

Richtlijn Baggervolumebepalingen

Guideline for determining dredging volumes

Richtlijn SIKB 2501



Versie 2, 15 december 2016

Summary

Most Dutch surface waters are on a regular basis dredged. Usually, this is done to optimise the flow in a waterway, so that chances of flooding are minimized. Sometimes, dredging is done to make sure ships can pass through the waterway or to improve the (ecological) water quality.

Costs of dredging are largely dependent on the amount of dredged sludge. Differences between the calculated and the actual amount of sludge therefore directly influence costs and benefits of a dredging project.

This SIKB-guideline 2501 'Determining dredging volumes' provides clients and contractors with a uniform way of determining dredging volumes. It helps to prevent discussion and unnecessary costs. Different stakeholders involved in the process of dredging actively took part in creating this guideline.

Eigendomsrecht

Deze richtlijn is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer, ondergebracht bij de SIKB, beheert deze richtlijn inhoudelijk. De actuele versie van deze richtlijn staat op de website van SIKB (www.sikb.nl) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontleen.

Vrijwaring

SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij het bedrijf of derden ontstaat door het toepassen van deze richtlijn.

© 2016 SIKB

Overname van tekstdelen en foto's is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

Bestelwijze

Deze richtlijn is in digitale vorm kosteloos te verkrijgen bij SIKB. Een ingebonden versie kunt u bestellen tegen kosten, op te vragen bij SIKB.

Updateservice

Door het CCvD Bodembeheer vastgestelde mutaties in deze richtlijn zijn te verkrijgen bij SIKB. Via info@sikb.nl kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt via info@sikb.nl ook verzoeken tot toezending van de gratis reguliere nieuwsbrieven van SIKB.

Helpdesk/gebruiksaanwijzing

Voor vragen over inhoud en toepassing van deze richtlijn kunt u terecht bij SIKB.



Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Aanleiding, doel & reikwijdte van de richtlijn	4
1.2 Plaats van deze richtlijn ten opzichte van andere kaders	6
1.3 Verantwoordelijkheden en gestelde eisen aan betrokken partijen	6
1.4 Geldigheidsduur baggervolumebepaling	7
1.5 Leeswijzer	8
2. Doel en uitgangspunten baggervolumebepaling en te realiseren profiel	9
3. Voorbereiden van een baggervolumebepaling	13
3.1 Afbakenen van het onderzoeksgebied	13
3.2 Bepalen van het watertype en het vaststellen van de meetpunten	13
3.3 Uitvoeren van metingen met dwarsraaien	13
3.3.1 Bepaal de afstand tussen de dwarsraaien	13
3.3.2 Bepaal de afstand tussen de meetpunten in een dwarsraai	14
3.4 Uitvoeren van rastermetingen	15
3.5 Bepalen van meettechniek(en)	16
3.5.1 Meettechniek bovenkant te baggeren laag	16
3.5.2 Meettechniek onderkant te baggeren laag c.q. de vaste bodem	16
3.6 Bepalen van de onderkant van de te baggeren laag	17
3.7 Bepalen van de methode voor horizontale en verticale plaatsbepaling	17
4. Opstellen van een meetplan	20
5. Uitvoeren van het veldwerk	21
6. Uitvoeren van verificatiemetingen	22
7. Berekening van baggervolumes	24
8. Rapportage & presentatie van resultaten en data-aanlevering	25
9. Verantwoording	26
Bijlage 1 Definities	27
Bijlage 2 Het gebruik van elektronische meettechnieken	28
Bijlage 3 Risico's bij horizontale en verticale plaatsbepaling en hoe die te verkleinen	34
Bijlage 4 Kenmerken elektronische meettechnieken	35



1. Inleiding

1.1 Aanleiding, doel & reikwijdte van de richtlijn

Aanleiding

De meeste Nederlandse oppervlaktewateren worden regelmatig gebaggerd. Dat gebeurt in het merendeel van de gevallen om de watervoerende functie ervan te waarborgen en de kans op wateroverlast bij hevige neerslag te beperken. In een aantal gevallen wordt er ook specifiek gebaggerd ten behoeve van de scheepvaart of de (ecologische) waterkwaliteit. Het uiteindelijke doel kan van invloed zijn op het uit te voeren baggerwerk en de daarvoor te maken afspraken. Hierop komen we later terug.

De kosten van een baggerwerk worden voor een groot deel bepaald door de hoeveelheid slib die moet worden verwijderd en op de kant moet worden gezet (indien mogelijk), of moet worden afgevoerd en elders gestort. Een afwijking van de hoeveelheden slib heeft dus direct consequenties voor de kosten van een project. Vandaar dat een goede baggervolumebepaling van groot belang is.

Het bepalen van het baggervolume is om meerdere redenen een lastige klus. Het gevolg is dat er regelmatig verschil van inzicht over de te baggeren of gebaggerde volumes ontstaat tussen de partijen die bij het baggeren betrokken zijn. Maar ook de wijze waarop specifieke baggeropdrachten (resultaatsverplichtingen) worden geformuleerd, kan ertoe leiden dat opdrachtgevers en baggeraars met elkaar in conflict komen. Dit vormde de aanleiding voor het uitbrengen van een richtlijn Baggervolumebepalingen in 2012. Dit is de tweede geactualiseerde versie.

Doel

Het doel van deze richtlijn is om – door een zo helder mogelijke opdrachtdefinitie en een zo groot mogelijke reproduceerbaarheid van de baggervolumebepaling – bij te dragen aan (groter) onderling vertrouwen bij belanghebbende partijen dat het te baggeren of gebaggerde volume is bepaald op een wijze die passend is voor de situatie. En dat afwijkingen van dit volume die eventueel in het werk worden geconstateerd, adequaat kunnen worden verklaard.

Ten overvloede: het werkelijke baggervolume is nooit precies vast te stellen. Het is onder meer afhankelijk van de tijd en de gehanteerde uitgangspunten bij de bepaling, van de heterogeniteit van het slib en van de eronder liggende bodem. Maar uiteraard ook van de expertise van diegenen die de baggervolumebepaling uitvoeren. Een baggervolumebepaling volgens deze richtlijn kan de kans op verschil van inzicht over baggervolumes tussen betrokken partijen wel aanmerkelijk verkleinen.

De richtlijn biedt waterschappen, gemeenten, Rijkswaterstaat, baggeraars en meetbureaus handvatten bij het voorbereiden, uitvoeren en rapporteren van in-situ baggervolumebepalingen en bij het definiëren van baggeropdrachten. Door op basis van deze richtlijn goede afspraken te maken over wat en hoe er wordt gemeten, kunnen verschillen van inzicht over te baggeren of gebaggerde volumes worden beperkt.





Wat is nieuw in deze versie?

Deze 'Richtlijn Baggervolumebepalingen' is, zoals gezegd, een geactualiseerde versie van de 'Richtlijn Baggervolumebepalingen op basis van handmatige metingen' uit 2012. Deze versie beperkt zich niet meer strikt tot handmatige metingen, maar bevat ook informatie en richtlijnen voor het gebruik van elektronische technieken. Vandaar de naamsverandering, waarbij het tweede deel van de titel van de eerste versie 'op basis van handmatige metingen' is komen te vervallen.

De input voor deze geactualiseerde versie van de richtlijn wordt allereerst gevormd door de kennis en ervaringen van experts uit diverse geledingen van de baggersector. Veel van deze experts hebben zitting gehad in de begeleidingscommissie bij het opstellen van deze geactualiseerde versie. Ook hebben we nadrukkelijk de ervaringen meegenomen van de gebruikers van de eerste richtlijn.

In de richtlijn zijn verder de resultaten meegenomen van het in 2014 en 2015 uitgevoerde onderzoek Validatie Richtlijn Baggervolumebepalingen (zie Hoofdstuk 9. Verantwoording) naar de praktische bruikbaarheid en toepasbaarheid van de eerste versie van deze richtlijn. In een enkel geval wordt dwingend een bepaalde techniek voorgeschreven (middelvoorschrift), omdat de hiermee verrichte metingen aantoonbaar beter reproduceerbaar zijn. Dit blijkt uit het hiervoor genoemde validatieonderzoek. In andere gevallen betreft het vooral het maken van (doel)afspraken over de wijze van meten, de verificatie van metingen, de wijze van gegevensverwerking, dan wel het helder maken van de uitgangspunten die een opdrachtgever hanteert bij het in de markt zetten van een baggervolumebepaling of baggerwerk.

Veel van de elektronische technieken voor baggervolumebepaling zijn op dit ogenblik nog in ontwikkeling. Deze geactualiseerde richtlijn schrijft geen van deze technieken dwingend voor. De elektronische technieken worden over het algemeen wel steeds beter, steeds beter toepasbaar voor kleinere wateren en steeds goedkoper.

De keuze van een juiste techniek is uiteraard van belang. Dit is onder meer afhankelijk van het type water dat moet worden bemeten en van de aard van de meting. Een overzicht van de kenmerken van meettechnieken vindt u in Bijlage 4. Het belangrijkste is dat de gekozen technieken consequent worden toegepast, zodat dezelfde technieken zowel bij het inpeilen, het uitpeilen, controlemetingen, onderzoeks- en bestekspeilingen als bij verificatiemetingen van een baggerwerk worden gehanteerd.

Reikwijdte

Deze richtlijn gaat niet specifiek in op de vraag hoe opdrachtgevers en opdrachtnemers moeten omgaan met omgevingsaspecten die van invloed kunnen zijn op het te realiseren profiel, zoals geotechnische aspecten of de aanwezigheid van kabels, leidingen en conventionele explosieven.

Indien de richtlijn wordt gehanteerd, is afwijken ervan slechts toegestaan als de specifieke fysieke situatie in het onderzoeksgebied zodanig is dat op basis van kennis en ervaring beargumenteerd kan worden dat bepaalde voorschriften in deze richtlijn voor deze situatie niet van toepassing zijn. Voorwaarde is ook dat wordt aangegeven op basis van welke argumenten van welke voorschriften in de richtlijn wordt afgeweken.

Tot slot: het toepassen van deze richtlijn doet niets af aan standaardvoorwaarden voor de uitvoering van werken, zoals de Uniforme Administratieve Voorwaarden (UAV).

