

RIJKSINSTITUUT VOOR  
VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU  
BILTHOVEN

Rapport nr.771402015

**Emissie van organische en anorganische stoffen  
uit baggerspecie**

P.M. Dekker

juli 1995

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Bodem in het kader van project nr.771402

This investigation has been performed in order and for the account of the Directorate General for Environmental Protection, Ministry of Housing, Physical Planning and Environment within the framework of project 771402

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,  
tel. 030-749111, fax 030-742971

**VERZENDLIJST**

- 1-6 Directie Bodem, Directoraat-Generaal Milieubeheer
- 7 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr.ir. B.C.J. Zoeteman
- 8 Mr. A.B. Holtkamp, Directie Bodem
- 9 Mr.drs. L.J.J. Gravesteijn, Directie Bodem
- 10 Drs. A.J.C.W.M. de Kort, Directie Afvalstoffen
- 11 Ir. R.T. Eikelboom, Directie Bodem
- 12 Drs. J. Lourens, RIKZ, Den Haag
- 13 Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
- 14 Directie van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 15 Ir. N.D. van Egmond
- 16 Ir. F. Langeweg
- 17 Drs. L.H.M. Kohsiek
- 18 Dr. Th.G. Aalbers
- 19 Drs. G.A. Rood
- 20 Auteur
- 21 Hoofd Voorlichting en Public Relations, RIVM
- 22 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie, RIVM
- 23-24 Bibliotheek RIVM
- 25-50 Reserve exemplaren ten behoeve van Bureau Rapportenbeheer
- 51-55 Reserve exemplaren

**INHOUDSOPGAVE**

	<u>Blz.</u>
<b>VERZENDLIJST</b>	2
<b>INHOUDSOPGAVE</b>	3
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>SAMENVATTING</b>	6
<b>1 INLEIDING</b>	7
1.1 Algemeen	7
1.2 Uitloging	7
1.3 Normen	8
<b>2 MATERIAAL EN METHODEN</b>	10
2.1 Monstermateriaal	10
2.2 Monstervoorbehandeling	11
2.3 CEN-test	12
2.3.1 Uitvoering	12
2.3.2 Centrifugeren	12
2.4 Berekening cumulatieve emissie	13
<b>3 RESULTATEN</b>	14
3.1 Cumulatieve emissie	14
3.2 Samenstelling en uitloogpercentage	17
<b>4 DISCUSSIE</b>	18
4.1 Verandering waterbodem	18
4.2 Verandering produkt	19
4.2.1 Pilotsanering haven Elburg	19
4.2.2 Proefprojecten	20
4.3 Toepassing baggerspecie	21
4.3.1 Bouwmateriaal	21
4.3.2 Bodem	23

<b>5</b>	<b>CONCLUSIES</b>	25
5.1	Verandering waterbodern	25
5.2	Verandering produkt	25
5.3	Kwaliteit baggerspecie	26
<b>6</b>	<b>AANBEVELINGEN</b>	26
	<b>REFERENTIES</b>	27
	<b>BIJLAGEN</b>	
1.	Berekening centrifugetijd	28
2.	Monstercodes in database (BASIS)	29
3.	Samenstelling baggerspecie	30
4.	Uitloogpercentage baggerspecie	31
5.	Samenstellingswaarden voor grond	32

**ABSTRACT**

Within the framework of the study to dredging and processing technics for sanitation of polluted water bottoms, the leachability of organic compounds and metals has been investigated from sludge. The CEN-test, somewhat altered, was carried out in a laboratory for the determination of the leachability. First the results are used to work out the alteration of leaching behaviour as a result from dredging and second as a result from processing the sludge.

## SAMENVATTING

In het kader van het onderzoek naar bagger- en verwerkingstechnieken voor de sanering van vervuilde waterbodems is het uitlooggedrag bepaald van organische en anorganische stoffen uit baggerspecie. Als uitloogtest is de CEN-test, in enigszins gewijzigde vorm, toegepast. De resultaten zijn ten eerste gebruikt om na te gaan wat de uitloogverandering was van stoffen uit de waterbodem als gevolg van baggeren. Ten tweede zijn de resultaten gebruikt om de produktverandering na te gaan als gevolg van verwerking van de baggerspecie. De volgende verwerkingstechnieken zijn daarbij onderzocht: fraktionering, flotatie, beluchtingsbassin, landfarming en slurry-reactor. De emissie van stoffen uit (verwerkte) baggerspecie is voor organische stoffen getoetst aan samenstellingsnormen en voor anorganische stoffen aan uitloognormen voor cat. 1 en cat. 2 bouwmaterialen. Deze normen zijn afkomstig uit het Bouwstoffenbesluit (1). Daarnaast is de samenstelling van baggerspecie getoetst aan streefwaarden voor grond (2).

### *Pilotsanering haven Elburg*

De verontreiniging aan organische en anorganische stoffen in de waterbodem van haven Elburg was na baggeren (vak I en III) kleiner dan vóór baggeren. Onbewerkte baggerspecie uit haven Elburg mag daarbij niet als bodem worden toegepast omdat de gehalten aan PAK10 en Zn de voor humus en lutum gecorrigeerde streefwaarden voor grond ruim overschreden.

In vak I was na baggeren de emissie van metalen (Cu, Pb en Zn) uit de 'nieuwe' waterbodem hoger dan vóór baggeren terwijl in vak III de emissie van PAK's na baggeren hoger was. De daarbij behorende uitloog- respectievelijk samenstellingsnormen voor toepassing als cat. 1 bouw materiaal werden ondanks deze hogere emissies niet overschreden.

Reiniging van baggerspecie door middel van fraktionering in twee deelstromen resulteerde in een fijne zandfractie van vak I en III waarin het Zn-gehalte de gecorrigeerde streefwaarde voor grond niet meer overschreed. Het PAK10-gehalte overschreed echter de gecorrigeerde streefwaarde voor grond waardoor de fijne zandfractie niet als bodem mag worden toegepast.

De emissies van de geselecteerde organische en anorganische stoffen uit de grove fracties waren vergelijkbaar met deze emissies uit de fijne fracties waarbij de emissies ruim onder de daarbij behorende samenstellings- respectievelijk uitloognormen lagen.

### *Proefprojecten*

Door middel van de verwerkingstechnieken flotatie, beluchtingsbassin, landfarming en slurry-reactor werd de emissie van organisch afbreekbare verontreinigingen in baggerspecie (zoals PAK's en minerale olie) lager. Na flotatie van baggerspecie uit haven Elburg waren tevens de emissies van Cu, Pb en Zn lager ten opzichte van het uitgangsmateriaal.

De emissies van de geselecteerde organische en anorganische stoffen uit zowel de niet verwerkte als de verwerkte baggerspecies lagen ruim onder de samenstellings- respectievelijk uitloognormen voor toepassing als cat. 1 bouw materiaal.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Algemeen

In het Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW), fase 2 van het Ministerie van V&W worden milieuvriendelijke bagger- en verwerkingstechnieken voor de sanering van vervuilde waterbodems ontwikkeld. De te ontwikkelen technieken vallen binnen de processen Baggeren, Scheiden, Reinigen en Immobiliseren. Het POSW is in 1989 gestart met onderzoek naar technische mogelijkheden voor aangeboden technieken. In de tweede fase zullen de operationalisering van technieken, alsmede de beoordeling van de technieken en de uitvoering van pilot-saneringen centraal staan.

De coördinatie van POSW ligt in handen van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) te Lelystad, waartoe een programmabureau POSW is ingesteld.

### 1.2 Uitloging

Tijdens de tweede fase van POSW is een pilotsanering uitgevoerd in de haven van Elburg. De te meten parameters hebben onder andere betrekking op de waterbodem en produktkwaliteit. Met schudproeven is de uitloogbaarheid van stoffen van het sediment en de (verwerkte) baggerspecie onderzocht. In het kader van het onderzoek naar sanerings- en verwerkingstechnieken van waterbodems is door het RIVM de CEN-test (2-staps test) (3) voorgesteld als uitloogtest ter beoordeling van het uitlooggedrag van zowel organische als anorganische verontreinigingen. Van de (verwerkte) baggerspecies zijn de cumulatieve emissies van de stoffen berekend tot een verhouding vloeistof/vaste stof van 10 (L/S=10). De emissie is de afgifte van stoffen vanuit een bouw materiaal naar een compartiment.

Op basis van de uitloogresultaten is ten eerste nagegaan of het uitlooggedrag van stoffen uit de waterbodem na saneren anders is dan voor saneren (verandering van de bodem). Hiertoe zijn op t=0 (voor het baggeren), t=1 (direkt na het baggeren) en t=2 (half jaar na het baggeren) monsters genomen in de haven van Elburg. Ten tweede is de verandering van de uitloogbaarheid van het uitgangsmateriaal (t=0) tengevolge van verwerkingstechnieken onderzocht (verandering produkt) eveneens op basis van de uitloogresultaten. In dit rapport wordt niet ingegaan op de verandering van de samenstelling van baggerspecie als gevolg van verwerking, met uitzondering van baggerspecie afkomstig uit haven Elburg dat door middel van hydrocyclonage is verwerkt. Hydrocyclonage is een fraktioneringstechniek die op grote schaal is toegepast. In een hydrocycloon worden in een vloeistof gesuspendeerde deeltjes gescheiden op grond van verschillen in deeltjesgrootte, vorm en dichtheid (4). Suspensies worden gescheiden in een grove zandfractie van 125 tot 4000 µm (straat 1) en een fijne zandfractie van 40 tot 4000 µm (straat 2).

Naast produktverandering als gevolg van fraktionering is tevens de produktverandering bepaald als gevolg van oxidatietechnieken. Hiertoe zijn op verschillende lokaties baggerspecie bemonsterd (proefprojecten). De volgende technieken zijn onderzocht: 1) flotatie, 2) beluchtingsbassin, 3) landfarming en 4) slurry-reactor.

