

TNO-rapport
TNO-MEP – R 98/192

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

Aangezien het om een voorlopige rapportage van resultaten gaat, verzoeken wij u de resultaten alleen voor interne aangelegenheden te gebruiken en derhalve niet naar buiten kenbaar te maken, dat deze uit onderzoek door TNO zijn verkregen.
In dit verband attenderen wij nog op artikel 8 (aansprakelijkheid) en artikel 4 (rechten op resultaten) van de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO.

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 1998 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal en internationaal erkend kennis- en contract-research instituut voor bedrijfsleven en overheid op het gebied van duurzame ontwikkeling en milieu- en energiegerichte procesinnovatie.

Karakterisering van verontreinigde grond en baggerspecie Nadere uitwerking en evaluatie van de T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef (TDG-proef)

Datum
juni 1998

Auteur(s)
L. Feenstra
J. Joziasse

Projectnummer
26722

NOVEM projectnummer
354930/0110

Trefwoorden
- karakterisering
- verontreinigde grond
- verontreinigde baggerspecie
- natte deeltjesscheidingstechnieken

Bestemd voor
NOVEM
Sector Milieu
T.a.v. Ir. S.S.J. Houtman
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage

Verkorte samenvatting

In het kader van het programma T-2000, onderdeel natte deeltjesscheiding is door TNO-MEP in samenwerking met Arcadis Heidemij Realisatie een karakteriseringsmethode ontwikkeld, waarmee het mogelijk is de haalbaarheid van natte deeltjesscheiding als behandelingstechniek voor een gegeven partij grond of baggerspecie vast te stellen. De naam van de proef is TDG-proef (T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef).

De TDG-proef is zo opgezet dat in de resultaten een maximale eenduidigheid wordt verkregen bij een minimale inspanning in tijd en geld. De proef omvat een combinatie van nat zeven en dichtheidscheiding. Door middel van nat zeven wordt een tussenfractie verkregen (63-500 µm) die vervolgens op dichtheid wordt gescheiden met behulp van vloeistoffen met een soortelijke massa van 2,9 g/ml en 2,0 g/ml. De verkregen fracties worden geanalyseerd op relevante parameters.

Voor de uitvoering van de TDG-proef is een werkvoorschrift opgesteld en ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef zijn criteria opgesteld. De proef geeft op basis van de hoeveelheid droge stofmassa die in de zandfractie terechtkomt en de kwaliteit van de zandfractie een oordeel over de geschiktheid van deeltjesscheidingstechnieken voor behandeling van het materiaal.

De eerste ervaringen met de uitvoering van de TDG-proef op een negental praktijkmonsters zijn positief te noemen. Uit een vergelijking van de resultaten van de TDG-proef met die van de praktijkscheiding blijkt dat de TDG-proef een goede voorspelling geeft van de hoeveelheid en van de kwaliteit van de zandfractie.

Summary

Within the 'T-2000' research programme (chapter wet particle separation) TNO-MEP, together with Arcadis Heidemij Realisatie, has developed a characterisation method making it possible to assess the feasibility of using wet particle separation as a treatment technique for a specific lot of contaminated soil or dredged sediment. The method is named 'TDG-test'.

The test method has been organised such that the results are as unambiguous as possible, with minimum costs in time and money. It comprises a combination of wet sieving and density separation. After the wet sieving an intermediate fraction is obtained (63-500 μm), which is subsequently separated into fractions with different densities by means of liquids with a density of 2.9 g/ml and 2.0 g/ml. These fractions are analysed for relevant parameters.

A procedure has been set up for the execution of the TDG test and criteria have been formulated for the interpretation of the test results. These results supply information on the amount of dry matter ending up in the sand fraction and on the quality of this fraction. From this information it is possible to judge the suitability of wet particle separation for treatment of the material (soil, dredged sediment). The first experiences with the TDG test applied on nine samples from commercial scale separation plants are positive. Comparing the test results with those of the process carried out in practice it turned out that the TDG test gives a good prediction of the quantity and the quality of the sand fraction.

Samenvatting en conclusies

In het kader van het programma T-2000, onderdeel natte deeltjesscheiding, heeft NOVEM TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie (TNO-MEP) opdracht gegeven voor het ontwikkelen van een karakteriseringsmethode voor grond en baggerspecie gericht op de verwerking van deze materialen met natte deeltjesscheidingstechnieken.

Voor zowel grond als baggerspecie geldt dat op de verontreinigde locatie een grote variatie kan optreden in de samenstelling, zowel in korrelgrootteverdeling, organische-stofgehalte, etc., als ook in verdeling van de verontreinigende stoffen over de verschillende fracties. Om een uitspraak te doen voor een bepaalde locatie zullen een groot aantal monsters moeten worden onderzocht. Er is dan ook behoefte aan een betaalbare voorspelling van het resultaat van natte deeltjesscheiding op basis van de samenstelling.

In de periode 1994-1995 heeft TNO-MEP samen met Arcadis Heidemij Realisatie een eerste onderzoek uitgevoerd, waarin een concept voor een karakteriseringsonderzoek is gepresenteerd en een karakteriseringsschema is opgesteld [1]. Onderdeel van dit schema is een snel en eenvoudig protocol, dat in de meeste gevallen een betrouwbare uitspraak doet over de haalbaarheid van verwerking met natte scheidingstechnieken. In [1] is een eerste aanzet voor een dergelijk protocol (de T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef, afgekort TDG-proef) opgesteld. De TDG-proef kan worden gekenmerkt als een proef die relevante informatie geeft over de verwerkingsmogelijkheden in de praktijk, eenvoudig en tegen lage kosten is uit te voeren en een korte responstijd heeft.

Het in dit rapport beschreven onderzoek is een vervolg op het bovengenoemde onderzoek. In het onderhavige onderzoek is een werkvoorschrift voor de uitvoering van de TDG-proef opgesteld en is de TDG-proef beproefd op een negental praktijkmonsters. Naast het opdoen van ervaring met de proef had dit ook tot doel om de betrouwbaarheid van de proef te verifiëren en om het voorgestelde werkvoorschrift, de gekozen parameters en de te hanteren criteria beter te onderbouwen.

De TDG-proef omvat een combinatie van nat zeven en dichtheidscheiding. Door middel van nat zeven wordt een tussenfractie verkregen (63-500 μm) die vervolgens op dichtheid wordt gescheiden met behulp van vloeistoffen met een soortelijke massa van 2,9 g/ml en 2,0 g/ml. De verkregen fracties worden geanalyseerd op relevante parameters.

Ten behoeve van het opstellen van het werkvoorschrift zijn verschillende deelaspecten van de TDG-proef nader onderzocht. Waar nodig is experimenteel onderzoek uitgevoerd om gemaakte keuzes te onderbouwen, respectievelijk om de proef te optimaliseren.

Enkele onderdelen waaraan uitgebreid aandacht is besteed, zijn:

- monstername en monstergrootte
- voorbehandeling van het materiaal
- uitvoering van de dichtheidscheiding
- uitloging van verontreinigingen
- hergebruik en regenereren van de zoutoplossing

Naast een gedetailleerd werkvoorschrift, waarin ook het onderbouwende onderzoek staat beschreven, is ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef in het laboratorium een aangepast werkvoorschrift opgesteld.

Beide werkvoorschriften bevatten stroomschema's met bijbehorende criteria. Deze kunnen dienen als hulpmiddel bij de uitvoering en ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef.

Met de uitvoering van de TDG-proef zijn circa 12,5 metingen gemoeid. De kosten gemoeid met het uitvoeren van het scheidingsdeel van de TDG-proef zijn geraamd op 2100 gulden (exclusief de analysekosten).

De eerste ervaringen met de uitvoering van de TDG-proef op negen praktijkmonsters zijn positief te noemen. Deze ervaringen gaven op enkele details na geen aanleiding tot aanpassing van het werkvoorschrift.

De spreiding in de resultaten van de TDG-proef is opgebouwd uit een component ten gevolge van de monsterheterogeniteit en een component ten gevolge van het uitvoeren van de proef. Deze laatste is onder te verdelen in spreiding ten gevolge van de scheiding en ten gevolge van de analyse-onnauwkeurigheid. Om zicht te krijgen op de nauwkeurigheid van de TDG-proef is voor twee praktijkmonsters de TDG-proef in drievoud uitgevoerd. Uit de resultaten blijkt dat de spreiding in de massapercentages droge stof in de zandfractie te verwaarlozen is. Dit geldt niet voor de concentraties van de verontreinigende stoffen in de zandfractie. Hier moet rekening worden gehouden met een niet te verwaarlozen spreiding in de uitkomsten. De RSD (relatieve standaard deviatie) -waarden voor de concentraties van de verontreinigende stoffen in de zandfractie liggen voor metalen tussen ca. 15% en 50%; voor PAK en olie tussen ca. 35 en 70%.

Ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef zijn criteria opgesteld. Betreffende de hoeveelheid droge stof in het zand (als fractie van de totale hoeveelheid droge stof) is de grens op 40 à 50 % gesteld: Als de proef aangeeft dat de zandfractie minder dan 40 % van de totale massa aan droge stof bevat, is de conclusie dat het materiaal niet geschikt is voor toepassing van DST (deeltjesscheidingstechnieken). Een positief oordeel over de geschiktheid voor verwerking met DST wordt gegeven, als de proef aangeeft dat de zandfractie meer dan 50% van de droge- stofmassa bevat. Bij uitkomsten daartussenin spelen andere factoren mee, zoals de haalbaarheid van mogelijke alternatieve bewerkingen, c.q.

bestemmingen, de moeite die het kost om te voldoen aan de milieuhygiënische of civieltechnische toepassingseisen, etc.

Voor wat betreft de concentraties kunnen de samenstellingswaarden van het Bouwstoffenbesluit als minimale eisen worden beschouwd. Omdat er sprake is van een niet te verwaarlozen spreiding in de uitkomsten van de proef, is het niet mogelijk om het oordeel over de geschiktheid te baseren op een vaste concentratiewaarde. In plaats daarvan is een concentratiegebied gedefinieerd, waarbij rekening is gehouden met de vastgestelde RSD-waarden voor metalen en die voor PAK en olie: concentratiewaarden boven dit gebied leiden tot een negatief oordeel, waarden daaronder tot een positief oordeel en waarden daartussenin tot een nadere overweging en wellicht tot een aanbeveling voor het uitvoeren van aanvullend onderzoek.

Voor de metaalverontreinigingen moet, behalve aan de concentratiecriteria, ook worden voldaan aan uitloogeisen van het Bouwstoffenbesluit. Hiervoor geldt een soortgelijke redenering als bij de samenstellingscriteria: ook hier wordt een uitlooggebied gedefinieerd, waarbuiten het oordeel duidelijk is (negatief bij hoge uitloogcijfers, positief bij lage uitloogcijfers). Tot nu toe opgedane ervaringen wijzen erop dat aan de uitloogeisen voor metalen meestal wel wordt voldaan. De uitloogeisen van anionen (met name sulfaat) zijn echter vaker kritisch voor de toepasbaarheid.

Het resultaat van de toetsing van de negen praktijkmonsters is dat alle negen materialen een voldoende hoeveelheid zand bevatten om in aanmerking te komen voor een verwerking met natte deeltjesscheiding. Dit is niet zo verwonderlijk omdat de monsters zijn geselecteerd uit partijen die zijn gebruikt om praktijkscheidingsinstallaties te monitoren. Zes van de negen partijen worden ook op basis van concentratiecriteria als geschikt voor toepassing van natte deeltjesscheiding beoordeeld. Twee partijen worden op basis van het oliegehalte in de zandfractie als niet geschikt beoordeeld en voor een partij geldt dat het oliegehalte in de zandfractie niet ver genoeg onder de samenstellingswaarde ligt om tot een positief oordeel te komen. Voor deze partij is aanvullend onderzoek noodzakelijk is om een definitieve uitspraak te kunnen doen. De zandfracties zijn niet onderzocht op hun uitlooggedrag.

De resultaten van de TDG-proeven met de negen geselecteerde praktijkmonsters zijn vergeleken met die van de praktijkscheiding. Hieruit blijkt dat de resultaten van de TDG-proef goed overeen komen met die van de praktijkscheidingen. Voor alle negen onderzochte partijen geeft de TDG-proef een goede voorspelling van de te verwachten hoeveelheid zandfractie (gem. afwijking 12%). Uit de toetsingsresultaten van de verkregen zandfracties aan de toepassingseisen van het Bouwstoffenbesluit blijkt dat de TDG-proef ook een goede voorspelling doet met betrekking tot de kwaliteit van de zandfractie. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de TDG-proef een geschikte methode is voor het voorspellen van de scheidingsre-

sultaten met DST. Wel moet hierbij opgemerkt worden dat de voorspellende waarde van de TDG-proef staat of valt met de representativiteit van het gebruikte monstermateriaal. Bij gebruik van de TDG-proef verdient het aspect van representatieve monsternamen dan ook extra aandacht.

De TDG-proef wordt inmiddels in de praktijk al gebruikt als karakteriseringsmethode en is ook reeds getest. In opdracht van POSW (Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems) is een vergelijkend onderzoek uitgevoerd, waarbij een drietal karakteriseringsproeven was betrokken [4,9]. In het onderzoek is de TDG-proef positief beoordeeld. Het onderzoek doet overigens geen uitspraak over welke karakteriseringsmethode het beste is en hoe goed een karakteriseringsmethode is. 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 karakteriseringsmethode is kunnen pas worden gedaan als de karakterisatievoorspelling getoetst is in de praktijk, aldus het POSW-rapport.

In het onderhavige onderzoek zijn de eerste bevindingen met de TDG-proef opgenomen en zijn de resultaten van de TDG-proef van negen monsters getoetst met die van de praktijkscheiding. Aanbevolen wordt om na een periode van ongeveer 1 á 2 jaar de ervaringen van de gebruikers te inventariseren ook de resultaten te evalueren. Op basis van deze bevindingen kan het werkvoorschrift van de TDG-proef zo nodig worden aangepast.

Voorwoord

Dit project is uitgevoerd als programmaondersteuning voor het subsidieprogramma Technologie-2000 natte deeltjesscheiding (NDS) van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer in beheer bij NOVEM.

Het Ministerie van VROM wil de verwerking van prioritaire afvalstoffen in Nederland bevorderen. Eén van de instrumenten daartoe is het programma 'Technologie 2000'. Dit programma is gericht erop gericht technologische oplossingen te vinden voor knelpunten die bij de verwerking ontstaan. Het deelprogramma T-2000 natte deeltjesscheiding heeft tot doel om de ontwikkeling en verdere toepassing van NDS te bevorderen.

Naast het ontwikkelen van technologie heeft het ministerie van VROM besloten om ook aandacht te besteden aan het karakteriseren van de drie belangrijkste voor NDS in aanmerking komende afvalstoffen (baggerspecie, verontreinigde grond en zeefzand).

Het doel van het karakteriseringsonderzoek is het ontwikkelen en beschrijven van een standaardmethodiek voor het karakteriseren van verontreinigde grond, baggerspecie en zeefzand. De karakteriseringsmethode dient de haalbaarheid van NDS als behandelingstechniek voor een gegeven partij grond, baggerspecie of zeefzand vast te stellen.

Het onderhavige rapport doet verslag van een karakteriseringsonderzoek voor verontreinigde grond en baggerspecie dat is uitgevoerd door TNO-MEP.

Inhoudsopgave

Verkorte samenvatting	3
Summary.....	5
Samenvatting en conclusies	7
Voorwoord	11
Inhoudsopgave.....	13
1.. Inleiding	15
1.1 Achtergrond.....	15
1.2 Doel van het onderzoek	16
1.3 Uitvoering.....	16
2. Werkvoorschrift TDG-proef	17
2.1 Inleiding.....	17
2.2 Beschrijving van de TDG-proef	17
2.3 Monstername	19
2.4 Bepaling van de zeefkromme en het verontreinigingsgehalte van het verzamelmonster	21
2.5 Voorbehandeling van het startmonster.....	22
2.6 Nat zeven van het startmonster.....	23
2.7 Dichtheidscheiding	24
2.7.1 Benodigde hoeveelheid droge stof	24
2.7.2 Samenstelling en hoeveelheid	25
2.7.3 Scheiding drijf- en zinklagen	25
2.7.4 Regenereren van de zoutoplossing.....	26
2.8 Analyse en bestemming van zandfractie en restfracties.....	26
2.9 Verwerking en interpretatie van de resultaten.....	27
2.10 Tijdsinspanning en kostenraming van de TDG-proef	28
3. Beproeving op praktijkmonsters	31
3.1 Selectie praktijkmonsters	31
3.2 Monstername	31
3.3 Zeefkrommebepalingen	32
3.4 Nat zeven en dichtheidscheiding	32
3.5 Overall-resultaten	33
4. Toetsingscriteria TDG-proef	39
4.1 Inleiding.....	39
4.2 Nauwkeurigheid	39

4.3	Toetsing aan droge-stof-, concentratie- en uitloogcriteria	43
5.	Vergelijking TDG-proef met praktijkscheiding.....	48
5.1	Inleiding.....	49
5.2	Vergelijking van de resultaten van de TDG-proef met de praktijkscheiding	49
5.2.1	Heidemij.....	49
5.2.2	Milieutechniek de Vries & van de Wiel.....	51
5.2.3	HWZ.....	53
5.2.4	Theo Pouw	56
5.2.5	Grontmij	57
5.3	Overzicht van de scheidingsresultaten van de TDG-proef en van de praktijkscheiding	58
6.	Conclusies en aanbevelingen	61
7.	Referenties	65
8.	Verantwoording	67

Bijlagen

I	Nat zeven
II	Voorbehandeling
III	Dichtheidscheiding
IV	Flowcharts en criteria TDG-proef
V	Tijdsinspanning en kostenraming van de TDG-proef
VI	Uitvoering en resultaten van TDG-proeven
VII	Brief monsternamen grond- en baggerspeciemonsters t.b.v. TNO- karakteriseringsproject
VIII	Vergelijking van de resultaten TDG-proef met resultaten praktijkschei- dingen

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Bulk-afvalstromen zoals verontreinigde grond en baggerspecie vertonen een grote variatie in samenstelling. Dit komt tot uiting in een grote variatie in de verdeling van de korrelgrootte, van de dichtheid en van de verontreinigingen over de verschillende korrelgroottefracties. Daardoor is het resultaat van NDS per behandelde partij ook sterk verschillend. Alvorens een partij grond of baggerspecie met deze techniek te verwerken, is het daarom noodzakelijk het resultaat zo goed mogelijk te voorspellen. De gebruikelijke analyses op monsters uit de te behandelen partij geven daarvoor te weinig informatie. Vanwege de heterogeniteit van het materiaal zullen een groot aantal monsters moeten worden gekarakteriseerd. Er is dan ook behoefte aan een betaalbare karakteriseringsmethode waarmee het mogelijk is de haalbaarheid van NDS als behandelingstechniek voor een given partij grond of baggerspecie vast te stellen.

In de periode 1995-1997 is door TNO-MEP in samenwerking met Arcadis Heide-
mij Realisatie een eerste karakteriseringsonderzoek uitgevoerd gericht op ver-
ontreinigde grond en baggerspecie [1]. In dit onderzoek zijn bestaande karakterise-
ringsmethoden geïnventariseerd en beoordeeld en zijn bestaande knelpunten be-
schreven. Op basis van de resultaten van deze inventarisatie zijn aanbevelingen
geformuleerd voor het ontwikkelen van een verbeterde karakteriseringsmethode.
Vervolgens is een aanzet voor een karakteriseringsprotocol ontwikkeld en be-
schreven. Om ervaring met de voorgestelde aanpak op te doen is het karakterise-
ringsconcept beproefd op een viertal materialen. De resultaten van het onderzoek
hebben geleid tot conclusies ten aanzien van de geschiktheid van diverse NDS
voor toepassing op de onderzochte materialen. De voorgestelde karakteriserings-
aanpak is echter vaak te duur, te tijdrovend of te gecompliceerd voor de commer-
ciële analyselaboratoria. Er is dan ook geconcludeerd dat er behoefte is aan een
snel en eenvoudig onderzoeksprotocol, dat toch in de meeste gevallen een rele-
vante uitspraak doet over de haalbaarheid van de verwerking met natte deeltjes-
scheidingstechnieken. In [1] is een aanzet voor een dergelijk protocol gemaakt. De
proef, genaamd T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef (TDG-proef), maakt
deel uit van het opgestelde karakteriseringsschema. Een eerste exercitie met de
proef, toegepast op de eerder uitgebreid onderzochte materialen, gaf bemoedigende
resultaten. De conclusies met betrekking tot de toepasbaarheid van NDS kwamen
grotendeels overeen met die uit het uitgebreide onderzoek.

Het onderhavige onderzoek betreft een vervolg op het hierboven beschreven on-
derzoek.

1.2 Doel van het onderzoek

De doelstelling van het onderhavige onderzoek is het beproeven van de TDG-proef met praktijkmonsters, het verifiëren van de betrouwbaarheid van de TDG-proef en het voorgestelde protocol en het onderbouwen, respectievelijk optimaliseren van de gekozen parameters en de bij de uitkomst te hanteren criteria.

1.3 Uitvoering

In fase I van het onderzoek is een werkvoorschrift voor de uitvoering van de TDG-proef opgesteld en is aandacht besteed aan een aantal relevante deelaspecten van de TDG-proef. In de tweede fase is ervaring opgedaan met het opgestelde protocol door een negental grond- en baggerspeciemonsters te karakteriseren middels uitvoering van de TDG-proef. De resultaten van de TDG-proef zijn getoetst aan opgestelde criteria en er is aandacht besteed aan de nauwkeurigheid van de TDG-proef. Het monstermateriaal dat is gebruikt, was afkomstig van partijen grond en baggerspecie die ook zijn ingezet om praktijkscheidingsinstallaties te monitoren. Hierdoor konden de resultaten van de TDG-proef direct worden vergeleken met de resultaten van de praktijkscheidingen.

Hoofdstuk 2 behandelt het werkvoorschrift voor de TDG-proef. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de TDG-proef met praktijkmonsters gepresenteerd en in hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de nauwkeurigheid van de TDG-proef en worden de resultaten van de TDG-proef getoetst aan toepassingscriteria. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de TDG-proef vergeleken met die van de praktijkscheiding en in hoofdstuk 6 tenslotte worden de conclusies samengevat en wordt een aantal aanbevelingen gedaan.

2. Werkvoorschrift TDG-proef

2.1 Inleiding

Ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef is een werkvoorschrift opgesteld. In het werkvoorschrift is onderscheid te maken in de volgende onderdelen:

- monstername;
- zeefkrommebepaling;
- inkeur van het startmateriaal;
- voorbehandeling van het startmateriaal;
- nat zeven;
- dichtheidsscheiding;
- analyse en bestemming van de verkregen fracties;
- tijdsinspanning en kosten van de TDG-proef.

Ter onderbouwing van het werkvoorschrift en van een aantal gemaakte keuzes zijn diverse experimenten uitgevoerd. In dit hoofdstuk worden de verschillende onderdelen van het werkvoorschrift gedetailleerd beschreven inclusief het per deelonderzoek uitgevoerde onderbouwende onderzoek.

Het werkvoorschrift is vervolgens beproefd op een negental praktijkmonsters (zie hst. 3). De integrale uitvoering van de TDG-proef heeft tot een aantal wijzigingen, aanvullingen en verbeteringen geleid van het werkvoorschrift. Deze zijn reeds verwerkt in het hier gepresenteerde werkvoorschrift.

Naast het in dit hoofdstuk beschreven werkvoorschrift, is er ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef door milieulaboratoria, een aangepast werkvoorschrift opgesteld, waarin stapsgewijs de uitvoering van de TDG-proef staat beschreven. Dit werkvoorschrift is gepresenteerd in een apart rapport [10].

2.2 Beschrijving van de TDG-proef

De TDG-proef is de haalbaarheid van natte deeltjesscheiding als behandelings-techniek voor een gegeven partij grond of baggerspecie vast te stellen. De TDG-proef is eenvoudig en snel uit te voeren tegen relatief lage kosten en derhalve een aantrekkelijk alternatief voor meer ingewikkelde, tijdrovende en kostbare karakteriseringsmethoden. De TDG-proef omvat een combinatie van nat zeven en dichtheidsscheiding (zie bijgaand schema). Door middel van nat zeven wordt een tussenfractie verkregen (63-500 µm) die vervolgens op dichtheid wordt gescheiden met behulp van vloeistoffen met een soortelijke massa van 2,9 g/ml en 2,0 g/ml. De verkregen fracties worden geanalyseerd op relevante parameters. Bij de beoordeling van de resultaten worden zowel de (relatieve) hoeveelheden van de verkregen fracties beschouwd, als ook de milieuhygiënische kwaliteit (het gehalte aan verontreinigingen) van de fracties (met name de "zand"fractie).

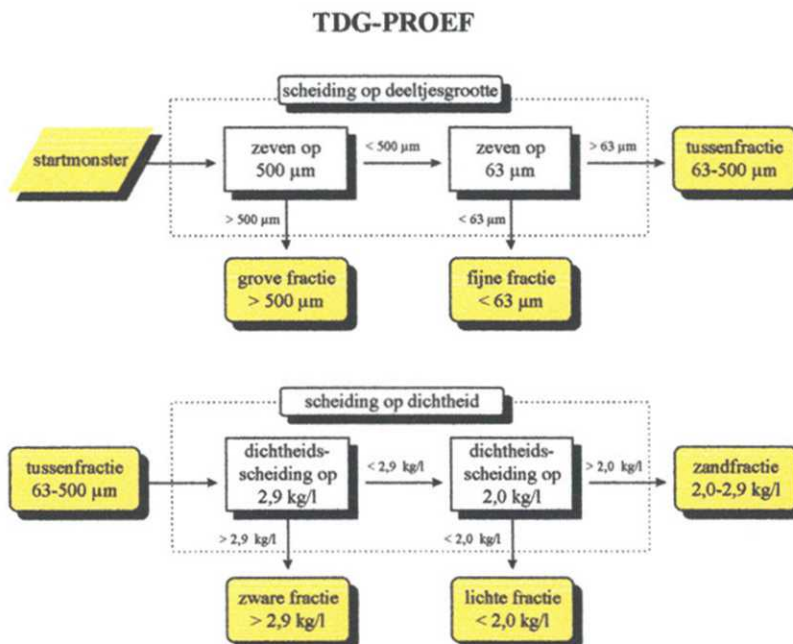
Er is gekozen voor de afscheiding van de korrelgrootte 63-500 μm omdat het overgrote dele van het materiaal in deze fractie zit en de deeltjesscheidingstechnieken die in de praktijk worden toegepast, voornamelijk operationeel zijn in deze korrelgrootterange. Materiaal groter dan 500 μm is wel geschikt voor deeltjesscheidingstechnieken, maar is anderzijds zo heterogeen dat het de eenduidigheid van het proefresultaat in gevaar kan brengen. Bij praktische uitvoering kan en zal op een grotere zeefmaat worden gescheiden. Het effect hiervan is vaak negatief voor de concentratie van het uitgaande zand, maar positief voor de hoeveelheid residu.

De ondergrens van 63 μm is gekozen omdat doorgaans onder de 63 μm de verontreinigingsgraad erg sterk is. Bovendien zijn de meeste deeltjesscheidingstechnieken niet meer effectief in dit gebied. De slibfractie zal evenals de grove fractie per project sterk wisselend massa-aandeel hebben. Van de totale massa < 63 μm komt een gedeelte nog in aanmerking voor nuttige toepassing door in de praktijk met een lager scheidingspunt te werken.

Bij de dichtheidscheiding is gekozen voor een specifieke dichtheid van de vloeistof van 2,9 kg/l, zodat alle materiaal dat iets zwaarder is dan zand zal bezinken. Deze dichtheid is bovendien nog op eenvoudige wijze te behalen in een laboratoriumsituatie. In de praktijk is de scheiding nooit zo efficiënt. Praktijkscheidingstechnieken werken pas goed bij het afscheiden van materiaal dat een soortelijke massa heeft van groter dan 4 kg/l. Deze dichtheid is voor een vloeistof op laboratoriumschaal niet eenvoudig te behalen. Bovendien zal de scheidingsefficiëntie bij een praktijkscheiding slechter zijn dan de efficiëntie die op labschaal wordt verkregen. De proef geeft dus een ideale situatie weer, zowel voor de concentratie van het zand als voor de hoeveelheid zware fractie.

Voor de afscheiding van het lichte materiaal is een dichtheid van 2,0 kg/l gekozen. Deeltjes met een hogere dichtheid blijken in de praktijk slechts uiterst moeilijk uit de bulk te verwijderen, omdat de dichtheid dan te dicht in de buurt van 2,6 kg/l komt. Bovendien zal de scheiding in een praktijk situatie niet zo goed zijn als de op laboratoriumschaal verkregen scheiding. De verkregen resultaten geven dus opnieuw een ideale situatie weer.

In de proef wordt de zeping uitgevoerd voor de dichtheidscheiding. De reden hiervoor is dat dichtheidscheiding, uitgevoerd met deeltjes kleiner dan 63 μm niet zinvol is. Ten eerste is er een praktisch aspect. Deeltjes kleiner dan 63 μm bezinken slechts zeer traag in de stroperige vloeistoffen die bij deze proef worden gebruikt. Ten tweede zijn er voor deeltjes kleiner dan 63 μm geen operationele dichtheidscheidingstechnieken beschikbaar.



Opzet van de T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef

Als resultaat van de proef wordt een uitspraak verkregen omtrent de geschiktheid van DST voor behandeling van de onderzochte grond of baggerspecie. Deze uitspraak kan positief zijn ("DST geschikt"), negatief ("DST niet geschikt") of daar tussenin. In het laatste geval is er een uitgebreider onderzoek nodig om een uitspraak te kunnen doen.

2.3 Monstername

Het monster waarmee de TDG-proef wordt uitgevoerd, moet representatief zijn voor de totale bulk. Immers de voorspellende waarde van de TDG-proef staat of valt met de representativiteit van het uitgangsmateriaal. De monsternamestrategie dient dan ook met zorg te worden gekozen.

Bij de monstername is onderscheid te maken tussen monstername op de vervuilde locatie (bodem of waterbodem) en monstername van partijen verontreinigde grond of baggerspecie.

Niet afgegraven grond/niet gebaggerde specie:

Bij het verzamelen van monstermateriaal op de locatie moet rekening worden gehouden met ruimtelijke variabiliteit. Een gebruikelijke aanpak bij het verzamelen van baggerspecie uit een watergang is het indelen van de watergang in vakken en het verzamelen van meerdere monsters per vak. Van de verzamelde monsters kunnen één of meerdere mengmonsters worden gemaakt, die afzonderlijk worden

gehanteerd. In een locatie-onderzoek is in het algemeen informatie opgenomen over de kartering van de verontreiniging op de locatie.

In het kader van dit protocol wordt de monstername van niet afgegraven grond en niet gebaggerde specie niet verder beschouwd. Aangenomen wordt dat zowel de grond als de baggerspecie als partij beschikbaar is.

Voor nadere informatie over de monsternamestrategie op de locatie wordt verwezen naar het protocol voor nader onderzoek [2].

Afgegraven grond/gebaggerde specie:

Ook bij de monstername van partijen grond of baggerspecie moet rekening worden gehouden met heterogeniteit van het materiaal. Deze kan o.a. een gevolg zijn van de aanwezigheid van grovere verontreinigde delen. Een aanpak kan zijn om deze grovere delen te verwijderen door middel van zeven. De kleinste diameter waarbij goed droog gezeefd kan worden is 10 mm. Daarnaast kan de heterogeniteit van het monstermateriaal voor een deel worden verkleind door het materiaal intensief mengen.

Voor de bemonstering uit partijen materiaal wordt verwezen naar het interim-protocol voor de toetsing van partijen grond [3]). In het interim-protocol voor de toetsing van partijen grond wordt aanbevolen de monstername uit te voeren op basis van NEN 7300 en NVN 7302. In NVN 7302 worden aanwijzingen gegeven over de wijze van monstername, de monstergrootte en de greepgrootte. Er wordt uitgegaan van een probabilistische monstername, dat wil zeggen dat alle deeltjes een gelijke kans moeten hebben om in het monster terecht te komen.

Monstergrootte:

Conform NVN 7302 en uitgaande van een variantiecoëfficiënt van de fundamentele fout van 0,1 en onder de aanname dat 95% van de deeltjes kleiner is dan 10 mm, resulteert in een monstergrootte van 5-10 kg en een greepgrootte van circa 100 gram (50 grepen).

Een dergelijke hoeveelheid is ruim voldoende voor de uitvoering van meerdere TDG-proeven en is nog relatief eenvoudig te transporteren.

Ter illustratie worden hier een voorbeelden gegeven van een verantwoorde aanpak voor de bemonstering van een partij grond en een partij baggerspecie:

Voorbeeld bemonstering van grond:

- een representatieve hoeveelheid van ca. 100 kg afscheiden van de totale partij (nemen van 50 willekeurig gekozen steken à 2 kg)
- de bemonsterde hoeveelheid droog zeven op 10 mm en afscheiden van de fractie > 10 mm; aandeel grove fractie bepalen
- de fractie < 10 mm intensief mengen in een cementmolen 1)
- tijdens het mengen circa 10 kg droge stof aan materiaal verzamelen (50 steken à 200 gram)

- 1) afhankelijk van type grond en droge-stofgehalte bestaat de kans dat de grond gaat "samenballen", dit is te verhelpen door het toevoegen van water

Voorbeeld bemonstering van baggerspecie:

- een representatieve hoeveelheid van ca. 500 liter materiaal afscheiden van de totale partij (50 steekmonsters)
- het droge stofgehalte van de slurry op circa 20% brengen
- de slurry nat zeven op 2 mm en de grove fractie afscheiden; aandeel grove fractie bepalen
- de fractie < 2 mm intensief roeren in een vat (voorkom hierbij dat een vortex in het mengvat ontstaat)
- tijdens het roeren circa 50 monsters van 1 liter verzamelen (verdeeld over het volume)

2.4 Bepaling van de zeefkromme en het verontreinigingsgehalte van het verzamelmonster

Voorafgaand aan het nat zeven van het startmateriaal van de TDG-proef wordt van het verzamelmonster een zeefkromme bepaald en wordt het gehalte aan relevante verontreinigingen vastgesteld. Doel hiervan is om na te gaan of het verontreinigingsniveau en de korrelverdeling van het verzamelde monstermateriaal overeenkomt met de verwachtingen gebaseerd op eerder verkregen informatie. Het meten van de korrelverdeling heeft daarnaast als doel te bepalen hoeveel materiaal ingezet moet worden voor de TDG-proef en welke normzeven daarbij moeten worden gebruikt. Bij voorkeur wordt de zeefkromme bepaald met de natte zeefmethode. Alternatieve methoden zijn de laserdiffractiemethode, de sedigraaf en de pipetmethode. Een belangrijk voordeel van de natte zeefmethode is dat de korrelverdeling van het totale monster kan worden verkregen. Bovendien wordt het nat zeven ook gebruikt bij de uitvoering van de TDG-proef. Voor de meeste andere methoden geldt bovendien dat deze alleen geschikt zijn voor de bepaling van de korrelverdeling van de minerale fracties. De organische stof dient vooraf te worden verwijderd.

Voor de monsternamen ten behoeve van de zeefkrommebepaling en de chemische analyse geldt dat deze overeen moet komen met de aanbevelingen uit [2] en [3]. Voor de voorbehandeling en opwerking van analysemonsters wordt verwezen naar de NVN voorschriften 7312 en 7313, waarin wordt ingegaan op de monstervoorbehandeling voor de bepaling van resp. metalen en organische verbindingen.

In bijlage I is een werkvoorschrift opgenomen voor de uitvoering van een deeltjes-groottebepaling door middel van de natte zeefmethode. In bijlage I wordt ook ingegaan op de nauwkeurigheid van deze methode.

De zeefkrommebepaling wordt bij voorkeur in duplo uitgevoerd met een hoeveelheid droge stof van circa 100 gram. In een aantal gevallen geeft een uitvoering in

enkelvoud onvoldoende informatie over de betrouwbaarheid van de natte zeefmethode (zie ook bijlage II). Bij bepaling van de zeefkromme wordt gebruik gemaakt van ten minste de volgende normzeven: 38 μm , 63 μm , 125 μm , 250 μm en 500 μm . In principe is vooraf de grove fractie (> 2 of 4 mm) uit de startmonsters verwijderd. Uit voorzorg (ter bescherming van de kleinere zeven) is het aan te bevelen om bij de zeefkrommebepaling ook de 2 mm normzeef te gebruiken. Bij de uitvoering van de TDG-proef wordt de zeeffractie > 2 mm vooraf door zeping verwijderd.

Bij de opzet van de TDG-proef is gekozen voor het afscheiden van de fractie 63-500 μm , omdat operationele deeltjesscheidingstechnieken met name werkzaam zijn op deeltjes groter dan 63 μm , deeltjes groter dan 500 μm vaak heterogeen zijn en de grootste hoeveelheid van het materiaal zich doorgaans bevindt in deze zeeffractie.

Als uit de zeefkrommebepaling blijkt dat minder dan 50% van de totale drogestofmassa in de fractie 38-500 μm komt, is het materiaal ongeschikt voor verwerking met deeltjesscheidingstechnieken en kan de uitvoering van de dichtheidscheiding achterwege blijven (zie par. 2.9).

2.5 Voorbehandeling van het startmonster

Uit diverse onderzoeken blijkt dat voor sommige grond- en baggerspecies een specifieke voorbehandeling (bijvoorbeeld ultrageluid of attritiescrubben) het resultaat van de natte zeping beïnvloedt. Een verklaring hiervoor is dat door de voorbehandeling samengeklonterde deeltjes c.q. agglomeraten los van elkaar raken (deglomereren).

Ook voor de uitvoering van de TDG-proef is het van belang om na te gaan of het materiaal al dan niet een voorbehandeling zal moeten ondergaan. Om inzicht te krijgen in het effect van een voorbehandeling op de korrelverdeling, zijn verschillende experimenten met baggerspecies uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage II. Uit bijlage II blijkt dat voor één van de vier onderzochte baggerspecies een effect van een ultrasone voorbehandeling is geconstateerd. Dit betrof een baggerspecie met veel fijne deeltjes en een hoog organisch stofgehalte.

Op basis van de tot nog toe uitgevoerde proeven kan worden gesteld, dat bij de meeste zandrijke species een voorbehandeling in de vorm van attritiescrubben of intensief rondpompen geen effect heeft op de korrelverdeling. Voor minder zandrijke species met een relatief hoog organisch-stofgehalte (venige species) moet men bedacht zijn op de aanwezigheid van agglomeraten en is een voorbehandeling aan te bevelen. Een bijkomend voordeel van een behandeling in een attritiescrubber is het scrubeffect, d.w.z. dat verontreinigingen die in de vorm van een coating op (zand)deeltjes aanwezig zijn, verwijderd worden.

2.6 Nat zeven van het startmonster

Van een voldoende hoeveelheid monstermateriaal (zie onderstaande toelichting) wordt voorafgaand aan het zeven het nat en droog gewicht bepaald. Daarna wordt het monstermateriaal met een natte zeef gezeefd op 500 μm . Na zeping wordt het nat en droog gewicht van het materiaal op de 500 μm zeef bepaald. Vervolgens worden van deze fractie (mits voldoende groot in omvang) de verontreinigingsgehalten bepaald conform de betreffende monstervoorbehandelings- en analysevoorschriften.

Als standaard zeefmaten worden 500 μm en 63 μm gehanteerd. Op basis van de gemeten zeefkromme kan echter worden besloten om de 38 μm normzeef toe te voegen, bijvoorbeeld voor materialen waarvan meer dan 20% van de drogestofmassa zich bevindt in de fractie 38-63 μm . In dat geval wordt ook de fractie 38-63 μm ingezet bij de dichtheidscheiding.

De doorval van de 500 μm zeef wordt nat gezeefd op 63 μm . De doorval van de 63 μm zeef wordt opgevangen en na afloop gefiltreerd. Ook van deze fractie wordt het nat en droog gewicht bepaald en het gehalte aan verontreinigingen. De fractie 63-500 μm wordt verzameld voor de uitvoering van de dichtheidscheiding. Voorafgaand aan de dichtheidscheiding wordt ook de fractie 63-500 μm geanalyseerd op relevante verontreinigingen. Op basis van het verontreinigingsniveau van deze fractie kan worden beslist de proef wel of niet voort te zetten. Daarnaast kan uit de analyse worden opgemaakt of metalen wel of niet als probleemverontreiniging moeten worden beschouwd. Zo niet, dan kan de dichtheidscheiding bij een dichtheid van 2,9 g/ml achterwege blijven.

Toelichting:

Uit de resultaten van de zeefkrommebepaling kan worden afgeleid hoeveel startmateriaal moet worden ingezet om de gewenste hoeveelheid drogestofmassa van circa 100 gram van de fractie 63-500 μm te verkrijgen. Met circa 100 gram materiaal kan de dichtheidscheiding op een schaalgrootte van circa 500 ml worden uitgevoerd. Een dergelijke schaalgrootte lijkt met het oog op de gewenste representativiteit van het monster en de nauwkeurigheid van de proef acceptabel. Een grotere hoeveelheid leidt tot te hoge kosten gemoeid met het zoutverbruik (zie par. 2.7). Ook is deze hoeveelheid voldoende groot voor de uitvoering van de vereiste analyses op de na de dichtheidscheiding resterende “zandfractie”.

In een aantal gevallen zal bij zeping conform deze vuistregel onvoldoende materiaal in de grove fractie ($> 500 \mu\text{m}$) en/of de fijne fractie ($< 63 \mu\text{m}$) terecht komen om deze fracties te kunnen analyseren.

Wanneer de grove en/of fijne fractie te weinig materiaal bevat voor een volledige analyse kan extra startmateriaal worden gezeefd op 500 μm en/of 63 μm tot voldoende materiaal is verkregen voor de analyses. Het eventueel extra verkregen

materiaal van de fractie 63-500 μm wordt niet ingezet voor de dichtheidscheidingsproef, omdat voor deze proef al voldoende materiaal is verzameld (ca. 100 gram) en de introductie van een extra monsternametestap niet wenselijk is.

2.7 Dichtheidscheiding

Alvorens in detail wordt ingegaan op de dichtheidscheidingsstap wordt eerst een samenvattende beschrijving gegeven van de dichtheidscheiding.

De dichtheidscheiding wordt uitgevoerd in een zware vloeistof en heeft tot doel om de zandfractie te ontdoen van lichte (dichtheid $< 2,6 \text{ g/ml}$) en zware (dichtheid $> 2,6 \text{ g/ml}$) bestanddelen. Hiertoe wordt de zandfractie achtereenvolgens in een vloeistof met een dichtheid van 2,9 en 2,0 g/ml gebracht. Voor het aanmaken van de zware vloeistof wordt natriumpolywolframaat gebruikt. Bijlage III geeft nadere informatie over dit zout.

Na het aanmaken van de vloeistof met een dichtheid van 2,9 g/ml wordt de fractie 63-500 μm hierin gebracht. Na een aantal keren roeren kan de dichtheidscheiding plaatsvinden. Nadat een goede zichtbare scheiding tussen drijf- en zinklaag is ontstaan (heldere vloeistofkolom tussen de drijf- en zinklaag) worden de drijf- en zinklaag verzameld en gewassen. De zinklaag wordt gedroogd en gewogen om vervolgens te worden geanalyseerd (de "zware" fractie 63-500 μm). De verzamelde drijfslag wordt na filtratie in een vloeistof met een dichtheid van 2,0 g/ml gebracht. Na scheiding van de drijf- en zinklaag en wassen/filtreren worden de drijf- en zinklaag geanalyseerd op droge-stofgehalte, organisch-stofgehalte en relevante verontreinigingen.

Door eerst een scheiding bij een dichtheid van 2,9 g/ml uit te voeren kan de zoutoplossing na deze scheiding gebruikt worden om de vloeistof met een dichtheid van 2,0 g/ml aan te maken.

Voor materialen die alleen verontreinigd zijn met organische verontreinigingen en geen metalen bevatten kan de scheiding bij een dichtheid van 2,9 g/ml achterwege blijven.

2.7.1 Benodigde hoeveelheid droge stof

Voor de uitvoering van de dichtheidscheidingsproeven is ca. 100 gram droge stof benodigd (zie ook par. 2.5).

In de meeste gevallen komt er weinig droge stof in de lichte fractie ($< 2,0 \text{ g/ml}$) en de zware fractie ($> 2,9 \text{ g/ml}$) terecht. Deze hoeveelheid zal in de meeste gevallen niet voldoende zijn voor de uitvoering van een volledige analyse. Met name voor de analyse op organische verbindingen zal er vaak te weinig droge stof aanwezig zijn. Als de hoeveelheid droge stof in een drijf- of zinklaag te klein is voor een nauwkeurige analyse (op droge stof en/of op verontreinigingen) wordt dit materiaal niet geanalyseerd, maar wordt de hoeveelheid droge stof en het gehalte aan verontreinigingen berekend uit de massabalans. Hiertoe dient de zeeffractie

63-500 μm en de dichtheidsfractie $< 2,9 \text{ g/ml}$ (drijfslag bij dichtheidscheiding op $2,9 \text{ g/ml}$) extra te worden geanalyseerd op verontreinigingen. Een alternatief is het toevoegen van de afgescheiden zware en lichte fractie aan de fijne fractie. Van dit mengsel wordt vervolgens de droge-stofhoeveelheid en het gehalte aan verontreinigingen bepaald. In de praktijk worden de residustromen ook vaak opgemengd en als een stroom afgevoerd.

Bijlage III gaat nader in op de nauwkeurigheid van de dichtheidscheiding.

2.7.2 Samenstelling en hoeveelheid

Met natriumpolywolframaat kan een vloeistof met een dichtheid tot ca. 3.1 g/ml worden aangemaakt. Om de hoeveelheid benodigd zout zoveel mogelijk te beperken, is het met name bij de dichtheidscheiding van $2,9 \text{ g/ml}$ gewenst dat het te scheiden materiaal zo droog mogelijk is, omdat het aanwezige water in deze fractie zorgt voor een verdunningseffect. Door het laten uitlekken van de fractie 63-500 μm op een $63 \mu\text{m}$ zeef is een droge-stofgehalte van 70-80% haalbaar.

Op basis van de gegevens van de te scheiden fractie, de gewenste dichtheid en het eindvolume van de dichtheidscheiding kan worden berekend hoeveel ml zoutoplossing met een bepaalde dichtheid moet worden ingezet voor de dichtheidscheiding. Hierbij moet worden gecorrigeerd voor de verdunning die optreedt ten gevolge van het water uit de te scheiden fractie.

Er zijn goede resultaten bereikt bij uitvoering van de dichtheidscheidingproef in een maatcilinder met een totaal volume van circa 500 ml met circa 100 gram nat materiaal (circa 75 gram droge stof). Bij de inzet van ca. 75 gram droge stof (100 gram nat gewicht) is bij een einddichtheid van $2,9 \text{ g/ml}$ en een totaal volume van 500 ml, circa 450 ml zoutoplossing met een dichtheid van 3.0 g/ml benodigd (zoutverbruik circa 1150 gram). Bij de daarop volgende dichtheidscheiding bij 2.0 g/ml kan de zoutoplossing van 2.9 g/ml opnieuw worden gebruikt, zodat het totaal zoutverbruik per TDG-proef circa 1150 gram bedraagt.

2.7.3 Scheiding drijf- en zinklagen

Voor de uitvoering van de dichtheidscheiding wordt gebruik gemaakt van beker-glazen met schaalverdeling met een volume van 250, 500 of 1000 ml. Desgewenst kunnen meerdere beker-glazen worden ingezet.

De drijfslag kan worden afgescheiden door afzuiging onder vacuüm. Dit is een relatief eenvoudige methode waarmee goede resultaten zijn te bereiken. Behalve deze methode zijn andere methoden denkbaar. In bijlage III wordt nader ingegaan op de diverse mogelijkheden voor de scheiding van de drijf- en zinkslag.

