Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems POSW

Deel 18 Fysische scheidingstechnieken voor reiniging van baggerspecie

Eindrapport

POSW *Fase* II (1992-1996)

Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW)
Fase II (1992-1996)

projectleiding en secretariaat:
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)
Postbus 17, 8200 AA Lelystad 0320-298456/298533

FYSISCHE SCHEIDINGSTECHNIEKEN VOOR REINIGING VAN BAGGERSPECIE
EINDRAPPORT

opdrachtgever:
Rijkswaterstaat:
Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW)

uitvoering:
DHV Milieu en Infrastructuur

maart 1998

RIZA Rapport: 98.010
ISBN: 90 369 51 593

VOORWOORD

Voor u ligt het eindrapport van de werkgroep fysische scheidingstechnieken voor baggerspecie. Dit rapport beschrijft de resultaten van de projecten die op dit gebied in het kader van het Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems fase II (1992-1997) door Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd.

Doelstelling van fase II van POSW was het verder ontwikkelen, operationaliseren en in de praktijk demonstreren van milieuvriendelijke verwerkingstechnieken.
Aangezien natte fysische scheidingstechnieken bij de start van fase II in feite al operationeel waren, heeft de nadruk gelegen op de optimalisatie en beheersing van proces en kosten.
Het onderzoek was enerzijds gericht op karakterisatie van de baggerspecie t.a.v. behandelbaarheid en anderzijds gericht op de uitvoering van de scheiding zelf inclusief vervolgstappen als ontwatering van de slibfractie en afzetmogelijkheden van scheidingsproducten.

Geconcludeerd wordt dat karakterisatie van baggerspecie vooraf noodzakelijk is om de technische en financiële risico's goed in te kunnen schatten. De onderzochte karakterisatiemethoden hebben een goede voorspellende waarde, mits voldoende aandacht wordt besteed aan het verkrijgen van representatieve monsters.
Gebleken is verder dat er in Nederland veel kennis en ervaring aanwezig is, wat reeds heeft geleid tot het succesvol verwerken van diverse partijen baggerspecie. Wel is in operationele zin een aantal verbeteringen mogelijk, met name optimalisatie van de scheidingsstap (verscherping en verlaging van het scheidingspunt) en een effectieve invoer van de specie in de installatie.

"Scheiden" wordt reeds op de markt aangeboden daar de onderliggende technologie één van de goedkoopste is van alle procesmatige verwerkingstechnieken en zij de kosten van nat bergen dicht benadert. Een verwerkingsprijs van ƒ 30,- per ton droge stof of lager wordt haalbaar geacht bij optimale schaalgroottte en benutting.

Aanbevolen wordt om bij de realisatie van grootschalige scheidingsinstallaties voor baggerspecie polishing stappen in te bouwen vanwege de geringe meerkosten (circa ƒ 3,50/ton droge stof) en om mechanische ontwatering van de slibfractie alleen weg te laten indien dit geen nadelige gevolgen voor de consolidatie in depot heeft.

Tenslotte wil ik de diverse betrokkenen in de projectgroep danken voor hun inzet, met name de heren Lindenberg, van Rijt, Ratsma en Wevers.

Namens het Advies- en Kenniscentrum Waterbodems van Rijkswaterstaat,

Ir. J. Rienks
Lelystad, maart 1998.

INHOUD pag.

1 INLEIDING 3

2 OPZET VAN DE SYNTHESE 5

2.1 Opzet POSW-II 5
2.2 Opzet projectgroep Fysische technieken 5
2.3 Opzet tot synthese 7

3 KARAKTERISATIEONDERZOEK 9

3.1 Inleiding 9
3.2 Uitgevoerd onderzoek 9
3.3 Resultaten karakterisatieonderzoek 10
3.4 Conclusies karakterisatieonderzoek 10
3.5 Stappenplan karakterisatieonderzoek 12

4 NATTE SCHEIDINGSTECHNIEKEN 15

4.1 Inleiding 15
4.2 Afzonderlijke procesonderdelen 16
4.2.1 Ontvangst en handling gebaggerde specie 16
4.2.2 Hydrocyclonage 16
4.2.3 Polishing van de zandfractie 17
4.2.4 Flotatie van de fijne slibfractie 17
4.2.5 Ontwateren van de fijne slibfractie 18
4.3 Kosten 18
4.4 Milieu-effecten 19

5 SYNTHESE 21

6 LITERATUUR 23

1 INLEIDING

Aan het einde van de eerste fase van POSW (1989-1990: POSW-I) is een aantal fysische technieken voor de verwerking van verontreinigde baggerspecie, waaronder natte scheiding en concentrering, als kansrijk aangemerkt. Het doel van de projectgroep Fysische Technieken van de tweede fase van POSW (POSW-II) was om deze verwer-kingsmethoden verder te ontwikkelen en te operationaliseren tot beheersbare technieken met betrekking tot kwaliteit en kosten (en kostengevoeligheid).

In vergelijking tot de andere projectgroepen van POSW, waarin ook onderzoek naar scheidings- en reinigingstechnieken voor baggerspecie is gedaan (o.a. chemische reinigingstechnieken, immobilisatie, biologische reinigingstechnieken), komt één verschil duidelijk naar voren. Scheiding van baggerspecie door fysische technieken werd bij aanvang van POSW fase II al op ruime schaal in de praktijk succesvol toegepast; in feite was de techniek al operationeel. Om deze reden heeft bij de activiteiten van de projectgroep Fysische technieken de nadruk gelegen op het optimaliseren en beheersen van de beschikbare technieken.

Om de doelstelling te kunnen realiseren is het ontwikkelen en/of vergaren van kennis over de (on)mogelijkheden van de technieken een vereiste. Streven bij al deze technieken is het verkrijgen van een zo groot mogelijke herbruikbare fractie en tevens een zo beperkt mogelijke restfractie (in volume en gewicht).

De wijze waarop technieken moeten worden ingezet en in welke combinatie hangt voor een belangrijk deel af van de samenstelling van het te reinigen sediment. Hierbij spelen factoren als korrelgrootteverdeling, organisch stofgehalte, type en vorm van verontreiniging en de verdeling van de verontreinigingen over de fracties een rol.

Het onderzoek van de projectgroep Fysische Technieken heeft twee invalshoeken gekend. Enerzijds is de aandacht gericht geweest op het karakteriseren van de verontreinigde baggerspecie, met als doel de scheidingsmogelijkheden in technische en financiële zin met aanvaardbaar risico in te kunnen schatten. Anderzijds is getracht de mogelijkheden van natte scheiding en concentrering op praktijkschaal te demonstreren. Hierbij is zowel aandacht geschonken aan het verkrijgen van een zo groot mogelijke herbruikbare zandfractie als aan het verkleinen van de te bergen slibfractie (o.a. floteren van de slibfractie, optimaal ontwateren).

Dit synthese-rapport presenteert op hoofdlijnen de belangrijkste resultaten van de projecten die de projectgroep Fysische Technieken heeft laten uitvoeren. In een aantal van de verschillende projecten is nauw samengewerkt met het Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB) en het Service Centrum Grondreiniging (SCG).