- ad.1 *Flotatie*: deeltjes worden uit een vloeistof afgescheiden op grond van verschillen in het hydrofiele karakter van de deeltjes. Het principe van flotatie is dat luchtbelletjes zich hechten aan bepaalde deeltjes. De deeltjes waaraan zich een luchtbel hecht worden lichter en drijven naar het wateroppervlak. Aan dit oppervlak concentreren deze deeltjes zich in een schuimlaag, die vervolgens afgeroomd kan worden. De overige deeltjes blijven in de waterfase achter. Bij toepassing van deze techniek worden vaak flotatiehulpmiddelen gebruikt. Toepassing voor baggerspecie is in eerste instantie gericht op het verwijderen van hydrofobe verontreinigingen zoals olie (5).
- ad.2 *Beluchtingsbassin (biologische oxidatie)*: verdunde specie wordt in een groot bassin belucht door bewegende elementen onder in het bassin (5).
- ad.3 *Landfarming (biologische oxidatie)*: baggerspecie wordt in lagen over land verspreid. In zuurstof wordt voorzien doordat er slechts met dunne lagen gewerkt wordt en doordat de specie af en toe wordt omgeploegd (5).
- ad.4 *Slurry-reactor (biologische oxidatie)*: verdunde specie wordt in een trommel (bio-reactor) belucht doordat het vat voorzien is van axiale schotten, half gevuld is en ronddraait (5).

### 1.3 Normen

De emissies van organische en anorganische stoffen zijn getoetst aan de normen die staan weergegeven in het ontwerp Bouwstoffenbesluit (1). Voor toepassing van baggerspecie als bouw materiaal (niet-vormgegeven) gelden voor organische stoffen de samenstellingsnormen en voor anorganische stoffen de uitloognormen voor cat. 1 en cat. 2 bouwmaterialen. De emissies van stoffen uit baggerspecie zijn berekend met de CEN-test. In het onderzoek is deze test als uitloogtest uitgevoerd omdat baggerspecie te veel kleine deeltjes bevat om de emissie van stoffen te bepalen door middel van de kolomtest (6). De resultaten van de CEN-test zijn vergelijkbaar met de kolomtest (7). In zijn algemeenheid kan niet worden gesteld dat voor ieder materiaal de huidige kolomtest vervangen kan worden door de CEN-test. Dit is met name van belang als getoetst moet worden aan de normen van het Bouwstoffenbesluit (1).

Bouwmaterialen mogen op of in de bodem worden toegepast als:

- geen van de samenstellingsnormen voor organische stoffen wordt overschreden,
- bouwmaterialen worden gebruikt op een zodanige wijze dat, ook indien geen isolerende-maatregelen worden getroffen (cat. 1 bouwmaterialen) respectievelijk uitsluitend indien isolerende-maatregelen worden getroffen (cat. 2 bouwmaterialen) geen van de uitloognormen voor anorganische stoffen wordt overschreden.



In dit onderzoek liggen de emissies van organische en anorganische stoffen ruim onder de norm indien de emissies kleiner zijn dan 90% van de norm.

De gemeten resultaten zijn in het onderzoek vergeleken met normen. Op grond van de gemeten resultaten zijn op basis van de CEN-test conclusies getrokken ten aanzien van de toepasbaarheid van baggerspecie.

- N.B.: 1) De CEN-test is niet de officiële uitloogtest van het Bouwstoffenbesluit. In dit besluit dient de gestandaardiseerde kolomtest als uitloogtest (6).**  
**2) Niet gemeten stoffen kunnen leiden tot een andere conclusie.**

Voor toepassing van baggerspecie als bodem zijn de samenstellingen van de (verwerkte) baggerspecies getoetst aan de streefwaarden bodemkwaliteit voor grond (2). Bij overschrijding van de streefwaarde is een toepassing als cat. 1 of cat. 2 bouw materiaal mogelijk (1).

## 2 MATERIAAL EN METHODEN

### 2.1 Monstermateriaal

De lokaties en omschrijvingen van de (verwerkte) baggerspecies afkomstig van de pilotsanering en de tijdstippen van monsterneming zijn in tabel 1 weergegeven. In tabel 2 is de monsterneming weergegeven van de proefprojecten.

Tabel 1. Monsterneming pilotsanering.

lokatie	tijdstip	omschrijving	Lu	Hu
Elburg vak I	maart '94	t=0	4.6	3.2
	juli '94	t=1	3.1	0.2
	januari '95	t=2	4.2	1.9
Elburg vak I	juni '94	input	3.3	1.9
	juni '94	grof	0.9	0.2
	juni '94	fijn	1.1	0.3
Elburg vak III	maart '94	t=0	8.4	4.5
	juli '94	t=1	3.8	0.7
	januari '95	t=2	3.4	1.0
Elburg vak III	juni '94	input	4.0	1.8
	juni '94	grof	0.6	0.2
	juni '94	fijn	0.9	0.3

t=0 : (bodem)monster voor baggeren (sediment)

t=1 : (bodem)monster direkt na baggeren

t=2 : (bodem)monster half jaar na baggeren

input : input fraktionering

grof : output, grove zandfraktie (125 - 4000 µm)

fijn : output, fijne zandfraktie (40 - 4000 µm)

Lu : lutumgehalte (%)

Hu : humusgehalte (%)

Tabel 2. Monsterneming proefprojecten.

lokatie	tijdstip	omschrijving
Elburg	augustus '94	flotatie, input
	augustus '94	flotatie, output
Petroleumhaven	april '94	beluchtingsbassin 1
	juli '94	beluchtingsbassin 1 na 5 weken
	april '94	beluchtingsbassin 2
	juli '94	beluchtingsbassin 2 na 12 weken
	juli '94	intensieve landfarming/slurry-reactor, t=0
	oktober '94	intensieve landfarming
	oktober '94	slurry-reactor
	april '94	vak Amsterdam, fraktie van fingerprint #
Wemeldingen haven	juli '94	intensieve landfarming, t=0
	oktober '95	intensieve landfarming
Geulhaven	april '94	extensieve landfarming
Zierikzee	april '94	extensieve landfarming
Delfzijl	juli '94	haven 3, anaërobe afbraak, t=0
	juli '94	haven 5, anaërobe afbraak, t=0
	juli '94	haven 7, anaërobe afbraak, t=0
Apeldoorn	april '94	kanaal
Lobith	april '94	haven

# Fingerprintmethode: verontreinigd sediment wordt in achtereenvolgende stappen gescheiden.

## 2.2 Monstervoorbehandeling

Baggerspecie uit Petroleumhaven (fingerprint), kanaal Apeldoorn en haven Lobith (tabel 2) is in opdracht van het RIZA voorbehandeld volgens de methode van AquaSense. De monstervoorbehandeling van baggerspecie uit de andere proefprojecten (tabel 2) en pilotsanering haven Elburg (tabel 1) is door IWACO uitgevoerd.

## 2.3 CEN-test

De CEN-test is een uitloogtest aan materialen zoals afvalverbrandingsresiduen, industriële afvalstoffen en grond, opgesteld door de werkgroep CEN/TC 292. Deze uitloogtest is afgeleid van de DIN 38414-S4, AFNOR X-31, NEN 7343 en ONORM S2072. De CEN-test is door middel van een ringonderzoek statistisch vergeleken met de DIN/AFNOR uitloogtest (3).

### 2.3.1 Uitvoering

Op basis van 100 gram droge stof is monster ingewogen in een glazen 1 liter fles. Gedemineraliseerd water is toegevoegd tot een verhouding vloeistof/vaste stof van 2 l/kg ( $L/S=2$ ). Deze slurry is gedurende 6 uur geschud op een roterend schudapparaat (1<sup>e</sup> stap). Volgens de CEN-test dient vervolgens het waterig extract gefiltreerd te worden over een 0.45  $\mu\text{m}$ -filter. Door de aanwezigheid van veel kleine deeltjes ( $< 2 \mu\text{m}$ ) levert de scheiding van het (heldere) extract en monster problemen op. Om deze reden is de slurry gecentrifugeerd en vervolgens voor analyse van metalen gefiltreerd. Het volume van het gecentrifugeerde extract ( $L_{1A}$ ) is bepaald. Daarna is de CEN-test vervolgd door toevoegen van 800 ml gedemineraliseerd water tot een cumulatieve  $L/S$  van 10 (2<sup>e</sup> stap). Na 18 uur schudden is gecentrifugeerd en voor metalen eveneens gefiltreerd.

Voor een aantal monsters was het droge stof gehalte zo laag dat de  $L/S$  verhouding in de eerste stap van de CEN-test groter was dan 2. Bij deze monsters is getracht voldoende extract te verkrijgen door de monsters eerst te centrifugeren. Dit is niet in alle gevallen gelukt. Deze monsters zijn daarom direct ingezet tot een  $L/S$  verhouding van 10. In dergelijke situaties is de uitloogtest dus in één stap uitgevoerd in plaats van twee stappen.

### 2.3.2 Centrifugeren

Het centrifugeren is uitgevoerd in een Hermle ZK510 centrifuge. In deze centrifuge kan maximaal 2 l monster worden ingezet. Gedurende 60 à 90 minuten is gecentrifugeerd met een toerental van 2500 toeren per minuut. Deze tijd was ruim voldoende om 0.45  $\mu\text{m}$  deeltjes met een dichtheid van 1500  $\text{kg/m}^3$  neer te slaan (bijlage 1). De temperatuur tijdens centrifugeren was 10 à 15 °C.

## 2.4 Berekening cumulatieve emissie

De cumulatieve emissie tot een L/S verhouding van 10 ( $E_{10}$ ) van organische en anorganische stoffen uit baggerspecie is als volgt berekend.

$$E_{10} = (L_{1A} * c_1 + (L_2 + L_1 - L_{1A}) * c_2) / M_{ds} \quad (\text{mg/kgds})$$

$L_1$	= volume uitloogvloeistof (water) eerste extractie, stap 1 (l)
$L_2$	= volume uitloogvloeistof (water) tweede extractie, stap 2 (l)
$L_{1A}$	= volume eerste extractie na centrifugeren (l)
$c_1$	= concentratie component in eerste extrakt (mg/l)
$c_2$	= concentratie component in tweede extrakt (mg/l)
$M_{ds}$	= massa van het monster op basis van de droge stof (kg)

De berekeningen zijn met behulp van de rekenmodule database (BASIS) van het RIVM (afdeling LAE) uitgevoerd. De monstercodes (tpf) die in dit bestand zijn gebruikt, zijn in bijlage 2 weergegeven. Bij de berekening van de emissie is de onderste analysegrens ingevuld als de gemeten concentratie van een component in een extrakt kleiner was dan de onderste analysegrens. Dit worden de zogenaamde 'upper limit values' genoemd.

