

Handreiking

Onderzoek bodemvreemde materialen in waterbodems

Onderzoek fractie 2–200 cm

AKWA rapport 05.001
Januari 2005



Colofon

Uitgegeven door:	Rijkswaterstaat AKWA
Informatie & reactie:	T.K.H.M. Bolleboom, R.J.G. van Etten Postbus 5044 2600 GA Delft Tel. 015-2518518
Opgesteld door:	Rijkswaterstaat: Dienst Weg- en Waterbouwkunde Adviesdienst Geo-informatie en ICT Bouwdienst & Grontmij Nederland BV
Toetsing:	Rijkswaterstraat Noord-Holland Rijkswaterstaat Zuid-Holland Rijkswaterstaat Noordzee
Datum:	Januari 2005
Rapport:	AKWA 05.001
Bestellingen:	Cabri Lelystad e-mail: akwa@cabri.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Doelstelling	9
1.3	Leeswijzer	10
2	Waarom een handreiking?	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Voorbeelden uit de praktijk.....	11
2.3	Afbakening.....	12
3	Huidige methoden en protocollen	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Huidige onderzoeksprotocollen	13
3.3	IMAGO-project	14
3.4	Asbest	14
3.5	Natte archeologie bij de Maaswerken	15
4	Risicolocaties	17
4.1	Inleiding	17
4.2	Resultaten enquête.....	17
4.3	Sedimentatiebekkens	20
5	Onderzoekstechnieken	23
5.1	Inleiding	23
5.2	Geofysische en verwante meettechnieken voor grofvuildetectie.....	23
5.3	Conventionele technieken voor grofvuildetectie.....	25
5.4	Andere mogelijk bruikbare technieken.....	26
5.5	Synthese onderzoekstechnieken.....	27
6	Wanneer onderzoek gericht op grofvuil uitvoeren?	33
6.1	Inleiding	33
6.2	De praktijk.....	33
6.3	De kosten	33
7	Flow-schema	35
7.1	Inleiding	35
7.2	Opmerkingen bij het flow-schema	36
8	Conclusies en aanbevelingen	41
8.1	Conclusies.....	41
8.2	Aanbevelingen	42
9	Literatuurlijst	43
Bijlage 1	Betrokken personen	
Bijlage 2	Beschrijving technieken	
Bijlage 3	Reactieformulier	

Voorwoord

De waterbodem bestaat uit bestanddelen van natuurlijke en onnatuurlijke oorsprong. Met bodemvreemde materiaal worden alle niet van nature voorkomende onderdelen van de bodem beschouwd. Deze worden vaak getypeerd als 'grof vuil'. Voorbeelden zijn puin, fietsen, autobanden, plastics, metaal en hout. Bij de uitvoering van baggerwerk en verwerking van specie, leidt de onverwachte aanwezigheid van dit soort materialen vaak tot problemen. De problemen kunnen zich manifesteren door onvoorziene kostenverhogingen (bij baggeren en verwerken) van wel 20% (soms zelfs hoger), vertraging van het baggerwerk en het niet goed kunnen voldoen aan vergunningvoorschriften van de afgesproken bestemmingslocatie of baggerlocatie. Dit laatste kan bijvoorbeeld plaatsvinden doordat tijdens het baggerwerk de grijper of vizierbak niet goed sluit en er een te grote vertroebeling optreedt.

Voor de keuzes die de waterbeheerder, de aannemer van het baggerwerk en de verwerker willen maken voor de aanpak van het baggerwerk, de bestemming en de verwerking van baggerspecie, is inzicht in de mate van 'grof vuil' gewenst. AKWA biedt aan waterbeheerders een handreiking voor in situ onderzoek van de waterbodem, waarmee behulp van bestaande technieken een verbeterd inzicht kan worden verkregen in de mate waarin 'grof vuil' voorkomt in een waterbodem. De handreiking is primair geschreven voor de praktijk van Rijkswaterstaat, maar biedt andere waterbeheerders zeker een goed uitgangspunt. Voorliggende handreiking biedt meer dan een opsomming van methoden. Los van de methode van onderzoek, wordt op basis van praktijkinformatie inzicht gegeven in ervaringen met onderzoek en uitvoering van baggerwerk omtrent bodemvreemde materialen en de extra kosten die hiermee gemoeid zijn.

De bestaande onderzoeksprotocollen voor waterbodems vormen de basis voor het verkrijgen van die informatie van de waterbodem die is gericht op de kaders die het bevoegd gezag hanteert voor de toetsing aan beleid en wet- en regelgeving voor saneren en verspreiden. Hiervan afgeleid zijn protocollen opgesteld om inzicht te krijgen in de milieuhygiënische kwaliteit op basis waarvan risico's en de ernst en urgentie kan worden bepaald. Het onderzoek is hoofdzakelijk gericht op het verkrijgen van informatie over de in de waterbodem aanwezige microverontreinigingen (zoals metalen, PAK, olie) en over de voor de vertaling naar verontreinigingsklassen benodigde korrelfracties ($<2\mu\text{m}$, $<16\mu\text{m}$) en het organische stofgehalte. In beleid en wetgeving zijn nauwelijks grenzen gesteld aan de mate van aanwezigheid van bodemvreemd materiaal. Vanwege vermeende humane risico's vormt asbest sinds enige tijd hierop een uitzondering. Voor asbest is reeds een handreiking in de vorm van een Nederlands Technische Afspraak (NTA) opgesteld.

Het onderzoek, dat op basis van bestaande onderzoeksprotocollen wordt uitgevoerd, blijkt weinig inzicht te geven in het voorkomen van bodemvreemde materialen. Hoofdrede blijkt de bemonsteringsapparatuur. De diameter van buizen van te hanteren waterbodemmonsterapparatuur (sampler, vibro-corer) is 7 of 10 cm. Dit sluit aan bij de 'formule' dat de boormiddellijn van de monsterapparatuur minstens 3 maal zo groot moet zijn als de korrelgrootte van

het te analyseren deel. Materialen groter dan 2 tot 3 cm worden zodoende meestal niet uit de bodem meegenomen in het gestoken monster. Daarnaast blijkt de waarneming en/of registratie in het veld van kleinere fracties bodemvreemde materialen in de baggerspecie, zoals staalgrid, kooldeeltjes en slakken, moeilijker en vaak van mindere kwaliteit dan bij de droge bodem. Het vermoeden van grof vuil door bijvoorbeeld de registratie van 'gestaakte boringen', wegens harde objecten, blijkt bij waterbodemonderzoek helaas niet vaak plaats te vinden.

In de handreiking is aansluiting gezocht bij de werkzaamheden die worden uitgevoerd in het kader van de reeds bestaande en gebruikte onderzoeksprotocollen. De aandacht vestigt zich op de fractie 2-200 cm, waar op het vlak van onderzoeksprotocollen een niche bestond. De ondergrens is ingegeven door de bestaande onderzoeksprotocollen waar, ingegeven door eerder vermelde redenen, een praktische knip wordt gelegd bij enkele centimeters. Bij de bepaling van kleinere bodemvreemde fracties wordt echter wel stilgestaan, middels een handreiking voor optimalisatie van het reguliere onderzoekswerk. Met de grens van 200 cm wordt aangesloten bij het IMAGO project, dat recent door Rijkswaterstaat (AGI) is afgesloten en handreikingen biedt voor onderzoek naar onder meer scheepswrakken.

Vanwege het ontbrekende wettelijke toetsingskader en de behoefte om ruimte te bieden voor nog in ontwikkeling zijnde innovatieve technieken is gekozen voor een handreiking. Er bestaat geen ambitie deze te vertalen naar een protocol als een NEN5720, dat vaak geassocieerd wordt met een voorschrijvende (uniforme) methode. De beheerder heeft immers de vrijheid zelf een keuze te maken of hij onderzoek wenst uit te voeren en welke technieken hij hiervoor wenst te gebruiken.

Na een periode van circa twee jaar wil AKWA de eerste ervaringen die met de handreiking worden opgedaan evalueren en de handreiking eventueel verrijken met aangedragen kennis en ervaring. Via onder meer het enquêteformulier in de bijlagen van deze handreiking wordt u hierbij als gebruiker verzocht uw mening en ervaring beschikbaar te stellen en deze via AKWA te delen met andere waterbeheerders.

De handreiking bestaat uit drie delen. In deel A (bestaande uit de hoofdstukken 2-5) worden alle bouwstenen, waaronder ingebrachte praktijkervaring van waterbeheerders, gepresenteerd voor de eigenlijke handreiking: deel B (hoofdstukken 6-7). In deel C (hoofdstuk 8) staan de belangrijkste ervaringen en handreikingen samengevat.

Het project is begeleid door een begeleidingscommissie. De leden daarvan staan vermeld in bijlage 1.

DEEL A

INVENTARISATIE & ONDERBOUWING
KEUZES



[Verstopte zuigmond bakkenzuiger]

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het werken met de gangbare onderzoeksprotocollen blijkt onvoldoende inzicht te geven in het vóórkomen van bodemvreemde materialen zoals grofvuil in waterbodems. Het is bekend dat de (onverwachte) aanwezigheid van bodemvreemde materialen bij baggerwerk, en de daarop volgende verwerking, kan leiden tot vertragingen van het werk en tot onvoorziene kostenverhogingen. Optredende problemen zijn bijvoorbeeld:

- €# het baggerproces wordt negatief beïnvloed. De apparatuur kan beschadigd raken, de productie kan lager zijn dan gepland en er kan zodanig veel mors optreden dat een aanvullende opschoonslag noodzakelijk blijkt;
- €# er treedt tijdens het baggerwerk een grote vertroebeling op, doordat bijvoorbeeld de vizierbak niet goed sluit. Als gevolg hiervan is het moeilijk om te kunnen voldoen aan de vergunningvoorschriften uit de Wvo;
- €# er kan niet worden voldaan aan de vergunningsvoorschriften van de voorziene bestemmingslocatie. Voor bijvoorbeeld berging in de put van Cromstrijen is baggerspecie “vrij van grofvuil” vereist;
- €# hergebruik van de baggerspecie is onmogelijk of alleen na een extra reinigingsstap;
- €# de kosten zijn (veel) hoger dan geraamd.

In het algemeen is de onverwachte aanwezigheid van grofvuil in baggerspecie voor alle partijen (waterbeheerders, verwerkers, depotbeheerders, aannemers) ongewenst. Voldoende kennis van de aanwezigheid van bodemvreemde materialen (zowel de hoeveelheid als de aard ervan) *van te voren* kan de keuze van de methode van baggeren, toepassen en/of verwerking van de baggerspecie beïnvloeden.

1.2 Doelstelling

Met de kennis en hulpmiddelen die in deze handreiking worden geboden wordt beoogd om via in-situ onderzoek van de waterbodem, beter inzicht te krijgen over de aanwezigheid van bodemvreemd materiaal. Er wordt ingespeeld op de werkzaamheden die worden uitgevoerd in het kader van de gangbare protocollen. Het is echter niet de bedoeling dat de handreiking zelf de status van protocol verkrijgt. De handreiking is primair geschreven voor Rijkswaterstaat, maar biedt andere waterbeheerders zeker een goed uitgangspunt.

Intermezzo: onderscheid in fracties

Voor de terminologie wordt aangesloten bij meergebruikte omschrijvingen, zoals in de tijdelijke regeling Stimulering Verwerking Baggerspecie (SVB). Onder baggerspecie wordt verstaan de minerale delen samen met humus. Hiertoe behoort ook grind (fractiegrootte 2 mm–6,3 cm [18]). Met puin wordt het gehalte aan steenachtige materialen bedoeld. Onder afval wordt verstaan bodemvreemde stoffen (uitgezonderd puin) zoals slakken, sintels en kooldeeltjes, ijzerdelen, boomstronken, begroeiingsresten, plastics, huisvuil en dergelijke. Bodemvreemd materiaal is de sommatie van puin en afval. In de rapportage wordt ook de term grofvuil gebruikt als verzamelnaam voor bodemvreemde materialen. Grind kan in Limburg aanwezig zijn in de waterbodem, is niet bodemvreemd maar kan, gezien de grootte, wel dezelfde versturende invloed hebben op het bagger- en verwerkingsproces.

Gangbaar waterbodemonderzoek maakt onderscheid in korrelgroottefracties. Een praktische "knip" ligt veelal bij 2 mm (2.000 µm), ten dele ingegeven door de praktische beperkingen van de gebruikte bemonsteringsapparatuur. De diameter van de bemonsteringsbuis van de Beeker sampler, zuigerboor, vibro-corer, etc. bedraagt veelal circa 7 cm, hetgeen te klein is voor de bemonstering van bestanddelen die een diameter vanaf 2-3 cm hebben. Op de bemonstering van de fractie 2 mm–2 cm wordt teruggekomen in paragraaf 5.3.

1.3 Leeswijzer

De handreiking bestaat uit drie delen. In deel A (bestaande uit de hoofdstukken 2-5) worden alle bouwstenen gepresenteerd voor de eigenlijke handreiking; deel B (hoofdstukken 6-7). In deel C (hoofdstuk 8) staan de belangrijkste ervaringen en handreikingen samengevat.

In hoofdstuk 2 is een korte uitwerking van de problematiek opgenomen. De resultaten van de inventarisatie naar de huidige methoden en protocollen staan in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van het onderzoek naar risicolocaties opgenomen. Technieken die in aanmerking komen voor grofvuildetectie zijn op hoofdlijnen beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 wordt een eerste indicatieve afweging gepresenteerd, waarin enerzijds de kosten van onderzoek en anderzijds de baten van aangepast baggeren en verwerken worden vergeleken. In hoofdstuk 7 is de werkwijze aan de hand van een flow-schema opgenomen. Hoofdstuk 8 ten slotte bevat de conclusies en de aanbevelingen.