Om restanten van de zoutoplossing te verwijderen worden de afgescheiden drijf- en zinklaag minimaal 3 keer intensief nagespoeld met gedemineraliseerd water. Het naspoelen kan plaatsvinden op een 20 µm normzeef. Desgewenst kan als alternatief ook gebruik worden gemaakt van papierfiltratie.

Bij de scheiding van grond of baggerspecie die is verontreinigd met organische componenten (olie en PAK) dient het glaswerk intensief te worden gereinigd/gespoeld (in verband met mogelijke adsorptie van verontreinigingen aan het glasoppervlak).

2.7.4 Regenereren van de zoutoplossing

Natriumpolywolframaat heeft ten opzichte van andere zouten belangrijke voordelen (hoge dichtheid, niet toxisch, eenvoudig aan te maken met water en organische verontreinigingen lossen niet op in de vloeistof). Een nadeel van deze zoutoplossing is de hoge kostprijs, circa 300 gulden per kilogram. Een ander nadeel van het zout is de relatief lage pH bij hogere dichtheid (pH 3-4 bij dichtheid 2,8 kg/l). Een lage pH bevordert de uitloging van zware metalen.

Uit bijlage III blijkt dat er inderdaad sprake is van uitloging van zowel zware metalen als organische verbindingen zoals PAK en olie. Het percentage van de verontreinigingen dat uitloogt, is relatief gering (< 5%). In verband met de overgang van verontreinigingen van de vaste fase naar de zoutoplossing is het hergebruik van de zoutoplossing voor karakterisering van nieuwe monsters alleen aan te bevelen na regeneratie van de zoutoplossing. Positieve ervaringen zijn opgedaan met de combinatie actief kool en ionenwisselaar. Na regeneratie dient de kwaliteit van de zoutoplossing te worden vastgesteld.

Bij uitvoering van de opwerking op grote schaal (> ca. 10 liter zoutoplossing) wegen de besparingen op tegen de kosten gemoeid met het opwerken van de zoutoplossing. Bijlage III gaat nader in op de kosten en baten van het regenereren van de zoutoplossing.

2.8 Analyse en bestemming van zandfractie en restfracties

Het beoogde doel van de verwerking met deeltjesscheidingstechnieken is dat minimaal de zandfractie wordt hergebruikt of nuttig toegepast. Aan de concentratie van het zand is te zien welk reinigingsresultaat haalbaar is. Het verwijderingsrendement van aanvullende technieken zoals flotatie of magnetische scheiding moet dan nog in rekening worden gebracht. Typische rendementen voor flotatie van zware metalen bij dit soort toepassingen liggen tussen de 50 en 90%, als de verontreiniging als deeltje voorkomt. Voor organische verontreinigingen liggen de rendementen hoger, 70 tot 99%. Rendementen van magnetische scheiding liggen een stuk lager. Voor zware metalen tussen de 0 en 50%.

In principe kunnen alle vrijkomende fracties van de TDG-proef geanalyseerd op relevante verontreinigingen. Omdat bij het bepalen van de bestemming van de zandfractie niet alleen samenstellingseisen maar ook uitloogeisen worden gesteld, kan van de zandfractie ook het uitlooggedrag (van anorganische verbindingen) bepaald worden, conform NEN-norm 7340 (kolomproef). Ook voor het uitlooggedrag geldt dat dit verbeterd kan worden door toepassing van aanvullende technieken. Toetsingskader voor het hergebruik en nuttige toepassing van materialen is het Bouwstoffenbesluit, dat in november 1995 is gepubliceerd [5]. Fase 1 van het besluit (verwijderingsplicht) is in juli 1996 van kracht geworden. Fase 2 van het besluit, oftewel het gehele besluit, wordt in 1998 van kracht. Tot de invoering van (fase 2 van) het Bouwstoffenbesluit wordt verwezen naar het IPO-interimbeleid ("Werken met secundaire grondstoffen"; Interprovinciaalbeleid voor de milieuhygiënisch verantwoorde toepassing van secundaire grondstoffen in werken, IPO-publicatienr. 75, december 1994)[6]. Hierin wordt zoveel mogelijk aangesloten op de invulling van het Bouwstoffenbesluit.

Opmerking:

Voor de uitvoering van een kolomproef is ca. 1 kg droge stof benodigd. De hoeveelheid droge stof die in de zandfractie van de TDG-proef terecht komt is echter veel lager, in de orde van grootte van 40-95 gram. Om een eerste indruk van het uitlooggedrag te verkrijgen, kan worden volstaan met een kleinere hoeveelheid monster. De grootte van de kolom zal dan wel moeten worden aangepast op deze kleinere hoeveelheid droge stof.

De restfracties zullen in de meeste gevallen worden gestort. Met behulp van het beslisschema uit de Grenswaardennotitie, storten gevaarlijk afval, mei 1993 [7], kan nagegaan worden op welke wijze de verwijdering kan plaatsvinden. Zo kan onder andere bepaald worden of het al dan niet gevaarlijk afval betreft (toetsing aan het Besluit Aanwijzing Gevaarlijk Afval (BAGA)). Niet-gevaarlijk afval kan op een "gewone" IBC-stortplaats worden gestort. Voor gevaarlijk afval kan op basis van uitloogwaarden worden bepaald op welke wijze dit materiaal gestort dient te worden (C2, C3, C4).

2.9 Verwerking en interpretatie van de resultaten

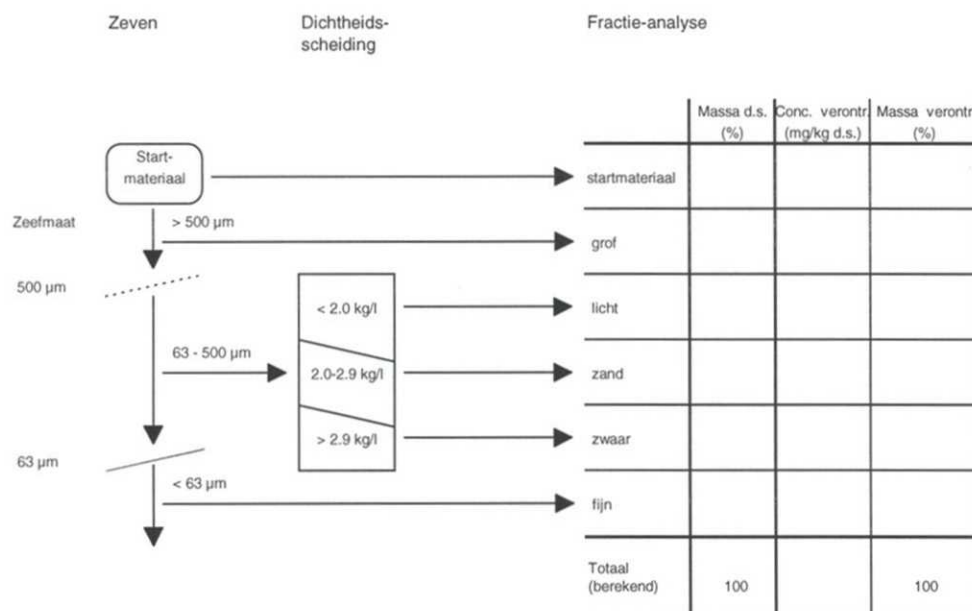
Voor de presentatie van de resultaten van de TDG-proef wordt gebruik gemaakt van een standaard lay-out (zie onderstaande tabel). In deze tabel worden de volgende resultaten opgenomen:

- massaverdeling van droge-stof over de diverse fracties
- verontreinigingsconcentraties van het startmateriaal en van de diverse fracties
- massaverdeling van relevante verontreinigingen over de diverse fracties

De massabalans van de verontreinigingen kan worden gecontroleerd door de berekende concentratie in het startmateriaal te vergelijken met de gemeten waarde. In principe mag het verschil tussen de berekende waarde en de gemeten waarde niet

groot zijn. Als het verschil meer dan een factor 1.5 bedraagt moeten de belangrijkste analyses worden herhaald. Als uit de heranalyses geen ander beeld ontstaat, moet de proef geheel of gedeeltelijk worden herhaald.

T-2000 geschiktheidsproef



Als resultaat van de TDG-proef wordt een uitspraak verkregen omtrent de geschiktheid van deeltjesscheidingstechnieken. Deze uitspraak kan positief zijn ("DST geschikt"), negatief ("DST niet geschikt") of daar tussenin. In het laatste geval is er een uitgebreider onderzoek nodig om een uitspraak te kunnen doen.

Als hulpmiddel bij de uitvoering en ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef kunnen stroomschema's worden opgesteld met bijbehorende criteria. De criteria omvatten o.a. massa-, concentratie- en uitloogcriteria, waaraan moet worden voldaan om geschikt te zijn voor een verwerking met DST. Deze stroomschema's maken inzichtelijk welke onderdelen van de TDG-proef moeten worden uitgevoerd, wanneer de proef kan worden beëindigd en wat de uitkomst is van de proef (materiaal geschikt, niet geschikt of aanvullende informatie nodig). Een voorstel voor de stroomschema's en de criteria is opgenomen in bijlage IV.

2.10 Tijdsinspanning en kostenraming van de TDG-proef

Op basis van de eerste bevindingen met de TDG-proef is een schatting gemaakt van de tijdsinspanning en de kosten gemoeid met de uitvoering van de proef. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage V.

Uit bijlage V blijkt dat met de uitvoering van het scheidingsdeel van de TDG-proef circa 12,5 arbeidsuren gemoeid zijn. De TDG-proef kan dus binnen een tijdsbestek van 2 dagen worden uitgevoerd.

De kosten gemoeid met de uitvoering van het scheidingsdeel van een standaard TDG-proef liggen in de orde van grootte van 2.100 gulden. De kosten van de TDG-proef zijn afhankelijk van de uitgebreidheid van de proef. Zo kan in een aantal gevallen de bepaling van de korrelverdeling achterwege blijven. Ook kan in plaats van vers zout gebruik worden gemaakt van geregenereerd zout. Zonder uitvoering van een zeefkrommebepaling en met gebruikmaking van geregenereerd zout bedragen de kosten van een TDG-proef circa 1455 gulden.

3. Beproeving op praktijkmonsters

3.1 Selectie praktijkmonsters

Om het nut van toepassing van de TDG-proef in de praktijk na te gaan is de TDG-proef uitgevoerd met praktijkmonsters die bij vijf T-2000 projecten zijn gebruikt. In deze projecten zijn praktijkscheidingsinstallaties gemonitord, met als doel beter inzicht te krijgen in de procesvoering van de installaties. Van het totale aanbod van 15 praktijkmonsters zijn in totaal negen partijen geselecteerd voor uitvoering van de TDG-proef. De selectie vond plaats op basis van herkomst van het materiaal, gehalte en type verontreinigingen en termijn waarop materiaal beschikbaar was. Tabel VI.1 van bijlage VI geeft gedetailleerde informatie van de negen praktijkpartijen. Tabel 3.1. geeft een overzicht van de geselecteerde partijen.

Tabel 3.1 Geselecteerde partijen

Partij	Baggerspecie of grond	Scheidingsinstallatie	Belangrijkste verontreinigingen
Heidemij partij 1	baggerspecie	Heidemij	metalen (Cu, Zn, Pb, As en Cd)
Heidemij partij 2	grond	Heidemij	olie, PAK en metalen (Cu, Zn en Pb)
Spaarne klasse 2	baggerspecie	De Vries & van de Wiel	olie en metalen (Cu en Zn)
Spaarne klasse 3/4	baggerspecie	De Vries & van de Wiel	olie, PAK en metalen (Cu en Zn)
Linmij	grond	HWZ	olie, PAK en metalen (Cu, Zn en Pb)
Duivendrechtse kade	grond	HWZ	metalen (Cu, Zn en Pb)
Enschede	grond	Theo Pouw	olie, PAK en metalen (Cu en Zn)
Zeddam	grond	Theo Pouw	Cyanide, metalen (Ni en Zn)
Balk	baggerspecie	BRP/Grontmij	olie, PAK en metalen (Cu, Zn en Pb)

3.2 Monstername

Uit de verschillende partijen zijn monsters verzameld van het ingangsmateriaal van de te monitoren installaties. De monstername is uitgevoerd door de exploitanten van de scheidingsinstallaties. Ten behoeve van de monstername heeft TNO deze bedrijven schriftelijk geïnstrueerd over te volgen bemonsteringsmethode. Een kopie van deze brief is opgenomen in bijlage VII. Voor baggerspecie en grond zijn aparte bemonsteringsvoorschriften opgesteld. De bemonsteringsmethode is erop gebaseerd zo representatief mogelijke monsters te verkrijgen. De aanpak komt neer op het verzamelen van ca. 100 kg mengmonster dat is opgebouwd uit een voldoende aantal steekmonsters. Voorafgaand aan de monstername dient het materiaal zo homogeen mogelijk te zijn. Daartoe wordt heterogeen materiaal gehomogeniseerd, bijvoorbeeld door verwijdering van grove delen en intensief mengen.

In tabel VI.1 van bijlage VI is aangegeven op welke wijze de bemonstering is uitgevoerd. De uitvoeringswijze van de monstername verschilde weliswaar per bedrijf maar de bedrijven hebben allemaal voldoende zorg besteed aan het verkrijgen van representatief monstermateriaal. Alle bedrijven hebben de door hun toegepaste

methode van monsternamen teruggekoppeld naar TNO en tevens relevante gegevens ter beschikking gesteld, zoals herkomst van de grond of baggerspecie, zeefkromme en verontreinigingsgehaltenes.

3.3 Zeefkrommebepalingen

De zeefkrommes zijn in duplo bepaald met behulp van de natte zeefmethode. De resultaten van de zeefkrommebepalingen en informatie over de monsternamen en waarnemingen bij het zeven zijn opgenomen in bijlage VI. In tabel 3.2 zijn de resultaten van de in duplo uitgevoerde zeefkrommebepalingen samengevat.

Tabel 3.2 Samengevatte resultaten zeefkrommebepalingen

	Massaverdeling in % ¹⁾								
	Partij								
	Heidemij partij 1	Heidemij partij 2	Spaarne 2	Spaarne 3/4	Linmij	Duivendrechtse kade	Enschede	Zeddam	Balk
Organisch-stof (%)	3,5	5,7	11,2	5,1	5,2	2,1	4,0	0,4	4,2
Zeeffractie:									
> 500 µm	17	17	2	2,5	8	14	15	20	3,5
63-500 µm	59,5	60	61	77,5	76	75	73	69	75,5
< 63 µm	23,5	23	37	20	16	11	12	11	21
38-63 µm	3,5	4	6	3	2	1,5	4	5,5	6
< 38 µm	20	19	31	17	14	9,5	8	5,5	15

1) gemiddelde van twee metingen

Alle monsters zijn, vanwege het zanderige karakter, goed te zeven. Dit blijkt ook uit de duplobepalingen en het geringe massaverlies. Tussen de resultaten van de duplometingen zit weinig verschil. De afwijking in de massabalans varieerde van 0,3 tot 5,0%. Uit de zeefkrommes blijkt verder dat alle negen de partijen voldoende droge stofmateriaal bevatten in de zeeffractie 63-500 µm (> 50%). Met de korrelverdeling als criterium zijn alle negen partijen derhalve geschikt voor een verwerking met deeltjesscheidingstechnieken. De fijne fractie (< 63 µm) bevat 11-23,5 % droge stof, met uitzondering van Spaarne klasse 2. De fijne fractie van Spaarne 2 bevat 37% droge stof. Van de fijne fractie (< 63 µm) zijn de meeste deeltjes aanwezig in de fractie < 38 µm. De tussenfractie 38-63 µm bevat 2-6% van de droge stof. Het heeft derhalve geen zin om ook de fractie 38-63 µm te onderwerpen aan een dichtheidscheiding.

3.4 Nat zeven en dichtheidscheiding

Van alle negen partijen is een zodanige hoeveelheid monstermateriaal gezeefd op 500 en 63 µm dat een voldoende hoeveelheid van de tussenfractie 63-500 µm wordt verkregen (circa 100 gram). De grove (> 500 µm) en fijne fractie (< 63 µm) is nat en droog gewogen en geanalyseerd op kritische componenten. Van de tus-

senfractie (63-500 μm) is na weging een deelmonster geanalyseerd op kritische componenten. Het restant is ingezet voor de dichtheidscheiding.

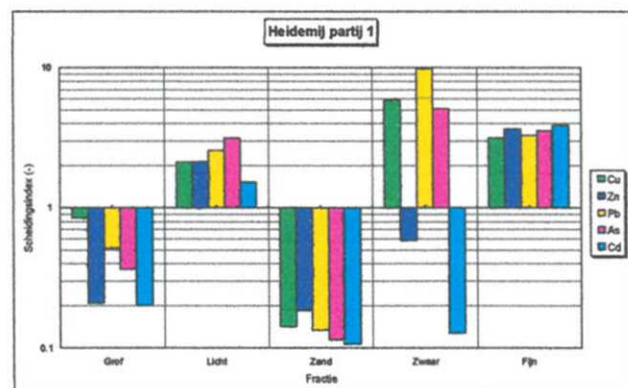
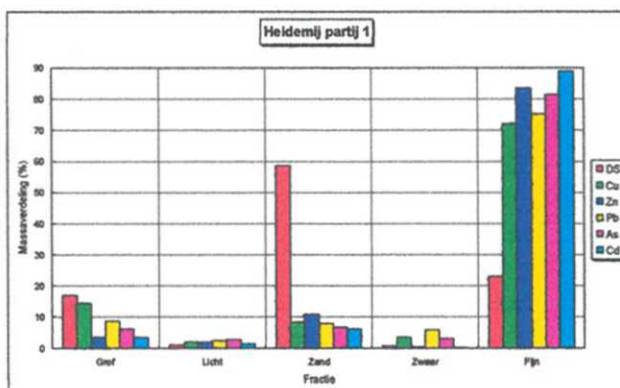
Voor alle partijen was de hoeveelheid droge stof in de lichte en zware fracties te gering om deze fracties te laten analyseren op verontreinigingsgehalten. Van deze fracties is alleen de droge-stofhoeveelheid bepaald (droge stofhoeveelheid 0,1 tot 3,4 %). De verontreinigingsgehalten van deze fracties zijn berekend uit de massabalans. Hiertoe is naast de zeeffractie 63-500 μm ook de tussenfractie < 2,9 g/ml (drijfslag bij dichtheidscheiding op 2,9 g/ml) geanalyseerd op verontreinigingen.

De massaverdeling na dichtheidscheiding en de afwijking in de massabalans staan vermeld in bijlage VI. Hieruit blijkt dat de nauwkeurigheid van de dichtheidscheiding voldoende hoog is (maximale afwijking in massabalans is 3,9 %).

3.5 Overall-resultaten

De overall-resultaten van de negen uitgevoerde TDG-proeven staan vermeld in de tabellen VI.5 t/m VI.17 van bijlage VI. Onderstaand worden per partij de resultaten kort toegelicht. Van iedere proef zijn de resultaten van de TDG-proeven weergegeven in twee grafieken. In de linker grafiek is de massaverdeling van de droge stof en van de verontreinigingen over de verschillende fracties te zien en in de rechter zijn de scheidingsindices gegeven. De scheidingsindex (die is gedefinieerd als het percentage verontreiniging in een fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie) geeft per fractie en per verontreinigende stof aan in hoeverre er sprake is van concentrering van de betreffende verontreinigende stof. Een scheidingsindex < 1 betekent dat er sprake is van een verarming en een scheidingsindex > 1 betekent dat er sprake is van een concentrering.

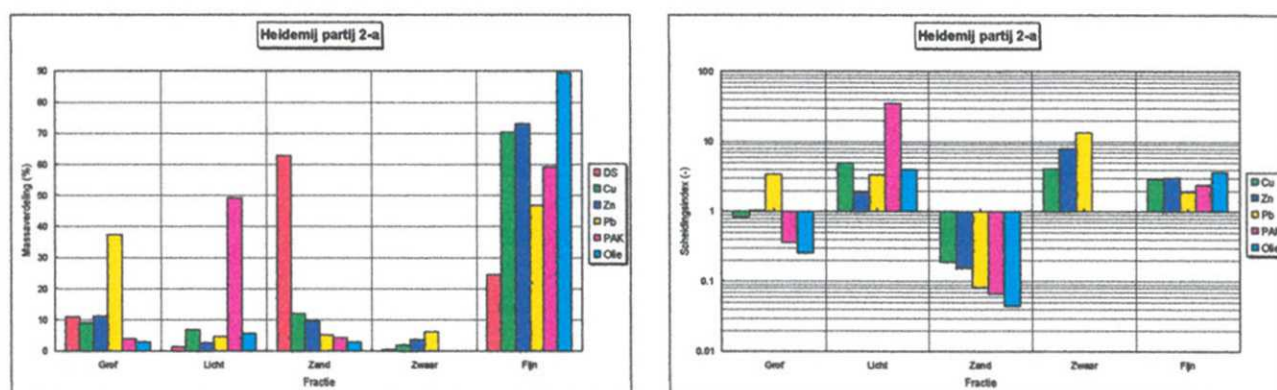
Heidemij partij 1



De resterende zandfractie van de baggerspecie uit Heidemij partij 1 bevat circa 60% van de droge stof en nog 6-11% van de zware metalen. De metalen zijn geconcentreerd in de fijne fractie (scheidingsindex 3,1 tot 3,9). Uit de korrelverdeling blijkt dat de fijne fractie met name deeltjes bevat die kleiner zijn dan 38 μm .

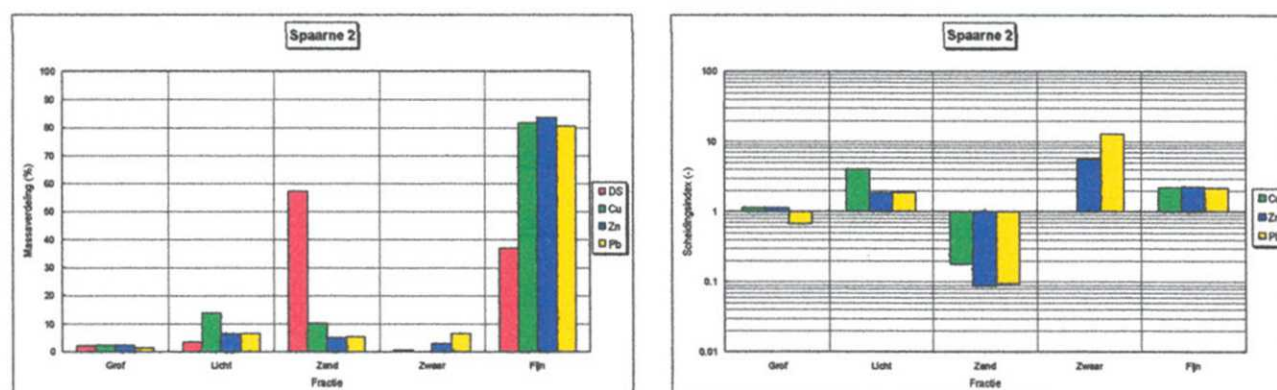
(van de 23% in de fractie $< 63 \mu\text{m}$ is 20% $< 38 \mu\text{m}$). Een verdere verwerking van de fijne fractie m.b.v. deeltjesscheidingstechnieken is derhalve moeilijk. Uit tabel VI.5 van bijlage VI blijkt dat de zeefstap de grootste relatieve afname van de zware metaalgehalten tot gevolg heeft (gemiddelde afname bijna 80%). Na de dichtheidscheiding zijn de gehalten verder afgenomen met gemiddeld 30%.

Heidemij partij 2



Deze partij grond is verontreinigd met zware metalen (Cu, Zn en Pb) en met olie en PAK. De verontreinigingen zijn geconcentreerd in de fijne fractie (aandeel verontreinigingen varieert van 50-90%, terwijl in deze fractie 25% van de droge stof aanwezig is (scheidingsindex 2 à 3). De verontreinigingsgehalten in de zandfractie zijn laag te noemen. In deze fractie (met een massa-aandeel van 63%) is slechts 3 tot 12 % van de hoeveelheid verontreinigingen aanwezig. Zowel de zeefstap als de dichtheidscheiding leidt tot een verlaging van de concentraties. Gemiddeld heeft de zeefstap het grootste effect (zie tabel VI.6 van bijlage VI).

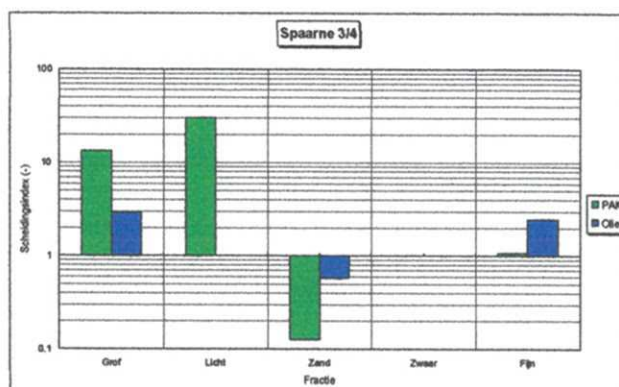
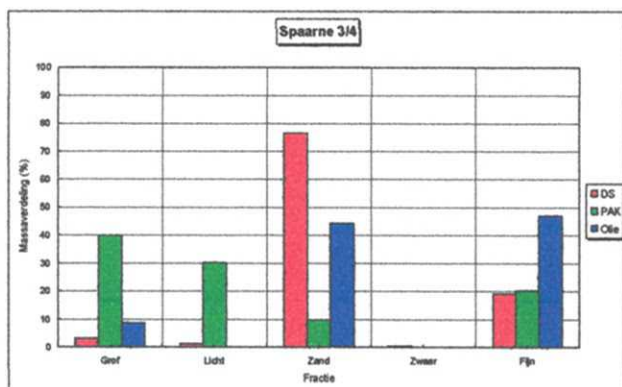
Spaarne 2



Deze partij baggerspecie bevat relatief veel fijne deeltjes (aandeel fractie $< 63 \mu\text{m}$ 37%). In deze fijne fractie is 80% van de metaalverontreinigingen Cu, Zn en Pb aanwezig. De zandfractie bevat bijna 60% van de droge-stofmassa, 5% van de Zn- en Pb-verontreiniging en 10% van de Cu-verontreiniging. De metaalgehalten in de zandfractie zijn dan ook laag. Voor Zn en Pb hebben de zeefstap en de dichtheids-

scheidingsstap ongeveer eenzelfde effect op de concentratie (afname totaal ongeveer een factor 10 en per stap een factor 3, zie tabel VI.9 van bijlage VI). Voor Cu leidt de zeefstap tot een grotere afname van de concentratie dan de dichtheidsscheidingsstap (afname resp. 70% en 30%).

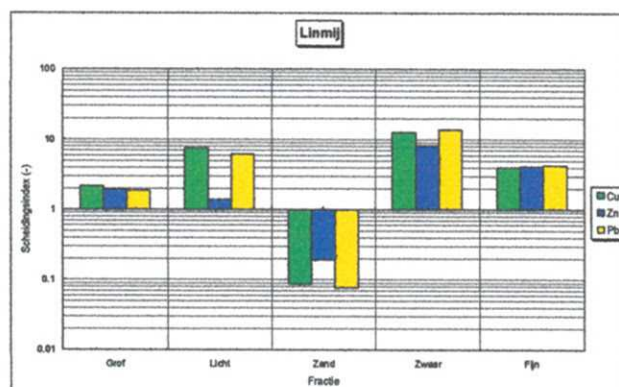
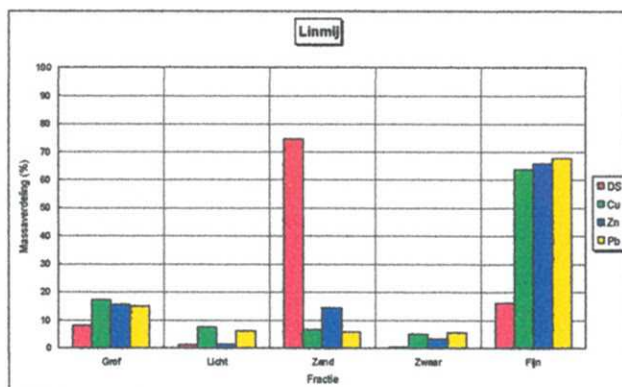
Spaarne ³/₄



De verkregen zandfractie van Spaarne 3/4 bevat bijna 77% van de droge stofmassa en slechts 10% van de PAK-verontreiniging. De zeefstap en de dichtheidsscheidingsstap hebben tot een afname van de concentratie geleid van resp. 65 en 75% (totale afname zoals reeds genoemd circa 90%). De PAK-verontreiniging is geconcentreerd in de grove en lichte fractie (scheidingsindex resp. 13 en 30). De resterende 20% van de PAK is aanwezig in de fijne fractie. Deze fractie bevat ook circa 20% van de droge stofmassa.

Het olie-gehalte van de zeeffractie 63-500 µm bedroeg 650 mg/kg. In deze fractie was nog 44% van de oorspronkelijke hoeveelheid olie aanwezig. Het oliegehalte van de zandfractie is niet gemeten.

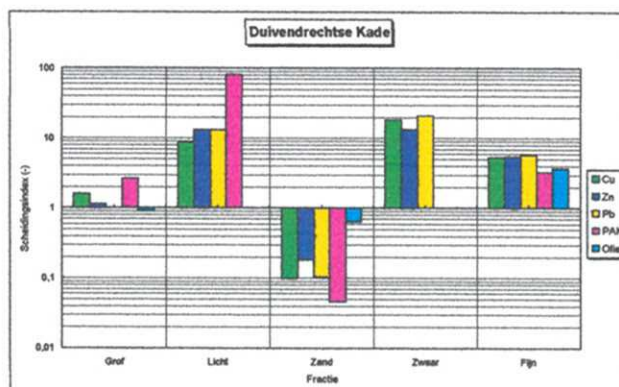
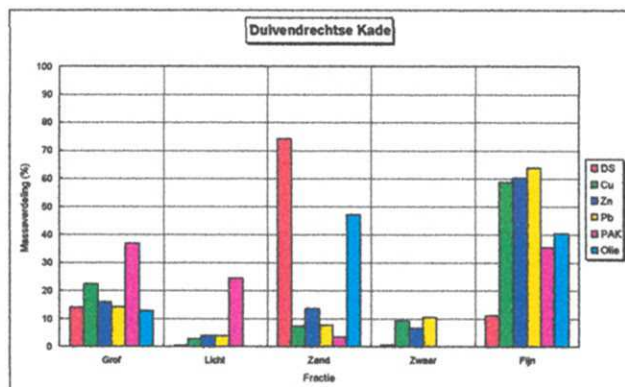
Linmij



In de zandfractie van de grond van Linmij bevindt zich nog 6-14% van de metaalverontreinigingen en 75% van de droge stof (scheidingsindex ca. 0,1). De afname

van de concentraties is het grootst ten gevolge van de zeefstap (gemiddelde afname 75%, zie tabel VI.11 van bijlage VI). Door de dichtheidscheiding is een verdere afname van de gehalten bereikt van gemiddeld 50%. De zware metalen zijn met name geconcentreerd in de fijne fractie (scheidingsindex ca. 4).

Duivendrechtse Kade

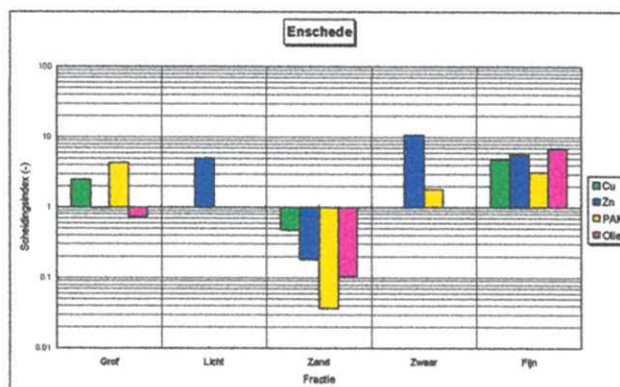
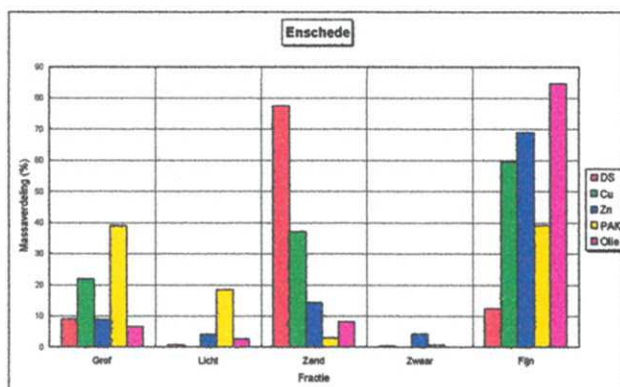


Uit de resultaten van de TDG-proef blijkt dat resterende zandfractie 74% van de droge stof bevat, ongeveer 10% van de zware metalen en 3-4% van de PAK. De zware metalen zijn met name geconcentreerd in de fijne fractie (scheidingsindex gemiddeld 5,5). De PAK is geconcentreerd in de grove fractie (scheidingsindex 2,6), de lichte fractie (scheidingsindex 81) en de fijne fractie (scheidingsindex 3,2).

Uit tabel VI.12 van bijlage VI blijkt dat de zeefstap en de dichtheidscheidingstap voor wat betreft de metaalverontreinigingen ongeveer eenzelfde concentratieverlaging tot gevolg hebben (beide circa 65%, totale concentratieverlaging 87%). Voor de PAK heeft de dichtheidscheidingstap relatief het meeste effect (concentratie afname 85% ten op zichte van 55% voor de zeefstap).

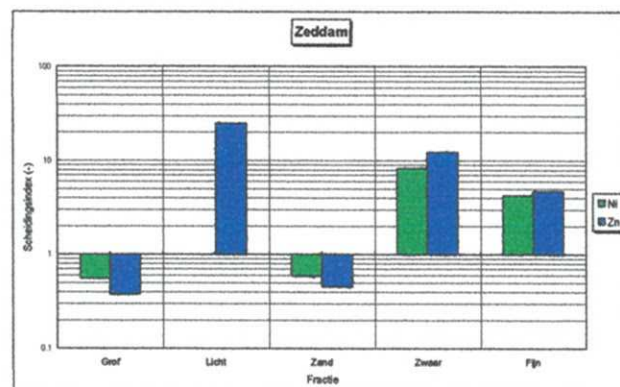
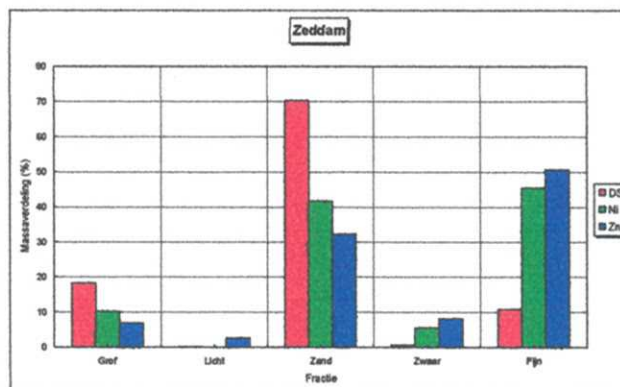
Voor wat betreft de olieverontreiniging is alleen het effect van de zeefstap onderzocht. De ontstane fracties uit de dichtheidscheiding zijn niet geanalyseerd op olie. De zeeffractie 63-500 μm bevat nog bijna 50% van de olie. Het oliegehalte van deze zeeffractie is 620 mg/kg (afname olieconcentratie 33%).

Enschede



Ook deze partij is te omschrijven als zanderig (aandeel fijne fractie 12% en organisch stofgehalte 4%). Uit de resultaten van de TDG-proef blijkt dat het merendeel van de verontreinigingen aanwezig is in de fijne fractie (scheidingindex varieert van 3,2 voor PAK tot 6,8 voor olie). In de zandfractie is het gehalte van de verontreinigingen laag (scheidingindex varieert van 0,5 voor Cu tot 0,04 voor PAK). Ook voor deze grond heeft de zeefstap verhoudingsgewijs het grootste effect op de afname van de verontreinigingsgehalten. Verder bevat de grove fractie relatief veel PAK (concentratie 380 mg/kg) en de zware fracties veel zink (1670 mg/kg).

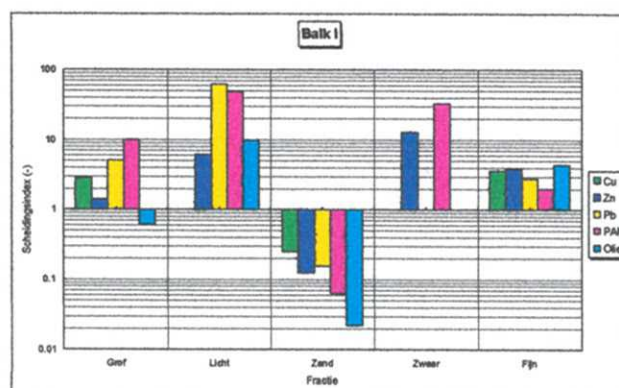
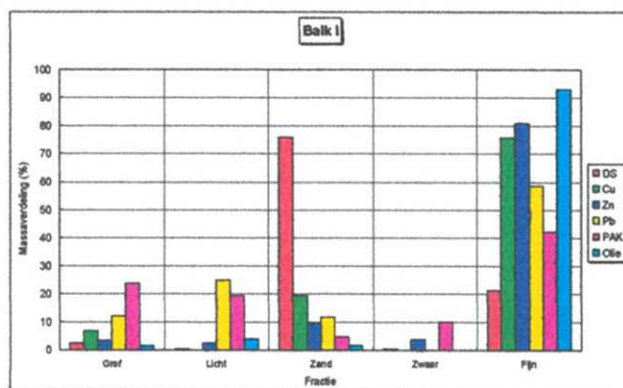
Zeddam



Deze partij grond, met als belangrijkste verontreinigingen Ni en Zn, bevat relatief veel grove deeltjes (18% > 500 μm), en weinig fijne deeltjes (11% < 63 μm). De partij is te omschrijven als erg zanderig. Het organisch-stofgehalte van deze partij is slechts 0,4%. In de zandfractie is 70% van de droge stof aanwezig en resp. 30 en 40% van de oorspronkelijke hoeveelheid Zn en Ni. De verontreinigingen zijn met name geconcentreerd in de fijne en de zware fractie. Zo bevat de fijne fractie met 10% droge stof, circa 50% van de Ni- en Zn-verontreiniging (scheidingindex resp. 4,2 en 4,7).

De zeefstap leidt tot de grootste afname van de concentraties (afname 40%). Na de dichtheidscheiding zijn de concentraties Zn en Ni met resp. 53 en 43% afgenomen.

Balk



Ook deze partij baggerspecie is verontreinigd met metalen (Cu, Zn en Pb) en met olie en PAK. De PAK-verontreiniging is geconcentreerd in de grove fractie (scheidingsindex 9,9), de lichte fractie (scheidingsindex 48) en de fijne fractie (scheidingsindex 2). In de zandfractie, die 75% van de droge stof bevat, is nog slechts 5% van de PAK aanwezig. De olie is geconcentreerd in de fijne fractie, deze bevat 93% van de massa aan olie (scheidingsindex 4,4). De zware metalen zijn ook geconcentreerd in de fijne fractie (massa-aandeel Cu, Zn en Pb resp. 75, 80 en 60%). De metaalgehalten in de zandfractie zijn laag (massa-aandeel Cu, Zn en Pb resp. 20, 10 en 10%).

4. Toetsingscriteria TDG-proef

4.1 Inleiding

Het is wenselijk dat de resultaten van de TDG-proef voor een specifiek grond- of baggerspeciemonster kunnen worden vertaald naar een oordeel over de geschiktheid van deeltjesscheidingstechnieken (DST) voor de behandeling van de betreffende grond of baggerspecie. Hiertoe moeten getalsmatige criteria worden opgesteld. Dit hoofdstuk geeft hiervoor een eerste voorzet. Op basis van ervaringen die in de praktijk met de TDG-proef worden opgedaan, zal de getalsmatige invulling van deze criteria na verloop van tijd kunnen en moeten worden aangepast.

De concentratie- en uitloognormen die zijn vastgelegd in het Bouwstoffenbesluit (BsB), bepalen voor een belangrijk deel de toepasbaarheid van het zandproduct dat na toepassing van DST wordt verkregen. Naast deze milieuhygiënische eisen zijn ook civiel-technische eisen van belang voor de toepasbaarheid van dit materiaal. In dit rapport worden echter uitsluitend de milieuhygiënische eisen (op basis van het BsB) beschouwd. Voor een antwoord op de vraag of een product al dan niet aan deze eisen voldoet, is het van belang dat er inzicht bestaat in de nauwkeurigheid van de uitkomsten van de proef. Paragraaf 4.2 gaat hier nader op in. Paragraaf 4.3 geeft een (eerste) aanzet voor de criteria en voor de getalsmatige invulling daarvan. Ook worden hier de resultaten van de negen TDG-proeven getoetst aan de opgestelde criteria.

4.2 Nauwkeurigheid

Om inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van de TDG-proef is de TDG-proef voor twee partijen, Heidemij partij 2 en Balk, in drievoud uitgevoerd (elke proef op een afzonderlijk monster). De resulterende spreiding is opgebouwd uit een component ten gevolge van de monsterheterogeniteit en een component ten gevolge van het uitvoeren van de proef (onder te verdelen in spreiding ten gevolge van de scheiding en ten gevolge van de analyse-onnauwkeurigheid). In deze paragraaf worden alleen toevallige fouten besproken. Systematische fouten (bijvoorbeeld door het achterblijven van materiaal in het gebruikte glaswerk) blijven dus buiten beschouwing. Uit de resultaten kan echter worden geconcludeerd, dat deze systematische fouten mogen worden verwaarloosd ten opzichte van de toevallige fouten.

De gedetailleerde uitkomsten van de in drievoud uitgevoerde TDG-proef voor Balk en Heidemij partij 2 zijn opgenomen in bijlage VI. De resultaten zijn samengevat in tabel 4.1 en grafisch weergegeven in figuur 4.1. In deze figuur zijn steeds in de linker grafiek de massaverdelingen van de droge stof en van de verontreinigende stoffen over de verschillende fracties weergegeven en in de rechter grafiek de bijbehorende scheidingsindices. De scheidingsindex (SI) is gedefinieerd als de con-

concentratie van de betreffende stof in de betreffende fractie gedeeld door de concentratie van die stof in het uitgangsmateriaal. Een $SI < 1$ betekent dus dat er sprake is van verarming en een $SI > 1$ betekent dat er sprake is van concentrering. Het is gunstig voor de toepassingsmogelijkheden van DST, als het aandeel van de droge stof in de zandfractie groot is en als het aandeel van de verontreinigende stoffen in deze fractie klein is. Dit laatste betekent een $SI \ll 1$ voor de zandfractie en een $SI \gg 1$ voor de overige fracties. Dit algemene beeld komt inderdaad naar voren in figuur 4.1. Voor een meer uitgebreide bespreking van de uitkomsten voor de verschillende onderzochte partijen wordt verwezen naar hoofdstuk 3. In het huidige hoofdstuk ligt de nadruk op de bespreking van de spreiding tussen de triplo monsters.

In tabel 4.1 zijn naast de kolommen met de resultaten (concentraties verontreinigende stoffen) van de afzonderlijke experimenten ook kolommen opgenomen met de gemiddelde waarden en de relatieve standaard deviaties (RSD) voor achtereenvolgens het startmateriaal en de zandfractie van beide partijen (Balk en Heidemij partij 2). Tevens zijn in deze tabel de scheidingsindices vermeld. De conclusies die uit de metingen kunnen worden getrokken, geven een eerste indicatie van de optredende spreiding. Voor een meer betrouwbare bepaling van de grootte van de spreiding zou het aantal duplo proeven moeten worden vergroot (tot minimaal 5). Uit praktijkervaringen zal moeten blijken in hoeverre de uit de hier gepresenteerde resultaten berekende waarden voor de spreiding realistisch zijn.

De RSD-waarden voor de concentraties van de verontreinigende stoffen in het startmateriaal variëren tussen 3 % (olie, Balk) en 73 % (PAK, Heidemij partij 2). Dat deze laatste waarde zo hoog is, wordt veroorzaakt door de meetwaarde van 220 mg/kg ds in het tweede experiment. Deze moet waarschijnlijk als uitbijter worden beschouwd, zoals ook blijkt uit het PAK-gehalte dat wordt berekend uit de afzonderlijke meetwaarden voor de drie zeeffracties ($< 63 \mu\text{m}$, $63 - 500 \mu\text{m}$ en $> 500 \mu\text{m}$), zie ook bijlage 6. Vooralsnog wordt de maximale RSD voor metalen in het uitgangsmateriaal geschat op 20 % en voor PAK en olie op 40 %. De grootste bijdrage in deze spreiding zal worden geleverd door de verschillen tussen analysesmonsters ten gevolge van heterogeniteit van de partij.

De spreiding in de massapercentages droge stof in de zandfractie is verwaarloosbaar ten opzichte van de spreiding in de concentraties van de verontreinigende stoffen. Dit komt overeen met de bevindingen zoals die in hoofdstuk 2 en bijlage 2 zijn vermeld: Het nat zeven van zandachtige materialen kan met relatief hoge nauwkeurigheid worden uitgevoerd. Voor de negen onderzochte partijen varieerde het massaverlies bij de zeefkrommebepaling van 0,1 tot 5,0 % (gemiddeld 1,7 %, zie bijlage 6).

De RSD-waarden voor de concentraties van de verontreinigende stoffen in de zandfractie liggen voor de metalen tussen ca. 15 en 50 %; voor PAK en olie tussen ca. 35 en 70 %, waarbij de waarde van 0 % voor olie in de experimenten met het

Balk-materiaal buiten beschouwing wordt gelaten. Het is niet onlogisch, dat de RSD voor de concentraties in de zandfractie iets groter is dan voor de concentraties in de startmaterialen, omdat bij de monsterneming uit de startmaterialen veel aandacht is geschonken aan het verkrijgen van representatieve monsters, terwijl de resultaten voor de zandfracties een extra variantiecomponent bevatten ten gevolge van de uitgevoerde bewerking (zeving en dichtheidscheiding). Al met al wordt de maximale RSD voor de concentraties van metalen in de zandfractie ingeschat op 50 % en voor de concentratie van PAK en olie in de zandfractie op 70 %. De werkelijke waarden voor de spreiding zullen per partij sterk kunnen verschillen.