### 3 RESULTATEN

#### 3.1 Cumulatieve emissie

De cumulatieve emissies bij L/S=10 ( $E_{10}$ ) van organische stoffen zijn in tabel 3A weergegeven in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  van de onderzochte (verwerkte) baggerspecies afkomstig van pilotsanering Elburg. In tabel 3B zijn deze emissies weergegeven van baggerspecies afkomstig van proefprojecten.

Tabel 3A. Emissie van organische stoffen bij L/S=10 van baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

omschrijving	Ace	Acy	An	BPe	BaA	BaP	Bbf	BkF	Chr	DiA	Fl
vak I, t=0	4.1	< 2.0	0.29	1.2	1.6	1.4	1.6	0.79	2.8	< 2.0	<0.20
vak I, t=1	< 2.0	< 2.0	0.22	< 1.0	1.4	1.0	1.4	0.73	2.1	< 2.0	0.25
vak I, t=2	2.1	< 2.0	0.35	< 1.0	0.6	0.6	0.6	0.38	0.9	< 2.0	0.22
<i>fraktionering</i>											
vak I, input	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, grof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, fijn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak III, t=0	< 2.0	< 2.0	0.28	1.4	0.76	1.0	1.0	0.55	1.1	2.0	<0.20
vak III, t=1	8.7	< 2.0	0.43	1.2	0.64	0.78	0.75	0.38	1.0	< 2.0	0.53
vak III, t=2	< 2.0	< 2.0	0.22	< 1.0	0.13	0.12	0.13	0.10	0.13	< 2.0	0.22
<i>fraktionering</i>											
vak III, input	2.0	< 2.0	0.31	< 1.0	0.28	0.26	0.47	0.22	0.52	< 2.0	0.24
vak III, grof	< 2.0	< 2.0	<0.2	< 1.0	0.27	0.44	0.53	0.27	0.73	< 2.0	<0.20
vak III, fijn	< 2.0	< 2.0	<0.2	< 1.0	0.12	0.12	0.12	0.10	0.25	< 2.0	<0.20

Vervolg tabel 3A. Emissie van organische stoffen bij L/S=10 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

omschrijving	Fla	IP	Naf	Ph	Py	PAK10 <sup>#</sup>	PAK16	HCB	MO
vak I, t=0	3.0	1.7	< 2.0	0.61	3.8	12.5	21.9	-	-
vak I, t=1	3.0	0.85	< 2.0	1.1	5.5	10.4	17.8	-	-
vak I, t=2	< 0.2	0.60	< 2.0	0.45	< 1.0	5.0	12.0	-	-
<i>fraktionering</i>									
vak I, input	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, grof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, fijn	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak III, t=0	1.1	0.96	< 2.0	0.40	1.5	7.8	16.0	-	-
vak III, t=1	2.7	0.85	< 2.0	0.91	3.3	7.8	21.2	-	-
vak III, t=2	1.0	< 0.5	< 2.0	0.20	1.4	< 4.5	< 12	-	-
<i>fraktionering</i>									
vak III, input	0.98	0.53	< 2.0	0.58	1.4	5.0	12.6	-	-
vak III, grof	< 0.2	<0.5	< 2.0	<0.2	< 1.0	< 4.5	< 12	-	-
vak III, fijn	< 0.2	<0.5	< 2.0	0.22	< 1.0	< 4.5	< 12	-	-

<sup>#</sup> PAK10 = de som van An, BPe, BaA, BaP, BkF, Chr, Fla, IP, Naf en Ph.

Tabel 3B. Emissie van organische stoffen bij L/S=10 van baggerspecie afkomstig van proefprojecten (µg/kg).

omschrijving	Ace	Acy	An	BPe	BaA	BaP	Bbf	BkF	Chr	DiA	Fl
<b>Elburg</b>											
flotatie, input	< 2.0	< 2.0	<0.20	1.4	1.4	2.4	2.5	1.2	4.4	< 2.0	<0.2
flotatie, output	< 2.0	< 2.0	0.38	< 1.0	0.85	0.82	0.92	0.50	2.2	< 2.0	0.22
<b>Petroleumhaven</b>											
bel.bassin 1	7763	109	7451	479	3457	1309	1438	644	3657	219	7827
bel.bassin 1 na 5 weken*	4000	<400	4400	360	2100	860	910	420	1500	68	6000
bel.bassin 2	4808	79	5025	382	2310	948	1036	519	2376	152	6240
bel.bassin 2 na 12 weken*	< 1.8	< 1.8	<0.18	18	1.2	40	23	2.4	5.0	8.9	0.54
t=0*	210	< 2.0	57	4.5	23	12	11	5.4	25	< 2.0	140
int.landfarming*	4.0	< 2.0	8.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	6.0	< 2.0	7.0
slurry-reactor	< 2.0	< 2.0	<0.2	< 1.0	< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	0.7	< 2.0	<0.2
fractie van fingerprint	55	< 2.0	19.6	< 1.0	0.54	< 0.1	0.14	< 0.1	0.8	< 2.0	5.5
<b>Wemeldingen haven</b>											
int.landfarming, t=0*	63	< 4.0	17	7.2	25	16	21	9.1	42	< 3.0	51
int.landfarming*	22	< 2.0	6.0	< 1.0	1.0	0.4	1.0	0.2	2.0	< 2.0	13
<b>Geulhaven</b>											
ext.landfarming	< 2.0	< 2.0	0.51	4.1	0.56	1.6	1.1	0.41	0.86	< 2.0	0.45
<b>Zierikzee</b>											
ext.landfarming	< 2.0	< 2.0	0.23	< 2.2	0.91	1.7	2.0	0.90	2.0	< 2.0	0.31
<b>Delfzijl, t=0</b>											
haven 3, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
haven 5, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
haven 7, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Apeldoorn, kanaal</b>											
	<2.0	<2.0	0.46	< 1.0	0.10	0.12	0.12	0.10	0.26	< 2.0	1.7
<b>Lobith, haven</b>											
	2.8	<2.0	2.9	< 1.0	0.46	< 0.1	0.14	0.10	0.30	< 2.0	1.5

Vervolg tabel 3B. Emissie van organische stoffen bij L/S=10 (µg/kg).

omschrijving	Fla	IP	Naf	Ph	Py	PAK10	PAK16	HCB	MO
<b>Elburg</b>									
flotatie, input	1.8	2.7	< 2.0	0.38	4.8	15.8	23.8	-	-
flotatie, output	1.6	0.76	2.0	0.58	3.1	7.6	12.0	-	-
<b>Petroleumhaven</b>									
bel.bassin 1	16370	633	1405	<b>21126</b>	9295	56920	81390	-	139100
bel.bassin 1 na 5 weken*	9800	290	1100	16000	5700	37000	54000	-	420000
bel.bassin 2	11206	407	1224	16072	6830	40470	59790	-	161000
bel.bassin 2 na 12 weken*	1.2	14	1.8	1.1	< 0.9	84	117	-	2340
t=0*	160	4.3	< 15	9.4	54	300	710	-	< 1000
int.landfarming*	7.0	2.0	2.0	6.0	14	41	70	-	< 500
slurry-reactor*	< 0.2	0.6	< 2.0	0.3	< 1.0	< 4.5	< 4.5	-	1100
fractie van fingerprint	31	< 0.5	< 2.0	13.2	19	64	146	-	< 600
<b>Wemeldingen haven</b>									
int.landfarming, t=0*	100	13	180	170	96	590	820	-	2700
int.landfarming*	9.0	< 1.0	22	24	5.0	65	100	-	< 500
<b>Geulhaven</b>									
ext.landfarming	4.2	2.0	<2.0	0.11	1.3	15.7	17.2	-	1084
<b>Zierikzee</b>									
ext.landfarming	1.2	2.3	<2.0	0.81	1.4	11.7	16.0	-	< 1000
<b>Delfzijl, t=0</b>									
haven 3, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	9.0	-
haven 5, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-
haven 7, anaër.afbraak*	-	-	-	-	-	-	-	6.8	-
<b>Apeldoorn, kanaal</b>									
	3.4	<0.5	<2.0	1.8	1.9	6.3	< 12	-	1740
<b>Lobith, haven</b>									
	1.8	<0.5	<2.0	1.6	1.4	6.9	12	-	-

\* test uitgevoerd in één stap (L/S=10) in plaats van twee stappen (L/S=2, L/S=8)

vet overschrijding van de norm

De cumulatieve emissies bij L/S=10 van anorganische stoffen zijn in tabel 4A weergegeven in µg/kg van de onderzochte (verwerkte) baggerspecie afkomstig van de pilotsanering haven Elburg. In tabel 4B zijn deze emissies weergegeven van baggerspecie afkomstig van de proefprojecten.