De foto's in dit document zijn illustratief bedoeld, en hebben geen voorschrijvend karakter. De foto's zijn gemaakt door SIKB of door leden van de begeleidingscommissie rechtensvrij ter beschikking gesteld.

1.2 Plaats van deze richtlijn ten opzichte van andere kaders

Deze richtlijn geeft invulling aan de activiteiten in het kader van een in-situ baggervolumebepaling. De richtlijn kan worden toegepast voor kwantificering van het baggervolume dat wordt opgenomen in contracten voor baggerwerken, bijvoorbeeld de RAW-systematiek van CROW. Ook kan de richtlijn worden gebruikt voor een baggervolumebepaling op basis van metingen in het werk, als in het contract een dergelijke resultaatsverplichting is opgenomen.

1.3 Verantwoordelijkheden en eisen aan betrokken partijen

Opdrachtgever baggervolumebepaling

De opdrachtgever van een baggervolumebepaling is meestal de eigenaar of beheerder van het water waarin de bepaling moet worden uitgevoerd (normaal gesproken een waterschap, een gemeente of Rijkswaterstaat). Maar het kan in voorkomende gevallen ook een andere partij zijn, zoals de opdrachtnemer van een baggerwerk. De opdrachtgever van een baggervolumebepaling heeft, indien hij de richtlijn hanteert, met eigen ogen kennisgenomen van deze richtlijn en conformeert zich aan de in de richtlijn gestelde eisen en gemaakte afspraken. Hij dient deugdelijke informatie aan te leveren zodat de opdrachtnemer en uitvoerende partij hun werkzaamheden conform de richtlijn kunnen uitvoeren.

Opdrachtnemer baggervolumebepaling

De opdrachtnemer van een baggervolumebepaling – normaal gesproken een meetbureau – heeft met eigen ogen kennisgenomen van deze richtlijn en dient zich vooraf te conformeren aan de in de richtlijn gestelde eisen en gemaakte afspraken.



Uitvoerende partij baggervolumebepaling

De verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van de baggervolumebepaling ligt bij de organisatie die de baggervolumebepaling daadwerkelijk uitvoert. Dit is meestal dezelfde partij als de opdrachtnemer van de baggervolumebepaling. Degene die namens de uitvoerende partij het project leidt (projectleider) draagt de verantwoordelijkheid dat hijzelf en zijn projectmedewerkers werken conform de gestelde eisen in dit document. Uitvoerend personeel is verantwoording schuldig aan de projectleider ten aanzien van de gestelde eisen bij het daadwerkelijk uitvoeren van de baggervolumebepaling.

Wat betreft kennis en ervaring geldt als eis dat het personeel van de partij die de metingen uitvoert voor een baggervolumebepaling minimaal beschikt over het volgende:

- kennis van het meetplan op basis van deze richtlijn, en
- een certificaat of accreditatie op grond van SIKB-protocol 2003 'Veldwerk bij milieuhygiënisch waterbodemonderzoek'.

Indien men niet in het bezit is van een 2003-certificaat/-accreditatie geldt als eis dat men beschikt over resp. voldoet aan:

- kennis van het meetplan op basis van deze richtlijn;
- een afgeronde MBO-opleiding of vergelijkbaar werk- en denkniveau voor civiele techniek, milieutechniek, cultuurtechniek, hydrografie of gelijkwaardige disciplines, en
- werkervaring van ten minste 100 werkdagen veldwerk voor het meten van baggervolumes, en
- jaarlijks minimaal 10 werkdagen veldwerk voor het meten van baggervolumes.

Uitvoerend personeel in opleiding hoeft niet aan de hierboven gestelde eisen met betrekking tot kennis en ervaring te voldoen, maar werkt *altijd* onder de verantwoordelijkheid van een medewerker die wel aan de gestelde eisen voldoet.

De opdrachtnemer be vraagt de opdrachtgever over de benodigde informatie en meldt in de rapportage als hij ondanks herhaaldelijke navraag toch informatie mist.



1.4 Geldigheidsduur baggervolumebepaling

De tijd dat een ergens uitgevoerde baggervolumebepaling representatief is, is afhankelijk van de specifieke situatie ter plekke. De belangrijkste factoren die een rol spelen bij representativiteit, zijn:

- de dynamiek en grootte van het oppervlaktewater dan wel watersysteem waarin de bepaling is uitgevoerd;
- bodemtype van het oppervlaktewater en omliggende gebied;
- het land- en bodemgebruik van het omliggende gebied.

Deze richtlijn houdt een algemene geldigheidsduur aan van 18 maanden na afloop van de uitgevoerde veldwerkzaamheden die dienen te leiden tot de uiteindelijke bepaling van het te baggeren volume. Mochten opdrachtgever of opdrachtnemer van deze geldigheidstermijn willen afwijken, dan moet hij dat onderbouwen aan de hand van bovenstaande factoren.

Opdrachtgever en opdrachtnemer van de baggervolumebepaling moeten overeenstemming hebben over deze afwijkende duur. Komt die er niet, dan is de in deze richtlijn gehanteerde gemiddelde geldigheidsduur van kracht.



1.5 Leeswijzer

In het vervolg van deze richtlijn beschrijven we eerst kort het proces voorafgaande, tijdens en na het bepalen van het baggervolume en de daarbij behorende aandachtspunten, waaronder een heldere definitie van het uit te voeren baggerwerk. Daarna beschrijven wij meer in detail de werkwijze bij het bepalen van baggervolume, van het afbakenen van het opstellen van het meetplan tot en met het uitvoeren van verificatiemetingen.

We gaan specifiek in op:

- het bepalen van het doel van de baggervolumebepaling;
- de afbakening van het onderzoeksgebied;
- de bepaling van het watertype;
- de bepaling van de te gebruiken meettechniek(en);
- de bepaling van de meetinspanning in geval van dwarsraaien;
- de bepaling van de meetinspanning bij rastermetingen;
- de bepaling van de methode voor de plaats- en hoogtemetingen;
- de bepaling van de meetmethode voor de sedimentlaag;
- het opstellen van het meetplan;
- het uitvoeren van veldwerk;
- het uitvoeren van de baggervolumeberekeningen;
- de rapportage en presentatie van resultaten;
- de data-aanlevering.

2. Doel en uitgangspunten baggervolumebepaling en te realiseren profiel

In dit hoofdstuk beschrijven we kort het gehele proces van baggervolumebepaling en de zaken die partijen daarbij in acht moeten nemen.

A. Bepaal het doel van het baggerwerk

Door: opdrachtgever baggervolumebepaling

Voordat er wordt gebaggerd, moet eerst duidelijk het doel van de baggerwerkzaamheden worden vastgesteld. Dit is van belang voor de bepaling van het feitelijke doel onder B.

Baggerwerkzaamheden kunnen *grosso modo* worden uitgevoerd om een van de volgende redenen (of een combinatie daarvan):

1. het waarborgen van de watervoerende functie van een watergang of waterpartij (hydrologische redenen);
2. het op diepte houden ten behoeve van de scheepvaart;
3. het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit, i.c. het behalen van KRW-doelen;
4. het verwijderen van bodemmateriaal tot een diepte waarop een bepaalde (chemische) kwaliteit van de bodem is bereikt.*

* Dit valt buiten de scope van deze richtlijn.

In de eerste twee gevallen gaat het om regelmatig terugkerend onderhoudswerk, ook wel onderhoudsbaggeren genoemd. Dit in tegenstelling tot 3. en 4., waarbij veelal sprake is van specifieke baggerwerkzaamheden om watergangen te verbreden, te verdiepen of te ontdoen van verontreinigd materiaal. Deze richtlijn heeft met name betrekking op het onderhoudsbaggeren.

Afhankelijk van het gekozen doel dient er een keuze te worden gemaakt voor het te realiseren profiel bij het baggeren. Kan bijvoorbeeld worden volstaan met het baggeren van het zogenoemde theoretisch profiel, ook als er dan nog slib blijft liggen of er een (klein) deel van de vaste bodem wordt meegenomen? Of moet alle slib worden verwijderd ('baggerschoon'), bijvoorbeeld omwille van kwaliteitsredenen? Op het te realiseren profiel gaan we onder B. dieper in.

B. Bepaal het te realiseren profiel van het baggerwerk

Door: opdrachtgever baggervolumebepaling

Afhankelijk van het doel van het baggerwerk dient de opdrachtgever vast te stellen wat het te realiseren profiel van het baggerwerk is. We onderscheiden daarbij:

- a. het vastgestelde theoretisch profiel;
- b. het vastgestelde theoretisch profiel, met als aanvullende eisen:
 - geen vaste bodem verwijderen;
 - 'baggerschoon' opleveren;
 - evt. andere eisen;
- c. het profiel dat overeenkomt met de overgang in bodemtypen, dichtheid of een ander criterium dat meetbaar is (gemaakt). Voorbeeld: de vaste bodem.



Indien mogelijk zou een opdrachtgever moeten kiezen voor optie a. Hieronder lichten we toe waarom.

Vaak geeft de opdrachtgever van een baggerwerk aan dat de ligging van de vaste bodem de onderkant vormt van de laag die verwijderd moet worden. Het te realiseren profiel is dan de vaste bodem (c). Echter: op dit ogenblik bestaat er geen breed gedragen objectief criterium om te bepalen waar de vaste bodem begint. Zeker bij een onduidelijke overgang tussen slib en vaste bodem of een grillige ligging van de vaste bodem is de vaste bodem zeer moeilijk te bepalen, ongeacht de gebruikte techniek. Dit blijkt uit het onderzoek Validatie Richtlijn Baggervolumebepalingen (SIKB, 2015).

Het theoretisch profiel is in veel grotere mate objectief vast te stellen door én met alle betrokken partijen. Bovendien loop je met een baggervolumebepaling gebaseerd op dit theoretische profiel minder risico dat er veel meer of minder bagger wordt verwijderd dan het vooraf bepaalde volume.

Wat zijn meetbare criteria?