2 Waarom een handreiking?

2.1 Inleiding

De waterbodem bestaat uit bestanddelen van natuurlijke en niet natuurlijke oorsprong. De aanwezigheid van niet natuurlijke bestanddelen kan de gehele keten van baggeren-transport-verwerken-bergen nadelig beïnvloeden. Kennis over het vóórkomen van niet natuurlijke bestanddelen is dan ook cruciaal. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op praktijkgevallen, die illustreren dat kennis vóóraf over de aanwezigheid van bodemvreemde materialen belangrijk is (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 staat de afbakening van het project en de relatie met andere richtlijnen voor bodemvreemde materialen in waterbodems.

2.2 Voorbeelden uit de praktijk

Aan de hand van drie voorbeelden uit de praktijk lichten wij toe wat de nadelige consequenties zijn van de onverwachte aanwezigheid van grofvuil in baggerspecie.

1. Waterbodemsanering haven van Elburg.

In 1994 is een *pilot* waterbodemsanering uitgevoerd in de haven van Elburg [11]. Hoewel de sanering op hoofdlijnen succesvol is verlopen, is stagnatie opgetreden ten gevolge van de aanwezigheid van grofvuil, vooral tijdens de opschoonslag. De opschoonslag is uitgevoerd door een hydraulische kraan op een ponton. Aan de kraan is een met een vizier af te sluiten bak met een zuigmond gemonteerd. De productie werd sterk gehinderd door de aanwezigheid van puin en beschoeiingsresten. Ook na diverse aanpassingen bleek dat de stenenkist, die de pomp moet beschermen, vaak verstopt raakt.

2. Zandscheiding IJsseloog.

De scheiding van partijen baggerspecie afkomstig uit Lemster Rien en Hindeloopen (in 2000/2001) is niet succesvol verlopen [3]. Het afgescheiden zand moest alsnog gestort worden. Dit was mede het gevolg van de aanwezigheid van grofvuil in de baggerspecie, dat van te voren niet in kaart was gebracht.

Voorafgaand aan de zandscheiding in de sedimentatiebekkens op IJsseloog wordt de slurry door een zeef geleid (20 cm*20 cm). Alle voorwerpen kleiner dan deze maaswijdte komen dus wel in het zand terecht. Dit had twee, nadelige consequenties:

1. het grofvuil maakt het noodzakelijk om het afgescheiden zand te zeven, hetgeen kostenverhogend werkt;
2. het zand in het bekken wordt extra verontreinigd doordat in de "luwte" van het grofvuil, fijne deeltjes (met relatief hoge gehalten aan verontreinigende stoffen) kunnen bezinken.

3. Haven Urk

Voorafgaand aan de uitvoering van het baggerwerk is geëgd om de waterbodem te ontdoen van fysische verontreinigingen (praktisch gedefinieerd als: het materiaal dat op een rooster met een maaswijdte van 20 cm*20 cm achterblijft) [16]. Hierbij is gebruik gemaakt van een aangepaste eg, gericht op het uitharken van grofvuil. De totale hoeveelheid materiaal, die op deze wijze is verwijderd, is geschat op circa 1.000 ton (totale hoeveelheid baggerspecie circa 62.500 m³). Tijdens het baggerproces en de zandscheiding werden desondanks toch problemen met grofvuil ondervonden. In het afgescheiden materiaal werd grote voorwerpen (ten dele grofvuil), zoals stenen, metalen voorwerpen, kleibrokken en veenbrokken aangetroffen. Alvorens het zand kan worden toegepast, zal het eerst moeten worden gezeefd.

Voor de drie praktijkvoorbeelden geldt dat het onderzoeken van en het omgaan met grofvuil in de waterbodem onvoldoende gericht was op de gehele keten van baggeren–verwerken/storten. Omdat het vóórkomen grofvuil van te voren niet voldoende in kaart was gebracht heeft dit tot problemen op het werk én tot kostenverhogingen geleid. De omvang van deze kostenverhogingen is niet precies bekend.

2.3 Afbakening

Het project, en de handreiking, beoogt niet om een volledig dekkend overzicht te geven van alle technische mogelijkheden voor het onderzoek naar bodemvreemd materiaal in baggerspecie. De handreiking moet vooral worden gezien als een document waarmee de eerste jaren ervaring wordt opgedaan. Tevens wordt aangesloten bij bestaande “richtlijnen” voor onderzoek naar diverse bodemvreemde materialen [6,7] . Dit leidt tot de volgende afbakening voor het project, en daarmee de handreiking:

- €# de handreiking is ingestoken op het schaalniveau van de Rijkswateren;
- €# de fractiegrootte, waarop de handreiking betrekking heeft, is 2–200 cm. Er wordt vanuit gegaan dat een geoptimaliseerde werkwijze volgens de huidige onderzoeksmethoden inzicht geeft in de fractie 2 mm–2 cm. RWS-AGI heeft voor bodemvreemde materialen groter dan 200 cm reeds een handreiking opgesteld [7];
- €# onderzoek naar munitie is uitgezonderd;
- €# onderzoek naar kabels en leidingen is uitgezonderd;
- €# specifiek onderzoek naar asbest is uitgezonderd aangezien hiervoor recent een Nederlands Technische Afspraak (NTA) is opgesteld [6];
- €# het is niet de bedoeling dat de handreiking (te zijner tijd) de status van protocol krijgt.

3 Huidige methoden en protocollen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nagegaan op welke wijze er momenteel in het onderzoeksstadium wordt omgegaan met de (vermoedelijke) aanwezigheid van grofvuil in waterbodems. Daartoe hebben wij onderzocht of, en zo ja, welke voorschriften zijn opgenomen in de gangbare onderzoeksprotocollen voor waterbodemonderzoek (paragraaf 3.2). In aanvulling daarop is op hoofdlijnen vermeld welke onderzoeksaanpak al bestaat voor twee specifieke grofvuilstromen: grote objecten, dat wil zeggen groter dan 2 m (paragraaf 3.3) en asbest (paragraaf 3.4). Ten slotte is de onderzoeksaanpak van projectbureau de Maaswerken binnen de *natte archeologie* beschreven (paragraaf 3.5); gebleken is dat de onderzoeksvraag en –aanpak overeenkomsten vertoont met die van het onderhavige document (de belang zijnde fractiegrootte vertoont gedeeltelijke overlap).

3.2 Huidige onderzoeksprotocollen

In tabel 3.1 staan de meest gebruikte onderzoeksprotocollen [19-29]. Met betrekking tot het onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil in de waterbodem luidt de hoofdconclusie dat in de onderzoeksprotocollen dit onderwerp van ondergeschikt belang is. Onverklaarbaar is dit niet: de meeste onderzoeksprotocollen zijn erop gericht om een uitspraak te kunnen doen over de kwaliteit van de waterbodem (vierde Nota Waterhuishouding: klasse-indeling 0-4). Daartoe volstaat inzicht in de gehalten aan verontreinigende stoffen, organische stof en de korrelgroottefracties <2 µm en <16 µm.

De gangbare onderzoeksprotocollen bieden dus geen goede aanknopingspunten voor het onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil in de waterbodem. Het (verplichte) vooronderzoek in de volgende protocollen kan echter eenvoudig worden uitgebreid met archiefonderzoek, interviews, etc., gericht op grofvuil:

- €# Oriënterend onderzoek [22];
- €# Nader onderzoek algemeen [21];
- €# Nader onderzoek specifiek voor waterbodems [27];
- €# NVN 5720 [24].

Bodemvreemd materiaal en het Bouwstoffenbesluit

Er is geen duidelijke grens voor het toegestane percentage bodemvreemd materiaal (puin, grofvuil, etc.) bij partijkeuringen conform het Bouwstoffenbesluit. Het bevoegd gezag (meestal de gemeente waarbinnen men de grond toepast) beslist hierin. InfoMil (helpdesk van het Ministerie van VROM) geeft aan dat voor de grens voor het percentage bodemvreemd materiaal voor grond verschillende criteria gelden:

- €# Bouwstoffenbesluit: 0% (grond is een natuurlijk product en hierin komen geen bodemvreemde materialen voor). In de praktijk zijn vooral de eisen van de acceptant van de bouwstof belangrijk;
- €# brief VROM op de InfoMil website: de grens is gesteld op 2% vol.%;
- €# in BRL 9335 en in NEN 5707 is de grens gesteld op 20 gew.%;
- €# de VKB-protocollen 1001 en 1018 gaan uit van 10 gew.%;

InfoMil raadt aan om 2 vol.% aan te houden, aangezien die grens gesteld is door beleidsmakers (de opstellers van BRL's en VKB-protocollen hebben een meer praktische achtergrond). Alle genoemde documenten doen echter geen uitspraken over de wijze waarop het percentage grofvuil moet worden vastgesteld.

3.3 IMAGO-project

Het IMAGO project [7], dat door Rijkswaterstaat van 2001 tot 2003 is uitgevoerd, heeft voor deze handreiking relevante resultaten opgeleverd. Het doel van het project, de ontwikkeling van technieken om objecten in de waterbodem te detecteren, vertoont dan ook grote overeenkomsten met het onderhavige project. Enkel de grootte van de objecten is anders: bij IMAGO gaat het vooral om scheepswrakken.

Binnen IMAGO is de volgende, ook hier bruikbare, procesgang opgesteld. De procesgang kenmerkt zich door te werken van grof naar fijn:

1. **Bureauonderzoek.** In het archiefonderzoek wordt alle bestaande historische kennis geïnventariseerd en kan eventueel de onderzoeksstrategie nader worden ingevuld.
2. **Opzetten GIS.** Het GIS dient gedurende het gehele onderzoekstraject als centraal opslagsysteem.
3. **Verzamelen van bestaande gegevens.** Alle relevante gegevens over het gebied worden in kaart gebracht.
4. **Uitvoeren van globale niet-penetrerende metingen.** In het gebied waarin de werkzaamheden zullen plaatsvinden wordt eerst met behulp van side-scan-sonar- en multibeam-metingen de ligging van de waterbodem in kaart gebracht. Alertheid op de aanwezigheid van objecten is hierbij van belang.
5. **Uitvoeren van globale penetrerende metingen.** In specifieke "risico"-gebieden worden penetrerende metingen uitgevoerd. Gezien de hogere kosten worden de technieken zeer gericht ingezet. De beschikbare technieken zijn hoge resolutie seismiek, georadar, magnetometrie, Electromagnetische meting (EM-detectie).
6. **Uitvoeren lokale metingen.** Indien objecten zijn waargenomen, zullen lokale metingen met behulp van boringen, sonderingen of duikers, moeten worden uitgevoerd.

In aanvulling hierop is ook voor de Hollandsche IJssel vastgesteld dat het vooraf verzamelen van informatie essentieel is [8]. Afhankelijk van de locatie en afhankelijk van de activiteiten uit het verleden kunnen de informatiebronnen per deellocatie verschillend zijn. Een eenduidige aanpak voor het gehele watersysteem is dan ook niet haalbaar; per riviergedeelte/oever zal maatwerk moeten worden verricht. Archiefonderzoek en het houden van interviews bleek in alle gevallen erg waardevol te zijn.

Evenals bij het IMAGO project [7] is voor de Hollandsche IJssel aanbevolen om een centrale archivering, ondersteund door GIS, op te zetten.

3.4 Asbest

Recent is de Nederlands Technische afspraak NTA 5727: 2004 [6] verschenen. Het protocol is in principe geschikt voor de bepaling van asbest in alle typen waterbodem en baggerspecie. Het onderzoek is verdeeld in drie fasen:

1. Vooronderzoek asbest (aansluiten op NVN 5725 en NEN 5707);
2. Verkennend onderzoek (aansluitend op NVN 5720);
3. Nader onderzoek asbest (aansluitend op NEN 5707).

In de NTA is aangegeven welke apparatuur geschikt is bij de monsterneming. In het verkennend onderzoek asbest wordt vooral gebruik gemaakt van kleinschalige monsternemingsapparatuur: diverse samplers, zoals de Beeker sampler, stokemmer (inhoud circa 10 l), happer (Van Veenhapper, inhoud circa 2 l) of boor.

Bij het nader onderzoek asbest komt vooral grootschalige monsternemingsapparatuur in aanmerking: kraan, happer, graafmachine.

Als hulpmiddelen op de locatie zijn nog vermeld:

- ≠# stortrooster, geschikt voor afscheiding van grove delen in baggerspecie en een inspectie van asbestverdacht materiaal. Met sproeiërs worden de grove delen van de aangehechte baggerspecie ontdaan. Het stortrooster heeft een zo klein mogelijke maaswijdte, bij voorkeur circa 2 cm;
- ≠# plaat, schouwbak of plastic zeil, waar de baggerspecie in delen kan worden uitgespreid in dunne laagjes voor een visuele controle.

3.5 Natte archeologie bij de Maaswerken

Binnen de Maaswerken is al enkele jaren ervaring opgedaan met onderwateronderzoek van archeologisch waardevolle objecten [12]. De volgende werkwijze wordt gehanteerd. Op hoofdlijnen bestaat het archeologisch vooronderzoek uit bureauonderzoek, gevolgd door veldonderzoek.

Voor het bureauonderzoek wordt gebruik gemaakt van bestaande archeologische, geologische, paleontologische, fysisch-geografische en historisch-geografische informatie. Beide laatstgenoemde onderzoeksgegevens blijken in de praktijk het meeste houvast te geven. Wanneer het bureauonderzoek een indicatie geeft voor de aanwezigheid van archeologie zal er veldonderzoek plaatsvinden.