Tabel 4A. Emissie van anorganische stoffen bij L/S=10 van baggerspecie afkomstig van pilotsanering Elburg in µg/kg.

omschrijving	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
vak I, t=0	-	-	77	-	-	< 50	80
vak I, t=1	-	-	170	-	-	249	565
vak I, t=2	-	-	22	-	-	50	87
<i>fraktionering</i>							
vak I, input	< 5	-	22	< 1	< 50	< 50	104
vak I, grof	< 5	-	97	< 1	58	416	1635
vak I, fijn	< 5	-	105	< 1	58	450	1556
vak III, t=0	-	-	26	-	-	51	189
vak III, t=1	-	-	21	-	-	< 50	71
vak III, t=2	-	-	20	-	-	< 50	< 50
<i>fraktionering</i>							
vak III, input	-	-	609	-	-	103	370
vak III, grof	-	-	20	-	-	< 50	193
vak III, fijn	-	-	29	-	-	< 50	179

Tabel 4B. Emissie van anorganische stoffen bij L/S=10 van baggerspecie afkomstig van proefprojecten in µg/kg.

omschrijving	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<u>Elburg</u>							
flotatie, input	-	-	45	-	-	85	166
flotatie, output	-	-	< 20	-	-	< 50	64
<u>Petroleumhaven</u>							
bel.bassin 1	< 5.0	32	78	1.0	< 50	< 50	111
bel.bassin 1 na 5 weken*	< 5.0	< 20	44	< 1.0	< 50	< 50	110
bel.bassin 2	< 5.0	< 20	117	< 1.0	< 50	< 50	110
bel.bassin 2 na 12 weken*	7.9	< 18	49	< 0.9	153	< 45	3690
t=0*	< 5.0	< 20	< 20	< 1.0	< 50	< 50	62
int.landfarming*	8.0	< 20	86	39	93	< 50	2800
slurry-reactor	-	-	-	-	-	-	-
fractie van fingerprint	< 5.0	< 20	23	< 1.0	< 50	-	260
<u>Wemeldingen haven</u>							
int.landfarming, t=0*	< 5.0	< 20	20	< 1.0	< 50	< 50	< 50
int.landfarming*	< 5.0	< 20	40	< 1.0	< 50	< 50	120
<u>Geulhaven</u>							
ext.landfarming	< 5.0	42	154	1.9	< 50	64	226
<u>Zierikzee</u>							
ext.landfarming	< 5.0	31	101	1.2	86	57	230
<u>Delfzijl, t=0</u>							
haven 3, anaër.afbraak*	-	-	-	< 1.0	-	-	-
haven 5, anaër.afbraak*	-	-	-	3.0	-	-	-
haven 7, anaër.afbraak*	-	-	-	4.0	-	-	-
<u>Apeldoorn, kanaal</u>							
	-	-	-	-	-	-	-
<u>Lobith, haven</u>							
	< 5.0	44	38	1.2	86	-	282

\* test uitgevoerd in één stap (L/S=10) in plaats van twee stappen (L/S=2, L/S=8)  
 vet overschrijding van de norm



Baggerspecie afkomstig uit Lobith (tabel 2) is tevens onderzocht op uitloging van de PCB's: PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 en PCB-180. De emissie bij L/S=10 van al deze PCB's was kleiner dan 0.3 µg/kg.

### 3.2 Samenstelling en uitloogpercentage

De baggerspecies afkomstig van pilotsanering haven Elburg zijn geanalyseerd op samenstelling. De samenstellingen van de (verwerkte) baggerspecies zijn weergegeven in bijlage 3. De resultaten zijn gebruikt om het uitloogpercentage te berekenen door de emissie ( $E_{10}$ ) van organische en anorganische stoffen, weergegeven in tabel 3 en 4, te delen door de samenstelling. De uitloogpercentages zijn vermeld in bijlage 4. Het uitloogpercentage speelt **geen** rol in de beoordeling van baggerspecie.

## 4 DISCUSSIE

### 4.1 Verandering waterbodem

De verandering van de emissie en de samenstelling van de waterbodem is bepaald van baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg.

De emissie van PAK's uit de waterbodem is bepaald door in de haven van Elburg voor, tijdens en na baggeren monsters te nemen. De uitloogresultaten van organische en anorganische stoffen zijn in tabel 3A respectievelijk 4A weergegeven. Uit tabel 3 blijkt dat een half jaar na baggeren ( $t=2$ ) in vak I van haven Elburg de emissie van PAK's uit de waterbodem lager was dan vóór baggeren. De emissie van PAK(16EPA) was uit de 'nieuwe' waterbodem na baggeren ( $t=2$ ) ca. 50% lager ( $12 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) dan uit de 'oude' waterbodem ( $22 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Direct na baggeren van vak I ( $t=1$ ) lag de totale emissie van PAK's ( $18 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) tussen de emissie van de  $t_0$ - en  $t_2$ -situatie in. In vak III was de PAK16-emissie direct na baggeren ( $21 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) hoger dan voor baggeren ( $16 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) terwijl deze emissie na een half jaar ( $t=2$ ) kleiner was dan de onderste analysegrens ( $<12 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Mogelijk moest direct na baggeren de 'nieuwe' waterbodem in evenwicht komen met het water dat door de haven stroomt.

De verontreiniging aan PAK's in vak I was groter dan in vak III (bijlage 3). In de 'nieuwe' waterbodem van vak I bleek het grootste gedeelte van de PAK-verontreiniging door baggeren te zijn weggenomen. Uit bijlage 3 blijkt zelfs dat de verontreiniging aan PAK's in de waterbodem van vak I direct na baggeren lager was dan na baggeren van vak III. Verwacht werd dat de PAK-emissie uit de 'nieuwe' waterbodem van vak III direct na baggeren lager zou zijn dan uit de 'oude' waterbodem omdat de PAK-verontreiniging in de waterbodem na baggeren kleiner was (bijlage 3). Dit was echter niet het geval. In beide vakken van haven Elburg bleek het uitloogpercentage van PAK's uit de bodem na baggeren groter te zijn dan vóór baggeren (bijlage 4).

Uit tabel 4 blijkt dat de emissies van Cu, Pb en Zn uit baggerspecie afkomstig van vak I direct na baggeren hoger waren dan vóór baggeren. De Zn-emissie werd zelfs een faktor 7 hoger ( $565 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Een half jaar na baggeren van vak I waren de emissies van Pb en Zn echter vergelijkbaar met deze emissies voor baggeren terwijl de Cu-emissie ( $22 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) 70% lager was dan voor baggeren ( $77 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Zoals waargenomen bij de emissie van PAK's lijkt ook voor metalen de 'nieuwe' waterbodem in evenwicht te moeten komen met het water dat door de haven stroomt. Het uitloogpercentage van Cu en Zn was direct na baggeren groter dan vóór baggeren (bijlage 4). De hogere emissies van Cu, Pb en Zn direct na baggeren ten opzichte van vóór baggeren is niet waargenomen in baggerspecie afkomstig van vak III uit haven Elburg. Direct na baggeren was de Zn-emissie uit deze waterbodem zelfs 60% lager ( $71 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) dan vóór baggeren ( $189 \mu\text{g}/\text{kg}$ ).

## 4.2 Verandering produkt

### 4.2.1 Pilotsanering haven Elburg

Baggerspecie uit haven Elburg is door middel van fraktionering in een grove en fijne zandfractie gereinigd. Verontreinigingen zijn meestal gebonden aan mineralen of organische stof, waardoor zij in de lichte fractie terecht komen. Fysische scheiding leidt dan tot een schone zware (grove) fractie en een vervuilde lichte (fijne) fractie (5).

#### *Vergelijking uitgangsmateriaal met input*

De verandering van de emissie van baggerspecie door fraktionering is bepaald van baggerspecie afkomstig van vak I en vak III uit haven Elburg. Uit tabel 3A blijkt de input voor fraktionering andere emissies van PAK's en metalen te vertonen dan het uitgangsmateriaal ( $t=0$ ). De PAK16-emissie uit de input van vak III was bijna 20% lager ( $13 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) dan uit het uitgangsmateriaal ( $16 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). De emissies van Cu, Pb en Zn uit de input van vak III waren hoger dan uit het uitgangsmateriaal. De Cu-emissie uit de input was zelfs een faktor 23 groter ( $609 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) dan uit het uitgangsmateriaal ( $26 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Oorzaken van de verschillende emissies kunnen zijn:

- meer vervluchtiging van PAK's uit de input dan uit het uitgangsmateriaal,
- inhomogeniteit van de monsters,
- analysefouten.

#### *Resultaten fraktionering*

De totale PAK-emissie uit baggerspecie van vak III werd door fraktionering in een grove en fijne zandfractie lager ten opzichte van de input, met uitzondering van BaP, Bbf, BkF en Chr uit de grove fractie (tabel 3A). De emissie van deze PAK's waren uit de grove fractie iets hoger dan de input. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de gemeten concentraties van de PAK's rond de onderste analysegrenzen lagen. De emissies van Cu, Pb en Zn uit baggerspecie van vak III waren na fraktionering eveneens lager (tabel 4A). De Cu-emissie uit zowel de grove ( $20 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) als de fijne fractie ( $29 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) was zelfs 95% lager ten opzichte van de input ( $609 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). In tegenstelling tot vak III waren de gemeten metaalemissies uit zowel de grove als de fijne zandfractie van vak I hoger dan uit de input voor fraktionering. De Zn-emissie was na fraktionering zelfs uit beide fracties een faktor 15 hoger (ca.  $1600 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) ten opzichte van de input ( $104 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Fraktioneren van baggerspecie uit vak I blijkt dus een negatief effect te hebben op de emissie van metalen die gemeten zijn. Uit bijlage 3 blijkt de verontreiniging aan metalen in de zandfrakties, met name de fijne fractie, kleiner te zijn dan de input. De uitloogpercentages van metalen uit de gefractioneerde baggerspecie waren dus groter dan uit de onbewerkte baggerspecie (bijlage 4).

De emissies van PAK's en metalen uit de fijne zandfrakties zijn vergelijkbaar met deze emissies uit de grove zandfrakties (tabel 3A en 4A) terwijl de mate van verontreiniging in beide fracties verschillend was (bijlage 3). Scheiden van specie leidt dus tot een concentrering van de verontreiniging in één van de fracties. De emissies van stoffen uit de verschillende deelstromen verschillen echter weinig van elkaar.

## 4.2.2 Proefprojecten

### *Flotatie*

Baggerspecie afkomstig van haven Elburg is door middel van flotatie gereinigd. Uit tabel 3B en 4B blijkt dat de emissies van PAK's en metalen uit de output lager waren ten opzichte van de input, met uitzondering van An en Ph. De emissies van deze twee PAK's waren na flotatie iets hoger. De emissie van PAK(16EPA) uit de output (12 µg/kg) was 50% lager dan de input (24 µg/kg). De emissies van Cu, Pb en Zn waren na flotatie eveneens ca. 50% lager (tabel 4B). Flotatie van baggerspecie blijkt dus een goede verwerkingstechniek te zijn om de emissie van PAK's en metalen uit baggerspecie van haven Elburg te reduceren.