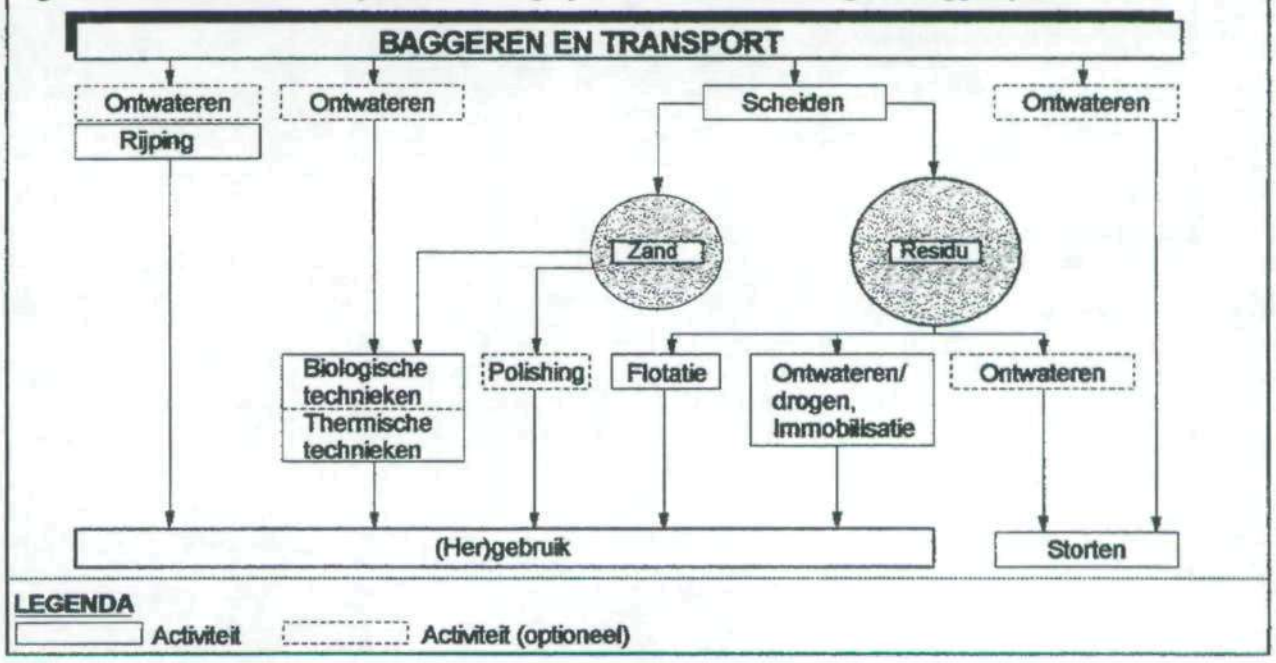
2 OPZET VAN DE SYNTHESE

2.1 Opzet POSW-II

Bij de start van POSW-II zijn de tijdens POSW-I getoetste technieken beoordeeld op basis van de volgende criteria:
- het (milieuhygiënisch, chemisch & fysisch) rendement en het 'technisch functioneren';
- de geschatte operationaliseringstermijn;
- de kosten van de techniek.

Het resultaat van deze beoordeling heeft geleid tot een overzicht van kansrijke operationele mogelijkheden voor verwerking van baggerspecie [Lit 1], weergegeven in figuur 2.1. Voordat verontreinigde baggerspecie op een financieel en milieuhygiënisch effectieve wijze verwerkt kan gaan worden, dient vooraf locatieonderzoek en vervolgens een karakterisatie van de baggerspecie plaats te vinden.

Figuur 2.1 Overzicht van de operationele mogelijkheden voor verwerking van baggerspecie



Doel van POSW-II was het verder ontwikkelen, operationaliseren en in de praktijk aantonen van de in figuur 2.1 geformuleerde integrale saneringsketen van bagger-, scheidings-, reinigings- en immobilisatietechnieken. Deze doelstelling zal moeten leiden tot een situatie voor het jaar 2000, waarin (delen van) bovenstaande saneringsketen kunnen worden ingezet voor grootschalige verwerking van verontreinigde baggerspecie.

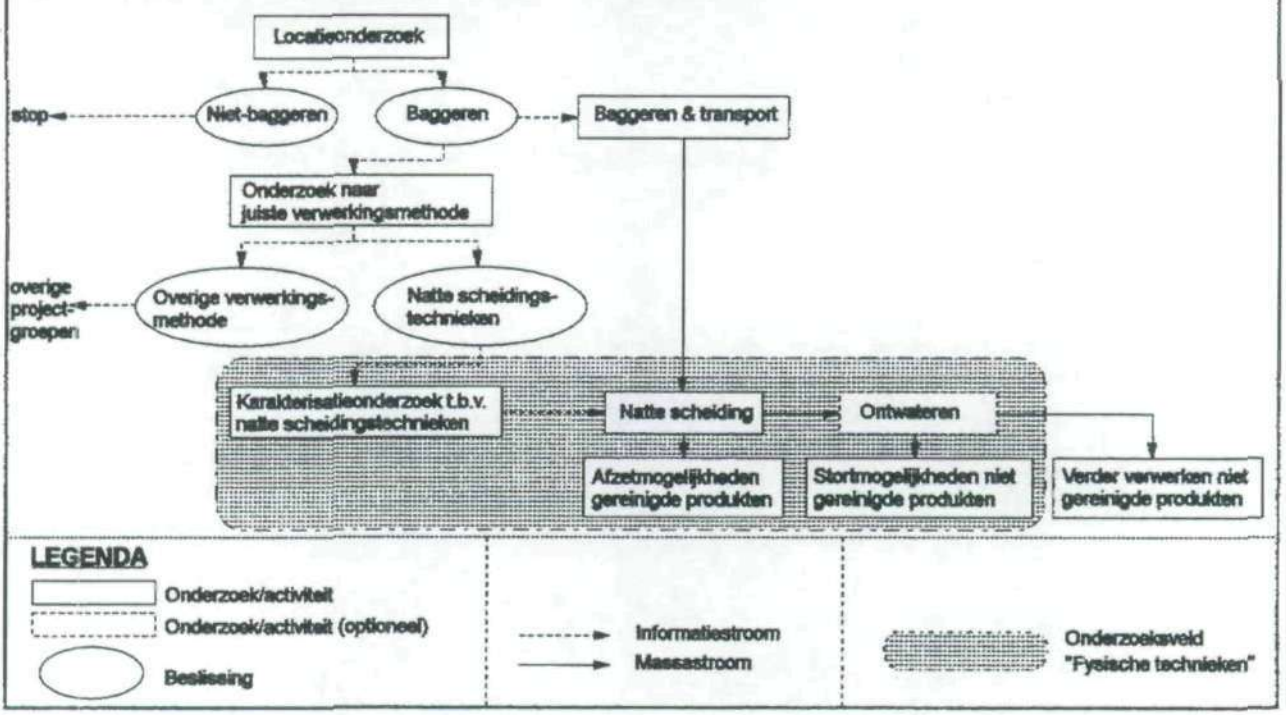
2.2 Opzet projectgroep Fysische technieken

Verontreinigingen bevinden zich veelal in verschillende fracties van verontreinigde baggerspecie. Veel verontreinigingen hechten sterker aan slib (de 'fijne' fractie) of organisch materiaal (de 'lichte' fractie) dan aan het zandige gedeelte (de 'grove, zware' fractie). Door gebruik te maken van verschil in fysische eigenschappen van slib, organische stof en zand kunnen de verontreinigingen worden afgescheiden van het zand. Tijdens POSW-I is aangetoond dat het met natte scheidingstechnieken mogelijk is de verontreinigingen te concentreren in bepaalde fracties.

De projectgroep Fysische technieken heeft zich dan ook gedurende POSW-II met het deel 'scheiden' (en vervolgactiviteiten) van het in figuur 2.1 gepresenteerde schema bezig gehouden. Aangezien natte (fysische)

scheidingstechnieken bij de start van POSW-II in feite al operationeel waren, heeft de nadruk op optimalisatie en beheersing van proces en kosten gelegen. Het onderzoeksveld, waarop de projectgroep Fysische technieken zich gericht heeft, is weergegeven in figuur 2.2.

Figuur 2.2 Onderzoeksveld projectgroep "Fysische Technieken"



Uit figuur 2.2 blijkt dat op basis van de resultaten uit het locatieonderzoek eerst de beslissing moet worden genomen om al dan niet te gaan baggeren. Hierna wordt op basis van een (beperkt) karakterisatieonderzoek gekozen voor een bepaalde verwerkingsinrichting. In de meeste gevallen hoeft voor deze beslissing geen nieuw (aanvullend) onderzoek uitgevoerd te worden, de relevante gegevens zijn meestal al verzameld in het locatieonderzoek. Deze beslissing voor een bepaalde verwerkings-richting is meestal gebaseerd op analyse van verontreinigingsparameters en de grondsoort (korrelgrootteverdeling).

