op. Deze werd teruggestort in het water of gebruikt op het land. Thans is de situatie geheel anders. Veel baggerspecie, met name die uit havens, is ernstig verontreinigd waardoor deze in depots geborgen moet worden. Opslag in depots is echter alleen aanvaardbaar als tijdelijke oplossing. De inspanningen dienen gericht te zijn op het operationeel maken van verwerkings-technieken van baggerspecie waardoor opslag zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Het bestrijden van de vervuiling aan de bron (de enige echte oplossing) verdient de hoogste prioriteit.

In dit artikel wordt eerst kort ingegaan op enige algemene aspecten van verontreinigde waterbodems. Aan de hand van voorbeelden zal de problematiek in België, Duitsland en Nederland worden toegelicht.

## 2. VERONTREINIGDE WATERBODEMS

De belangrijkste microverontreinigingen die in waterbodems worden aangetroffen zijn:

- zware metalen waaronder cadmium, koper, kwik, lood en zink;
- organische microverontreinigingen zoals PAK's, PCB's, bestrijdingsmiddelen, olie en fosfaten

Verontreiniging van waterbodems wordt vooral veroorzaakt door sedimentatie van aan slib gebonden microverontreinigingen. Deze laatste worden door lozingen, afspoeling en atmosferische depositie in het oppervlaktewater gebracht.

De belangrijkste potentiële negatieve effecten van de waterbodempolluatie zijn (Hoek et al., 1990):

- risico's voor de volksgezondheid (bijvoorbeeld de gehalten aan verontreinigingen in vis en gewassen uit gebieden met verontreinigde waterbodems overschrijden op een aantal locaties de consumptienormen);
- effecten op flora en fauna (bijvoorbeeld de in het veld waargenomen afname van

de aantallen bodemorganismen bij toenemende verontreiniging van de waterbodem);

- toekomstrisico's in verband met verdere verspreiding van de in de waterbodem geaccumuleerde verontreinigingen (bijvoorbeeld voor matig aan slib gebonden stoffen in gebieden met een geringe bodemweerstand zijn verhoogde gehalten in het grondwater in de nabije omgeving van de waterloop niet uit te sluiten);
- beperkingen van functies zoals scheepvaart, recreatie, etc. (bijvoorbeeld op steeds meer plaatsen is sprake van uitstel van baggerwerkzaamheden omdat er geen oplossing is voor de berging van het verontreinigde slib, waardoor onder meer de beroepsscheepvaart hinder ondervindt, de waterafvoer belemmerd wordt en inrichtingsplannen voor de recreatie geen doorgang vinden);
- meerkosten baggerspecieverwerking en -berging. Met de berging van de verontreinigde specie zijn aanzienlijke kosten verbonden. In Nederland kunnen de meerkosten voor berging in grootschalige depots oplopen tot fl 20,- per m<sup>3</sup> en voor berging in kleinschalige depots van fl 20,- tot fl 100,- per m<sup>3</sup>. Een en ander afhankelijk van onder meer de verontreinigingsgraad van de specie. Bij de toepassing van scheidings- en verwerkingstechnieken zijn de meerkosten beduidend hoger.

## 3. ESTUARIA

Deze watersystemen vervullen in meerdere opzichten een belangrijke functie. In veel estuaria zijn havens gesitueerd die van groot belang zijn voor de economie van de regio en het land. Bovendien zijn het vaak waardevolle natuurgebieden.

In estuaria bezinkt een groot deel van de door de rivier getransporteerde microverontreinigingen. Het verontreinigde riviersediment mengt zich met relatief schoon sediment afkomstig uit zee. Het hogere zoutgehalte in estuaria zorgt ervoor dat kleine deeltjes uitvlokken: ze vormen grotere deeltjes en bezinken daardoor gemakkelijker, vooral

op plaatsen waar de turbulentie gering is. Dit doet zich vooral voor in de aangrenzende havens. Een voor estuaria kenmerkend concentratieverloop van microverontreinigingen is weergegeven in figuur 1. De concentratie neemt af in zeewaartse richting, hetgeen voornamelijk veroorzaakt wordt door de reeds genoemde menging.

Het mag duidelijk zijn dat de baggerspecieproblematiek zich vooral toespitst op deze watersystemen. In de behandelde voorbeelden komt dit duidelijk tot uitdrukking.