### *Beluchtingsbassin*

In beluchtingsbassin 1 en 2 is baggerspecie verwerkt uit Petroleumhaven. Ten opzichte van het uitgangsmateriaal was de emissie van PAK's na 12 weken beluchten lager dan na 5 weken (tabel 3B). De emissie van PAK(16EPA) uit baggerspecie was in beluchtingsbassin 2 na 12 weken (117 µg/kg) meer dan 99% lager dan het uitgangsmateriaal (59790 µg/kg) terwijl deze emissie in beluchtingsbassin 1 na 5 weken (54000 µg/kg) 35% lager was dan het uitgangsmateriaal (81390 µg/kg). Hieruit blijkt dat de emissie van PAK's uit baggerspecie lager wordt naarmate langer wordt belucht. Beluchting van baggerspecie had weinig of geen effect op de emissie van metalen, met uitzondering van Cu en Zn. De emissie van Cu was na beluchten in bassin 1 (44 µg/kg) en bassin 2 (49 µg/kg) ongeveer 50% lager dan het uitgangsmateriaal (78 respectievelijk 117 µg/kg). Daarentegen was in bassin 2 de Zn-emissie na 12 weken beluchten (3690 µg/kg) hoger dan het uitgangsmateriaal (110 µg/kg). Beluchting van baggerspecie veranderde blijkbaar de beschikbaarheid van Cu en Zn.

### *Intensieve landfarming*

Door intensieve landfarming van baggerspecie dat met organische stoffen verontreinigd was, werd de PAK-emissie lager. Dit blijkt uit tabel 3B waarin de PAK-emissies vóór (t=0) en na intensieve landfarming staan weergegeven van baggerspecie afkomstig uit Petroleumhaven en Wemeldingen haven. De emissie van PAK(16EPA) was na landfarming van beide baggerspecies (70 respectievelijk 100 µg/kg) ongeveer 90% lager ten opzichte van het uitgangsmateriaal (710 respectievelijk 820 µg/kg). De emissie van minerale olie werd door intensieve landfarming eveneens lager (tabel 3B). De emissie van een aantal metalen, waaronder Cu, Hg, Ni en Zn, blijkt uit tabel 4B na intensieve landfarming hoger te zijn ten opzichte van het uitgangsmateriaal. Dit geldt met name voor de emissies van Hg en Zn uit baggerspecie van Petroleumhaven.

### *Slurry-reactor*

Baggerspecie uit Petroleumhaven is in een bio-reactor verwerkt om organische verontreinigingen af te breken. Na deze verwerking was de PAK10-emissie (<4.5 µg/kg) 99% lager dan het uitgangsmateriaal (300 µg/kg). Verwerking van baggerspecie in een bio-reactor blijkt dus een goede techniek te zijn om de emissie van PAK's te reduceren.

Daarentegen werd de emissie van minerale olie uit baggerspecie door deze verwerkings-techniek niet lager (tabel 3B). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de emissie van minerale olie voor en na verwerking van de baggerspecie rond de onderste bepalingsgrens lag.

### 4.3 Toepassing baggerspecie

#### 4.3.1 Bouwmateriaal

De **gemiddelde** emissies van organische stoffen bij L/S=10 zijn vergeleken met de samenstellingsnormen S voor toepassing als bouwmateriaal, afkomstig uit het ontwerp Bouwstoffenbesluit (2). Voor organische stoffen zijn nog geen uitloognormen beschikbaar. De **gemiddelde** emissies van metalen bij een L/S verhouding van 10 zijn vergeleken met de U1- en U2-normen voor de uitloging van bouwmaterialen (2). Deze normen hebben betrekking op een toepassingshoogte van 0.7 m. In tabel 5A en 5B zijn de gemiddelde emissies ( $E_m$ ) van organische respectievelijk anorganische stoffen weergegeven met de daarbij behorende normen voor niet-vormgegeven bouwmaterialen. In deze tabellen zijn tevens de standaarddeviaties (sd) vermeld en het aantal monsters dat de norm overschreed. Vetgedrukte waarden zijn emissies die de normen uit het Bouwstoffenbesluit overschreden.

Uit tabel 5A en 5B blijkt dat alle onderzochte baggerspecies als cat. 1 bouwmateriaal toegepast mogen worden, met uitzondering van één baggerspecie. Deze baggerspecie is afkomstig uit Petroleumhaven (tabel 3B). Baggerspecie uit deze haven, dat als uitgangsmateriaal diende voor beluchtingsbassin 1, gaf ten eerste een dusdanige emissie van Ph (21.1 mg/kg) dat de samenstellingsnorm voor Ph ruim 5% overschreden werd. Na biologische verwerking van de baggerspecie lag de Ph-emissie ruim onder de norm voor toepassing als bouwmateriaal. Ten tweede was na intensieve landfarming van baggerspecie uit Petroleumhaven de emissie van Hg (0.039 mg/kg) hoger ten opzichte van het uitgangsmateriaal (tabel 4B). De emissie van Hg overschreed daarbij de U1-norm ruim 100%. Deze **verwerkte** baggerspecie mag dus alleen als cat. 2 bouwmateriaal worden toegepast.

De uitloognormen die staan weergegeven in tabel 5B zijn gebaseerd op een toepassingshoogte van 0.7 meter (2). De uitloognormen worden hoger indien de toepassingshoogte kleiner wordt. De minimale toepassingshoogte van bouwstoffen is 0.2 m (2). Bij deze toepassingshoogte wordt echter de Hg-uitloognorm (0.022 mg/kg) voor toepassing als cat. 1 bouwmateriaal eveneens overschreden. Hieruit blijkt dat ook bij een toepassingshoogte kleiner dan 0.7 m deze specifieke baggerspecie alleen als cat. 2 bouwmateriaal toegepast mag worden. In een monster kan Hg mobiel gemaakt worden door oxidatie bij neutrale pH. Als oxidatiemiddel kan NaOCl-oplossing gebruikt worden. Kwik kan tevens verwijderd worden door een uitdamproces (monster verhitten tot ca. 350°C of hoger).

De emissie van Zn uit baggerspecie afkomstig van Petroleumhaven was na 12 weken beluchten in bassin 2 hoger (3690 µg/kg) dan het uitgangsmateriaal (110 µg/kg), zoals besproken in 4.2.2. Ondanks deze verhoging bleef de Zn-emissie 3% onder de U1-norm voor Zn (3800 µg/kg).

Tabel 5A. Toetsing gemiddelde emissie van organische stoffen ( $E_m$ ) uit baggerspecie aan samenstellingsnormen voor niet-vormgegeven bouwmaterialen (2) in mg/kg.

component	S	N	$E_m$	sd	min.	max.	N>S <sup>#</sup>
Ace	na	27	0.63	1.85	0.002	7.76	na
Acy	na	27	0.024	0.079	0.002	0.40	na
An	10	27	0.63	1.86	0.0002	7.45	0
BPe	50	27	0.047	0.13	0.001	0.48	0
BaA	50	27	0.29	0.86	0.0001	3.46	0
BaP	10	27	0.12	0.34	0.0001	1.31	0
Bbf	na	27	0.13	0.37	0.0001	1.44	na
BkF	50	27	0.060	0.17	0.0001	0.64	0
Chr	10	27	0.28	0.86	0.0001	3.66	0
DiA	na	27	0.018	0.051	0.002	0.22	na
Fl	na	27	0.75	2.16	0.0002	7.83	na
Fla	35	27	1.40	4.10	0.0002	16.4	0
IP	50	27	0.051	0.15	0.001	0.63	0
Naf	5	27	0.15	0.40	0.002	1.41	0
Ph	20	27	1.98	5.73	0.0002	<b>21.1</b>	1
Py	na	27	0.82	2.38	0.001	9.30	na
PAK10	75	27	5.03	14.6	0.004	56.9	0
PAK16	na	27	7.31	21.2	0.012	81.4	na
HCB	na	3	0.006	0.003	0.003	0.009	na
MO	500	13	56	123	0.5	420	0
PCB-28	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-52	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-101	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-118	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-138	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-153	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB-180	0.5	1	0.0003	-	-	-	0
PCB's totaal	0.5	1	0.002	-	-	-	0

Tabel 5B. Toetsing gemiddelde metaalemissie ( $E_m$ ) uit baggerspecie aan uitloognormen voor niet-vormgegeven bouwmaterialen (2) in mg/kg.

element	U1	U2	N	$E_m$	sd	min.	max.	N>U1 <sup>#</sup>	N>U2 <sup>#</sup>
Cd	0.032	0.066	15	0.005	0.001	0.005	0.008	0	0
Cr	1.3	12	12	0.026	0.009	0.018	0.044	0	0
Cu	0.72	3.5	28	0.076	0.113	0.020	0.61	0	0
Hg	0.018	0.076	18	0.003	0.009	0.001	<b>0.039</b>	1	0
Ni	1.1	3.7	15	0.066	0.029	0.050	0.15	0	0
Pb	1.9	8.7	26	0.091	0.108	0.045	0.45	0	0
Zn	3.8	15	28	0.486	0.880	0.050	3.69	0	0

# absolute waarden

N aantal onderzochte (verwerkte) baggerspecies  
 vet overschrijding van de norm

### 4.3.2 Bodem

In het Bouwstoffenbesluit wordt onderscheid gemaakt tussen bouwmaterialen die bodem mogen worden en andere bouwmaterialen (2). Van bouwmaterialen die bodem worden, heeft alleen de samenstelling getoetst te worden aan de samenstellingswaarde voor bouwmaterialen die bodem mogen worden. Deze samenstellingswaarde is de streefwaarde bodemkwaliteit voor grond (2). Deze waarde is gerelateerd aan het lutum- en humusgehalte als percentage van de droge stof (tabel 1). In tabel 6A en 6B zijn de streefwaarden bodemkwaliteit voor grond vermeld voor organische respectievelijk anorganische stoffen die in dit onderzoek zijn geselecteerd. Bijlage 5 geeft de complete lijst weer van de streefwaarden voor grond.

Tabel 6A. Streefwaarden bodemkwaliteit voor organische stoffen in mg/kg (2).

element	streefwaarde
PAK10	0.1Hu
PCB's totaal	0.002Hu
minerale olie	5Hu

Tabel 6B. Streefwaarden bodemkwaliteit voor anorganische stoffen in mg/kg (2).

element	streefwaarde
Cd	$0.4+0.007Lu+0.021Hu$
Cr	$50+2Lu$
Cu	$15+0.6(Lu+Hu)$
Hg	$0.2+0.0017(2Lu+Hu)$
Ni	$10+Lu$
Pb	$50+Lu+Hu$
Zn	$50+1.5(2Lu+Hu)$

Lu : lutumgehalte (%)

Hu : humusgehalte (%)

Om baggerspecie als bodem toe te kunnen passen dient de samenstelling onder de streefwaarden voor grond te liggen. De samenstellingen van de (verwerkte) baggerspecies afkomstig van pilotsanering haven Elburg staan weergegeven in bijlage 3.