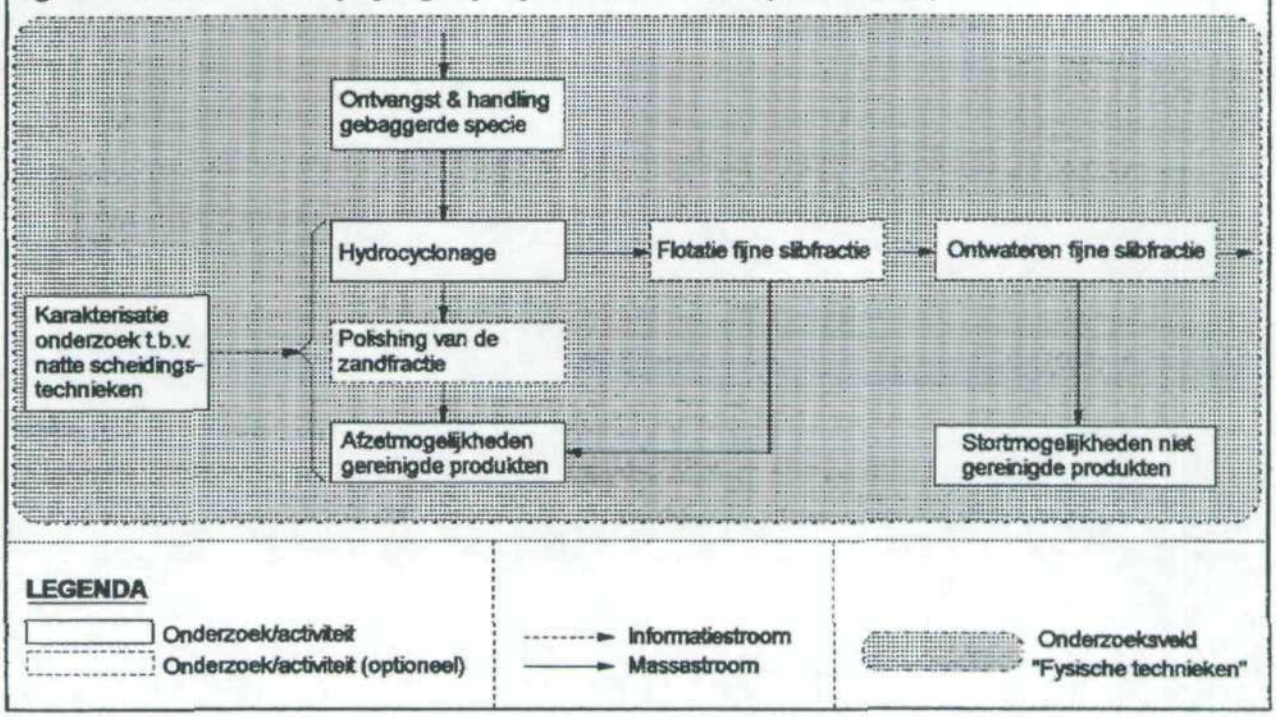
Het onderzoeksveld valt uiteen in enerzijds het karakterisatieonderzoek ten behoeve van natte scheidingstechnieken en anderzijds de uitvoering van de natte scheiding inclusief vervolgstappen en afzetmogelijkheden van de producten. Het verwerken van niet (direct) herbruikbare residuen na scheiding (bijvoorbeeld door immobilisatie, thermische of biologische technieken etc.) valt buiten de scoop van de projectgroep Fysische technieken.

Belangrijk aspect is dat bij de opzet van de projectgroep het gezichtspunt van de (potentiële) probleembezitter als uitgangspunt heeft gefungeerd. Dat wil zeggen dat bij de formulering van de projecten de vragen en problemen van individuele probleembezitters leidend zijn geweest en minder is gekeken naar een integrale (beleidsmatige) oplossing voor heel Nederland. Deze integrale aanpak is gevolgd bij het project Haalbaarheidsstudie grootschalige verwerking baggerspecie[Lit 2].

2.3 Opzet tot synthese

Binnen het onderzoeksveld van de projectgroep Fysische Technieken kan verder inge-zoomd worden om tot de basiselementen van de natte scheiding te komen (figuur 2.3).

Figuur 2.3 Onderzoeksveld projectgroep "Fysische Technieken" (in meer detail)



In het onderhavige synthese-rapport zullen de in figuur 2.3 genoemde onderzoeks-elementen/activiteiten van het gehele onderzoeksveld van de werkgroep en de onderlinge relaties met andere onderzoekselementen/activiteiten behandeld worden. De afzet-mogelijkheden van zowel wel- als niet-gereinigde producten zullen steeds aan bod komen bij het behandelen van een (scheidings)element.

Net als in figuur 2.2 zullen de resultaten van de twee blokken 'karakterisatie' en 'natte scheiding' (inclusief alle deelstappen) in het rapport separaat beschreven worden. In het afsluitende hoofdstuk zal een synthese van alle ervaringen en onderzoeksresultaten gegeven worden.

3 KARAKTERISATIEONDERZOEK

3.1 Inleiding

Doel van karakterisatieonderzoek is om allereerst de juiste verwerkingsmethode voor baggerspecie te kiezen en vervolgens (indien gekozen wordt voor natte scheidingstechnieken) om reeds vòòr praktische uitvoering een betrouwbare inschatting te verkrijgen van de technische resultaten en financiële risico's van de voorgenomen fysische scheiding. Hiertoe worden de relevante parameters vastgelegd, op basis waarvan beoordeeld kan worden of concentrering van de verontreinigingen in een bepaalde fractie mogelijk is.

Tot voor kort was de fingerprint-methode (ontwikkeld door Serasea) de meest gebruikelijke karakterisatiemethode voor baggerspecie [Lit 3]. Deze semi-praktijkmethode geeft voornamelijk uitsluitsel over de mogelijkheid van scheiding met behulp van hydrocyclonen, en de daarmee te behalen reinigingsrendementen. TAUW heeft de opstroommethode ontwikkeld, welke op labschaal tevens een indicatie geeft omtrent de te behalen scheidingsrendementen bij gebruik van hydrocyclonen, eventueel gecombineerd met opstroomklasseerders en bezinkbassins. Beide methodes zijn voornamelijk bedoeld voor karakterisatie van zandrijke species.

Recentelijk is door TNO en (ARCADIS) Heidemij Realisatie het Protocol Geschiktheidsproef Natte Scheidingstechnieken ontwikkeld tijdens het project Karakterisering van grond en baggerspecie in het kader van T2000 [Lit 4]. Bij deze T2000-geschiktheidsproef wordt de baggerspecie eerst afgezeefd op 500 en 63 µm. De zandfractie 63-500 µm wordt vervolgens in drie fracties gescheiden door middel van een drijfzinkmethode met behulp van 'zware vloeistoffen'.

3.2 Uitgevoerd onderzoek

De drie bovengenoemde karakterisatiemethoden zijn in een onderzoek met elkaar vergeleken [Lit 5]. Hierbij hebben met name de volgende vergelijkingscriteria een rol gespeeld: kwaliteit van massa- en verontreinigingenbalans, uitvoeringswijze en kosten.

Voor de vergelijking is specie van drie verschillende locaties gebruikt. Bij selectie van deze drie locaties is getracht het onderzoek uit te voeren op duidelijk verschillende typen species. Hiertoe is gekozen voor een mix van verschillende types specie ten aanzien van: soort verontreiniging, zandgehalte en aard (oorsprong) van het materiaal. Om een goede vergelijking van de verschillende karakteriseringsmethoden mogelijk te maken, is grote nadruk gelegd op het aanleveren van zo homogeen mogelijke monsters. Hiermee is getracht de invloed van de variantie ten gevolge van heterogeniteit van de specie zoveel mogelijk te minimaliseren.

Elk van de drie aangeleverde species is gekarakteriseerd met behulp van een bepaalde karakterisatiemethode, waarbij gestreefd is naar de volgende fracties:
- > 63 µm;
- 16 - 63 µm;
- < 16 µm.

Het gekozen scheidingspunt van 63 µm komt overeen met een bij veel praktijkinstallaties ingestelde scheidingsdiameter, 16 µm wordt als een soort praktische ondergrens voor scheiding gezien. In de praktijk is het echter niet altijd mogelijk om scherp te scheiden op een bepaalde fractie: in het grove materiaal zal altijd (bewust of onbewust) een hoeveelheid fijn materiaal terechtkomen en in het fijne materiaal een hoeveelheid grof. Dit wordt aangeduid met de term 'misplacement'. Op de vraag in hoeverre de voorspellingen op basis van de karakterisatiemethoden in de praktijk ook werkelijk gerealiseerd worden, moet een vergelijk tussen karaktiesatie en realiteit (uitvoering) gemaakt worden. Dit laatste viel echter buiten de scoop van het karakterisatieonderzoek.

3.3 Resultaten karakterisatieonderzoek

De vrijgekomen fracties van de 9 karakterisatieonderzoeken (drie species elk op drie manieren gekarakteriseerd) zijn alle geanalyseerd bij één laboratorium om mogelijke spreiding in analyseresultaten door verschillende laboratoria uit te sluiten. Elke fractie is onderzocht op zowel korrelgrootteverdeling als verontreinigingsparameters.

Op basis van de korrelgrootteverdelingen is geconcludeerd dat er qua massaverdeling nogal wat verschillen zijn tussen de karakterisatiemethoden. De geconstateerde verschillen in massaverdeling na enkelvoudig uitgevoerde karakterisatie zijn relatief groot. In extreme gevallen is bij de fijnste fractie (< 16 μm) een verschil van meer dan 20 massa-% geconstateerd bij vergelijken van overeenkomstige deelfracties van dezelfde specie na karakterisatie. Bij deze vergelijking is één specie bovendien nog buiten beschouwing gelaten, gezien de speciale eigenschappen van deze specie (zeer plakkerig door zeer hoge verontreinigingen aan PAK en olie) en de negatieve invloed die dit op karakterisatie heeft gehad.

Op basis van de analyseresultaten blijkt dat de kwaliteit (zowel klasse als gehalten aan verontreinigingen) van de fracties bij de verschillende karakterisatiemethoden wel redelijk overeenkomt. Verschillen, die desondanks geconstateerd zijn, konden over het algemeen verklaard worden vanuit ofwel karakterisatiemethode of specie-eigenschappen.