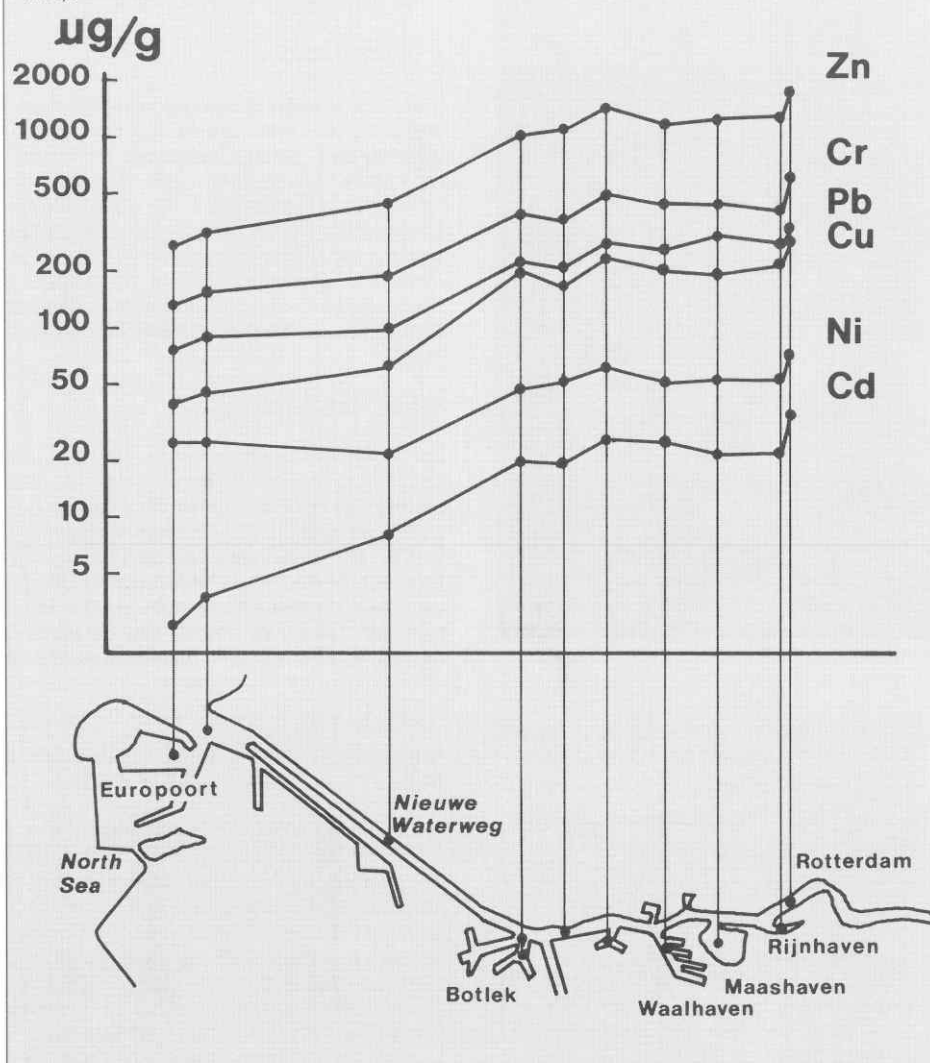
## 4. BELGIE

In België wordt jaarlijks ongeveer 45 miljoen m<sup>3</sup> specie opgebaggerd waarvan 35 à 40 miljoen m<sup>3</sup> uit de maritieme toegangswegen naar de havens. In de laatste hoeveelheid is niet begrepen de zogenaamde agitatiebaggerwerken. Deze hebben vooral als doel de specie in suspensie te brengen of te verplaatsen door middel van een ploeg, eg of 'sweep-beam' (bulldozerblad). Dergelijke technieken worden toegepast in de toegangsgoulen tot de zeesluizen van de havens van Antwerpen. Het grootste deel van de uit de maritieme toegangswegen gebaggerde specie (circa 95%) wordt teruggestort in de Noordzee of in de Schelde (Wester-schelde (NL) of Zeeschelde (B)). In totaal wordt jaarlijks circa 4 miljoen m<sup>3</sup> aan wal geborgen (Demoen, 1989).

### 4.1. Haven van Antwerpen

De haven van Antwerpen is voor het grootste gedeelte gelegen aan de rechteroever van de rivier de Schelde en strekt zich uit vanaf het zuiden van de stad Antwerpen tot aan de Belgisch-Nederlandse grens. De haven bestaat uit verschillende grote dokken die door zeesluizen gescheiden zijn van de rivier. Deze houden het water in de dokken op een constant peil en beschermen de schepen tegen de sterke stroming en het getij op de rivier. Door verdubbeling van de breedte van de Zandvlietsluis kunnen sinds 1988 grote bulkcarriers en derde-generatie

Figuur 1. Concentratieverloop van zware metalen in het Rotterdamse havengebied (Donze et al., 1990).



containerschepen de dokken bereiken. De rivieren de Maas (via het Albertkanaal) en de Schelde voorzien de haven van water. Het Albertkanaal heeft hierin het grootste aandeel.

#### Onderhoudsbaggerwerk

Jaarlijks moet 2,5 miljoen m<sup>3</sup> specie uit de haven van Antwerpen worden verwijderd. Het baggeren geschiedt hoofdzakelijk met emmerbaggermolens en met een sleeppopperzuiger. Het overgrote deel van de opgehaalde specie wordt momenteel gepompt naar landdepots, gesitueerd nabij de stortplaats Hooge Maey en ten noorden van de Zandvlietsluis. Door plaatsgebrek kunnen zich in de toekomst ernstige problemen voordoen. Bij de stortplaats Hooge Maey is geconstateerd dat er verspreiding van microverontreinigingen via het grondwater naar de omgeving optreedt. Daarom wordt er in het kader van een herstructurerings- en saneringsplan van deze stortplaats door Betech N.V. onderzoek gedaan naar de verspreiding van microverontreinigingen over het stort en de verdeling van de microverontreinigingen over de verschillende korrelfracties (Mondt et al., 1991). Tevens wordt

gekeken naar de bindingswijze van zware metalen aan het slib (Baeyens et al., 1991). In het Doeldok aan de linker Scheldeoever wordt door het ministerie van Openbare Werken onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van opslag van baggerspecie in gegraven putten onder water (Van Hoof et al., 1991).

#### 4.2. Westerschelde

De Westerschelde is het estuarium van de rivier de Schelde. Deze zeearm is 76 km lang, op verschillende plaatsen ruim 5 km breed en verbindt de haven van Antwerpen met de Noordzee. Langs de Westerschelde bevinden zich industriekernen bij Vlissingen (Sloegebied) en Terneuzen (Braakmangebied). Voor het onderhoud van de vaargeul naar België is permanent baggeren noodzakelijk. Behalve als maritieme toegangsweg fungeert de Westerschelde ook als belangrijk natuurgebied.

Belgisch aandeel in het onderhoudsbaggerwerk

Thans wordt jaarlijks circa 14 miljoen m<sup>3</sup> specie baggerd in de Wester- en Zee-

schelde. Hiervan wordt het overgrote deel (95%) teruggestort in de rivier in zones waar dit geen hinder voor de scheepvaart oplevert. Het baggeren vindt plaats op een negental drempels tussen de havens van Antwerpen en Vlissingen. Het grootste deel van deze baggerwerken geschiedt op Nederlands grondgebied (circa 85% van het totale volume). Daar wordt zuiver zand gebaggerd, te vergelijken met het zand dat langs de Noordzeekust wordt aangetroffen. Op Belgisch grondgebied is de toestand enigszins complexer. Hier worden zand/slib mengsels aangetroffen waarvan het slib slechts enkele procenten bedraagt van het zandgehalte. In de toegangseulen tot de grote zeesluizen in Antwerpen wordt enkel slib aangetroffen. Als gevolg van de zoetwater-zoutwater interactie treedt flocculatie op van de aanwezige slibdeeltjes met als gevolg dat de drempels vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Antwerpen een grotere slibfractie vertonen. Veruit het grootste deel van de baggerwerken wordt uitgevoerd met sleeppopperzuigers (zie foto 1). Voor het onderhoud van de toegangseulen naar de grote zeesluizen in Antwerpen wordt gebruik gemaakt van de sweep-beam techniek waarbij een onderwater bulldozerblad (sweep-beam) door een zeer wendbaar werkschip wordt voortgetrokken. Sinds 1985 zijn de baggerwerken op de Westerschelde eveneens onderworpen aan de Nederlandse Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO), waardoor de Vlaamse Overheid niet alleen over een baggervergunning maar ook over een stortvergunning moet beschikken. Het is te verwachten dat de voortzetting van de baggerwerken op de Belgische drempels, de berging van deze specie zal vereisen aan land (Belgisch grondgebied) of ten minste de fijne fractie hiervan die licht verontreinigd is met zware metalen en organische microverontreinigingen. Thans worden studies en onderzoeken uitgevoerd naar locaties waar geconsolideerde slibhoudende specie aan land gebracht kan worden. Eventuele nabehandeling van verontreinigd slib wordt mede in dit onderzoek betrokken (Belmans et al., 1989). In 1990 is, in opdracht van het ministerie van Openbare Werken, door International Marine & Dredging Consultants (IMDC) een studie uitgevoerd naar het nuttig gebruik van de fijnkorrelige baggerspecie afkomstig uit de Antwerpse regio (Claessens en Smits, 1991).