De vetgedrukte samenstellingen in bijlage 3 zijn samenstellingen van stoffen in baggerspecie die de "gecorrigeerde" streefwaarde<sup>1)</sup> voor grond overschrijden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de streefwaarden voor PAK10, PCBtotaal en Cd kleiner zijn dan de onderste analysegrenzen.

<sup>1)</sup> De streefwaarden bodemkwaliteit voor organische en anorganische stoffen zijn gecorrigeerd voor de gehalten aan humus en lutum in baggerspecie. Deze gehalten zijn in tabel 1 weergegeven.

Uit bijlage 3 blijkt dat het gehalte aan PAK10 in de waterbodem vóór baggeren in vak I van haven Elburg (14 mg/kg) de PAK10-streefwaarde voor grond (0,32 mg/kg) sterk overschreed. Tevens werd de Zn-streefwaarde (69 mg/kg) meer dan 100% overschreden. In vak III was de PAK10-verontreiniging in de waterbodem (1,9 mg/kg) kleiner dan in vak I maar ook in deze waterbodem werd zowel de PAK10- als de Zn-streefwaarde voor grond overschreden. Onbewerkte baggerspecie uit vak I en vak III mag dus niet als bodem worden toegepast. Na baggeren in vak I en III was de verontreiniging aan PAK's en metalen in de 'nieuwe' waterbodem kleiner dan in de 'oude' waterbodem waarbij de Zn-streefwaarde niet meer overschreden werd. De verontreiniging aan PAK10 in vak I was direct na baggeren (0,9 mg/kg) bijna 95% minder dan vóór baggeren (14 mg/kg) en in vak III was deze verontreiniging na baggeren (1,4 mg/kg) 30% minder. De PAK10-streefwaarde voor grond (0,2 mg/kg) werd echter ook na baggeren in beide vakken overschreden.

Door fraktionering van baggerspecie afkomstig van vak I werd een grove en fijne fraktie verkregen waarbij het PAK10-gehalte in de grove fraktie (1 mg/kg) ca. 90% kleiner was ten opzichte van de input (8,3 mg/kg). De streefwaarde werd echter ook na deze reiniging overschreden. Het gehalte aan PAK10 in de fijne fraktie van vak I (8,8 mg/kg) was vergelijkbaar met de input. Reiniging van baggerspecie uit vak III door fraktionering resulteerde in een fijne zandfraktie waarin de PAK10-verontreiniging beneden de onderste analysgrens lag (< 0,6 mg/kg). De streefwaarde van PAK10 voor grond is echter kleiner dan de onderste analysegrens waardoor geen harde uitspraak gedaan kan worden of het PAK10-gehalte al dan niet de streefwaarde voor grond overschrijdt.

De verontreiniging aan Zn in onbewerkte baggerspecie van vak I en III overschreed de Zn-streefwaarde. Na hydrocyclonage van beide baggerspecies werd een fijne fraktie verkregen waarin de Zn-verontreiniging (30 respectievelijk 5 mg/kg) beneden de streefwaarde voor grond lag (59 mg/kg).



## 5 CONCLUSIES

### 5.1 Verandering waterbodem

#### Pilotsanering haven Elburg

De verontreiniging aan PAK's en metalen in de waterbodem was na baggeren kleiner dan vóór baggeren. Na baggeren van vak I was de verontreiniging aan PAK's in de 'nieuwe' waterbodem (0.9 mg/kg) zelfs 95% kleiner dan vóór baggeren (14 mg/kg). De PAK10-verontreiniging overschreed echter nog in beide vakken de voor humus en lutum gecorrigeerde streefwaarde voor grond (0.2 mg/kg). De gecorrigeerde Zn-streefwaarde (59 mg/kg) werd, in tegenstelling tot de 'oude' waterbodem, na baggeren niet meer overschreden.

De emissies van PAK's en metalen uit de waterbodem van vak I en III lagen zowel vóór als na baggeren onder de samenstellings- respectievelijk uitloognormen voor een toepassing als cat. 1 bouw materiaal.

### 5.2 Verandering produkt

#### Pilotsanering haven Elburg

##### *Fraktionering*

Scheiden van baggerspecie in twee deelstromen leidde tot concentrering van de verontreiniging in één van de frakties.

Het gehalte aan Zn in onbewerkte baggerspecie uit haven Elburg overschreed de Zn-streefwaarde voor grond. Na fraktionering van de baggerspecie werd een fijne fractie verkregen waarin het Zn-gehalte de gecorrigeerde streefwaarde niet meer overschreed. In de fijne fractie overschreed echter het PAK10-gehalte de streefwaarde voor grond.

De emissies van de geselecteerde organische en anorganische stoffen uit de grove frakties waren vergelijkbaar met deze emissies uit de fijne frakties waarbij de emissies ruim onder de daarbij behorende samenstellings- respectievelijk uitloognormen lagen.

#### Proefprojecten

##### *Flotatie*

De emissies van zowel PAK's als metalen (Cu, Pb en Zn) uit baggerspecie van haven Elburg waren na flotatie (output) ca. 50% lager ten opzichte van de input. De emissies van de geselecteerde organische en anorganische stoffen uit zowel de input als de output lagen daarbij onder de normen voor een toepassing als cat. 1 bouw materiaal.

##### *Beluchtingsbassin*

Door verwerking van baggerspecie uit Petroleumhaven in een beluchtingsbassin werd de PAK-emissie lager, afhankelijk van de tijdsduur waarin belucht werd. De emissie van Ph uit baggerspecie dat als uitgangsmateriaal diende voor beluchtingsbassin 1 (21 mg/kg) overschreed de samenstellingsnorm (20 mg/kg) met 5%. Na 5 weken beluchten lag de Ph-emissie (16 mg/kg) ruim onder de samenstellingsnorm voor toepassing als bouw materiaal.

### *Landfarming*

De emissie van PAK's en minerale olie uit baggerspecie van Petroleumhaven en Wemeldingen haven werden door intensieve landfarming lager. Voor en na verwerking van deze baggerspecie lagen de emissies van de geselecteerde organische stoffen ruim onder de samenstellingsnormen. De emissies van een aantal metalen, waaronder Cu, Hg, Ni en Zn, werden echter door landfarming hoger waarbij na landfarming van baggerspecie uit Petroleumhaven de Hg-emissie (39 µg/kg) de U1-norm (18 µg/kg) overschreed.

### *Slurry-reactor*

Door verwerking van baggerspecie uit Petroleumhaven in een bio-reaktor werd de emissie van PAK's sterk gereduceerd. Na verwerking was de PAK10-emissie (<4.5 µg/kg) 99% lager dan het uitgangsmateriaal (300 µg/kg). Voor en na verwerking van deze baggerspecie lagen de emissies van de geselecteerde organische stoffen ruim onder de samenstellingsnormen voor toepassing als bouw materiaal.

## **5.3 Kwaliteit van baggerspecie**

De gehalten aan organische (PAK10, PCB's) en anorganische (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) stoffen in baggerspecie van haven Elburg zijn getoetst aan de voor humus en lutum gecorrigeerde streefwaarden voor grond (2). Daaruit blijkt dat voor de geselecteerde stoffen baggerspecie niet als bodem mag worden toegepast omdat de gehalten aan PAK10 en Zn de streefwaarden ruim overschreden.

De emissies van de geselecteerde organische (PAK's, HCB, minerale olie en PCB's) en anorganische stoffen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn) uit baggerspecie zijn getoetst aan de daarbij behorende samenstellings- respectievelijk uitloognormen, afkomstig uit het Bouwstoffenbesluit (1). Daaruit blijkt dat voor de geselecteerde stoffen baggerspecie in het algemeen als cat. 1 bouw materiaal mag worden toegepast, al dan niet verwerkt.

## **6 AANBEVELINGEN**

### Onderzoek naar:

- Verdere fraktionering van baggerspecie met als doel de deelstromen met hoge concentraties aan verontreiniging verder te beperken.
- Gedrag grove of fijne zandfractie van baggerspecie bij eventuele stort in water.
- Uitlooggedrag van macro-componenten, zoals sulfaat, uit baggerspecie.
- Eventuele emissieverschillen tussen de uitvoering van de CEN-test en de kolomtest.

### Nut van uitloogtesten:

- Uitvoering van uitloogtesten is verplicht om na te gaan of baggerspecie al dan niet als cat. 1 of cat. 2 bouw materiaal mag worden toegepast.
- Uitloogresultaten voor en na reiniging van baggerspecie kunnen met elkaar vergeleken worden.