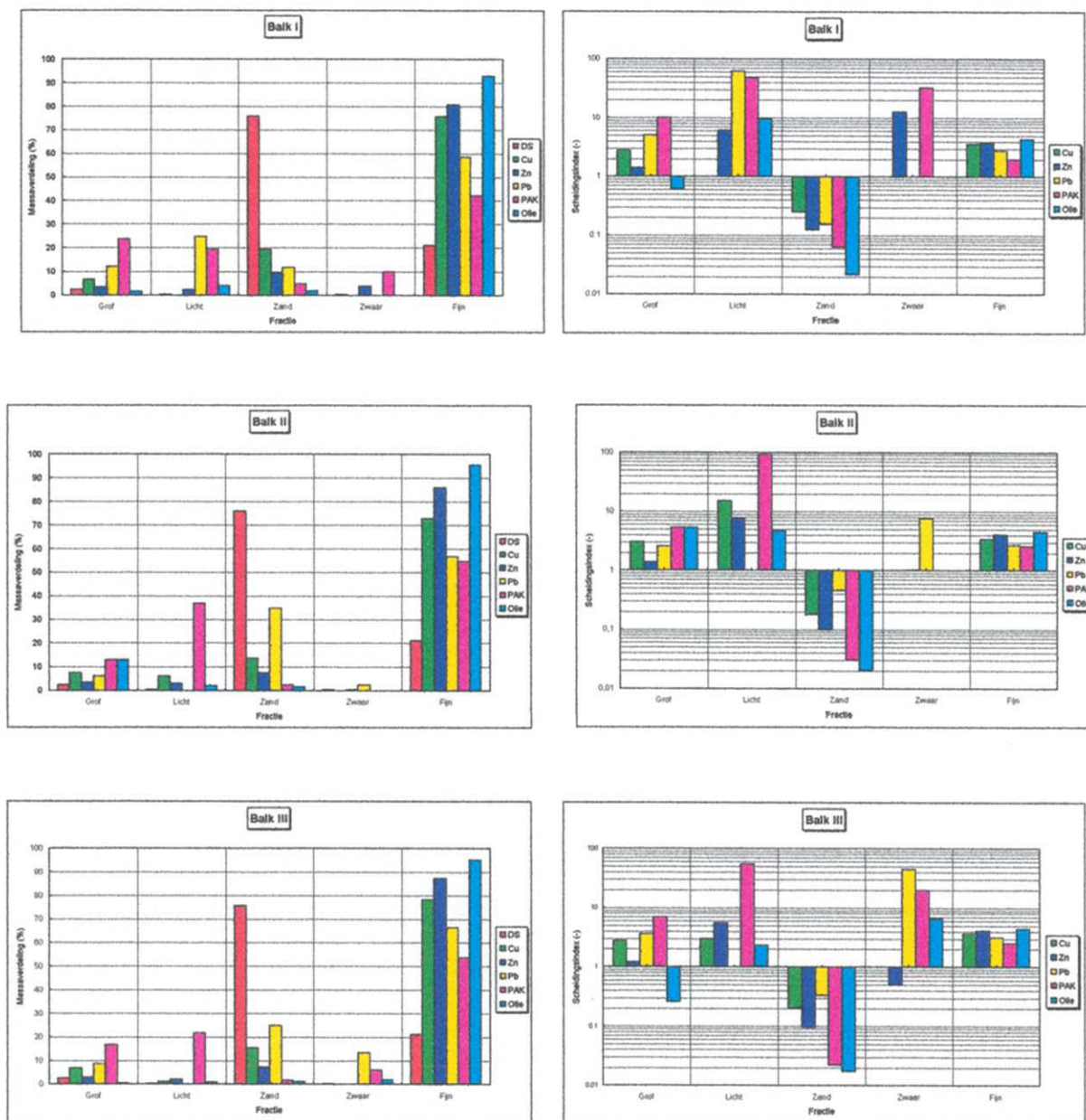
De RSD-waarden voor de scheidingsindices kunnen in principe worden berekend door de wortel te nemen uit de som van de kwadraten van de RSD voor het startmateriaal en voor de zandfractie en zijn dus steeds hoger dan de hoogste van deze twee waarden.

Om een inschatting te maken van de afzonderlijke bijdrage van de monsterneming aan de spreiding, is de nauwkeurigheid van de zeefstap en de dichtheidscheidingstap bij de derde TDG-proef afzonderlijk bepaald door ook de zeefstap en de dichtheidscheidingstap in drievoud (op hetzelfde monster) uit te voeren. Uit de resultaten van deze laatste experimenten komt als beeld naar voren dat de belangrijkste spreidingsbron wordt gevormd door de dichtheidscheiding (inclusief analyse) en dat de monsterneming niet tot een duidelijke vergroting van de spreiding leidt. Ook hiervoor geldt echter, dat het aantal metingen te gering is voor definitieve conclusies.

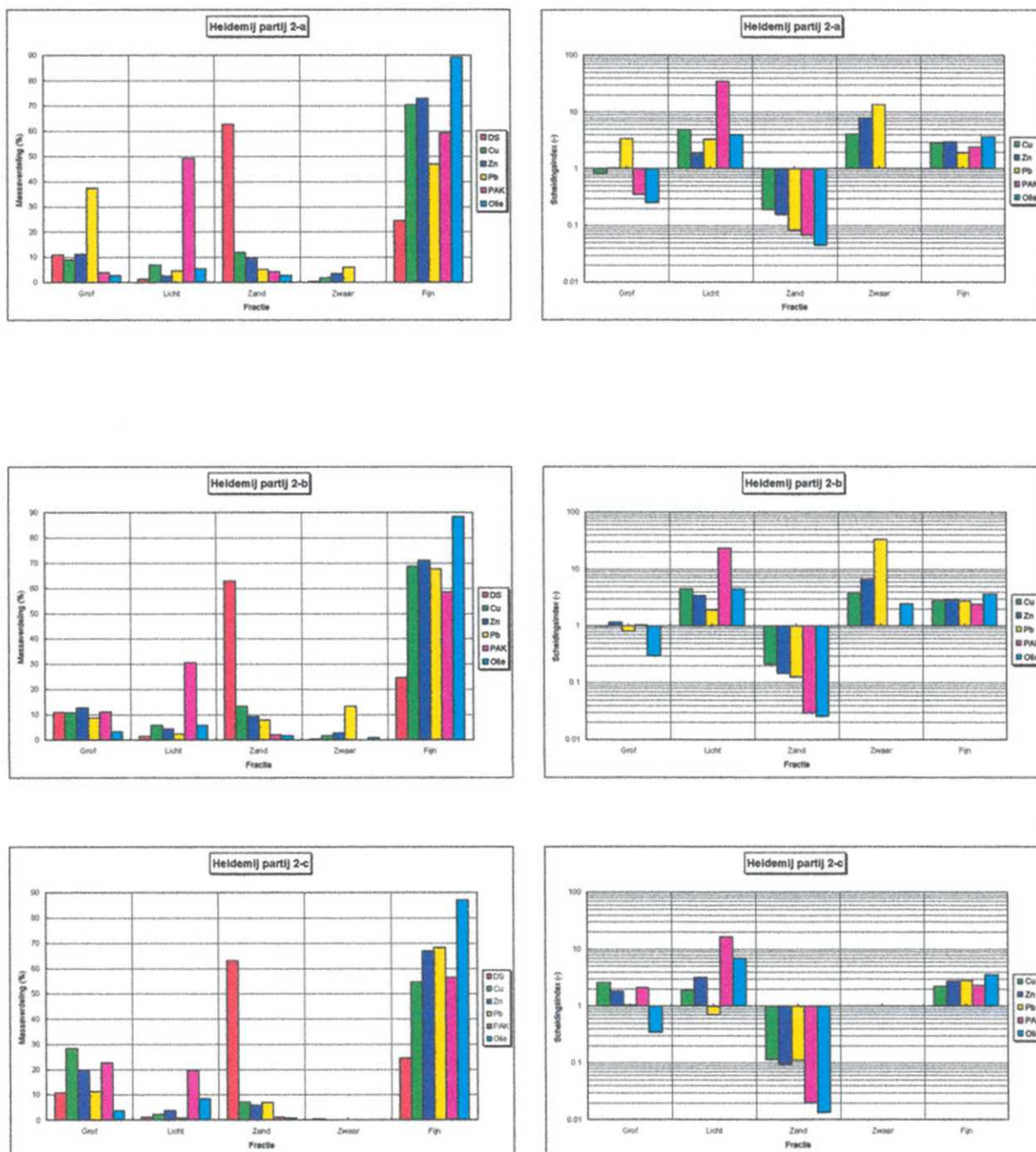
Tabel 4.1 Samenvatting resultaten TDG-proeven Balk en Heidemij partij 2

Parameter	Eenheid	Experimentnr. Balk				RSD 1)	Experimentnr. Heidemij partij 2				
		I	II	III	Gem.		I	II	III	Gem.	RSD 1)
Startmateriaal											
Cu	mg/kg ds	28,2	28,2	32,3	29,6	8	115	84	94	97,7	16
Zn	mg/kg ds	174	161	156	163,7	6	480	560	490	510,0	9
Pb	mg/kg ds	90	79	82	83,7	7	320	340	350	336,7	5
PAK	mg/kg ds	6,7	5,9	9,9	7,5	28	65	220	73	119,3	73
Olie	mg/kg ds	390	370	380	380	3	562	800	1200	854	38
Zandfractie											
Cu	mg/kg ds	10,3	7,6	8,3	8,7	16	17,5	19,7	13,7	17,0	18
Zn	mg/kg ds	24,3	19,6	19,4	21,1	13	70	67	46	61,0	21
Pb	mg/kg ds	17,4	55	34,6	35,7	53	33,8	37,4	25,3	32,2	19
PAK	mg/kg ds	0,64	0,2	0,2	0,3	73	3,3	2,1	1,7	2,4	35
Olie	mg/kg ds	10	10	10	10	0	35	20	12,7	22,6	50
Scheidingsindex											
Cu	-	0,37	0,27	0,26	0,30	20	0,15	0,23	0,15	0,18	28
Zn	-	0,14	0,12	0,12	0,13	8	0,15	0,12	0,09	0,12	22
Pb	-	0,19	0,70	0,42	0,44	58	0,11	0,11	0,07	0,10	21
PAK	-	0,10	0,03	0,02	0,05	80	0,05	0,01	0,02	0,03	75
Olie	-	0,03	0,03	0,03	0,03	3	0,06	0,03	0,01	0,03	82

1) RSD = Relatieve Standaard Deviatie (%)



Figuur 4.1a Massaverdelingen scheidingsindices TDG-fracties Balk



Figuur 4.1b Massaverdelingen scheidingsindices TDG-fracties Heidemij partij 2

4.3 Toetsing aan droge-stof-, concentratie- en uitloogcriteria

De TDG-proef levert informatie die moet worden getoetst aan criteria. In het werkvoorschrift (hoofdstuk 2 en bijlage IV) zijn ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef stroomschema's opgesteld met bijbehorende massa-,

massa-, concentratie- en uitloogcriteria, waaraan een grond- of baggerspecie moet worden voldoen om geschikt te worden beoordeeld voor verwerking met DST.

In tabel 4.2 is een voorstel voor deze criteria geformuleerd. Betreffende de hoeveelheid droge stof in het zand (als fractie van de totale hoeveelheid droge stof) is de grens op 40 à 50 % gesteld: Als de zandfractie minder dan 40 % van de totale massa aan droge stof bevat, is de conclusie dat het materiaal niet geschikt is voor toepassing van DST. Een positief oordeel over de geschiktheid voor verwerking met DST wordt gegeven, als de zandfractie meer dan 50% van de droge- stofmassa bevat. Bij gehalten daartussenin spelen andere factoren mee, zoals de aanwezigheid van mogelijke alternatieve bewerkingen, c.q. bestemmingen, de moeite die het kost om te voldoen aan de milieuhygiënische of civieltechnische toepassingseisen, etc.

De concentratie- en uitloogcriteria zijn voornamelijk ingegeven door de milieuhygiënische randvoorwaarden die het BsB stelt aan toepassing van de zandfractie uit een deeltjesscheidingsproces. De regelgeving maakt onderscheid tussen twee concentratiecriteria: de streefwaarde voor schone grond en de samenstellingswaarde voor nuttige toepassing van het zand als bouwstof. De streefwaarde kan als ondergrens (maximale reinigingseis) worden beschouwd. Zand dat aan de streefwaarde voldoet, kan zonder restricties multifunctioneel worden toegepast. De samenstellingswaarden kunnen als minimale eisen worden beschouwd ¹.

Omdat er sprake is van een aanzienlijke mate van spreiding in de uitkomsten van de proef (zie de voorgaande paragraaf), is het niet logisch om het oordeel over de geschiktheid te baseren op een vaste concentratiewaarde. In plaats daarvan kan er een concentratiegebied worden gedefinieerd: concentratiewaarden boven dit gebied leiden tot een negatief oordeel, waarden daaronder tot een positief oordeel en waarden daartussenin tot een nadere overweging en wellicht tot aanvullend onderzoek. De bovengrens van het genoemde gebied is een factor maal de samenstellingswaarde. De waarde van deze factor wordt bepaald door de spreiding in de resultaten (factor f_s) en door de mogelijkheden die er zijn de zandfractie met aanvullende polishing technieken (bijvoorbeeld flotatie of scrubben) verder te reinigen (factor f_p). De concentratiegrens waarboven het materiaal als niet geschikt voor DST wordt aangemerkt, is dan: $f_s * f_p * \text{samenstellingswaarde}$. De ondergrens van het concentratiegebied wordt dan $1/f_s * \text{samenstellingswaarde}$. Blijven de concentraties daaronder, dan luidt het oordeel dus dat het materiaal wat betreft het gehalte aan de verontreinigende stof in het zandproduct zeker geschikt is. Op grond van de waarnemingen genoemd in de vorige paragraaf, wordt een eerste voorstel voor de waarde van f_s gegeven: $f_s = 1,5$ voor metalen en $f_s = 1,7$ voor PAK en olie. De waar-

¹ De samenstellingswaarden van zware metalen en van PAK zijn gelijk aan de interventiewaarden uit de Leidraad Bodembescherming; de samenstellingswaarde van olie is een faktor 10 lager dan de interventiewaarde

de is uiteraard sterk afhankelijk van de samenstelling van de grond of baggerspecie, van de aard van de verontreinigende stoffen en de wijze waarop deze in het materiaal zijn gebonden.

Voor de metaalverontreinigingen moet, behalve aan de concentratiecriteria, ook worden voldaan aan uitloogeisen van het BsB. Hiervoor geldt een soortgelijke redenering als bij de samenstellingscriteria: ook hier wordt een uitlooggebied gedefinieerd, waarbuiten het oordeel duidelijk is (negatief bij hoge uitloogcijfers, positief bij lage uitloogcijfers). De waarde van de bovengrens is hier f_u ; van de ondergrens $1/f_u$. Voor de waarde van f_u zijn in dit onderzoek geen gegevens opgedaan, maar een waarde van ca. 2 lijkt niet onredelijk. Hierbij speelt echter ook het aspect van de toepassingshoogte een belangrijke rol. In het BsB wordt in het algemeen uitgegaan van een toepassingshoogte van 0,7 m. Met name in ophoogtoepassingen van grond en baggerspecie kan deze hoogte echter (veel) groter worden, zodat de uitloogeisen navenant strenger worden. In tabel 4.2 wordt uitgegaan van een toepassingshoogte van 5 m voor de onderste grens en van een hoogte van 0,5 m voor de bovenste grens. Tot nu toe opgedane ervaringen wijzen erop dat aan de uitloogeisen voor metalen meestal wel wordt voldaan.

De uitloogeisen van anionen (met name sulfaat) zijn echter vaker kritisch voor de toepasbaarheid.

Tabel 4.2 Afwijzing- en geschiktheidscriteria

Parameter	Afwijzingscriteria	Geschiktheidscriteria
Massabalans	< 40% zand	> 50% zand
Concentratie verontreinigingen in zandproduct	> $f_s \cdot f_p$ * samenstellingswaarde	< $1/f_s$ * samenstellingswaarde
Uitloging zandproduct	emissie > f_u * N2-waarde (0,5 m)	emissie < $1/f_u$ * N2-waarde (5 m)

In tabel 4.3 worden de resultaten van de negen TDG-proeven getoetst aan de massa- en concentratiecriteria uit tabel 4.2. In tabel 4.3 is de samenstellingswaarde conform de Leidraad Bodembescherming berekend uit die voor standaardbodem door een correctie toe te passen voor het lutumgehalte en het organischestofgehalte. Voor beide genoemde gehalten is de minimumwaarde van 2 % m/m ingevuld. De correctie voor PAK voor zandige bodem wordt niet meer toegepast [8], maar het is niet duidelijk of dat ook geldt voor het zandproduct na een fractiescheiding. In tabel 4.3 is de correctie ook voor PAK doorgevoerd, zodat de gecorrigeerde samenstellingswaarde 8 mg/kg ds. wordt, in plaats van 40 mg/kg ds.

Het resultaat van de toetsing is, dat alle partijen voldoen aan het drogestofcriterium. Wel kan hierbij worden opgemerkt, dat Heidemij partij 1 en Spaarne 2 relatief veel fijne deeltjes bevatten (aandeel fijne fractie resp. 23 en 37%). Bij de concentratiecriteria is het oliegehalte van het zandproduct van Spaarne 3/4 en Dui-vendrechtse Kade zodanig hoog, dat dit leidt tot een negatief oordeel. De zandfractie heeft bij Enschede een oliegehalte dat weliswaar onder de samenstellings-

waarde (100 mg/kg ds) ligt, maar de concentratie ligt daar (gezien de hoogte van de spreiding) niet ver genoeg onder om tot een positief oordeel te komen. Hier zou dus aanvullend onderzoek noodzakelijk zijn om een definitieve uitspraak te kunnen doen. Dit onderzoek kan gericht zijn op het vergroten van de nauwkeurigheid van de uitspraak door enkele extra karakteriseringsproeven uit te voeren en/of op het verlagen van het oliegehalte van de zandfractie. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de inzet van scrubtechnieken.

De zandfracties zijn niet onderzocht op hun uitlooggedrag. De verwachting is dat gezien de lage metaalgehalten wel voldaan zal worden aan de uitloogcriteria, zodat op basis van de metaalconcentraties de partijen als geschikt voor toepassing van DST worden beoordeeld.

Tabel 4.3 Toetsing van de partijen aan toepassingscriteria ¹⁾

Partij	Droge-stofcriteria		Concentratiecriteria				
	Droge stof (% m/m)	Oordeel ²⁾	Parameter	Conc. (mg/kg ds)	Ondergrens ³⁾ (mg/kg ds)	Bovengrens ⁴⁾ (mg/kg ds)	Oordeel ²⁾
Heidemij partij 1	59	V	Cu	9.1	61	276	V
			Zn	76	202	910	V
			Pb	20	224	1010	V
			As	3	21	94	V
			Cd	0.3	4.6	21	V
Heidemij partij 2	63	V	Cu	17	61	276	V
			Zn	61	202	910	V
			Pb	32	224	1010	V
			PAK	3.4	4.7	27	V
			Olie	23	59	340	V
Spaarne 2	57	V	Cu	9.6	61	276	V
			Zn	30	202	910	V
			Pb	10	224	1010	V
Spaarne 3/4	77	V	PAK	0.6	4.7	27	V
			Olie	650 ⁶⁾	59	340	O
Linmij	75	V	Cu	6.5	61	276	V
			Zn	37	202	910	V
			Pb	33	224	1010	V
Duivendr. Kade	74	V	Cu	5.9	61	276	V
			Zn	37	202	910	V
			Pb	15	224	1010	V
			PAK	0.7	4.7	27	V
			Olie	620 ⁶⁾	59	340	O
Enschede	78	V	Cu	10	61	276	V
			Zn	29	202	910	V
			PAK	0.5	4.7	27	V
			Olie	84	59	340	?
Zeddam	70	V	Ni	30	48	216	V
			Zn	28	202	910	V
Balk	76	V	Cu	9	61	276	V
			Zn	21	202	910	V
			Pb	36	224	1010	V
			PAK	0.3	4.7	27	V
			Olie	10	59	340	V

¹⁾ Exclusief toetsing aan uitloogcriteria voor metalen

²⁾ O = voldoet niet; V = voldoet; ? = aanvullend onderzoek noodzakelijk

³⁾ Ondergrens = $(1/f_s) \cdot \text{samenst.waarde}$, met $f_s = 1,5$ voor metalen en $f_s = 1,7$ voor olie en PAK; samenst.waarde berekend voor lutumgehalte 2 % en organische-stofgehalte 2 %

⁴⁾ Bovengrens = $f_s \cdot f_p \cdot \text{samenst.waarde}$, met $f_p = 2$; zie verder onder ³⁾

⁵⁾ Oliegehalte van zeeffractie 63 - 500 μm

5. Vergelijking TDG-proef met praktijkscheiding

5.1 Inleiding

In het kader van dit onderzoek zijn TDG-proeven uitgevoerd voor negen verschillende praktijkmonsters. De praktijkmonsters waren afkomstig van partijen baggerspecie en grond die zijn gebruikt om praktijkscheidingsinstallaties te monitoren. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de TDG-proeven vergeleken met die van de praktijkscheidingen. In paragraaf 5.2 wordt per partij de praktijkscheiding vergeleken met de resultaten van de TDG-proef. In paragraaf 5.3 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de scheidingsresultaten van de TDG-proeven en van de praktijkscheidingen.

5.2 Vergelijking van de resultaten van de TDG-proef met de praktijkscheiding

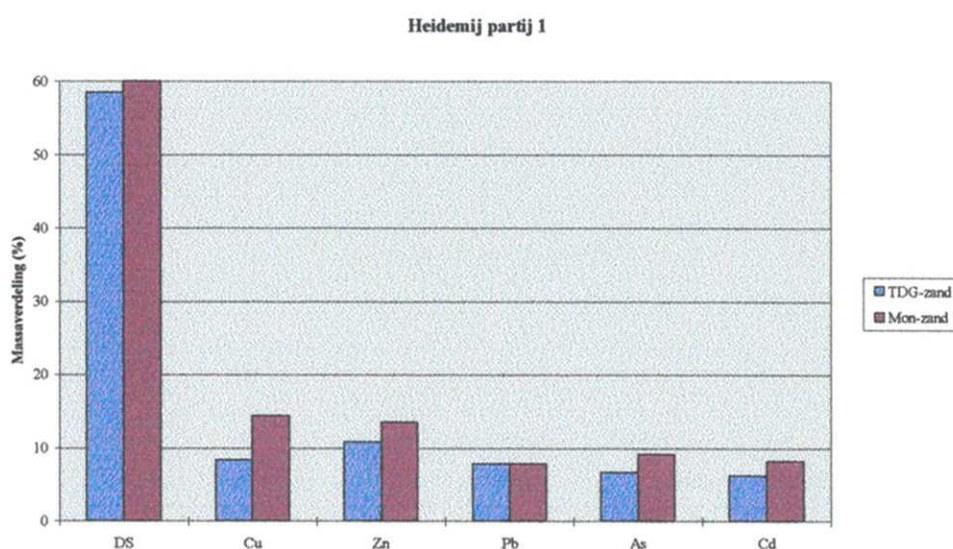
In deze paragraaf worden de resultaten van vijf praktijkinstallaties vergeleken met die van de TDG-proef. In totaal zijn met negen verschillende praktijkmonsters scheidingsexperimenten uitgevoerd. Per praktijkmonster zijn de scheidingsresultaten weergegeven in een grafiek. In de grafiek wordt de hoeveelheid droge stof en de hoeveelheid verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef vergeleken met die van de praktijkscheiding. In bijlage VIII zijn de resultaten van de praktijkscheiding en de TDG-proeven in detail weergegeven.

5.2.1 Heidemij

Heidemij heeft het monitoringproject gericht op de flotatiestap van de reinigingsinstallatie. Voorafgaand aan het flotatieproces doorloopt het te reinigen materiaal eerst een aantal fysische scheidingstappen te weten: zeping, hydrocyclonage, magneetscheiding en spiraalscheiding. De invoer van de flotatiestap kan worden vergeleken met de zandfractie van de TDG-proef.

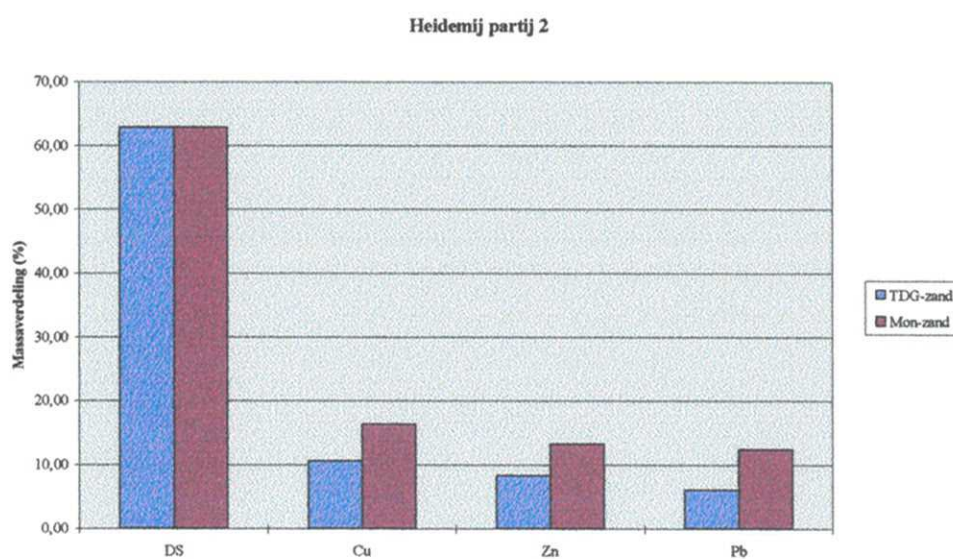
Partij 1 is door Heidemij alleen op de parameter zink onderzocht. TNO heeft van Heidemij monstermateriaal van de invoer van de reinigingsinstallatie ontvangen (startmateriaal) en van de invoer van het flotatieproces. De monsters van de invoer van de flotatie zijn door TNO aanvullend geanalyseerd op andere relevante zware metalen.

Voor partij 2 heeft Heidemij zich gericht op Cu. Het startmateriaal en input van de flotatie is echter ook geanalyseerd op Zn en Pb. In de figuren 5.1 en 5.2 worden voor resp. partij 1 en partij 2 de resultaten van de TDG-proef vergeleken met de resultaten van de praktijkscheiding. De onderliggende data staan vermeld in tabel VIII.1 en VIII.2 van bijlage VIII.



Figuur 5.1 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Heidemij partij 1

Uit figuur 5.1 en bijlage VIII blijkt dat de zware-metalengehaltes en hoeveelheden van de zandfractie van de TDG-proef redelijk tot goed overeenkomen met die van de invoer van het flotatieproces. Het geconstateerde verschil in de concentraties bedraagt gemiddeld 20% (maximaal verschil 40% voor Cu-gehalte). Ook de hoeveelheid zand komt goed overeen met die van de praktijkinstallatie. De TDG-proef geeft derhalve een redelijk tot goede voorspelling van de te verwachten kwantiteit en kwaliteit van de zandfractie na deeltjesscheiding.

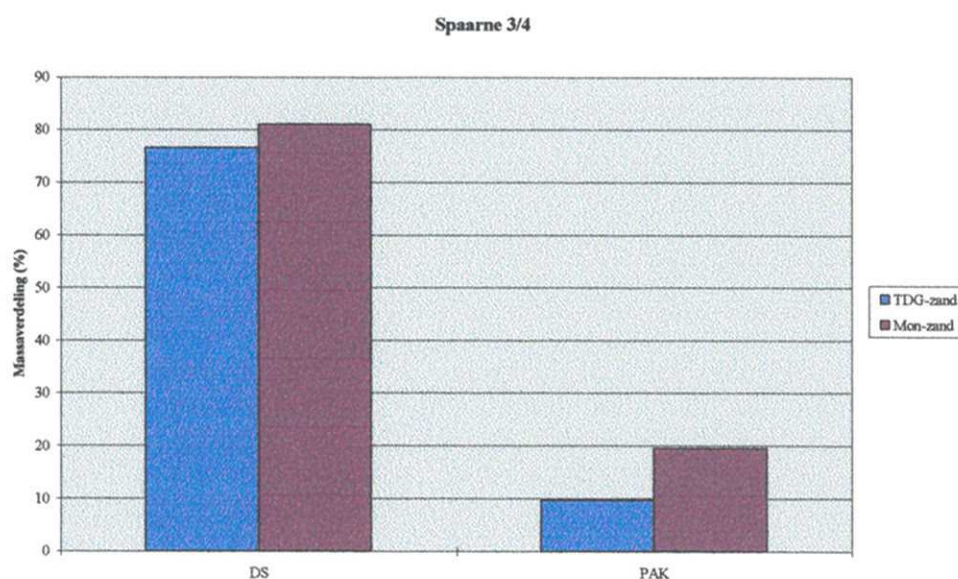


Figuur 5.2 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Heidemij partij 2

Voor partij 2 heeft Heidemij geen opgave gedaan van het percentage droge stof van het startmateriaal dat in de zandfractie terecht is gekomen (en als input van de flotatie diende). In figuur 5.2 is deze hoeveelheid gelijk gesteld aan die van de TDG-proef. Met deze partij zijn drie TDG-proeven uitgevoerd (zie hst. 4). De hier gepresenteerde resultaten betreffen gemiddelden van de drie TDG-proeven. De metaalgehalten en metaalhoeveelheden in de zandfractie van de TDG-proef zijn gemiddeld wat lager dan die van de invoer van de flotatie. Dit beeld komt vaker terug en kan worden verklaard door het feit dat de karakteriseringstest onder optimale laboratoriumcondities wordt uitgevoerd. Deze condities kunnen op praktijk-schaal niet altijd worden gereproduceerd.

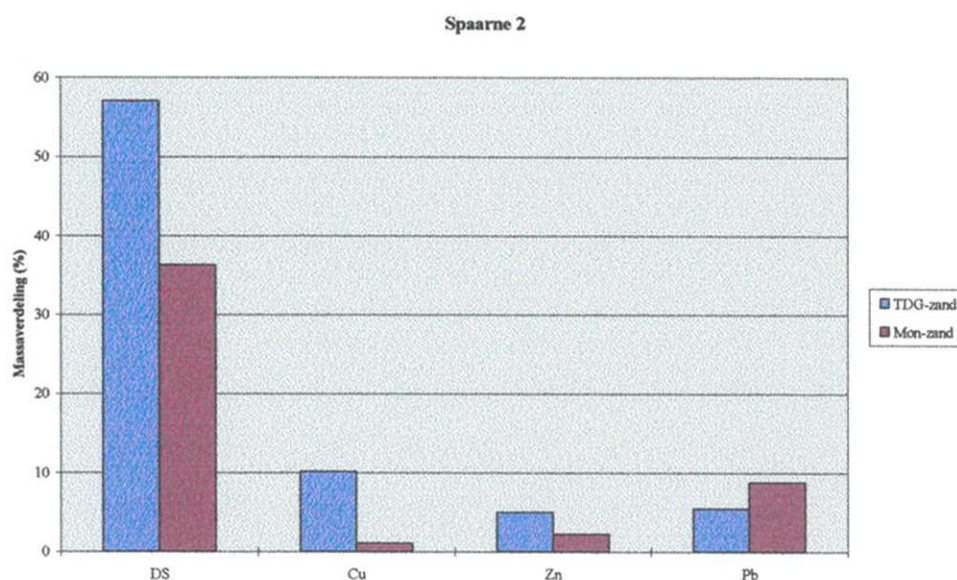
5.2.2 Milieutechniek de Vries & van de Wiel

De installatie van de Vries & van de Wiel bestaat grofweg uit een separator (hydrocycloon) en een opstroomklasseerder. Na cyclonage wordt de zandfractie in een klasseerkolom nabehandeld. Bovenin de kolom wordt de organische fractie afgescheiden. Onderin de kolom wordt de zandfractie batch-gewijs afgelaten. De zandfractie van de TDG-proef moet dus worden vergeleken met de onderloop van de klasseerder. Voorafgaand aan de cyclonage is de baggerspecie nat gezeefd in twee stappen (20 mm trommelzeef met waterjets en 2 mm schudzeef). Twee van de drie partijen baggerspecie die zijn gebruikt om de praktijkinstallatie te monitoring hebben dezelfde herkomst, namelijk de Spaarne, maar zijn afkomstig uit verschillende trajecten en zijn ook qua structuur en mate van verontreiniging verschillend. In de partij Spaarne klasse 3/4 is alleen de PAK-verontreiniging gemeten. De partij Spaarne 2 is geanalyseerd op de metalen Cu, Zn en Pb. In de figuren 5.3 en 5.4 worden voor respectievelijk Spaarne 3/4 en Spaarne 2 de resultaten van de TDG-proeven vergeleken met de resultaten van de praktijkscheiding (detailinformatie in de tabellen VIII.3 en VIII.4 van bijlage VIII).



Figuur 5.3 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Spaarne 3/4

De voorspelling van de TDG-proef voor wat betreft de te verwachten hoeveelheid droge stof in de zandfractie is in overeenstemming met de praktijkresultaten (resp. droge-stofhoeveelheid van 77% en 81%). Uit tabel VIII.3 van bijlage 8 volgt dat ook de hoeveelheid fijne fractie die wordt voorspeld, goed klopt met de praktijkcijfers (zowel de fijne fractie van de TDG-proef als de bovenloop klasseerder + bovenloop cycloon bevatten 19% van de droge-stofhoeveelheid). Het totaal PAK-gehalte van de zandfractie van de TDG-proef (0,6 mg/kg) is lager dan dat van de zandfractie van de praktijkinstallatie (2,0 mg/kg). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de zeefstap en dichtheidscheidingstap van de TDG-proef onder (optimale) labomstandigheden zijn uitgevoerd. De betreffende praktijkinstallatie is relatief eenvoudig van opzet, waardoor niet een optimaal reinigingseffect mag worden verwacht.



Figuur 5.4 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Spaarne 2

Uit figuur 5.4 blijkt dat de hoeveelheid zand die bij de praktijkscheiding vrijkomt veel lager is dan de voorspelling van de TDG-proef (resp. 36 en 57%). Navraag bij de Vries & van de Wiel en Tauw Milieu leverde op dat bij de praktijkscheiding veel zand achterbleef op het zeefdek van 2 mm. Deze natte zeefstap is niet optimaal uitgevoerd, waardoor aggregaten van zand en klei achterbleven op het zeefdek. Door Tauw is voorafgaand aan de praktijkscheiding ook een karakteriseringsproef uitgevoerd (gebaseerd op opstroomscheiding). Ook deze proef voorspelde een grotere hoeveelheid zand, namelijk 55%. De Cu- en Zn-concentraties in het zand van de praktijkscheiding zijn ook lager dan die van de TDG-proef. Waarschijnlijk is dit ook een gevolg van de afscheiding van een deel van de fijne kleifraction tijdens de zeefvoorstap.

5.2.3 HWZ

De installatie van HWZ bestaat globaal uit de volgende onderdelen:

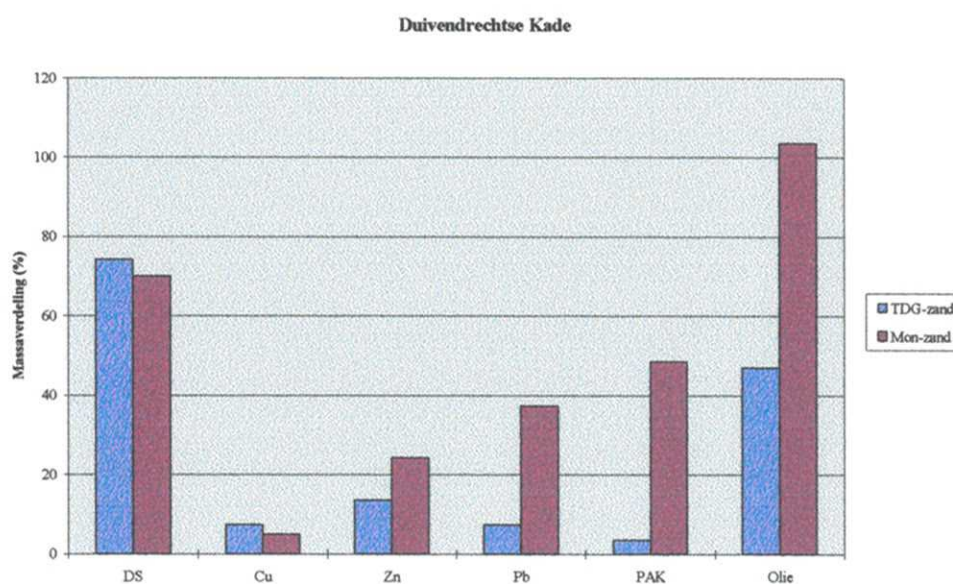
- zeefunit, afscheiding materiaal > 4 mm
- separator (hydrocycloon)
- scrubber
- spiralen
- opstroomkolom
- slibbehandeling

In het kader van het monitoringproject heeft HWZ in samenwerking met TUD vooruitlopend op de praktijkproeven karakteriseringsonderzoek op labschaal uit-

gevoerd, alsmede scheidingsexperimenten met een opstroomkolom, koolspiraal en de humphreyspiraal.

Voor de praktijkinstallatie zijn de rendementen van de units hydrocycloon, scrubber, humphreyspiraal en opstroomkolom bepaald. De in- en uitgaande stromen van de verschillende units zijn gekarakteriseerd door bepaling van het verontreinigingsgehalte en de korrelverdeling.

In de figuren 5.5 en 5.6 worden voor respectievelijk Duivendrechtse Kade en Linmij de resultaten van het monitoringproject van HWZ vergeleken met de resultaten van de TDG-proef. In bijlage VIII zijn in tabel VIII.5 en VIII.7 de meetresultaten vermeld. De resultaten van het monitoringproject betreffen de concentraties van de in- en uitgaande stromen van de hydrocycloon, de scrubber, de humpreyspiralen en de opstroomkolom. De massabalans van de verschillende units en van de totale installatie zijn door HWZ niet aan TNO verstrekt.



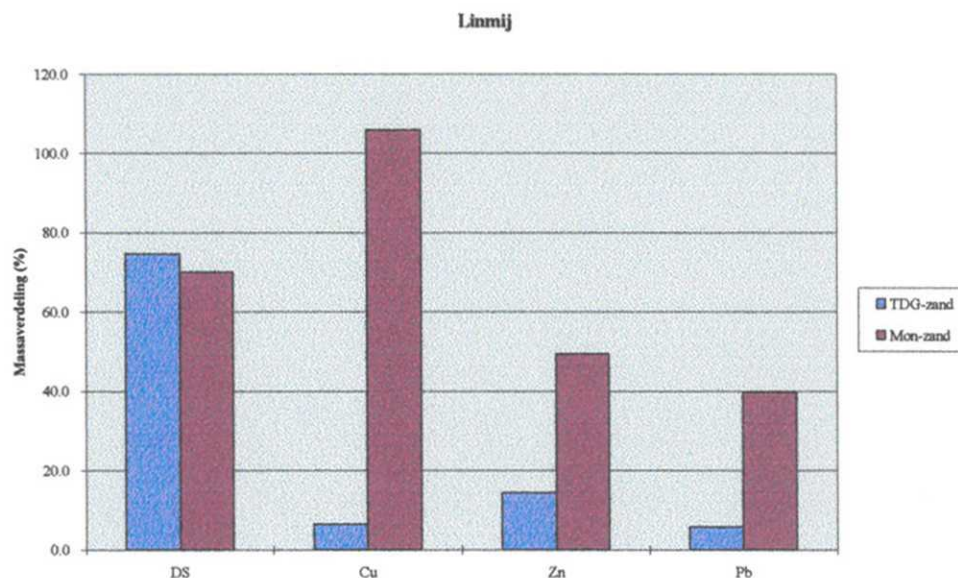
Figuur 5.5 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Duivendrechtse Kade

Uit figuur 5.5 blijkt dat de hoeveelheid droge stof in de zandfractie van de TDG-proef en de onderloop van de cycloon redelijk overeenkomen (resp. 74 en 70%). De zandfractie van de praktijkscheiding bevat een veel grotere hoeveelheid verontreinigingen dan de zandfractie van de TDG-proef.

Uit tabel VIII.5 van bijlage VIII blijkt dat de gemeten verontreinigingsgehalten in beide startmaterialen met uitzondering van dat van zink, behoorlijk verschillen. Het loodgehalte in het startmonster van de TDG-proef is circa een factor 2 hoger en het kopergehalte een factor 2,5 lager dan het gehalte in het HWZ-startmonster. Ook de PAK- en oliegehalten komen niet overeen (PAK; resp. 11,6 mg/kg en 26 mg/kg

en olie resp. 920 en 250 mg/kg). Verder blijkt dat ook de gemeten concentraties van de verschillende stromen van de praktijkinstallatie niet eenduidig zijn. Zo is het Cu-gehalte van de voeding van de hydrocycloon veel lager dan blijkt uit de totaal analyse van de partij (resp. 27 en 167 mg/kg) en het oliegehalte van de onderloop van de cycloon hoger dan de totaal analyse van de partij (resp. 370 en 250 mg/kg).

Vanwege deze verschillen in concentraties en het ontbreken van een massabalans van de praktijkinstallatie is geen goede vergelijking van de resultaten van de TDG-proef met die van de praktijkscheiding mogelijk. Wel blijkt uit de monitoringresultaten dat een verwerking van de grond van de Duivendrechts kade door middel van cyclonage en opstromen tot een behoorlijke verlaging van de verontreinigingsgehalten leidt. Dit blijkt ook uit de resultaten van de TDG-proef.



Figuur 5.6 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Linmij

Ook voor de grond van Linmij geldt dat de gemeten gehalten aan zware metalen in de beide startmaterialen niet overeenkomen. De gemeten metaalgehalten in het startmateriaal van de TDG-proef zijn hoger dan die van het uitgangsmateriaal van HWZ (gemiddeld een factor 1,6 hoger). Ook voor deze partij ontbreekt de massabalans en zijn de analyseresultaten van de monitoring niet eenduidig. Hierdoor is ook voor deze partij een vergelijking van de resultaten van de TDG-proef met die van de praktijkscheiding niet goed mogelijk.

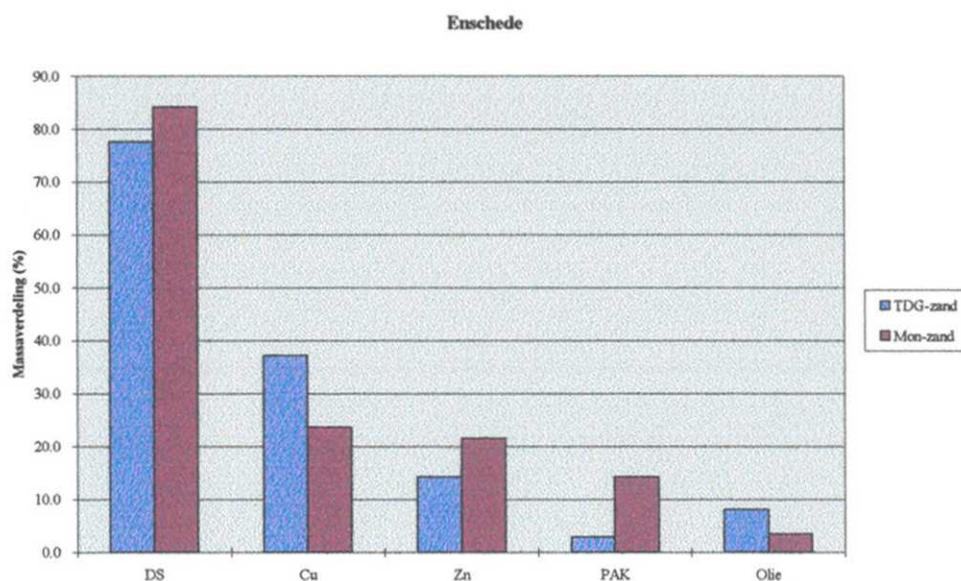
Wel kan uit de monitoringresultaten opgemaakt worden dat ook deze grond goed te reinigen is met natte deeltjesscheidingstechnieken. Door toepassing van hydrocyclonage en opstromen resteert een zandstroom met circa 70% van de droge stof en

met beduidend lagere metaalgehalten dan die van de oorspronkelijke partij. Dit beeld komt overeen met de resultaten van de TDG-proef.

De grote verschillen in de door TNO gemeten concentraties en die van HWZ/TUD zijn waarschijnlijk een gevolg van de onnauwkeurigheid van de monsternamen. De niet eenduidige analyseresultaten van het monitoringproject wijzen hier ook op. Bij homogeen materiaal speelt de nauwkeurigheid van de monsternamen nauwelijks een rol. Echter, bij grote partijen die bovendien heterogeen van samenstelling zijn, kan de monsternamenonnauwkeurigheid behoorlijk groot zijn.

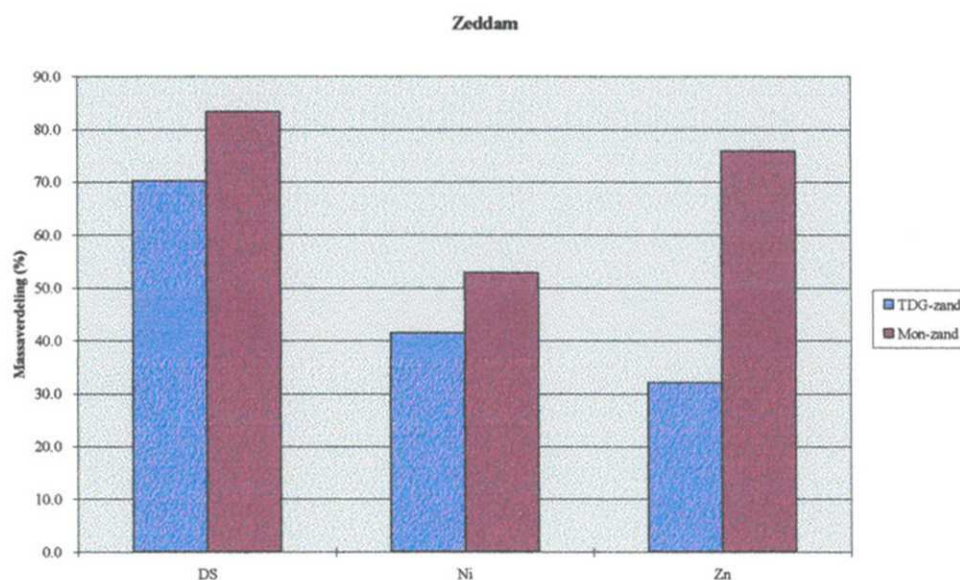
5.2.4 Theo Pouw

In de installatie van Theo Pouw wordt de 0-2 mm slurry geklasseerd in een opstroomkolom, waarna de zware fractie in een hydrocycloon wordt gescheiden in een grove fractie (het zogenaamde grofzand) en een fijne fractie. De fijne fractie wordt geklasseerd in een tweede opstroomkolom. Het grofzand wordt nabehandeld in een scrubber, waarna een nabehandeling plaatsvindt in een fluide-bed opstroomkolom. De zandfractie van de TDG-proef moet vergeleken worden met de grof zand en de fijn zand fracties. In de figuren 5.7 en 5.8 worden voor respectievelijk Enschede en Zeddam de resultaten van de praktijkscheiding vergeleken met die van de TDG-proef. In de tabellen VIII.7 en VIII.8 van bijlage VIII zijn de onderliggende meetresultaten opgenomen.



Figuur 5.7 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Enschede

Uit figuur 5.7 blijkt dat de TDG-proef een goede voorspelling doet van de hoeveelheid droge stof in de zandfractie en een redelijk tot goede voorspelling van de hoeveelheid verontreinigingen in het zand.

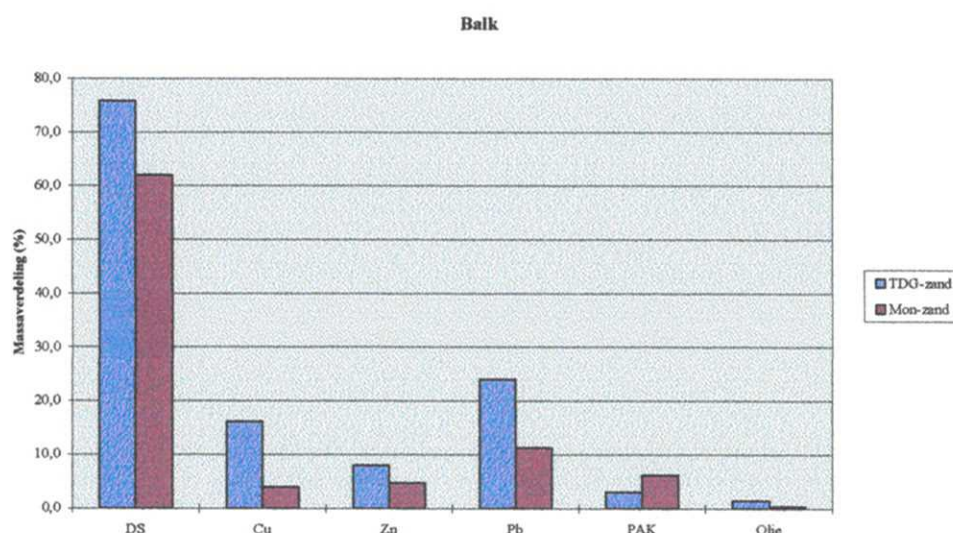


Figuur 5.8 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Zeddam

Ook voor de partij grond uit Zeddam klopt de voorspelling voor wat betreft de hoeveelheid zand. De hoeveelheid Zn in de zandfractie van de praktijkinstallatie is beduidend groter dan in de zandfractie van de TDG-proef. Uit tabel VIII.8 van bijlage 8 blijkt dat dit niet zozeer een gevolg is van het hogere zinkgehalte in de zandfractie (resp. 39 t.o.v. 28 mg/kg bij de TDG-proef), maar van een veel lager Zn in de fijne fractie van de praktijkinstallatie (Zn-concentratie resp. 64 en 288 mg/kg).