#### 4.3. Kanaal Gent-Terneuzen

Het kanaal is 33 km lang waarvan 17,5 km op Belgisch grondgebied en verbindt de zeehaven van Gent met de Westerschelde. Het is toegankelijk voor schepen tot 60.000 ton en wordt door baggeren op een diepte van 13,5 m gehouden. De rivieren de Leie en de Schelde voorzien het kanaal van water. Aan beide zijden van het kanaal bevindt zich op Belgisch grondgebied de belangrijkste industriezone van de provincie Oost-Vlaanderen met ondermeer petrochemie, metaalverwerkende bedrijven, scheepswerken en elektriciteitscentrales. Zowel het kanaalwater als de baggerspecie zijn verontreinigd met zware metalen en organische microverontreinigingen.



Foto 1. Splitsleehopperzuiger 'Amerigo Vespucci'. Beuninhoud 3.500 m<sup>3</sup>. Ondernemingen Jan De Nul N.V., Aalst, België.

- scheiding van baggerspecie uit het depot met behulp van tweetraps hydrocyclonage (Goossens, 1991).

## 5. DUITSLAND

In de voormalige Bondsrepubliek Duitsland wordt in het kader van het onderhoud der waterwegen jaarlijks ongeveer 60 miljoen m<sup>3</sup> specie opgebaggerd. Het grootste deel hiervan is afkomstig uit de Elbe, Weser, Eems, Rijn en het Noord- Oostzeekanaal. Van de opgebaggerde specie wordt 10 à 20 miljoen m<sup>3</sup> aan land gebracht. De rest wordt (terug)gestort in de waterwegen en de Noordzee (Schenkel, 1984) en (Knöpp, 1989).

### Haven van Hamburg

De haven van Hamburg is de grootste Duitse zeehaven en fungeert tevens als een belangrijke doorvoerhaven voor Tsjechoslowakije en Oostenrijk. Met een oppervlakte van 87 km<sup>2</sup> is het een van de grootste havens ter wereld en is van cruciaal belang voor de economie van de gehele Noordduitse regio. Ondanks het feit dat de afstand tussen de kust en de haven ongeveer 110

### Belgisch gedeelte

Het onderhoud van het kanaal vereist dat er jaarlijks 250.000 à 300.000 m<sup>3</sup> specie wordt opgebaggerd. De verontreinigde baggerspecie wordt gestort in de depots Callemansputte (1.750.000 m<sup>3</sup>) en Geuzenhoek (540.000 m<sup>3</sup>) die, vanuit Gent gezien, op de linkeroever van het kanaal halverwege Gent en Zelzate zijn gesitueerd. In het laatstgenoemde stort (zie foto 2) wordt tevens onderzoek gedaan naar afschermingssystemen van depots en behandelingstechnieken van verontreinigde baggerspecie (Van den Eede, 1989). Daartoe zijn een zevental proefvelden met elk een capaciteit van 2000 m<sup>3</sup> ingericht. Verschillende afschermingsmaterialen zoals glauconiet, bentoniet, ontwaterd slib, veen en een waterdichte folie worden hier uitgetest. De behandelingstechnieken worden in eerste instantie op kleinere schaal uitgetest in proefbakken met een inhoud van 1,5 à 15 m<sup>3</sup>. Onderzoek wordt gedaan naar:

- diverse extractieve reinigingen van baggerspecie;
- fixatie van microverontreinigingen met diverse producten;
- stabilisatie van baggerspecie;
- rijping van baggerspecie en creatie van een geschikte bewortelingslaag;
- zuivering van het stortwater;
- uitloging van de microverontreinigingen uit de baggerspecie en biologische reiniging van het eluaat;
- diverse biochemische behandelingsmethoden waaronder biofixatie. De bacteriën zitten in minuscule holten van de alumino-silicaten (restproduct bij de steenkoolwinning). De alumino-silicaten adsorberen de zware metalen terwijl de bacteriën de organische microverontreinigingen afbreken (Van den Eede, 1990) en (Kreps-Heyndrixx en De Fraye, 1991);



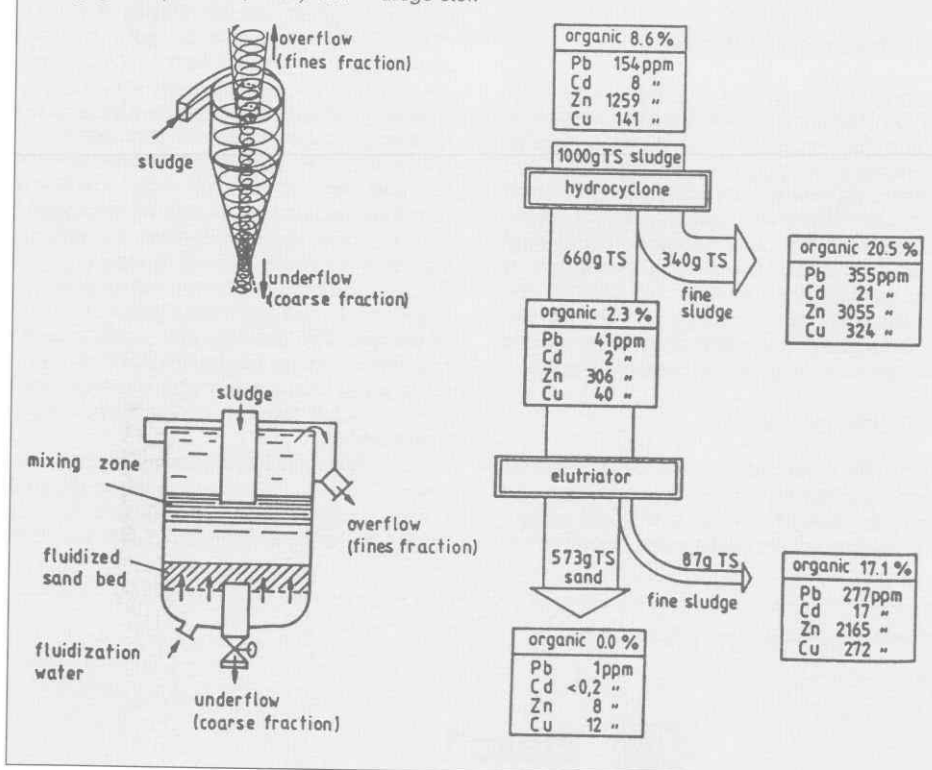
Foto 2. Slibdepot Geuzenhoek: CEI Antwerpen N.V.



Tabel 1. Gemiddelde concentraties van zware metalen in het sediment van de haven van Hamburg, 1986 (Hensen, 1989). Achtergrondconcentraties van diezelfde zware metalen in de Elbe (Donze et al., 1990). Alle concentraties in ppm.

metaal	concentratie	achtergrondconcentratie
As	43	10
Cd	10	1.9
Cr	120	59
Cu	398	18
Hg	5	0.40
Pb	210	39
Zn	1305	156

Figuur 2. Links in de figuur is een schematische weergave te zien van de hydrocycloon en de opwaarts doorstroomde separator zoals deze worden toegepast in de haven van Hamburg. Rechts in de figuur is een verdeling van de zware metalen over de verschillende deelstromen weergegeven (Förstner, 1989). TX = droge stof.



het slib als steekvast worden beschouwd. De baggerspecie uit de haven van Hamburg bestaat voor ongeveer 55% (1,1 miljoen m<sup>3</sup>) uit schoon zand. Het overgrote deel van de zware metalen (95 à 99%) wordt aangetroffen in de fractie < 63 µm. Door het zand te scheiden van de verontreinigde slibfractie hoeft er minder baggerspecie te worden opgespoten. Bovendien kan het zand worden hergebruikt, bijvoorbeeld in de wegenbouw.