De werkmethoden van alle bestudeerde karakterisatiemethoden liggen vast via protocollen. De prijzen van de opstroommethode en de T2000-geschiktheidsproef liggen globaal een factor 3-5 lager dan die van de fingerprint (bij vergelijkbare werkzaamheden). De hogere prijs van de fingerprint wordt verklaard door een andere doelstelling van de karakterisatie; de fingerprint wil in grote mate aansluiten bij de praktijk en een gedetailleerde voorspelling doen (procesoptimalisatie). De opstroommethode en T2000-geschiktheidsproef geven een globaler maar snel inzicht in de reinigbaarheid.

3.4 Conclusies karakterisatieonderzoek

De drie vergeleken karakterisatiemethoden zijn alle met een bepaald doel en achtergrond ontworpen. De doelstellingen van de methoden zijn:

* Fingerprintmethode:
  Gedetailleerde voorspelling van de reinigbaarheid (oftewel het behandelingsresultaat van reiniging) van baggerspecie in een procesinstallatie (nadruk op kwaliteit/kwantiteit van de deelstromen), gericht op procesoptimalisatie van het scheidingsproces
* Opstroommethode:
  Globale voorspelling van de reinigbaarheid van baggerspecie in een procesinstallatie (nadruk op kwaliteit/kwantiteit van de deelstromen), tevens voorspelling van scheidingsresultaat bij inzet van sedimentatiebekken
* T2000-Karakterisatiemethode (TDG-test)
  Globale voorspelling van de reinigbaarheid van baggerspecie in een procesinstallatie (nadruk op kwaliteit/kwantiteit van de deelstromen), tevens indicatie voor effect van reinigingsprocessen volgend op de scheidingsstap.

Het is belangrijk bij het (laten) uitvoeren van een karakterisatie van baggerspecie vooral de aanleiding voor en het doel van het onderzoek goed te omschrijven. Op basis daarvan kan een weloverwogen keuze worden gemaakt tussen de bovenstaande karakterisatie-methoden.

Indien bijvoorbeeld in een bepaalde fase van een waterbodemonderzoek een **globaal** inzicht verkregen moet worden van de reinigbaarheid van specie van een bepaalde locatie (omvang en kwaliteit deelstromen), kan dit inzicht verkregen worden door het (laten) uitvoeren van een karakterisatie met behulp van de opstroom- of T2000-karakterisatie-methode. Met de resultaten hiervan kan een eerste inschatting gemaakt worden van de technische en financiële risico's van een praktijkverwerking. Uit onderzoek is gebleken dat de voorspellingen van beide karakterisaties in relatie tot daadwerkelijke verwerking in een 'vaste scheidingsinstallatie' betrouwbaar zijn [Lit 6] [Lit 7].

Indien de reinigbaarheid van de specie vaststaat, maar gekeken moet worden naar **procesoptimalisatie** (wat is maximaal technisch mogelijk?) en gedetailleerde informatie omtrent de financiële risico's verkregen moet worden, kan een karakterisatie met behulp van de fingerprintmethode uitgevoerd worden.

Ondanks zeer intensieve homogenisatie van het gebaggerde uitgangsmateriaal voorafgaand aan het aanleveren aan de diverse karakterisatie-instituten, is het niet mogelijk gebleken 3 vergelijkbare en representatieve monsters samen te stellen. Rekening houden met deze (altijd aanwezige) heterogeniteit van waterbodem is dan ook belangrijker dan het zeer zorgvuldig uitvoeren van één karakterisatie. Door het vaker uitvoeren van dezelfde karakterisatie kunnen uitschieters geëlimineerd worden.

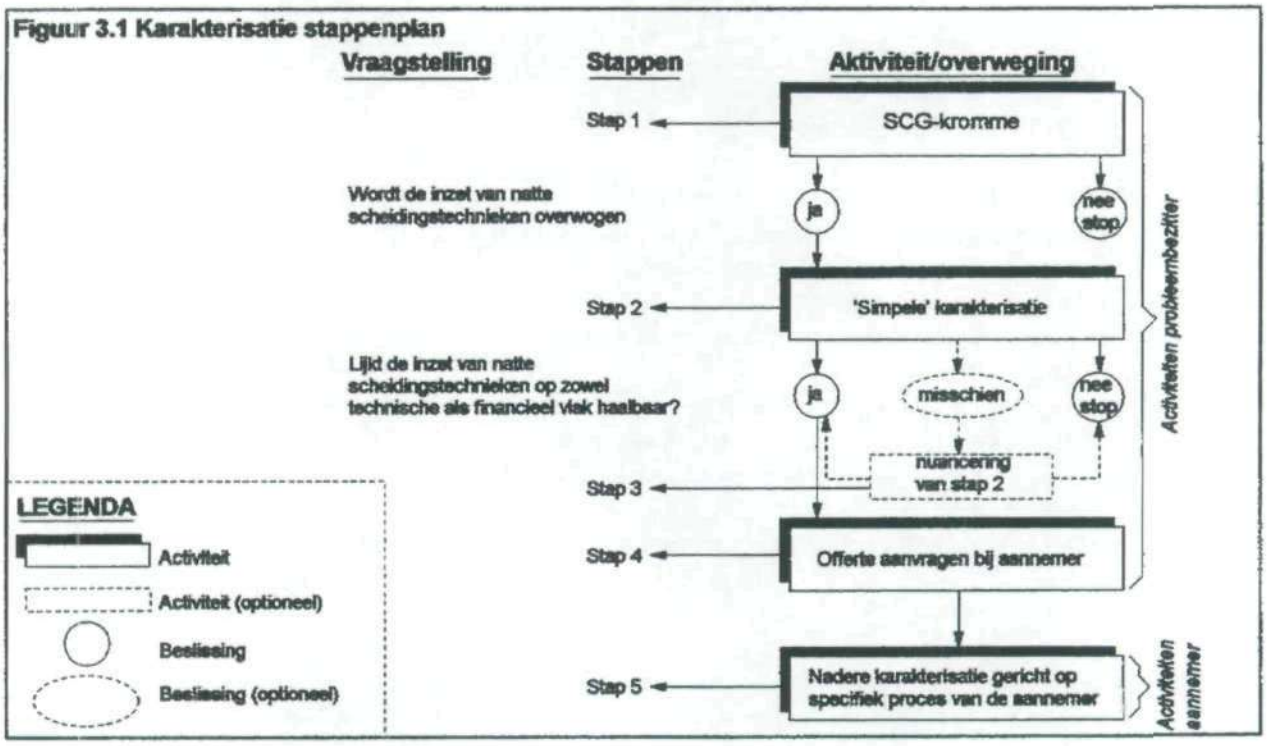
Op basis van het uitgevoerde onderzoek is het niet mogelijk aan te geven welke karakterisatiemethode beter is dan de andere. Hierbij spelen de volgende overwegingen een rol:

- De geschiktheid van een karakterisatiemethode hangt af van de doelstelling van de karakterisatie en de fase waarin het onderzoek zich bevindt,
- Uitspraken omtrent hoe goed een karakterisatiemethode is kunnen pas worden gedaan als de karakterisatievoorspelling getoetst is in de praktijk. Dit aspect is echter in het huidige onderzoek niet onderzocht.

Als laatste wordt nog opgemerkt dat een verdere standarisatie van de T2000-geschiktheidsproef op afzienbare tijd wordt verwacht, zodat vele milieulaboratoria de proef in hun standaard dienstenaanbod zullen opnemen.

3.5 Stappenplan karakterisatieonderzoek

Op basis van de resultaten van het karakterisatieonderzoek is een stappenplan ontwikkeld, waarmee een probleembezitter tot een beslissing kan komen of de inzet van natte scheidingstechnieken op zowel technisch als financieel vlak haalbaar is. Het 'karakterisatie-stappenplan' is weergegeven in figuur 3.1.



Nadere verklaring 'karakterisatie-stappenplan' (figuur 3.1):

Stap 1: SCG-kromme
Als eerste verkennende stap moet de globale korrelgrootteverdeling van de te baggeren specie bekend zijn. Deze wordt verkregen door middel van het (laten) uitvoeren van een SCG-kromme (korrelgrootteverdeling in 9 fracties, inclusief bepaling organische stof en calciet). In veel gevallen is de representatieve korrelgrootteverdeling reeds bepaald in het locatieonderzoek (zie ook figuur 2.2).

Indien voldaan wordt aan formule (1) kan de inzet van natte scheidingstechnieken overwogen worden.

$$[fr.> 63\,\mu m] \bullet \frac{(100 - [o.s.-\%])}{100} => 50\% \qquad (1)$$

[fr.> 63 μm] : fractie van de minerale delen groter als 63:m, uitgedrukt in % van de droge stof
[o.s.-%] : percentage organische stof, uitgedrukt in % van de droge stof [1)]

De eis van '50%' voor 'het overwegen van de inzet van natte scheidingstechnieken' is een minimum en gebaseerd op ervaringen binnen het POSW, PHB en SCG.