5.2.5 Grontmij

De praktijkscheidingsinstallatie die Grontmij heeft beoordeeld, bestaat uit een voorklasseerder, een hydrocycloon en een opstroomkolom. De zandfractie van de TDG-proef moet dus vergeleken worden met het zand na de opstroomkolom. In figuur 5.9 worden de resultaten van de praktijkscheiding vergeleken met die van de TDG-proef. In tabel VIII.9 van bijlage VIII zijn de meetresultaten van de beide scheidingen opgenomen. Met deze partij zijn drie TDG-proeven uitgevoerd (zie hst. 4). De hier gepresenteerde resultaten betreffen gemiddelden van de drie TDG-proeven.



Figuur 5.9 Hoeveelheid droge stof en verontreinigingen in de zandfractie van de TDG-proef en van de praktijkscheiding voor Balk

Grontmij heeft voorafgaand aan de praktijkproef ook een karakterisatieproef uitgevoerd. Hiertoe is het uitgangsmateriaal gezeefd op $63\mu\text{m}$. Het uitgangsmateriaal en de beide zeeffracties zijn vervolgens geanalyseerd op relevante componenten. De resultaten van deze proef staan ook vermeld in tabel VIII.9 van bijlage VIII. Uit deze tabel blijkt dat de verontreinigingsgehalten van de input van de praktijkinstallatie beduidend hoger zijn dan die van het startmateriaal van de TDG-proef en van het uitgangsmateriaal van de karakterisatieproef van Grontmij. Dit maakt een vergelijking van de scheidingsresultaten moeilijk.

De verkregen zandfractie bij de praktijkscheiding bevat 62% van de drogestofmassa. Dit is lager dan de 76 % die de TDG-proef voorspelt. De slibfractie bij van de praktijkscheiding bevat 30% droge stof ten opzichte van 21% bij de TDG-proef. Dit wijst erop, dat het scheidingspunt van de praktijkscheidingsinstallatie hoger is geweest dan $63\mu\text{m}$ (schatting: ca. $100\mu\text{m}$). Het zand van de praktijkscheiding is van betere kwaliteit dan dat van de TDG-proef. Dit betere resultaat is een gevolg van de hogere scheidingsdiameter. De praktijkscheiding bevestigt de verwachting ingegeven door de TDG-proef dat de baggerspecie geschikt is voor een verwerking met DST.

5.3 Overzicht van de scheidingsresultaten van de TDG-proef en van de praktijkscheiding

De TDG-proef is bedoeld om in een vroeg stadium de vraag te beantwoorden of een bepaalde partij grond of baggerspecie al dan niet geschikt is voor een verwerking met natte deeltjesscheidingstechnieken en wat de te verwachten scheidingsresultaten zijn. Het doel van de verwerking met natte deeltjesscheidingstechnieken is

het verkrijgen van een zo groot mogelijke hoeveelheid zand van een voldoende kwaliteit, zodat een nuttige toepassing van dit zand mogelijk wordt. De belangrijkste vraag die de TDG-proef moet beantwoorden is dan ook: hoeveel zand zal worden geproduceerd en wat is de kwaliteit van dit zand?

In tabel 5.1 is voor de negen onderzochte partijen de hoeveelheid en de kwaliteit van de zandstroom van de TDG-proef en van de praktijkscheiding weergegeven. De kwaliteit van de zandfracties is hierbij vergeleken met de toepassingseisen van het Bouwstoffenbesluit. De zware metalen en de organische verontreinigingen olie en PAK zijn afzonderlijk getoetst. Aan de hand van de verkregen resultaten kan worden beoordeeld of de verkregen zandfractie al dan niet geschikt is voor een nuttige toepassing. Bij de toetsing wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende drie mogelijkheden:

n = niet toepasbaar; concentraties hoger dan de samenstellingswaarde

t = toepasbaar, concentratie lager dan de samenstellingswaarde

h = hergebruik, concentratie lager dan de streefwaarde

Tabel 5.1 Vergelijking resultaten TDG-proef met praktijkscheiding

Partij 2)	Hoeveelheid zand (%)			Kwaliteit zandfractie			
	TDG-proef	Praktijkproef	Procentuele afwijking (%)	TDG-proef		Praktijkproef	
				zware metalen ¹⁾	organisch	zware metalen ¹⁾	organisch
Heidemij partij 1	59	60	1,7	t (Zn)	-	t (Zn)	-
Heidemij partij 2-a	63	-	-	t (Zn)	t	t	-
Heidemij partij 2-b	63	-	-	t (Zn + Cu)	t	t	-
Heidemij partij 2-c	63	-	-	h	t	t	-
Spaarne 2	57	36	36,8	h	-	h	-
Spaarne 3/4	77	81	5,1	-	n (olie)	-	n (olie)
Linmij	75	70	6,7	h	-	t	-
Duivendrechtse kade	74	70	7,7	h	n (olie)	t (Zn)	n (olie)
Enschede	78	84	7,7	h	t	h	t
Zeddam	70	83	11,4	h	t	t (Ni)	-
Balk-I	76	62	18,4	h	h	h	t (PAK)
Balk-II	76	62		h	h	h	t (PAK)
Balk-III	76	62		h	h	h	t (PAK)
			gem. 12				

1) = alleen toetsing op basis van samenstellingscriteria, uitlooggegevens ontbreken

2) Voor Heidemij partij 2 en Balk is de TDG-proef in drievoud uitgevoerd

Uit de vergelijking van de resultaten van de TDG-proeven en negen praktijkscheidingen blijkt dat de TDG-proef de hoeveelheid zand die met natte deeltjesscheiding kan worden verkregen goed voorspelt. De gemiddelde procentuele afwijking tussen de TDG-proef en de praktijkscheiding is 12%.

De toetsingsresultaten van de verkregen zandfracties aan de toepassingseisen van het Bouwstoffenbesluit laten zien dat de TDG-proef een gelijke, of iets betere kwaliteit van de zandfractie voorspelt dan in de praktijk wordt gevonden. Twee van de negen zandfracties van de TDG-proef worden op basis van het oliegehalte als niet toepasbaar aangeduid. De overige zeven zandfracties worden op basis van de onderzochte samenstellingseisen als geschikt voor toepassing beoordeeld (voldoen minimaal aan de cat. 1 samenstellingseis). De praktijkproeven komen tot hetzelfde resultaat. Voor zes van de negen partijen komen de TDG-proef en de praktijkproef voor zowel de metalen als de organische verontreinigingen tot eenzelfde indeling. Bij de andere drie partijen verschilt de indeling van de metalen of de organische verontreinigingen.

Uit de toetsingsresultaten van de twee triplo-TDG-proeven blijkt dat voor beide partijen geldt dat de drie verkregen zandfracties, met uitzondering van de zandfractie van de derde TDG-proef van Heidemij partij 2, identiek worden beoordeeld (minimaal toepasbaar). In deze zandfractie voldoen de drie metalen zelfs aan de hergebruikseis.

Samenvattend kan worden gesteld dat de TDG-proef voor alle negen partijen een goede voorspelling geeft van de hoeveelheid te verwachten zandfractie en van de toepassingsmogelijkheden van de zandfractie. Wel moet enige voorzichtigheid worden betracht in situaties waarbij de gemeten verontreinigingsgehalten in de zandfractie juist boven of juist onder de samenstellingswaarde liggen.

6. Conclusies en aanbevelingen

In het kader van het T-2000 programma Natte Deeltjesscheiding is door TNO en Heidemij een proef ontwikkeld voor de toepasbaarheid van natte deeltjesscheidingstechnieken, de T-2000 Deeltjesscheidings Geschiktheidsproef (TDG-proef) [1]. In het onderhavige onderzoek is ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef een gedetailleerd werkvoorschrift opgesteld en is de TDG-proef beproefd op een negental praktijkmonsters.

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

1. De waarde van de uitgevoerde TDG-proef staat of valt met de representativiteit van het gebruikte monstermateriaal. Het aspect van representatieve monsternamen verdient daarom voldoende aandacht. Bij een variantiecoëfficiënt van 0,1 is een monstergrootte van 5-10 kg en een greepgrootte van circa 100 gram vereist (50-100 grepen).
2. Voor sommige materialen (bijvoorbeeld venige baggerspecies) moet men bedacht zijn op de aanwezigheid van agglomeraten, die de resultaten van de TDG-proef beïnvloeden. Voor deze materialen is een voorbehandeling in de vorm van attritiescrubben te overwegen.
3. Voor de uitvoering van de dichtheidscheiding wordt gebruik gemaakt van zware vloeistoffen die worden bereid met het zout natriumpolywolframaat. Deze vloeistoffen hebben ten opzichte van andere vloeistoffen een aantal belangrijke voordelen. Zo zijn ze niet-toxisch en is een hoge dichtheid haalbaar. Twee nadelen van het gebruik van dit zout zijn de hoge kostprijs (300 gulden per kg) en de lage pH van de zoutoplossing bij hoge dichtheid (pH 3-4 bij dichtheid 2,8 g/ml). Bij een pH van 3-4 is de kans op uitloging van metalen groter. Voor twee gebruikte zoutoplossingen is het effect van uitloging van verontreinigingen onderzocht. Hieruit bleek dat er inderdaad sprake was van overdracht van verontreinigingen naar de zoutoplossing. Voor de twee onderzochte zoutoplossingen varieerde het uitloogpercentage van 0,01% tot 5%.
4. De zoutoplossing is in principe geschikt voor hergebruik. Gezien de overdracht van verontreinigingen naar de zoutoplossing en de optredende verkleuring is regeneratie van de zoutoplossing noodzakelijk. Met een behandeling bestaande uit een combinatie van actief kooladsorptie en ionenwisseling zijn positieve ervaringen opgedaan. Na regeneratie dient de kwaliteit van de zoutoplossing door analyse te worden vastgesteld.
5. Met de uitvoering van de TDG-proef zijn circa 12,5 metingen gemoeid.
6. De kosten gemoeid met het uitvoeren van het scheidingsdeel van de TDG-proef worden geraamd op 2100 gulden (exclusief analysekosten).
7. De eerste praktijkervaringen met de uitvoering van de TDG-proef conform het opgestelde werkvoorschrift zijn positief. Het opgestelde werkvoorschrift

en de hierin opgenomen stroomschema's met bijbehorende criteria leidt tot een eenduidige aanpak en eenduidige resultaten.

8. De spreiding in de uitkomsten van de TDG-proef is opgebouwd uit een component ten gevolge van de monsterheterogeniteit en een component ten gevolge van het uitvoeren van de proef. Deze laatste is onder te verdelen in spreiding ten gevolge van de scheiding en ten gevolge van de analyse-onnauwkeurigheid. Uitvoering van in drievoud uitgevoerde TDG-proeven voor twee praktijkmonsters laat zien dat spreiding in de massapercentages droge stof in de zandfractie te verwaarlozen is. De RSD-waarden voor de concentraties van de verontreinigende stoffen in de zandfractie liggen voor metalen tussen ca. 15% en 50%; voor PAK en olie tussen ca. 35 en 70%.
9. Ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef zijn criteria opgesteld. Omdat er sprake is van een niet te verwaarlozen spreiding in de uitkomsten van de proef (zie conclusie 8), is het niet mogelijk om het oordeel over de geschiktheid te baseren op een vaste concentratiewaarde. In plaats daarvan is een concentratiegebied gedefinieerd: concentratiewaarden boven dit gebied leiden tot een negatief oordeel, waarden daaronder tot een positief oordeel en waarden daartussen in tot een nadere overweging en wellicht tot aanvullend onderzoek.
10. Het resultaat van de toetsing van de negen praktijkmonsters is dat alle negen materialen een voldoende hoeveelheid zand bevatten om in aanmerking te komen voor een verwerking met natte deeltjesscheiding. Zes van de negen partijen worden ook op basis van concentratiecriteria als geschikt voor toepassing van natte deeltjesscheiding beoordeeld. Twee partijen worden op basis van het oliegehalte in de zandfractie als niet geschikt beoordeeld en voor een partij geldt dat het oliegehalte in de zandfractie niet ver genoeg onder de samenstellingswaarde ligt om tot een positief oordeel te komen. Voor deze partij is aanvullend onderzoek noodzakelijk is om een definitieve uitspraak te kunnen doen.
11. De resultaten van de TDG-proef komen redelijk tot goed overeen met die van de praktijkscheidingen. Voor alle negen onderzochte partijen geeft de TDG-proef een goede voorspelling van de te verwachten hoeveelheid zandfractie (gem. afwijking 12%). Uit de toetsing van de verkregen zandfracties aan de toepassingseisen van het Bouwstoffenbesluit blijkt dat de TDG-proef een gelijke, of iets beter kwaliteit van de zandfractie voorspelt dan in de praktijk wordt gevonden.
12. Op basis van de eerste bevindingen met negen praktijkmonsters kan worden geconcludeerd dat de TDG-proef een geschikte methode is voor het voorspellen van de scheidingsresultaten met DST.
13. Ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef door milieulaboratoria is een aangepast werkvoorschrift opgesteld, dat puntsgewijs de uitvoering van de TDG-proef beschrijft.

Aanbevelingen

De TDG-proef wordt inmiddels al in de praktijk gebruikt als karakteriseringsmethode (o.a. door RIZA en Rijkswaterstaat). Over de bevindingen is tot op heden nog relatief weinig bekend. Aanbevolen wordt om na een periode van 1 á 2 jaar de ervaringen van de gebruikers te inventariseren en de resultaten te evalueren. Op basis van deze bevindingen kan het werkvoorschrift zo nodig worden aangepast.

7. Referenties

- [1] L.Feenstra, J Joziase, e.a., Karakterisering van grond en baggerspecie, TNO-rapport R95-241, augustus 1995.
- [2] F.P.J. Lamé, R. Bosman, Protocol voor het nader onderzoek, deel 1, SDU uitgeverij, 1993
- [3] F.P.J. Lamé, Een interim-protocol voor de toetsing van partijen grond, TNO-rapport R94/207, augustus 1994
- [4] Vergelijking van 3 karakterisatiemethoden voor baggerspecie, DHV-rapport MT-BD19965935, 25 oktober 1996
- [5] Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming Staatsblad 1995, 567, uitgegeven de dertigste november 1995
- [6] Werken met secundaire grondstoffen, Interprovinciaal beleid voor de milieuhygiënisch verantwoorde toepassing van secundaire grondstoffen in werken, IPO-publicatienummer 75, december 1994
- [7] Grenswaardennotitie, storten gevaarlijk afval, mei 1993
- [8] Staatscourant 120, 26 juni 1996)
- [9] Monitoring verwerking zoute specie Velsen, DHV-rapport MT-BD 19970098, 16 mei 1997
- [10] L. Feenstra, e.a., Werkvoorschrift ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef, TNO-rapport, april 1998

8. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

NOVEM
Sector Milieu
T.a.v. Ir. S.S.J. Houtman
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ing. L. Feenstra	projectleider
Dr. J. Joziase	wetenschappelijk medewerker
W.G. van Marwijk	research medewerker

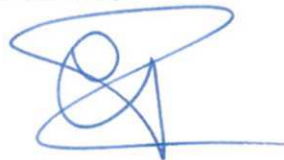
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

december 1995 - juni 1998

Ondertekening:



Ing. L. Feenstra
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. J. de Koning
afdelingshoofd

Bijlage I Nat zeven

I.1 Werkvoorschrift Natte zeefmethode

Werkvoorschrift MEL/SA/001

2 Toestellen

- Zeefapparaat: FRITSCH analysette type 03502, inventaris no. 88047500.
- Zeven: ISO testzeven fabrikaat, B.V. Metaalgaas Twente Hengelo een aflopende maaswijdte van 1000 μm tot 20 μm .

De apparatuur staat opgesteld in ruimte 4-5. De testzeven zijn opgeslagen in ruimte 4-8.

3 Uitvoering

Neem een representatief monster met daarin circa 100 g droge stof en zeef dit over de volgende zeven.

-1000, 500, 250, 125, 63 en als onderste zeef 20 μm . De zeven worden in genoemde volgorde op elkaar gestapeld. Plaats de zeven op het natzeefapparaat. Breng de sproeikoppen aan, één boven de 63 μm zeef en een op de bovenste zeef, nadat het monster op de bovenste zeef is gebracht. Sluit nu met de snekkoppeling de spoelkoppen aan op de waterleiding. Draai de kraan open in de waterleiding en regel naar behoefte de waterhoeveelheid dusdanig te regelen, dat overbelasting op de onderste zeven voorkomt. **Bij een te groot gewicht aan spoelwater kan het zeefgaas uitscheuren.**

De zeefanalyse stoppen als het 'filtraat' helder is. Neem de bovenste sproeikop van de zeven en spoel met behulp van een spuitfles op elke zeef het materiaal uit, het spoelwater wordt doorgespoeld naar de onderliggende zeven. Laat hierbij de zeven op het apparaat staan en schakel, indien nodig, de schudmachine in bedrijf om het water sneller door de zeven te spoelen. Wanneer alle zeven zijn uitgespoeld, de zeven aan de onderzijde met aluminiumfolie afsluiten, dit om deeltjes die tijdens het drogen inkrimpen op te vangen. Al het materiaal en water dat de 20 μm zeef passeert wordt gefiltreerd over een Büchnerrechter met filterpapier (Whatman no. 3).

Plaats de zeven in een droogstoof, en laten drogen tot constant gewicht bij een temperatuur van 40 °C. Na het drogen het materiaal dat op de zeven is achtergebleven, met een zachte borstel of kwast voorzichtig van het zeefdek afvegen en opvangen. Het materiaal dat is achtergebleven op het aluminiumfolie meewegen bij de fractie van de betreffende zeef waar het is doorge gevallen.

Door weging van de zeefresten en de droge filterkoek op het filterpapier worden de gewichten van de droge stof in de verschillende fracties bepaald.

Werkvoorschrift MEL/SA/001

Titel Deeltjesgroottebepaling door middel van natte zeef methode

Aantal pagina's 4

Opgesteld door W.G. van Marwijk

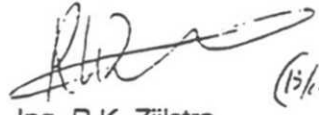
Versienummer 2

Vervangt 1

Geautoriseerd door

Goedgekeurd door


Dr. J.A. Don
afdelingshoofd


Ing. R.K. Zijlstra
afdelingskwaliteitsfunctionaris

Datum 14/10/93

13 oktober 1993

Van toepassing m.i.v.

141093

Het is verboden kopieën van dit werkvoorschrift te maken

Extra exemplaren kunnen worden aangevraagd bij het
secretariaat van de afdeling Milieutechnologie.
Alleen geldig indien met kwaliteitsstempel in rood gewaarmerkt.

Exemplaar nr. 20

2

INMET TNO
MET

1 Inleiding

1.1 Doel

Dit werkvoorschrift heeft betrekking op het bepalen van de deeltjesgrootteverdeling van (water)bodemmonsters door middel van nat zeven. Aan deze analysemethode zijn geen bijzondere gevaren verbonden.

1.2 Beginsel

De deeltjesgrootteverdeling, van een monster, is het relatieve gewichtspercentage van de deeltjes van elke zeeffractie.
De verschillende zeeffracties worden verkregen door het zeven van de slurry (waterbodemmonster) over zeven met verschillende maaswijdten.



Werkvoorschrift MEL/SA/001

VERSIE | DATUM + TIJD AANMAAK | FILEGROOTTE | KOPIE IN BEZIT BI.

I.2 Nauwkeurigheid van de zeefmethode

Om inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van de natte zeefmethode zijn conform het werkvoorschrift met vier verschillende baggerspecies meerdere metingen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn in de grafieken I.1 t/m I.4 opgenomen. In tabel I.1 zijn de resultaten samengevat. In deze tabel staat ook de gemiddelde afwijking in de massabalans vermeld. De vermelde procentuele massaverdelingen betreffen gemiddelden van resp. 5, 4, 3 en 3 metingen.

Van iedere zeeffractie is de standaarddeviatie berekend. De resultaten hiervan staan vermeld in tabel I.2.

Tabel I.1 Samengevatte resultaten natte zeefmethode

Baggerspecie	A	B	C	D
Droge-stofgehalte (%)	49.3	12.4	30.8	11.5
Organisch-stofgehalte (%)	1,7	39,3	9,5	5,2
Gemiddelde afwijking massabalans (%)	2,7	9,7	6,2	7,4
Massaverdeling (%)				
< 20 µm	5.7	30.7	50.4	17.8
20-63 µm	6.9	11.2	6.5	5.7
63-125 µm	21.6	8.1	11.8	8.6
125-500 µm	62.4	39.8	29.9	-
> 500 µm	3.2	11.1	1.5	-
125-250 µm				57.4
> 250 µm				10.5

Uit tabel I.1 blijkt dat de gemiddelde afwijking in de massabalans van de zeefmethode lager is dan 10%. Een dergelijke nauwkeurigheid is voldoende hoog. Indien bij de bepaling van de zeefkromme de afwijking in de massabalans meer dan 20% bedraagt dient de zeefkrommebepaling te worden herhaald.

Tabel I.2 Standaarddeviatie natte zeefmethode

Specie	Org.stof (%)	n	Relatieve standaarddeviatie (%)				
			Zeeffracties				
			< 20µm	20-63 µm	63-125 µm	125-500 µm	> 500 µm
A	1.7	5	4.6	9.8	14.0	5.5	20.3 ¹⁾
B	39.3	4	35.9	20.4	46.1	18.7	38.7
C	9.5	3	3.0	12.1	38.8	20.9	30.3 ¹⁾
D	5.2	3	8.8	9.3	4.2	1,5 ²⁾	13,9 ³⁾

1) deels gevolg van geringe hoeveelheid monster

2) betreft zeeffractie 125-250 µm

3) betreft zeeffractie > 250 µm

Uit tabel I.2 blijkt dat de nauwkeurigheid van de natte zeefmethode afhankelijk is van het type specie. Voor species zoals specie A en D is de spreiding relatief gering. Voor de baggerspecies B en C, beide aan te duiden als moeilijk zeefbare spe-

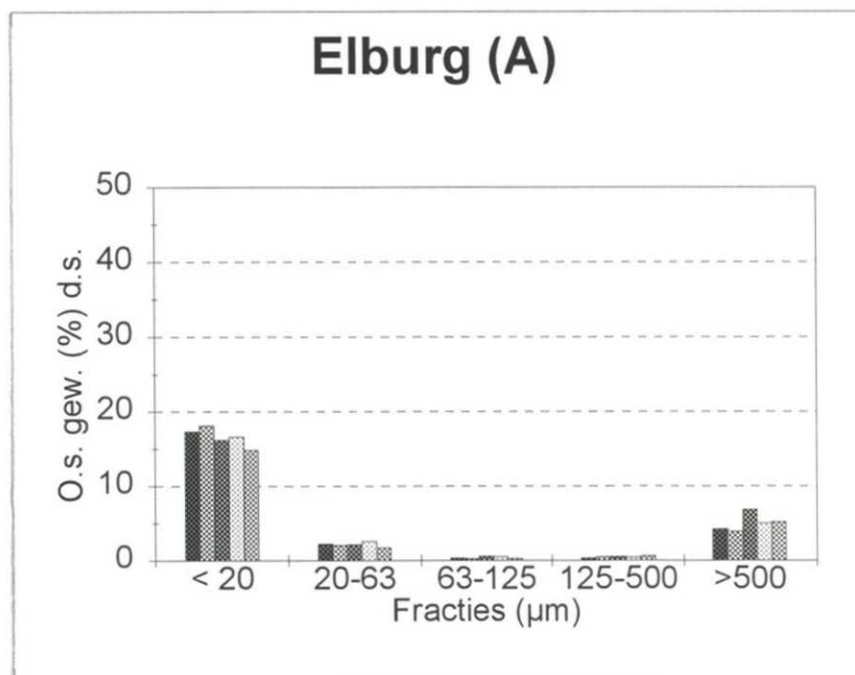
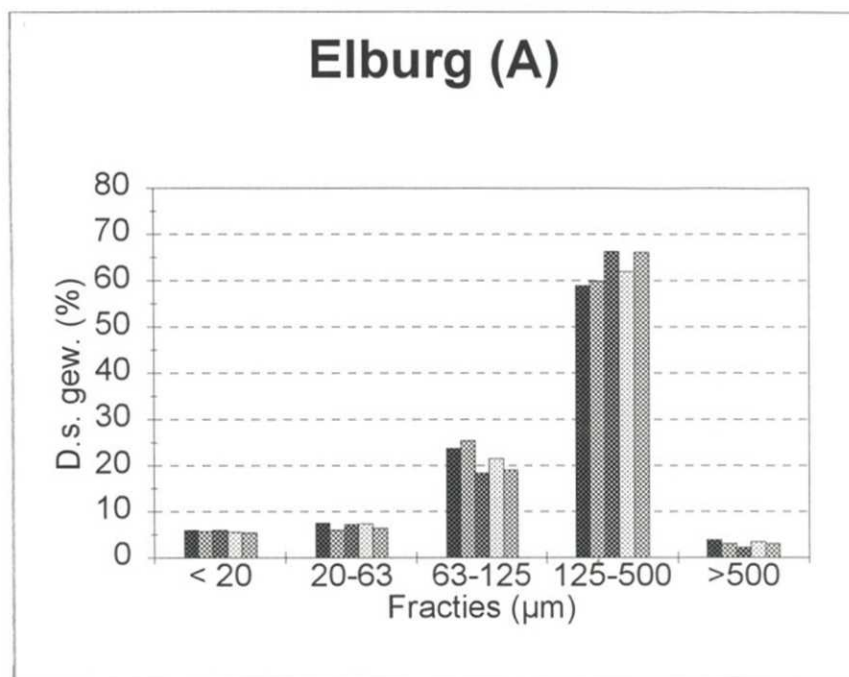
cies, is de standaarddeviatie duidelijk groter. De nauwkeurigheid van de natte zeefmethode voor deze twee species laat te wensen over.

Gezien deze resultaten is het aan te bevelen de zeefkrommebepaling voor niet-zandige species in duplo of triplo uit te voeren.

c. Benodigde zeef tijd en hoeveelheid spoelwater

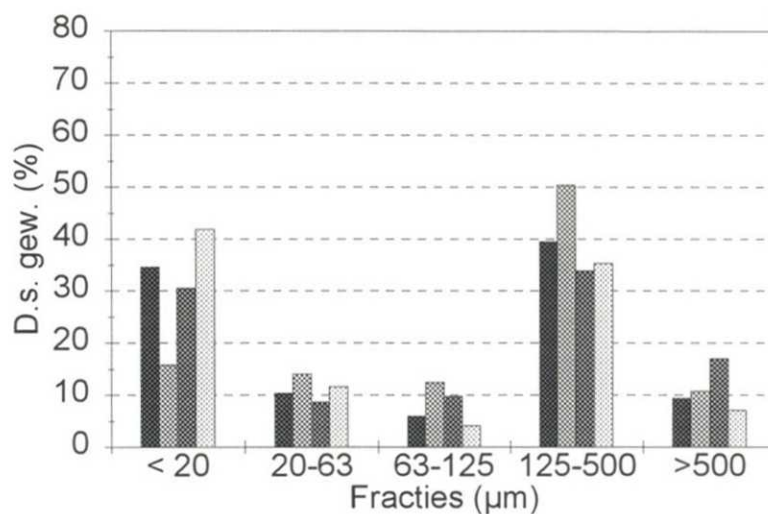
De benodigde zeef tijd en de hoeveelheid spoelwater zijn afgeleide parameters en afhankelijk van de korrelverdeling en het percentage organische stof van een bag-specie. Voor een specie met relatief veel zand en weinig organische stof (zoals specie A) is een zeef tijd van ca. 5 min/100 g ds benodigd. Voor een specie met relatief veel fijne deeltjes (ca. 50%) en een gemiddeld organisch stofgehalte (10%) is een zeef tijd benodigd van ca. 40 min/100 g ds. Voor een specie met veel fijne deeltjes (40%) en een hoog organisch stofgehalte (40%) is een zeef tijd benodigd van meer dan 100 min/100 g ds.

De benodigde hoeveelheid spoelwater varieerde van 1,5 l/100 g ds voor een zandige specie (specie A) tot 34 l/100 g ds voor een specie met veel kleine deeltjes en een hoog organisch stofgehalte (specie C).

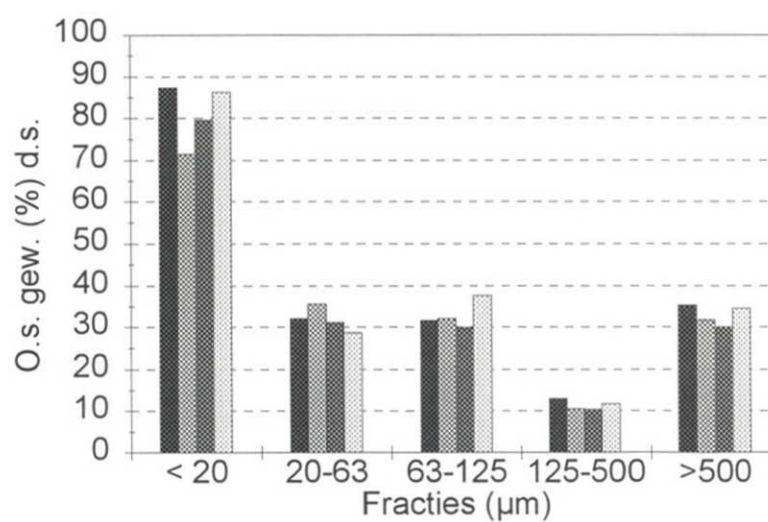


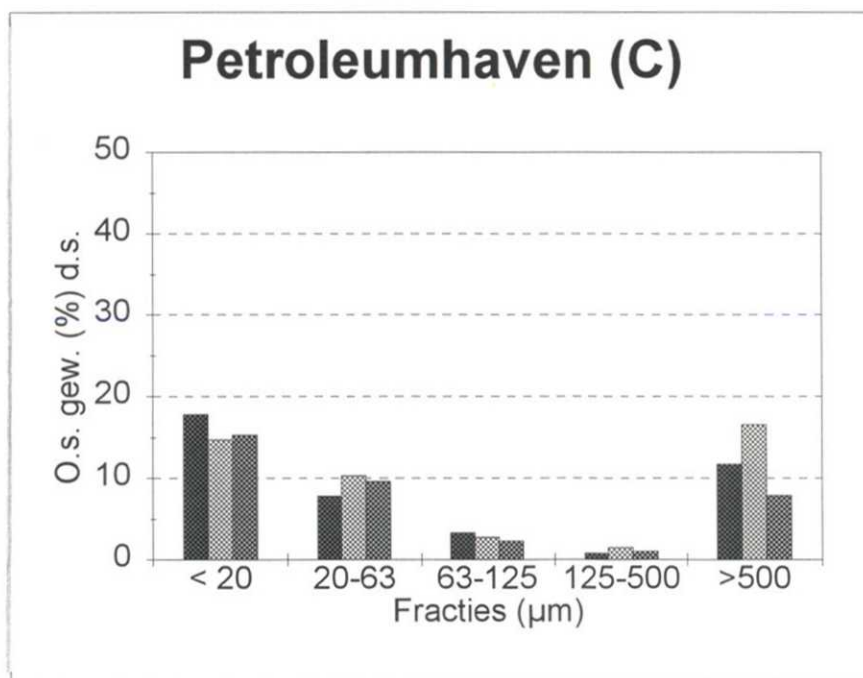
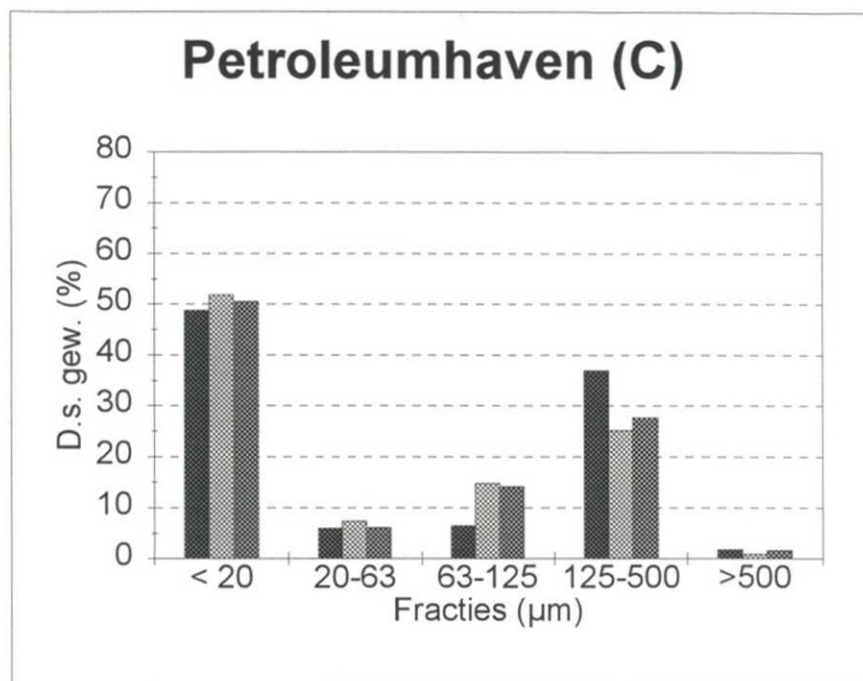
Grafiek I.1

Voorwetering-Nieuwkoop (B)

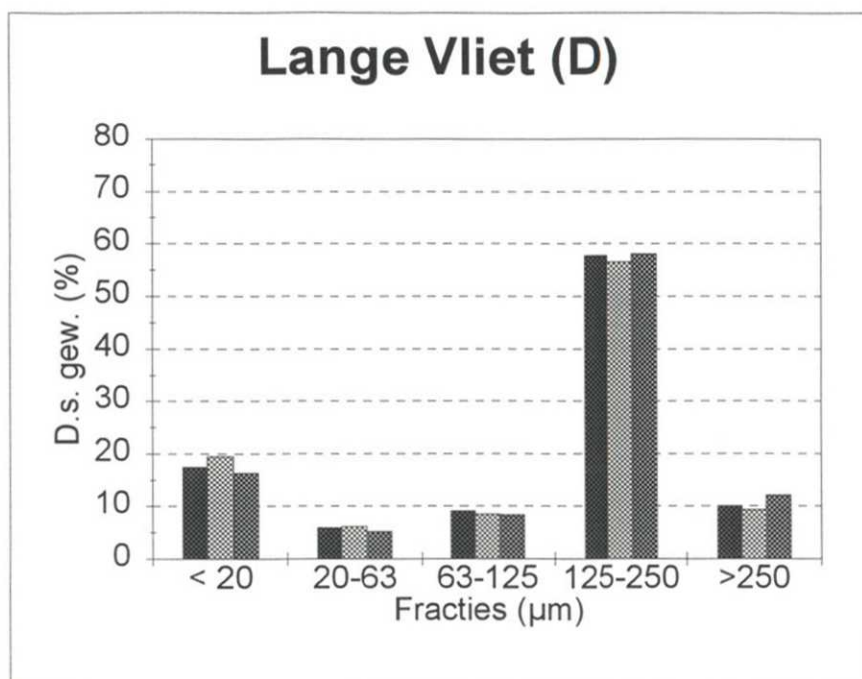


Voorwetering-Nieuwkoop (B)





Grafiek I.3



Grafiek I.4

Bijlage II Voorbehandeling

Inleiding

Van baggerspecie en grond is bekend dat deze soms aggregaten bevatten die bestaan uit verschillende soorten deeltjes, elk met verschillende eigenschappen (dichtheid, oppervlakte eigenschappen, afmetingen, vorm, samenstelling, etc.). Deze agglomeraten moeten voorafgaand aan een behandeling met natte deeltjes-scheidingstechnieken van elkaar los worden gemaakt. Deeltjesscheidingstechnieken kunnen immers alleen met succes worden toegepast, als de deeltjes die op basis van verschillen in bepaalde eigenschappen van elkaar moeten worden gescheiden, ook als afzonderlijke deeltjes voorkomen. Ook bij de uitvoering van de TDG-proef is het van belang om na te gaan of het materiaal in de praktijk al dan niet een voorbehandeling zal moeten ondergaan. Om inzicht te krijgen in het effect van een voorbehandeling op de korrelverdeling en op de verdeling van de verontreinigingen, zijn verschillende voorbehandelingsmethoden beproefd.

Voorbehandeling met ultrageluid

Van drie min of meer willekeurig gekozen baggerspecies is zowel voor als na een ultrasone behandeling van resp. 1, 3 en 6 minuten de korrelverdeling bepaald met behulp van een Laser Particle Analyser. De resultaten staan vermeld in tabel II.1.

Tabel II.1 Effect van ultrasone voorbehandeling op korrelverdeling

	Baggerspecie A		Baggerspecie B				Baggerspecie C	
Organisch stofgehalte (%)	1,1		40				10	
	Voor	Na 6 min.	Voor	Na 1 min.	Na 3 min.	Na 6 min.	Voor	Na 6 min
< 20 µm	6,8	5,8	12,6	30,6	40,0	40,7	61,8	63,2
20-63 µm	4,0	4,1	17,6	32	33,0	32,0	24,1	24,2
63-125 µm	9,8	9,8	11,3	13,5	10,8	9,8	12,5	10,1
125-500 µm	74,6	76,2	52,1	22,4	14,8	15,8	1,6	2,4
> 500 µm	4,8	4,1	6,4	1,3	1,5	1,7	0,0	0,0

Uit tabel II.1 blijkt dat het effect van een ultrasone voorbehandeling zichtbaar is bij één van de drie baggerspecies, namelijk bij baggerspecie B. Deze baggerspecie bevat relatief veel fijne deeltjes en veel organische stof. Het percentage deeltjes in de fracties < 20 µm en 20-63 µm neemt toe van resp. 12,6 % tot 40,7% en van 17,6 % tot 32 %, terwijl het percentage deeltjes in de fractie 125-500 µm afneemt van 52,1% tot 15,8%.

Attritiescrubben

De negen partijen van de monitoringbedrijven zijn allemaal zandig en bevatten weinig organische stof (o.s. < 5%). Wel bevat de baggerspecie van Spaarne 3/4 agglomeraten van kleideeltjes. Bij het nat zeven van deze specie bleven deze kleibolletjes in eerste instantie achter op het zeefdek. Door intensief te sproeien met spoelwater verdwenen de meeste agglomeraten. Op basis van deze ervaringen is de specie van Spaarne 3/4 onderworpen aan een voorbehandeling. Als voorbehandeling is gekozen voor het attritiescrubben omdat van deze methode het meeste effect wordt verwacht en deze ook op praktijkschaal reeds wordt toegepast. Omdat ten behoeve van de monsterneming het materiaal ook een vorm van voorbehandeling heeft ondergaan (verdunnen tot slurry en intensief roeren) is ook het effect van deze behandeling onderzocht. Het attritiescrubben is uitgevoerd zowel met onbehandeld monstermateriaal als met materiaal dat vooraf was verdund tot een slurry en intensief was geroerd. De scrubproef is uitgevoerd met een Denver Sala D12 Laboratory machine (d.s. gehalte slurry circa 60%, toerental 1400 rpm en scrubtijd 30 minuten).

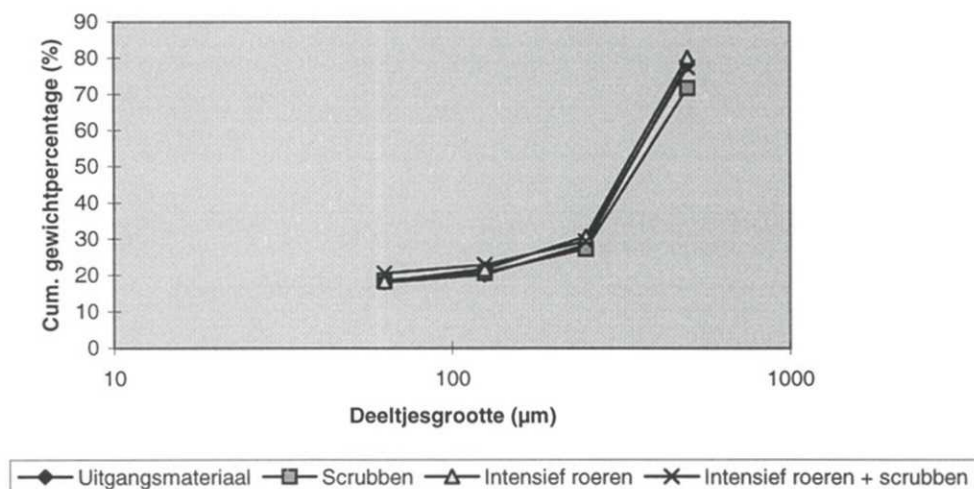
Derhalve zijn de volgende drie methoden van voorbehandeling beproefd:

- a) verdunnen tot slurry en intensief roeren
- b) attritiescrubben
- c) a) + attritiescrubben

Na de voorbehandeling is de korrelverdeling met de natte zeefmethode bepaald. Er is gekozen voor de natte zeefmethode en niet voor de lasermethode, omdat de natte zeefmethode ook bij de TDG-proef wordt gebruikt. Omdat een voorbehandeling ook effect kan hebben op de verdeling van de verontreinigingen is voor en na het scrubben het PAK- en oliegehalte gemeten in de zeeffracties > 500 µm, 63-500 µm en > 500 µm.

Figuur II.2 geeft een beeld van de korrelverdeling van het materiaal verkregen na de drie verschillende voorbehandelingen en van het materiaal zonder voorbehandeling. De gemeten olie- en PAKgehalten in de drie zeeffracties voor en na het scrubben staan vermeld in tabel II.2.

**Fig.II.2 Effect van voorbehandeling
Korrelverdeling Spaarne 3/4**



Uit figuur II.2 blijkt dat bij alle drie de voorbehandelingsmethoden geen noemenswaardig effect is vastgesteld op de korrelverdeling. Wel moet worden opgemerkt dat de natte zeefmethode al een effect van deglomeratie te weeg heeft gebracht. Immers de eerst aanwezige kleiklonten op het zeefdek verdwenen grotendeels door het intensief sproeien met spoelwater.

Tabel II.2 2 Effect van attritiescrubben op verdeling van verontreinigingen

	Olie			
	Concentratie (mg/l)		Massaverdeling (%)	
	Voor	Na	Voor	Na
Zee fractie > 500 μm	180	340	2	3
Zee fractie 63-500 μm	50	46	13	10
Zee fractie < 63 μm	1300	1600	85	87
PAK (10 VROM)				
Zee fractie > 500 μm	13	31	5	10
Zee fractie 63-500 μm	5,7	3,8	51	32
Zee fractie < 63 μm	20	28	44	58

Een behandeling in een attritiescrubber kan tot twee effecten leiden, namelijk het stukslaan van agglomeraten en het verwijderen van verontreinigingen die als een coating om zanddeeltjes aanwezig zijn. Beide effecten leiden tot een verlaging van de verontreiniginggehalten in de zandfractie (en in de grove fractie) en derhalve tot een verhoging van het gehalte in de fijne fractie.

Uit tabel II.2 blijkt dat het scrubben nauwelijks of geen effect heeft op de verdeling van de olie verontreiniging. Het scrubben heeft wel een gering effect op de verdeling van de PAK verontreiniging. Het scrubben leidt tot een iets lager PAK-

gehalte in de zandfractie (afname van 5,7 naar 3,8 mg/kg) en tot een geringe toename van het PAK-gehalte in de fijne fractie.

Resumé

Bij de meeste zandrijke species is een voorbehandeling in de vorm van attritie-scrubben of intensief rondpompen niet noodzakelijk. Voor minder zandrijke species met een relatief hoog organisch-stofgehalte (venige species) moet men bedacht zijn op de aanwezigheid van agglomeraten en is een voorbehandeling aan te bevelen.

Bijlage III Dichtheidscheiding

III.1 Gebruiksaspecten Natriumpolywolframaat

Natriumpolywolframaat ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})$) heeft als hulpmiddel voor het aanmaken van zware vloeistoffen ten opzichte van andere chemicaliën belangrijke voordelen:

1. niet toxisch
2. hoge dichtheid mogelijk (tot 3,0 g/ml, zie bijgaande figuur)
3. eenvoudig te handlen
4. milieuvriendelijk
5. eenvoudig te recyclen

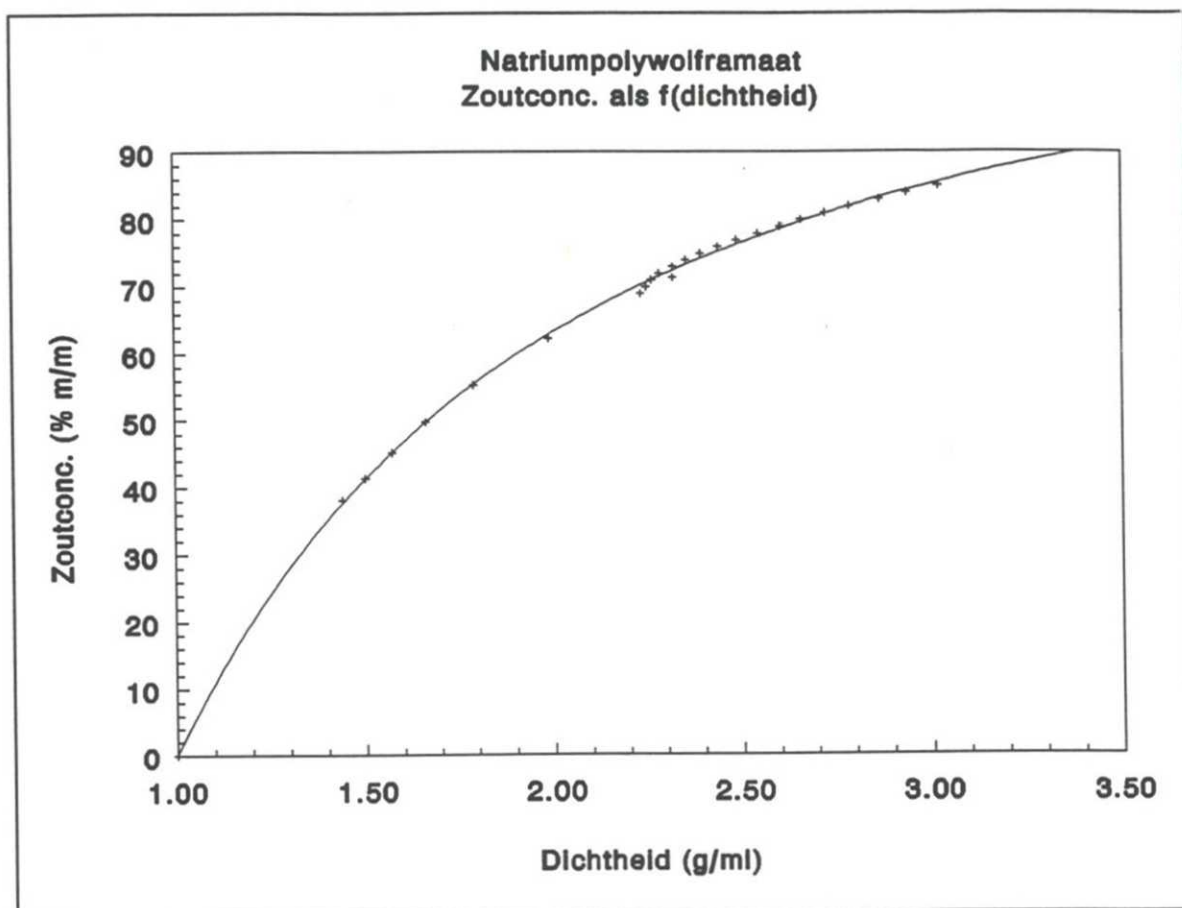
Voor het gebruik van natriumpolywolframaat geldt een aantal aanwijzingen c.q. stelregels te weten:

1. Gebruik alleen gedestilleerd of gedemineraliseerd water bij het aanmaken van een zoutoplossing
2. Gebruik alleen glazen, plastic of roestvrij stalen maatcilinders
3. Voeg de zoutkorrels in kleine hoeveelheden toe aan het water, en niet omgekeerd
4. Vermijd contact met reducerende stoffen *)
5. Het materiaal dient geen oplosbare calciumionen te bevatten **)
6. Gebruik een centrifuge voor het versnellen van de scheiding (met name bij vloeistoffen met een hoge dichtheid)
7. Vermijd bij het verdampen van de oplossing de vorming van kristallen (het opnieuw oplossen kost relatief veel tijd).