Sinds mei 1987 is op het slibveld Francop de proefinstallatie METHA 2 in bedrijf. Hiermee wordt een gedeelte van de aangevoerde baggerspecie gescheiden in schoon zand en verontreinigd slib. In 8 hydrocyclonen vindt de eerste grove scheiding plaats in zand en slib. De onderloop van de hydrocyclonen is nog aanzienlijk verontreinigd en wordt daarom in een opwaarts doorstroomde separator behandeld. Dit blijkt een zeer effectieve methode te zijn om de grove fractie van aangehechte fijne deeltjes te ontdoen. Het uiteindelijke resultaat is schoon zand en een verontreinigde slibsuspensie afkomstig uit de bovenloop van de hydrocyclonen en de separator (zie figuur 2).

Een gedeelte van de slibsuspensie uit de beide bovenlopen wordt kunstmatig ontwaterd, de rest wordt opgespoten (Kröning en Rosenstock, 1989).

Baggerspeciebeleid in de haven van Hamburg (Umweltbehörde, 1989)

Middellange termijn beleid

- realisatie van de grootschalige industriële procesinstallatie METHA 3, waarmee al de baggerspecie uit de haven van Hamburg kan worden behandeld.
- De installatie zal eind 1992 gereed zijn;
- omdat in de haven van Hamburg geen ruimte meer voorhanden is voor nieuwe stortlocaties moeten op de bestaande slibvelden heuvels aangebracht worden.

Lange termijn beleid

- het ontwaterde slib uit de bovenlopen van de hydrocyclonen en de separator kan aan een keramisch sinterproces worden onderworpen. Hiermee worden pellets gevormd die bijvoorbeeld ter vervanging van grind in beton kunnen dienen;
- de enige echte oplossing is het aanpakken van de verontreinigingsbronnen in het stroomgebied van de Elbe. Deze bronnen moeten voornamelijk gezocht worden in de voormalige DDR en Tsjecho-slowakije (zie tabel 2).

km bedraagt is deze toegankelijk voor schepen met een diepgang tot 13,5 m. Hiertoe dient in de Elbe jaarlijks 11 miljoen m<sup>3</sup> specie te worden weggebaggerd. De bestemming van de baggerspecie uit de havenbekkens van Hamburg levert sinds het eind van de jaren zeventig problemen op. De baggerspecie is dermate verontreinigd dat de traditionele bestemming ervan (ophoging van laaggelegen terreinen binnen en buiten het havengebied) niet langer toelaatbaar is. In tabel 1 zijn de gemiddelde concentraties van zware metalen in het sediment van de Hamburgse haven gegeven. Uit deze tabel blijkt dat de concentraties van alle zware metalen boven de achtergrondconcentraties liggen. De vervuiling met koper en kwik (respectievelijk een factor 22 en 12 keer zoveel als de achtergrondconcentratie) is het meest in het oog springend.

Behalve zware metalen worden in het havenslib ook organische microverontreinigingen aangetroffen. Dit zijn voornamelijk gechlorideerde koolwaterstoffen.

### Onderhoudsbaggerwerk

Jaarlijks wordt met emmerbaggermolens circa 2 miljoen m<sup>3</sup> specie uit de haven verwijderd. Deze baggerspecie wordt in bakken getransporteerd naar twee slibvelden in het havengebied waar de in suspensie gebrachte specie wordt opgespoten. Na 8 tot 10 maanden ontwateren op deze velden kan

Tabel 2. Vrachten aan zware metalen in de haven van Hamburg in 1986. Vergelijking van de bijdragen van de rivier de Elbe en lokale bronnen. Gegevens in de tweede kolom zijn afkomstig van metingen in de Elbe bij Schnackenburg aan de grens met de voormalige DDR (Umweltbehörde, 1989).

Parameter	Bijdrage van de rivier Elbe (ton/jaar)	Bijdrage van lokale bronnen (ton/jaar)	Totale input (ton/jaar)	Bijdrage van de rivier de Elbe aan het totaal (%)
Arsen	112	<2	114	98
Cadmium	13	<<1	14	93
Chroom	260	5	265	98
Koper	380	42	422	90
Kwik	25	<0.1	25.1	100
Nikkel	270	7	277	97
Lood	120	11	131	92

## 6. NEDERLAND

### 6.1. Onderhoudsbaggerwerk (Verkeer en Waterstaat, 1989b)

In Nederland wordt door het Rijk, de provincies en de regionale haven- en waterbeheerders gezamenlijk jaarlijks 50 à 60 miljoen m<sup>3</sup> specie opgebaggerd. Ongeveer 40 miljoen m<sup>3</sup> hiervan, voornamelijk specie uit de zoute wateren, is niet of slechts licht verontreinigd en kan voor het grootste deel worden teruggestort. Het resterende deel van 10 tot 20 miljoen m<sup>3</sup> is echter zodanig verontreinigd, dat terugstorting niet altijd mogelijk is en de specie in depots moet worden geborgen. Bij gebrek aan dergelijke depots stagneert het onderhoud en ontstaan problemen voor de scheepvaart, havenactiviteiten en in het waterkwantiteitsbeheer. Op dit moment is er op grote schaal sprake van achterstallig onderhoud. Op sommige plaatsen zijn er al beperkingen aan de vaardiepte gesteld (onder meer de Hollandsche IJssel), op andere plaatsen dreigen deze te ontstaan (bijvoorbeeld op het Amsterdam-Rijnkanaal bij Tiel en op de Maas).

### 6.2. Waterbodemsanering

Op ongeveer 150 locaties in de rijkswateren voldoet de waterbodem niet aan de signaleringswaarde en is er mogelijk sprake van een ernstig risico voor mens en milieu. De geschatte hoeveelheid slib op deze locaties bedraagt ruim 20 miljoen m<sup>3</sup>. Het betreft veelal rivierslib met een veelheid aan verontreinigingen. Door de verbetering van de kwaliteit van het rivierslib, met name in de

Rijn, heeft zich een verbetering van de waterbodemkwaliteit ingezet, onder meer in de Waddenzee. De verbetering van de kwaliteit van het Maas- en Scheldeslib blijft duidelijk achter bij die van het slib uit de Rijn. Dit leidt tot een vertraagde verbetering van de waterbodemkwaliteit in enkele sedimentatiegebieden (Hollandsch Diep, Haringvliet en Westerschelde).