Het veldonderzoek vindt plaats in twee fasen: de zogenaamde opwaterfase en de onderwaterfase. Tijdens de opwaterfase wordt de rivierbodem vanaf een vaartuig, veelal met behulp van geofysische surveytechnieken, vlakdekkend of gericht, in kaart gebracht. Voor vlakdekkende karteringen zijn goede ervaringen opgedaan met twee akoestische technieken: multibeamonderzoek en side-scan-sonar. Soms zijn de resultaten van deze twee onderzoekstechnieken voldoende nauwkeurig voor de uitvoering van de onderwaterfase. Als dat niet het geval is, kan de opwaterfase worden uitgebreid met gericht penetrerend onderzoek, bijvoorbeeld de subbottom profiler.

Wanneer het onderzoek met behulp van de surveytechnieken positieve resultaten oplevert, wordt archeologisch onderzoek onder water uitgevoerd. Gebruikte technieken zijn bijvoorbeeld: boringen, sonderingen, video-inspecties, proefputten, inzet duikteam, etc. Er zijn tot op heden geen algemene ervaringsregels van de grootte en de omvang van de objecten, die met bovenstaande werkwijze kunnen worden gedetecteerd. Wel kan worden gesteld dat kleine objecten (orde van grootte enkele centimeters) pas goed kunnen worden gedetecteerd als er meerdere exemplaren bij elkaar aanwezig zijn (bijvoorbeeld een aanzienlijk aantal metalen munten).

	Monsternamen			te bemonsteren laag	Onderzoek	Grofvuil 2-200 cm	
	Monsternamen	Monsternamen Apparatuur	Monsternamen*			Analyse	
Landelijke protocollen							
Regeling vaststelling klassenindeling Onderhoudsspecie	NEN5742	Deugdelijk Apparaat	-	te baggeren laag	-	-	-
NVN 5720	NEN5742 NEN5743	NPR6600	-	te baggeren laag	-	-	-
Protocol oriënterend onderzoek	NEN5742 NEN5743 NPR5741	NPR6600	-	Afzonderlijke lagen	-	-	-
Protocol nader onderzoek deel 1	NEN5742 NEN5743 NPR5741	NPR6600	-	Afzonderlijke lagen	-	-	-
Richtlijn NO voor waterbodems	Geldende NEN normen	Afhankelijk uitvoering en doel onderzoek	-	Afhankelijk doel onderzoek	-	-	-
Regionale protocollen							
Bemonsteringsprotocol Gelderland	NEN5742 NEN5743	NEN5742 NPR5741	-	totale sliblaag	-	-	-
Tussenrichtlijn RWS-DON	-	-	-	Afzonderlijke lagen	-	-	-
Richtlijn Milieuchemisch onderzoek Maaswerken	NEN5742 NEN5743	NPR5741 NEN5119	-	Afzonderlijke lagen	Bekende antropogeen beïnvloede gebieden vallen in principe buiten richtlijn	*Bij oeverzone extra aandacht, aanwezigheid stortstenen (vaak groter >200 cm) *Archeologische indicatoren in het veld aangeven en daarnaast in BM opnemen	-
Monstercampagne Rotterdamse havens en vaarwegen	-	Valboom Van Veenhapper	-	toplaag (ca. 25 cm)	-	homogenisatie door sollmixer	Stenen en schelpen in laboratorium verwijderen
Protocol Zuid-Holland (Nota uitwerking baggerbeleid II)	Volgens 'Aanbevelingen voor het monitoren van M-lijst uit ENW'	Deugdelijk apparaat, in principe Beekersampler	-	te baggeren laag	-	-	-
Voorschriften Wm-vergunning depot Amerika-haven Amsterdam	-	-	-	te baggeren laag	Voorwerpen verwijderen uit bagger voor stort => bij onderzoek aandacht of van toepassing	-	-

4 Risicolocaties

4.1 Inleiding

Belangrijk onderdeel van de handreiking is een zo compleet mogelijk overzicht van de relatie tussen watergangen en het vóórkomen van grofvuil. Enerzijds wordt onderscheid gemaakt in de aard van het oppervlaktewater (haven, kanaal, rivier), en anderzijds is het van belang om te weten om welke bodemvreemde materialen het gaat: steen, metalen, kunststof, hout, etc.

Hiertoe is een enquête gehouden onder medewerkers van Rijkswaterstaat en enkele beheerders van grote regionale oppervlaktewateren (bijlage 1).

4.2 Resultaten enquête

De belangrijkste bevindingen van de enquête zijn samengevat:

- €# veel onderzoekservaring met grofvuildetectie is er niet in Nederland;
- €# voor havens kan worden gesteld dat er altijd rekening moet worden gehouden met de aanwezigheid van grofvuil. Het grofvuil is vooral aanwezig langs kades. Andersom kan voor andere watersystemen, bijvoorbeeld kanaalpanden gelegen buiten de bebouwde kom, niet worden gesteld dat er (vrijwel) nooit grofvuil wordt aangetroffen;
- €# voor de hoeveelheden en aard van het grofvuil in havens blijken diverse aspecten belangrijk te zijn: hoe oud is de haven, hoe is de haven aangelegd, wat is de havenfunctie en in hoeverre zijn de kades openbaar en goed bereikbaar. Met betrekking tot de havenfunctie speelt overslag van goederen een rol (welke stoffen) en welke materialen liggen opgeslagen op de kademuur. Goed bereikbare, openbare kades hebben als het ware een aanzuigende werking voor het zich (illegaal) ontdoen van afval. Bij veel havens, ten slotte, wordt in meer of mindere mate stortsteen op de taluds aangetroffen;
- €# het wordt onderkend dat de aanwezigheid van grofvuil kostenverhogend werkt op de totale projectkosten. Toch wordt er slechts weinig onderzoek verricht. Daarbij wordt opgemerkt dat in het geval van het integraal storten van het gebaggerde materiaal, het soms ook niet van belang is welk en hoeveel grofvuil in de baggerspecie aanwezig is;
- €# het streven bij de enquête was om het vóórkomen van bepaalde voorwerpen in de verschillende watersystemen kwantitatief aan te geven, in de vorm van een *kans*. De beschikbare informatie laat deze nuancering echter niet toe. Om deze reden moet hier worden volstaan met het aangeven of een bepaald type bodemvreemde materialen wel eens is aangetroffen (wel/niet eerder aangetroffen).

Hieronder staat de (zoveel mogelijk) kwantitatieve onderbouwing.

Aanwezigheid grofvuil per type watersysteem

In havens en stadswateren wordt vrijwel altijd grofvuil aangetroffen. De bandbreedte in de aangetroffen hoeveelheden bedraagt: 0–141 kg/m³. Het gemiddelde is 19 kg/m³. Voor kanaalpannen in stedelijk gebied zijn deze getallen respectievelijk 0–78 kg/m³ en 34 kg/m³ (gebaseerd op een relatief klein aantal waarnemingen).

Het beperkte aantal waarnemingen in zout water (vaargeulen, bij veerdammen en één veerhaven) en in kanaalpannen, gelegen in landelijke gebieden, duidt erop dat niet of nauwelijks rekening hoeft te worden gehouden met substantiële hoeveelheden grofvuil in de baggerspecie. Opgemerkt wordt dat deze uitspraak hoofdzakelijk betrekking heeft op de fractie 2–200 cm. Het is bekend dat grotere objecten wel degelijk voorkomen in zoute wateren (Westerschelde: scheepswrakken) en in kanalen (Amsterdam-Rijnkanaal: autowrakken).

Op basis van de verstrekte gegevens is alleen voor havens een overzicht te geven van het aangetroffen type grofvuil. In tabel 4.1 staat dit overzicht.

Tabel 4.1 Typen grofvuil aangetroffen in havens (n=21)

type grofvuil	hoe vaak wordt dit aangetroffen?
havenvuil ¹	13
metalen draden/kabels/metaal	7
houten beschoeiing/palen	6
(stort)steen/beton/muren	6
schroot	1
fietsen	1
autobanden	1
asbest	1

¹ verzamelnaam voor scheepvaart gerelateerd materiaal: touwen, netten, ankers, huisvuil van schepe

Van de waterbodemsanering in de stadswateren in Groningen zijn veel waarnemingen beschikbaar. De aangetroffen hoeveelheid grofvuil varieert van 1,5–78 kg/m³. Het betreft veelal materialen die door particulieren in het water zijn gedumpt: glasscherven, flessen, fietsen, autobanden, vuilniszakken, puin, etc.

Vooronderzoek

In de meeste gevallen wordt tot op heden van te voren niet of nauwelijks rekening gehouden met de aanwezigheid van grofvuil in de baggerspecie, met uitzondering van aannames van hoeveelheden op basis van eerdere ervaringen. Uit de enquêteresultaten komt naar voren dat meer en meer het belang wordt ingezien van bronnen-/historisch (archief)onderzoek (in 42% van de 38 genoemde projecten in meer of mindere mate). Ook het houden van interviews met omwonenden, gebruikers van het watersysteem en (gepensioneerde) beheerders/kantonniers levert relevante informatie op, en wordt als onderdeel van het vooronderzoek gezien. Andere onderzoeksmethoden (in het veld) werden slechts bij één project gehanteerd: multibeam, side-scan-sonar, proefsleuven, medusa met behulp van geluidsmeting en een kraan vanaf de kant in combinatie met asbestonderzoek.

Aanpak grofvuil

Door meerdere respondenten zijn suggesties aangereikt voor de oplossing van het probleem van grofvuil in baggerspecie:

- €# alvorens met het grofvuil in de baggerspecie aan de slag te gaan, is het raadzaam om enerzijds na te gaan welke eisen een eventuele acceptant aan het verwerkingsproduct stelt en om anderzijds te onderzoeken welke meest kostenefficiënte verwijderingoptie aanwezig is;
- €# alvorens het baggerwerk uit te voeren kan het grofvuil worden verwijderd uit een ongeveer 1 m dikke sliblaag met behulp van een grote "hark" (circa 5 m breed en hangt in de giek van een draadkraan). Deze methode wordt in het Rotterdams havengebied veelvuldig en met succes toegepast bij regulier onderhoudsbaggerwerk. Na het verwijderen van het grofvuil op deze wijze ondervindt het baggerwerk niet of nauwelijks technische problemen. De materialen die kunnen worden opgeharkt hebben een oppervlakte vanaf 0,5 m². Daarnaast worden veelvuldig staaldraden, touw, etc. opgehaald. (Opgemerkt wordt dat het eggen van de waterbodem in de haven van Urk slechts gedeeltelijk tot positief resultaat heeft geleid, zie hoofdstuk 2. Na verwerking bleek de zandkwaliteit nog onvoldoende te zijn. Een mogelijke reden hiervoor is het relatief beperkte bereik van de eg in de sliblaag: dieper gelegen voorwerpen worden niet verwijderd);
- €# van te voren schroot verwijderen via een poliep;
- €# in geval van baggeren met een kraan: het beunschip laden via een rooster;
- €# in geval van hydraulisch verpompen: zeven met een trommelzeef (maaswijdte 3 cm, maar kan ook anders worden gekozen, bijvoorbeeld 20 cm);
- €# als er grofvuil voorkomt in het zand: zeven voor hergebruik.

Onvoorziene kosten grofvuil

In principe zijn er twee mogelijkheden bij onvoorziene kostenverhogingen door de aanwezigheid van grofvuil:

1. de waterbeheerder was niet op de hoogte van de aanwezigheid van het grofvuil, en werd daardoor met hogere kosten geconfronteerd;
2. de waterbeheerder was wel van een zekere hoeveelheid grofvuil uitgegaan, maar het blijkt (veel) meer te zijn.

In beide gevallen zal de projectleider het bestuur van zijn organisatie moeten inlichten en om meer budget moeten vragen.

De enquête heeft echter slechts weinig kwantitatieve informatie opgeleverd over de onvoorziene kosten van projecten ten gevolge van de aanwezigheid van grofvuil. In vijf gevallen is een indicatie gegeven over deze onvoorziene kosten (tabel 4.2). Tweemaal werd gesteld dat de totaalkosten voor het project met circa 20% waren toegenomen ten gevolge van de (onverwachte) aanwezigheid van grofvuil in de baggerspecie. Het lijkt erop dat deze kosten vooral het gevolg zijn van de hoge storkosten voor dit materiaal.

Wij berekenen de onvoorziene kosten ten gevolge van grofvuil op twee manieren:

1. Kosten per ton grofvuil. De genoemde bedragen variëren tussen: € 80,-- en € 1.600,-- per ton;
2. Kosten per m³ baggerspecie. Voor vier projecten variëren de onvoorziene kosten tussen € 0,6 en € 13,-- per m³.

Tabel 4.2 *Overzicht van de beschikbare financiële gegevens met betrekking tot de onvoorziene kosten van een baggerproject door de aanwezigheid van grofvuil*

<i>watersysteem</i>	<i>omvang baggerwerk (in m³)</i>	<i>hoeveelheid grofvuil</i>	<i>extra kosten (€)</i>	<i>extra kosten (€/ton)</i>	<i>extra kosten (€/m³)</i>
Kanaal in Groningen	23.000	1.805 ton	310.000 (19% totale opdrachtsom)	172	13
Vijver in Groningen	18.000	44 ton	10.000	227	0,6
Bernethaven	4.800	5,6 ton	9.300	1.660 ¹	1,9
Twentekanaal	50.000	1.000 à 1.500 ton	100.000	80	2
Haven Wemeldinge	n.b.	5%	20% kostenverhoging	n.b.	n.b.
Haven Urk	62.500	>1.000 ton	n.b.	n.b.	n.b.
Overnachtingshaven Lobith/Tolkamer en kribvak	62.500	260 ton	n.b.	n.b.	n.b.