*) In aanwezigheid van oplosbare calciumionen wordt het onoplosbare calcium wolframaat gevormd. Door gebruik te maken van een kleine hoeveelheid EDTA kan een oplosbaar complex gevormd.

**) Wanneer de oplossing in contact komt met reductoren (bv. sulfide) kan de oplossing van kleur veranderen (blauwkleuring). Een en ander heeft geen effect op de dichtheidscheiding.

Blauwkleuring kan worden opgeheven door beluchting van de vloeistof of door toevoeging van een geringe hoeveelheid zuur.



Tabel III.1 Analytische data natriumpolywolframaat ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})$) 1)

Macrosamenstelling %		
Leverancier	TC-Tungsten Compounds	Sumetu
WO_3	86 +/- 1	86,66
Na		4,5
H_2O		8,84
Sporenelementen	ppm	ppm
As	< 120	< 5
Bi	< 5	< 2
Co	-	< 1
Cu	< 10 (0,15) 2)	< 1
Fe	< 80	< 1
Mn	< 10	< 1
Mo	< 200	< 2
Nb	-	6
Ni	< 10	< 1
P	< 50	8
Pb	< 5 (< 0,06) 2)	< 1
Sb	< 10	2
Si	< 50	17
Sn	< 5	7
Sr	-	< 1
Ta	-	< 1
U	-	< 10
Zn	- (0,10) 2)	-

1) Opgave door twee leveranciers (TC-Tungsten Compounds en Sometu)

2) (...) = door TNO gemeten gehalten

III.2 Gebruik van centrifuge

Om na te gaan of de scheiding van de drijf- en zinklaag bij sterkere zwaartekrachtvelden kan worden versneld, is een proef uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van een centrifuge (bijvoorbeeld 5-10 minuten bij een toerental van 2000 rpm (725 g)).

Met vier monsters (Heidemij partij 1, Spaarne 3/4, Linmij en Duivendrechtse Kade) zijn de dichtheidscheidingen zowel met als zonder centrifuge uitgevoerd. Zonder centrifuge ontstond snel een drijf- en zinklaag, maar de tussenlaag bevatte dan nog vaste zwevende deeltjes, die pas na langere tijd (3 tot 15 uur) uit de tussenlaag waren verdwenen. Het gebruik van een centrifuge versnelde de scheiding nauwelijks. Ook na centrifugeren bevatte de tussenlaag nog vaste deeltjes, die pas na enkele uren verdwenen.

III.3 Afscheiding van drijfslaag

Voor het afscheiden van de drijf- en de zinklaag zijn de volgende vijf methoden onderzocht:

1. afzuigen van de drijfslaag onder vacuüm
2. gebruik van glaswerk met insnoering
3. afscheiding van de zinklaag door gebruik te maken van een scheitrechter
4. afscheppen van de drijfslaag
5. drijfslaag laten overlopen

Op basis van de resultaten zijn de methoden als volgt beoordeeld:

Tabel III.2 Beoordeling van methoden voor de afscheiding van de drijf- en zinklaag

	Methode				
	I vacuüm- afzuiging	II glaswerk met insnoering	III scheitrechter	IV drijfslaag afscheppen	V overlopen drijfslaag
Nauwkeurigheid	groot	groot	matig (door verstopping)	onnauwkeurig	onnauwkeurig
Gebruiksvriendelijkheid/Handling	eenvoudige methode	omslachtige methode	eenvoudige methode, wel kans op verstopping	moeilijk door verstoring drijfslaag	moeilijk door verstoring drijfslaag
Gebruik centrifuge mogelijk	ja	ja, maar glaswerk is kwetsbaar	nee	ja	ja
Overall-beoordeling	+	0	0/-	-	-

De methode van afzuiging onder vacuüm is als meest aantrekkelijk beoordeeld. Een te overwegen alternatief is het gebruik van speciaal glaswerk met een insnoering. Bij dit glaswerk is halverwege een insnoering voorzien die, nadat een drijf- en zinklaag zijn ontstaan met behulp van een kurk kan worden afgesloten. Hierdoor kan de drijfslaag (met de vloeistof) die zich boven de kurk bevindt, eenvoudig worden afgegoten. Nadelen van deze methode zijn, dat bij het plaatsen van de kurk de drijfslaag wordt verstoord, de insnoering het opdrijven van deeltjes bemoeilijkt en het glaswerk (te) kwetsbaar is voor gebruik in een centrifuge. Belangrijk voordeel van deze methode is dat een fysieke scheiding tussen drijf- en zinklaag wordt gecreëerd.

III.4 Spoelverliezen zoutoplossing

De uitvoering van de dichtheidscheidingsproeven gaat ten gevolge van de handling en het wassen van de verkregen fracties gepaard met enig verlies van de zoutoplossing (spoelverliezen). Navraag bij het RIZA in Lelystad leverde op dat er voor natriumpolywolframaat geen specifieke lozingseisen bestaan. Dit betekent overigens niet dat de zoutoplossing onbeperkt mag worden geloosd op het riool. Ook voor deze stof geldt de plicht alle maatregelen te treffen om de lozing op het riool

zoveel mogelijk te voorkomen. Dit betekent concreet dat alleen de verliezen die optreden bij het scheiden en het wassen en filtreren van de drijf- en zinklaag mogen worden geloosd. Het restant van de zoutoplossing kan worden opgewerkt voor hergebruik of worden teruggezonden naar de leverancier (zie ook punt 5). Geschat wordt dat de spoelverliezen maximaal 10% bedragen. Bij gebruik van circa 1 kg zout per TDG-proef betekent dit dat per TDG-proef maximaal 100 gram natriumpolywolframaat wordt geloosd op het riool.

III.5. Hergebruik van de zoutoplossing

Natriumpolywolframaat, toegepast als zout voor het aanmaken van zware vloeistoffen, heeft ten opzichte van andere zouten belangrijke voordelen. Als bezwaar geldt de hoge kostprijs (fl. 300,-/kg). Voor een standaarduitvoering van de TDG-proef is ca. 1 kg zout benodigd. Uit oogpunt van kostenbesparing maar ook uit oogpunt van beperking van milieubezwaren is de mogelijkheid van hergebruik van de zoutoplossing onderzocht.

Na gebruik kunnen verontreinigingen in de vorm van deeltjes aanwezig zijn. Dit betreft achtergebleven materiaal dat met het spoelen van het glaswerk in de (restanten van de) zware vloeistof terecht is gekomen. In sommige gevallen zal de zoutoplossing na gebruik enigszins bruin gekleurd zijn. Om de zoutoplossing opnieuw te gebruiken als aanlengvloeistof is het noodzakelijk dat deze bruinkleuring wordt opgeheven, omdat de (mate van) scheiding van de zink- en drijfslag visueel moet worden vastgesteld. Daarnaast kan de zoutoplossing ook opgeloste verontreinigingen bevatten, bijvoorbeeld in de vorm van zware metalen. Hieronder worden achtereenvolgens methoden beschreven voor de verwijdering van vaste deeltjes (a), het opheffen van de bruine kleur (b) en het verwijderen van opgeloste zouten (c).

a) Verwijdering van vaste deeltjes

Verontreinigingen in de vorm van vaste deeltjes kunnen met behulp van papierfiltratie worden verwijderd.

b) Opheffen van de bruine kleur

Voor het opheffen van de bruinkleuring zijn de volgende opwerkingsmethoden onderzocht:

- filtreren met behulp van membraanfilters met de volgende poriënwijdttes: 0,025 µm, 0,22 µm, 0,45 µm en 1,2 µm.

De resultaten met membraanfiltratie waren teleurstellend. Of de poriëngrootte was te klein, waardoor verstopping optrad, of de poriën waren te groot, waardoor de vloeistof onvoldoende werd gereinigd.

– behandeling met actief kool

Om de juiste dosering van actief kool te kunnen vaststellen zijn zes verschillende hoeveelheden kool (Norit type row 0.8 s) gemengd met een (gebruikte) zoutoplossing met een dichtheid van 2,6 kg/l. Na 16 uur mengen is de kool van de vloeistof gescheiden door middel van filtratie over een papieren vouwfilter. Het filtraat is visueel beoordeeld op kleur en helderheid. In tabel III.3 staan de resultaten van de doseringsproefjes. Uit deze tabel blijkt dat een behandeling met actief kool bij voldoende dosering een kleurloze vloeistof oplevert. De vereiste dosering van actief kool is minimaal 25 gram actief kool per kg zout.

Tabel III.3 Doseringproeven actief kool

Dosering actief kool		Resultaat	
g/l	g/kg zout	Kleur	Turbiditeit 1)
1,67	0,8	Donker bruin	++
8,3	4	Licht bruin	++
16,7	8	Kleurloos	++
25	12,5	Kleurloos	++
33	16	Kleurloos	+
50	25	Kleurloos	-

1) ++ = zeer troebel
+ = licht troebel
- = helder

c) Verwijdering van opgeloste verontreinigingen

Bij het hergebruik van de zoutoplossing is het van belang te weten in welke mate de zoutoplossing is verontreinigd met opgeloste verontreinigingen. Met name vanwege de lage pH bij hoge dichtheid is de kans aanwezig op uitloging van zware metalen uit het monstermateriaal.

Om inzicht te krijgen in de mate van uitloging van verontreinigingen zijn twee gebruikte vloeistoffen geanalyseerd op verontreinigingen. Daarnaast is ook het ongebruikte zout op verontreinigingen geanalyseerd.

De ene vloeistof betrof een mengsel van vier zoutoplossingen die zijn gebruikt voor de dichtheidscheiding van de zeeffractie 63-500 µm van Heidemij partij 1, Spaarne 3/4, Linnij en Duivendrechtse Kade. De gebruikte zoutoplossingen waren na gebruik nog redelijk helder en kleurloos. Het mengmonster is, na verwijdering van de restanten vaste deeltjes d.m.v. filtratie, geanalyseerd op enkele relevante zware metalen en op minerale olie.

De tweede vloeistof die is geanalyseerd betrof de zoutoplossing die is gebruikt voor de dichtheidscheiding van het grondmonster Heidemij partij 2. Dit grondmonster was relatief sterk verontreinigd met zowel zware metalen als PAK en olie.

Bovendien was dit een van de partijen waarbij de TDG-proef in drievoud is uitgevoerd, zodat voldoende zoutoplossing voorhanden was.

De resultaten van de analyses staan vermeld in tabel III.4.

Tabel III.4 Verontreinigingsgehaltenes zoutoplossingen

Verontreiniging	Verontreinigingsgehalte zoutoplossing (mg/l)		Hoeveelheid verontreiniging (mg)		Uitlooghoeveelheid (%)	
Zoutoplossing A 1)	Voor gebruik	Na gebruik	in vaste stof	in zout-oplossing	Ongecorrigeerd	Gecorrigeerd voor blanco
Metalen: 2)						
Cu	-	0,047	12,4	0,13	1	-
Zn	-	1,0	64,0	2,8	4,4	-
Pb	-	< 0,05	39,9	< 0,140	<0,4	-
Cd	-	0,002	0,264	0,006	2,2	-
As	-	0,046	2,5	0,129	5,1	-
Olie	-	1,4	154	3,9	2,5	-
Zoutoplossing B 3)						
Metalen: 4)						
Cu	0,356 5)	0,57	2,5	0,25	10,1	3,9
Zn	0,245 5)	0,54	8,5	0,24	2,8	1,5
Pb	< 0,145 5)	0,21	8,9	0,09	1,1	0,3
Olie	-	0,14	4,4	0,053	1,2	-
PAK (10 VROM)	-	0,8	1,25	0,0003	0,02	-

1. Zoutoplossing A is restant van vier zoutoplossingen (dichtheid ~2,2 kg/l)
2. Geen voorbehandeling van zoutoplossing (ontsluiting van metalen, zie 4)) toegepast, analyseresultaten en berekende uitloogpercentages daardoor minder betrouwbaar (indicatief)
3. Zoutoplossing B is gebruikt voor dichtheidscheiding 2,9 kg/l met de zeeffractie 63-500 µm van partij 2 van Heidemij
4. Ontsluitingsmethode middels koken met 16 mol/l HNO₃ (neerslagvorming WO₃)
5. Cu-, Zn- en Pb-gehalte per kg zout resp. 0,15 mg, 0,10 mg en < 0,06 mg (zie tabel III.1)

Uit tabel III.4 blijkt dat er wel degelijk verontreinigingen in de zoutoplossing terecht komen. De gehalten in de gebruikte zoutoplossing zijn hoger dan in de ongebruikte oplossing. De metaalgehalten variëren van 2,1 tot 1000 µg/l. Het oliegehalte in zoutoplossing A is 1400 µg/l en in zoutoplossing B 140 µg/l. Het PAK-gehalte van de zoutoplossing B bedroeg 0,8 µg/l. Het PAK-gehalte van zoutoplossing A is niet gemeten.

Naast de gemeten verontreinigingsgehaltenes is het ook van belang te weten hoe de gemeten hoeveelheid verontreiniging in de zoutoplossing zich verhoudt tot de totale hoeveelheid verontreiniging die aanwezig is in de vaste stof die onderworpen is aan een dichtheidscheiding (uitloogpercentage). De berekende uitloogpercentages variëren van < 0,4% voor Pb tot 5% voor As in zoutoplossing A en van 0,02% voor PAK tot 10,1% voor Cu in de zoutoplossing B. Hierbij is niet gecorrigeerd voor de reeds aanwezige hoeveelheid verontreiniging in de ongebruikte zoutoplos-

sing. Wanneer voor zoutoplossing B wel wordt gecorrigeerd voor de aanwezige hoeveelheid metalen in de ongebruikte zoutoplossing, bedragen de uitloogpercentages voor Cu, Zn en Pb resp. 3,9, 1,5 en 0,3%. Deze uitloogpercentages lijken, hoewel niet te verwaarlozen, nog acceptabel. Om te voorkomen dat er “carry-over” van verontreinigende stoffen naar nieuwe niet of minder verontreinigde monsters optreedt, is het bij meermalig gebruik van de zoutoplossing noodzakelijk dat de opgeloste verontreinigingen uit de gebruikte zoutoplossing worden verwijderd. Er zijn twee regeneratiemethoden onderzocht, namelijk:

- behandeling met actief kool (type: Norit Row 0,8 supra, dosering 75 g/l zoutoplossing)
- behandeling met de combinatie actief kool en ionenwisseling (type Lewatit TP207, dosering 0,5 g/l zoutoplossing)

Een behandeling met actief kool is so wie so vereist voor verkrijgen van een heldere zoutoplossing. Daarnaast is actief kool een bekend adsorptiemiddel voor organische verbindingen. Voor de verwijdering van anorganische verbindingen ligt het gebruik van een ionenwisselaar meer voor de hand.

Voor de regeneratie is gebruik gemaakt van restanten van de gebruikte zoutoplossing voor de dichtheidscheiding met Heidemij partij 2. De dichtheid van het mengsel was circa 2,0 kg/l. In tabel III.5 staan de effecten van de beide behandelingen op de verontreinigingsgehaltenes vermeld.

Tabel III.5 Resultaten regeneratieproeven

Verontreiniging	Verontreinigingsgehalte (mg/l)			Rendement opwerking (%)	
	Voor	Na			
		A 1)	B 1)	A 1)	B 1)
Cu	< 0,2	< 0,2	0,17	n.b. 2)	n.b.
Pb	1,7	1,3	0,11	24	94
Zn	0,64	0,51	0,11	20	83
PAK	0,8	< 0,1		> 90	
Olie	140	< 50		> 64	

1. A = na behandeling met actief kool, B = na behandeling met actief kool en ionenwisselaar
2. n.b. niet te berekening

Uit tabel III.5 blijkt dat door een behandeling met actief kool de organische verbindingen effectief worden verwijderd. Het reinigingsrendement voor zware metalen is beperkt. Een behandeling met ionenwisselaar leidt wel tot een effectieve verlaging van de metaalgehaltenes. De metaalgehaltenes na regeneratie met ionenwisselaar zijn (na omrekening naar mg/kg zout) vergelijkbaar met die van de blanco-zoutoplossing (zie tabel III.4).

Na de regeneratie kan de zoutoplossing desgewenst worden ingedampt tot een vloeistof met een hogere dichtheid. In verband met de thermische stabiliteit van het

zout, moet het indampen plaatsvinden bij temperaturen beneden de 60 C. Complete indamping tot droog product moet worden voorkomen.

Door het gelijktijdig regenereren van grotere hoeveelheden zoutoplossing (bijvoorbeeld. 10 liter) kunnen de kosten gemoeid met het regenereren worden beperkt. Na regeneratie dient de kwaliteit van de zoutoplossing door analyse op kritische componenten te worden vastgesteld.

Als gevolg van de vereiste uitgebreide regeneratiemethode en de noodzaak van heranalyse van de zoutoplossing is het nog maar de vraag of door het regenereren en het meermalige gebruik van de zoutoplossing kan worden bespaard op de zoutkosten. Een eerste globale berekening laat zien dat de kosten gemoeid met het gebruik van het zout mogelijk kunnen worden verminderd van 345 gulden tot circa 200 gulden (besparing 145 gulden).

Opmerking

In plaats van zelf de gebruikte zoutoplossing te regenereren kan deze worden opgestuurd naar de leverancier. De leverancier beschikt over faciliteiten om de vloeistof ten behoeve van hergebruik op te werken. Uit informatie van de leverancier blijkt dat de toegepaste methode van opwerking bestaat uit een behandeling met actief kool. De hierdoor verkregen kwaliteit is derhalve niet toereikend voor de TDG-proef.

Resumé

Door verkleuring van de zoutoplossing en het uitlogen van met name zware metalen is hergebruik van de zoutoplossing alleen aan te bevelen na regeneratie van de zoutoplossing. Een effectieve methode van regeneratie is de combinatie actief kool en ionenwisselaar. Na regeneratie van de zoutoplossing dient de kwaliteit van de zoutoplossing door analyse op kritische componenten te worden geverifieerd. Door regeneratie van de zoutoplossing kan mogelijk op de kosten gemoeid met het zoutverbruik worden bespaard. Een eerste berekening laat zien dat door regeneratie de kosten gemoeid met het zoutverbruik kunnen worden verlaagd van 345 naar 200 gulden per TDG-proef.

Aannamen voor de berekening:

- spoelverlies zout per TDG-proef 20%
- Per proef ontstaat circa 1 l verdunde zoutoplossing met een s.g van 1.8-2.0 g/ml
- Per charge 10 l zoutoplossing regenereren
- Loonkosten per charge 700 gulden
- Kosten gebruik actief kool + ionenwisselaar 50 gulden per charge
- Analysekosten 500 gulden (uitgaande van vijf metaalverbindingen en olie en PAK, inclusief aangepaste voorbehandeling)
- Overige kosten voor regeneratie 50 gulden

Totale kosten per charge van 10 liter bedragen 1300 gulden, oftewel circa 130 gulden per TDG-proef. Netto kosten zoutverbruik per TDG-proef: $0,2 * 345 + 130 = 200$ gulden.

III.6. Nauwkeurigheid van de dichtheidscheiding

Om inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van de dichtheidsscheidingsproeven zijn met twee verschillende species in viervoud dichtheidsseparaties uitgevoerd bij een dichtheid van 2.0 en 2.9 g/ml. De uitvoering van de proeven was conform het opgestelde protocol, met uitzondering van de hoeveelheid droge stof van het te scheiden materiaal. Omdat er geen chemische analyses vereist waren, zijn de proeven niet met ca. 100 gram droge stof uitgevoerd, maar met resp. 16 en 8 gram droge stof.

De resultaten staan vermeld in tabel III.6 en III.7. In deze tabellen staat ook de gemiddelde afwijking in de massabalans van de vier proeven. Daarnaast zijn voor de drijf- en zinklaag de standaarddeviaties berekend. Ook de resultaten van deze berekeningen staan vermeld in tabellen III.6 en III.7.

Tabel 6 Resultaten dichtheidscheiding met zeeffractie 63-500 m van baggerspecie A

Dichtheid vloeistof (g/ml)	n	Massaverdeling in % ¹⁾		Gemiddelde afwijking massabalans in %	Relatieve spreiding (%)	
		Drijfslaag	Zinklaag		Drijfslaag	Zinklaag
2.0	4	0.9	99.1	2.6	42.8 ²⁾	3.7
2.9	4	98.5	1.5	1.0	0.3	19.9 ²⁾

1. proeven uitgevoerd met 16.1 gram droge stof, percentage betreft gemiddelde van vier metingen
2. grote spreiding gevolg van beperkte hoeveelheid monster (ca. 0.2 gram droge stof)

Tabel III.7 Resultaten dichtheidscheiding met zeeffractie 63-500 m van baggerspecie B

Dichtheid vloeistof (g/ml)	n	Massaverdeling in % ¹⁾		Gemiddelde afwijking massabalans in %	Relatieve spreiding (%)	
		Drijfslaag	Zinklaag		Drijfslaag	Zinklaag
2.0	4	21.6	78.4	0.6	7.8	2.0
2.9	4	97.0	3.0	6.6	4.9	86.6 ²⁾

1. proeven uitgevoerd met 8.3 gram droge stof, percentage betreft gemiddelde van vier metingen
2. grote spreiding gevolg van beperkte hoeveelheid monster (ca. 0.2 gram droge stof)

Uit de resultaten blijkt dat ondanks de relatief geringe hoeveelheid droge stof die is ingezet, de afwijking in de massabalans klein is (< 10%). Bij gebruik van 100 gram droge stof zal de afwijking waarschijnlijk nog geringer zijn.

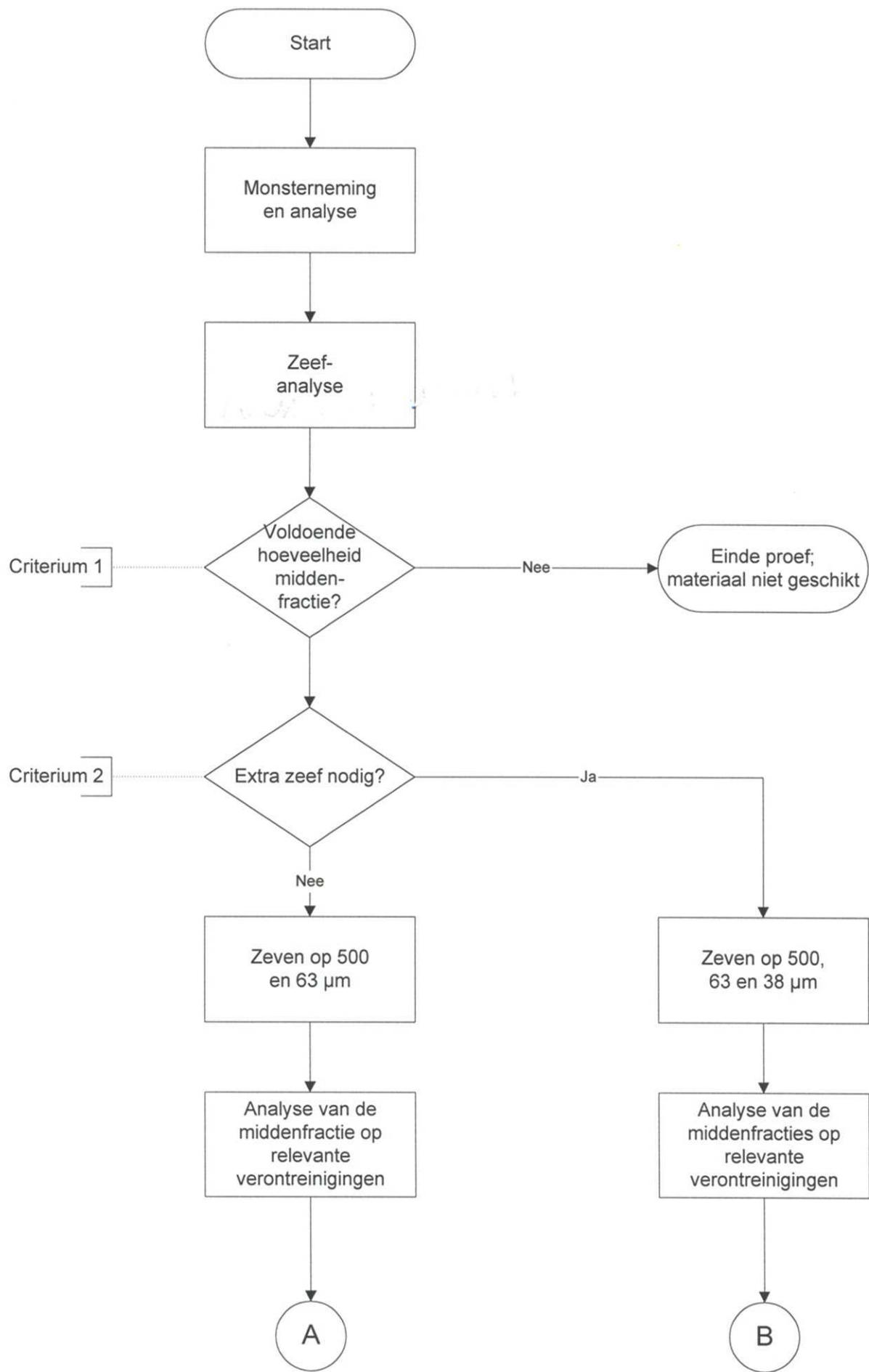
Op basis van deze metingen kan worden geconcludeerd, dat de nauwkeurigheid van de dichtheidsseparatiemethode uitgevoerd conform de opgestelde werkwijze

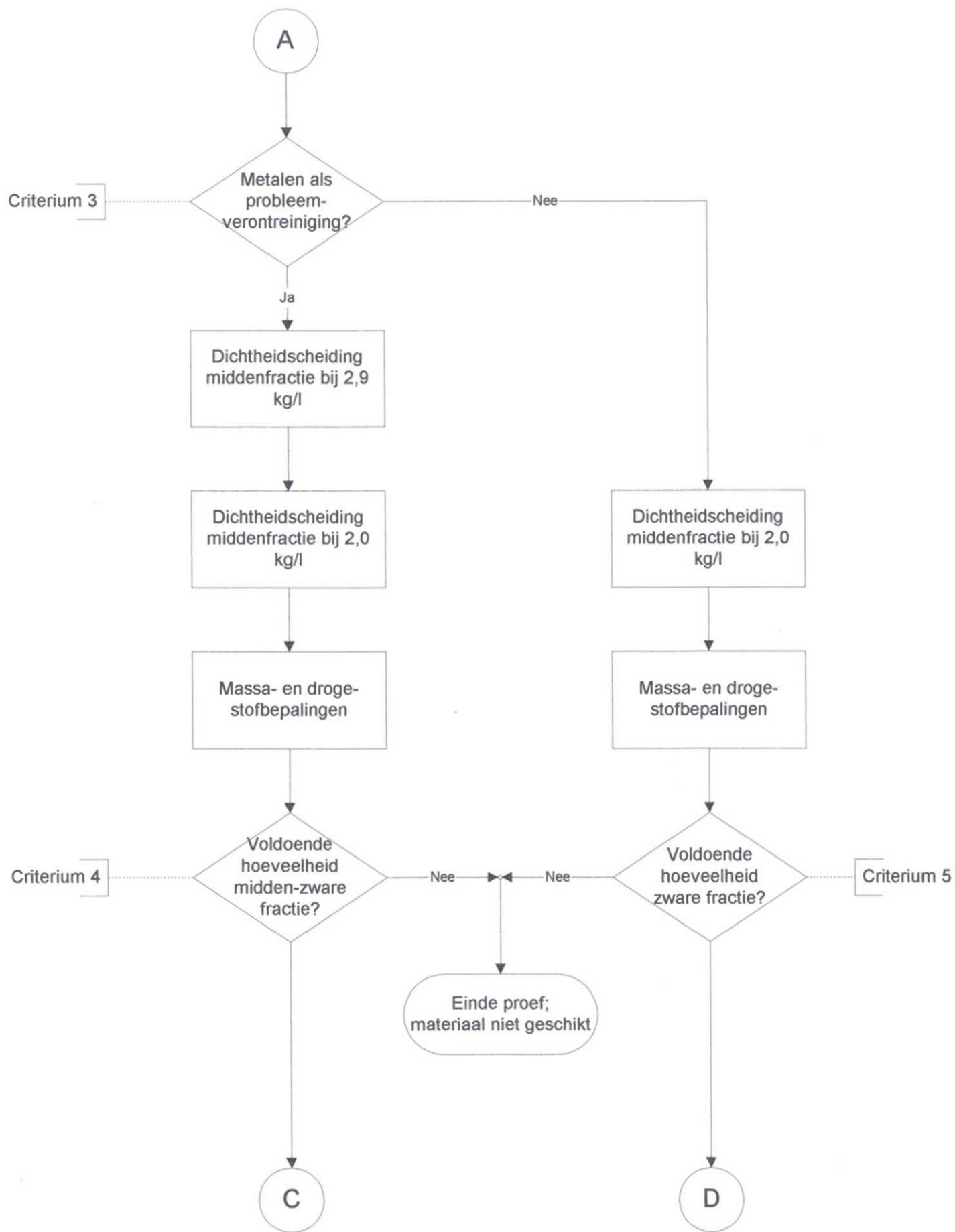
(afscheiding drijfslaag d.m.v. afzuiging met vacuüm en intensieve spoel/filtratiestap van de drijf- en zinklaag) voldoende hoog is.

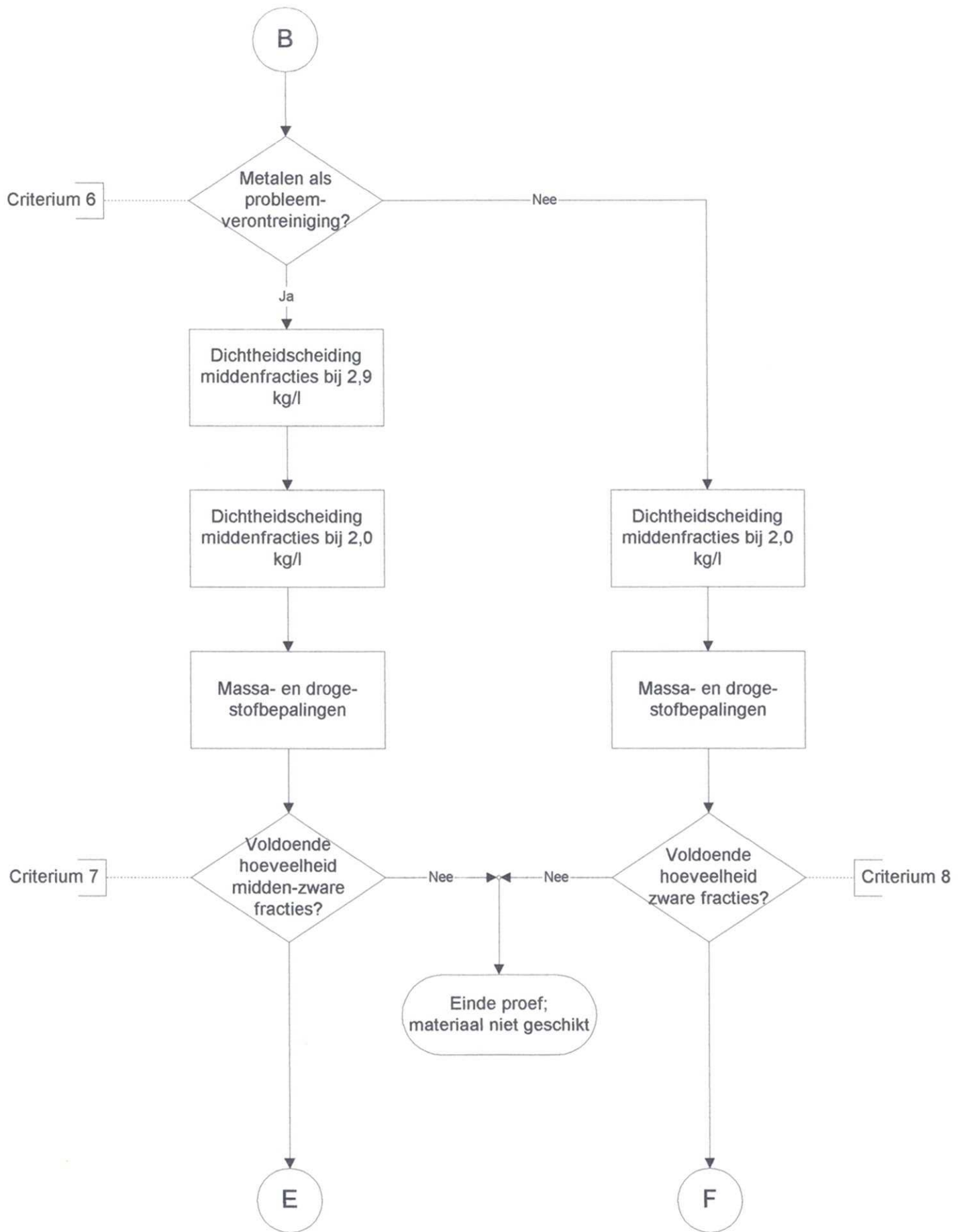
Indien bij de uitvoering van de dichtheidscheiding de afwijking in de massabalans meer dan 20% bedraagt, dient de dichtheidscheidingsproef te worden herhaald.

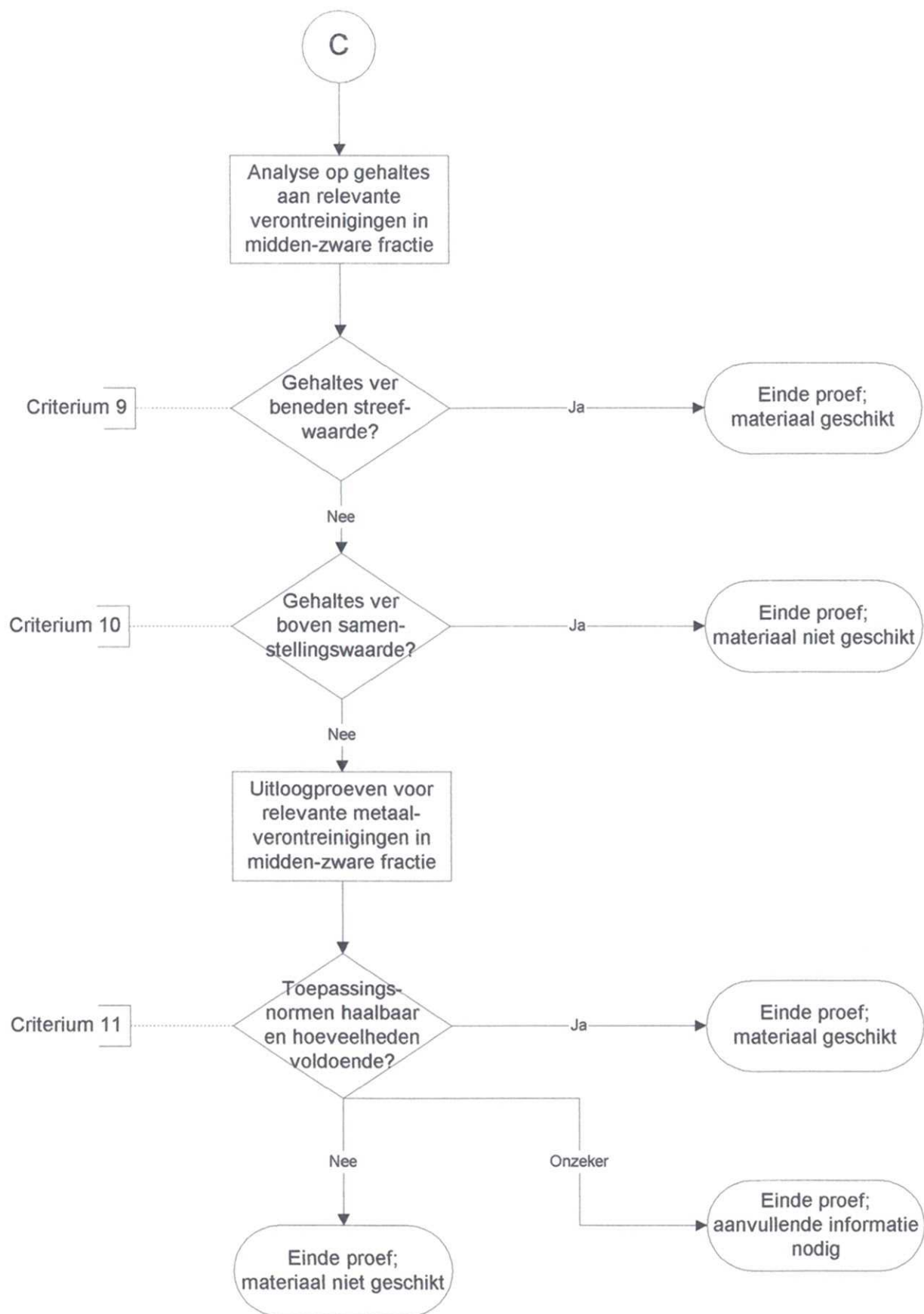
De spreiding in de hoeveelheid droge stof in de drijf- en zinklaag is relatief gering, mits de hoeveelheid droge stof voldoende hoog is. Als de hoeveelheid droge stof in de drijf- of zinklaag kleiner is dan 1 gram, is de onnauwkeurigheid onacceptabel hoog. In dat geval wordt dan ook aanbevolen deze hoeveelheid niet te bepalen door meting, maar te berekenen uit de massabalans.

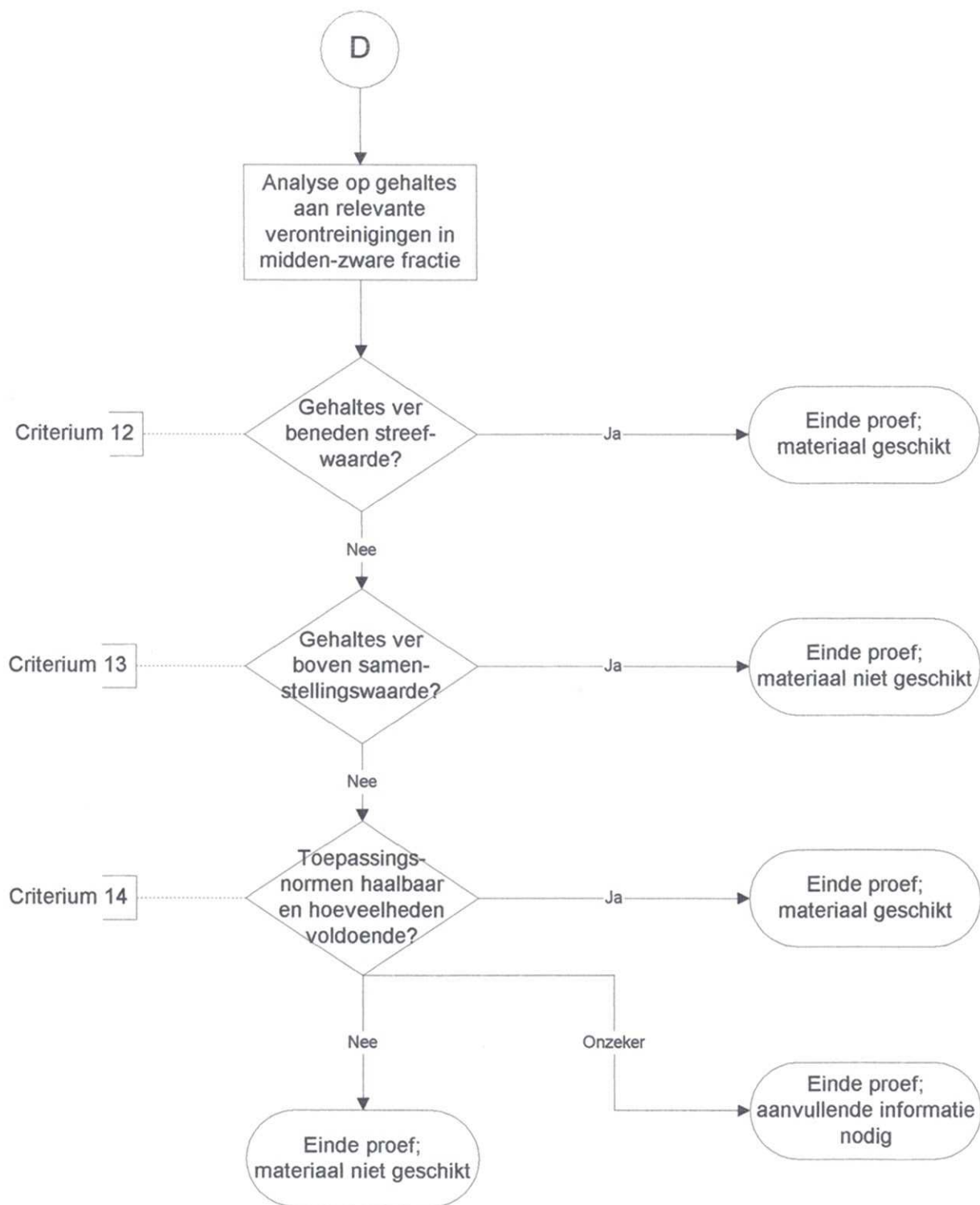
Bijlage IV Flowcharts en criteria TDG-proef

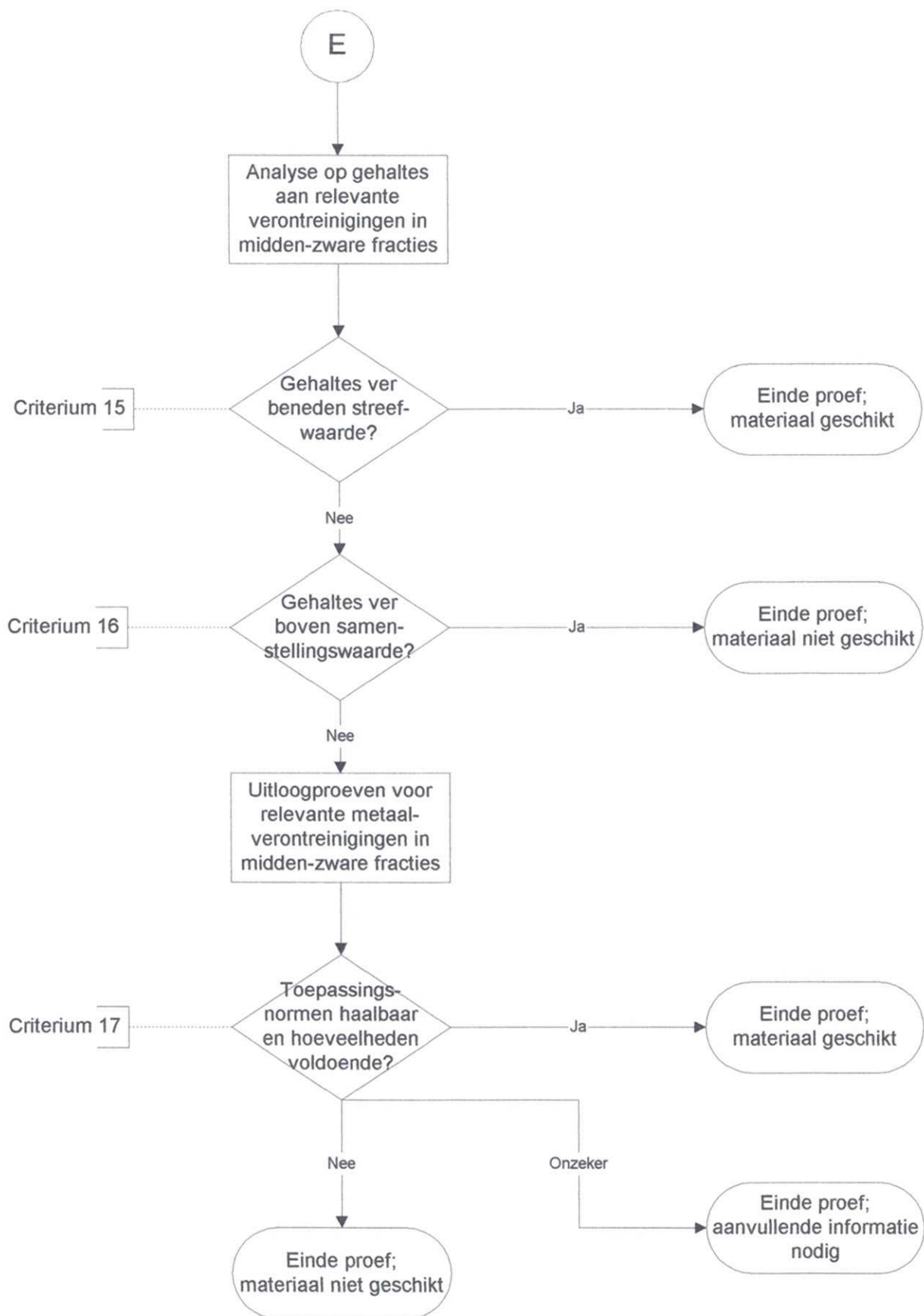


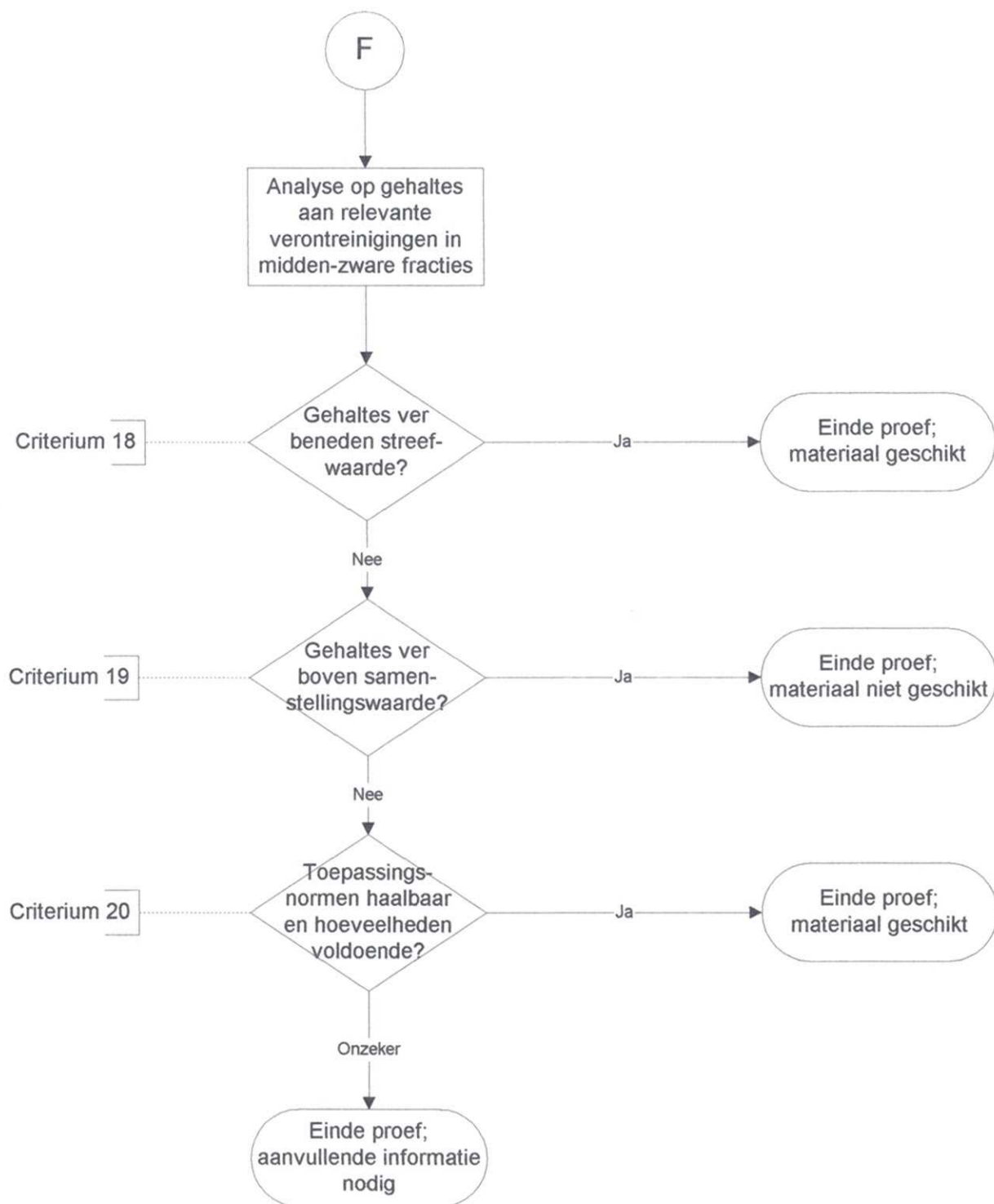












Criteria flowcharts TDG-proef

- | | |
|-------------|--|
| Criterion 1 | Nee, als uit de zeefanalyse blijkt dat de fractie 38 - 500 μm minder dan 50 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterion 2 | Ja, als uit de zeefanalyse blijkt dat de fractie 38 - 63 μm meer dan 20 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterion 3 | Ja, als tenminste één van de zware metalen in de middenfractie (63 - 500 μm) voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde (gecorrigeerd voor lutum- en organische-stofgehalte). Als de resultaten van de fractie-analyse nog niet bekend zijn, geldt als criterium dat tenminste één van de zware metalen in het oorspronkelijke materiaal voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde. |
| Criterion 4 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de midden-zware fractie minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterion 5 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de zware fractie minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterion 6 | Ja, als tenminste één van de zware metalen in één van de middenfracties (38 - 63 μm of 63 - 500 μm) voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde (gecorrigeerd voor lutum- en organische-stofgehalte). Als de resultaten van de fractie-analyse nog niet bekend zijn, geldt als criterium dat tenminste één van de zware metalen in het oorspronkelijke materiaal voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde. |
| Criterion 7 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de midden-zware fracties in hun totaliteit minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevatten. |
| Criterion 8 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de zware fracties in hun totaliteit minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevatten. |
| Criterion 9 | Ja, als de gehalten aan metalen en organische microverontreinigingen in de midden-zware fractie lager zijn dan 1/fs maal de betreffende streefwaarden. De waarde van de factor f_s wordt bepaald door de spreiding in de resultaten. Voor PAK en olie is de waarde van $f_s = 1,7$ Voor metalen is $f_s = 1,5$. |

- Criterium 10** Ja, als het gehalte voor één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde. De waarde van f_p wordt bepaald door de mogelijkheden die er zijn de zandfractie met aanvullende polishing technieken verder te reinigen. De waarde van f_p wordt voorlopig (arbitrair) gesteld op 2. Deze waarde is bewust niet erg streng gekozen, omdat het niet onmogelijk moet worden geacht dat door een goed geoptimaliseerde keuze van technieken (bijvoorbeeld toepassen van flotatie) en procesparameters een beter resultaat mogelijk is dan met de proef wordt gevonden. De waarde van f_s voor metalen is 1,5 en voor PAK en olie 1,7.
- Criterium 11** Ja, als de midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde en daarnaast de emissie van metalen lager is dan $1/f_u$ maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 5 m. Het materiaal kan (afhankelijk van de gemeten emissie en de toepassingshoogte) hetzij als categorie-I, hetzij als categorie-II bouwstof worden toegepast. Voor de waarde van f_u zijn in dit onderzoek geen gegevens opgedaan, maar een waarde van ca. 2 lijkt niet onredelijk.
Nee, als voor één (of meer) verontreiniging(en) de emissie hoger is dan f_u maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 0,5 m.
In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende toepassingsseisen en uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.
- Criterium 12** Ja, als de gehalten aan organische verontreinigingen in de midden-zware fractie lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarde.
- Criterium 13** Ja, als het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) in de midden-zware fractie hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterium 14** Ja, als de midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.