**REFERENTIES**

1. Aalbers, Th.G. et al, Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewaterenbescherming, RIVM rapport 771402006, 1993
2. Aalbers, Th.G., G.B. Derksen, Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen, RIVM rapport 771402010, 1995 (in voorbereiding)
3. Dekker, P.M., Research into the CEN leaching test for waste materials, RIVM rapport, 1994
4. Van Gemert, W.J.Th., H.M van der Laan, H.J. van Veen, Onderzoek reiniging baggerspecie, TNO, 1985
5. Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems, Eindrapport fase I (1989-1990), Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, RIZA notanummer 92036, 1992
6. NEN 7343, Bepaling van de uitloogkarakteristieken van anorganische componenten uit korrelvormige bouwmaterialen en afvalstoffen.
7. Van der Sloot, H.A. et al, Proposed leaching test for granular solid wastes, CEN/TC292/WG2 DOC16A, 1993

**BIJLAGE 1** Berekening centrifugetijd

Met behulp van onderstaande formules is berekend hoe lang gecentrifugeerd dient te worden bij 2500 toeren per minuut om 0.45  $\mu\text{m}$  deeltjes met een dichtheid van 1500  $\text{kg/m}^3$  neer te slaan (deeltjes in waterig extract < 0.45  $\mu\text{m}$ ).

$$\begin{aligned} w &= \pi * N/30 \\ G &= w^2 * r/g \\ v &= g * (d_d - d_m) * D^2 / (18 * n) \\ V &= v * G \\ t &= l/V \end{aligned}$$

waarin:

<b>w</b>	: hoeksnelheid (radialen/s)
<b>N</b>	: aantal toeren per minuut (rpm)
<b>G</b>	: G-waarde van de centrifuge (aantal malen van de valversnelling)
<b>r</b>	: straal van de centrifuge (0.15 m)
<b>g</b>	: valversnelling (9.8 $\text{m/s}^2$ )
<b>v</b>	: lineaire snelheid (m/s)
<b>d<sub>d</sub></b>	: dichtheid neer te slaan onderwerp (1500 $\text{kg/m}^3$ )
<b>d<sub>m</sub></b>	: dichtheid medium (water=1000 $\text{kg/m}^3$ )
<b>D</b>	: diameter deeltje ( $0.45 * 10^{-6}$ m)
<b>n</b>	: dynamische viscositeit ( $1 * 10^{-3}$ Pa*s)
<b>V</b>	: bezinksnelheid onder invloed van de zwaartekracht (m/s)
<b>t</b>	: centrifugetijd (s)
<b>l</b>	: diepte centrifugebuis (0.15 m)

Berekening centrifugetijd bij 2500 toeren per minuut en water (20°C) als medium:

$$\begin{aligned} w &= \pi * 2500 / 30 &&= 262 \text{ rad/s} \\ G &= (262)^2 * 0.15 / 9.8 &&= 1049 \\ v &= 9.8 * 500 * (0.45 * 10^{-6})^2 / 18 * 10^{-3} &&= 5.51 * 10^{-8} \text{ m/s} \\ V &= 5.51 * 10^{-8} * 1049 &&= 5.78 * 10^{-5} \text{ m/s} \\ \Rightarrow t &= 0.15 / 5.78 * 10^{-5} &&= 2594 \text{ s (43 min)} \end{aligned}$$

**BIJLAGE 2** Monstercodes in database (BASIS)*Monstercodes pilotsanering haven Elburg.*

lokatie	omschrijving	monstercode
Elburg Vak I	t=0 (voor baggeren)	9401-108
	t=1 (direkt na baggeren)	9401-100
	t=2 (half jaar na baggeren)	9401-128
Elburg Vak I	input voor fraktionering	9401-122
	grof zand (output)	9401-123
	fijn zand (output)	9401-124
Elburg vak III	t=0 (voor baggeren)	9401-110
	t=1 (direkt na baggeren)	9401-101
	t=2 (half jaar na baggeren)	9401-129
Elburg vak III	input voor fraktionering	9401-104
	grof zand (output)	9401-103
	fijn zand (output)	9401-102

*Monstercodes proefprojecten.*

lokatie	omschrijving	monstercode
Elburg	flotatie, input	9401-120
	flotatie, output	9401-121
Petroleumhaven	beluchttingsbassin 1, t=0	9401-117
	beluchttingsbassin 1 na 5 weken	9401-114
	beluchttingsbassin 2, t=0	9401-118
	beluchttingsbassin 2 na 12 weken	9401-119
	intensieve landfarming/slurry-reactor, t=0	9401-115
	intensieve landfarming	9401-126
	slurry-reactor	9401-127
	vak Amsterdam, fraktie van fingerprint	9401-03
Wemeldingen haven	intensieve landfarming, t=0	9401-116
	intensieve landfarming	9401-125
Geulhaven	extensieve landfarming	9401-105
Zierikzee	extensieve landfarming	9401-106
Delfzijl	haven 3, anaërobe afbraak, t=0	9401-111
	haven 5, anaërobe afbraak, t=0	9401-112
	haven 7, anaërobe afbraak, t=0	9401-113
Apeldoorn	kanaal	9401-01
Lobith	haven	9401-02

**BIJLAGE 3 Samenstelling baggerspecie***Samenstelling van organische stoffen in baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg (mg/kg).*

omschrijving	Ace	Acy	An	BPe	BaA	BaP	Bbf	BkF	Chr	DiA	Fl
vak I, t=0 vak I, t=1 vak I, t=2	<0.09 <0.05	<0.10 <0.05	0.30 0.02	1.4 0.08	1.7 0.15	2.4 0.10	2.2 0.10	0.9 0.06	2.0 0.10	<2 0.02	0.20 <0.01
<i>fraktionering</i> vak I, input vak I, grof vak I, fijn	<0.1 <0.05 <0.1	<0.05 <0.05 <0.05	0.15 0.02 0.5	0.7 0.07 0.45	1.1 0.10 1.5	1.1 0.15 1.1	1.1 0.15 0.9	0.5 0.07 0.45	1.2 0.15 1.1	0.15 0.02 0.15	0.15 0.03 0.15
vak III, t=0 vak III, t=1 vak III, t=2	<0.2 <0.05	<0.05 <0.05	0.04 0.03	0.25 0.15	0.20 0.15	0.25 0.20	0.35 0.15	0.10 0.08	0.25 0.15	<0.2 0.03	0.03 0.02
<i>fraktionering</i> vak III, input vak III, grof vak III, fijn	<0.8 <0.2 <0.05	<1.0 <0.8 <0.05	0.08 0.07 <0.01	0.20 0.07 <0.3	0.40 0.15 0.05	0.35 0.15 0.03	0.40 0.15 0.07	0.15 0.06 0.03	0.35 0.10 0.05	<0.2 <0.09 <0.4	0.15 0.07 <0.01

*Vervolg Samenstelling van organische stoffen in baggerspecie (mg/kg).*

omschrijving	Fla	IP	Naf	Ph	Py	PAK10	PAK16	PCBtot <sup>#</sup>	MO
vak I, t=0 vak I, t=1 vak I, t=2	3.4 0.20	1.2 0.09	<0.05 <0.05	1.1 0.05	2.2 0.20	<b>14</b> <b>0.9</b>	19 1.2	< 0.07 < 0.07	- -
<i>fraktionering</i> vak I, input vak I, grof vak I, fijn	2.1 0.25 2.4	0.7 0.09 0.6	<0.05 <0.05 <0.05	0.7 0.15 0.7	1.8 0.20 1.8	<b>8.3</b> <b>1.0</b> <b>8.8</b>	11 1.5 12	< 0.07 < 0.07 < 0.07	- - -
vak III, t=0 vak III, t=1 vak III, t=2	0.45 0.40	0.25 0.15	<0.07 <0.05	0.15 0.10	0.60 0.35	<b>1.9</b> <b>1.4</b>	2.9 2.0	< 0.07 < 0.07	- -
<i>fraktionering</i> vak III, input vak III, grof vak III, fijn	0.8 0.40 0.10	0.25 0.08 0.03	<0.1 <0.06 <0.05	0.20 0.30 0.03	0.7 0.35 0.09	<b>2.7</b> <b>1.4</b> < 0.6 <sup>#</sup>	3.9 1.9 < 1	< 0.07 < 0.07 < 0.07	- - -

*Samenstelling van anorganische stoffen in baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg (mg/kg).*

omschrijving	Cd <sup>#</sup>	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
vak I, t=0 vak I, t=1 vak I, t=2	< 1 < 1 < 0.2	10 5 -	18 2 7.6	0.1 < 0.1 < 0.1	8 4 5.6	50 < 10 12	<b>145</b> 13 53
<i>fraktionering</i> vak I, input vak I, grof vak I, fijn	< 1 < 1 < 1	8 4 4	11 10 7	< 0.1 < 0.1 < 0.1	5 3 2	25 15 20	<b>90</b> <b>84</b> 30
vak III, t=0 vak III, t=1 vak III, t=2	< 1 < 1 < 0.2	15 8 -	18 3 5.4	0.1 < 0.1 < 0.1	10 6 < 5	30 < 10 < 10	<b>130</b> 21 20
<i>fraktionering</i> vak III, input vak III, grof vak III, fijn	< 1 < 1 < 1	8 3 4	6 1 1	< 0.1 < 0.1 < 0.1	7 < 1 < 1	10 < 10 < 10	44 7 5

# onderste analysegrens is groter dan de streefwaarde bodemkwaliteit

N.B.: **vetgedrukte** waarden zijn gehalten in baggerspecie die de streefwaarden bodemkwaliteit overschrijden.

**BIJLAGE 4** Uitloogpercentage baggerspecie*Uitloogpercentages van organische stoffen uit baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg.*

omschrijving	Ace	Acy	An	BPe	BaA	BaP	Bbf	BkF	Chr	DiA	Fl
vak I, t=0	-	-	0.1	0.09	0.09	0.06	0.07	0.09	0.14	-	<0.1
vak I, t=1	-	-	1.1	< 1.3	0.9	1.0	1.4	1.2	2.1	< 10	-
vak I, t=2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>fraktionering</i>											
vak I, input	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, grof	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, fijn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak III, t=0	-	-	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.6	0.4	-	< 0.7
vak III, t=1	-	-	1.4	0.8	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	< 7	2.7
vak III, t=2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>fraktionering</i>											
vak III, input	-	-	0.4	< 0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.2
vak III, grof	-	-	< 0.3	< 1.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	-	< 0.3
vak III, fijn	-	-	-	-	0.2	0.4	0.2	0.3	0.5	-	-

*Vervolg* *Uitloogpercentages van organische stoffen uit baggerspecie.*

omschrijving	Fla	IP	Naf	Ph	Py	PAK10	PAK16	PCBtot	MO
vak I, t=0	0.1	0.1	-	0.06	0.2	0.09	0.1	-	-
vak I, t=1	1.5	0.9	-	2.2	2.8	1.2	1.5	-	-
vak I, t=2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>fraktionering</i>									
vak I, input	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, grof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak I, fijn	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vak III, t=0	0.2	0.4	-	0.3	0.3	0.4	0.6	-	-
vak III, t=1	0.7	0.6	-	0.9	0.9	0.6	1.1	-	-
vak III, t=2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>fraktionering</i>									
vak III, input	0.1	0.2	-	0.3	0.2	0.2	0.3	-	-
vak III, grof	< 0.1	< 0.6	-	< 0.1	< 0.3	< 0.3	< 0.6	-	-
vak III, fijn	< 0.2	< 1.7	-	0.7	< 1.1	-	-	-	-