Het gebruik van resultaatsbeschrijvingen voor baggerwerken als 'baggeren tot vaste (water)bodem' of 'slib verwijderen' vergroot het risico op subjectiviteit en daarmee op discussies over het baggervolume. Indien het om redenen niet mogelijk is uit te gaan van een vast theoretisch profiel als baggerresultaat, zal altijd gestreefd moeten worden naar een passend meetbaar criterium dat de onderkant van de te verwijderen laag aangeeft, om dit criterium vervolgens te gebruiken bij alle metingen. Denk aan een bepaalde tegendruk bij het gebruik van een peilstok of de overgang in dichtheid van de waterbodem.

De opdrachtgever of de opdrachtnemer kan in het meetplan (laten) opnemen wat als meetbaar criterium wordt aangenomen en hoe dit tijdens het meetproces wordt geborgd. Degene die het baggerwerk uitvoert kan bij het uitvoeren van controlepeilingen zijn metingen vervolgens spiegelen aan dit uitgangspunt.

Het meetbaar criterium wordt tijdens de peilwerkzaamheden omgezet in een hoogte. Bijvoorbeeld de hoogte waarop:

- een bepaald type peilstok een zekere weerstand x meet;
- sprake is van een bepaalde kleurovergang in de waterbodem;
- sprake is van een overgang in bodemtype/consistentie/dichtheid in de waterbodem;
- een akoestisch signaal met een bepaalde frequentie wordt teruggekaatst.



C. Bepaal eventuele randvoorwaarden van het baggerwerk

Door: opdrachtgever baggervolumebepaling

Indien wordt uitgegaan van het theoretisch profiel als te realiseren profiel, kan het voorkomen dat er vaste bodem wordt verwijderd, of dat er op plekken slib blijft liggen.

De opdrachtgever van een baggervolumebepaling kan geotechnische of juridische argumenten hebben om geen vaste bodem te willen verwijderen. Bijvoorbeeld het risico op opbarsting van de waterbodem, afkalvende oevers of instroom van zand. Indien dit zo is, worden deze argumenten door opdrachtgever toegelicht, in de opdrachtverlening opgenomen en in het meetplan geregistreerd.

Indien er argumenten zijn de vaste bodem niet te beroeren, stel dan – bij voorkeur samen met opdrachtgever – een zo objectief mogelijk criterium vast voor de vaste bodem. Gebruik bij het in- en uitpeilen ook dezelfde techniek voor het bepalen van de bovenkant van de sliblaag en de vaste bodem.

D. Maak afspraken met opdrachtnemer over aan te houden volumemarges bij afwijkende opdrachtformulering

Door: opdrachtgever en opdrachtnemer baggervolumebepaling

Er kunnen redenen zijn dat een opdrachtgever kiest voor 'de vaste bodem' en/of 'baggerschoon' als te realiseren profiel. Deze opdrachtformulering vergroot de kans dat het via een baggervolumebepaling gemeten aantal m³ bagger niet overeenkomt met het werkelijke door baggeraar verwijderde aantal m³. Zonder aanvullende afspraken geeft dit dus een groter risico op onenigheid. Opdrachtgevers en opdrachtnemers dienen dit goed te beseffen. Het vooraf maken van afspraken over aan te houden volumemarges kunnen dit mogelijk helpen oplossen. Deze marge is afhankelijk van de lokale situatie, maar zal lager zijn bij een duidelijke overgang tussen de te verwijderen laag en de onderliggende bodem en hoger bij een slecht vast te stellen overgang tussen bodemlagen.



E. Bepaal het te baggeren volume

Door: opdrachtgever en opdrachtnemer baggervolumebepaling (baggeraar bij uitvoeren van controlemetingen)

Bij de baggervolumebepaling en bij eventuele controlemetingen houden alle betrokken partijen in ieder geval het volgende in acht:

- De binnen één project gebruikte meettechnieken en uitvoermethoden bij het inpeilen, uitpeilen, het uitvoeren van controlemetingen en verificatiemetingen zijn telkens identiek. Hieronder is inbegrepen:

- de gebruikte meetmethode en -apparatuur;
- de uitvoeringswijze zoals de punt dichtheid, ligging en afstand van raaien e.d.;
- de posities van raaien. Deze zijn uitgezet, of worden via een positioneringssysteem gereproduceerd.

- De nauwkeurigheid van de metingen wordt geborgd, door:

- het vastleggen van welke referentiepunten worden gebruikt om positie en/of hoogte mee te controleren;
- het feit dat alle gebruikte apparatuur is geijkt en/of de meetresultaten worden op juistheid getoetst;
- het feit dat van de gebruikte apparatuur, meetmethodiek en de toetsen een registratie wordt bijgehouden.

- In de opdrachtverlening worden de termen 'vaste bodem' en 'baggerschoon' zo veel mogelijk vermeden, tenzij er redenen zijn deze wel te hanteren.



3. Voorbereiden van een baggervolumebepaling

In dit hoofdstuk beschrijven we – zo veel mogelijk in volgorde – de wijze waarop alle handelingen moeten worden uitgevoerd (en eventueel worden beschreven) voorafgaande en tijdens het feitelijk uitvoeren van de baggervolumebepaling.

3.1 Afbakenen van het onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied dient op een plattegrond en/of met een beschrijving te worden vastgesteld. In geval van opdrachtvorming dient dit in de offerte te worden vastgelegd.

3.2 Bepalen van watertype en vaststellen van meetpunten

Het type water waarin een baggervolumebepaling plaatsvindt, bepaalt het type metingen (en de daarbij behorende meetpunten) dat hiervoor moet worden uitgevoerd. De opdrachtgever dient daarom vooraf te bepalen om welk type water het gaat en hij zorgt ervoor dat het bijpassende type metingen wordt uitgevoerd.

We maken in deze richtlijn onderscheid tussen lintvormige wateren en niet-lintvormige wateren. Lintvormige wateren zijn wateren waarbij beide oevers grotendeels parallel lopen, en vaargeulen in plassen of meren (cf. NEN 5717). Niet-lintvormige wateren zijn wateren die niet als lintvormig kunnen worden aangemerkt.

In lintvormige wateren moeten metingen door middel van dwarsraaien worden uitgevoerd. De wijze waarop dit moet gebeuren, staat beschreven in paragraaf 3.3. In lintvormige wateren mogen ook rastermetingen worden uitgevoerd, zolang ten aanzien van de meetinspanning in de breedterichting van de watergang conform de eisen in tabel 1 wordt gewerkt.

In niet-lintvormige wateren moeten partijen zogenoemde rastermetingen uitvoeren. De wijze waarop dit moet gebeuren staat beschreven in paragraaf 3.4.

Als meer dan één watertype van toepassing is in het onderzoeksgebied, dient het onderzoeksgebied te worden opgedeeld in deelgebieden, zodat in elk deelgebied slechts één watertype van toepassing is.

3.3 Uitvoeren van metingen met dwarsraaien

3.3.1 Bepaal de afstand tussen de dwarsraaien

In het geval er wordt gemeten via dwarsraaien, moet eerst de afstand tussen de raaien worden bepaald. Dat hangt af van het doel van de baggervolumebepaling.

Indien opdrachtgever een indicatief overzicht wil verkrijgen van de toekomstige te verwijderen totale hoeveelheden baggerspecie, waarbij de resultaten niet gebruikt worden in een contract voor een baggerwerk, dan is de raaiafstand tussen de dwarsraaien 400 meter.

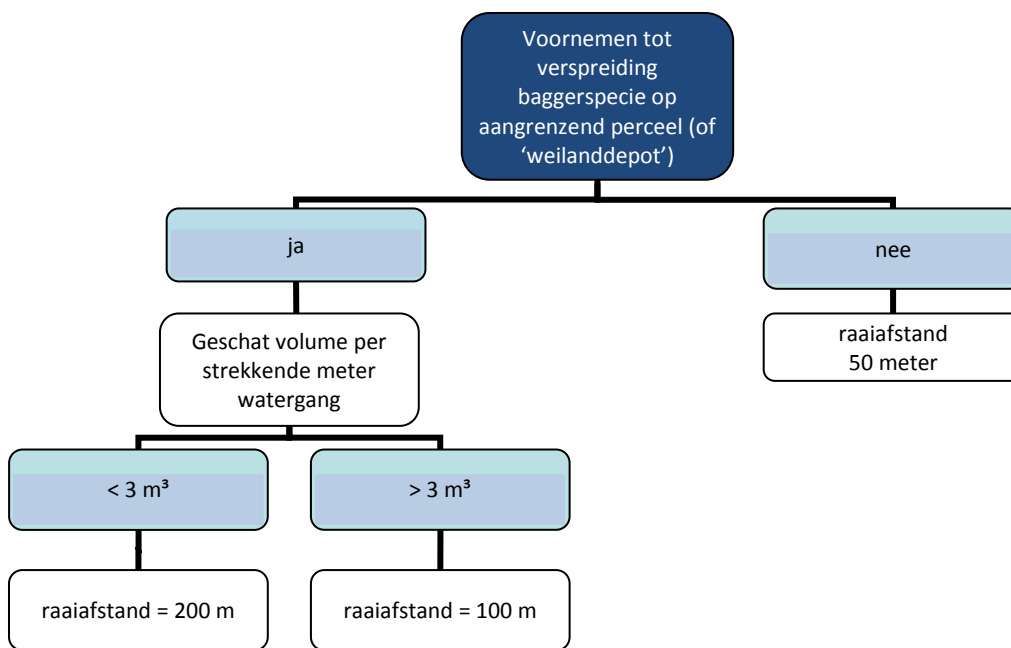
Metingen met een raaiafstand tussen de dwarsraaien van 400 meter zijn geschikt om in een relatief groot gebied (bijvoorbeeld een gehele polder) de 'totale baggeropgave' te bepalen. Metingen met deze intensiteit zijn niet geschikt om op lokaal niveau (bijvoorbeeld één watergang) het baggervolume te bepalen.



Indien de baggervolumebepaling gericht is op het uitvoeren van een specifiek baggerwerk, dan dient de raaiafstand tussen de dwarsraaien te worden bepaald aan de hand van onderstaande beslisboom.

Als er meer dan één mogelijkheid van toepassing is in het onderzoeksgebied, dient het onderzoeksgebied te worden opgedeeld in deelgebieden, zodat in elk deelgebied slechts één slagafstand of raaiafstand van toepassing is.