- Criterium 15** Ja, als òf de gehalten aan metalen en organische micro-verontreinigingen in één van beide midden-zware fracties lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en deze fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster) òf als in beide fracties de gehalten aan metalen en organische micro-verontreinigingen lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en de som van deze fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat.
- Criterium 16** Ja, als òf voor één van beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde en de andere fractie minder dan 40 % van de droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster), òf voor beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterium 17** Ja, als één van beide midden-zware fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde en daarnaast de emissie lager is dan $1/f_u$ maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 5 m. Het materiaal kan (afhankelijk van de gemeten emissie en de toepassingshoogte) hetzij als categorie-I, hetzij als categorie-II bouwstof worden toegepast. Het antwoord is eveneens positief als bovengenoemde verontreinigingsgehalten en uitloogeigenschappen voor beide fracties gelden en deze fracties in totaal meer dan 50 % van de massa droge stof bevatten.
Nee, als voor beide fracties één (of meer) verontreiniging(en) de emissie hoger is dan f_u maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 0,5 m òf als dit geldt voor één van beide fracties en de massa droge stof in de andere fractie kleiner is dan 40 % van de totale hoeveelheid.
In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.
- Criterium 18** Ja, als òf de gehalten aan organische verontreinigingen in één van beide midden-zware fracties lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en deze fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster) òf als in beide fracties de gehalten aan organische verontreinigingen lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en de som van deze fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat.

- Criterion 19 Ja, als òf voor één van beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan vijf maal de betreffende samenstellingswaarde en de andere fractie minder dan 40 % van de droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster), òf voor beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterion 20 Ja, als één van beide midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende interventiewaarde. Het antwoord is eveneens positief als bovengenoemde verontreinigingsgehalten voor beide fracties gelden en deze fracties in totaal meer dan 50 % van de massa droge stof bevatten.
- In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.

Bijlage V Tijdsinspanning en kostenraming van de TDG-proef

In deze bijlage wordt ingegaan op de tijdsinspanning en de kosten gemoeid met de uitvoering van de TDG-proef. Bij het opstellen van de kostenraming is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de uitvoering vindt plaats conform het opgestelde protocol
- laborant heeft ervaring in onderzoek op het gebied van natte deeltjesscheiding
- kostprijs natriumpolywolframaat 300 gulden/kg
- zoutverbruik per standaard TDG-proef 1150 gram
- dagtarief laboratoriummedewerker 1000 gulden
- dagtarief researchmedewerker 1500 gulden
- tarief analyses en minimaal benodigde monsterhoeveelheid per analyse:

Onderdeel	Tarief (fl.)	Monstergrootte (g)
droge-stofbepaling	18	10
org.stofbepaling	20	10
bepaling zeefkromme	150	100
ontsluitingskosten	50	
uitloogproef	500	1000
metalen AAS	25	2
metalen koude damp	45	2
metalen ICP	12	2
PAK's (10 VROM)	145	20
Min. Olie (IR)	140	20
Min. Olie (GC)	90	20
PCB's	225	20
Dioxines	2100	30

De uitvoering van het scheidingsdeel van een standaard TDG-proef omvat de volgende onderdelen:

- monsterneming/voorbereiding van verzamelmonster
- bepaling zeefkromme in enkelvoud of duplo
- nat zeven met de normzeven 500 en 63 μm
- dichtheidscheiding van de fractie 63-500 μm (ca. 100 g ds) bij dichtheid 2,9 en 2,0 g/ml.
- bepaling massabalans droeg stof over verkregen fracties
- begeleiding en rapportage

In tabel V.1 staat een uren- en kostenraming vermeld van het scheidingsdeel van een standaard TDG-proef.

Tabel V.1 Kostenraming scheidingsdeel TDG-proef

Onderdeel	Uren	Loonkosten (fl.)	Materiële kosten (fl.)	Totale kosten (fl.)
monsterneming/ voorbewerking	1.25			
bepaling zeefkromme	3.50		50 ¹⁾	
nat zeven	1.50		25 ¹⁾	
dichtheidscheiding	4.25		345 ²⁾	
uitwerken, begeleiding en rapportage	2.00			
Totaal	12.5	1,680	420	2,100

1) huur apparatuur

2) kosten zoutverbruik

Uit tabel V.1 blijkt dat de kosten gemoeid met de uitvoering van het scheidingsdeel van een standaard TDG-proef in de orde grootte liggen van 2.100 gulden. Het aantal uren gemoeid met de uitvoering van het scheidingsdeel van de TDG-proef wordt geraamd op 10.5 uur. Voor het uitwerken, begeleiding en de rapportage is rekening gehouden met 2 uur.

De kosten van de TDG-proef zijn afhankelijk van de uitgebreidheid van de proef. Zo kan in een aantal gevallen de bepaling van de korrelverdeling achterwege blijven. Ook kan in plaats van vers zout gebruik worden gemaakt van geregenereerd zout. Verder kan bij materiaal dat alleen verontreinigd is met organische verontreinigingen, een dichtheidscheiding bij een dichtheid van 2,9 g/ml achterwege blijven. Meerwerk ten opzichte van de standaard TDG-proef is bijvoorbeeld het uitvoeren van de zeefkrommebepaling in duplo en de uitvoering van de dichtheidscheiding voor twee zeeffracties.

De meer- en minderkosten van enkele modificaties op de standaard TDG-proef staan vermeld in tabel V.2.

Tabel V.2 Meer- en minderkosten van enkele modificaties van de TDG-proef

Modificatie	Meer- of minderkosten (fl.)	Totale kosten TDG-proef (fl.)
gebruik van geregenereerd zoutoplossing	-145	1955
zonder zeefkromme	-500	1600
alleen dichtheidscheiding bij dichtheid 2.0 g/ml	-450	1650
zeefkromme in duplo	+500	2600
dichtheidscheiding met twee tussenfracties	+750	2850

Uit tabel V.2 blijkt dat zonder uitvoering van een zeefkrommebepaling en met gebruikmaking van geregenereerd zout de kosten van een TDG-proef circa 1455 gulden bedragen.

Om enig inzicht te krijgen in de kosten van de TDG-proef inclusief de chemische analyses van het startmateriaal, de zandfractie en de overige fracties staat in tabel V.3 een kostenraming van de TDG- proef vermeld inclusief analyse op PAK en zware metalen.

Tabel V.3 Kostenraming TDG-proef inclusief analyses op PAK metalen ¹⁾

Onderdeel	Uren	Loonkosten (fl.)	Materiële kosten (fl.)	Totale kosten (fl.)
monsterneming/ voorbewerking	1.25			
analyse startmonster			400	
bepaling zeefkromme	3.50		50 ²⁾	
nat zeven	1.50		25 ²⁾	
analyse tussenfractie			400	
dichtheidscheiding	4.25		345 ³⁾	
analyses eindfracties			2,000	
rapportage	2.00			
Totaal	12.5	1,680	3,220	4,900

1) Analyse startmateriaal en vrijkomende fracties op droge stof, org.stof, PAK en metalen (7 ICP en 1 koude damp)

2) huur apparatuur

3) kosten zoutverbruik

Bijlage VI Uitvoering en resultaten van TDG-proeven

VI.1 Selectie en monstername van praktijkmonsters

Tabel VI.1 Overzicht van de geselecteerde partijen baggerspecie- en grond

Parameter									
Monitoring-bedrijf	De Vries & van de Wiel		Heidemij		HWZ		BRP/Grontmij	Boskalis Dolman/Theo Pouw	
Baggerspecie of grond	Baggerspecie	Baggerspecie	Baggerspecie	Grond	Grond	Grond	Baggerspecie	Grond	Grond
Omschrijving	Spaarne kl. 2	Spaarne kl. 3/4	Heidemij partij 1	Heidemij partij 2	Duiven-drechtse kade, Amsterdam	Linmij, Amsterdam	Luts (Balk)	Enschede	Zeddam
Herkomst	Baggerspecie is in zomer 1995 gebag-gerd en in depot gezet.	Baggerspecie is in zomer 1995 gebag-gerd en in depot gezet.	IJssel, verontreini-ging gevolg van lozingen	grond afkomstig van zwaar vervuild terrein waar o.a. gasfabrieken, een sloperij en een stortplaats hebben gestaan	Behangsel-fabriek (tussen 1940-1945 gebruikt als vliegtuig-fabriek)	Wasserij, opslag motorbrand-stof	tijdelijke opslag TOP Leeuwarden; verontrei-nigen afkomstig van lozingen	afkomstig van voormalig Olikoterrein aan de Em-mastraat; in de jaren 60/70 is olie als vloeistof in bodem terecht gekomen door lekkage van onder-gondse olieopslag	Verontreinigingen Ni en Zn zijn in periode 1945 tot 1969 als vloeistof in bodem terecht gekomen ten gevol-ge van activiteiten van galvanisch bedrijf
Monstername materiaal t.b.v. TNO-project	meerdere steekmonsters uit beun (vooraf niet gezeefd)	meerdere steek-monsters vanuit beun (vooraf niet gezeefd)	50 steek-monsters à 2 kg, daarna gezeefd op 2 mm	meerdere steek-monsters	meerdere steek-monsters, vooraf gezeefd op 4 mm	meerdere steek-monsters, vooraf gezeefd op 4 mm	meerdere steekmon-sters van ingangsmatei-raal praktijkinstallatie	meerdere steekmonsters van opvoerband installatie (vooraf niet gezeefd)	meerdere steekmonsters van opvoerband installatie (vooraf niet gezeefd)
Inkeurings-gegevens:									
Korrelverdeling	-	-	-	-	d50 = 200 µm	d50 = 200 µm	< 2 µm = 6.4% < 16 µm = 8.5% < 63 µm = 21% < 210 µm = 73% > 210 µm = 22%	< 63 µm = 11% 63-125 = 19,4% 125-500 µm = 61.4% > 500 = 8,4% > 2000 = 0% D 50 = 182 µm	< 63 µm = 12% 63-125 µm = 10% 125- 500 m = 56% > 500 µm = 22% D50 = 250 µm
Droogrest (%)	ca. 40	ca. 30	-	-	-	-	39	86,3	90,7
Gloeiverlies (%)	11,4	ca. 20	-	-	-	-	6 (org. stof = 10%)	3,3	0,5
Lutum (%)	6,0	ca. 17	-	-	-	-	6.4	-	-
Min. Olie (mg/kg ds)	500	1100	290	960	250	545	1550	1600 (1300/4800) 1)	-
EOX (mg/kg ds)	1,0	1,6	-	-	-	-	1.4	< 0,2	-
Cyanide (mg/kg ds)				5,3 (totaal)					< 2,5 (totaal)
10 PAK (mg/kg ds)	7,0	13,0	7,8	99	26	22,2	11	11	-
Metalen (mg/kg ds)									
chromium	24	42	-	37	14,3	14,7	28	<10	
nikkel	14	29	-	18	6,8	8,4	15	5,3	45
koper	55	120	46	100	168,8	43,4	65	40 (19/19)	
zink	240	660	420	390	193	119,3	340	390 (160/180) 1)	43
arsen	8	18	22	16	5,1	5,8	6	<15	
cadmium	0,9	2,4	2,8	1,4	0,3	0,6	0,85	0,5	
kwik	0,63	1,6	-	1,0	-	-	1,1	0,06	
lood	75	130-730	78	370	64,3	247,4	180	35 (31/41)	< 15

1) De inkeuringsgegevens van deze grote partij fluctueerden sterk. De vermelde gemiddelde waarden moeten dan ook als indicatieve waarden worden beschouwd

VI.2 Zeefkrommebepalingen

In tabel VI.2 is aangegeven op welke wijze is bemonsterd (ten behoeve van de zeefkrommebepaling en de chemische analyse) en zijn enkele waarnemingen vermeld (o.a. zeefgedrag). De zeefkrommebepalingen zijn in duplo uitgevoerd met circa 200 gram drog stof.

Tabel VI.2 Monsternamen en waarnemingen bij het nat zeven

Partij	Gesteldheid	Kleur	Monsternamen	Zeefeigenschappen	Opmerkingen
Heidemij partij 1	slurry	bruin	tijdens roeren 30 steekmonsters genomen	goede ontwatering	Extra 2 mm zeef toegevoegd, geen zeefrest op 2 mm vastgesteld (Heidemij heeft monstermateriaal reeds gezeefd op 2 mm)
Spaarne 3/4	steekvast, zeer heterogeen o.a. door grove delen en kleiklonten	zwart	mengmonster samengesteld over gehele hoogte van monster (puls principe); vervolgens slurry aangemaakt ¹⁾	goede ontwatering, op zeefdek 500 µm aanwezigheid van agglomeraten	Extra zeef 2 mm toegevoegd, zeefrest 2 mm (agglomeraten) separaat afgescheiden; ten behoeve van monsternamen zeefkrommebepaling is monster eerst opgeslurried (intensief geroerd)
Linmij	steekvast, losse structuur	zwart	20 steken	goede ontwatering	door HWZ vooraf gezeefd op 4 mm
Duivendrechtse kade	steekvast, zanderig	donker bruin	20 steken	goede ontwatering	door HWZ vooraf gezeefd op 4 mm
Zeddam	zandig	geel	20 steken	goede ontwatering	geen
Enschede	losse structuur, zandig	zwart	puls principe	goede ontwatering	geen
Balk	slib structuur	zwart	puls principe	goede ontwatering	geen
Heidemij partij 2	steekvast	grijs	puls principe	goede ontwatering	geen
Spaarne 2	slurry	zwart	tijdens roeren	goede ontwatering	geen

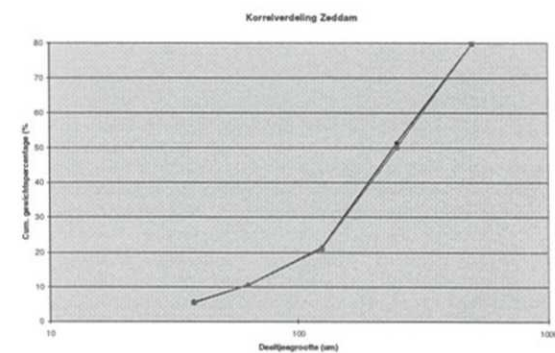
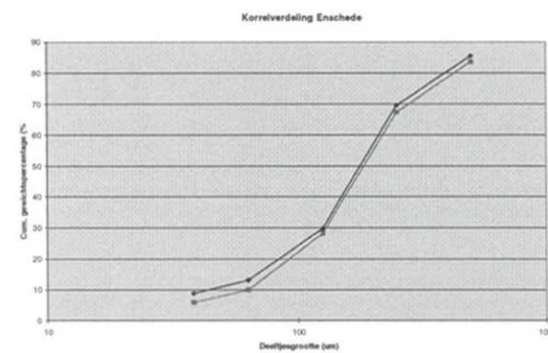
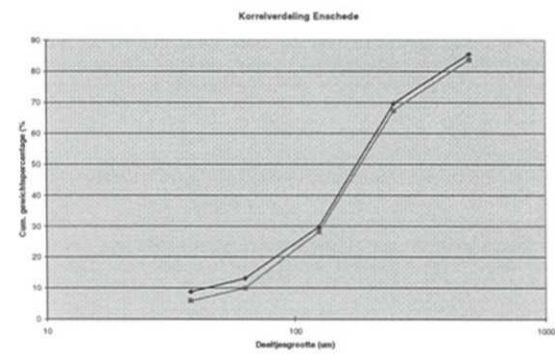
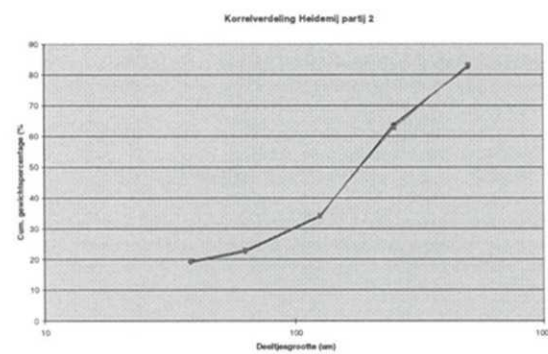
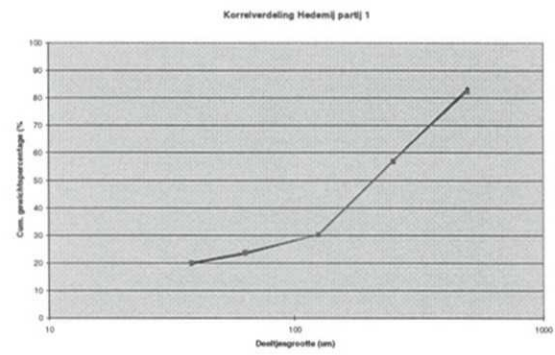
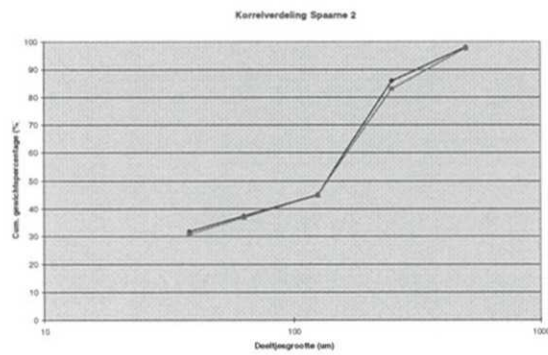
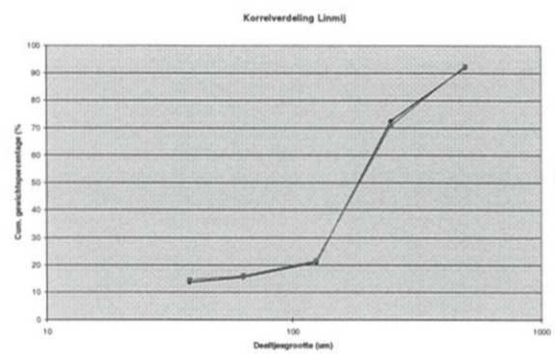
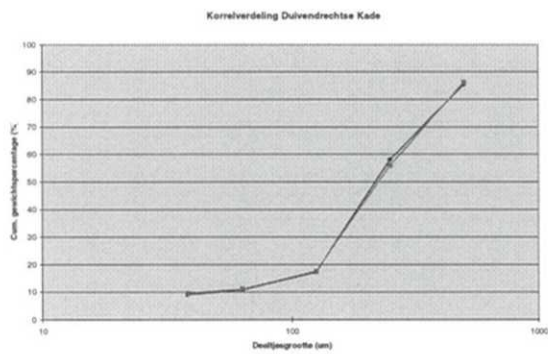
1) representatief mengmonster is opgeslurried om representatieve deelmonsters te kunnen nemen voor zeefkrommebepaling, chemische analyses en voor TDG-proef

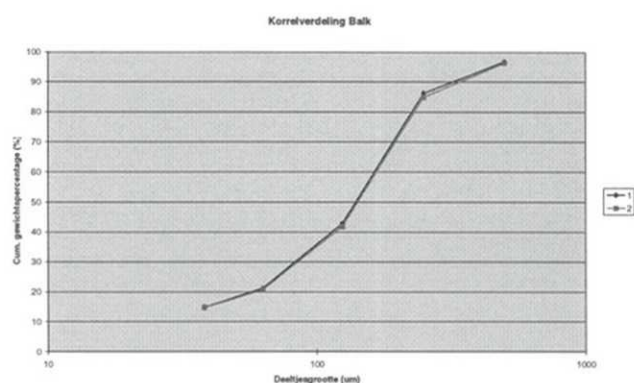
Het monstermateriaal van baggerspecie Spaarne (klasse 3/4) is zeer heterogeen. De baggerspecie bevat grovere delen, zoals takjes en stenen (de baggerspecie is bij de bemonstering niet gezeefd). Bovendien bevat de specie grote kleiklonten. Om een zo goed mogelijk representatief monster te verkrijgen is vanuit het voorraadvat een mengmonster samengesteld (zie tabel VI.2), waaraan vervolgens water is toegevoegd teneinde een slurry te verkrijgen. Van de slurry zijn vervolgens al roerend monsters genomen, ten behoeve van de zeefkrommebepaling, chemische analyses en de TDG-proef.

De resultaten van de zeefkrommebepalingen staan vermeld in tabel VI.3 en zijn grafisch weergegeven in figuur VI.1.

Tabel VI.3 Resultaten zeefkrommebepalingen

	Heidemij partij 1		Spaarne 3/4		Linmij		Duivendr. kade		Spaarne 2		Zeddam		Heidemij partij 2		Balk		Enschede	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Metingen																		
ds-gehalte (%)	62,0	62,1	68,1	69,2	78,3	78,5	90,0	90,0	38,4	38,4	89,5	89,7	76,5	76,5	70,3	69,2	85,8	86,3
os-gehalte (%)	3,3	3,8	5,3	5,0	5,3	5,1	2,3	2,0	11,0	11,4	0,4	0,4	5,9	5,5	4,2	4,1	3,8	4,2
Massaverdeling(%)																		
> 2000 µm									0,4	0,3	2,3	2,3	7,9	6,3	0,9	1,3	6,0	8,0
500-2000 µm									1,6	1,9	17,9	17,9	9,7	10,6	2,4	2,4	8,5	8,3
> 500 µm	16,9	17,7	2,4	2,8	7,5	7,9	14,5	13,8										
250-500 µm	26,1	25,4	17,4	17,7	21,6	19,6	27,4	30,3	12,1	14,8	28,4	29,8	18,7	20,2	10,5	11,4	16,0	16,4
125-250 µm	26,7	26,6	49,5	54,6	49,3	51,3	40,9	38,5	41,0	38,2	30,0	29,1	29,8	28,5	43,4	43,1	39,8	39,2
63-125 µm	6,9	6,4	9,1	6,8	5,6	5,4	6,5	6,5	7,6	8,1	10,7	10,5	11,5	11,4	21,7	21,1	16,7	18,3
38-63 µm	3,7	3,3	3,3	2,8	1,5	1,9	1,8	1,4	5,7	6,1	4,9	5,2	3,4	3,5	6,1	5,9	4,3	4,1
< 38 µm	19,8	20,6	18,3	15,3	14,6	13,7	9,0	9,6	31,7	30,7	5,7	5,4	19,1	19,5	15,0	14,8	8,8	5,9
Massaverlies (%)	0,3	0,9	4,3	5,0	1,7	1,7	1,9	2,5	1,2	0,7	0,1	1,1	0,2	0,1	4,3	-	1,5	0,9





Figuur VI.1 Korrelverdeling van de negen praktijkmonsters

VI.3 Dichtheidscheiding

De massaverdeling na dichtheidscheiding en de afwijking in de massabalans staat vermeld in tabel VI.4.

Tabel VI.4

Partij	Dichtheid vloeistof (g/ml)	Massaverdeling in % 1)		Afwijking massabalans in %
		Drijf laag	Zink laag	
Heidemij partij 1	2,9	99,0	1,0	0,7
	2,0	1,6	98,4	0,4
Spaarne 3/4	2,9	99,4 / 99,2	0,6 / 0,8	1,7 / 1,7
	2,0	1,3 / 1,0	98,7 / 99,0	2,3 / 1,7
Linmij	2,9	99,5	0,5	1,0
	2,0	1,3	98,7	1,3
Duivendrechtse Kade	2,9	99,3	0,7	0,2
	2,0	0,4	99,6	3,9
Balk	2,9	99,6 / 99,6 / 99,6	0,4 / 0,4 / 0,4	0,4 / 1,2 / 0,0
	2,0	0,5 / 0,5 / 0,5	99,5 / 99,5 / 99,5	0,7 / 1,9 / 1,1
Heidemij partij 2	2,9	99,3 / 99,3 / 99,2	0,7 / 0,7 / 0,8	1,2 / 0,5 / 2,6
	2,0	2,2 / 2,1 / 1,9	97,8 / 97,9 / 98,1	0,6 / 2,5 / 1,0
Enschede	2,9	99,5	0,5	0,6
	2,0	1,0	99,0	1,0
Zeddam	2,9	99,1	0,9	1,7
	2,0	0,0	100	0,7
Spaarne 2	2,9	99,1	0,9	6,0
	2,0	5,7	94,3	2,5

1) Dichtheidscheidingsmetingen zijn uitgevoerd met gemiddeld circa 80 gram droge stof (spreiding 60-100 gram ds), met "/" zijn de resultaten van afzonderlijke metingen gescheiden

VI.4 Tabellen VI.5 t/m VI. 17. Overall-resultaten TDG-proeven met negen praktijkmonsters

TABEL VI.5 RESULTATEN TDG-PROEF HEIDEMIJ PARTIJ 1

	Massa	O.S	Concentratie metalen (mg/kg)					Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
	ds (%)	(%)	Cu	Zn	Pb	As	Cd	Cu	Zn	Pb	As	Cd	Cu	Zn	Pb	As	Cd
startmateriaal		3,5	69,0	420,0	150,0	24,0	2,2										
grof (> 500 µm)	17,0	2,7	54,0	85,0	77,0	9,6	0,5	14,4	3,5	8,7	6,2	3,4	0,8	0,2	0,5	0,4	0,2
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,9		135,0	868,0	383,0	82,0	3,6	1,9	1,9	2,3	2,8	1,4	2,1	2,1	2,6	3,1	1,5
zeeffractie 63-500 µm	60,0	0,9	14,6	89,0	40,0	5,5	0,3										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	58,5		9,1	75,5	20,0	3,0	0,3	8,3	10,8	7,8	6,7	6,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
float 2,9 kg/l	59,4		11,0	87,5	25,5	4,2	0,3										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,6		371,0	238,0	1475,0	134,0	0,3	3,5	0,3	5,9	3,1	0,1	5,8	0,6	9,8	5,1	0,1
fijn (< 63 µm)	23,0	11,2	200,0	1480,0	490,0	93,0	9,1	71,9	83,4	75,2	81,3	89,0	3,1	3,6	3,3	3,5	3,9
totaal (berekend) 3)	100	3,6	63,9	408,3	149,8	26,3	2,4	100	100	100	100	100					

- 1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie
 2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans
 3) Concentraties berekend uit de massabalans van de zeeffracties

TABEL VI.6 RESULTATEN TDG-PROEF HEIDEMIJ PARTIJ 2-a

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PAK (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
			Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		5,7	115,0	480,0	320,0	65,0	562,0										
grof (> 500 µm)	10,9	10,0	76,0	460,0	1410,0	17,7	200,0	9,0	11,1	37,3	3,9	2,8	0,8	1,0	3,4	0,4	0,3
licht (< 2.0 kg/l) 2)	1,4		452,5	848,4	1370,7	1738,6	3125,5	6,9	2,6	4,7	49,2	5,6	4,9	1,9	3,3	35,2	4,0
zeef fractie 63-500	64,6	2,7	29,4	111,0	101,0	28,2	95,0										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	62,7	0,1	17,5	70,0	33,8	3,3	35,0	12,0	9,8	5,1	4,2	2,8	0,2	0,2	0,1	0,07	0,04
float 2,9	64,1		27,0	87,0	63,0	41,2	102,5										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,5		374,5	3542,0	5525,1	n.b.	n.b.	1,8	3,5	6,0	n.b.	n.b.	4,1	7,9	13,4	n.b.	n.b.
fijn (< 63 µm)	24,5	9,8	263,0	1340,0	790,0	119,6	2856,0	70,3	72,9	46,9	59,3	89,4	2,9	3,0	1,9	2,4	3,6
totaal (berekend) 3)	100	5,2	91,7	450,1	412,5	49,4	782,9	100	100	100	117	101					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging
in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) De concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.7 RESULTATEN TDG-PROEF HEIDEMIJ PARTIJ 2-b

	Massa ds (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PAK (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
		Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		84,0	560,0	340,0	220,0	800,0										
grof (> 500 µm)	10,9	92,0	530,0	239,0	73,0	230,0	10,7	12,7	8,8	11,2	3,2	1,0	1,2	0,8	1,0	0,3
licht (< 2.0 kg/l) 2)	1,3	414,8	1548,5	560,9	1676,2	3427,5	5,8	4,4	2,5	30,6	5,7	4,4	3,4	1,9	23,5	4,4
zeeffractie 63-500	64,6	29,7	115,0	109,0	33,4	100,0										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	62,9	19,7	67,0	37,4	2,1	20,0	13,3	9,3	7,9	1,9	1,6	0,2	0,1	0,1	0,03	0,03
float 2,9	64,2	27,7	97,0	48,0	36,0	89,0										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,4	350,7	3004,0	9899,5	n.b.	1865,5	1,5	2,6	13,3	n.b.	1,0	3,8	6,6	33,3	n.b.	2,4
fijn (< 63 µm)	24,5	262,0	1320,0	820,0	170,0	2800,0	68,7	71,0	67,6	58,5	88,4	2,8	2,9	2,8	2,4	3,6
totaal (berekend) 3)	229	93,4	455,5	297,4	71,2	775,7	100	100	100	102	100					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.8 RESULTATEN TDG-PROEF HEIDEMIJ PARTIJ 2-c

	Massa ds (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PAK (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
		Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		94,0	490,0	350,0	73,0	1200,0										
grof (> 500 µm)	10,9	310,0	880,0	310,0	180,0	330,0	28,3	19,8	11,3	22,8	3,7	2,6	1,8	1,0	2,1	0,3
licht (< 2.0 kg/l) 2)	1,2	222,0	1541,7	212,3	1422,6	6919,5	2,2	3,8	0,8	19,6	8,4	1,9	3,2	0,7	16,3	7,0
zeeffractie 63-500	64,6	31,7	102,0	102,0	25,9	108,0										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	62,9	13,7	46,0	25,3	1,7	12,7	7,2	6,0	7,0	1,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,02	0,01
float 2,9	64,1	17,6	74,0	28,8	28,3	142,0										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,0	0,0	0,0	n.b.	n.b.
fijn (< 63 µm)	24,5	266,0	1320,0	840,0	200,0	3500,0	54,6	66,8	68,4	56,4	87,1	2,2	2,7	2,8	2,3	3,6
totaal (berekend) 3)	229	119,4	485,2	305,5	85,4	963,2	92	96	87	100	100					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging
in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.9 RESULTATEN TDG-PROEF SPAARNE 2

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Massa verontreiniging (%)	Scheidingsindex (-) 1)				
			Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
startmateriaal		11,2	49,0	330,0	96,0						
grof (> 500 µm)	2,0	38,3	61,0	380,0	71,0	2,3	2,3	1,3	1,1	1,1	0,7
licht (< 2.0 kg/l) 2)	3,4		218,0	625,0	200,0	13,7	6,3	6,5	4,0	1,9	1,9
zeeffractie 63-500	61,0	5,2	14,3	78,0	31,5						
zand ((2.0-2.9 kg/l)	57,1	0,0	9,6	29,6	10,0	10,2	5,0	5,4	0,2	0,1	0,1
float 2,9	60,5		21,3	63,0	20,6						
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,5		n.b.	1890,0	1350,0	n.b.	2,8	6,4	n.b.	5,6	12,8
fijn (< 63 µm)	37,0	23,2	119,0	760,0	229,0	81,6	83,6	80,4	2,2	2,3	2,2
totaal (berekend) 3)	100	12,5	54,0	336,4	105,4	108	100	100			

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.10 RESULTATEN TDG-PROEF SPAARNE 3/4

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Conc. PAK (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa PAK (%)	Massa olie (%)	Scheidingsindex (-) 1)	
							PAK	Olie
startmateriaal		5,2	6,2	1200,0				
grof (> 500 µm)	3,0	12,5	57,5	3300,0	40,0	8,6	13,3	2,9
licht (< 2.0 kg/l) 2)	1,0		130,0	n.b.	30,1	n.b.	30,1	n.b.
zeeffractie 63-500 µm	78,0	1,0	2,2	650,0		43,8		0,6
zand (2.0-2.9 kg/l)	76,6		0,6	n.b.	9,8	n.b.	0,1	n.b.
float 2,9 kg/l	77,6		4,5	n.b.				
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,4		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
fijn (< 63 µm)	19,0	18,5	4,6	2900,0	20,3	47,0	1,1	2,5
totaal (berekend) 3)	255,6	4,7	4,3	1157	100	99		

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging
in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.11 RESULTATEN TDG-PROEF LINMIJ

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Massa verontreiniging (%)			Scheidingsindex (-)		
			Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
startmateriaal		5,2	68,0	170,0	480,0						
grof (> 500 µm)	8,0	7,0	162,0	370,0	790,0	17,2	15,4	14,9	2,2	1,9	1,9
licht (< 2.0 kg/l) 2)	1,0		566,0	264,0	2600,0	7,5	1,4	6,1	7,5	1,4	6,1
zeeffractie 63-500 µ	76,0	1,5	18,8	48,0	97,0						
zand ((2.0-2.9 kg/l)	74,6		6,5	37,0	32,5	6,4	14,3	5,7	0,1	0,2	0,1
float 2,9 kg/l	75,6		13,9	40,0	66,5						
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,4		945,0	1560,0	5860,0	5,0	3,2	5,5	12,6	8,1	13,8
fijn (< 63 µm)	16,0	24,8	300,0	790,0	1790,0	63,8	65,7	67,7	4,0	4,1	4,2
totaal berekend 3)	100	5,7	75,2	192,5	423,3	100	100	100			

- 1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie
- 2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans
- 3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.12 RESULTATEN TDG-PROEF DUIVENDRECHTSE KADE

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PAK (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
			Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		2,1	65,0	200,0	139,0	11,6	920,0										
grof (> 500 µm)	14,0	3,0	96,0	230,0	150,0	36,9	890,0	22,4	15,9	14,2	36,8	12,6	1,6	1,1	1,0	2,6	0,9
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,3		527,4	2644,5	1927,5	1602,4	n.b.	2,6	3,9	3,9	24,4	n.b.	8,8	13,0	13,0	81,21	n.b.
zeeffractie 63-500 µ	75,0	0,4	15,3	65,0	43,5	5,2	620,0					47,2					0,6
zand ((2.0-2.9 kg/l)	74,2		5,9	37,0	15,3	0,7	n.b.	7,3	13,5	7,7	3,4	n.b.	0,1	0,2	0,1	0,05	n.b.
float 2,9 kg/l	74,5		8,0	47,5	23,0	7,1	n.b.										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,5		1103,0	2672,5	3098,0	n.b.	8,6	9,2	6,6	10,5	n.b.	-	18,3	13,2	20,9	n.b.	n.b.
fijn (< 63 µm)	11,0	12,6	320,0	1110,0	860,0	45,2	3600,0	58,6	60,1	63,8	35,4	40,2	5,3	5,5	5,8	3,2	3,7
totaal berekend 3)	100	2,1	60,1	203,1	148,2	14,0	985,6	100	100	100	100	100					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie niet gemeten maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit de massabalans zeeffracties

TABEL VI.13 RESULTATEN TDG-PROEF ENSCHEDE

	Massa	O.S.	Concentratie		Conc. PAK	Conc. olie	Massa verontreinigingen (%)				Scheidingsindex (-) 1)			
	ds (%)	(%)	metalen (mg/kg)		(mg/kg)	(mg/kg)								
			Cu	Zn			Cu	Zn	PAK	Olie	Cu	Zn	PAK	Olie
startmateriaal		4,0	36,8	183,0	20,9	1020,0								
grof (> 500 µm)	8,9	2,0	51,0	156,0	56,3	590,0	21,7	8,8	38,9	6,5	2,4	1,0	4,4	0,7
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,8		n.b.	782,6	296,1	2628,8	n.b.	4,0	18,4	2,6	n.b.	4,9	n.b.	n.b.
zeeffractie 63-500	78,7	0,7	5,0	45,0	3,6	91,3								
zand ((2.0-2.9 kg/l)	77,5	0,5	10,0	29,0	0,5	84,0	37,1	14,2	2,9	8,1	0,5	0,2	0,04	0,1
float 2,9	78,3		7,8	36,7	3,5	110,0								
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,4		n.b.	1670,0	23,2	n.b.	n.b.	4,2	0,7	n.b.	n.b.	10,5	1,8	n.b.
fijn (< 63 µm)	12,4	9,6	100,0	880,0	40,7	5500,0	59,4	68,9	39,2	84,6	4,8	5,6	3,2	6,8
totaal (berekend) 3)	100	1,9	20,9	158,4	12,9	806,4	118	100	100	102				

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging
in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Berekend uit de massabalans van de zeeffracties

TABEL VI.14 RESULTATEN TDG-PROEF ZEDDAM

	Massa	O.S.	Concentratie		Massa		Scheidingsindex (-) 1)	
	ds (%)	(%)	metalen (mg/kg)		verontreiniging (%)			
			Ni	Zn	Ni	Zn	Ni	Zn
startmateriaal		0,4	52,0	60,0				
grof (> 500 µm)	18,3	0,0	27,8	23,0	10,2	6,8	0,6	0,4
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,1		n.b.	1520,6	n.b.	2,5	n.b.	24,7
zeeffractie 63-500	71,1	0,0	31,2	36,8				
zand ((2.0-2.9 kg/l)	70,3	0,4	29,5	28,1	41,5	32,1	0,6	0,5
float 2,9	70,4		27,7	30,2				
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,7		412,7	754,5	5,4	8,0	8,3	12,3
fijn (< 63 µm)	10,8	0,0	210,0	288,0	45,4	50,6	4,2	4,7
totaal (berekend) 3)	100	0,0	50,0	61,5	102	100		

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten maar berekend uit de massabalans

3) berekend uit de massabalans van de zeeffracties

TABEL VI.15 RESULTATEN TDG-PROEF BALK I

	Massa ds (%)	O.S. (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PA (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
			Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		4,2	28,2	174,0	90,0	6,7	390,0										
grof (> 500 µm)	2,4	14,4	114,0	270,0	570,0	100,0	278,0	6,7	3,3	12,2	23,8	1,5	2,8	1,4	5,1	9,9	0,6
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,4		n.b.	1186,4	6989,7	488,3	4467,7	n.b.	2,4	24,9	19,4	3,9	n.b.	6,1	62,2	48,4	9,8
zeef fractie 63-500	76,5	0,6	9,4	40,0	43,0	4,5	26,5										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	75,8	0,1	10,3	24,3	17,4	0,6	10,0	19,2	9,5	11,7	4,8	1,7	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
float 2,9	76,2		9,7	30,4	54,0	3,2	33,4										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,3		n.b.	2478,4	n.b.	334,7	n.b.	n.b.	3,8	n.b.	10,0	n.b.	n.b.	12,8	n.b.	33,2	n.b.
fijn (< 63 µm)	21,2	15,3	145,0	740,0	310,0	20,0	2000,0	75,6	80,9	58,5	42,1	93,0	3,6	3,8	2,8	2,0	4,4
totaal (berekend) 3)	100	4,0	40,7	194,0	112,3	10,1	456,1	102	100	107	100	100					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging
in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeef fracties

TABEL VI.16 RESULTATEN TDG-PROEF BALK II

	Massa ds (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PA (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
		Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		28,2	161,0	79,0	5,9	370,0										
grof (> 500 µm)	2,4	129,0	275,0	310,0	36,0	350,0	7,3	3,3	6,2	13,1	13,1	3,1	1,4	2,6	5,4	5,4
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,4	636,3	1505,5	n.b.	609,8	2296,0	6,0	3,0	n.b.	36,9	1,9	15,1	7,5	n.b.	92,3	4,7
zeeffractie 63-500	76,5	9,3	28,1	24,9	2,8	17,8										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	75,8	7,6	19,6	55,0	0,2	10,0	13,7	7,4	34,8	2,3	1,6	0,2	0,1	0,5	0,03	0,02
float 2,9	76,2	10,9	27,4	21,4	3,4	22,0										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,3	n.b.	205,9	913,9	n.b.	n.b.	n.b.	0,3	2,3	n.b.	n.b.	n.b.	1,0	7,6	n.b.	n.b.
fijn (< 63 µm)	21,2	145,0	810,0	320,0	17,0	2200,0	72,9	85,9	56,7	54,5	95,5	3,4	4,1	2,7	2,6	4,5
totaal (berekend) 3)	100	42,1	199,8	119,7	6,6	488,4	100	100	100	107	112					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

TABEL VI.17 RESULTATEN TDG-PROEF BALK III

	Massa ds (%)	Concentratie metalen (mg/kg)			Conc. PA (mg/kg)	Conc. olie (mg/kg)	Massa verontreiniging (%)					Scheidingsindex (-) 1)				
		Cu	Zn	Pb			Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
startmateriaal		32,3	156,0	82,0	9,9	380,0										
grof (> 500 µm)	2,4	114,0	247,0	380,0	63,0	150,0	6,7	2,9	8,7	16,7	0,6	2,8	1,2	3,6	6,9	0,3
licht (< 2.0 kg/l) 2)	0,4	122,6	1143,4	n.b.	495,5	1343,5	1,2	2,2	n.b.	21,9	0,9	3,0	5,6	n.b.	54,7	2,3
zeeffractie 63-500	76,5	7,9	25,6	34,3	3,5	31,8										
zand ((2.0-2.9 kg/l)	75,8	8,3	19,4	34,6	0,2	10,0	15,4	7,2	24,9	1,7	1,3	0,2	0,1	0,3	0,02	0,02
float 2,9	76,2	8,9	25,3	16,0	2,8	17,0										
zwaar (> 2.9 kg/l) 2)	0,3	n.b.	101,8	4682,5	181,3	3791,0	n.b.	0,2	13,3	6,0	2,0	n.b.	0,5	44,5	20,0	6,5
fijn (< 63 µm)	21,2	151,0	840,0	330,0	23,0	2600,0	78,5	87,5	66,4	53,8	95,2	3,7	4,1	3,1	2,5	4,5
totaal (berekend) 3)	100	40,8	203,6	105,3	9,1	579,1	102	100	113	100	100					

1) De scheidingsindex van een fractie is gedefinieerd als: het percentage verontreiniging in deze fractie gedeeld door het percentage droge stof in dezelfde fractie

2) Concentraties in de lichte en zware fractie zijn niet gemeten, maar berekend uit de massabalans

3) Concentraties berekend uit massabalans zeeffracties

Bijlage VII Brief monstername grond- en baggerspeciemonsters t.b.v. TNO-karakteriseringsproject

De Vries & Van de Wiel
t.a.v. de heer P.N. Duyn
Harmenkaag 9
1741 LA SCHAGEN

Doorkiesnummer

055 - 49 3917

Datum

19 september 1995

Ons nummer

17151/112322-02210.KAR

FNL/mvr

Uw brief

brief NOVEM

(95/M1031/HH/nv) en
telefonisch contact

Onderwerp

Monstername grond- en baggerspecie-
monsters t.b.v. TNO-karakteriseringsproject

Geachte heer Duyn,

Zoals telefonisch met u is afgesproken doen wij u hierbij informatie toekomen over wijze waarop baggerspecie- en grondmonsters dienen te worden verzameld ten behoeve van het T-2000 karakteriseringsproject van TNO.

Met NOVEM en VROM is afgesproken dat we vijf grond- en vijf baggerspeciepartijen (in totaal tien partijen) zullen selecteren die bij de T-2000 monitoringprojecten zullen worden gebruikt, met als kanttekening dat van ieder monitoringproject minimaal één partij zal worden geselecteerd. Andere selectiecriteria zijn de herkomst van het materiaal, gehalte en type verontreinigingen, grondkarakteristiek en termijn waarop het monstermateriaal beschikbaar komt.

Het materiaal dat we willen inzetten voor het karakteriseringproject betreft het ingangsmateriaal van de installaties van de monitoringprojecten (startmateriaal).

Daarnaast hebben we de mogelijkheid om van enkele partijen meerdere monsters in te zetten en ook monsters in te zetten van deelstromen van een installatie (bv. na cycloneren, zeven, etc.).

In een brief van NOVEM is u gevraagd om de monstername van materiaal ten behoeve van het TNO-project te verzorgen. Als tegenprestatie krijgt u de beschikking over de analyseresultaten van de startmonsters (korrelverdeling, drogestofgehalte, organisch-stofgehalte, verontreinigingsgehalte van de diverse fracties).

Ons nummer
17151/112322/02210.KAR

Blad
2

Datum
19 september 1995

Het monste materiaal van de geselecteerde partijen zal worden ingezet voor de T-2000 geschiktheidproef (voor informatie over de T-2000 proef wordt verwezen naar het eindrapport van het onderzoek, waarvan een exemplaar reeds aan u is toegestuurd).