Stap 2: 'Simpele' karakterisatie
Gezien de resultaten van het karakterisatieonderzoek wordt aanbevolen voor de 'simpele' karakterisatiestap de T2000-geschiktheidsproef of de opstroommethode te hanteren.

[1)] Aangenomen wordt dat het calciet evenredig over de verschillende fracties verdeeld wordt

Gezien de hoge mate van heterogeniteit, die over het algemeen aanwezig is in waterbodems, moet bij de interpretatie van zowel de korrelgrootte- als analysegegevens rekening worden gehouden met uitschieters. Dit *is tijdens het onderzoek met name naar voren gekomen bij de slechte correlatie tussen de massaverdelingen en* het feit dat het nagenoeg onmogelijk is gebleken homogene monsters te verkrijgen. Derhalve is voor 'stap 2' van het stappenplan het meermalen uitvoeren van een relatief 'simpele' karakterisatiemethode met specie afkomstig van verschillende deellocaties binnen het interessegebied aan te bevelen boven het grondig karakteriseren van slechts één mengmonster van het totale gebied.

Voorwaarde voor een haalbare inzet van 'natte scheidingstechnieken' is enerzijds het verkrijgen van 'volumewinst bij de stort en een herbruikbare zandfractie' en anderzijds moeten de ingeschatte kosten voor de probleembezitter acceptabel zijn.

Stap 3: Nuancering van de 'simpele' karakterisatie
Het is mogelijk dat stap 2 niet duidelijk aangeeft of de inzet van natte scheidingstechnieken haalbaar is. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld:

1. De verontreinigingsgraad van de zandfractie is aanzienlijk teruggebracht, echter het zand is na T2000-proef nog (net) niet toepasbaar als secundaire grondstof (volgens IPO [Lit 8] /BsB [Lit 9]).
2. Gezien de omvang van de verontreinigde baggerspecie moeten de hoeveelheden producten nauwkeuriger worden ingeschat teneinde de financiële risico's te kunnen beperken.

In bovenstaande gevallen kan besloten worden tot (door de probleembezitter te finan-cieren) aanvullend karakterisatieonderzoek. In geval '1.' zou dit aanvullend polishing onderzoek kunnen betekenen (flotatie, scrubben etc.), in het geval '2.' bijvoorbeeld aanvullend onderzoek naar het meest effectieve scheidingspunt (fingerprint-onderzoek).

Indien stap 2 voldoende duidelijkheid verschaft omtrent de technische en financiële risico's, vervalt stap 3.

Stap 4: 'Offerte aanvragen' bij aannemer
Nadat is aangetoond dat de inzet van natte scheidingstechnieken op zowel technisch als financieel vlak haalbaar is, kan een verwerkingsprijs aan aannemer(s) worden gevraagd. Op basis van de resultaten van een (representatieve) T2000-proef kan een aannemer een 'vaste prijs' (per ton of per ton d.s.) afgeven, binnen voor hem acceptabele risico's. Contractuele randvoorwaarden met betrekking tot samenstelling van het uitgangsmateriaal zijn hierbij gebruikelijk.

Stap 5: Nadere karakterisatie gericht op het specifieke proces van een aannemer
Nadere optimalisatie van de invulling van het natte reinigingsproces is een zaak van de aannemer. Deze zal in nagenoeg alle gevallen een op zijn installatie passende aanvullende karakterisatie uitvoeren en draagt hiervan dan ook zelf de kosten. Hierbij kan gedacht worden aan wel of niet inzetten van bepaalde procesonderdelen, zoeken naar het optimale scheidingspunt van hydrocyclonage etc. Enige voorwaarde die een aannemer hierbij zou kunnen stellen is dat de opdrachtgever/probleembezitter hem een representatief monster van het uitgangsmateriaal verschaft.

4 NATTE SCHEIDINGSTECHNIEKEN

4.1 Inleiding

Zoals al eerder aangegeven was bij de start van POSW-II scheiding van baggerspecie door fysische technieken al operationeel; het werd al op ruime schaal in de praktijk succesvol toegepast. Hierbij werden echter met name relatief kleinschalige, vaak mobiele installaties gebruikt. Een voorbeeld hiervan is de verwerking van ruim 35.000 in-situ m^3 baggerspecie uit de haven van Elburg in een mobiele installatie (uitvoering in 1994 tijdens de beginperiode van POSW-II) [Lit 10]. Hiervan is uiteindelijk ruim 70% hergebruikt.

Hoewel de hoofddoelstelling bij de scheiding van verontreinigde baggerspecie in mobiele, kleinschalige installaties (verkrijgen van een herbruikbare zandfractie) over het algemeen bereikt wordt (ook bij de Elburg-specie), werd verondersteld dat het proces nog verder geoptimaliseerd moest kunnen worden en beter te beheersen moest zijn. Dit zou met name gerealiseerd kunnen worden in 'vaste' grootschalige installaties. Voor de scheiding van 'droge' bodem staan in Nederland reeds een aantal vaste, grootschalige installaties ter beschikking, waarin eventueel ook baggerspecie verwerkt kan worden.

De mobiele installaties kennen over het algemeen een eenvoudige opzet: door middel van zeven en (één-traps) hydrocyclonage en/of opstromen vindt een scheiding plaats in een zand- en een slibfractie.

In zogenaamde 'vaste' natte-grondreinigingsinstallaties kan het zand indien nodig nog worden 'nagereinigd' (polishing). Hiervoor kunnen bijvoorbeeld magneetscheiders, dichtheidsscheiders ('hout/kool-scheiders', 'spirals') en/of flotatietechnieken worden ingezet. Een ander belangrijk aspect is dat dergelijke vaste installaties vaak zijn uitgerust met enkele in serie geschakelde ('meer-traps') hydrocyclonen. Dit biedt de mogelijkheid het scheidingsproces beter te controleren, zodat een 'scherpere' scheiding kan worden behaald: er komen dan minder fijne (verontreinigde) deeltjes in de grove (schonere) fractie terecht en omgekeerd.

Doordat de 'vaste' installaties over het algemeen beschikken over uitgebreidere scheidingstechnieken en grotere capaciteiten, bestond de indruk dat een verbetering en optimalisatie van de bedrijfsvoering, procesbeheersing en het overall-resultaat mogelijk moest zijn in dergelijke vaste, grootschalige installaties. De projectgroep Fysische technieken heeft de mogelijkheid van dergelijke vaste installaties voor grootschalige verwerking van baggerspecie onderzocht [Lit.6]. Hierbij is met name aandacht besteed aan het (te behalen) reinigingsrendement en de kosten. De volgende praktijkreinigingen zijn uitgevoerd (tabel 4.1):

Tabel 4.1: Praktijkreinigingen in 'vaste' installaties

Specie uit:	Hoeveelheid	Installatie	Ingezette technieken
Kattendiep Kampen	640 ton (365 ton d.s.)	Heidemij Realisatie, Waalwijk	- hydrocyclonage (63 µm) - flotatie van zandfractie
Lemster Riem, Lemmer	630 ton (271 ton d.s.)	Heidemij Realisatie, Waalwijk	- hydrocyclonage (63 µm) - magneetscheiding van zandfractie - spiraalscheiding (lichte organische fractie) van zandfractie - flotatie van zandfractie
Kattendiep Kampen	271 ton (145 ton d.s.)	BSN, Weert	- hoge druk unit - hydrocyclonage (63 µm) - hydrocyclonage (25 µm) van overloop - magneetscheiding van zandfractie - spiraalscheiding (lichte organische fractie) van zandfractie - spiraalscheiding (zware metaal fractie) van zandfractie
Haven van Elburg	850 ton (505 ton d.s.)	Mosmans, Oss	- hydrocyclonage (63 µm) - flotatie van zandfractie - flotatie van slibfractie

In de vaste grondreinigingsinstallatie van Mosmans is ook onderzocht of de fijne fractie (bovenloop na hydrocyclonage) aanvullend gereinigd kan worden door middel van flotatie [Lit 11].
Tevens is via een (inventarisatie)onderzoek extra aandacht besteed aan het ontwateren van de fijne slibfractie [Lit 12], aangezien dit vaak een kostenbepalende stap is bij het scheiden van baggerspecie.

De resultaten van alle onderzoeken met betrekking tot natte scheiding van baggerspecie zullen gegroepeerd worden weergegeven, waarbij de indeling van figuur 2.3 wordt gehanteerd. De afzet- en/of stortmogelijkheden van de producten na scheiding zullen bij de desbetreffende scheidingsstap worden weergegeven.