De geschatte hoeveelheid specie in de regionale wateren die de signaleringswaarde overschrijdt, is circa 9 miljoen m<sup>3</sup>. Het gaat hierbij in hoofdzaak om met PAK's vervuilde waterbodems (Hoek et al., 1990).

Vóórdat tot sanering wordt besloten dient de vervuilingbron te zijn gesaneerd en het aangevoerde slib van voldoende kwaliteit te zijn.

### 6.3. Haven van Rotterdam

De haven ligt aan de monding van de rivieren de Rijn en Maas. De toegang, vanuit de Noordzee, wordt gevormd door de Nieuwe Waterweg, een gegraven kanaal dat in open verbinding met de zee staat en geen bruggen kent. De haven heeft een totaal oppervlak van 2730 ha, waarvan het grootste deel voor de zeevaart bestemd is. Rotterdam is toegankelijk voor schepen tot 250.000 ton en een maximale diepgang van 72 voet. Het is de grootste massagoedhaven ter wereld en een van de grootste containerhavens.

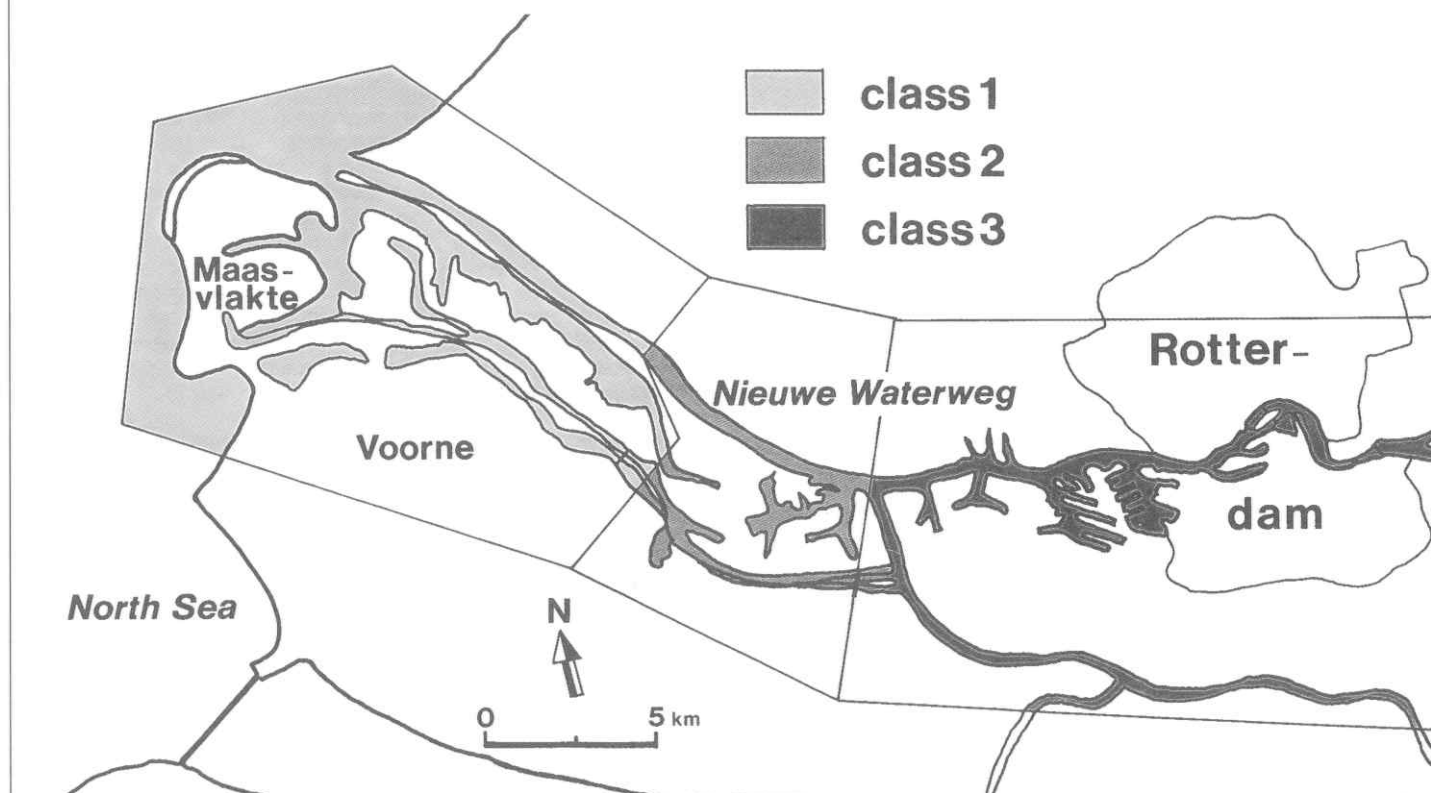
#### Onderhoudsbaggerwerk

In de Rotterdamse havens vindt voortdurend aanslibbing plaats. Het sediment dat door de rivieren en de zee wordt aangevoerd bedreigt de vaardiepte. Overal in het

havengebied wordt aan de scheepvaart een bepaalde diepgang gegarandeerd. Volgens het huurcontract is de gemeente Rotterdam voor de huurder verplicht het desbetreffende havendeel op deze overeengekomen diepte (contractdiepte) te houden. In totaal dient jaarlijks 23 miljoen m<sup>3</sup> specie uit het Rotterdamse havengebied gebaggerd te worden, waarvan 4,5 miljoen m<sup>3</sup> in opdracht van het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam geschiedt. Rijkswaterstaat draagt zorg voor de verwijdering van de overige 18,5 miljoen m<sup>3</sup>. De bulk van het baggerwerk wordt verricht door sleehopperzuigers. Voordat deze hun werk kunnen doen moet vaak (vooral in de stadshavens) grof vuil van de bodem verwijderd worden. Dit vuilvissen is noodzakelijk om verstopping en schade aan de zuigbuis van de hopper te voorkomen. Vlakbij kaden en steigers kan een sleehopperzuiger niet werken. Daar wordt de bagger met een eg naar een voor de sleehopperzuiger bereikbare plaats in het havenbassin geschoven of met een kraan verwijderd. Per jaar wordt ongeveer 4500 uur met een eg gewerkt. Met een kraan wordt jaarlijks circa 225.000 m<sup>3</sup> gebaggerd. De tijd dat baggerspecie waar dan ook gestort kon worden is al lang verleden tijd. De Rijksoverheid heeft normen vastgesteld die bepalen waar baggerspecie geborgen dient te worden. Om de twee jaar wordt voor de regulering van de baggerstromen door een uitgebreide monstercampagne de kwaliteit van de baggerspecie in de Rotterdamse havens bepaald.

Schone specie (klasse 1 specie) mag op zee gestort worden. De schepen varen daartoe naar Loswal Noord, een locatie op de Noordzee enkele kilometers ten noorden

Figuur 3. De classificatie van baggerspecie in het Rotterdamse havengebied. (Nijssen, 1988).



van Hoek van Holland en lossen daar de, voornamelijk uit het westelijk deel van de haven afkomstige, baggerspecie (13 miljoen m<sup>3</sup> per jaar).