Figuur 1. Beslisboom



Toelichting bij beslisboom

Het belang van een betrouwbare baggervolumebepaling neemt toe naarmate de kosten per volume-eenheid baggerspecie hoger worden, bijvoorbeeld omdat de baggerspecie moet worden afgevoerd en/of bewerkt. Gezien dit belang is de beslisboom voor de raaiafstand opgesteld aan de hand van de bestemmingskeuze van de baggerspecie. De uiteindelijke bestemmingskeuze voor baggerspecie is onder meer afhankelijk van de kwaliteit en kwantiteit van de baggerspecie, de beschikbare ruimte op de oevers en de oeverstabiliteit.

3.3.2 Bepaal de afstand tussen de meetpunten in een dwarsraai

De afstand tussen de meetpunten in een dwarsraai wordt vastgesteld aan hand van de breedte van de watergang op de waterlijn, conform tabel 1.

Tabel 1. Bepaling afstand tussen meetpunten in dwarsraaien

Breedte watergang	Op taluds (onder waterpeil)	Tussen taluds (onder waterpeil)
<5 meter	0,5 meter	0,5 meter
5 tot 20 meter	1,0 meter	1,0 meter
>20 meter	1,0 meter	2,0 – 5,0 meter*

* Als er sprake is van een zeer breed water (ordegrootte 50 meter of breder) met een vlakke bodem, dan zijn tussenafstanden tot 5 meter mogelijk. In water breder dan 20 meter bedraagt de tussenafstand 10 procent van de breedte in meters.

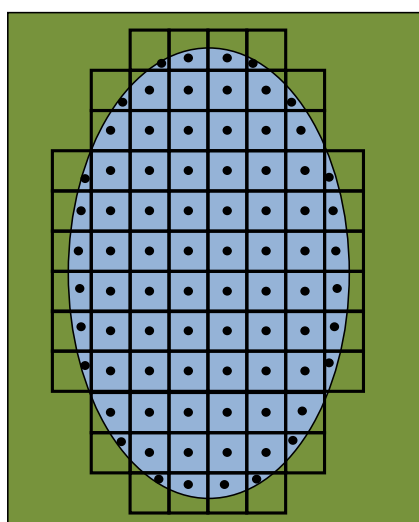
3.4 Uitvoeren van rastermetingen

Als er sprake is van niet-lijnvormige wateren, dan moeten er zogenoemde rastermetingen worden uitgevoerd. De intensiteit waarmee deze metingen moeten worden uitgevoerd, is afhankelijk van het doel van de baggervolumebepaling en van de dimensies van het te bemeten oppervlaktewater.

Indien de opdrachtgever een indicatief overzicht wil verkrijgen van de toekomstige te verwijderen totale hoeveelheden baggerspecie, waarbij de resultaten niet gebruikt worden in een contract voor een baggerwerk, is het niet mogelijk een generieke meetinspanning voor te schrijven, maar dient de opdrachtgever – eventueel samen met de opdrachtnemer – zelf een passende meetinspanning te bepalen.

In alle andere gevallen moet de intensiteit van de rastermetingen worden bepaald aan de hand van tabel 2. Tabel 2 geeft de te hanteren grootte van een rastervlak weer. In het midden van elk rastervak moet een meting plaatsvinden, tenzij dit inhoudt dat daarmee het meetpunt buiten het wateroppervlak ligt. Dan moet in het midden van het natte deel van het rastervlak worden gemeten.

Figuur 2. Schematische weergave van raster ten behoeve van rastermeting in niet-lijnvormig water



Tabel 2. Te hanteren rastergroottes bij niet-lijnvormige wateren

Maximale breedte/doorsnede watergang (m)	Rastervak (m)
< 25 meter	4 x 4 meter
25 - 100 meter	8 x 8 meter
>100 meter	16 x 16 meter

3.5 Bepalen van meettechniek(en)

De opdrachtgever, dan wel de opdrachtnemer in samenspraak met de opdrachtgever, dient een keuze te maken voor de toe te passen meettechniek voor het vaststellen van de bovenkant van de te baggeren laag en voor het bepalen van de onderkant van de baggeren laag c.q. de vaste bodem, conform meetbare criteria.

De selectie van meettechnieken kan plaatsvinden op basis van een groot aantal factoren, waaronder de gewenste bodeminformatie, gewenste detaillering en omgevingsfactoren, zoals de lengte van het onderzoeksgebied, de waterdiepte en waterbreedte, de aanwezigheid van vegetatie en het type bodem. In Bijlage 2 van deze richtlijn staat een overzicht van de werking en toepasbaarheid van veelgebruikte elektronische technieken.

3.5.1 Meettechniek bovenkant te baggeren laag

Als de bovenkant van de te baggeren laag handmatig wordt ingemeten, wordt gebruikgemaakt van een peilstok met geperforeerde voet. De peilstok wordt verticaal op de waterbodem gehouden. De druk die de peilstok op de waterbodem uitoefent, is 6,7 gram/cm² (plus of min 25 %). Daarbij gaat het om het bruto-oppervlak, dat wil zeggen: zonder rekening te houden met de perforatie.

In het geval van een peilstok die, inclusief benodigde (GPS-)apparatuur, direct boven de waterbodem een totaalgewicht heeft van 1,7 kg, komt dit overeen met een voetplaat van 254 cm² ofwel 15,9 bij 15,9 cm. Uit het eerdergenoemde validatieonderzoek (zie Hoofdstuk 9) is gebleken dat metingen met een dergelijke voet in hoge mate reproduceerbaar zijn, onafhankelijk van de gebruikte meetmethode zoals GPS-RTK of handmatig.

Indien betrokken partijen willen afwijken en een andere techniek willen gebruiken voor het bepalen van de bovenkant van de te baggeren laag, dan moeten zij hierover vooraf overeenstemming bereiken.

3.5.2 Meettechniek onderkant te baggeren laag c.q. de vaste bodem

Deze richtlijn schrijft geen meettechnieken voor waarmee de vaste bodem, of andere criteria voor de onderkant van de te baggeren laag moet worden gemeten. Daarvoor wijken de resultaten uit het uitgevoerde Validatieonderzoek van deze bepaling met uiteenlopende technieken te veel van elkaar af.

Wel schrijft de richtlijn voor dat partijen voor de diverse metingen die in het kader van één baggerwerk op dezelfde locatie worden uitgevoerd (bijvoorbeeld in- en uitmetingen), alle metingen volgens dezelfde meetstrategie, meetmethode en meettechniek uitvoeren. Verificatiemetingen moeten juist wel met een andere techniek worden uitgevoerd dan de initiële metingen, zie ook hoofdstuk 8. Daarnaast is het aan te bevelen de hoogteligging van de vaste bodem in te (laten) meten indien er risico's verbonden zijn aan het verwijderen van vaste bodem, dan wel het laten zitten van slib.



3.6 Bepalen van de onderkant van de te baggeren laag

Indien de baggervolumebepaling gericht is op het uitvoeren van een specifiek baggerwerk (dus geen indicatieve bepaling) wordt op elk vastgesteld meetpunt de bovenkant van de te baggeren laag, ook de overgang van de te baggeren laag naar vaste waterbodem vastgesteld.

Dit dient te gebeuren conform een vooraf gezamenlijk vastgesteld *meetbaar criterium*. Dit doet de opdrachtgever, dan wel de opdrachtnemer in samenspraak met de opdrachtgever. Dit meetbaar criterium kan bijvoorbeeld zijn een bepaalde drukweerstand. Van belang is dat de uitvoerende veldwerker de betrouwbaarheid van zijn meting kwalificeert, bijvoorbeeld als duidelijk, matig of slecht meetbaar.

Reproduceerbaarheid meting mede afhankelijk van type waterbodem

Uit het onderzoek Validatie Richtlijn Baggervolumebepalingen (SIKB, 2015; zie Hoofdstuk 9) blijkt dat het type waterbodem een belangrijke rol speelt bij een reproduceerbare bepaling van de onderkant van de te baggeren laag. Duidelijk waarneembare overgangen waarbij de ondergrond zand is, zijn goed reproduceerbaar. Voor (zachte) klei- en veenbodems is een reproduceerbare meting veel lastiger. Voor de mogelijk te gebruiken elektronische technieken verwijzen we naar Bijlage 2.

3.7 Bepalen van methode voor horizontale en verticale plaatsbepaling

Bij baggervolumebepalingen moeten de vastgestelde meetpunten in het horizontale vlak worden vastgelegd: de horizontale plaatsbepaling. Ook moet bij het bemeten van de bovenkant en de onderkant van de te baggeren laag de hoogte worden bepaald: de verticale plaatsbepaling, of hoogtebepaling.



De opdrachtgever moet vooraf de vereiste nauwkeurigheid voor de horizontale en verticale plaatsbepaling vaststellen. Op basis daarvan wordt een keuze gemaakt voor de te hanteren methode voor plaatsbepaling.

Met nauwkeurigheid wordt hier bedoeld de mate waarin een gemeten uitkomst overeenkomt met de werkelijke waarde. Nauwkeurigheid is het resultaat van systematische fouten en toevallige (stochastische) fouten. Voorbeelden van systematische fouten zijn de effecten van verkeerd gekozen stoklengtes en het effect van het scheef houden van een meetlat/baak tijdens het aflezen. Stochastische fouten worden vaak aangeduid met meetruis. Denk aan de meetruis in een RTK-positie, of in de aflezing van een meetband of baak. Onderstaande figuur legt het principe van nauwkeurigheid duidelijk uit.

Figuur 3. Nauwkeurigheid. Bron: nl.wikipedia.org/wiki/Nauwkeurigheid (geraadpleegd november 2016)



Indien de opdrachtgever geen nauwkeurigheidscriteria heeft bepaald, geldt voor horizontale plaatsbepaling een minimale nauwkeurigheid van 50 centimeter bij handmatige metingen en 15 centimeter bij een elektronische vorm van plaatsbepaling (zoals GPS-RTK) voor wat betreft de ligging van meetraaien. In de lengterichting van de raai is de minimale nauwkeurigheid 15 centimeter, ongeacht de gebruikte methode van plaatsbepaling. Voor verticale plaatsbepaling geldt een minimale nauwkeurigheid van 5 centimeter, waarbij aantoonbaar beheersmaatregelen worden genomen om systematische fouten te elimineren.