¹ *het is niet precies bekend wat de reden is voor deze extreem hoge kosten*

4.3 Sedimentatiebekkens

Aan de beheerders van de Slufter en IJsseloo is gevraagd naar hun ervaringen met grofvuil in baggerspecie. De volgende vragen zijn gesteld:

- ## in hoeverre speelt grofvuil bij aangeleverde partijen specie een rol?
- ## worden er acceptatie criteria gehanteerd?
- ## wordt er door de beheerder grofvuil verwijderd?
- ## wat zijn de gevolgen voor zandscheiding?
- ## kengetallen met betrekking tot hoeveelheden en kosten.

In hoeverre speelt grofvuil bij aangeleverde partijen specie een rol?

Op IJsseloo ondervindt men meer hinder van grofvuil in baggerspecie dan op de Slufter. Een belangrijke reden hiervoor is de herkomst van de specie: de Slufter heeft hoofdzakelijk onderhoudsspecie van havengebieden die frequent gebaggerd worden. Het accent bij IJsseloo ligt tot op heden bij saneringswerken.

Bij de Slufter speelt grofvuil slechts incidenteel een rol: bij partijen uit de provincie (sloten van waterschappen) en onderhoudsspecie vanuit havens die niet frequent gebaggerd worden.

Worden er acceptatie criteria gehanteerd?

Voor IJsseloo geldt dat de specie in principe vrij van grofvuil moet zijn. Bij IJsseloo wordt bij het lossen een rooster van 20 cm * 20 cm gehanteerd waarmee de grove delen verwijderd worden. De aannemer neemt vervolgens het grofvuil (>20 cm*20 cm) zelf weer mee terug.

De Slufter stelt als eis dat de ontdoener de specie laadt over een rooster van 20 cm bij 20 cm.

Er is echter een verschil in de praktische werkwijze op beide depots. Voor de Slufter geldt dat iedere beunbak die voor de wal ligt visueel wordt gecontroleerd, op basis waarvan de beslissing van al dan niet zandscheiden wordt genomen. Voor IJsseloo geldt dat deze beslissing op basis van in-situ onderzoeken wordt genomen.

Wordt er door de beheerder grofvuil verwijderd?

Zowel IJsseloog als de Slufter voeren in principe zelf geen grofvuil af. Bij IJsseloog moet na de zandscheiding soms nog gezeefd worden om het materiaal kleiner dan 20 cm*20 cm te verwijderen. Bij de Slufter kan de aanwezige bakkenzuiger grofvuil verwijderen (via een trechter en een stenenkist). Hiervoor worden kosten berekend.

Wat zijn de gevolgen voor zandscheiding?

Bij de Slufter ondervindt men doorgaans geen nadelige gevolgen. Een belangrijke reden is hiervoor is dat men zelf de afnemer ("acceptant") is van het afgescheiden zand. IJsseloog probeert het afgescheiden zand op de markt af te zetten. (Externe) acceptanten zijn meestal kritisch op de zandkwaliteit, vooral voor wat betreft het aspect bijmengingen. Daarom geldt voor IJsseloog dat het rendement van de sedimentatiebekkens soms laag is en dat er bovendien na zandscheiding gezeefd moet worden.

Kengetallen met betrekking tot hoeveelheden en kosten

IJsseloog (kosten gebaseerd op één project):

- €# verwijderd in principe geen grofvuil uit aangeleverde specie;
- €# zeven van het zand over 30 mm: € 8 per m³ + transportkosten zeef (€ 6.900,-);
- €# sorteren en vervoeren grofvuil: € 33,50 per ton, exclusief stortkosten.

Slufter:

- €# jaarlijks 260 m³ grofvuil op 2 miljoen m³ specie;
- €# € 157,50 per m³ voor het verwijderen en afvoeren (inclusief stortkosten) bij gebruik bakkenzuiger.

5 Onderzoekstechnieken

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden technieken belicht waarvan wordt verwacht, of inmiddels is bewezen, dat ze een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan de detectie van grofvuil in waterbodems. Hierbij komen allereerst technieken ter sprake waarmee specifiek op grofvuil gerichte experimentele ervaring is opgedaan: geofysische of verwante methoden (paragraaf 5.2) en conventionele methoden (paragraaf 5.3). Vervolgens wordt ingegaan op andere technieken die mogelijk geschikt te maken is voor grofvuildetectie (paragraaf 5.4). In paragraaf 5.5 wordt een overzicht gepresenteerd van de potentie van de verschillende technieken voor grofvuildetectie.

Voor alle beschreven technieken geldt dat is nagegaan of de werking, dan wel het principe van de methode geschikt (te maken) is voor grofvuildetectie. De gemaakte afwegingen zijn, met andere woorden, niet op het niveau van een instrument of een fabrikant gemaakt. Ook wordt de werking en geschiktheid van de gebruikte software van de verschillende meetmethodes niet nader toegelicht.

5.2 Geofysische en verwante meettechnieken voor grofvuildetectie

In 2000 heeft TNO-TPD een overzicht gemaakt van beschikbare geofysische en verwante meettechnieken voor de detectie van grofvuil in de Hollandsche IJssel [2,14]. De bevindingen uit dat rapport zijn hier uitstekend bruikbaar. In het project is een ordening gemaakt van meetsystemen, die, gegeven de vastgestelde condities en het type grofvuil, in aanmerking komen.

Voor de handreiking is het van belang dat grofvuil zowel op als in de bodem wordt gedetecteerd. De technieken die beide kunnen detecteren zijn daarom het meest interessant. Als technieken met de meeste potentie komen naar voren:

- €# side-scan-sonar;
- €# multibeam echosounder;
- €# subbottom profiler;
- €# grondradar;
- €# magnetometrie.

Een korte beschrijving van deze technieken is opgenomen in bijlage 3. Beide eerstgenoemde technieken zijn niet-penetrerende metingen, zodat alleen objecten op de waterbodem kunnen worden gedetecteerd. De andere drie zijn in principe ook geschikt om voorwerpen tot tenminste enkele meters in de waterbodem te detecteren, maar hebben een lagere resolutie.

Hieronder worden de resultaten gepresenteerd van drie praktijkgevallen (Twentekanaal, Petroleumhaven Rotterdam en stadswateren Groningen), waar ervaring is opgedaan met verschillende detectietechnieken. Met deze beschrijving wordt niet beoogd om een volledig overzicht te geven van alle praktijkonderzoek dat op dit gebied heeft plaatsgevonden in Nederland.

Gekozen is voor de beschrijving van aanpak en resultaten op hoofdlijnen voor drie representatieve gevallen.

1. Twentekanaal

In november 2002 zijn diverse trajecten van het Twentekanaal (onder meer) op het voorkomen van objecten onderzocht [4,9]. Hiervoor is gewerkt met side-scan-sonar. De frequentie van het gebruikte akoestische signaal bedroeg 100 en 500 kHz. Laatstgenoemde waarde is gebruikt vanwege de betere resolutie. Er zijn twee raaien gevaren op 1/3 en 2/3 van de breedte van het kanaal. De eis van detectie van voorwerpen van 0,3 bij 0,3 m is gehaald.

De resultaten van side-scan-sonar metingen leverden onder meer informatie op over de ligging van stortsteen langs de randen van het kanaal. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen relatief fijne en relatief groffe stortsteen. De dikte van de laag met stortsteen is evenwel niet op te maken uit de metingen. Onderscheidende informatie over de andere bodemlagen (bijvoorbeeld kleilig of zandig slib) levert side-scan-sonar niet op.

De met side-scan-sonar ontdekte objecten op de waterbodem betreffen voorwerpen met afmetingen in de orde van decimeters–meters. Met name diverse buizen (afmetingen: lengte 5 m, diameter 0,2 m) konden worden gedetecteerd. De ligging en vermoedelijke grootte van de objecten is steeds vastgelegd in x- en y-coördinaten.

2. Petroleumhaven Rotterdam

In de derde Petroleumhaven te Rotterdam is in 1995 een onderzoek gericht op grofvuil detectie uitgevoerd [13]. Een zestal voorwerpen is daartoe afgezonken in een gebied van 50 m bij 100 m. Met vier verschillende technieken is getracht om deze voorwerpen te traceren: acoustic profiler, subbottom profiler (twee bedrijven) en magnetometer. De twee laatstgenoemde technieken zijn beschreven in bijlage 3; de acoustic profiler wordt meestal gebruikt om bodemdieptes op profiellijnen te bepalen. Deze techniek wordt tegenwoordig vrijwel nooit meer gebruikt, zodat nadere beschrijving hier achterwege blijft.

De proef kende teleurstellende resultaten. Slechts één van de zes voorwerpen (een met water gevulde drum) werd gedetecteerd door de subbottom profilers. Alle andere voorwerpen werden met behulp van de genoemde technieken niet gevonden. Opgemerkt wordt dat de watergevulde drum een van de grotere voorwerpen was (afmetingen: diameter 0,58 m, lengte 0,89 m). De grootte van de andere gebruikte voorwerpen lag in de orde van één decimeter tot circa een meter (autobanden, bakstenen, fiets, staaldraad, wasmachine).

De ontwikkeling van de gebruikte technieken is na deze proef uit 1995 doorgegaan. Ondermeer is de ontwikkeling van de meerkanaals subbottom systemen ter hand genomen. Resultaten hiervan zijn niet bekend.

3. Stadswateren Groningen

Ten behoeve van de grootschalige sanering van de waterbodem in de Groningse stadswateren is (onder meer) onderzoek uitgevoerd naar het baggervolume én grofvuildetectie met behulp van geofysische surveytechnieken [1,5].

Bij de voorbereiding van de werkzaamheden was al wel bekend dat er grofvuil zou worden aangetroffen. Op basis van ervaring bij eerdere werken, werd 8 à 10 kg grofvuil/m³ baggerspecie verwacht. Gaandeweg het werk is

dit bijgesteld naar 20 à 90 kg grofvuil/m³. De baggerwerkzaamheden geven aan dat grofvuil hoofdzakelijk wordt aangetroffen in een strook tot circa 3 m vanaf de oever en bij bruggen.

In 2003 is in het Winschoterdiep een proef uitgevoerd door Medusa in samenwerking met Geo Plus [5]. Voor de proef is gebruik gemaakt van de Medusa-sonde (zie ook paragraaf 5.3). Hier is echter niet van de bij Medusa gebruikelijke natuurlijke gammastralingdetectie gebruikt, maar van de trillingssensor. De trillingssensor bestaat uit een speciale microfoon die het wrijvingsgeluid registreert, dat wordt geproduceerd als het meetsysteem over de bodem wordt gesleept. De bedoeling hiervan is primair als controle dat het systeem over de bodem sleept en niet in het water zweeft. Naast deze controle biedt het signaal echter ook de mogelijkheid om waar te nemen wanneer het over, voornamelijk harde, obstakels en dergelijke wordt getrokken.

In het proefvak werd, met behulp van de geluidsmetingen, op veel locaties puin aangetroffen. Ten dele konden deze waarnemingen worden bevestigd door een controle-waarneming met een prikstok. Echter andersom kwam ook voor: puinwaarnemingen met de prikstok werden "gemist" door de Medusameting. Hieraan ligt een gering dieptebereik ten grondslag.

Aandachtspunten bij deze methode zijn:

- ≠ de detectie van "zacht" afval, zoals hout, plastic en rubber;
- ≠ de hoeveelheidbepaling (in m³ en in tonnen) van het aangetroffen puin.

5.3 Conventionele technieken voor grofvuildetectie

In hoofdstuk 3 is al geconcludeerd dat het veldonderzoek binnen de huidige protocollen er niet op is gericht om de aanwezigheid van grofvuil te kwalificeren dan wel te kwantificeren. Het reguliere veldonderzoek kan hierin echter wel voorzien door aanvullende werkzaamheden uit te voeren. Daarnaast kan gebruik worden gemaakt van het graven van proefsleuven.

Het reguliere veldonderzoek is eenvoudig uit te breiden. Voor boringen in de sliblaag geldt dat het materiaal, nadat het is opgehaald, op een plastic plaats/zeil o.i.d. wordt uitgedrukt. Het opgeboorde materiaal wordt beschreven (laagdiktes, bodemtype, kleur, verontreinigingskenmerken) en vervolgens bemonsterd. Daarbij wordt meestal niet alle opgeboorde materiaal gebruikt. Het restant kan eenvoudig onderzocht worden op grofvuil. Een verfijning kan eruit bestaan dat het slib ter plaatse nat gezeefd wordt op 2 mm. Gezien de gangbare boordiameter van 7 cm, verwachten wij dat deeltjes tot 2 à 3 cm op deze wijze zullen worden waargenomen.

Voor bemonstering met happersystemen geldt in principe hetzelfde. Een beperking is echter dat de verkregen informatie afkomstig is van de toplaag van het slib. Met een boor kan daarentegen informatie over de gehele te baggeren laag worden verkregen.

In beide gevallen (bemonstering met boor- of happersystemen) dient de taak van de veldploeg te worden uitgebreid. Het werk resulteert in een kwalitatieve en semi-kwantitatieve beschrijving van de hoeveelheid grofvuil in baggerspecie, voorkomend in de fractie 2 mm - enkele cm's.

Er is bij diverse waterbeheerders de afgelopen jaren ervaring opgedaan met de methode van het graven van proefsleuven. Met behulp van een kraan wordt een sleuf gegraven in de te baggeren laag. Het gebaggerde materiaal wordt gezeefd en handmatig onderzocht. Op deze wijze kan een

representatief beeld worden verkregen van het voorkomen van bodemvreemde materialen in de baggerspecie.

Een aandachtspunt is dat bij deze werkwijze veel (verontreinigd) bodemmateriaal verzameld wordt waarvoor, na onderzoek, een passende bestemming moet worden gevonden. Dit heeft logistieke consequenties (opslag en transport van vloeistofdichte containers) en kostenconsequenties.