4.2 Afzonderlijke procesonderdelen

4.2.1 Ontvangst en handling gebaggerde specie

Bij het monitoren van verschillende proefverwerkingen van baggerspecie in vaste 'natte-scheidingsinstallaties' is gebleken dat het inbrengen van de baggerspecie in de installatie cruciaal is voor een beheersbaar proces. Vele reinigers hebben zich verkeken op de specie-eigenschappen, waardoor vaak de opslag op terrein en de invoer in de installatie problematisch is verlopen. Dit heeft in enkele gevallen geleid tot een lagere invoercapaciteit, waardoor de installatie onder haar (ontwerp)capaciteit heeft gedraaid, wat tot een verlaging van het rendement heeft geleid.

Indien een installatie regelmatig grote hoeveelheden baggerspecie verwerkt (gaat verwerken), is het absoluut noodzakelijk dat voor opslag en invoer speciale voorzieningen worden getroffen. Hierbij kan gedacht worden aan een vloeistofdichte (buffer)opslagbak en een invoersysteem zonder transportbanden.

4.2.2 Hydrocyclonage

Na afscheiding van de grove delen (veelal > 1mm) door middel van zeven wordt de baggerspecie ingevoerd in de hydrocyclonagestap (welke kan bestaan uit één of meerdere hydrocyclonen); het hart van de installatie. Uit de onderzoeken is duidelijk geworden dat de grootste reductie van de verontreinigingen wordt gerealiseerd door deze hydrocyclonagestap. Tevens is gebleken dat de hydrocyclonage nog optimaler kan worden uitgevoerd; het scheidingspunt lag veelal in werkelijkheid hoger dan ingesteld en het scheidingspunt was niet 'scherp' genoeg (teveel misplacement) [Lit.6]. De verwachting is dat door optimalisatie hiervan (bijvoorbeeld door betere invoer, dubbeltraps cyclonage van zowel boven- als onderloop) het scheidingsrendement van cyclonage nog aanmerkelijk kan worden verbeterd. Voorwaarde hiervoor is dat de verontreinigingen geadsorbeerd zijn aan de fijne fractie.

Onderzoek heeft aangetoond dat door hydrocyclonage 70-95% van de vracht aan metalen en 80-95% van de vracht aan organische parameters in de bovenloop (fijne fractie) geconcentreerd kan worden. Het uiteindelijke rendement is echter sterk afhankelijk van de uitgangsgehaltes en de vorm waarin de verontreinigingen aanwezig zijn. Indien bijvoorbeeld PAK als relatief grote discrete deeltjes of 'teer-aggregaten' aanwezig zijn, kan dit zeer negatieve gevolgen hebben voor het PAK-rendement [Lit.7]. Eenzelfde negatief effect kan optreden indien verontreinigingen (bijvoorbeeld olie) geadsorbeerd zijn aan relatief grote deeltjes en niet grondig worden losgemaakt (gescrubd) voor hydrocyclonage.

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat na een goed gedimensioneerde en uitgevoerde hydrocyclonagestap de onderloop (zandfractie) als secundaire grondstof (volgens IPO/BsB) herbruikbaar moet zijn. Van een extra scrubstap vòòr hydrocyclonage (zoals de Hoge-Druk-Unit bij BSN) is aangetoond dat zij een extra positief effect heeft op de hydrocyclonagestap door goede desintegratie van de verontreinigingen [Lit.6].

4.2.3 Polishing van de zandfractie

Indien de zandfractie na hydrocyclonage nog niet de vereiste kwaliteit bezit, kunnen in een 'vaste' natte scheidingsinstallatie aanvullende reinigingsstappen uitgevoerd worden; de polishing van de zandfractie. Het doel hiervan is om de laatste verontreinigingen zodanig te verwijderen, dat de afzetmogelijkheden van het zand verbeteren. Welke scheidingsstappen hiervoor ingezet dienen te worden bepaalt de reiniger zelf (zie stap 5 van stappenplan voor karakterisatie), de probleembezitter stelt gewoonlijk alleen eisen aan de kwaliteit van het uiteindelijke product.

De in het onderzoek geteste polishing-stappen en hun rendementen zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2: Onderzochte polishing-stappen van de zandfractie

Polishing-stap	Effect op:	Rendement (range)	Opm.
Magneet (na hydrocyclonage)	metalen	0,5-4% in 0,1-0,2% van de massa #)	
Spiralen voor afscheiden lichte (organische) fractie	metalen	10-20% in 1-3% van de massa	
	PAK	25-90% in 1-3% van de massa	1)
Spiralen voor afscheiden zware (metaal) fractie	metalen	geen positief effect waargenomen	2)
Flotatie	metalen	20-65% in 0,3-3% van de massa	
	PAK	65-90% in 0,3-3% van de massa	3)

#) : Door magneetscheiding (na hydrocyclonage) kan 0,5-4% van de aanwezige metalen geconcentreerd worden in 0,1-0,2% van de massa, die de magneetstap ingevoerd wordt

1) : Effect sterk afhankelijk van de vorm en vrijmakingsgraad van de verontreinigingen

2) : Bij specifieke omstandigheden (bv. scheiden van specie met straalgrid of metaalschilfers) wordt verwacht dat 'heavy spirals' effectief zullen zijn

3) : Flotatie van organische verontreinigingen verloopt met name effectief als deze relatief klein zijn (dus bv. geen grote discrete PAK-deeltjes of 'teer-aggregaten')

Ondanks de relatief hoge rendementen van de polishing-stappen is aangetoond dat inzet van dergelijke processtappen in slechts zeer weinig gevallen tot een zodanige kwaliteitsverbetering van de zandfractie hebben geleid, dat de hergebruiksmogelijkheden worden vergroot. Indien de zandfractie na hydrocyclonage reeds als secundaire grondstof toepasbaar is, leidt de inzet van polishing over het algemeen niet tot een multi-functioneel toepasbaar zand. Polishing is dan ook met name bedoeld om de zandfractie, die na hydrocyclonage nog (juist) niet toepasbaar is als secundaire grondstof, dat laatste stukje verder te reinigen zodat deze toepassing wel mogelijk wordt.

4.2.4 Flotatie van de fijne slibfractie

Ontwikkelingen van de flotatietechniek in de mijnbouw [Lit 13] en toepassing hiervan in de grondreiniging waren voor de Projectgroep Fysische technieken aanleiding om te laten onderzoeken of flotatie ook voor het specifiek reinigen van de fijne fractie van baggerspecie zou kunnen worden ingezet. Aanleiding hiertoe was het gegeven dat flotatie met name effectief is in het korrelgroottebereik van 10-100 µm. Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van conventionele flotatiecellen en van een flotatiecycloon. Het onderzoek met deze flotatiecycloon leverde echter weinig bevredigende resultaten op.

Uit het onderzoek is gebleken dat met flotatie van de fijne fractie met conventionele cellen weliswaar een enorme reductie in verontreiniging bewerkstelligd kan worden (met name voor organische verontreinigingen), maar dat een herbruikbaar produkt (volgens IPO/BsB) over het algemeen niet wordt bereikt. Dit wordt met name veroorzaakt door een onvoldoende scheidingsrendement voor de zware metalen.

Geconstateerd is dat 60-90% van de organische verontreinigingen en 40-60% van de metalen geconcentreerd kunnen worden in 10-30% van de massa. Inzet van flotatie van de fijne fractie zou overwogen kunnen worden indien het gehalte aan organische verbin-dingen in de bovenloop na hydrocyclonage de BAGA-waarde [Lit 14]

juist overschrijdt. Flotatie zou voor het grootste deel van deze stroom het verontreinigingsgehalte tot onder de BAGA-waarde kunnen brengen, zodat deze stroom na ontwateren onder minder streng regime (en lagere kosten) gestort kan worden.

Naast flotatie van de 'fijne' fractie is fijner afscheiden tijdens het hydrocyclonage een andere methode om een grotere hoeveelheid 'fijn' materiaal te kunnen hergebruiken als secundaire grondstof. Dit wordt momenteel nog onderzocht [Lit 15]. Hiertoe moet het aandeel 20-63 µm in het uitgangsmateriaal groot genoeg zijn en deze fractie niet te veel verontreinigd zijn. Dit moet vooraf afzonderlijk onderzocht zijn tijdens het karakterisatieonderzoek (stap 3 van het stappenplan). Tevens dient extra aandacht geschonken te worden aan de negatieve gevolgen voor ontwateren en/of consolidatie van de resterende (zeer) fijne fractie.