De opdrachtnemer van de baggervolumebepaling, geeft in het in te dienen meetplan (zie hoofdstuk 4) aan op welke wijze aangetoond wordt dat aan de criteria van nauwkeurigheid wordt voldaan. Daarbij worden ook specifieke projectgerelateerde risico's ten aanzien van de nauwkeurigheid benoemd en wordt aangegeven hoe het risico op fouten wordt verkleind. Voorbeelden van risico's zijn: verloop waterstand, tussentijdse verandering verloop oever, drift in een GPS-RTK-systeem en ongecontroleerde lengte meetbaken.

Alle posities zijn in meters. Ze worden uitgedrukt ten opzichte van RD en NAP. Horizontale bepaling vindt plaats in RD-coördinaten (volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting); hoogtes worden aangegeven ten opzichte van NAP, tenzij de opdrachtgever anders heeft bepaald en lokaal een eigen geodetische datum, referentie voor de horizontale coördinaten en/of de hoogte hanteert.

Risico's horizontale en verticale plaatsbepaling

In bijlage 3 van deze richtlijn wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste risico's bij horizontale en verticale plaatsbepaling, en de mogelijkheden om deze risico's te reduceren. Het advies is om in ieder geval uit te gaan van een of meerdere vooraf gekozen vaste referentiepunten die alle betrokken partijen hanteren bij alle uit een baggervolumebepaling voortvloeiende meetwerkzaamheden. Dus zowel bij inpeilen, uitpeilen, controlemetingen, onderzoekspeilingen, bestekspeilingen als bij verificatiemetingen.



4. Opstellen van een meetplan

Voorafgaand aan het uitvoeren van een feitelijke baggervolumebepaling, dienen eerst alle daarvoor benodigde gegevens te worden verzameld en uitgangspunten te worden vastgesteld. Deze zijn in hoofdstuk 3 behandeld. Deze gegevens en uitgangspunten dient de opdrachtnemer vast te leggen in een meetplan. Het veldwerk moet conform dit meetplan worden uitgevoerd.

De opdrachtnemer komt met een voorstel voor een meetplan en stemt dit, indien de opdrachtnemer aannames heeft gedaan op een van onderstaande onderdelen, af met de opdrachtgever.

Het meetplan bevat ten minste:

- het onderzoeksgebied, eventuele deelgebieden en een aanduiding van de te onderzoeken watergangen of watervakken (de meetlocaties), allemaal weergegeven op een kaart;
- het achterliggende doel van de baggervolumebepaling;
- het te baggeren watertype;
- een beschrijving van overige uitgangspunten voor het meetplan;
- een beschrijving van het uit te voeren type metingen inclusief te hanteren meetmethode(n), de te gebruiken apparatuur en hulpmiddelen;
- de afstand tussen de afzonderlijke meetpunten in het horizontale vlak;
- de toe te passen methode van horizontale en verticale plaatsbepaling, inclusief een inschatting van de kans op fouten en maatregelen om deze kans te verkleinen;
- een passage waaruit blijkt dat uitvoerende organisatie voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien van de nauwkeurigheid van horizontale en verticale plaatsbepaling, zie paragraaf 3.7;
- een argumentatie van de gekozen tussenafstand tussen de meetpunten;
- een beschrijving van de wijze waarop veldwerkers de resultaten van het veldwerk registreren.
- indien van toepassing: registratie van de argumenten om geen vaste bodem te beroeren.

In het meetplan dient ook een onderdeel 'Verificatie' te zijn opgenomen, zie hoofdstuk 6. In dit onderdeel staat minimaal aangegeven:

- de wijze van verifiëren: techniek, grootte, eenheid, waarde (criterium);
- de criteria op basis waarvan de conclusie van een verificatie wordt getrokken (komt overeen/komt niet overeen) en wat er gebeurt als de conclusie negatief is;
- een onderbouwing van de verificatiefrequentie in relatie tot bodemopbouw, tijdstip op de dag;
- de locatie van verificatiemetingen in het profiel en in de lengterichting.



5. Uitvoeren van veldwerk

Bij het uitvoeren van het veldwerk ten behoeve van een specifieke baggervolumebepaling, dient de opdrachtnemer de volgende uitgangspunten in acht te nemen:

- Het veldwerk dient conform het opgestelde meetplan te worden uitgevoerd.
- De opdrachtnemer stelt een mandaat op waarin is beschreven wat een veldwerker zelfstandig mag aanpassen als het veldwerk niet volgens het opgestelde meetplan kan worden uitgevoerd. Valt dit buiten het mandaat, dan dient veldwerker contact op te nemen met projectleider. Die beslist in samenspraak met de opdrachtgever over het vervolg.
- Bij aankomst in het onderzoeksgebied inspecteert de veldwerker, indien mogelijk, direct het onderzoeksgebied en hij gaat na of de uitgangspunten in het meetplan kloppen.
- Indien de uitgangspunten in het veld niet overeenkomen met die in het meetplan, en dit tot gevolg kan hebben dat moet worden afgeweken van het meetplan, neemt de uitvoerende veldmedewerker contact op met de projectleider. Deze beslist over het vervolg.
- Indien het bij het uitvoeren van het meetplan niet mogelijk is de metingen uit te voeren volgens het meetplan en de afwijkingen niet vallen binnen het mandaat, moet de uitvoerende veldmedewerker dit melden bij de projectleider en aangeven wat daarvan de reden is.
- Afwijken van het meetplan kan slechts na toestemming van de projectleider.
- Metingen van de onderkant van de te baggeren laag worden in dezelfde werkgang uitgevoerd, direct na het meten van de bovenkant op die plaats in het profiel.
- Indien de uitvoerende veldwerker twijfelt over meetresultaten, bijvoorbeeld bij het bepalen van de onderkant van de te baggeren laag, neemt hij direct contact op met de projectleider.
- Indien er sprake is van structurele afwijkingen tussen de gemeten waarden van de initiële baggervolumemetingen en de meetwaarden volgend uit verificatiemetingen, dient in overleg met de projectleider de oorzaak te worden achterhaald en indien nodig een andere meetmethode te worden gehanteerd. Reeds uitgevoerde metingen moeten in dat geval opnieuw worden uitgevoerd.
- Breedtemetingen worden loodrecht op de lengteas van de watergang uitgevoerd.
- De veldwerker controleert op, en rapporteert over onregelmatigheden die invloed kunnen hebben op de representatieve lengte van een dwarsraai, zoals variërende breedte, kunstwerken, etc.

Let op: als het uitvoeren van de metingen niet mogelijk is conform het opgestelde meetplan, dan moet de uitvoerende veldmedewerker dit melden bij de projectleiding en aangeven wat daarvan de reden is. De projectleider meldt dit direct aan opdrachtgever en bedenkt samen met opdrachtgever een voor beide partijen passende dan wel aanvaardbare oplossing.

Afwijkingen van het oorspronkelijke meetplan moeten worden verantwoord in de rapportage. Zie hiervoor hoofdstuk 8.



6. Uitvoeren van verificatiemetingen

Via verificatiemetingen wordt de ligging bepaald van een overgang tussen twee bodemtypen (bijvoorbeeld van sediment naar vaste waterbodem), dit ter controle van de resultaten van de uitgevoerde initiële metingen voor het bepalen van baggervolumes.

Het uitvoeren van verificatiemetingen is verplicht voor het controleren van handmatig of elektronisch uitgevoerde initiële metingen voor het bepalen van *de onderkant van de te baggeren laag*.

Het is aan te bevelen om verificatiemetingen uit te voeren voorafgaand aan de initiële metingen, zodat de veldwerker gevoel krijgt met de laagovergangen in de waterbodem.

Niet-lijnvormige wateren

Als de initiële metingen handmatige rastermetingen betreffen, wordt bij elke 40 primaire metingen minimaal één verificatiemeting uitgevoerd.



Lijnvormige wateren

Als de initiële metingen in lijnvormige wateren worden uitgevoerd met een elektronische meettechniek, moeten iedere 500 meter verificatiemetingen worden uitgevoerd.

Bij handmatig uitgevoerde initiële metingen in lijnvormige wateren, moet per drie profielen minimaal één verificatiemeting plaatsvinden. Opdrachtgever kan meer boringen eisen, indien er sprake is van een slechte overgang van slib naar vaste bodem, of omwille van de geotechnische kwetsbaarheid van het gebied, etc.

Bij verificatiemetingen, uitgevoerd met handmatige boringen, gelden de volgende eisen:

- De verificatiemetingen kunnen slechts worden toegepast voor het verifiëren van de onderkant van de te baggeren laag.
- De verificatiemetingen moeten worden uitgevoerd met behulp van multisampler, zuigerboor of beekersampler.
- Indien bij het uitvoeren van verificatiemetingen wordt afgeweken van het onderdeel 'Verificatie' in het meetplan, moet onderbouwd worden wat de reden van afwijken was.
- Een verificatiemeting in het horizontale vlak moet plaatsvinden binnen een straal van 20 centimeter van de te verifiëren initiële meting. In het meetplan moet bij het onderdeel 'Verificatie' zijn aangegeven hoe dat wordt geborgd.
- Het bepalen van de z-waarde van de onderkant van het monster dient te gebeuren als de monsterbus op de gewenste diepte is, en wel als volgt:
 - Bepaal de z-waarde van een gemarkeerd punt op het handvat van het bemonsteringstoestel (t.o.v. waterlijn is toegestaan indien die betrouwbaar is). Tip: markeer een vast niveau op de multisampler, bijv. één meter vanaf de punt.
 - Bepaal de z-waarde van de onderkant van de monsterhouder (= z-waarde onderkant monster).
 - Bepaal eventueel de z-waarde van de lagen erboven (hoe groter de afstand vanaf de onderkant van het monster, hoe lager de betrouwbaarheid van de berekende z-waarde).
- Het opgeboorde monster dient in of op een object te worden gelegd dat een glad oppervlak heeft, waardoor het monstermateriaal niet kan vermengen met het object of slecht zichtbaar is door het object.
- Leg het criterium (grondsoort, kleur, consistentie, etc.) vast, op basis waarvan het onderscheid in bodemlagen is gemaakt. Indien het meetbaar criterium 'overgang in bodemtypen op basis van kleurverschillen' betreft, moeten de kleuren van de verschillende monsterlagen worden vastgelegd met behulp van een kleurkaart van Munsell.
- Per verificatiemeting via handmatige boring dient een foto te worden gemaakt van het monster (zie foto boven). Met de foto wordt aangetoond dat de overgang van de bodemlagen op de juiste wijze (vanaf onderzijde monster) is bepaald. De foto moet hiervoor zijn voorzien van de volgende gegevens:
 1. identificatie, zodat duidelijk is bij welke initiële meting de verificatiemeting hoort;
 2. aanduiding van overgang(en) van de bodemlagen;
 3. meting van de afstand tussen onderkant monster en overgang(en) bodemlagen.
- Bij het vergelijken van de z-waarde van de verificatiemeting met die van de initiële meting moet een marge in acht worden genomen van maximaal 5 cm. Indien het verschil groter is dan 5 cm, moet dit gerelateerd kunnen worden aan het type overgang. Bijvoorbeeld: een slecht gedefinieerde kleurovergang. Of geen duidelijke overgang van zacht sediment naar vaste bodem. De gevonden afwijkingen geven een indicatie van de nauwkeurigheid van de uitkomsten van de handmatige metingen.