5.4 Andere mogelijk bruikbare technieken

In deze paragraaf komen andere mogelijk bruikbare technieken, die hun oorsprong vinden in sediment-/slibonderzoek ter sprake.

Bepaling zandgehalte

De onderzochte technieken [10] beogen een uitspraak te doen over de aanwezigheid van de relatief grove fractie (63 μm –2mm) in baggerspecie. Mogelijk kunnen deze technieken ook een uitspraak kunnen doen over nog grotere deeltjes: >2 mm, of zelfs >2 cm. Vervolgens is de vraag relevant of de aldus gedetecteerde voorwerpen (bijvoorbeeld ertsdeeltjes, asbest, etc.) het hergebruik van het afgescheiden zand negatief beïnvloeden.

In de studie zijn de Nir-sonde en de Medusa-sonde (beide in-situ technieken), alsmede de valkoker (ex-situ techniek) bestudeerd. Voor achtergronden over de werking wordt verwezen naar de oorspronkelijke literatuur [10]. Opgemerkt wordt dat de genoemde methodes informatie opleveren over bodemmineralen (silicaten) en dus niet over andersoortige materialen zoals glas, metaal, plastics, etc.

De resultaten van het onderzoek geven aan dat metingen met de valkoker en de Medusa-sonde wel nauwkeurig genoeg zijn voor de bepaling van het zandgehalte. De Nir-sonde heeft zich volgens Rijkswaterstaat nog niet voldoende bewezen.

Met het oog op grofvuildetectie achten wij de valkoker het meest kansrijk. Daartoe zouden proeven moeten worden uitgevoerd, waarbij de valkarakteristieken van bodemvreemde materialen bestudeerd worden. De Medusa-sonde lijkt minder geschikt voor grofvuildetectie, omdat de deeltjes waarop het onderzoek is gericht niet of niet eenduidig te karakteriseren zullen zijn door de natuurlijke gammastraling.

De resultaten met genoemde technieken overziend stellen wij vast dat de beste toepassing voor de Medusa-sonde en de valkoker het onderzoek naar de hergebruiksmogelijkheden van het afgescheiden zand is. Mogelijk kan de valkoker worden ingezet bij toekomstig veldonderzoek naar grofvuil in baggerspecie (met name voor kleine deeltjes met grote dichtheid).

Camerasonde

De camerasonde is door Grondmechanica Delft gebouwd in opdracht van het RIKZ [17]. De sonde is vooral ontwikkeld om een onderscheid te maken in de textuur van het sediment. Het maken van onderscheid op basis van kleur behoort in principe ook tot de mogelijkheden. De CCD camerasonde vertoont overeenkomsten met de Nir-sonde, maar werkt in het visuele golflengtebereik (400–800 nm). In de kop van de CCD camerasonde zit een videocamera die een continue opname maakt van de bodem. Er wordt een opname gemaakt met een beelddiameter van 7 mm, dat vergroot op het videobeeld wordt weergegeven. Bodemlagen en overgangen kunnen hiermee visueel in beeld worden gebracht. Zo zijn er succesvolle opnamen gemaakt van zand- en slibovergangen en kon een "fluid mud"-laag worden onderscheiden.

Op het Ketelmeer is een praktijkproef met de camerasonde uitgevoerd. De laaggrens tussen de vervuilde en de schone laag kon ten dele wel en ten dele niet in overstemming worden gebracht met resultaten van boringen. Door Rijkswaterstaat wordt echter voldoende potentieel aan de techniek toegekend, zodat verdere ontwikkeling voor de hand ligt. Een van de aandachtspunten hierbij is de vaststelling van de exacte positie van de sonde in de verticaal (vanaf een bewegend schip).

Positieve ervaringen gericht op het detecteren van grofvuil in baggerspecie zijn er, voor zover bekend, niet. Gezien het zeer kleinschalige karakter van de meting (alleen de deeltjes die tegen het cameravenster van 2 cm* 2 cm worden "gezien") lijkt toepassing op het niveau van een haven niet aantrekkelijk.

5.5 Synthese onderzoekstechnieken

In deze paragraaf worden de resultaten uit de paragrafen 4.2, 5.2-5.4 samengevoegd. Dit overzicht staat in tabel 5.1. De bevindingen uit deze tabel zullen worden gebruikt in deel B, waar de werkwijze voor grofvuilonderzoek wordt voorgesteld.

Kosten

Voor de geofysische technieken zijn nog slechts indicatieve kosten bekend: er is tot op heden geen sprake van routinematig onderzoek naar grofvuil.

Voor de kostenvergelijking gaan wij uit van een kleine haven:

- €# Ruim één km oever, ruim 10 ha;
- €# Enkele dagen meten;
- €# Enkele dagen data verwerken en interpreteren.

Voor een survey met de subbottom profiler, multibeam en georadar bedragen de kosten globaal € 20.000,-. Dezelfde kosten gelden voor magnetometrie: er moet worden gemeten in een dicht meetnet en er is veel expertise nodig voor de interpretatie. Side-scan-sonar is goedkoper (circa € 5.000 à 10.000,-), omdat er sneller gevaren kan worden en de verwerking van de data eenvoudiger is.

Voor de geofysische technieken geldt verder nog het volgende:

- €# Uit recente rapportages blijkt dat deze technieken goede kansen voor grofvuilonderzoek bieden, maar nog wel, meer dan nu het geval is, zich op praktijkschaal moeten bewijzen.
- €# Voor grotere surveys zijn de kosten per oppervlak lager dan bij kleinere surveys;
- €# Bij het combineren van verschillende technieken zijn de totale kosten lager dan de som van de individuele technieken.

Tabel 5.1 Onderzoeksmogelijkheden van de diverse technieken

techniek	waterdiepte	in de bodem?	informatie over objecten				indicatieve kosten
			Grootte ¹	hard	zacht	kwantiteit	
							standaard haven ²
geofysisch							
€# side-scan-sonar	vanaf enkele m's	-	>cm's	+	+	+	5.000 - 10.000
€# multibeam	vanaf enkele m's	-	>cm's	+	+	+	20.000
€# subbottom profiler	geen beperk.	+	>dm's	+	+	+	20.000
€# grondradar	geen beperk.	+	>dm's	+	+	+	20.000
€# magnetometrie	geen beperk.	+	>dm's	+	-	+/-	20.000
conventioneel							
€# uitbr. veldwerk	max. circa 5 m	+	0,2-2 cm	+	+	+/-	4.000 ^{3a} - 15.000 ^{3b}
€# proefsleuf	geen beperk.	+	>cm's	+	+	+	n.b.
overig							
€# nir sonde	geen beperk.	-	-	-	-	-	n.b.
€# medusa radiometrie	geen beperk.	-	-	-	-	-	n.b.
€# medusa geluid	geen beperk.	-	>dm's	+	-	+/-	n.b.
€# valkoker	n.v.t.	+	0,2-2 cm	+	-	+	1.000 ⁴
€# camerasonde	geen beperk.	+/-	0,2-10 cm	+	+	+/-	n.b.

+ techniek geschikt; - techniek ongeschikt; +/- geschiktheid techniek niet eenduidig

¹ voor de geofysische technieken op basis van "best expert judgement" door RWS-AGI

² circa 1 km kade, oppervlak circa 10 ha

³ richtlijn nader onderzoek; a = beeker sampler, b = vibro corer

⁴ méérkosten bij regulier veldwerk

Uit tabel 5.1 leiden wij het volgende af:

- €# geofysische technieken komen vooral in aanmerking bij het onderzoek van relatief grote objecten (>20 à 50 cm). Ondanks het feit dat de resolutie voor de meeste technieken in de orde van enkele cm's bedraagt, zullen de te detecteren objecten onder praktijkomstandigheden enkele dm's bedragen. Praktijkomstandigheden, die een negatieve invloed hebben op de meetnauwkeurigheid, betreffen onder meer storende invloeden van elektronische apparatuur, schommelingen van het schip, de kans dat ook daadwerkelijk over een voorwerp heen wordt gevaren, etc.;
- €# uit de enquêteresultaten blijkt dat het bij grofvuilonderzoek in veel gevallen gaat om objecten die in de sliblaag (1 à 2 m dik) begraven liggen. Om deze reden is van de geofysische technieken de subbottom profiler het meest algemeen inzetbaar. Grondradar kan ook, echter niet bij grote waterdiepte (>3 m) en in niet zoute wateren. De toepassing van magnetometrie beperkt zich tot metalen voorwerpen;
- €# de side-scan-sonar is een relatief goedkope techniek, die geschikt is voor locaties waar frequent onderhoudsbaggerwerk wordt uitgevoerd (er is dan geen sprake van diep begraven objecten);

- €# op saneringslocaties kan worden overwogen om zowel oppervlakkige als penetrerende technieken toe te passen (side-scan-sonar én subbottom profiler);
- €# voor grofvuilonderzoek naar kleinere objecten (2 mm–50 cm) zijn (aangepaste) conventionele veldmethodes het meest geschikt. De veldploeg kan worden geïnstrueerd om aanvullend het opgeboorde materiaal te onderzoeken op de fractie tot enkele cm's. Eenvoudige hulpmiddelen als een zeef maaswijdte (2 mm) en een spuitfles zijn daarvoor toereikend. Voor grotere objecten komt vooral het graven van proefsleuven in aanmerking.

Uit kostenoverwegingen is het wenselijk om zoveel mogelijk meerdere onderzoeken op een en dezelfde locatie te combineren. Dit geldt onder meer voor het in kaart brengen van de sliblaag (vervaardiging digitaal terreinmodel, DTM) en het grofvuilonderzoek met geofysische technieken. Tot op heden is dit nog niet eenduidig mogelijk. De haalbaarheid hiervan dient nader in kaart te worden gebracht.

DEEL B

WERKWIJZE GROFVUILONDERZOEK



[Grof vuil in beunbak]

6 Wanneer onderzoek gericht op grofvuil uitvoeren?

6.1 Inleiding

De resultaten uit deel A zijn gebruikt bij de afweging in welke gevallen specifiek onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil in baggerspecie zinvol, of zelfs noodzakelijk is. Deze beoordeling wordt gedaan op praktische en financiële gronden. Gezien het feit dat er vrij weinig gegevens over (meer)kosten zijn verkregen, vindt de financiële beoordeling plaats aan de hand van een voorbeeld. In de paragrafen 6.2 en 6.3 staat hiervan de uitwerking.

6.2 De praktijk

De geënquêteerde personen hebben aangegeven dat in een aantal gevallen onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil *geen* meerwaarde biedt:

- €# baggerwerk in vaargeulen van zoute oppervlaktewateren;
- €# de baggerspecie wordt met een kraan ontgraven en vervolgens met een onderlosser in het baggerdepot gestort (Amerikahaven. Voor Cromstrijen is deze werkwijze van toepassing op locaties die niet grofvuil-verdacht zijn);
- €# voor onderhoudswerk met een hoge baggercyclus (bijvoorbeeld eens per drie tot vijf jaar), waarbij een eenvoudige voorbereidingstap (bijvoorbeeld eggen/harken) succesvol kan worden toegepast.

Vanuit praktische overwegingen is in een aantal gevallen gericht onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil *wél* aan te raden (biedt met andere woorden wel meerwaarde voor de waterbeheerder):

- €# havens met een goede bereikbaarheid voor het publiek of met overslag van bulkmaterialen en grondstoffen;
- €# watergangen in stedelijk gebied;
- €# baggerwerk op locaties waar al heel lang geen baggerwerk meer is uitgevoerd;
- €# baggerwerk waarbij naar verwachting een deelstroom nuttig kan worden toegepast.

6.3 De kosten

Voor een eerste benadering wordt aangesloten bij het voorbeeld uit paragraaf 5.5. Uitgegaan wordt van een kleine haven met een oppervlak van ruim 10 ha en meer dan 0,5 m specie, in totaal circa 65.000 m³ baggerspecie.

Wij vergelijken twee "scenario's": baggeren zonder voorkennis over grofvuil met de uitvoering van (noodzakelijke) ad-hoc maatregelen en vooronderzoek, gevolgd door het uitvoeren van gerichte maatregelen, alvorens aan het baggeren te beginnen. In tabel 6.1 staan de verschillende kostenposten vermeld.

Zonder gericht onderzoek op grofvuil

De volgende kengetallen, afkomstig uit de enquêteresultaten (hoofdstuk 4), zijn hierop van toepassing:

- €# de gemiddelde hoeveelheid grofvuil in havens bedraagt 20 kg/ m³. In de voorbeeldhaven is dus 1.300 ton grofvuil aanwezig;
- €# de kosten worden op twee manieren uitgedrukt:
 1. de onvoorziene kosten bedragen circa € 160/ton (bij de bepaling van het gemiddelde is de hoogste waarde uit tabel 4.2 buiten beschouwing gelaten);
 2. de onvoorziene kosten bedragen circa € 4,5/m³.

De totale onvoorziene kosten van het baggerwerk bedragen in dit voorbeeld: € 208.000,-- uitgedrukt op basis van kosten per ton grofvuil en € 293.000,-- uitgedrukt op basis van kosten per m³ baggerspecie.

(Opgemerkt wordt dat deze kosten nog hoger kunnen uitpakken als er sprake is van zandscheiding, waarna het zand nog gezeefd moet worden, zie paragraaf 4.3: minimaal € 8 per m³).