4.2.5 Ontwateren van de fijne slibfractie

Aanleiding voor het onderzoek naar mechanische ontwatering is de belangrijke plaats die deze processtap inneemt in een 'natte' scheidingsinstallaties (ontwateren is vaak de kosten- en capaciteitsbepalende stap). Aangezien operationalisering van deze techniek reeds uitgevoerd is door de markt, is gekozen voor een inventarisatie van praktijk-gegevens van (grootschalige) mechanische ontwatering van fijnkorrelig sediment of fijnkorrelige deelstromen uit natte scheidingsprocessen [Lit.12]. Hierbij is aandacht besteed aan technieken die berusten op overdruk (zeefband- en kamerfilterpersen), op (vacuhm)-onderdruk (drum- en vacuhmbandfilters) en op centrifugaal-krachten (decanteer-centrifuges). Tevens is aandacht besteed aan processtappen die nodig zijn om tot een optimale ontwatering te komen (voorbehandeling, vòòr indikken en waterbehandeling).

Via literatuuronderzoek, enquLtes en interviews is onderzocht wat ten aanzien van mechanisch ontwateren momenteel haalbaar is, waar dit van afhankelijk is en wat het kost. Hieruit blijkt dat 80% van de gebruikers van mechanische ontwateringsapparatuur de zeefbandpers gebruikt. Het te behalen droge stof percentage is van diverse specie-eigenschappen afhankelijk; het percentage organische stof en de korrelgrootteverdeling van de fractie < 63 µm zijn hierbij meestal bepalend. Bij een 'gebruikelijke' korrel-grootteverdeling van het te ontwateren slib (dat wil zeggen geen extreem grote fractie < 16 µm) zijn de volgende droge stof percentages gangbaar (tabel 4.3).

Tabel 4.3: Gangbare droge stof percentages (bij normale verdeling 0-63 µm)

Organische stof-% in slib	Gemiddeld bereikt droge stof-%	Gangbare droge stof-% range
2 %	65 %	55 - 80 %
10 %	47 %	38 - 57 %
15 %	40 %	32 - 50 %
25 %	38 %	30 - 46 %

Mechanische ontwatering is in veel gevallen noodzakelijk bij het verder verwerken van de slibfractie (bijvoorbeeld immobilisatie) of droge stort (eis van steekvast produkt). In het geval dat ontwatering niet noodzakelijk is, bijvoorbeeld bij natte stort in baggerspeciedepot, moet aandacht besteed worden aan het consolidatiegedrag van de fijne fractie. Theoretisch kan het in een dergelijk geval effectiever zijn iets minder zand af te scheiden, waardoor een betere consolidatie in het depot wordt verkregen (ruimtewinst).

4.3 Kosten

Op basis van de resultaten van de proefverwerkingen op praktijkschaal is door twee 'natte scheiders' berekend wat een dergelijke (nieuwe) installatie zou kosten [Lit 16] [Lit 17]. Uitgangspunten hierbij waren: volcontinue bezetting (24 h * 7 dagen/week) gedurende circa 40-45 weken per jaar, gebruikelijke rente- en afschrijvingskengetallen, continue aanvoer van baggerspecie, menging van de aangevoerde partijen is toegestaan en het slib wordt mechanisch ontwaterd. Opvallend was dat de twee 'natte scheiders' onafhankelijk van elkaar tot vergelijkbare kostprijzen zijn gekomen.

Uit de berekeningen blijkt dat de verwachte jaarlijkse exploitatiekosten tussen MFl 6,2-8,5 liggen (exclusief BTW en opslagen & winst).

De kapitaalslasten bedragen ca. 20-28%, de personeelslasten ca. 30-45%. De overige kosten bestaan uit onderhoud, energie, chemicaliën, op- en overslag etc.

De kostprijs per ton d.s. is weergegeven in tabel 4.4.

Tabel 4.4: Kostprijs grootschalige 'natte' scheiding incl. mech. ontwateren bij verschillende ontwerpcapaciteiten

Kostprijs verwerking (*f* /ton d.s.), ex BTW #)	**25 ton d.s./uur**	**40 ton d.s./uur**	**50 ton d.s./uur**
Van het uitgangsmateriaal is **80%** > 63:m	n.b.	*f* 35,= 1)	n.b.
Van het uitgangsmateriaal is **50%** > 63:m	*f* 44,= 2)	*f* 42,= 1)	*f* 30,= 2)

1) : berekend door Heidemij Realisatie
2) : berekend door B.S.N.
n.b.: niet berekend
#) : incl. 15-20% opslagen en winst

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat uitsluitend de verwerkingsprijzen zijn weergegeven in tabel 4.4. *Hieraan moeten de eventuele kosten voor het storten van de niet-herbruikbare fracties nog aan toegevoegd* worden.

Opvallend is dat uit de onderzoeksresultaten is gebleken dat het verschil in kosten voor scheiding in een installatie met alleen een hydrocyclonagestap en een installatie met (alle) aanvullende polishing stappen slechts ± fl 3,50 per ton d.s. bedraagt.

Installaties met een capaciteit groter dan 50 ton d.s./uur zijn niet gebruikelijk, in gevallen waarin een hogere capaciteit vereist is, zullen meerdere installaties parallel geplaatst worden.

Bovenstaande prijzen zijn ingebracht bij de POSW-studie naar de haalbaarheid van grootschalige verwerking van baggerspecie in Nederland [Lit.2].

Geconcludeerd kan worden dat met name de specie-eigenschappen (zand- en verontreinigingsgehalte), de capaciteit en de bezettingsgraad van de installatie bepalend zijn voor de kosten. Met name de bezettingsgraad speelt een belangrijke rol; indien niet uitgegaan kan worden van een continue aanvoer van specie gaat de kostprijs snel omhoog.

Dit effect speelt ook een rol bij de geVnventariseerde kostprijs van mechanisch ontwateren: circa *f* 45,=/ontwaterde ton d.s. slib (prijsrange *f* 25-60,=/ton d.s.) [Lit.12]. Deze prijs lijkt zich slecht te verhouden met de prijzen in tabel 4.4. Echter, bij deze ontwateringskostprijs is rekening gehouden met een momenteel gebruikelijke bezettingsgraad, welke er voor zorgt dat de huidige kostprijs voor ontwateren hoog lijkt ten opzichte van de kostprijs onder optimale omstandigheden.

Indien overwogen wordt een partij baggerspecie te laten scheiden, kan bij het aanvragen van een verwerkingsprijs het beste een 'vaste prijs per ton d.s. aangevoerd materiaal' gevraagd worden, in combinatie met een bepaalde kwaliteitsgarantie van het gereinigde zand (aanvoerhoeveelheid en produktkwaliteit zijn beide goed controleerbaar). Op basis van karakterisatiegegevens van het uitgangsmateriaal en informatie omtrent de baggermethode kan de scheider deze vaste prijs geven (eventueel in combinatie met contractuele randvoorwaarden met betrekking tot samenstelling van het uitgangsmateriaal). Bij het op deze manier vaststellen van verwerkingsprijs zal de scheider automatisch streven naar een optimale combinatie van zoveel mogelijk herbruikbaar produkt en zo weinig mogelijk (gewicht aan) te storten materiaal.

4.4 Milieu-effecten

Bij de proefverwerking van de specie uit Elburg bij Mosmans is aandacht besteed aan toxiciteit en uitloging. De toxiciteit is onderzocht door middel van bio-assays. Uitloging van de onverwerkte specie is onderzocht door middel van schudproeven, die op het eindproduct na verwerking door kolomproeven.

Bio-assays op zowel begin- en eindproduct toonden effecten op aquatische organismen aan, bij vergelijking ten opzichte van elkaar was er echter geen verandering van toxiciteit. Gezien het feit dat er over het vergelijken van bio-assay-resultaten van onverwerkte en verwerkte baggerspecie nog enige discussie bestaat (b.v. invloed van fysische veranderingen van bodemmatrix, effect van toeslagstoffen zoals flotatiereagentia) zijn ten aanzien van toxiciteit geen verdere conclusies getrokken.

Uitloogonderzoek op begin- en eindproduct gaf nauwelijks verschil (verbetering) in uitloogbaarheid aan. Dit is grotendeels te verklaren door de zeer hechte binding van de verontreinigingen aan het fijne slib. Uitloging blijft echter belangrijk bij de eindproduktbeoordeling (kolomproeven). Het eindproduct bij de verwerking van Mosmans voldeed ruim aan de uitloogeisen conform het Bouwstoffenbesluit (U1-norm).

Bij de verwerkingen bij Heidemij Realisatie en BSN is uitsluitend aandacht besteed aan uitloging. Ook bij deze verwerkingen voldeden de eindproducten ruim aan de uitloogeisen conform het Bouwstoffenbesluit (U1-norm).

5 SYNTHESE

Algemeen

De projectgroep Fysische technieken heeft zich gedurende POSW-II met het onderdeel 'scheiden' binnen de integrale saneringsketen van onderzoeks-, bagger-, scheidings-, reinigings- en immobilisatietechnieken beziggehouden.