7. Berekening van baggervolumes

Op basis van de uitgevoerde metingen kan met behulp van berekeningen het baggervolume worden bepaald. De berekeningen worden bij voorkeur uitgevoerd met CAD-software, specialistische baggervolumesoftware of GIS-software. Hieronder gaan we in op de wijze waarop de volumeberekeningen moeten worden uitgevoerd.

Baggervolumeberekening lintvormige wateren / dwarsraaien

Bij lintvormige wateren, waarbij de metingen hebben plaatsgevonden met dwarsraaien, wordt per dwarsraai de oppervlakte tussen de bovenkant van de te baggeren laag (gemeten huidige waterbodemprofiel) en de onderkant van de te baggeren laag (het te realiseren profiel) berekend. Tussen de gemeten punten wordt lineaire interpolatie toegepast. Ook andere interpolatiemethoden kunnen worden toegepast, mits deugdelijk beargumenteerd.

Het resultaat is het te verwijderen volume baggerspecie per strekkende meter in het deel van de watergang waarvoor de betreffende dwarsraai representatief is. Dit volume per strekkende meter wordt vervolgens vermenigvuldigd met de lengte van het deel van de watergang waarvoor de dwarsraai representatief is. Dit resulteert in het volume baggerspecie in het deel van de watergang waarvoor de betreffende dwarsraai representatief is.

Baggervolumeberekeningen in niet-lintvormige wateren / rastermetingen

Bij niet-lintvormige wateren, waarbij de metingen hebben plaatsgevonden via rastermetingen, wordt per rastermeting de afstand tussen de bovenkant van de te baggeren laag (gemeten huidige waterbodemprofiel) en de onderkant van de te baggeren laag (het te realiseren profiel) op dezelfde locatie bepaald. Deze waarde wordt vermenigvuldigd met het oppervlak (in het horizontale vlak) van de watergang waarvoor de rastermeting representatief is. Het resultaat is het te verwijderen volume baggerspecie per deel van de watergang waarvoor de betreffende rastermeting representatief is.

Representatieve lengte / representatief oppervlak

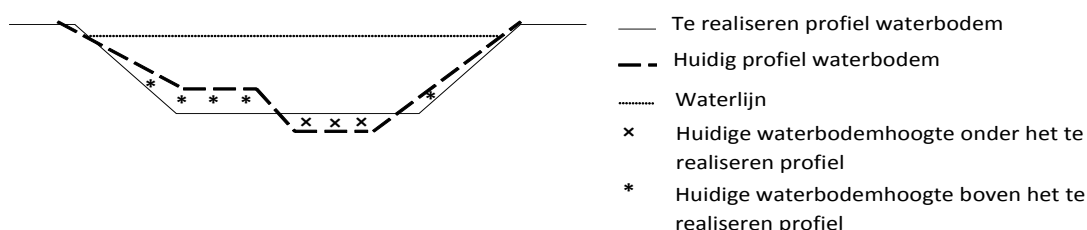
Bij het bepalen van de representatieve lengte of het representatief oppervlak van een dwarsraai of rastermeting dient rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van kunstwerken, veranderingen in de breedte van de watergang en andere onregelmatigheden.

Theoretisch profiel

Als in de berekening gebruik wordt gemaakt van een theoretisch profiel voor de onderkant van de te baggeren laag, wordt rekening gehouden met de invloed van afwijkingen tussen enerzijds de plaats- en hoogteaanduiding van dat theoretisch profiel en anderzijds de werkelijke (huidige) ligging van de watergang.

Baggervolumebepaling ten opzichte van het te realiseren profiel

Bij het berekenen van het totale baggervolume ten opzichte van het te realiseren profiel moet onderscheid worden gemaakt tussen afwijkingen in de hoogte van de bovenkant van de waterbodem **boven** én **onder** het te realiseren profiel, zie onder. Slechts de huidig gemeten waterbodemhoogte **boven** het te realiseren profiel wordt gebruikt voor de berekening van het totale baggervolume.



8. Rapportage & presentatie van resultaten en data-aanlevering

Op basis van de uitgevoerde baggervolumebepaling stelt de uitvoerende partij een rapportage op. In deze rapportage dienen ten minste de volgende aspecten aan de orde te komen:

- *Strategie en uitvoering*
De rapportage bevat een uiteenzetting van:
 - a. gebruikte normdocumenten;
 - b. eventuele afwijkingen van normdocumenten inclusief motivering;
 - c. het meetplan;
 - d. eventuele afwijkingen van het meetplan inclusief motivering;
 - e. datum uitvoering veldwerk;
 - f. de namen van bij de uitvoering betrokken(veld)medewerkers;
 - g. resultaten van de verificatiemetingen en beheersing van fouten in horizontale en verticale plaatsbepaling.
- *Resultaten*
Overzicht van de hoeveelheid baggerspecie, eventueel uitgesplitst naar door de opdrachtgever onderscheiden delen van het onderzoeksgebied.
- *Bijlagen*
De rapportage bevat ten minste de volgende bijlagen:
 - a. kaart(en) met: projectcode, onderzoeksgebied(en), locatie van de dwarsraaien in het horizontale vlak, schaal en noordpijl (minimale schaal 1:10.000);
 - b. dwarsprofielweergaven in kleur, met schaal aanduiding, nulpunt en richting, kentallen (baggervolume per meter, en representatieve lengte) en voorzien van een legenda. Daarin moeten het te realiseren profiel en de huidige gemeten waterbodemoogte zijn aangegeven;
 - c. boorbeschrijvingen en foto's van de verificatieboringen.



Hoogteaanduidingen worden weergegeven in meters ten opzichte van NAP, met twee decimalen achter de komma. Ingeval van dwarsraaien wordt aangegeven hoe de representatieve lengte is bepaald en geverifieerd. Baggervolumes worden weergegeven in m³ (kubieke meter), in gehele getallen.

De organisatie dient in de rapportage duidelijk te maken aan de opdrachtgever dat het berekende baggervolume voortvloeit uit de uitgangspunten van het meetplan en dat wijziging van die uitgangspunten een ander baggervolume zal opleveren. Alle onderzoeksresultaten dienen digitaal beschikbaar te zijn voor de opdrachtgever. De opdrachtgever dient aan te geven welke bestandformaten aangeleverd moeten worden. Zie onderstaande tabel voor een aantal mogelijke bestandformaten per type product.

Tabel 3. Mogelijke bestandformaten per type product.

Type product	Bestandsformaten
Dwarsraaien of rastermetingen	mdb, met, xls, xlsx, ascii, txt
Kaartmateriaal	dbf, sbn, sbx, shp, shx, dwg, dxf, pdf, jpg
Rapport (incl. alle bijlagen)	doc, docx, pdf, odf

9. Verantwoording

De voorliggende richtlijn is afgeleid van de volgende normen, publicaties en afspraken (voor zover verwezen wordt naar een website was de publicatie daar aldus geraadpleegd op 31-12-2016):

- Aquo-lex; te raadplegen op <http://www.aquo.nl/over-aquo/aquo-onderdelen/aquo-lex>. Begrippenlijst voor de watersector.
- Begrippenlijsten (glossaries) van Virtual Knowledge Centre - Hydraulic Engineering, TU Delft. Te raadplegen via www.kennisbank-waterbouw.nl.
- Inventarisatie meetmethoden voor het bepalen van baggervolumes, rapport 2006-07. STOWA, 2006 (ISBN 90.5773.326.9).
- Nauwkeurigheid; op: Wikipedia, de vrije encyclopedie; te raadplegen op [//nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Nauwkeurigheid&oldid=47974638](http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Nauwkeurigheid&oldid=47974638).
- NEN 5717:2009; Bodem - Waterbodem - Strategie voor het uitvoeren van vooronderzoek bij verkennend en nader onderzoek.
- Onderzoek Validatie Richtlijn Baggervolumebepalingen, SIKB, 2015. Zie <http://sikb.nl/bodembeheer/waterbodembeheer/baggervolumebepalingen/validatie-onderzoek>.
- SIKB BRL 2000, Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek, versie 5, d.d. 12-12-2013. Te gebruiken met Wijzigingsblad versie 3, d.d. 10-03-2016. Zie <http://www.sikb.nl/bodembeheer/richtlijnen/brl-2000>. (Voor certificatie en accreditatie.)
- Waterwet. Te raadplegen op <http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2017-01-01>.



Bijlage 1. Definities

In deze richtlijn gelden de volgende termen en definities. Deze termen en definities zijn overgenomen uit Aquo-lex en de NEN-normen, tenzij anders vermeld.