Met onderzoek gericht op grofvuil

In dit geval zijn de volgende kosten inbegrepen:

- €# vooronderzoek (desk-study): circa € 5.000,--;
- €# uitvoering onderzoek op het water: maximaal € 20.000,-- (tabel 5.1);
- €# de wijze van grofvuil "handling" ter voorkoming dat het bagger- dan wel verwerkingsproces nadelig wordt beïnvloed.
Hierbij denken wij onder meer aan:
 1. eggen met behulp van een eenvoudige technische voorziening, laden/lossen circa € 5.000,--;
 2. baggeren met voorzieningen op het beunschip zodat de productie lager wordt (hiervan zijn de kosten niet eenduidig te karakteriseren);
 3. het treffen van eenvoudige voorzieningen zoals een rooster op het beunschip en/of een korf voor de bakkenzuiger);
- €# afzet grofvuil (voor een goede vergelijkbaarheid met de enquêteresultaten moeten deze kosten opgenomen worden): 1.300 ton als oud stortmateriaal à € 60,-- per ton. Hierbij is uitgegaan van de lage milieuheffing. Opgemerkt wordt dat bij grofvuil met een lage dichtheid (veel rubber, plastics, huisvuil) de milieuheffing veel hoger is. Dit zal naar verwachting in de praktijk weinig voorkomen.

De totale kosten bedragen in dit geval circa € 110.000,--.

De gebruikte kengetallen in dit voorbeeld zijn realistisch. In dit voorbeeld is het zinvol om onderzoek uit te voeren. Wij veronderstellen dat voor de meeste locaties (hoeveelheden grofvuil tot circa 100 kg/m³ komen voor, zie paragraaf 4.2) onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil lonend is.

Tabel 6.1 *Vergelijking globale kosten tussen de aanpak zonder en met gericht onderzoek. De vergelijking heeft betrekking op een haven van circa 10 ha, >0,5 m specie, 65.000 m³ specie en circa 20 kg grofvuil/ m³.*

activiteit	Zonder gericht onderzoek	Met gericht onderzoek
betaling onvoorziene kosten op twee wijzen: €# op basis van € 160,--/ton €# op basis van € 4,5/m ³	€ 208.000 € 293.000	n.v.t.
desk-study	n.v.t.	€ 5.000
onderzoek op het water	n.v.t.	€ 20.000
maatregelen vóór het baggerwerk	n.v.t.	€ 5.000
Maatregelen tijdens baggerwerk	p.m.	p.m.
afzet grofvuil	n.v.t.	€ 78.000
totaal	€ 200.000 à 300.000	€ 100.000 à 150.000

7 Flow-schema

7.1 Inleiding

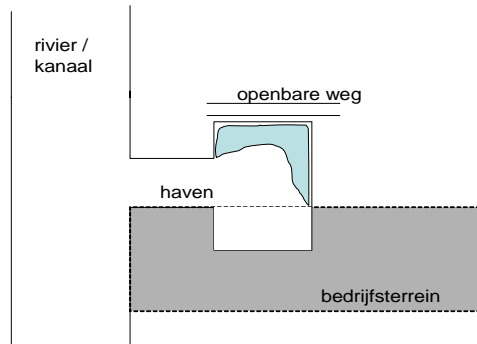
In dit hoofdstuk wordt de werkwijze voor het omgaan met grofvuil in baggerspecie gepresenteerd.

Hiertoe is een werkwijze, in de vorm van een flow-schema, opgesteld dat voorzien is van een toelichting. De onderbouwing voor de gemaakte keuzes is opgenomen in de hoofdstukken 4 en 5. Praktische en financiële redenen, die nut en noodzaak van de werkwijze toelichten, staan vermeld in hoofdstuk 6.

Op hoofdlijnen worden in het flow-schema de volgende stappen doorlopen:

- €# toets watersysteem: is voor het betreffende watersysteem de kans op de aanwezigheid van grofvuil zodanig groot dat gericht onderzoek nodig is? Zo ja: desk-study;
- €# in de desk-study wordt bekeken of de verdenking terecht is (toets grofvuil verdacht?). Tevens wordt nagegaan of andere afvalstromen (wrakken, asbest, munitie, etc.) verwacht worden en of de verdenking mogelijk slechts een gedeelte van het onderzoeksgebied betreft;
- €# indien in de toets andere afvalstromen de vermoedelijke aanwezigheid van asbest, munitie of grofvuil >2 m (wrakken) wordt bevestigd, is een gecombineerde aanpak voorgeschreven;
- €# in de toets homogeniteit wordt duidelijk of het watersysteem moet worden opgesplitst met het oog op grofvuil onderzoek;
- €# uit de fysisch/chemische kenmerken van het slib (resultaten verkennend of oriënterend slibonderzoek, bijvoorbeeld NVN 5720) volgt of de specie verwerkbaar is. Indien dit het geval is wordt de baggerspecie onderzocht met conventionele veldtechnieken of geofysische technieken (afhankelijk van de verwachte objectgrootte). Indien de specie niet verwerkbaar is, worden maatregelen getroffen om het baggerproces zoveel mogelijk ongestoord te laten verlopen. Indien de specie niet verwerkbaar is én objecten met een grootte van >25 cm verwacht worden, wordt aangeraden om onderzoek vanaf het water uit te voeren.

Een onderdeel van het flow-schema is de beoordeling of de verdenking van de aanwezigheid van grofvuil betrekking heeft op slechts een gedeelte van het watersysteem. Een voorbeeld is hieronder schematisch weergegeven.



Figuur 7.1 Schematisch voorbeeld van een verdenking van de aanwezigheid van grofvuil in een gedeelte van een haven.

7.2 Opmerkingen bij het flow-schema

Het hier gepresenteerde flow-schema is de eerste versie, waarmee de komende jaren ervaring opgedaan moeten worden. Naast toepassing op locaties van Rijkswaterstaat, is het schema eveneens geschikt voor grote regionale wateren.

Van praktische betekenis zijn de volgende opmerkingen:

- ≠ indien er een duidelijke verdenking bestaat voor de aanwezigheid van grofvuil, hoeft niet direct het gehele watersysteem intensief onderzocht te worden. Soms kan het bevestigen van deze verdenking in gedeelten van het watersysteem voldoende zijn om voor een aangepaste werkwijze te kiezen voor het gehele watersysteem. De omvang van het werk is hierin richtinggevend.
- ≠ een combinatie van technieken is meestal noodzakelijk bij detectie van objecten in de sliblaag met behulp van geofysische technieken. Handboringen of het graven van proefsleuven geven uitsluitsel of de precieze aard van het grofvuil. Interpretatie en extrapolatie van de geofysische data levert inzicht van de aanwezigheid over een groter gebied.

In de evaluatie, die na circa twee jaar zal worden uitgevoerd, dienen onder meer de volgende vragen te worden beantwoord:

- ≠ kunnen de geselecteerde geofysische technieken de vereiste objectgrootte "waarmaken"?
- ≠ zijn innovaties in staat om de nauwkeurigheid verder te vergroten?
- ≠ kan een verdere optimalisatie worden bereikt door in één onderzoeksslag de dikte van de sliblaag (en het volume van de aanwezige specie) en het grofvuil in de baggerspecie in kaart te brengen?

Toelichting op het flow-schema

Het flow-schema is uitsluitend gericht op het onderzoek naar de aanwezigheid van grofvuil (fractie 2 mm-2 m) in waterbodems. Uitvoering volgens dit schema komt in aanvulling op de reguliere onderzoeksinspanning (al kan er wel naar worden gestreefd om zoveel de activiteiten te combineren).

Toets watersysteem

I	II
Havens Stadswateren Rivier, stedelijk gebied kanaal, stedelijk gebied Achterstallig onderhoud	Vaargeulen zout water Baggerfrequentie <5 jaar Methode kraan/storten onderflosser

Toets grofvuil verdacht?

Vooronderzoek (desk-study) uitvoeren met behulp van:

- ## archiefonderzoek: vergunningen Wm, Wvo
- ## historisch en huidig gebruik watersysteem, incl. kades
- ## interviews havenmeester, kantonniers, veldploeg, etc.

Toets andere afvalstromen

- ## asbest
- ## munitie
- ## grofvuil >2 m

Indien in het vooronderzoek blijkt dat ook andere afvalstromen in de baggerspecie aanwezig kunnen zijn, dient de onderzoeksaanpak gecombineerd te worden (eventueel in overleg met het bevoegd gezag).

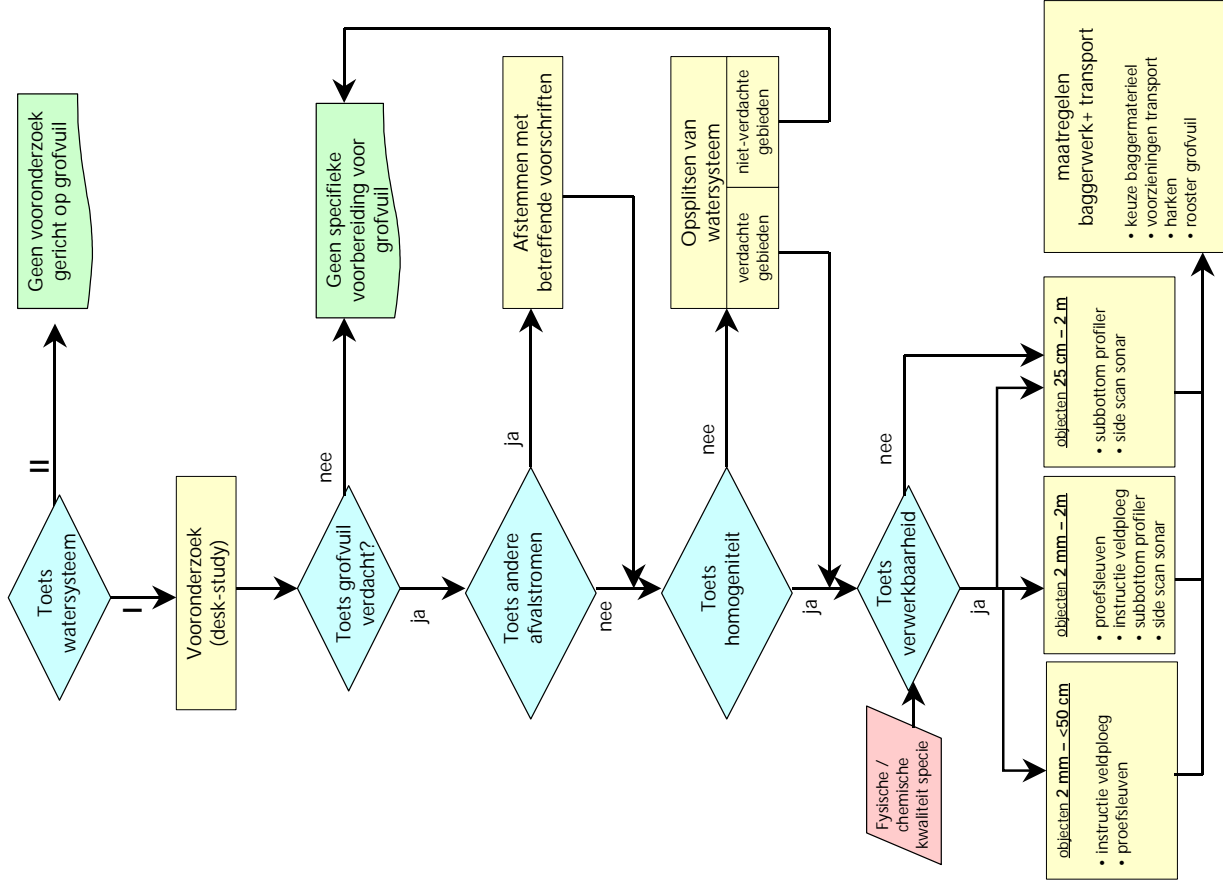
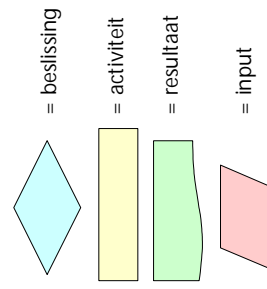
Toets homogeniteit

Nagegaan wordt of de verdenking van de aanwezigheid van grofvuil betrekking heeft op het gehele watersysteem, of een gedeelte daarvan (zie ook figuur 7.1).

Toets verwerkbaarheid

- Denk hierbij aan:
- ## zandscheiding
 - ## landfarming
 - ## koude immobilisatie
 - ## thermische immobilisatie

Legenda



DEEL C

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN



[Grof vuil, gezeefd na rijping baggerspecie]

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Uit de aangedragen ervaring van waterbeheerders worden de volgende conclusies getrokken:

- €# Voor veel waterbeheerders leidt de onverwachte aanwezigheid van grofvuil in baggerspecie tot problemen. Deze problemen hebben betrekking op de planning van het werk, de waterkwaliteit en hogere kosten. Kostenoverschrijdingen van 20% ten opzichte van de ramingen zijn in dit kader gerapporteerd.
- €# Uit de enquêteresultaten blijkt dat voor havens, rivieren en kanalen in stedelijk gebied te allen tijde rekening gehouden dient te worden met de aanwezigheid van grofvuil. De aard en hoeveelheid hiervan is onder meer afhankelijk van het gebruik van het watersysteem en de bereikbaarheid voor het publiek. De gemiddelde hoeveelheid grofvuil in de baggerspecie bedraagt 20 à 30 kg/m³ in situ. Maximale hoeveelheden van >100 kg/m³ in situ zijn gerapporteerd.
- €# De gemiddelde kosten voor de gehele "handling" van het grofvuil in de baggerspecie zijn met behulp van de enquêteresultaten geschat op twee manieren:
 1. per ton geproduceerd grofvuil, circa € 160,-/ton;
 2. per gebaggerde hoeveelheid, circa € 4,5/m³.
- €# De enquêteresultaten zijn niet toereikend om een afwegingskader te maken of een *break-even-point* vast te stellen (grofvuil concentratie waarboven altijd onderzoek en aangepaste werkwijze gevolgd moet worden).
- €# Er staat de waterbeheerder een aantal praktische werkwijzen ter beschikking om de grofvuilproblematiek te beheersen. Genoemd in dit kader worden: baggeren met een kraan en lozen in depot met onderlossers (waar mogelijk), eggen/harken van de waterbodem, werken met roosters op het beunschip en/of bij de bakkenzuiger.
- €# Voor het onderzoek naar grofvuil in waterbodems is een flow-schema opgesteld (hoofdstuk 7). Hierin is voor de waterbeheerder aangegeven welke stappen doorlopen moeten worden om de aanwezigheid van grofvuil goed in kaart te brengen én om bij de uitvoering hiermee rekening te houden.
- €# Het flow-schema voorziet in het uitvoeren van archiefonderzoek en interviews en het uitvoeren van onderzoek op het water. De keuze van de onderzoeksmethode is afhankelijk van de resultaten van het vooronderzoek. Voor relatief kleine objecten (tot circa 50 cm) is bemonstering met conventionele methodes (boorsystemen, proefsleuven) noodzakelijk. Voor grotere objecten (>25 cm) kunnen geofysische methoden worden ingezet: met name subbottom profiler en side-scan-sonar zijn geschikt. Grondradar kan eveneens in een beperkt aantal gevallen worden gebruikt: bij ondiep water, dat bovendien niet brak of zout mag zijn.