Licht tot matig verontreinigde specie (klasse 2/3 specie) moet in een speciaal daartoe gebouwd depot worden gestort. Deze in zee gebouwde opslagplaats aan de Maasvlakte, de Slufter, is 260 ha groot en in het midden 50 meter diep en heeft een capaciteit van circa 90 miljoen m<sup>3</sup>. Het depot is sinds september 1987 in gebruik en er kan door consolidatie van het bezonken slib tijdens het vullen, 150 miljoen m<sup>3</sup> klasse 2/3 specie in geborgen worden (10 miljoen m<sup>3</sup> per jaar). Zwaar verontreinigde specie (klasse 4 specie) wordt geborgen in het eveneens aan de Maasvlakte gelegen depot de Papegaaiebek. Het depot is 37 ha groot en heeft een capaciteit van 0,9 miljoen m<sup>3</sup>. In deze opslagplaats kan 1,5 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie worden geborgen. Het depot is zodanig aangelegd dat de specie 0,5 meter boven het hoogste grondwaterpeil ligt. Om verspreiding van de verontreinigingen naar het grondwater tegen te gaan is de bodem afgedekt met een 2 mm dik HDPE-folie (Vellinga en van Limborgh, 1990).

De zones in het havengebied waar de diverse klassen worden aangetroffen zijn weergegeven in figuur 3. Klasse 4 specie wordt veelal aangetroffen rond industriële lozingspunten.

#### Baggerspeciebeleid in de haven van Rotterdam

##### Lange termijn beleid

Het lange termijn beleid van Rotterdam is om in 2002 (de Slufter is dan vol) alle baggerspecie zo schoon te hebben dat storten in zee of grootschalig nuttig gebruik op land mogelijk is. Dit betekent dat de kwaliteit van het aangevoerde slib met minimaal 75% dient te verbeteren. Om de doelstelling van het lange termijn beleid te realiseren is in 1985 het Project Onderzoek Rijn gestart wat op drie pijlers is gebaseerd:

- 1) technisch onderzoek
- 2) juridisch onderzoek
- 3) public relations activiteiten

In dit artikel wordt alleen aandacht besteed aan het technisch onderzoek.

##### Technisch onderzoek

Dit onderzoek wordt uitgevoerd door het 'International Centre of Water Studies' en het Waterloopkundig Laboratorium Delft. In het bovenstrooms van Rotterdam gelegen stroomgebied van de Rijn zijn voor vijf zware metalen cadmium, chroom, koper, lood en zink de verontreinigingsbronnen geïdentificeerd en gedeeltelijk gekwantificeerd. Er zijn vrachtbalansen voor deze vijf zware metalen opgesteld, waarin het relatieve aandeel van de totale verontreiniging van de Rotterdamse haven door bovenstroomse bronnen wordt bepaald.

In tabel 3 zijn de procentuele bijdragen van de verschillende bronnen aan de verontreiniging van de baggerspecie afkomstig uit

Tabel 3. Procentuele bijdrage van de verschillende bronnen aan de verontreiniging van baggerspecie met zware metalen uit het Rotterdamse havengebied. Periode 1984-1986 (Ludikhuijze, 1989).

	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
achtergrond zeeslib	6	21	16	24	14
locale lozingen	55	17	6	5	4
puntbronnen buitenland	18	40	31	28	55
achtergrond opgelost	5	4	20	3	9
achtergrond sediment	2	17	7	12	6
huishoudelijke emissies	3	0	16	3	3
atmosferische depositie	11	1	4	23	8

het ten oosten van Maassluis gelegen gedeelte van het Rotterdamse havengebied weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat voor de meeste zware metalen de grootste bijdragen uit het buitenland afkomstig zijn. Dit geldt met name voor chroom en zink.

Op dit moment is er een convenant met Sandoz (CH) afgesloten over het terugdringen van de lozingen van koper en chroom. Bovendien loopt er een gerechtelijke procedure tegen de Franse kalimijnen, die door het lozen van bij de zoutwinning vrijkomende grond verantwoordelijk zijn voor een extra aanslibbing in de Rotterdamse haven. Aan de kleiachtige grond hechten zich onderweg vanuit de Elzas naar Rotterdam zware metalen die afkomstig zijn van bovenstroomse Franse, Duitse en Nederlandse lozingen. Hierdoor is het slib dat in het Rotterdamse havengebied bezinkt aanzienlijk verontreinigd en dient in de Slufter te worden geborgen.

Een ruwe schatting leert dat circa 90% van de olie, zo'n 4000 ton, die wordt aangetroffen in de 23 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie die jaarlijks uit het havengebied verwijderd wordt, van lokale bronnen afkomstig is.

##### Waterbodemsanering in de Geulhaven

De Geulhaven is gesitueerd aan de monding van de Botlek in het Rotterdamse havengebied. De havenbodem is sterk verontreinigd met organische microverontreinigingen (PAK's, PCB's en olie). Locale verontreinigingsbronnen zijn gesaneerd. In totaal zou circa 200.000 m<sup>3</sup> specie op milieuvriendelijke wijze gebaggerd moeten worden en daarna door verwerkingstechnieken (o.a. fractioneren) in vuile en schone deelstromen moeten worden gescheiden. In het oorspronkelijke saneringsplan was namelijk opgenomen dat zo min mogelijk gebruik diende te worden gemaakt van de stortcapaciteit van de Papegaaiebek en de Slufter. De duur van het project was gepland op 30 weken en het zou in november 1989 voltooid moeten zijn (Verkeer en Waterstaat, 1989a).

In werkelijkheid wordt er op dit moment nog steeds gebaggerd in de Geulhaven! Dit saneringsproject verloopt gedeeltelijk op een andere wijze dan was gepland. Hierna worden de verschillende aspecten van het project beschreven (Volbeda en van der Schrieck, 1991).

Tijdens de sanering bleek de zandfractie in de baggerspecie lager te zijn dan op grond van het vooronderzoek verwacht mocht worden. Daardoor werd de beoogde beperking in het gebruik van stortlocaties twijfelachtig. Verder bleek de onderloop van de hydrocycloon ook nog verontreinigd te zijn met teerballetjes. De vervuiling was van dien aard dat de onderloop als klasse 4 specie moest worden beschouwd waardoor storten in de Papegaaiebek noodzakelijk werd.

Tevens bleek dat er tijdens vroeger uitgevoerd onderhoudsbaggerwerk een overdiepte was weggehaald zodat de verontreinigde waterbodem zich over een grotere diepte uitstreekte dan was aangenomen. Dit betekende dat er 260.000 in plaats van 200.000 m<sup>3</sup> specie verwijderd moest worden.



Foto 3. Milieuviziergraatbak: Hollandsche Aanneming Maatschappij B.V.





Foto 4. Slibscherm: Hollandsche Aanneming Maatschappij B.V.