Baggerspecie, ook: te baggeren of gebaggerd materiaal	Materiaal dat uit oppervlaktewater ontgraven is, of zal worden. [eigen definitie] <i>Let op:</i> deze definitie is breder dan die in het Besluit bodemkwaliteit. Baggerspecie in de zin van deze richtlijn is het gehele volume aan materiaal dat wordt verwijderd ongeacht de samenstelling en eventueel aanwezige bodemvreemde materialen en objecten daarin. Vandaar dat het feitelijk gaat om te baggeren of gebaggerd materiaal.
Baggervolumebepaling	Het gehele proces van meten en berekenen dat leidt tot een kwantificering van het volume baggerspecie. [eigen definitie]
Dwarsraai	Raaimeting van de hoogte van de waterbodembodem haaks op de as van watergang. [begrippenlijst TU Delft]
Elektronische metingen	Metingen waarbij de overgang tussen de waterfase en de bodemfase, of tussen twee bodemtypen, met behulp van elektronische technieken wordt bepaald. [eigen definitie]
Handmatige metingen	Metingen waarbij de overgang tussen de waterfase en de bodemfase, of tussen twee bodemtypen, door middel van het menselijk onderscheidend vermogen wordt bepaald. [eigen definitie]
Hart-op-hart-afstand, ook: slagafstand of raaiafstand	De afstand tussen de middelpunten van twee dwarsraaien, over de as van de waterlijn. [eigen definitie]
Lintvormig water	Oppervlaktewater waarbij beide oevers grotendeels parallel lopen, en vaargeulen in plassen of meren. [NEN 5717]
Meetpunt	Locatie in het horizontale vlak waar een afzonderlijke plaats- en hoogtemeting verricht is of zal worden verricht. [eigen definitie]
Niet-lintvormig water	Oppervlaktewater dat niet als lintvormig kan worden aangemerkt. [NEN 5717]



Normprofiel	Denkbeeldige lijn in de dwarsdoorsnede van oppervlaktewater, waarmee de beleidsmatig vereiste (onderhouds-)toestand van het profiel van de waterbodem wordt aangegeven. [eigen definitie]
Onderzoeksgebied	Aanduiding van de oppervlaktewateren waar het onderzoek wordt verricht. [eigen definitie]
Opdrachtgever	De natuurlijke persoon of rechtspersoon, die opdracht geeft tot het uitvoeren van een baggervolumebepaling en/of baggerwerk. Meestal is dit een waterschap, Rijkswaterstaat of een gemeente. Maar soms kan het ook een baggerbedrijf of adviesbureau zijn. [eigen definitie]
Opdrachtnemer	Partij die in opdracht een baggervolumebepaling uitvoert, meestal een gespecialiseerd meetbureau. [eigen definitie]
Raaiafstand	Zie: 'hart-op-hart-afstand'.
Rastermeting	Meting waarbij de meetpunten in het horizontale vlak door middel van een gelijkmatig raster (de rasterlijnen) zijn verdeeld. [eigen definitie]
Rastervlak	Het gebied tussen de rasterlijnen van een rastermeting [eigen definitie].
Reproduceerbaarheid	De mate waarin een baggervolumebepaling bij een herhaalde baggervolumebepaling in hetzelfde water, hetzelfde resultaat oplevert.
Sediment	Niet-geconsolideerd deel van de vaste fase van de waterbodem.
Slagafstand	Zie: 'hart-op-hart-afstand'.
Talud	Het schuine vlak langs een watergang dat zich ook onder water kan voortzetten. <i>Opmerking:</i> De helling van een talud wordt aangegeven als de verhouding tussen hoogte en breedte (hoogte/breedte).
Te realiseren profiel	Denkbeeldige lijn in de dwarsdoorsnede van oppervlaktewater, waarmee wordt aangegeven wat het gewenste profiel van de waterbodem na uitvoering van het baggerwerk is. Ook wel: 'doel van het baggerwerk'. [eigen definitie]



Theoretisch profiel	Denkbeeldige lijn in de dwarsdoorsnede van oppervlaktewater, bijvoorbeeld gebaseerd op een normprofiel. [eigen definitie]
Vaste bodem	(Oorspronkelijke) waterbodem onder sediment. Baggerspecie kan afkomstig zijn uit de vaste bodem. [eigen definitie]
Verificatiemeting	Meting waarmee de ligging van een overgang tussen twee bodemtypen (bijvoorbeeld van sediment naar vaste waterbodem) wordt bepaald, ter controle van de initiële metingen om het baggervolume te bepalen. [eigen definitie]
Waterbodem	Bodem of oever van een oppervlaktewaterlichaam. [definitie Waterwet]



Bijlage 2. Gebruik van elektronische meettechnieken

Algemeen

In bepaalde situaties kunnen bij het meten van waterdieptes en baggervolumes elektronische technieken worden toegepast. Onder elektronische meettechnieken verstaan wij technieken die aan de hand van geluids- of elektromagnetische golven laagovergangen meten. Bijvoorbeeld van water naar de te baggeren laag, of van de te baggeren laag naar de vaste waterbodem.

Voorbeelden van deze technieken zijn:

- multibeam echolood (MBES)
- singlebeam echolood (SBES)
- onderwatergrondradar (uGPR)
- sub-bottom profiler (SBP)
- overig (sector scan sonar, Densitune, Densx, iCone, Graviprobe, SoniDens)

Veel van deze technieken waren van oorsprong alleen geschikt voor gebruik op dieper water en vanaf grotere vaartuigen. Door fysieke schaalverkleining van de apparatuur kunnen ze nu vaak ook worden toegepast vanaf kleine vaartuigen, zelfs op radiografisch bestuurbare bootjes. Wel blijft voor een deel van de technieken de beperking dat deze minder goed functioneren op ondiep water of op taluds. Ook vormen vaak de bevaarbaarheid en aanwezige waterplanten een belemmering om metingen elektronisch uit te voeren.

Uit het onderzoek Validatie Richtlijn Baggervolumebepalingen (SIKB, 2015) is gebleken dat bij een juiste werkwijze – het op de goede manier inzetten van hydrografische apparatuur en verwerking van de data – de resultaten van elektronische metingen niet onderdoen voor die van handmatige metingen. Dat geldt zeker voor de bepaling van bovenkant slib en waarschijnlijk ook voor de bepaling onderkant slib.

In praktisch alle gevallen is het criterium bij het gebruik van elektronische technieken een dichtheidsverschil. Dit uit zich als vastgestelde drukweerstand, een chemische overgang of een verschil in kleur.

De keuze voor handmatig dan wel elektronisch meten zal vooral worden bepaald door factoren als doelmatigheid, kosten, praktische toepasbaarheid en precieze werking (zie onder).

De werking van elektronische meettechnieken

Elektronische metingen zijn non-intrusief en worden in het algemeen vanaf een vaartuig uitgevoerd. Kenmerkend voor deze technieken is dat ze signalen uitzenden met een onderwatersensor. Ze ontvangen vervolgens de door laagscheidingen (water-slib of slib-bodem) gereflecteerde energie en gebruiken deze informatie voor het bepalen van dieptes.

De technieken onderscheiden zich onder andere door:

- de mate waarin de bovenkant van de te baggeren laag wordt bepaald (vlakdekkend versus profielen, nauwkeurigheid);
- de mate waarin de bovenkant van zeer zachte toplaag kan worden gedetecteerd;
- de mate waarin laagscheidingen worden gedetecteerd (penetrerende technieken versus oppervlaktetechnieken);
- de nauwkeurigheid en het oplossend vermogen (afhankelijkheid van de complexiteit en fysieke samenstelling van de bodem);



- de complexiteit van de apparatuur;
- de toepasbaarheid; denk aan de werking in ondiep water, op taluds, gevoeligheid voor verstoring meetresultaten door waterplanten en dergelijke.

De uiteenlopende kenmerken van de technieken zijn weergegeven in Bijlage 4.

De selectie van een techniek

De selectie van te gebruiken meettechnieken kan plaatsvinden op basis van:

a. Budget/efficiëntie

De eenheidstarieven van elektronische meettechnieken liggen in het algemeen hoger dan die van handmatige peilingen. Dit kan worden gecompenseerd door de hogere productie en efficiëntie van elektronische meettechnieken.

b. Omgevingsfactoren van het onderzoeksgebied, te weten:

b1. Waterdiepte

Voor de meeste technieken is een minimale of maximale waterdiepte onder de sensor nodig.

Tabel A : Indicatieve waarden voor minimale en maximale waterdieptes

Meettechniek	Minimaal	Maximaal
Multibeam echolood	1.5 m*	geen limiet
Singlebeam echolood		
- single frequency	0.75 m**	geen limiet
- dual frequency	0.75 m***	geen limiet
Sub-bottom profiler	1 m****	geen limiet
Onderwatergrondradar	1.5 m*****	8 m*****

* Bij (interferometrische) multibeams wordt het ondiepere water langs de rand vanaf een afstand wel ingepeild.

** Bij damwanden en beschoeiing kan in het algemeen tot aan de kant worden gepeild.

*** De metingen van laagscheidingen die dieper in de bodem liggen dan de waterdiepte, kunnen worden gemaskeerd door ongewenste reflectie van het wateroppervlak (multiples).

**** De beperking heeft vooral te maken met de geometrie van het meetvaartuig.

***** De meetsensor dient tot vlak boven het bodemoppervlak te worden gebracht. Dat bepaalt de praktische maximale diepte.

b2. Breedte van de watergang

Brede watergangen zijn in het algemeen goed bevaarbaar en kunnen daarom vaak efficiënt worden ingemeten met behulp van de elektronische technieken. Smalle watergangen zijn vaak moeilijk of niet bevaarbaar, waardoor inmeten met elektronische technieken minder efficiënt of zelfs onmogelijk wordt. Als een watergang goed bevaarbaar is, kan overwogen worden sonarbootjes in te zetten. Een vuistregel voor bij welke breedte handmatig dan wel elektronisch meten efficiënter wordt, is niet aan te geven. Dit is namelijk ook afhankelijk van andere factoren, zoals de te meten lengte, bevaarbaarheid of beschikbaarheid van satellietpositionering.



b3. Lengte van de watergang

Omdat bij sonarbootjes geen extra werk 'per raai' nodig is (namelijk het uitzetten van raaien), is het aannemelijk dat een lange watergang mogelijk efficiënter is in te meten met elektronische technieken.