8.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- €# Deel u ervaringen die u opdoet met de handreiking, of andere methoden, met uw collega waterbeheerders / uitvoerders / adviesbureaus. U kunt hierbij gebruik maken van het reactieformulier in bijlage 3.
- €# Houdt bij onderzoeken met behulp van proefsleuven (en ook nader onderzoek naar asbest) rekening met grote hoeveelheden verontreinigd bodemmateriaal, die bij het onderzoek vrijkomen. Daarbij dient zowel aan logistieke als kosten consequenties te worden gedacht;
- €# Voer veldwerk uit volgens de gangbare richtlijnen en voorschriften. Instrueer veldploegen om alert te zijn op de aanwezigheid van bodemvreemde materialen, zoals metaaldeeltjes. Laat ook de informatie van "gestaakte boringen", doordat ondoordringbare voorwerpen worden aangeboord, niet verloren gaan.

9 Literatuurlijst

1. Baggernet. Diverse bedrijfspresentaties tijdens de Themadag van Baggernet: baggervolume bepalen: is meten wel (zeker) weten? Groningen, 8 juni 2004.
2. Fugro, januari 1998. Inventarisatie van technieken voor inwinning van gegevens over oppervlakte, geometrie, laaggrenzen, bodemsamenstelling en chemische samenstelling. Opdrachtnummer N-0481
3. Grontmij, december 2003. Evaluatie zandscheiding sedimentatiebekkens. Scheiding relatief sterk verontreinigde partijen 2000-2002.
4. GeoCom, januari 2003. Bathymetrisch en side-scan-sonar onderzoek ten behoeve van verbetering vaarweg Twenthekanaal.
5. Medusa, augustus 2003. Puinkartering. Onderzoek naar een nieuwe, in-situ methode ter bepaling van het puingehalte van de waterbodem.
6. NEN. Nederlands Technische Afspraak. NTA 5727: 2004. Monsterneming en analyse van asbest in waterbodem en baggerspecie.
7. Rijkswaterstaat-Directie IJsselmeergebied, december 2003. Eindrapport IMAGO. Samenvatting en conclusies. Rapportnr. RDIJ 2003-13a.
8. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, april 2000. Informatiebronnen Hollandsche IJssel. Pilotproject Meetstrategie 2000+ Rapportnr. MD/GAP 2000.16.
9. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, juni 2003. Geofysisch onderzoek Twentekanaal Baggeren. Rapportnr. AGI-GAM-2003-29.
10. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, maart 2003. Classificatie van baggerspecie in het veld. Rapportnr. MD-GAP-2003-9.
11. Rijkswaterstaat-RIZA-POSW, april 1995. POSW fase II, deel 5. Evaluatie van de waterbodemsanering van de haven van Elburg. Hoofdrapport.
12. P. Stassen, sr. onderwaterarcheoloog de Maaswerken. Info per email + telefonisch interview.
13. Grondmechanica Delft, februari 1996. Eindrapportage praktijkproef grofvuildetectie in baggerslib. BAGT 558. Rapportnr. CO-352790/61.
14. TNO-TPD, maart 2000. Inventarisatie meettechnieken voor detectie van grofvuil in de Hollandsche IJssel.
15. STOWA productblad: Toepassen van georadar in het waterbeheer. Randvoorwaarden voor het uitvoeren van waterbodemonderzoek met georadar.
16. AKWA/DWW, november 2003. Pilot-onderzoek zandscheiding baggerspecie havens Urk. DWW rapportnr. 2003-132.
17. RWS-AGI, 21 september 2004, persoonlijke mededeling.
18. W.P. Locher & H. de Bakker (red.). Bodemkunde van Nederland. Deel 1 Algemene bodemkunde. Malmberg Den Bosch, 1990.

Protocollen voor waterbodemonderzoek

19. Gemeentelijk Havenbedrijf Amsterdam, 1994. Voorschriften Wm-vergunning depot Amerikahaven Amsterdam.
20. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 2000. Draaiboek monstercampagne onderhoudsbaggerspecie Rotterdamse havens en vaarwegen.

21. Ministerie van VROM, 1993. Protocol voor nader onderzoek naar de aard en concentratie van verontreinigende stoffen en de omvang van bodemverontreiniging. Deel 1.
22. Ministerie van VROM, 1993. Protocol voor het oriënterend onderzoek naar de aard en concentratie van verontreinigende stoffen en de plaats van voorkomen van bodemverontreiniging.
23. Ministerie van VROM, 1993 + latere aanvullingen. Ministeriële regeling klassenindeling onderhoudsspecie. Staatscourant 246.
24. NNI, 2000. NVN 5720. Bodem – waterbodem – onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek.
25. Provincie Gelderland, 1998. Bemonsteringsprotocol Gelderland. Richtlijnen voor bemonsteringsstrategie, -methode, -uitvoering an analysepakket ten behoeve van verkennend waterbodemonderzoek in Gelderland.
26. Provincie Zuid-Holland, 2004. Nota uitwerking baggerbeleid III. Handboek procedures baggeren voor regionale wateren van Zuid-Holland.
27. Rijkswaterstaat - AKWA, maart 2002. Richtlijn nader onderzoek waterbodems. Ernst- en urgentiebepaling van verontreinigde waterbodems. AKWA rapportnr. 01.005.
28. Rijkswaterstaat - directie Oost Nederland, 1996. Tussenrichtlijn onderzoeksstrategie uiterwaarden.
29. Rijkswaterstaat–De Maaswerken, 2000. Richtlijn milieuchemisch bodemonderzoek Maaswerken.

Bijlage 1

Betrokken personen

Bijlage 1

Betrokken personen

Projectgroep

AKWA / Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde	T. K.H.M. Bolleboom
AKWA / Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde	R.J.G. van Etten
Rijkswaterstaat Adviesdienst Geo-informatie en ICT	N.A. Kinneging
Rijkswaterstaat Adviesdienst Geo-informatie en ICT	G.B.M. Brand
AKWA / Rijkswaterstaat Projectbureau WAU	N.J. Berg
Rijkswaterstaat Noord-Holland	F. Loman
Rijkswaterstaat Zuid-Holland	C.A. van de Heuvel
Grontmij Nederland BV	R. van Zoest

Geënuquëeerde personen

Rijkswaterstaat Noord –Nederland	A. Oost
Rijkswaterstaat Oost-Nederland	M. A. Wilkens
Rijkswaterstaat Utrecht	J. de Beer
Rijkswaterstaat IJsselmeergebied, waaronder depot IJsseloog	T. Schuhmacher H. Hardeman P. van den Heuvel
Rijkswaterstaat Noord-Holland	F. Loman
Rijkswaterstaat Zuid-Holland	A. Broekhuizen J. Mol A. de Gelder
Rijkswaterstaat Zeeland	C.J. Meeuse
Rijkswaterstaat Noord-Brabant	A.I. Luteijn
Rijkswaterstaat Limburg	G. Cruts
Havenbedrijf Rotterdam NV, waaronder depot de Slufter	G. Berger P. Mollema R. Becker
Havenbedrijf Amsterdam	R. Barkhuis
Waterschap Hunze en Aa's	R. Voetberg
Waterschap IJsselmonde	A. Vermeulen
Gemeente Haarlem	J. Oosterveen
Provincie Noord-Holland	R. van Gorkom
Maaswerken	B. Broens F. Scheffer P. Stassen
AKWA/WAU	P. de Boer W. van der Sluijs H. Otten M. Lentjes R. van Swam N. Berg A.. van der Laan
Grontmij	A. Nijdam P. Wijngaard

Bijlage 1

Betrokken personen

In de rapportage is de informatie afkomstig van de volgende watersystemen verwerkt:

Zoet, zout, haven	Zoet, kanaal, rivier	Zout, estuarium, zee
Bermethaven, Amsterdam	Twentekanaal	Waddenzee: €# vaarroute Harlingen-Terschelling
Bosporushaven, Amsterdam	Kanaal Gent-Terneuzen	€# vaarroute Holwerd-Ameland
Gehele havengebied, Amsterdam	Amstel	€# vaarroute Lauwersoog- Schiermonnikoog
Rotterdams havengebied		€# div. veerdammen
Haven van Urk		
Hoorn, vluchthaven en buitenhaven		
Stadswateren Groningen (meerdere trajecten)		
Voorhaven Wemeldinge		
Veerhaven Lauwersoog		
Petroleumhaven, Amsterdam		
Chemiehaven, Rotterdam		
Haven van Elburg		
Buitenhavens en veerhaven Terneuzen		
Veerhaven en handelshaven Breskens		
Haven van Lobith/Tolkamer		

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Naam: Multibeam echosounder

Fysische parameter: contrast in akoestische impedantie ("schijnbare weerstand").

Meetprincipe: Een geluidspuls wordt opgewekt in een bron/ontvanger. Het geluidssignaal weerkaatst op de bodem, keert terug en wordt gedetecteerd. De looptijd van de echo is een maat voor de afstand. Er wordt gebruik gemaakt van een groot aantal smalle bundels in verschillende richtingen, waardoor een brede strook van de bodem aan weerszijde van het schip onderzocht wordt (de onderzochte breedte bedraagt circa 3–10 keer de waterdiepte). De gebruikte frequentie bedraagt circa 100–500 kHz. De vaarsnelheid van het schip bedraagt circa 4 m/s.

Met deze techniek wordt de ligging van de bodem in kaart gebracht én objecten die op de bodem liggen. Naar verwachting kunnen voorwerpen met een grootte vanaf enkele cm's worden gedetecteerd (figuur B3.1).

Begraven objecten hebben, mits niet te diep, een effect op de structuur van de bodem. Dit indirecte effect is moeilijk bruikbaar en alleen voor experts te herkennen.

Toepassingsmogelijkheden:

Waterdiepte: vanaf enkele meters

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: 0.1–1 m

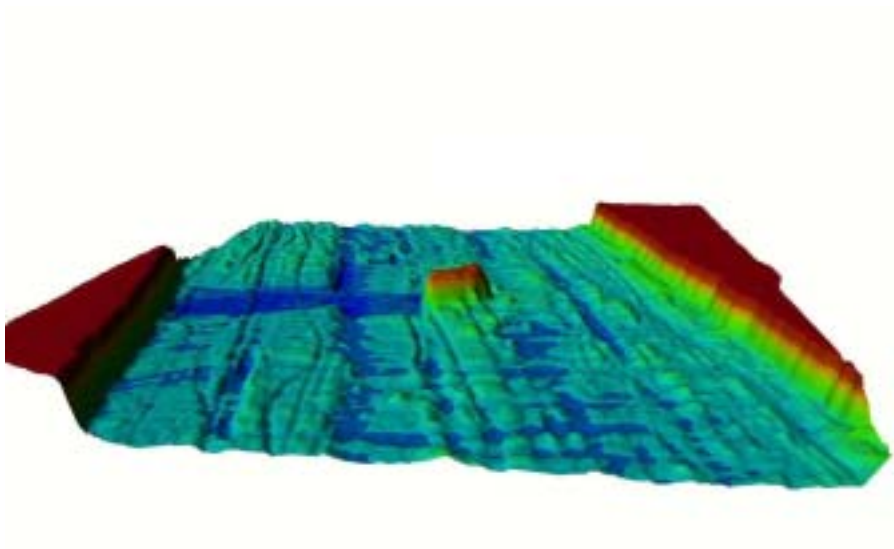
Nauwkeurigheid in verticale vlak: 0.1–0.5 m

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele centimeters

Aard van het materiaal: in principe geen beperkingen

Kostenindicatie: voor kleine haven circa € 20.000,-- (voor uitleg zie hoofdstuk)

Beperkingen: Begraven voorwerpen in de waterbodem worden niet gedetecteerd.



Figuur B3.1 Opname met multibeam van een scheepswrak (zijaanzicht).

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Naam: Side-scan-sonar

Fysische parameter: reliëf in bodemoppervlak.

Meetprincipe: Een brede bundel akoestische energie wordt in een zij-richting gestuurd. De uitgezonden puls genereert een continue stroom van echo's op het grensvlak water–bodem, waarbij de looptijd een maat is voor de locatie van de echo. De beeldvorming gebeurt door verschillen in reflectiekenmerken. Achter objecten die boven de bodem uitsteken treedt schaduwwerking op, waardoor het reliëf in beeld wordt gebracht (van zandribbels tot bodemvreemde objecten).