*Uitloogpercentages van anorganische stoffen uit baggerspecie afkomstig van pilotsanering haven Elburg.*

omschrijving	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
vak I, t=0	-	-	0.4	-	-	< 0.1	0.1
vak I, t=1	-	-	8.5	-	-	-	4.3
vak I, t=2	-	-	0.3	-	-	0.4	0.2
<i>fraktionering</i>							
vak I, input	-	-	0.2	-	< 1	< 0.2	0.1
vak I, grof	-	-	1.0	-	1.9	2.7	1.9
vak I, fijn	-	-	1.5	-	2.9	2.3	5.2
vak III, t=0	-	-	0.1	-	-	0.2	0.1
vak III, t=1	-	-	0.7	-	-	-	0.3
vak III, t=2	-	-	0.4	-	-	-	< 0.3
<i>fraktionering</i>							
vak III, input	-	-	10	-	-	1.0	0.8
vak III, grof	-	-	2.0	-	-	-	2.8
vak III, fijn	-	-	2.9	-	-	-	3.6

**BIJLAGE 5***Tabel 1. Samenstellingswaarden voor grond als bedoeld in artikel 5, tweede lid (2).*

	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<b>ANORGANISCHE STOFFEN</b>	
<b>1. METALEN</b> waarden voor metalen in mg/kg	
As (Arseen)	29
Ba (Barium)	200
Cd (Cadmium)	0.8
Cr (Chroom)	100
Co (Cobalt)	20
Cu (Koper)	36
Hg (Kwik)	0.3
Pb (Lood)	85
Mo (Molybdeen)	10
Ni (Nikkel)	35
Sn (Tin)	20
Zn (Zink)	140
<b>2. ANORGANISCHE VERBINDINGEN</b> waarden voor anorganische verbindingen in mg/kg	
Fluoride (totaal)	175 + 13Lu
Cyanide (vrij)	1
Cyanide (complex)	5
Sulfiden (totaal)	2
Bromide (totaal)	20 <sup>2)</sup>
Chloride (totaal)	200 <sup>3)</sup>

<sup>2)</sup> Bij het gebruiken van grond, als bedoeld in artikel 5, tweede lid, op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor bromide, in afwijking van de tabel, geen samenstellingswaarde.

<sup>3)</sup> Bij het gebruiken van grond, als bedoeld in artikel 5, tweede lid, op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor chloride, in afwijking van de tabel, geen samenstellingswaarde.



	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<b>ORGANISCHE STOFFEN</b>	
<b><u>3. AROMATISCHE VERBINDINGEN</u></b>	
Benzeen	50
Ethylbenzeen	50
Tolueen	50
Xylenen	50
Fenol	50
o-cresol	a
m-cresol	a
catechol	a
thymol	a
α-naphthol	a
<b><u>4. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)</u></b>	
PAK's totaal (10 PAK's) <sup>4)</sup>	1 mg/kg
<b><u>5. Gehalogeneerde koolwaterstoffen</u></b>	
<b><u>a.(vluchtige) chloorkoolwaterstoffen</u></b>	
Dichloormethaan	a
Trichloormethaan	1
Trichloorethanen (som)	1
Trichlooretheen	1
Tetrachloormethaan	1
Tetrachloorethanen (som)	1
Tetrachlooretheen	10
Hexachloorethaan	10
Chloorpropenen (som)	10
1,3-dichloorpropeen	a
Bis(2-chloorisopropyl)-ether	a

<sup>4)</sup> Onder PAK (som van 10) wordt verstaan: de som van antraceen, benzo(a)antraceen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, chryseen, fenantreen, fluoranteen, indeno (1,2,3-cd) pyreen, naftaleen, benzo(ghi)peryleen.

	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<u>b. chloorbenzenen (indiv.)</u>	
monochloorbenzeen	a
dichloorbenzenen (som)	10
trichloorbenzenen (som)	10
tetrachloorbenzenen (som)	10
pentachloorbenzeen	2.5
hexachloorbenzeen	2.5
<u>c. chloorfenolen</u>	
monochloorfenolen (som)	2.5
dichloorfenolen (som)	3
trichloorfenolen (som)	1
tetrachloorfenolen (som)	1
pentachloorfenol (som)	2
<u>d. Poly-Chloor-Bifenylen (PCB's)</u>	
PCB 28	1
PCB 52	1
PCB 101	4
PCB 138	4
PCB 153	4
PCB 180	4
PCB's (som 6) <sup>5)</sup>	20
PCB 118	4
<u>e. overige halogeen-koolwaterstoffen</u>	
EOCl (totaal)	100
monochloornitrobenzenen (som)	10
dichloornitrobenzenen (som)	10
trifluralin	10

<sup>5)</sup> PCB's (som 6) wordt verstaan: de som van PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>	
<u>a. organochloor-bestrijdingsmiddelen</u>	
aldrin	2.5
chloordaan	10
dieldrin	0.5
DDT/DDE/DDD <sup>6)</sup>	2.5
endrin	1
α-endosulfan	2.5
α-HCH	2.5
β-HCH	1
γ-HCH (lindaan)	0.05
heptachloor	2.5
heptachloorepoxide	2.5
hexachloorbutadiëen	2.5
<u>b. organofosfor-bestrijdingsmiddelen</u>	
azinfos-methyl	0.06
azinfos-ethyl	10
cholinesterase remming	a
demeton	a
diazinon	0.07
dichloorvos	a
dimethoaat	a
disulfoton	10
fenitrothion	10
malathion	0.02
parathion-ethyl	0.04
parathion+parathion-methyl	10
triazofos	10
trichloorfon	d

<sup>6)</sup> Onder DDT/DDD/DDE wordt verstaan: de som van DDT, DDD en DDE.

	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<u>c. organotinverbindingen</u>	
TBTO	0.1
<u>d. overige bestrijdingsmiddelen</u>	
atrazine	0.05
4-chloor-3-methylfenol	a
chloridazon	a
2,4-D	a
dibroom-ethanen (som)	a
3,3-dichloorbenzidine	a
dichloorethanen (som)	a
dichloorethenen (som)	a
dichloorpropanen (som)	a
dichloorprop	a
1,3-dichloor-2-propanol	a
linuron	a
mcpa	a
mecoprop	a
methylbromide	a
monochloorazijnzuur	a
monolinuron	a
propanil	a
2,4,5-T	a

	samenstellingswaarden uitgaande van 25% lutum en 10% humus*
eenheid:	µg/kg droge stof tenzij anders vermeld
<b><u>7. OVERIGE STOFFEN</u></b>	
acrylonitril	a
benzidine	a
bifenyl	a
chlooranilinen (som)	a
cyclohexanon	0.1 mg/kg
dichlooranilinen (som)	a
dimethylamine	a
diethylamine	a
epichloorhydrine	a
ftalaten (som)	0.1 mg/kg
geoxideerde PAK's (totaal)	1 mg/kg
heptaan	1 mg/kg
hydrazine	a
isopropylbenzeen	a
minerale olie <sup>7)</sup>	50 mg/kg
monochloortoluenen (som)	a
octaan	1 mg/kg
pyridine	0.1 mg/kg
styreen	0.1 mg/kg
tetrahydrofuran	0.1 mg/kg
tetrahydrothiofeen	0.1 mg/kg

Lu staat voor gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond.

a staat voor aantoonbaarheidsgrens, de samenstellingswaarde voor de desbetreffende stof is gelijkgesteld aan de aantoonbaarheidsgrens.

<sup>7)</sup> Minerale olie heeft betrekking op de som van de (al dan niet) vertakte alkanen. Indien er enigerlei vorm van minerale olie verontreiniging wordt aangetoond in grond, dan dient naast het minerale olie-gehalte er ook het gehalte aan aromatische en/of polycyclische aromatische koolwaterstoffen bepaald te worden.

- \* Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond geldt voor anorganische stoffen en zware metalen de volgende formule:

$$S_{w_{act}} = S_{w_{std}} * \frac{A + (B * \%lutum) + (C * \%org.stof)}{A + B * 25 + C * 10}$$

waarin:

- $S_{w_{act}}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)  
 $S_{w_{std}}$  = samenstellingswaarde bij 25% lutum en 10% humus (mg/kg) (tabel 1)  
 %lutum = gemeten percentage lutum in de te beoordelen grond  
 %org.stof = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond  
 A, B en C = constanten afhankelijk van het metaal (tabel 2)

Indien zich meetproblemen met lage organisch stof of lutum voordoen kan van percentages van 2% organisch stof en lutum uitgegaan worden. Bij verbetering van meetmethoden zal dit overbodig zijn.

Tabel 2. Stofafhankelijke constanten metalen.

stof	A	B	C
arseen	15	0.4	0.4
barium <sup>1</sup>	30	5	0
cadmium	0.4	0.007	0.021
chroom	50	2	0
cobalt <sup>1</sup>	2	0.28	0
koper	15	0.6	0.6
kwik	0.2	0.0034	0.0017
lood	50	1	1
molybdeen <sup>2</sup>	1	0	0
nikkel	10	1	0
tin <sup>2</sup>	1	0	0
zink	50	3	1.5

<sup>1</sup> De constanten voor barium en cobalt zijn ontleend aan het rapport "Achtergrondgehalten van negen sporen-metalen in oppervlaktewater, grondwater en grond van Nederland"; J.H.M. de Bruijn en C.A.J. Denneman (1992). Publicatie reeks bodembescherming 1992/1.

<sup>2</sup> Voor molybdeen en tin wordt geen correctie gehanteerd.

- \* Voor de omrekening van de samenstellingswaarden grond voor organische stoffen geldt de volgende formule:

$$Sw_{act} = Sw_{std} * \frac{\%org.stof}{10}$$

waarin:

$Sw_{act}$  = samenstellingswaarde voor de te beoordelen grond (mg/kg)

$Sw_{std}$  = samenstellingswaarde 10% humus (mg/kg) (zie tabel 1)

$\%org.stof$  = gemeten percentage organische stof in de te beoordelen grond. Voor grond met gemeten organisch stofgehalten van meer dan 30% respectievelijk minder dan 2% worden gehalten van respectievelijk 30% en 2% aangehouden.