Reeds bij de aanvang van POSW-II werd scheiding van baggerspecie door fysische technieken al op ruime schaal in de praktijk succesvol toegepast; in feite was de techniek al operationeel. Om deze reden heeft bij de activiteiten van de projectgroep Fysische technieken de nadruk gelegen op het optimaliseren en beheersen van de beschikbare technieken. Dit heeft geleid tot een aantal praktisch tips en adviezen richting probleembezitters (van verontreinigde baggerspecie).

Opvallend is dat momenteel voor het verwerken van verontreinigde baggerspecie nog steeds vooral het onderdeel 'fysisch scheiden' door de markt op praktijkschaal gebruikt en aangeboden wordt (naast storten en rijpen). Belangrijke reden hiervoor is dat 'scheiden' van alle beschikbare verwerkingstechnieken vaak de goedkoopste is en in sommige gevallen de stortprijs dicht benaderd. Uit POSW-II onderzoek is gebleken dat een verwerkingsprijs van *f* 30,-/ton d.s. of lager mogelijk moet zijn bij optimale inzet van een grootschalige installatie.

Voor het bereiken van de algemene beleidsdoelstelling van 'verwerken van 20% van de klasse 2, 3 en 4 specie' is 'fysisch scheiden' dan ook de belangrijkste optie.

Karakterisatie

In het onderzoek is duidelijk aangetoond dat karakterisatie en het uitvoeren van 'natte scheidingstechnieken' onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Karakterisatie is noodzakelijk om vooraf de technisch en financiële risico's goed te kunnen inschatten. Te beperkte karakterisatie kan grote financiële consequenties hebben tijdens uitvoering. Tevens is aangetoond dat de karakterisatiemethoden over het algemeen een goede voorspellende werking hebben maar dat terdege rekening gehouden moet worden met de heterogeniteit van de baggerspecie op de betreffende locatie. Het ontwikkelde stappenplan kan een belangrijk hulpmiddel zijn voor het verkrijgen van een effectieve karakterisatie tegen een acceptabele prijs.

Fysische scheiding

Bij de onderzoeken ten aanzien van de 'natte fysische scheidingstechnieken' is gebleken dat in Nederland veel kennis en ervaring voorhanden is. Deze kennis en ervaring hebben al geleid tot het succesvol verwerken van diverse partijen baggerspecie (variërend van kleine saneringen om milieuhygiënische redenen tot grote baggerprojecten om nautische redenen).

Echter, de ontwikkeling van de specie-scheiding is nog niet voltooid. In operationele zin zijn er nog een aantal verbeteringen mogelijk, waarvan optimalisatie van de hydrocyclonagestap (verscherping en verlaging van het scheidingspunt) en een effectieve invoer van de specie in de installatie de belangrijkste zijn.

In algemene zin kan gesteld worden dat het verkrijgen van een herbruikbaar zandprodukt (volgens IPO/BsB) in principe mogelijk is. Indien het scheiden van baggerspecie daadwerkelijk overwogen wordt, dient in eerste instantie een reductie van het stortvolume gerealiseerd te worden, ten tweede blijft de afweging een economische en is met name afhankelijk van zandgehalte in de baggerspecie, transportafstand tussen bagger- en voorgenomen stortlocatie (als alternatief voor verwerken) en de bezettingsgraad van de beoogde scheidingsinstallatie.

Een voordeel van de natte scheidingstechnieken ten opzichte van een aantal andere reinigingstechnieken is dat bij fysische scheiding er geen wezenlijke veranderingen plaatsvinden binnen de structuur van het uitgangsmateriaal. Enige uitzondering hierop is de toevoeging van enkele additieven aan de baggerspecie (zoals poly-electroliet voor betere ontwatering en flotatiereagentia voor eventuele flotatie).

Inzet 'vaste' scheidingsinstallatie

Indien overwogen wordt om 'vaste' scheidingsinstallaties in te zetten voor de scheiding van baggerspecie, moeten de volgende afwegingen gemaakt worden:

1. wel of geen polishing-stappen na hydrocyclonage,
2. wel of geen mechanische ontwatering.

Op deze overwegingen wordt kort ingegaan:

1. Bij inzetten van een reeds bestaande installatie moet de overweging tot polishing overgelaten worden aan de scheider. Maar gezien het feit dat een installatie mèt polishing-stappen flexibeler ingezet kan worden, een groter aandeel van de totale specie kan behandelen en de extra kosten voor polishing relatief laag zijn
   (± *f* 3,50/ton d.s.) adviseert de projectgroep Fysische technieken bij het ontwerpen van nieuwe 'vaste scheidingsinstallaties' voor baggerspecie aanvullende polishing-stappen in het proces-schema op te nemen.

2. Het niet inzetten van mechanische ontwatering is alleen mogelijk indien de nieuwe scheidingsinstallatie naast een grootschalig baggerspeciedepot geplaatst wordt. Aangezien mechanisch ontwateren een kostenbepalende stap is, zal in dat geval de kostprijs voor de volledige scheidingsketen aanmerkelijk verlaagd worden. De mogelijk negatieve effecten voor consolidatie van de fijne fractie, die dan zonder ontwateren in het depot gestort wordt, zal wel grondig onderzocht moeten worden om een goede afweging te kunnen maken.

6 LITERATUUR

[Lit. 1] Interim-rapport Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW), Fase 11 (1992-1996), 1995

[Lit.2] Haalbaarheidsstudie Grootschalige Verwerking Baggerspecie, Eindrapport fase 2: Scenario's voor verwerking baggerspecie, KPMG Milieu & Grontmij & BOB, deel 13 van de POSW-11 reeks, maart 1997

[Lit. 3] POSW-1 deelrapport nr. 4: Fractiescheiding, polishing en consolidatie van baggerspecie, Serasea/WBGN

[Lit.4] Natte deeltjesscheiding, Karakterisering van grond en baggerspecie, uitgevoerd door TNO-MEP *en Heidemij Realisatie in opdracht van het Ministerie van VROM in het kader van het prograннna* T2000, augustus 1995

[Lit. 5] POSW-II deelrapport 39: Vergelijking van 3 karakterisatiemethoden voor baggerspecie; DHV Milieu & Infrastructuur, (in voorbereiding) 1997

[Lit. 6] POSW-II deelrapport 35: Verwerken van baggerspecie in grondreinigingsinstallaties, DHV Milieu & Infrastructuur BV, (in voorbereiding)

[Lit.7] Evaluatierapport: Monitoring verwerking zoute specie Velsen, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland, DHV Milieu & Infrastructuur, MTBD19970098, april 1997

[Lit. 8] InterProvinciaal Overleg: Interimbeleid t.a.v. de toepassing van secundaire grondstoffen, 1994

[Lit.9] Bouwstoffenbesluit Bodem- en Oppervlaktewaterbescherming, Staatsblad 1995, 567

[Lit. 10] POSW-II deelrapport 9: Evaluatie van de waterbodemsanering van de haven van Elburg, uitgebreid rapport, mei 1996

[Lit. 1 1] POSW Factsheet: Flotatie van baggerspecie, op basis van studie door Mosmans Mineraaltechniek

[Lit. 12] POSW-II deelrapport 14: Mechanische ontwatering van baggerspecie, inventarisatie van praktijkgegevens, DHV Milieu & Infrastructuur, ISBN 90 369 50 35X, oktober 1996

[Lit. 13] Principles of extractive metallurgy, Terkel Rosenqvist, McGraw-Hill, 1988

[Lit. 14] bron: Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen

[Lit. 15] Flotatie-onderzoek door Noord-Holland en Zuid-Holland (Provincie, RWS en diverse waterschappen) en Mosmans

[Lit. 16] Verwerkingsproef van baggerspecie afkomstig van het Kattendiep te Kampen, B.S.N., projectnununer: 95232, maart 1996

[Lit. 17] Reinigen baggerspecie in een vaste grondreinigingsinstallatie, Heidemij Realisatie, project 295/828, mei 1996

Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) fase II (1992-1996)

Deel 18 Fysische scheidingstechnieken voor reiniging van baggerspecie
Eindrapport

Het onderzoek naar fysische scheidingstechnieken was gericht op karakterisatie van de baggerspecie met betrekking tot de behandelbaarheid en op de uitvoering van de scheiding zelf inclusief vervolgstappen als ontwatering van de slibfractie en afzetmogelijkheden van scheidingsproducten.

Geconcludeerd wordt dat karakterisatie van baggerspecie vooraf noodzakelijk is om de technische en financiële risico's goed in te kunnen schatten. De onderzochte karakterisatiemethoden hebben een goede voorspellende waarde, mits voldoende aandacht wordt besteed aan het verkrijgen van representatieve monsters.

RIZA rapport 98.010
ISBN 90 369 51 593
Lelystad, maart 1998

colofon
Uitvoering: DHV Milieu en Infrastructuur
Vormgeving: Beekvisser [BNO], Amsterdam
Druk: Drukkerij Smeink, Amsterdam

POSW

98