Hierbij is het tevens de bedoeling om de uitkomsten van de T-2000 proef te vergelijken met de scheidingsresultaten van het desbetreffende monitoringproject. Indien deze vergelijking te weinig duidelijkheid verschaft, kan worden overwogen om aanvullend karakteriseringsonderzoek uit te voeren.

Hiervoor is het essentieel dat we tijdig over relevante onderzoeksresultaten van de monitoringprojecten beschikken.

Daarnaast is het van belang dat TNO de beschikking krijgt over een representatief monster van de totale partij en dat de monsternamen van alle partijen zoveel mogelijk op dezelfde wijze wordt uitgevoerd.

Omdat de bemonsteringsmethode van grond verschilt met die van baggerspecie hebben we voor beide materialen een apart bemonsteringsvoorstel opgesteld:

Voorstel voor de bemonstering van grondmonsters

- een representatieve hoeveelheid van ca. 100 kg afscheiden van de totale partij (bemonsteren 50 steken à 2 kg)
- de bemonsterde hoeveelheid droog zeven op 10 mm en afscheiden van grove fractie
- de fractie < 10 mm intensief mengen in een cementmolen
- tijdens het mengen circa 10 kg aan materiaal verzamelen voor TNO door het nemen van steekmonsters (50 steken à 200 gram)

Voorstel voor de bemonstering van baggerspeciemonsters

- een representatieve hoeveelheid van ca. 500 liter materiaal afscheiden van de totale partij (50 steekmonsters)
- het droge stofgehalte van slurry op circa 20% brengen
- de slurry nat zeven op 2 mm en afscheiden van de grove fractie
- de fractie < 2 mm intensief roeren in een vat
- tijdens het roeren circa 50 monsters van 1 liter verzamelen (verdeeld over het volume)

Van u vernemen we graag of u kunt instemmen met de bemonsteringsvoorstellen en eventueel suggesties heeft voor een aanpassing c.q. verbetering. Daarnaast vernemen we ook graag of u wilt voldoen aan ons verzoek om ons tijdig over relevante scheidingsresultaten van uw monitoringproject te berichten.



Tenslotte zouden we van de partijen grond en/of baggerspecie die u gaat selecteren of reeds geselecteerd hebt voor uw monitoringproject, graag de volgende informatie ontvangen:

- planning van het project (startdatum doorlooptijd, etc.)
- hoeveel partijen baggerspecie en/of grond zijn geselecteerd
- herkomst materiaal, oorzaak verontreinigingen, grondkarakteristiek (korrelverdeling, humusgehalte, etc.)
- type en gehalte aan verontreinigingen
- termijn waarop de verschillende partijen beschikbaar komen voor bemonstering

Met vriendelijke groet,
TNO MILIEU, ENERGIE EN PROCESINNOVATIE



L. Feenstra en J. Joziasse

Bijlage VIII Vergelijking van de resultaten TDG-proef met resultaten praktijkscheidingen

Heidemij

Tabel VIII.1 Vergelijking resultaten TDG-proef Heidemij partij 1 met de praktijkscheiding

	Massa ds (%)	Metaalgehalten (mg/kg ds)				
		Cu	Zn	Pb	As	Cd
TDG-proef:						
Startmateriaal	100	69	420	150	24	2,2
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	59	9,1	75,5	20,0	3,0	0,3
Monitoringproject:						
invoer flotatie ¹⁾	60 ³⁾	15,3	92 (97-102) ²⁾	19,4	4,0	0,32
na flotatie		-	82-93	-	-	-

1) door TNO gemeten gehalten in door Heidemij beschikbaar gesteld monstermateriaal

2) (...) = door Heidemij gemeten zinkgehalten in de invoer van het flotatieproces

3) indicatieve waarde

Tabel VIII.2 Vergelijking resultaten TDG-proef Heidemij partij 2 met de praktijkscheiding (gemiddelde van drie TDG-proeven)

	Massa ds (%)	Concentraties (mg/kg)		
		Cu	Zn	Pb
TDG-proef:				
Startmateriaal	100	98	510	337
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	63	17	61	32
Monitoringproject:				
Startmateriaal		100	390	370
invoer flotatie 1)	niet bekend	26	82	73
na flotatie		21	-	-

Milieutechniek de Vries & van de Wiel*Tabel VIII.3 Vergelijking resultaten TDG-proef Spaarne 3/4 met de praktijkscheiding*

	Massa ds (%)	PAK (10 VROM) mg/kg ds	Massa PAK (%)
TDG-proef:			
Startmateriaal	100	6,2	100
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	77	0,6	10
Fijne fractie (< 63 µm)	19	4,6	20
Monitoringproject:			
Uitgangsmateriaal (< 2 mm)	100	8,3	100
Bovenloop cycloon	10	37	58
Invoer klasseerder (= onderloop cycloon)	90	11	
Bovenloop klasseerder	9	4	18
Onderloop klasseerder	81	2,0	24

Tabel VIII.4 Vergelijking resultaten TDG-proef Spaarne 2 met de praktijkscheiding

	Massa ds (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Massa Cu (%)	Massa Zn (%)	Massa Pb (%)
TDG-proef:							
Startmateriaal	100	49	330	96	100	100	100
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	57	9,6	30	10	10	5	5,4
Fijne fractie (< 63 µm)	37	119	760	230	82	84	80
Monitoringproject:							
Uitgangsmateriaal (< 2 mm)	100	50	260	95	100	100	100
Bovenloop Cycloon/ klasseerder	50	109	540	250	108	104	132
Onderloop klasseerder	36	1,5	16	23	1,1	2,2	8,8

HWZ*Tabel VIII.5 Vergelijking resultaten TDG-proef Duivendrechtse Kade met de praktijk-scheiding*

	Massa ds (%)	Concentratie (mg/kg)					Massa verontreinigingen (%)				
		Pb	Zn	Cu	Olie	PAK	Pb	Zn	Cu	Olie	PAK
TDG-proef:											
Startmateriaal	100	139	200	65	920	11,6					
Zee fractie 63-500 µm	75	43,5	65	15,3	620	5,2	22	24	19	47	28
Zand fractie (2,0-2,9 kg/l)	74,2	15,3	37	5,9	-	0,7	7,4	13,5	7,3	-	3,4
Grove fractie (> 500 µm)	14	150	230	96	890	36,9	14	16	22	12,7	37
Fijne fractie (< 63 µm)	11,0	860	1110	320	3600	45,2	61,9	60,1	58,6	40,4	35,4
Monitoringproject:											
totaal analyse van partij	100	64	193	167	250	26					
voeding hydrocycloon		52	94	27	320	21					
onderloop cycloon	ca. 70 [*]	34	67	12	370	18					
voeding scrubber		32	76	14	110	6,6					
uitgang scrubber		40	110	61	120	7,5					
voeding humpreyspiraal		58	120	22	500	52					
buitenstroom humpreyspiraal		75	130	27	320	28					
voeding opstroomkolom		40	130	14	130	10					
onderloop opstroomkolom		20	73	8	56	1,1					

- = niet gemeten

^{*}) = niet gemeten, maar betreft schatting op basis van korrelverdeling

Tabel VIII.6 Vergelijking resultaten TDG-proef Linmij met de praktijkscheiding

	Massa ds (%)	Concentratie (mg/kg)			Massa verontreinigingen (%)		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
TDG-proef:							
Startmateriaal	100	480	170	68			
Zee fractie 63-500 µm	76	97	48	18,8	17	19	19
Zand fractie (2,0-2,9 kg/l)	74,6	32,5	37	6,5	5,7	14,3	6,4
Grove fractie (> 500 µm)	8,0	790	370	162	14,9	15,4	17,2
Fijne fractie (< 63 µm)	16,0	1790	790	300	67,7	65,7	63,8
Monitoringproject:							
totaal analyse van partij	100	247	119	43			
voeding hydrocycloon		290	170	110			
onderloop hydrocycloon	ca. 70 [*]	140	84	65			
voeding scrubber		160	100	71			
uitgang scrubber		220	140	120			
voeding humpreyspiraal		240	130	100			
buitenstroom humpreyspiraal		180	120	90			
voeding opstroomkolom		400	250	220			
onderloop opstroomkolom		85	61	46			

^{*}) = niet gemeten, maar geschat op basis van korrelverdeling

Theo Pouw*Tabel VIII.7 Vergelijking resultaten TDG-proef Enschede met de praktijkscheiding*

	Massa ds (%)	Concentratie (mg/kg)				Massa verontreinigingen (%)			
		Zn	Cu	Olie	PAK	Zn	Cu	Olie	PAK
TDG-proef:									
Startmateriaal	100	183	37	1020	21	100	100	100	100
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	78	29	10	84	0,5	14	37	8	3
Fijne fractie (< 63 µm)	12	880	100	5500	41	69	59	85	39
Monitoringproject:									
invoer installatie	100	170	19	1600	11	100	100	100	10
grof zand	75	40	5	60	1,5	19	21	3	11
fijn zand	9	73	8	100	4,95	4	8	1	4
slibkoek	11	1090 ¹⁾	121 ¹⁾	12800 ¹⁾	70 ¹⁾	77	75	96	85

*1) concentraties berekend uit de massabalans**Tabel VIII.8 Vergelijking resultaten TDG-proef Zeddam met de praktijkscheiding*

	Massa ds (%)	Concentratie (mg/kg)		Massa (%)	
		Zn	Ni	Zn	Ni
TDG-proef:					
Startmateriaal	100	60	52	100	100
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	70	28	29,5	32	42
Fijne fractie (< 63 µm)	11,0	288	210	51	45
Monitoringproject:					
invoer installatie	100	43	45	100	100
grof zand	78	38	28	70	49
fijn zand	5	56	37	7	4
slibkoek	15	64 ¹⁾	133 ¹⁾	22	44

1) concentraties berekend uit de massabalans

Grontmij*Tabel VIII.9 Vergelijking resultaten TDG-proef Balk met de praktijkscheiding
(gemiddelde van drie TDG-proeven)*

	Massa ds (%)	Concentratie in mg/kg					Massa (%)				
		Cu	Zn	Pb	PAK	Olie	Cu	Zn	Pb	PAK	Olie
TDG-proef:											
Startmateriaal		41	199	112	9	508					
Zandfractie (2,0-2,9 kg/l)	76	9	21	36	0,3	< 10	16	8	24	3	2
Fijne fractie (< 63 µm)	21	145	740	310	20	2000	76	85	60	50	95
Monitoringproject:											
Karakterisatieproef:											
uitgangsmateriaal		27	140	60	12	445					
zee fractie > 63 µm		13,5	33,5	21	5	18					
zee fractie < 63 µm		180	650	265	37	2250					
Praktijkinstallatie:											
input installatie		77	373	127	18	1160					
zand na cyclonage		18	47	24	1,9	-					
zand na opstroomkolom	62	4,9	28	23	1,8	8	4	4,5	11	6	0,4
slib	30	120	663	220	22,2	-	47	53	52	37	-

Werkvoorschrift TDG-proef

**Werkvoorschrift ten behoeve van de uitvoering van de T-2000
Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef (TDG-proef)**

Opgesteld door: TNO-MEP

Datum: juni 1998

Voor inlichtingen: L. Feenstra, TNO-MEP, tel. 055-5493917
J. Joziassse, TNO-MEP, tel 055-5493957
W.G. van Marwijk, TNO-MEP, tel. 055-5493124

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Uitvoering TDG-proef	4
2.1	Monstername	4
2.2	Bepaling van de zeefkromme en het verontreinigingsgehalte van het verzamelmonster.....	4
2.3	Voorbehandeling van het startmonster.....	5
2.4	Nat zeven van het startmonster op 63 en 500 μm	5
2.5	Dichtheidscheiding bij 2,9 g/ml	5
2.6	Dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml	6
2.7	Verwerking en interpretatie van de resultaten.....	7
3.	Referenties	9
	Bijlage I Voorschriften monstername	
	Bijlage II Flowcharts en criteria TDG-proef	

1. Inleiding

In het kader van het programma T-2000, onderdeel natte deeltjesscheiding is door TNO-MEP in samenwerking met Arcadis Heidemij Realisatie een karakteriseringsmethode ontwikkeld, waarmee het mogelijk is de haalbaarheid van natte deeltjesscheiding als behandelingstechniek voor een gegeven partij grond of baggerspecie vast te stellen [1,2]. De naam van de proef is **TDG**-proef (**T**-2000 **D**eeltjesscheiding **G**eschiktheidsproef).

De TDG-proef is zo opgezet dat in de resultaten een maximale eenduidigheid wordt verkregen bij een minimale inspanning in tijd en geld. De proef levert relevante informatie op die in de praktijktoepassing van deeltjesscheidingstechnieken van grote waarde is.

Het scheidingsmechanisme van praktijkinstallaties is voornamelijk gebaseerd op (verschillen in) gewicht van de deeltjes. Gewicht van de deeltjes wordt in principe bepaald door deeltjesgrootte en dichtheid. De TDG-proef houdt rekening met beide parameters. De TDG-proef omvat namelijk een combinatie van nat zeven en dichtheidscheiding. Door middel van nat zeven wordt een tussenfractie verkregen (63-500 μm) die vervolgens op dichtheid wordt gescheiden met behulp van vloeistoffen met een soortelijke massa van 2,9 g/ml en 2,0 g/ml. De verkregen fracties worden geanalyseerd op relevante parameters.

De TDG-proef is eenvoudig en snel uit te voeren tegen relatief lage kosten en derhalve een aantrekkelijk alternatief voor meer ingewikkelde, tijdrovende en kostbare karakteriseringsmethoden. In [2] wordt uitgebreid aandacht besteed aan de diverse aspecten van de TDG-proef, worden de proefcondities nader uitgewerkt en wordt ingegaan op de verwerking, nauwkeurigheid en interpretatie van de resultaten.

Het onderhavige werkvoorschrift bevat gedetailleerde informatie ten behoeve van de uitvoering van de TDG-proef op het laboratorium.

2. Uitvoering TDG-proef

2.1 Monstername

Het monster waarmee de TDG-proef wordt uitgevoerd, moet representatief zijn voor de totale bulk. Immers de voorspellende waarde van de TDG-proef staat of valt met de representativiteit van het uitgangsmateriaal. De monsternamestrategie dient dan ook met zorg te worden gekozen.

Voor de bemonstering uit partijen materiaal wordt verwezen naar het interim-protocol voor de toetsing van partijen grond [3]. In [3] wordt aanbevolen de monstername uit te voeren op basis van NEN 7300 en NVN 7302. In NVN 7302 worden aanwijzingen gegeven over de wijze van monstername, de monstergrootte en de greepgrootte. Er wordt uitgegaan van een probabilistische monstername, dat wil zeggen dat alle deeltjes een gelijke kans moeten hebben om in het monster terecht te komen.

Conform NVN 7302 en uitgaande van een variatiecoëfficiënt van 0,1 en onder de aanname dat 95% van de deeltjes kleiner is dan 10 mm, resulteert de procedure in een monstergrootte van 5-10 kg en een greepgrootte van circa 100 gram (50 grepen).

In bijlage I zijn kopieën van relevante delen van de relevante voorschriften opgenomen.

2.2 Bepaling van de zeefkromme en het verontreinigingsgehalte van het verzamelmonster

Voorafgaand aan het nat zeven van het startmateriaal van de TDG-proef wordt van het verzamelmonster het gehalte aan relevante verontreinigingen vastgesteld en een zeefkromme bepaald. Bij voorkeur wordt de zeefkromme bepaald met de natte zeefmethode. Alternatieve methoden zijn de laserdiffractiemethode, de sedigraaf en de pipetmethode.

Voor de monstername ten behoeve van de zeefkrommebepaling en de chemische analyse geldt dat deze overeen moet komen met de aanbevelingen uit [3]. Voor de voorbehandeling en opwerking van analysemonsters wordt verwezen naar de NVN voorschriften 7312 en 7313, waarin wordt ingegaan op de monstervoorbehandeling voor de bepaling van resp. metalen en organische verbindingen.

De zeefkrommebepaling wordt bij voorkeur in duplo uitgevoerd met een hoeveelheid droge stof van circa 100 gram. Bij bepaling van de zeefkromme wordt gebruik gemaakt van ten minste de volgende normzeven: 38 μm , 63 μm , 125 μm , 250 μm en 500 μm . In principe is vooraf de grove fractie (> 2 of 4 mm) uit de startmonsters verwijderd. Uit voorzorg (ter bescherming van de kleinere zeven) is het aan te bevelen om bij de zeefkrommebepaling ook de 2 mm normzeef te gebruiken.

2.3 Voorbehandeling van het startmonster

In een aantal gevallen, bijvoorbeeld bij minder zandrijke species met een relatief hoog organisch-stofgehalte (venige species), moet men bedacht zijn op de aanwezigheid van agglomeraten en is een voorbehandeling in de vorm van bijvoorbeeld attritiescrubben aan te bevelen.

2.4 Nat zeven van het startmonster op 63 en 500 µm

1. Neem een voldoende hoeveelheid monstermateriaal (ongeveer 250-500 gram droge stof, afhankelijk van korrelverdeling en van het aantal benodigde chemische analyses). Bepaal het nat en droog gewicht en het gloeiverlies.
2. Zeef het monstermateriaal op de normzeven 500 en 63 µm. Bepaal van de fractie > 500 µm het nat en droog gewicht en het gloeiverlies. Filtreer de opgevangen doorval van de 63 µm zeef. Bepaal ook van deze fractie het nat en droog gewicht en het gloeiverlies.
3. Bepaal van beide fracties (mits voldoende groot in omvang) de verontreinigingsgehalten conform de betreffende monstervoorbehandelings- en analysevoorschriften.
4. Bepaal van de fractie 63-500 µm het nat en droog gewicht en het gloeiverlies en verzamel het restant van de fractie 63-500 µm voor de uitvoering van de dichtheidscheiding.

2.5 Dichtheidscheiding bij 2,9 g/ml

1. Bepaal de hoeveelheid nat gewicht van de fractie 63-500 µm en het benodigde volume van de zoutoplossing (dichtheid 3,0 g/ml ¹) die moeten worden ingezet voor de dichtheidscheiding. Goede resultaten zijn bereikt bij uitvoering van de dichtheidscheidingproef in een 1000 ml maatcilinder met een totaal volume van 500 ml en circa 100 gram materiaal (circa 75 gram droge stof). Bij de inzet van ca. 75 gram droge stof (100 gram nat gewicht) is bij een einddichtheid van 2,9 g/ml en een totaal volume van 500 ml, circa 450 ml zoutoplossing met een dichtheid van 3.0 g/ml benodigd (zoutverbruik circa 1150 gram).
2. Maak een hoeveelheid zoutoplossing (natriumpolywolframaat ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})$) aan (controleer de vereiste dichtheid met een areometer of door weging). Vul een 500 ml of 1000 ml maatcilinder met de berekende hoeveelheden zoutoplossing en materiaal. Sluit de maatcilinder af met parafilm.
3. Meng de zoutoplossing en het materiaal door de maatcilinder een aantal keren om te schudden. Laat daarna de maatcilinder enkele uren tot 24 h staan om de scheiding te laten plaatsvinden. De vloeistof tussen de drijf- en zinklaag dient na afloop helder te zijn.
4. Verwijder de drijfslag (lichte fractie + zandfractie) door middel van afzuiging. Maak daarbij bijvoorbeeld gebruik van een teflonslang (4 mm diameter) die is aangesloten op een vacuümflës. Breng de inhoud van de vacuümflës over op een 20 µm zeef en was het materiaal intensief met gedemineraliseerd water. Door de geleidbaarheid van het gebruikte waswater te meten wordt een indicatie verkregen van het verloop van het wasproces.

¹ De dichtheid van de aangemaakte zoutoplossing moet hoger zijn dan 2,9 g/ml, omdat de oplossing wordt verdund door het toegevoegde natte materiaal (zie ook opmerking 2 van par. 2.7.)

5. Bepaal het nat gewicht van de fractie $< 2,9$ g/ml op het zeefdek. Neem een deelmonster voor de bepaling van droog gewicht en gloeiverlies en voor chemische analyses (optioneel). Gebruik het restant voor de uitvoering van de dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml.
6. Verwijder de zoutoplossing uit de maatcilinder door afzuiging onder vacuüm, zeef het af op de 20 μ m zeef voor verwijdering van eventuele vaste bestanddelen en bewaar deze voor uitvoering van de dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml.
7. Breng de overgebleven zware fractie in de maatcilinder over naar de 20 μ m zeef en was deze intensief (zie 4.).
8. Bepaal het nat gewicht van de zware fractie. Als de hoeveelheid vaste stof van de zinklaag te gering is voor uitvoering van chemische analyses wordt de totale hoeveelheid ingezet voor bepaling van het droge-stofgehalte en het gloeiverlies.

2.6 Dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml

1. Gebruik het materiaal van de fractie $< 2,9$ g/ml dat is gereserveerd voor de dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml (zie punt 5 van par. 2.5) en bepaal de hoeveelheid en de vereiste dichtheid van de zoutoplossing die nodig is voor de dichtheidscheiding bij 2,0 g/ml.
2. Maak de zoutoplossing aan (controleer de dichtheid met een areometer) en vul een 500 ml maatcilinder met het berekende volume van de zoutoplossing en voeg het materiaal van de fractie $> 2,9$ g/ml toe. Sluit de maatcilinder af met parafilm.
3. Meng de zoutoplossing en het materiaal door de maatcilinder een aantal keren om te schudden. Laat daarna de maatcilinder enkele uren tot 24 h staan om de dichtheidscheiding te laten plaatsvinden. De vloeistof tussen de drijf- en zinklaag dient na afloop helder te zijn.
4. Verwijder de drijflaag (lichte fractie) door middel van afzuiging. Maak daarbij bijvoorbeeld gebruik van een teflonslang (4 mm diameter) die is aangesloten op een vacuümfles. Breng de inhoud van de vacuümfles over op een 20 μ m zeef en was het materiaal intensief met gedemineraliseerd water. Door de geleidbaarheid van het gebruikte waswater te meten wordt een indicatie verkregen van het verloop van het wasproces.
5. Bepaal het nat gewicht van de lichte fractie. De hoeveelheid lichte fractie is meestal te gering voor uitvoering van chemische analyses. In dat geval kan de totale hoeveelheid worden ingezet voor de bepaling van het droge-stofgehalte en het gloeiverlies. Als er wel voldoende materiaal voorhanden is voor chemische analyses, wordt een deelmonster genomen voor de droge-stofbepaling en het restant gebruikt voor chemische analyses.
6. Verwijder de zoutoplossing uit de maatcilinder door afzuiging onder vacuüm, zeef deze af op de 20 μ m zeef voor verwijdering van eventuele vaste bestanddelen en bewaar deze.
7. Breng de overgebleven zinklaag in de maatcilinder (zandfractie) over naar de 20 μ m zeef en was deze intensief (zie 4.).
8. Bepaal het nat gewicht van de zandfractie en neem deelmonsters voor de bepaling van het droge-stofgehalte, gloeiverlies en voor chemische analyses.

Opmerkingen:

1. Als er geen zware (erts)deeltjes worden verwacht, kan de dichtheidscheiding bij 2,9 g/ml worden weggelaten. In dat geval wordt bij 2.7 punt 1 het uitgangsmonteer ingezet.

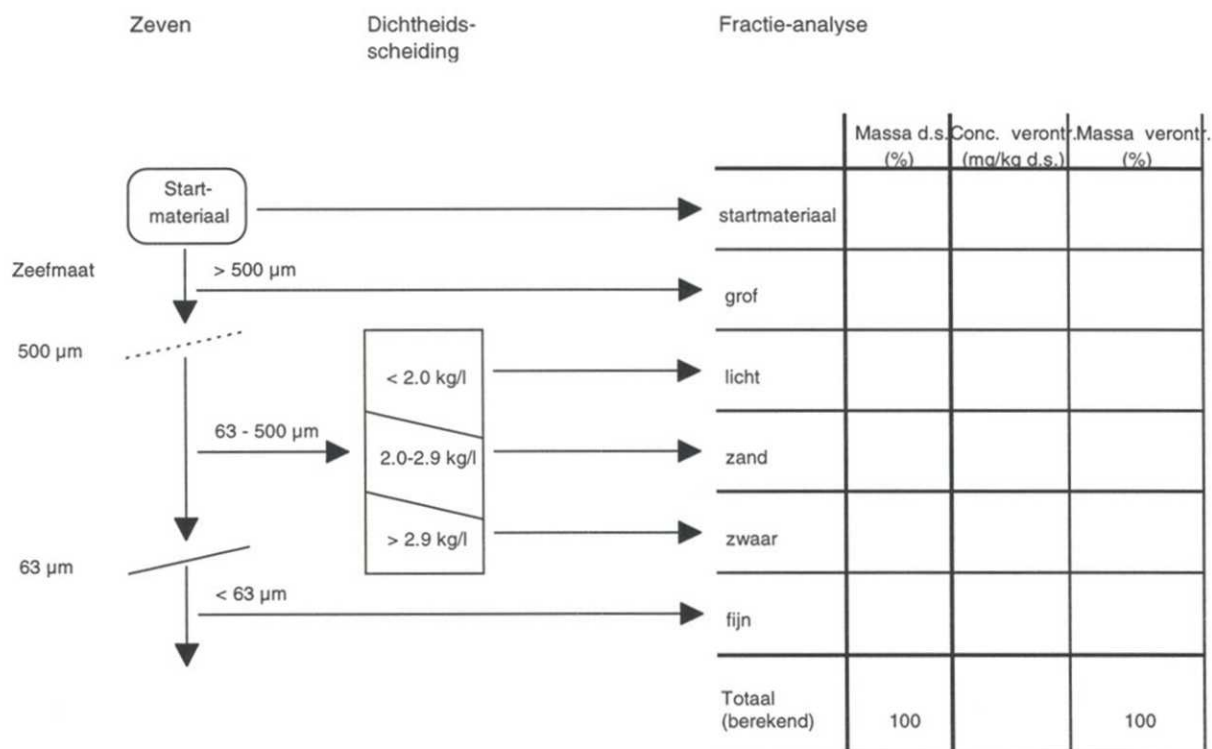
2. In de meeste gevallen komt er weinig droge stof in de lichte fractie ($< 2,0$ g/ml) en de zware fractie ($> 2,9$ g/ml) terecht. Deze hoeveelheid zal in de meeste gevallen niet voldoende zijn voor de uitvoering van een volledige analyse. Als de hoeveelheid droge stof in een drijf- of zinklaag te klein is voor een nauwkeurige analyse (op droge stof en/of op verontreinigingen) wordt dit materiaal niet geanalyseerd, maar wordt de hoeveelheid droge stof en het gehalte aan verontreinigingen berekend uit de massabalans. Hiertoe dient de zeeffractie 63-500 μm en de dichtheidsfractie $< 2,9$ g/ml (drijfslag bij dichtheidscheiding op 2,9 g/ml) extra te worden geanalyseerd op verontreinigingen. Een alternatief is het toevoegen van de afgescheiden zware en lichte fractie aan de fijne fractie. Van dit mengsel wordt vervolgens de droge-stofhoeveelheid en het gehalte aan verontreinigingen bepaald.
3. De kosten van het natriumpolywolframaat zijn hoog. Om op het verbruik van het zout te besparen kan overwogen worden om de zoutoplossing te regenereren [2]. In verband met de overgang van verontreinigingen van de vaste fase naar de zoutoplossing is het hergebruik van de zoutoplossing alleen aan te bevelen na regeneratie en chemische analyse van de zoutoplossing. Voor uitvoering van de regeneratie wordt verwezen naar [2].
4. Met natriumpolywolframaat kan een vloeistof met een dichtheid tot ca. 3.1 g/ml worden aangemaakt. Om de hoeveelheid benodigd zout zoveel mogelijk te beperken, is het met name bij de dichtheidscheiding van 2,9 g/ml gewenst dat het te scheiden materiaal zo droog mogelijk is, omdat het aanwezige water in deze fractie zorgt voor een verdunningseffect. Door het laten uitlekken van de fractie 63-500 μm op een 63 μm zeef is een droge-stofgehalte van 70-80% haalbaar.
5. Bij de scheiding van grond of baggerspecie die is verontreinigd met organische componenten (olie en PAK) dient het glaswerk intensief te worden gereinigd/gespoeld (in verband met mogelijke adsorptie van verontreinigingen aan het glasoppervlak).

2.7 Verwerking en interpretatie van de resultaten

Voor de presentatie van de resultaten van de TDG-proef is een standaard lay-out ontworpen (zie onderstaande tabel). In deze tabel worden de volgende resultaten opgenomen:

- massaverdeling van droge-stof over de diverse fracties;
- verontreinigingsconcentraties van het startmateriaal en van de diverse fracties;
- massaverdeling van relevante verontreinigingen over de diverse fracties.

De massabalans van de verontreinigingen kan worden gecontroleerd door de berekende concentratie in het startmateriaal te vergelijken met de gemeten waarde. In principe mag het verschil tussen de berekende waarde en de gemeten waarde niet te groot zijn. Als het verschil meer dan een factor 1.5 bedraagt moeten de belangrijkste analyses worden herhaald. Als uit de heranalyses geen ander beeld ontstaat, moet de proef geheel of gedeeltelijk worden herhaald.

T-2000 geschiktheidsproef

Als resultaat van de TDG-proef wordt een uitspraak verkregen omtrent de geschiktheid van deeltjes-scheidingstechnieken. Deze uitspraak kan positief zijn ("DST geschikt"), negatief ("DST niet geschikt") of daar tussenin. In het laatste geval is er een uitgebreider onderzoek nodig om een uitspraak te kunnen doen.

Als hulpmiddel bij de uitvoering en ten behoeve van de interpretatie van de resultaten van de TDG-proef zijn stroomschema's opgesteld met bijbehorende criteria. De criteria omvatten o.a. massa-, concentratie- en uitloogcriteria, waaraan een materiaal moet voldoen om geschikt te zijn voor een verwerking met DST. Deze stroomschema's maken inzichtelijk welke onderdelen van de TDG-proef moeten worden uitgevoerd, wanneer de proef kan worden beëindigd en wat de uitkomst is van de proef (materiaal geschikt, niet geschikt of aanvullende informatie nodig). Een voorstel voor de stroomschema's en de criteria is opgenomen in bijlage II.

3. Referenties

- [1] L. Feenstra, e.a., Natte deeltjesscheiding, karakterisering van grond en baggerspecie, TNO-rapport R95-241, augustus 1995
- [2] Feenstra, e.a., Karakterisering van verontreinigde grond en baggerspecie, Nadere uitwerking en evaluatie van de T-2000 Deeltjesscheiding Geschiktheidsproef (TDG-proef), TNO-rapport, R98-..., maart 1998
- [3] F.P.J. Lamé, Een interim-protocol voor de toetsing van partijen grond, TNO-rapport R94/207, augustus 1994

Bijlage I Voorschriften monstername

Een interim-protocol voor de toetsing van partijen
grond

R 94/207

Auteur : F.P.J. Lamé

Datum : 26 augustus 1994

Opdrachtnr. : 52739

Opdrachtgever : Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieu-
beheer
Directie Bodem
Drs E.P.Th. Ruwiel
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

M.m.v. : R.M. Hoefnagel
J.A. van Oosten
M.M.G. Houtzager
E.M. Stofberg
H.P.M. de Haan
P.R. Defize
E.D. Schoen



9 HET INTERIM-PROTOCOL VOOR HET TOETSEN VAN GROND

9.1 Doelstelling en toepassingsgebied

Dit interim-protocol is gericht op het toetsen van partijen grond ten behoeve van de vraagstelling of deze partijen al of niet zijn verontreinigd. Het al of niet verontreinigd zijn van een partij grond wordt vastgesteld door de gemiddelde concentratie van de door middel van dit protocol verkregen monsters te vergelijken met een toetsingswaarde gelijk aan de samenstellingswaarden uit bijlage 2 van het bouwstoffenbesluit.

Het interim-protocol is van toepassing op de toetsing van niet en licht-verontreinigde grond, waarbij de grond aanwezig is als statische partij met een maximale grootte van 2000 ton.

9.2 Monsterneming

De monsterneming wordt uitgevoerd op basis van NEN 7300 en NVN 7302. In dit interim-protocol zijn specifieke aanwijzingen ten aanzien van de toepassing van deze normen gegeven. In bijzondere situaties is het mogelijk dat de grond wordt vervoerd door middel van een transportband. In dat geval is een goede probabilistische monsterneming vanaf de transportband toegestaan en te prefereren boven de monsterneming uit een statische partij. Hiervoor wordt NVN 7301 toegepast. In dit interim-protocol, primair gericht op de monsterneming uit statische partijen, zal echter verder niet op het gebruik van NVN 7301 worden ingegaan.

9.2.1 Monsternemingsplan en monsternemingsformulier

Gebruik voor het opstellen van het monsternemingsplan het formulier zoals omschreven in NVN 7302. Gebruik voor het maken van aantekeningen gedurende de monsterneming het monsternemingsformulier zoals omschreven in NVN 7302.

9.2.2 Bepaling wijze van monsterneming

De monsterneming dient te worden uitgevoerd conform de onderdelen van NVN 7302 gericht op probabilistische monsterneming.

9.2.3 Partij definitie

Definieer de te bemonsteren partij conform NVN 7302. Niet slechts de partijgrootte dient te worden gedefinieerd, maar ook de plaats waar de partij aanwezig is en de ruimtelijke positionering van de partij. Dit laatste ten behoeve van de bepaling van de monsternemingspunten. Als maximale partijgrootte geldt een grootte van 2000 ton. Indien een te toetsen partij deze grootte overschrijdt, dient deze te worden onderverdeeld in verschillende partijen van elk ten hoogste 2000 ton. Deze deelpartijen worden vervolgens elk individueel getoetst.

9.2.4 Vaststellen van de te realiseren kwaliteit

Aan dit onderdeel van NVN 7302 wordt invulling gegeven door als maximale waarde van de variatiecoëfficiënt van de fundamentele fout de waarde van 10 % vast te leggen. Dit resulteert onder de aanname dat 95 % van de deeltjes in de partij kleiner is dan 16 mm in een monstergrootte van 17 kg en een greepgrootte van circa 340 gram (50 grepen).

Indien voor een specifieke partij een andere maximale deeltjesgrootte moet/kan worden toegepast dient de berekening van de monster- en greepgrootte opnieuw te worden uitgevoerd. Zie hiervoor "Minimale greep- en monstergrootte" in NVN 7302.

9.2.5 Monsterneming

In de partij worden aselekt 100 monsternemingspunten geselecteerd conform NVN 7302. Op elk van deze plaatsen wordt 1 greep genomen. De grepen worden aselekt samengevoegd tot twee mengmonsters van 50 grepen elk. Voor beide monsters geldt dat de daarin aanwezige 50 grepen verdeeld over de *gehele* partij genomen dienen te zijn.

Voor het bepalen van de monsternemingspunten en de wijze waarop de grepen moeten worden genomen wordt gebruik gemaakt van de werkwijze zoals beschreven in NVN 7302; de onderdelen "Monsterneming tijdens verplaatsen van de partij, Verplaatsing van de gehele partij" of "Monsterneming in een ruimtelijk coördinaatstelsel".

Om probabilistische monsterneming te garanderen is monsterneming door "Verplaatsing van een deel van de partij" niet toegestaan, evenmin als "Methodisch afgesproken monsterneming".

**Uitloogkarakteristieken van vaste
grond- en steenachtige bouw-
materialen en afvalstoffen.
Monsterneming.
Algemene aanwijzingen**

Leaching characteristics of solid earthy and stony building
and waste materials. Sampling. General instructions

1e druk, april 1997
ICS 13.030.10

Inhoud

	blz.
Inleiding	2
1 Onderwerp en toepassingsgebied	3
2 Normatieve verwijzingen	4
3 Termen en definities	4
4 Beginsel	4
5 Werkwijze	5
5.1 Vaststelling van de uitgangspunten	5
5.2 Specificering van de eisen aan de analysemonsters en/of proefstukken waarop de monsterneming betrekking heeft	5
5.3 Bepaling van de wijze van monsterneming	5
5.3.1 Monsterneming van korrelvormige materialen	5
5.3.2 Monsterneming van vormgegeven en monolitische materialen	5
6 Verslag	5
Bijlage A Toelichting	7
Bijlage B Keuze monsternemingsmethode bij monsterneming van korrelvormige materialen (NVN 7301 en NVN 7302)	11
Bijlage C Keuze monsternemingsmethode bij monsterneming van vormgegeven en monolitische materialen (NVN 7303)	13
Bijlage D Literatuur	15

BIBLIOTHEEK
TNO - MEP
Postbus 342
7300 AH APELDOORN

Bijlage A

(informatief)

Toelichting

A.1 Beoogd kwaliteitsniveau bij monsterneming volgens NEN 7300

Begrip 'nauwkeurigheid'

In het kader van het Taakstellend Plan ter ondersteuning van normcommissie 390 011 [7], waarbinnen deze norm is opgesteld, zijn eisen gesteld aan de nauwkeurigheid (precisie) van de bepalingmethoden in termen van reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid. Voor de spreiding tussen de waarnemingen van de gehaltesbepalingen is gesteld dat deze maximaal 10 % mag bedragen (voor de relatieve standaarddeviatie in de reproduceerbaarheid S_R). Tevens is een eis gesteld aan de onderste bepalingsgrens (OBG) van de analyses. Eisen voor de nauwkeurigheid van andere delen van het proces (monsterneming, monstervoorbehandeling, uitloogproeven) zijn niet gekwantificeerd. In discussies over de in ontwikkeling zijnde normen is de eis van een spreidingsbijdrage van 10 % echter regelmatig teruggekomen.

Begrip 'probabilistische monsterneming'

Bij de monsterneming van korrelvormige materialen is altijd sprake van heterogeniteit in de partij. Indien een reeks monsters wordt genomen zal, bij ideale monsters, de spreiding in de concentratie van de monsters overeenkomen met de heterogeniteit in de partij op de schaalgrootte van die monsters. Zijn de monsters, om welke reden dan ook, minder ideaal, dan zal de spreiding in de waarnemingen niet meer overeenkomen met de heterogeniteit in de partij op de schaalgrootte van de monsters.

Het stellen van een eis aan de spreiding in de partij is mogelijk in het licht van de toetsing die de partij moet ondergaan; zie bijvoorbeeld de percentieltoetsing die is opgenomen in de RIVM/TNO keuringsmethode voor procesmatig gereinigde grond [3]. Een dergelijke eis is in relatie tot de wijze van monsterneming echter niet relevant. Wel kunnen eisen worden gesteld aan de wijze waarop de monsters worden genomen, zodat er vanuit mag worden gegaan dat de spreiding tussen de monsters (vrijwel volledig) overeenkomt met de spreiding in de partij op de schaalgrootte van de monsters.

Tijdens de uitvoering van het Taakstellend Plan [7] is, rekening houdend met de gestelde (maar niet gekwantificeerde) kwaliteitseisen, voorgesteld om de monsterneming een statistische basis te geven om een goed beeld van de *gehele* partij te kunnen krijgen (**probabilistische monsterneming**). Dit heeft als directe consequentie dat de monsterneming vanuit de materiaalstroom moet worden uitgevoerd; immers een statische partij van enige omvang is nooit volledig voor monsterneming bereikbaar. Monsterneming vanaf de transportband, zoals uitgewerkt in NVN 7301, vormt voor de korrelvormige materialen dan ook de primair uit te voeren wijze van monsterneming. De realiteit is echter dat, ondanks een streven om voor de korrelvormige materialen vanuit materiaalstromen te bemonsteren, veelal toch uit statische partijen zal moeten worden bemonsterd. De monsterneming uit statische partijen, die in veel gevallen kwalitatief minder is dan de monsterneming vanuit een materiaalstroom, is beschreven in NVN 7302. Ook voor

deze norm geldt echter dat er naar wordt gestreefd om een probabilistische monsterneming uit te voeren.

Daarmee heeft de monsterneming volgens NEN 7300 een andere basis dan de monsterneming volgens NVN 5860 "Afvalstoffen. Bemonstering van afval". De wijze van monsterneming in NVN 5860 is geënt op de wijze van monsterneming die vanuit de milieu-inspectie wordt uitgevoerd. Daarbij is de vraagstelling gericht op het constateren van een (mogelijke) overtreding. De schaal waarop de overtreding plaatsvindt (gehele partij of slechts een beperkt deel hiervan) is niet direct relevant. De noodzaak voor een probabilistisch uitgevoerde monsterneming is daarmee in dat geval in belangrijke mate vervallen.

Monsterneming met een statistische basis betekent niet alleen dat de monsterneming probabilistisch moet worden uitgevoerd, maar tevens dat de grootte van het monster zo moet zijn dat de gemiddelde concentratie in het monster representatief is voor het gemiddelde gehalte in het deel van de partij waaruit het monster afkomstig is. Bij het bepalen van de concentratie in de partij moet rekening worden gehouden met de heterogeniteit van de partij en de schaal waarop uitspraken moeten worden gedaan over de partij. Als uitgangspunt is er voor gekozen dat variaties die worden veroorzaakt door de verschillen tussen *individuele* deeltjes in de partij (de fundamentele fout [2]) niet relevant zijn bij het beoordelen van de partij. Heterogeniteit op dit schaalniveau mag niet van invloed zijn op de variatie die zou optreden indien een reeks monsters van gegeven grootte x worden genomen en geanalyseerd.

In een toetsingsprotocol dat gebruik maakt van deze norm zal een concrete invulling worden gegeven voor de te hanteren maximale variatie. In NVN 7301 wordt informatief uitgegaan van een maximale grootte van de fundamentele fout van 10 % (de variatiecoëfficiënt¹⁾ gerelateerd aan de fundamentele fout bedraagt maximaal 0,1). Gegeven het uitgangspunt dat de spreidingsbijdrage ten gevolge van de verschillen tussen individuele deeltjes gering moet zijn, moet bij de invulling van het toetsingsprotocol voor de waarde van de variatiecoëfficiënt in ieder geval deze orde van grootte worden aangehouden.

1) De variatiecoëfficiënt van de fundamentele fout ($VC = \text{standaarddeviatie} / \text{gemiddelde}$) is een absolute maat voor de variatie gerelateerd aan de fundamentele fout. Naast de fundamentele fout is ook de segregatie fout van invloed op de totale variatie tussen de monsters. Omdat de fundamentele fout een absolute maat is, is deze dus géén maat voor de totale variatie in de monsterneming (= fundamentele fout + segregatie fout (+ overige monsternemingsfouten)). Met andere woorden, door een eis te stellen aan de grootte van de fundamentele fout wordt nog geen eis gesteld aan de totale variatie tussen de monsters. Is de fundamentele fout relatief klein ten opzichte van de segregatie fout (afkomstig van grootschalige heterogeniteit), dan kan de fundamentele fout worden verwaarloosd. Liggen de fundamentele en segregatie fout echter in dezelfde orde van grootte, dan kan de fundamentele fout niet worden verwaarloosd, de totale variatie is dan echter ook gering gezien de aan de fundamentele fout gestelde maximale waarde.

Een concrete invulling van de te accepteren fundamentele fout is noodzakelijk om de te hanteren monstergrootte te bepalen. Op basis van de gekwantificeerde fundamentele fout kan namelijk, op basis van de binomiale verdeling, op relatief eenvoudige wijze een redelijke benadering worden verkregen van de monstergrootte waarvoor deze variatiecoëfficiënt 0,1 bedraagt. Deze benadering, die qua orde van grootte in overeenstemming is met de veel beter onderbouwde, maar praktisch slecht bruikbare monsternemingstheorie van Pierre M. Gy [2], geeft monstergroottes in gram afhankelijk van de dichtheid van het te onderzoeken materiaal, de maximale korrelgrootte (95 %) van het materiaal, en de fractie van de deeltjes die de te onderzoeken eigenschap (het te bepalen element) bevatten.

Uitgaande van de gestelde maximale grootte van de fundamentele fout (10 %), zal een monster derhalve een concentratie van de te bepalen stof bevatten die goed representatief is voor de concentratie in de partij waaruit dat monster is genomen. Immers, de variatiecoëfficiënt van de fundamentele fout is klein.

Overigens is het mogelijk om voor een sterk heterogene partij een grotere waarde voor de variatiecoëfficiënt van de fundamentele fout te accepteren dan de hier vermelde waarde. De variatie door de segregatie is voor dergelijke partijen immers veel groter. Voor een eenduidige kwaliteit van de monsterneming is het echter wel noodzakelijk dat één waarde voor de fundamentele fout wordt gekozen, of dat *per type* materiaal wordt vastgelegd wat de grootte van de fundamentele fout is. Anders ontstaat er een situatie waarin geen praktisch bepaalbare monstergrootte kan worden gedefinieerd (pas als de partij is bemonsterd, kan worden vastgesteld hoe groot de monsters moesten zijn waarmee de partij is bemonsterd!).

Hoewel de monstergrootte zo is gedefinieerd dat variaties op deeltjesniveau niet significant van invloed zullen zijn op de concentratie van een bepaalde stof in het monster, is de grootschalige heterogeniteit in een partij, de segregatie, hiermee nog niet vastgesteld (of, bij het analyseren van één monster op basis van een (groot) aantal grepen, verdisconteerd). Dit is alleen mogelijk door uit de gehele partij monsters te nemen. De norm gaat echter niet in op het aantal te nemen monsters aangezien dit wordt bepaald door de toetsingsprocedure die moet worden gehanteerd en de toetsingswaarde(n) op basis waarvan de toetsing moet worden uitgevoerd.

Aan dit laatste aspect wordt in het kader van de handhaving invulling gegeven. De norm geeft alleen aan hoe monsters moeten worden genomen op basis waarvan een goede toetsing kan worden uitgevoerd.

Wél wordt zowel in het voorstudierapport [1] als in de norm aangegeven dat er twee wegen bestaan om aan de gewenste nauwkeurigheid te voldoen:

- Indien meer dan een *monster* uit de partij wordt genomen kan naast het gemiddelde gehalte van de partij tevens de spreiding in de partij worden bepaald (een monster wordt individueel geanalyseerd). Met andere woorden, het gemiddelde is op deze wijze bekend, zowel als de mate waarin dit (op het schaalniveau van de monstergrootte) varieert binnen de partij.
- Indien meer dan een *greep* uit de partij wordt genomen kan alleen het gemiddelde gehalte in de partij worden bepaald (de grepen worden samengevoegd tot een monster dat wordt geanalyseerd). Onbekend is nu in hoeverre er variatie in de partij optreedt.

Omdat grepen uit de partij alleen hoeven te voldoen aan de eis dat er sprake is van probabilistische monsterneming (alle deeltjes moeten in het monster terecht kunnen komen), kan de greepgrootte aanzienlijk kleiner zijn

dan de monstergrootte. Samengevoegd moet de resulterende monstergrootte echter tenminste gelijk zijn aan de gestelde eis voor de monstergrootte.

Voor het bepalen van zowel de greepgrootte als de monstergrootte worden in NVN 7301 en NVN 7302 aanwijzingen gegeven.

Begrip 'representatief'

De monsterneming volgens deze algemene aanwijzingen en de onderliggende specifieke normen is gericht op het verkrijgen van representatieve monsters voor het uitvoeren van proeven ter bepaling van het gehalte en/of de uitlegging van milieu-relevante componenten in het bemonsterde materiaal. Onder een representatief monster wordt een monster verstaan waarvan de te onderzoeken eigenschap(pen) goed overeenkomen met de gemiddelde waarde voor de betreffende eigenschap(pen) voor de gehele partij waaruit het monster afkomstig is, zodat een betrouwbare uitspraak over de onderzochte parameter of eigenschap van de partij kan worden gedaan.

Van een monster dat uit een partij is genomen kan per definitie worden gesteld dat dit monster representatief is voor die partij, het materiaal heeft immers deel van de partij uitgemaakt. Aan het begrip representativiteit wordt, volgens bovenstaande definitie, echter een bredere betekenis toegekend.