Teneinde tijdens het baggeren mors en verspreiding van slib zoveel mogelijk te voorkomen zijn door Van Oord Werkendam B.V. (VOW) en Boskalis-Dolman B.V. speciale voorzieningen ontwikkeld. Als voorbeelden kunnen worden genoemd de milieuviziergraafbak (zie foto 3) en het slibscherm (zie foto 4).

De viziergraafbak is een speciale graafbak die aan een hydraulische kraan kan worden bevestigd. Nadat de bak is vol gegraven wordt het vizier gesloten. Pas daarna wordt de bak uit het water getild. Door de speciale vizierconstructie wordt morsen van verontreinigde specie voorkomen.

Het slibscherm beperkt de verspreiding van opgewerveld slib tot de ruimte binnen het scherm. Het gebruik van het slibscherm in combinatie met de milieuviziergraafbak levert een dubbele zekerheid bij het baggeren. Beide voorzieningen worden met succes toegepast bij het saneringsproject in de Geulhaven te Rotterdam.

Bij de uitvoering van het project bleken naast de waterbodem ook de taluds verontreinigd te zijn met vervuild slib. Voor het opruimen van deze vervuilde taluds werd aanvankelijk een grijperkraan ingezet. Bij het verwijderen van de steenbestorting was het echter onvermijdelijk dat het merendeel van de onderliggende uit takken en wiepen bestaande stort- en kraagstukken mee opgepakt of beschadigd werd. Bovenstaande aanpak resulteerde uiteindelijk in de noodzaak tot het aanbrengen van een kostbare, geheel nieuwe oeverbescherming. Bovendien moest de verwijderde stortsteen van het vervuilde slib worden ontdaan hetgeen in een eveneens kostbare, extra proces-

gang in een grote zeeftrammel moest plaatsvinden. Gezien al deze problemen en hoge kosten heeft de VOW een alternatieve werkwijze ontwikkeld om dergelijke taluds schoon te maken. Het uiteindelijke resultaat is de zogenaamde taludreiniger (zie foto 5). De taludreiniger bestaat uit een platte 0,6 meter hoge doos van circa 8 bij 3 meter. De gehele doos is opgehangen aan een hydraulische kraan en kan hiermee nauwkeurig op het talud geplaatst worden. Binnen deze doos zijn 65 spuitmonden gemonteerd

waarmee met kracht water tot 30 centimeter diepte in het talud wordt gespoten. Hierdoor wordt de sliblaag op en tussen de stortsteen losgewoeld. Het mengsel zal onder invloed van de zwaartekracht en de spuitrichting van de jetstralen naar de lage zijde van de doos stromen waar het direct via een zuigmond wordt afgezogen naar een laadbak. In deze laadbak bezinkt het slib, waarna het bovenstaande water via een andere bak opnieuw door de waterjets op het talud wordt gebruikt. Op deze manier is een gesloten circuit verkregen.

De taludreiniger wordt inmiddels met succes toegepast bij het saneringsproject in de Geulhaven.

#### 6.4. Westerschelde

Nederlands aandeel in het onderhoudsbaggerwerk

Onderhoudsbaggerwerk vindt plaats in de aan de zeearm gelegen havens en het kanaal door Zuidbeveland. De totale hoeveelheid baggerspecie die in 1988 uit de havens van Hansweert, Terneuzen, Breskens, Vlissingen en Perkpolder werd verwijderd bedroeg circa 9 miljoen m<sup>3</sup>. Deze hoeveelheid werd teruggestort in de Westerschelde. Ook de gebaggerde specie uit het kanaal door Zuidbeveland (1,7 miljoen m<sup>3</sup>) werd in de Westerschelde gestort.

In het kader van de bescherming van de zee en de zeebodem is het beleid er op gericht om zowel de vracht aan als de concentratie van de verontreiniging die met de baggerspecie in de Noordzee, Waddenzee en Westerschelde wordt verspreid, de komende jaren verder te reduceren. Een deel van deze reductie wordt bereikt door de kwaliteitsverbetering van de baggerspecie als gevolg van de vermindering van de vervuiling van het oppervlaktewater. Wanneer de vrachtreductie onvoldoende is, zal de hoeveelheid baggerspecie die voor verspreiding in zee in aanmerking komt, beperkt moeten worden. De specie die niet verspreid mag worden, dient in depot geborgen te worden. In de



Foto 5. Taludreiniger: Hollandsche Aanneming Maatschappij B.V.

Vierde nota over de ruimtelijke ordening is aangegeven dat voor speciebergingsdepots nog een aantal grootschalige depots moeten worden gerealiseerd, waaronder een in de bovenloop van de Westerschelde.

#### Zandwinning in de regio Westerschelde

Behalve het uitvoeren van onderhoudsbaggerwerk wordt er ook ten behoeve van zandwinning gebaggerd. De hoeveelheid zand die in 1988 door concessiehouders in de regio Westerschelde werd gewonnen bedroeg ruim 3,5 miljoen m<sup>3</sup>.

#### Waterbodemsanering in de regio Westerschelde

##### Verdronken Land van Saeftinge

In dit buitendijks gelegen natuurgebied langs de Westerschelde slaat tijdens inundatie sediment neer dat voor een groot deel wordt aangevoerd door de Schelde. De bovenste laag van het sediment overschrijdt op een aantal plaatsen de signaleringswaarde. Als gevolg van de huidige kwaliteit van het Scheldewater is sanering (bijvoorbeeld isoleren) de komende jaren niet zinvol. Nader onderzoek naar de effecten van verontreinigingen op flora en fauna is gestart.

##### Aan de zeearm gelegen havens

In een aantal havens langs de Westerschelde is sprake van lozingen, met name veroorzaakt door scheepswerfactiviteiten. De hoeveelheid saneringsspecie in de havens van Hansweert, Terneuzen, Breskens en Vlissingen wordt geschat op 460.000 m<sup>3</sup>. In de meeste gevallen is sanering urgent vanwege het gevaar voor verspreiding van het verontreinigde slib naar de Westerschelde en het voortbestaan van de scheepswerf (V & W en VROM, 1989).

### 6.5. Kanaal Gent-Terneuzen

#### Nederlands gedeelte

##### Onderhoudsbaggerwerk

Jaarlijks zou tussen de 25.000 en 30.000 m<sup>3</sup> slib uit het kanaal moeten worden verwijderd. Wegens het ontbreken van een geschikte stortplaats voor de zwaar verontreinigde baggerspecie (voornamelijk klasse 4) is er tussen 1985 en 1990 niet gebaggerd. Hierdoor ondervond de scheepvaart steeds meer hinder van het slib op de kanaalbodden, met name ter hoogte van de bruggen in Sluiskil en Sas van Gent en in de kanaalbochten. In 1990 is er voor de opslag van baggerspecie uit het kanaal op de Axelse

vlakte een door folie van de omgeving afgeschermd depot ingericht. Hierin is inmiddels 60.000 m<sup>3</sup> baggerspecie gestort. In 1992 zal er nog eens 40.000 m<sup>3</sup> worden gestort waarmee de eerste nood gelenigd is. Nadat ook deze lading voldoende is ingeklonken wordt de stort afgedekt. Daarna wordt er een meter schone grond op gestort.