De geluidspuls wordt opgewekt in een bron/ontvanger met een gebruikte frequentie van circa 30–300 kHz. Relatief hoge frequenties lijken geschikt te zijn voor de detectie van voorwerpen op de bodem. De vaarsnelheid van het schip bedraagt circa 4 m/s.

Rijkswaterstaat heeft overigens in samenwerking met de KLPD de beschikking over een 600 kHz en 1.200 kHz side-scan-sonar.

Naar verwachting kunnen voorwerpen met een grootte vanaf enkele cm's worden gedetecteerd (figuur B3.2).

Begraven objecten hebben, mits niet te diep, een effect op de structuur van de bodem. Dit indirecte effect is moeilijk bruikbaar en alleen voor experts te herkennen.

Toepassingsmogelijkheden:

Waterdiepte: vanaf enkele meters

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: 1–2 m

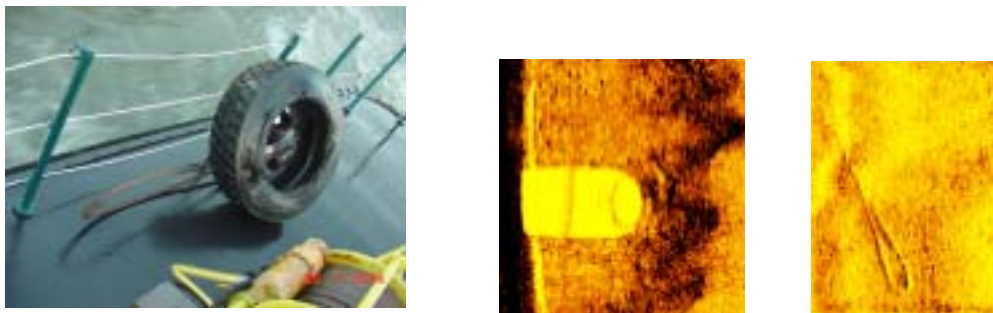
Nauwkeurigheid in verticale vlak: 0.5–1 m

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele centimeters

Aard van het materiaal: in principe geen beperkingen

Kostenindicatie: voor kleine haven circa € 5.000,-- à 10.000,-- (voor uitleg zie hoofdstuk).

Beperkingen. Begraven voorwerpen in de waterbodem worden niet gedetecteerd.



Figuur B3.2 Opname met side-scan-sonar van een autoband en een nylon tros (bovenaanzicht).

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Naam: Subbottom profiler

Fysische parameter: contrast in akoestische impedantie ("schijnbare weerstand").

Meetprincipe: Een geluidspuls wordt opgewekt in een bron/ontvanger. De puls dringt door in de bodem en reflecteert op diverse laagovergangen (inclusief het water/ bodem grensvlak) en inhomogeniteiten in de bodem. De gebruikte frequentie bedraagt circa 2–30 kHz. Relatief lage frequenties dringen verder door in de bodem, maar hebben een lagere nauwkeurigheid dan de relatief hogere frequenties.

De geluidssnelheid in de diverse lagen dient bekend te zijn; dit kan gebaseerd zijn op ervaring, maar ook via aanvullende boringen of sonderingen worden vastgesteld.

De bron /ontvanger is een bevestigd aan een schip en verticaal gericht. De vaarsnelheid van het schip bedraagt circa 4 m/s. De gegevens worden opgenomen in raaien.

Naar verwachting kunnen voorwerpen met een grootte vanaf enkele dm's worden gedetecteerd (figuur B3.3).

Toepassingsmogelijkheden:

Waterdiepte: geen beperking

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: circa 0.2 m

Nauwkeurigheid in verticale vlak: 0.1–0.2 m

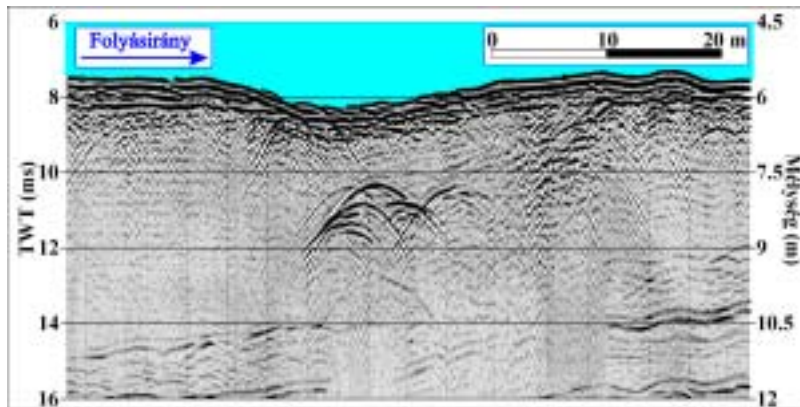
Indringdiepte in de bodem: tot enkele tientallen meters

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele decimeters

Aard van het materiaal: in principe geen beperkingen

Kostenindicatie: voor kleine haven circa € 20.000,-- (voor uitleg zie hoofdtekst)

Beperkingen. Eventueel aanwezig gas in de poriën van het slib beïnvloedt de meting negatief. Dit treedt voornamelijk op in relatief ongestoorde, organisch stofrijke sedimenten (bijvoorbeeld in meren).



Figuur B3.3 Opname met de subbottom profiler van een gaspijp (dwarsdoorsnede)

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Naam: Grondradar

Fysische parameter: di-electrische eigenschappen.

Meetprincipe: Er wordt onderscheid gemaakt tussen laagfrequente grondradar (25- 200 MHz), vaak aangeduid als georadar, en hoogfrequente grondradar (200 Mhz–1 GHz), vaak aangeduid als bodemradar. Met een zendantenne wordt een korte electromagnetische puls uitgezonden. De puls reflecteert op inhomogeniteiten. Kennis van de voortplantingsnelheid in de verschillende lagen is op voorhand nodig.

Relatief lage frequenties dringen verder door in de bodem, maar hebben een lagere nauwkeurigheid dan de relatief hogere frequenties.

De antenne is een bevestigd aan een schip en er wordt gevaren in raaien. De vaarsnelheid van het schip bedraagt circa 1-4 km/uur.

Naar verwachting kunnen voorwerpen met een grootte vanaf enkele dm's worden gedetecteerd (figuur B3.4).

Toepassingsmogelijkheden:

Laagfrequent

Waterdiepte: 3 m [15]

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: enkele meters

Nauwkeurigheid in verticale vlak: vanaf enkele decimeters

Indringdiepte in de bodem: voor zand enkele tientallen meters, voor klei maximaal enkele meters

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele decimeters

Aard van het materiaal: in principe geen beperkingen

Hoogfrequent

Waterdiepte: 3 m [15]

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: 0.1–0.2 m

Nauwkeurigheid in verticale vlak: vanaf enkele centimeters

Indringdiepte in de bodem: voor zand decimeters tot meters, voor klei maximaal één meter

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele decimeters

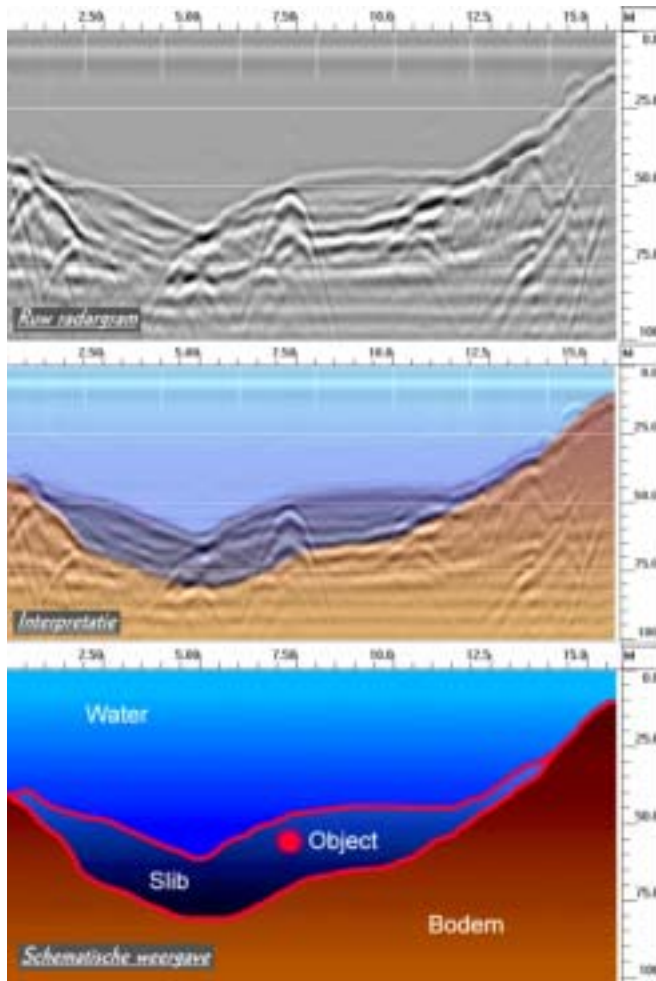
Aard van het materiaal: in principe geen beperkingen

Kostenindicatie: voor kleine haven circa € 20.000,-- (voor uitleg zie hoofdstuk)

Beperkingen. De methode werkt niet in brak of in zout water.

Bijlage 2

Beschrijving technieken



Figuur B3.4 Opname en interpretatie van de grondradar (dwarsdoorsnede).

Bijlage 2

Beschrijving technieken

Naam: Magnetometrie

Fysische parameter: magnetisme.

Meetprincipe: Het totale magnetische veld wordt gemeten door een (ingepakte) protonprecessiemagnetometer in raaien zo dicht mogelijk over de waterbodem te bewegen. De vaarsnelheid bedraagt circa 5 km/uur. De magnetische anomalieën worden op een kaart geplott en geïnterpreteerd. De anomalieën worden uiteraard alleen veroorzaakt door ijzerhoudende voorwerpen (figuur B3.5).

Naar verwachting kunnen voorwerpen met een grootte vanaf enkele dm's worden gedetecteerd.

Toepassingsmogelijkheden:

Waterdiepte: geen beperking

Nauwkeurigheid in horizontale vlak: 0.5–1 m

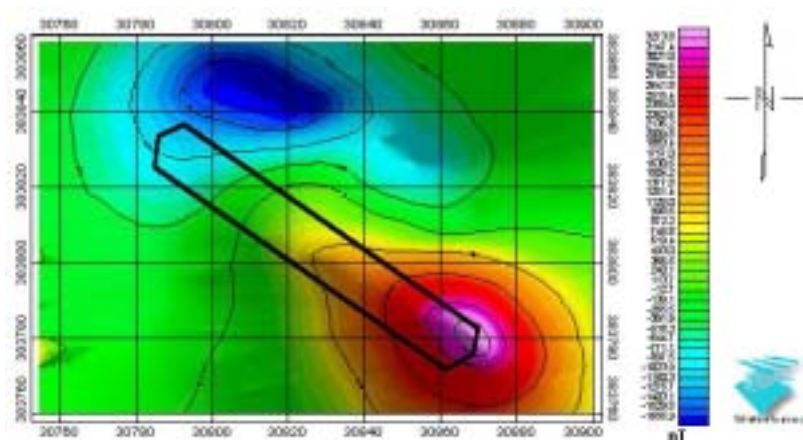
Nauwkeurigheid in verticale vlak: geen

Fractiegrootte: potentieel vanaf enkele decimeters

Aard van het materiaal: alleen ijzerhoudende objecten

Kostenindicatie: voor kleine haven circa € 20.000,-- (voor uitleg zie hoofdstekst).

Beperkingen. De techniek geeft weinig informatie over de grootte en het type van het voorwerp. Ook is de diepte niet eenduidig vast te stellen (een groter, diepgelegen voorwerp kan dezelfde meetwaarde geven als een kleiner, ondieper gelegen voorwerp).



Figuur B3.5 Opname met magnetometrie (kaartbeeld).

Bijlage 3

Reactieformulier

Bijlage 3

Reactieformulier



Bijlage 3

Reactieformulier

Reactieformulier "Handreiking Onderzoek bodemvreemde materialen in Waterbodems".

Contactpersoon: T. Bolleboom / R. van Etten, fax: 0152518 555.

[Alleen invullen als onderzoek is uitgevoerd naar aanwezigheid van grof vuil in de waterbodem]

INGEVULD DOOR (naam/organisatie):..... e-mail:

Locatiegegevens

Naam watergang/baggervak:

Betreft: beroepsvaarweg/overige vaarwegen/haven/afwateringskanaal/stadswater/anders: *

Lengte watergang:m Breedte:m Oppervlakte:m²

Waterdiepte: m. Baggerdiepte:m Baggerhoeveelheid: m³/ton *

Onderzoek

Flowschema uit handreiking gehanteerd: Ja / Nee *

Opmerkingen:.....

Vooronderzoek uitgevoerd: Ja / Nee *

Wijze vooronderzoek:

Uitgevoerd door:

Globale kosten: €

Waterbodemonderzoek: Ja / Nee *

Methode:

Uitgevoerd door:

Globale kosten: €

Gedetecteerd soort grof vuil: ingeschatte hoeveelheid: m³

Rapportage: [graag exemplaar/kopieën onderdeel grof vuil]

Uitvoering

Grof vuil voor baggeren verwijderd: Ja / Nee * Methode:

Omvang baggerwerk :m³ / ton * Hoeveelheid grof vuil: m³ / ton *

Kosten (inclusief afvoer) grof vuil:

Methode van baggeren:

Eindbestemming baggerspecie: Hergebruik / verwerken / storten *

Voor overige opmerkingen een pagina toevoegen. Dank voor uw informatie !