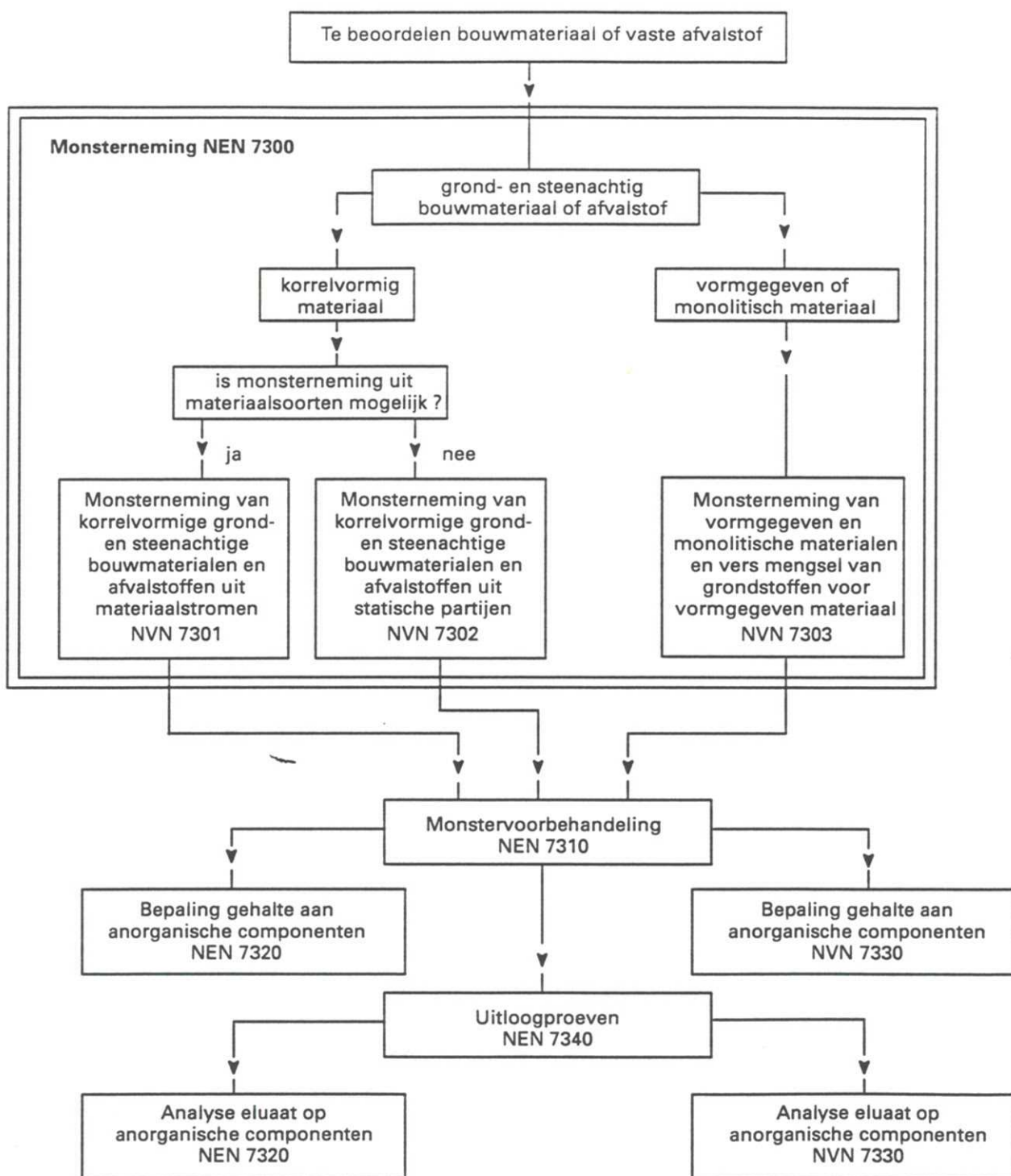
De mate waarin een monster representatief moet zijn (de mate waarin de eigenschap van het monster mag afwijken van de gemiddelde eigenschap van de partij) is sterk afhankelijk van de doelstelling van de monsterneming en de wijze waarop de partij wordt beoordeeld (getoetst) op basis van het monster (de monsters). Aangezien de wijze van toetsing buiten het kader van deze norm valt is geen harde eis te stellen aan de gewenste mate van representativiteit. Indien de wijze van toetsing uitgaat van meer dan een greep of monster die uit de partij wordt genomen en samengevoegd voor analyse (grepen), of individueel worden geanalyseerd (monsters), hoeft de te onderzoeken eigenschap van de betreffende greep of het betreffende monster niet representatief te zijn voor de gehele partij, maar kan worden volstaan met te eisen dat de greep of het monster representatief is voor het deel van de partij waaruit die greep of dat monster is genomen. Na het samenvoegen van de grepen ontstaat immers een mengmonster dat wel representatief mag worden geacht voor de gehele partij. Worden verschillende monsters geanalyseerd, dan geeft de samenstelling van de verschillende monsters niet alleen inzicht in de gemiddelde waarde van de te onderzoeken parameter, maar wordt tevens inzicht verkregen in de heterogeniteit die in de partij voorkomt (op het schaalniveau van de genomen monsters). Voorwaarde hierbij is wel dat de gehele partij voor monsterneming in aanmerking is gekomen (probabilistische monsterneming), hetgeen bij statische partijen vaak niet het geval is.

A.2 Samenhang met andere stappen in de karakterisering van het uitloggedrag

Voor de bepaling van de uitlogkarakteristieken is een aantal stappen nodig die alle een bijdrage leveren aan de onzekerheid in het eindresultaat. Dit betreft de monsterneming, de monstervoorbehandeling, de uitvoering van de uitlogproeven, de chemische ontsluiting en analyse van de vaste stof en de analyse van het eluaat.

Figuur A.1 bestaat uit een aantal blokken: de monsterneming, de monstervoorbehandeling, de uitlogproeven, de gehaltebepalingen in het materiaal zelf en de gehaltebepalingen de eluaten. Slechts voor de monsterneming is in figuur A.1 een nadere uitwerking gegeven van de onder dit blok vallende specifieke normen.

Voor de specifieke normen die vallen onder de andere blokken wordt verwezen naar de algemene normen uit die betreffende blokken.



Figuur A.1: Samenhang tussen de verschillende algemene normen

Uitloogkarakteristieken van vaste grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen. Monsterneming van korrelvormige materialen uit statische partijen

Publikatie uitsluitend voor commentaar

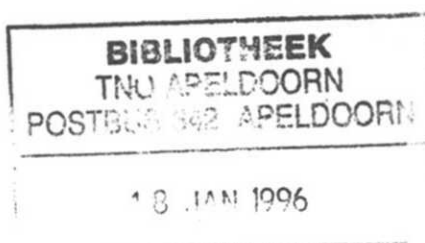
Leaching characteristics of solid earthy and stony building and waste materials. Sampling. Sampling of granular materials from static heaps

mei 1995
UDC 628.4.04-405:691.4:628.516:66.061.34:620.113

Commentaar vóór 15 augustus 1995

Inhoud

	Inleiding	2
1	Onderwerp en toepassingsgebied	3
2	Normatieve verwijzingen	4
3	Termen en definities	5
4	Beginsel	5
5	Toestellen en hulpmiddelen	6
6	Werkwijze, deel 1: Monsternemingsplan	6
7	Werkwijze, deel 2: Uitvoering van de monsterneming	8
7.1	Vaststelling van de uitgangspunten	9
7.2	Probabilistische monsterneming	10
7.3	Methodisch afgesproken monsterneming	15
7.4	Monstervoorbehandeling	15
7.5	Bepaling minimale greep- en monstergrootte	16
8	Verslag	17
Bijlage A	Monsternemingsapparatuur	18
Bijlage B	Voorbeeld van formulieren	19
Bijlage C	Bepaling minimale monstergrootte	21
Bijlage D	Literatuur	32



1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze voornorm beschrijft de wijze waarop monsters worden genomen uit statische partijen van korrelvormige grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen, bedoeld voor het bepalen van het gehalte en/of de uitloging van anorganische of organische componenten volgens respectievelijk NEN 7320, NVN 7330 en NEN 7340.

Voor een specificatie van de materialen waarmee ervaring is opgedaan met de in deze voornorm vermelde methoden van monsterneming en waarvan aannemelijk is dat de voorgeschreven werkwijze geschikt is voor de bepaling van het gehalte en/of de uitloging van anorganische of organische componenten, wordt naar NEN 7300 verwezen.

Indien de monsterneming vanuit materiaalstromen kan worden uitgevoerd, wordt naar NVN 7301 verwezen. Indien monsters van vormgegeven en monolitische materialen moeten worden genomen, wordt naar NVN 7303 verwezen.

Met deze voornorm wordt beoogd primair kwalitatief goede monsters uit een statische partij te verkrijgen, waarmee een zo betrouwbaar mogelijke uitspraak kan worden gedaan over het gehalte en/of de uitloging van de te onderzoeken componenten in de gehele partij. Echter ook kwalitatief minder goede monsternemingsmethoden worden in deze voornorm beschreven.

OPMERKINGEN

1. Monsterneming vanuit statische partijen wordt uitgevoerd indien het, door de situatie waarin, of het moment waarop, de monsterneming moet worden uitgevoerd, onmogelijk is om de betreffende partij vanuit een materiaalstroom te bemonsteren. In veel gevallen zal de representativiteit van de monsters verkregen volgens deze voornorm minder goed zijn dan van monsters verkregen na monsterneming uit materiaalstromen. Daarom wordt in NEN 7300 prioriteit gegeven aan het nemen van monsters volgens NVN 7301 uit materiaalstromen. Bij uitspraken op basis van de resultaten van aan de monsters verrichte proeven of analyses moet met deze geringere representativiteit rekening worden gehouden.
2. Afhankelijk van de wijze waarop de monsters uit de statische partij zijn genomen en de verwachting omtrent de heterogeniteit van de bepaalde eigenschap binnen de partij, zal het resultaat meer of minder representatief zijn. Om een uitspraak over de mate van representativiteit van de monsters te kunnen doen, is ruime ervaring met de monsterneming van het betreffende materiaal noodzakelijk.
3. De representativiteit van de genomen monsters is bij monsterneming vanuit een statische partij onder meer afhankelijk van de vraag of de gehele partij voor monsterneming in aanmerking is gekomen en de mate van heterogeniteit die binnen de partij aanwezig is.

Bepalend voor het gerealiseerde kwaliteitsniveau van de monsters die volgens deze voornorm worden genomen is de geaccepteerde grootte van de variatie die wordt veroorzaakt door het optreden van verschillen tussen de individuele deeltjes in de partij (fundamentele fout). Bij de bepaling van de minimale greep- of monstergrootte wordt daarmee rekening gehouden.

Naast de eis voor de te hanteren greep- of monstergrootte, wordt bij de selectie van de te hanteren monsternemingsmethode prioriteit gegeven aan probabilistische monsternemingsmethoden. Indien, ondanks deze gestelde prioriteit, de monsterneming niet-probabilistisch maar methodisch afgesproken wordt uitgevoerd, moeten de

Bijlage C (informatief)

Bepaling minimale monstergrootte

C.1 Achtergrond

Voor de bepaling van de minimale monstergrootte geldt als criterium dat variaties in samenstelling van het te onderzoeken materiaal op de schaalgrootte van de individuele deeltjes niet als relevant wordt beschouwd. Met andere woorden, de variatie die wordt veroorzaakt door de fundamentele fout is klein.

Voor de absolute grootte van de variatie veroorzaakt door de fundamentele fout is in deze voornorm informatief voor een waarde van 0,1 gekozen.

Uitgaande van een maximale variatie op de schaalgrootte van de individuele deeltjes van 0,1, kan worden gesteld dat:

- de variatie die optreedt in een serie waarnemingen wordt veroorzaakt door de heterogeniteit van het materiaal;

òf dat:

- de variatie die optreedt in een serie waarnemingen zowel wordt veroorzaakt door de samenstelling van de individuele deeltjes als de heterogeniteit van het materiaal, maar dat de totale variatie gering is.

Op basis van de hier gekozen waarde van 0,1 zijn in C.2 tabellen voor de minimale monstergrootte uitgewerkt. Het is echter ook mogelijk voor andere waarden van de maximale variatie veroorzaakt door de fundamentele fout te kiezen. In het rapport "Voorstudie monsterneming van bouwmaterialen en vaste afvalstoffen" [1] worden voor meerdere waarden tabellen gegeven. Hierin zijn naast andere waarden voor de variatiecoëfficiënt (0,01, 0,05, 0,1 en 0,2) ook meer waarden van λ_g en p opgenomen. Tevens is in dat rapport aangegeven hoe de tabellen tot stand zijn gekomen (opgemerkt moet worden dat die tabellen in gering mate afwijken van de waarden zoals vermeld in deze voornorm, door de in dat rapport gedane aanname dat $(1 - p) = 1$).

C.2 Tabellen voor de minimale monstergrootte

De tabellen voor de monstergrootte, gerelateerd aan een gekozen waarde van de variatiecoëfficiënt voor de fundamentele fout, zijn tot stand gekomen op basis van de formule:

$$m = \frac{1}{6} \pi d^3 \lambda_g \frac{(1 - p)}{(VC)^2 p}$$

waarin:

- m is de massa van het monster, in g;
- λ_g is de volumieke massa van het materiaal (stortmassa), in g/cm³;
- VC is de variatiecoëfficiënt veroorzaakt door de fundamentele fout;
- p is de fractie van de deeltjes met een bepaalde eigenschap;
- d is de middellijn diameter van de deeltjes (95 %), in cm.

Voor de tabellen is aan de variatiecoëfficiënt veroorzaakt door de fundamentele fout een waarde van 0,1 (10 %) toegekend.

Deze formule mag worden toegepast voor het schatten van de monstergrootte onder de randvoorwaarden dat:

- de betreffende deeltjes bolvormig zijn, en dat
- een deel (p) van de deeltjes voor de te onderzoeken eigenschap (uniform) afwijkt van de overige deeltjes.

Wanneer een eigenschap in alle deeltjes (in geringe mate) aanwezig is, mag deze benadering niet worden gebruikt. De benadering gaat echter uit van een ongunstige situatie. Bevatten alle deeltjes de betreffende eigenschap dan zal met een kleinere monstergrootte kunnen worden volstaan dan op basis van bovenstaande formule is bepaald. In de praktijk zal het toepassen van deze formule dus eventueel kunnen leiden tot te grote monsters; de gerealiseerde variatie door de fundamentele fout is in zo'n geval kleiner dan de 0,1 op basis waarvan de tabellen tot stand zijn gekomen.

Op basis van de voorgaande benadering van de variatiecoëfficiënt van de fundamentele fout is in de tabellen C.1 tot en met C.9 de minimale monstergrootte bepaald voor een aantal verschillende waarden van de maximale korrelgrootte (95 %). In de tabellen is voor een variatiecoëfficiënt van 0,1 bij een toenemende korrelgrootte per tabel de minimale monstergrootte weergegeven als functie van de dichtheid van het materiaal (λ_g , verticaal) en de fractie van de deeltjes die de te onderzoeken eigenschap bevat (p , horizontaal).

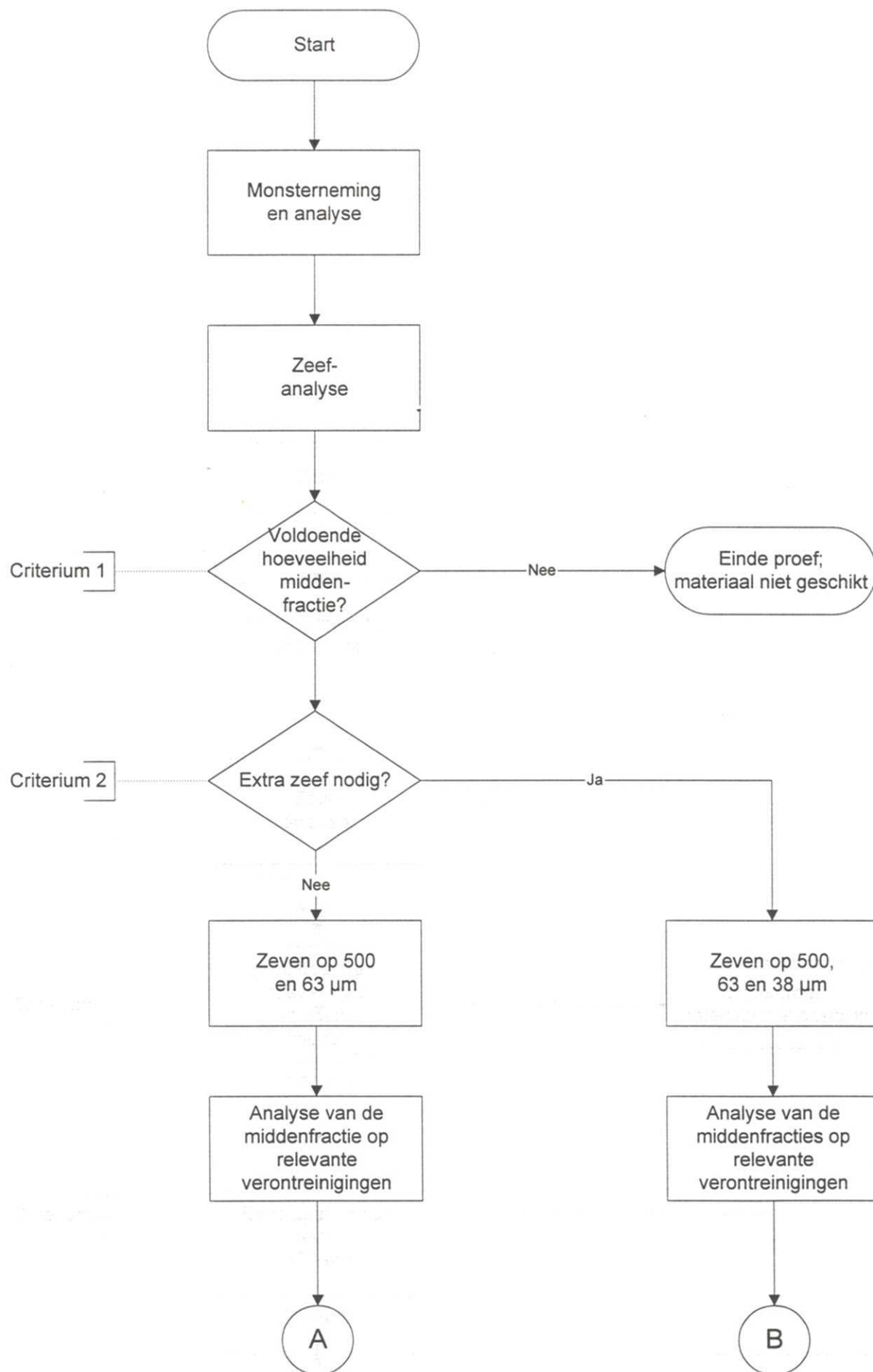
De gegeven formule waarmee de tabellen zijn opgesteld geeft slechts een benadering van de monstergrootte waarvoor de variatiecoëfficiënt 0,1 bedraagt; de berekende massa van de minimale monstergrootte is daarom op twee significante cijfers afgerond.

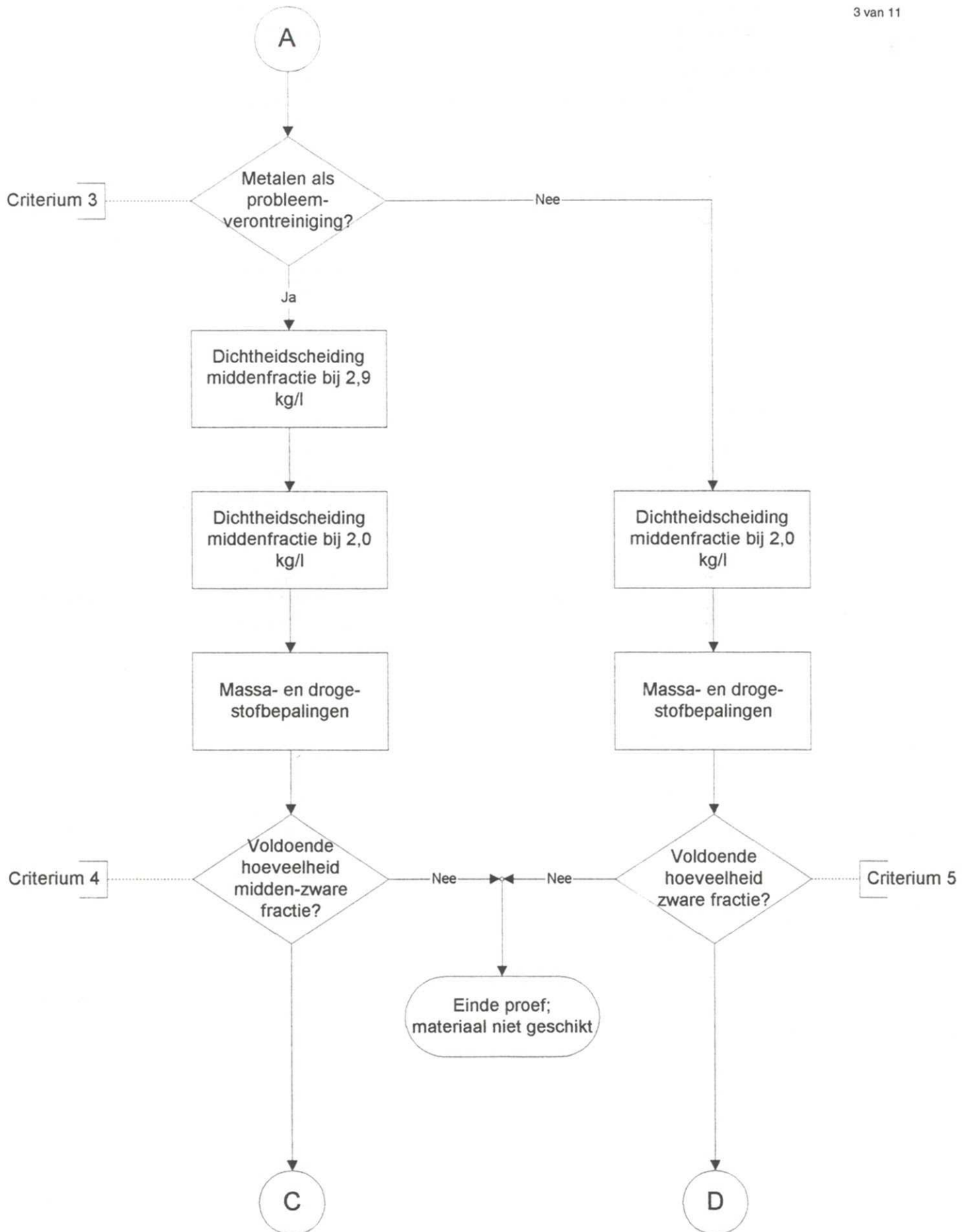
Tabel C.4: Massa van het monster in **gram** bij variatiecoëfficiënt van 0,1

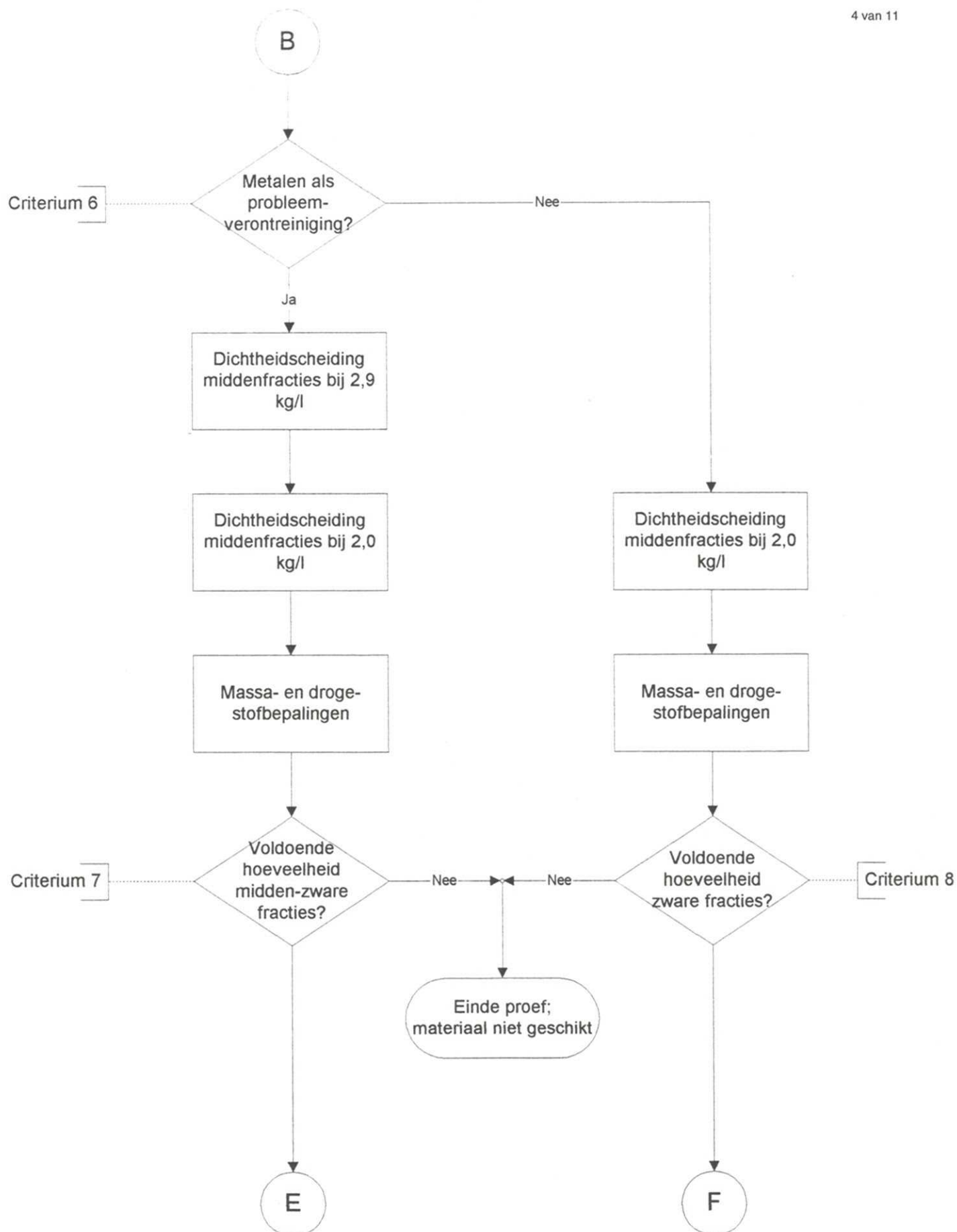
$VC = 0,1$
 $\lambda(g) = \text{variabel g/cm}^3$
 $\rho = \text{variabel}$
 $d = 1 \text{ cm}$

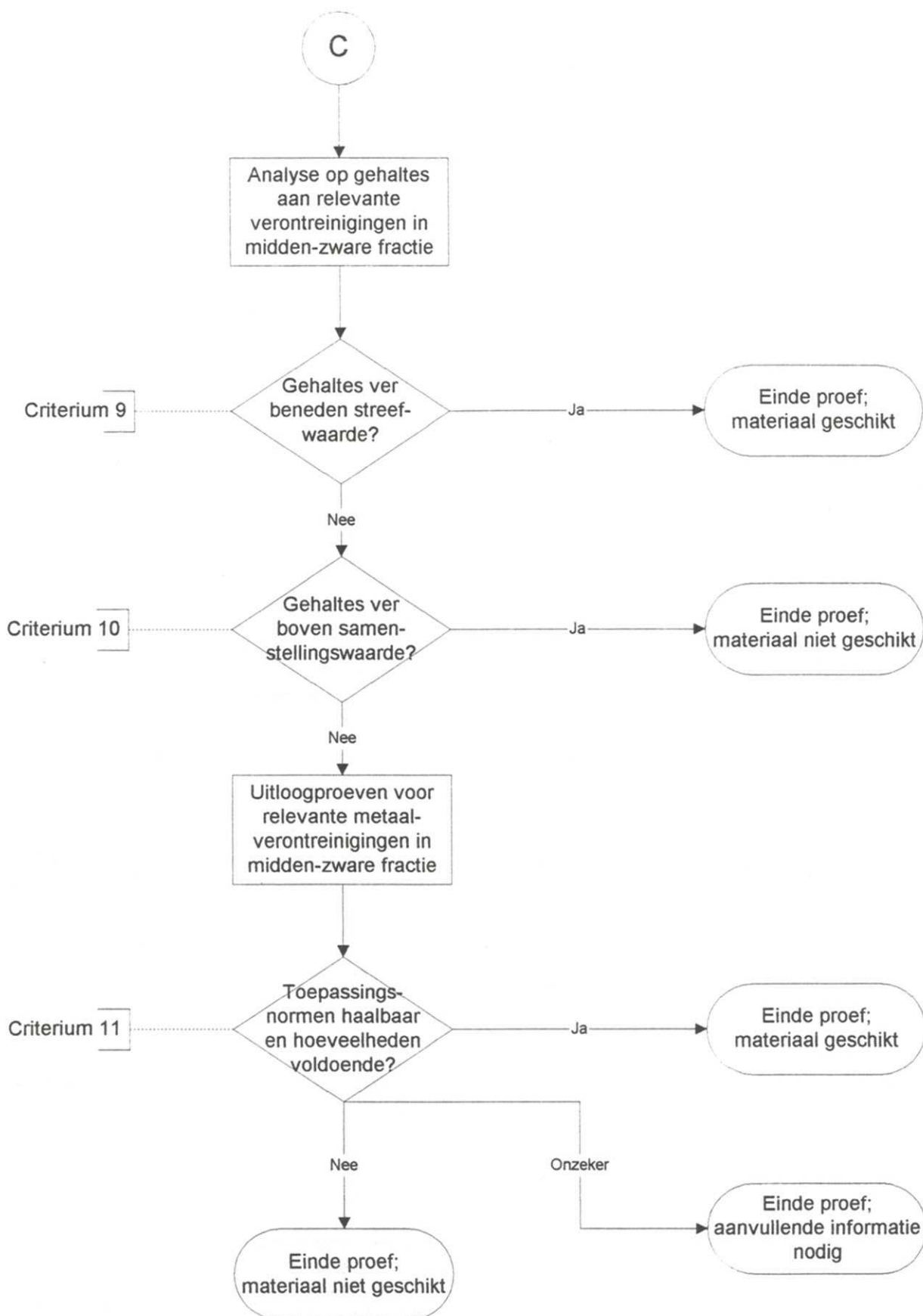
$\lambda(g)$	$\rho = 1/10$	$\rho = 1/50$	$\rho = 1/100$	$\rho = 1/500$	$\rho = 1/1000$
1,0	470	2600	5200	26000	52000
1,2	560	3100	6200	31000	63000
1,4	660	3600	7200	36000	73000
1,6	750	4100	8300	42000	84000
1,8	850	4600	9300	47000	94000
2,0	940	5100	10000	52000	100000
2,2	1000	5600	11000	57000	120000
2,4	1100	6200	12000	63000	120000
2,6	1200	6700	13000	68000	140000
2,8	1300	7200	14000	73000	150000
3,0	1400	7700	16000	78000	160000
3,2	1500	8200	16000	84000	170000
3,4	1600	8700	18000	89000	180000
3,6	1700	9200	19000	94000	190000
3,8	1800	9700	20000	99000	200000
4,0	1900	10000	21000	100000	210000
4,2	2000	11000	22000	110000	220000
4,4	2100	11000	23000	110000	230000
4,6	2200	12000	24000	120000	240000
4,8	2300	12000	25000	120000	250000
5,0	2400	13000	26000	130000	260000

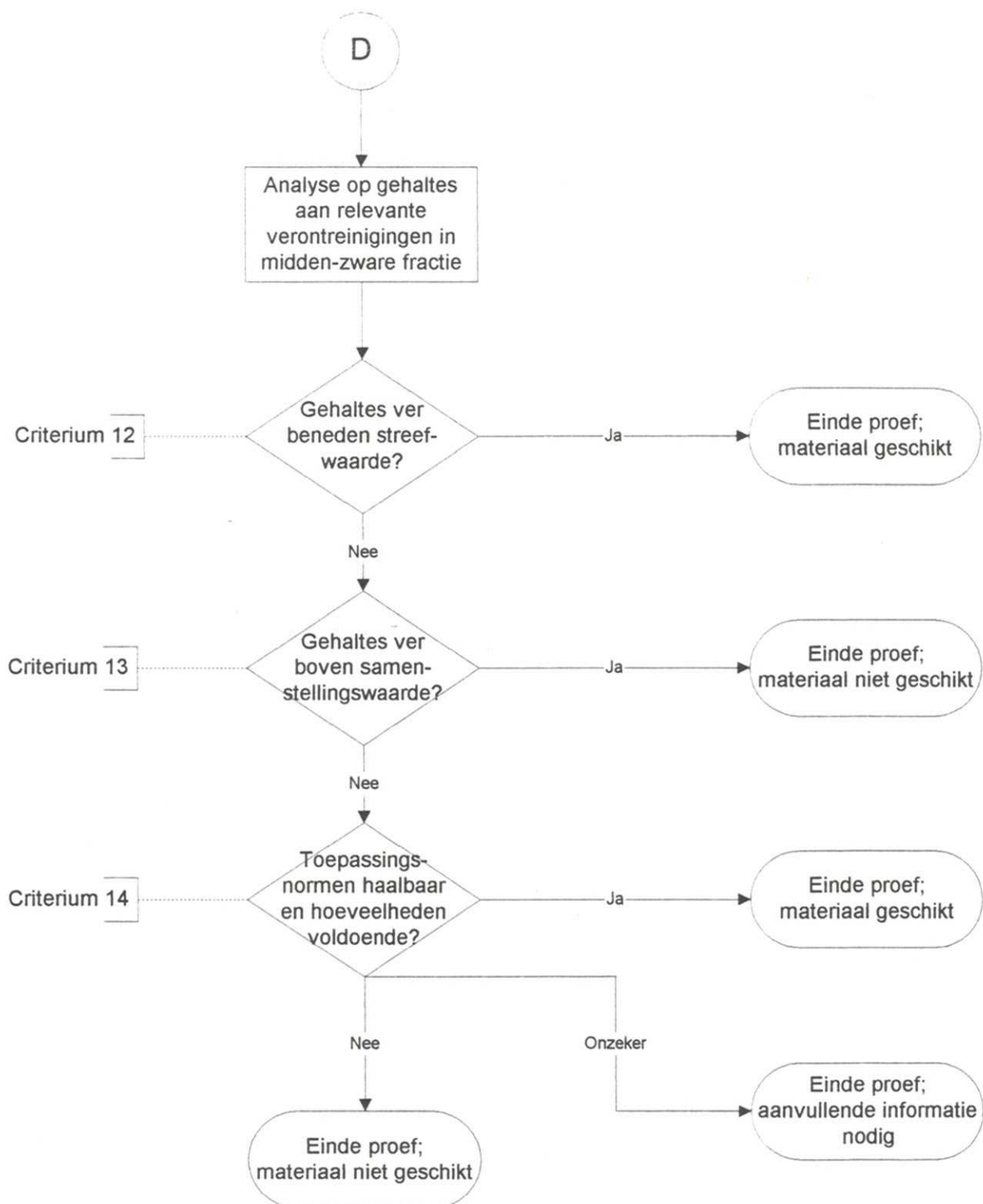
Bijlage II Flowcharts en criteria TDG-proef

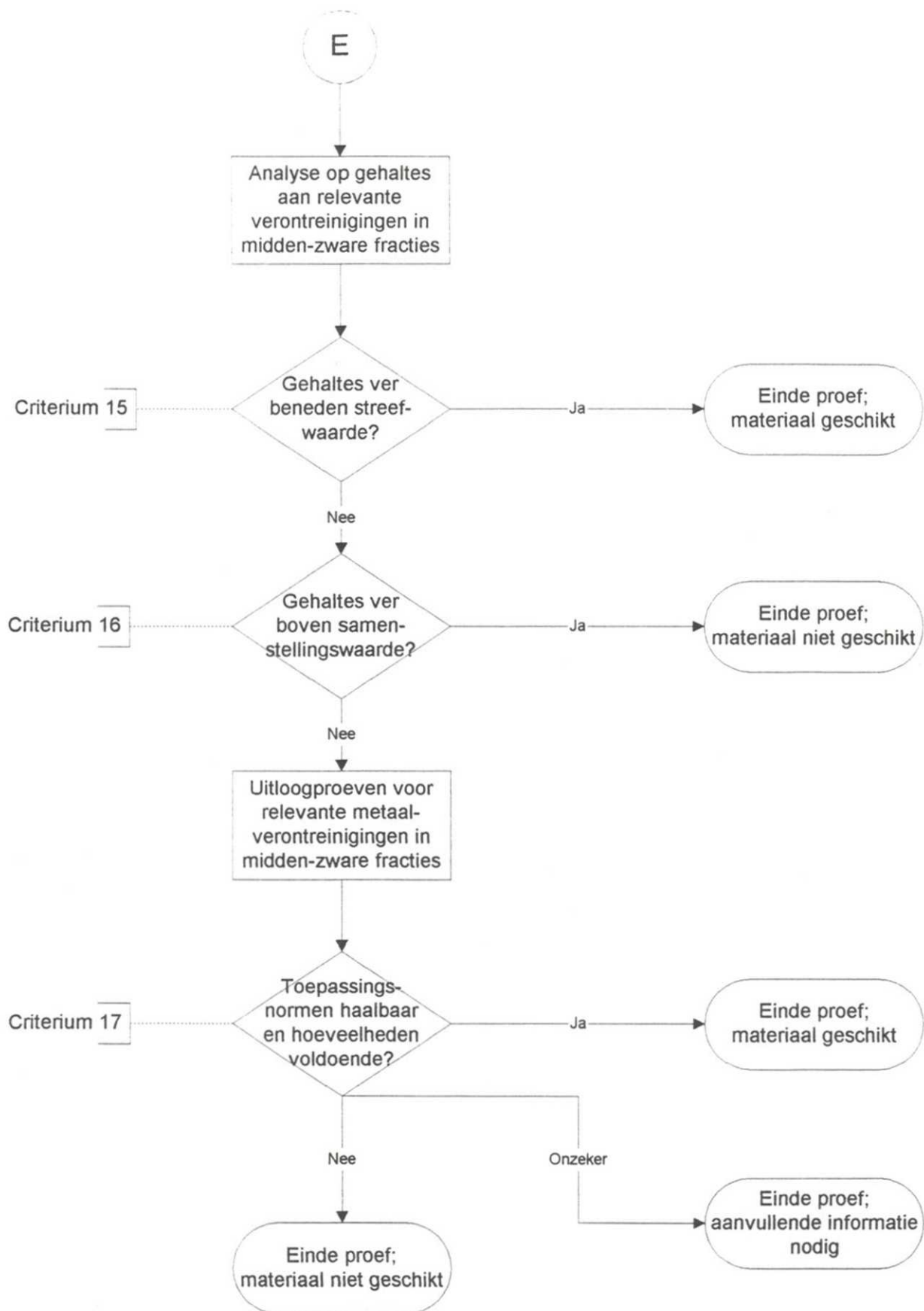


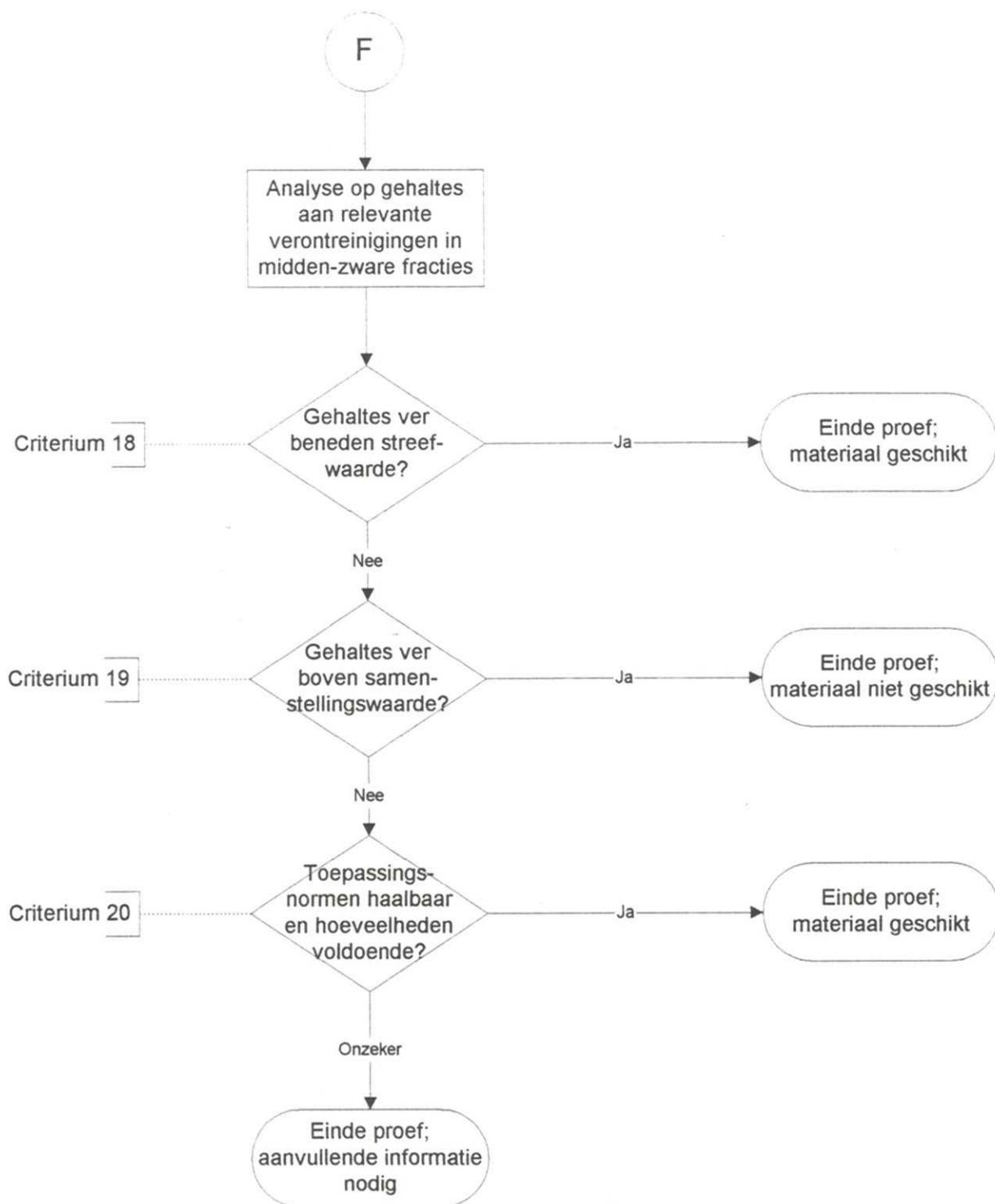












Criteria flowcharts TDG-proef

- | | |
|--------------|--|
| Criterium 1 | Nee, als uit de zeefanalyse blijkt dat de fractie 38 - 500 µm minder dan 50 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterium 2 | Ja, als uit de zeefanalyse blijkt dat de fractie 38 - 63 µm meer dan 20 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterium 3 | Ja, als tenminste één van de zware metalen in de middenfractie (63 - 500 µm) voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde (gecorrigeerd voor lutum- en organische-stofgehalte). Als de resultaten van de fractie-analyse nog niet bekend zijn, geldt als criterium dat tenminste één van de zware metalen in het oorspronkelijke materiaal voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde. |
| Criterium 4 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de midden-zware fractie minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterium 5 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de zware fractie minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevat. |
| Criterium 6 | Ja, als tenminste één van de zware metalen in één van de middenfracties (38 - 63 µm of 63 - 500 µm) voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde (gecorrigeerd voor lutum- en organische-stofgehalte). Als de resultaten van de fractie-analyse nog niet bekend zijn, geldt als criterium dat tenminste één van de zware metalen in het oorspronkelijke materiaal voorkomt met een concentratie boven de streefwaarde. |
| Criterium 7 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de midden-zware fracties in hun totaliteit minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevatten. |
| Criterium 8 | Nee, als uit massa- en droge-stofbepalingen blijkt dat de zware fracties in hun totaliteit minder dan 40 % van de totale massa droge stof bevatten. |
| Criterium 9 | Ja, als de gehalten aan metalen en organische micro-verontreinigingen in de midden-zware fractie lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden. De waarde van de factor f_s wordt bepaald door de spreiding in de resultaten. Voor PAK en olie is de waarde van $f_s = 1,7$ Voor metalen is $f_s = 1,5$. |
| Criterium 10 | Ja, als het gehalte voor één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde. De waarde van f_p wordt bepaald door de mogelijkheden die er zijn de zandfractie met aanvullende polishing technieken verder te reinigen. De waarde van f_p wordt voorlopig (arbitrair) gesteld op 2. Deze waarde is bewust niet erg streng gekozen, omdat het niet onmogelijk moet worden geacht dat door een goed geoptimaliseerde keuze van technieken (bijvoorbeeld toepassen van flotatie) en procespara- |

meters een beter resultaat mogelijk is dan met de proef wordt gevonden. De waarde van f_s voor metalen is 1,5 en voor PAK en olie 1,7.

- Criterium 11** Ja, als de midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde en daarnaast de emissie van metalen lager is dan $1/f_u$ maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 5 m. Het materiaal kan (afhankelijk van de gemeten emissie en de toepassingshoogte) hetzij als categorie-I, hetzij als categorie-II bouwstof worden toegepast. Voor de waarde van f_u zijn in dit onderzoek geen gegevens opgedaan, maar een waarde van ca. 2 lijkt niet onredelijk.
Nee, als voor één (of meer) verontreiniging(en) de emissie hoger is dan f_u maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 0,5 m.
In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende toepassingseisen en uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.
- Criterium 12** Ja, als de gehalten aan organische verontreinigingen in de midden-zware fractie lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarde.
- Criterium 13** Ja, als het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) in de midden-zware fractie hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterium 14** Ja, als de midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.
- Criterium 15** Ja, als òf de gehalten aan metalen en organische micro-verontreinigingen in één van beide midden-zware fracties lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en deze fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster) òf als in beide fracties de gehalten aan metalen en organische micro-verontreinigingen lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en de som van deze fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat.
- Criterium 16** Ja, als òf voor één van beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde en de andere fractie minder dan 40 % van de droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster), òf voor beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterium 17** Ja, als één van beide midden-zware fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie geldt dat het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende samenstellingswaarde en daarnaast de emissie lager is dan $1/f_u$ maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte

van 5 m. Het materiaal kan (afhankelijk van de gemeten emissie en de toepassingshoogte) hetzij als categorie-I, hetzij als categorie-II bouwstof worden toegepast. Het antwoord is eveneens positief als bovengenoemde verontreinigingsgehaltenes en uitloogeigenschappen voor beide fracties gelden en deze fracties in totaal meer dan 50 % van de massa droge stof bevatten.

Nee, als voor beide fracties één (of meer) verontreiniging(en) de emissie hoger is dan f_u maal de N2-uitloognorm uit het Bouwstoffenbesluit bij een toepassingshoogte van 0,5 m òf als dit geldt voor één van beide fracties en de massa droge stof in de andere fractie kleiner is dan 40 % van de totale hoeveelheid.

In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.

- Criterium 18** Ja, als òf de gehaltenes aan organische verontreinigingen in één van beide midden-zware fracties lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en deze fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster) òf als in beide fracties de gehaltenes aan organische verontreinigingen lager zijn dan $1/f_s$ maal de betreffende streefwaarden en de som van deze fracties meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat.
- Criterium 19** Ja, als òf voor één van beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan vijf maal de betreffende samenstellingswaarde en de andere fractie minder dan 40 % van de droge stof bevat (betrokken op het oorspronkelijke monster), òf voor beide midden-zware fracties het gehalte van één (of meer) verontreiniging(en) hoger is dan $f_s * f_p$ maal de betreffende samenstellingswaarde.
- Criterium 20** Ja, als één van beide midden-zware fractie meer dan 50 % van de totale massa droge stof bevat en bovendien voor elke verontreiniging in deze fractie het gehalte lager is dan $1/f_s$ maal de betreffende interventiewaarde. Het antwoord is eveneens positief als bovengenoemde verontreinigingsgehaltenes voor beide fracties gelden en deze fracties in totaal meer dan 50 % van de massa droge stof bevatten.
- In alle andere gevallen moet de uitkomst van de proef worden genuanceerd vanwege mogelijk verschillende uitkomsten bij uitvoering in de praktijk.