#### Waterbodemsanering

De waterbodem, inclusief die van zijkanalen en -havens, is lokaal verontreinigd met PAK's en zware metalen. De verontreiniging wordt veroorzaakt door bronnen in België en Frankrijk, langs het kanaal gelegen industrie, scheepsonderhoud en waterbouwkundig onderhoud. De mate van bronnsanering is afhankelijk van de vordering van de sanering in België. Waterbodemsanering wordt op dit moment niet zinvol geacht. De hoeveelheid slib die moet worden verwijderd wordt geschat op 500.000 à 1.500.000 m<sup>3</sup> (V & W en VROM, 1989).

Ter illustratie zijn in tabel 4 de gemiddelde concentraties van zware metalen in het sediment van de besproken waterwegen gegeven (uitgezonderd de Westerschelde). Uit deze tabel blijkt dat het kanaal Gent-Terneuzen als het meest vervuild beschouwd kan worden. De havens van Hamburg en Rotterdam (oostelijk deel) zijn ongeveer even vervuild. Antwerpen daarentegen is relatief schoon.

ir. C. NIEUWENDIJK  
ir. A.M.J.V. VAN BOXTEL  
Technische Universiteit Delft  
Faculteit der Civiele Techniek  
Stevinweg 1  
NL-2628 CN Delft  
Nederland

#### GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- BAEYENS, W. et al., 1991. Sequential analysis as a tool for the assessment of the environmental impact of contaminated dredged sludge. Proceedings CATS congress, Gent.
- BELMANS, H. et al., 1989. De baggerwerken in de Schelde en hun permanente optimalisatie. Water, 49bis, 239-254.
- CHARLIER, R.H., en J. R. SENTEN, 1984. Composition of waters and sediments in the Antwerp harbor. Environmental Geology, 5, 3, 159-165.
- CLAESSENS, J. en J. SMITS, 1991. Riverbottom-sanitation and landscaping beneficial use of fine grained dredged material from the Antwerp region. Proceedings CATS congress, Gent.
- DEMOEN, J., 1989. Naar een nieuwe aanpak van de berging van onderhoudsbaggerspecie van de bevaarbare waterlopen. Water, 47, 117-120.

DONZE, M. et al., 1990. Shaping the Environment: Aquatic Pollution and Dredging in the European Community. DELWEL Uitgeverij B.V., 's-Gravenhage. ISBN 90-6155-430-6.

FORSTNER, U., 1989. Contaminated Sediments. Lecture Notes in Earth Sciences. Springer Verlag Berlin, ISBN 3-540-51076-1.

GOOSSENS, W., 1991. Hydrocycloon zuivert slib bij Belgisch experiment. Land + Water, 4, 90-93.

HENSEN, U., 1989. Disposal of Hamburg's contaminated dredged material. Terra et Aqua, 1989, 40, 3-5.

HOEK, A.W. van der et al., 1990. Waterbodems: van probleemanalyse naar oplossing. Basisrapport derde Nota waterhuishouding. DBW/RIZA nota nr. 90.038.

KNOPP, H., 1989. Flusssedimente und Hafengebagger-schlämme, Müll-Handbuch, Kennzahl 1720, Lieferung 4/89, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

KREPS-HEYNDRIKX, Y.H.A., en J. De Fraye, 1991. The use of biofixation in the treatment of contaminated sludge first results in Belgium. Proceedings CATS congress, Gent.

KRONING, H. en F. ROSENSTOCK, 1989. Trennen und Entwässern von kontaminiertem Baggergut mit der Betriebsanlage METHA 2. Proceedings of the international environment congress: The harbour - an ecological challenge, Hamburg.

LUDIKHUIZE, D., 1989. Project Onderzoek Rijn, fase twee. Zware metalen balans Rijn. International Centre of Water Studies/ WL Delft.

MONDT, W. et al., 1991. The spatial distribution of pollutants (inorganic and organic) in a dredged sludge pumping ground. Proceedings CATS congress, Gent.

NIJSSEN, J.P.J., 1988. Rotterdam Dredged Material: Approach to Handling. In: Environmental Management of Solid Waste, eds. W. Salomons en U. Förstner. Springer Verlag, ISBN 3-540-18232-2.

SCHENKEL, W., 1984. Baggergut in der Bundesrepublik Deutschland - Anfall und Beseitigung. Strom- und Hafenbauamt, Hamburg.

Umweltbehörde der Freie und Hansestadt Hamburg, 1989. Langzeitstrategie zur Verminderung der Einträge Hamburgs in die Elbe und Nordsee.

VAN DEN EEDE, E., 1989. Proefstortenproject Geuzenhoek. Water, 47, 121-122.

VAN DEN EEDE, E., 1990. Een eerste aanzet voor de biologische behandeling van baggerspecie. Water, 51, 152-153.

VAN HOOFF, J. et al., 1991. Underwater disposal of dredged material in Doeldok: final evaluation of the pilot project. Proceedings CATS congress, Gent.

VELLINGA, T. en N.B.J. van Limborgh, 1990. Gemeente spoort zelf bronnen van vervuilde baggerspecie op. Land + Water, 3, 78-85.

Verkeer en Waterstaat, ministerie van, 1989a. De vervuiling van de waterbodem. Tweede Kamer 1988-1989, 19866 nr. 9.

Verkeer en Waterstaat, ministerie van, 1989b. Derde Nota waterhuishouding. Water voor nu en later. Tweede Kamer, 1988-1989, 21 250 nr. 1.

Verkeer en Waterstaat, ministerie van en ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1989. Saneringsprogramma waterbodem rijkswateren 1990-2000.

VOLBEDA, J.H. en G.L.M. van der Schrieck, 1991. Cleaning the heavily contaminated Geulhaven at Rotterdam. Proceedings CATS congress, Gent.

Tabel 4. Gemiddelde concentraties van zware metalen in het sediment van de havens van Antwerpen, Hamburg en Rotterdam en het kanaal Gent-Terneuzen. (Charlier en Senten, 1984; Knöpp, 1989 en Donze Metal, 1990). Concentraties in ppm.

Metaal	Antwerpen	Hamburg	Rotterdam	Gent-Terneuzen	Achtergrond
Cadmium	3.0	7-25	15-35	15	0.1-1.9
Chroom	16.4	150-300	350-750	1197	4-77
Koper	5.0	250-600	200-350	599	4-44
Lood	13.3	150-250	250-450	1054	17-40
Zink	344.0	1500-2500	1500-2000	5350	25-156

#### Naschrift van de auteurs:

In het kader van het Project Onderzoek Rijn is door de gemeente Rotterdam inmiddels ook met de Duitse Vereniging van Chemische Industrie en het metaalverwerkend bedrijf Berzelius GmbH overeenstemming bereikt over het drastisch terugdringen van de lozingen van zware metalen in de Rijn.