Hier echter twee opmerkingen:

1. Of elektronisch meten echt efficiënter kan worden uitgevoerd, is situatieafhankelijk. Denk aan het aantal door de richtlijn voorgeschreven dwarsraaien voor die watergang versus de benodigde vaartijd van de sonarbootjes.
2. Bij elektronisch meten worden veel meer dieptewaarden vastgesteld dan bij handmatig meten. Immers er worden niet alleen dwars- maar ook langsvaaien gevaren. Dit betekent dat er een beter beeld kan worden gevormd van de variaties in de bodemligging en de volumebepaling mogelijk betrouwbaarder kan worden vastgesteld. (Betrouwbaarder wil hier zeggen dat er minder kans is dat het gemeten/uitgerekende volume afwijkt van het werkelijke volume.)

b4. Vegetatie

Met name sonartechnieken kunnen last hebben van onderwatervegetatie.

b5. Type bodemmateriaal

Bij elektronische metingen zijn de resultaten bij zachte materialen en 'langzame' dichtheidsovergangen minder betrouwbaar. Vooral bij de bepaling van de ligging van onderkant slib. Dit is vergelijkbaar met de situatie bij handmatige metingen. Daar staat tegenover dat bijvoorbeeld een techniek zoals de sub-bottom profiler of de onderwatergrondradar meer mogelijkheden biedt tot controle en objectivering van de resultaten dan bij handmatige metingen het geval kan zijn.

b6. Bereikbaarheid

In het algemeen kan op locaties waar handmatige peilingen kunnen worden uitgevoerd ook elektronische metingen worden uitgevoerd.

b7. Waterkant

De meeste elektronische technieken kunnen niet geheel meten tot de kant. De waterlijn wordt dan dus niet (exact) ingemeten. Dit is afhankelijk van de fysieke afmetingen van de apparatuur en de waterdiepte bij de kant.

c. Gewenste bodeminformatie en detaillering

In het algemeen zal met een elektronische techniek een grotere meetdichtheid gerealiseerd kunnen worden dan bij handmatige technieken haalbaar is. Ook het doel, bijvoorbeeld een verificatie van de diepte in het midden van een watergang, kan een bepalende factor zijn.

d. Betrouwbaarheid

Niet alle technieken kunnen onder alle omstandigheden betrouwbare data opleveren (GPS-ontvangst, geleidbaarheid van het water, e.d.).

Let op: om de juiste techniek te selecteren, de projecteisen op te stellen en de kwaliteitscontrole van het product te kunnen doen, is specialistische kennis nodig. In veel gevallen is het aan te raden om een combinatie van technieken te selecteren.



Nauwkeurigheidseisen aan metingen met elektronische technieken

De te realiseren nauwkeurigheid van elektronische metingen dient goed beschreven te zijn. De opdrachtgever specificeert deze eisen en beschrijft het gewenste product (profielen, DTM, volumes, e.d.).

De opdrachtnemer dient te beschrijven hoe de door de opdrachtgever vastgestelde nauwkeurigheid behaald gaat worden. Voorgesteld wordt om een benadering te volgen die door Rijkswaterstaat wordt gehanteerd en die is vastgelegd in 'Nederlandse Normen voor Hydrografische Opneming, 1^{ste} Editie, juli 2009'.

Hierin wordt de nadruk gelegd op procesbeschrijving en kwaliteitsborging:

- aantoonbare competentie en relevante kennis van de veldmedewerkers;
- verifieerbare a-priori-onnauwkeurigheidanalyse van het gehele meetsysteem (gebaseerd op de geometrie en de specificaties van de meetapparatuur);
- afspraken over verificatie van het meetsysteem, bijvoorbeeld:
 - controle van het plaatsbepalingsysteem op een referentiepunt;
 - steekproefsgewijs met handpeilingen;
 - meten van bekend object zoals een sluisdrempel;
- afspraken over op te leveren producten en rapportage;
- opstelling van lodingsplan/meetplan door de opdrachtnemer;
- registratie van de werkzaamheden in het veld en toegepaste parameters.

Let op: voor het controleren en beoordelen van de door de opdrachtnemer toegepaste borgingsprocedures is specialistische kennis nodig.



Bijlage 3. Risico's bij horizontale en verticale plaatsbepaling en hoe die te verkleinen

Deze bijlage geeft een overzicht van de belangrijkste risico's bij horizontale en verticale plaatsbepaling, en van de mogelijkheden om deze risico's te verkleinen. Bij plaatsbepaling kunnen systematische, technische of menselijke fouten worden gemaakt.

Voorbeelden van fouten bij verticale plaatsbepaling:

- onjuiste meting van het waterpeil;
- scheefstand peilstok;
- ruimtelijke en temporele verandering van de waterstand tijdens meting;
- verkeerde lengte stok/jalon/staf;
- systematische fouten in de hoogte van GPS-positionering: tijdelijke fouten in RTK-berekeningen, verkeerde GPS-modus toegepast;
- een fout in de omrekening van de posities van een satellietplaatsbepalingsysteem zoals GPS, naar posities in RD en hoogtes ten opzichte van NAP;
- onjuiste aflezing peilstok;
- onjuiste registratie van de aflezing.

Voorbeelden van fouten bij horizontale plaatsbepaling:

- onjuiste definitie oever / start profiel;
- onjuiste profielafstand/-ligging;
- systematische fouten in GPS-positionering;
- onjuiste omrekening GPS naar RD;
- scheefstand van de peilstok;
- onjuist resultaat GPS-meting;
- onjuist aflezen meetlint;
- onjuiste registratie.

Om het risico op bovengenoemde fouten te verkleinen, kunnen uitvoerende partijen in ieder geval de volgende maatregelen treffen:

- Indien een meetlint wordt gebruikt: het hanteren van een niet-uitrekbaar meetlint.
- Indien een peilstok wordt gebruikt: het hanteren van een peilstok met duidelijke afstands aanduidingen.
- Het regelmatig ijken van meetinstrumenten. Dat wil bijvoorbeeld zeggen: de lengte van meetstokken (letterlijk) controleren.
- Het controleren van posities verkregen uit een satellieplaatsbepalingsysteem tegen een onafhankelijk RD-referentiepunt. Deze referentie is dus niet met hetzelfde satellietplaatsbepalingsysteem ingemeten.
- Onderlinge controle tussen de veldwerkers: een aantal dezelfde punten door minimaal twee medewerkers onafhankelijk van elkaar laten meten.
- Het aantoonbaar omrekenen van posities van een satellietplaatsbepalingsysteem naar RD/NAP via de RDNAPTRANS™2008, of recentere parameters. Zie www.kadaster.nl.
- Stelselmatige controle van waterstand/GPS-hoogte t.o.v. een bekend punt. Dit betekent bijvoorbeeld dat een organisatie die een meting uitvoert in een werkgebied beschikt over controlepunten die telkens opnieuw worden gebruikt om op te ijken, of dat men gebruikmaakt van een externe ijkprocedure t.o.v. NAP-bouten bij waterpassing/handmetingen. Een ander voorbeeld is het gebruik van GPS-referentie-punten bij gebruik van GPS.
- Niet heen-en-weer meten.
- Niet meten met een hengel.
- Veldmedewerker watersysteembepalende eigenschappen laten noteren, zoals verklaarde peilverschillen (stuw, verstopte duiker).



Bijlage 4. Kenmerken elektronische meettechnieken

Tech- niek	Meetprincipe	Dieptes	Toepassing	Volumes	Product	Bijzonder- heden
Multibeam- echolood	Sonar (akoestisch). Een waaier van hoogfrequente pulssignalen wordt tijdens het varen uitgezonden, loodrecht op vaarrichting. De reflectietijd van de terugkerende signalen wordt verwerkt tot een vlakdekkend DTM (digitaal terreinmodel).	Vlakdekkend DTM (digitaal terreinmodel) van een watergang, morfologie van het waterbodempoppervlak (mogelijkheid tot controle van baggerproces).	Vlakdekkende peilingen van kant tot kant. Breedte van de ingemeten strook ca. 20 meter. Vaarsnelheid ca. 7 km/u.	Volumebepaling t.o.v. theoretisch 3D-leggermodel	Vlakdekkend DTM van watergang, morfologie van het waterbodempoppervlak: dieptekaarten en/of verschilkaarten. Volumes t.o.v. een leggermodel.	Mogelijkheid tot controle van baggerproces.
Singlebeam - single frequency	Sonar (akoestisch). Een enkele bundel van hoogfrequente pulssignalen wordt tijdens het varen uitgezonden. De reflectietijd van de terugkerende signalen wordt verwerkt tot diepteprofielen van de bovenkant van de te baggeren laag.	Dwars- of langsprofielen van het waterbodempoppervlak. Door interpolatie te verwerken tot dieptekaarten.	Meting van bovenzijde van te baggeren laag op raaien. Vaarsnelheid ca. 5 km/u.	Invoeren in WDB, of: directe volumebepaling t.o.v. theoretisch 2D- leggermodel, of: interpolatie tot pseudo-vlakdekkend DTM en volumebepaling t.o.v. theoretisch 3D-leggermodel.	Dwars- en lengteprofielen. Volumes t.o.v. een leggermodel en m.b.v. interpolatie.	
Singlebeam - dual frequency	Sonar (akoestisch). Simultaan met het hoogfrequente signaal wordt een laagfrequent pulssignaal uitgezonden. De reflectietijd van de terugkerende signalen wordt verwerkt tot diepteprofielen van de onderkant van de te baggeren laag.	Dwars- of langsprofielen van boven- en onderkant van sliblaag. Door interpolatie te verwerken tot dieptekaarten.	Meting van boven- en onderzijde van te baggeren laag op raaien. Vaarsnelheid ca. 5 km/u.	Volumebepaling via verschil van boven- en onderkant, en interpolatie.	Dwars- en lengteprofielen. Volumes uit verschil tussen boven- en onderkant, m.b.v. interpolatie.	Mogelijke onzekerheid over de reflectietijden van de onderkant van de te baggeren laag.
Sub- bottom profiler	Sonar (akoestisch). Een enkele bundel van pulssignalen wordt tijdens het varen uitgezonden. Het gehele gereflecteerde signaal wordt gebruikt om een interpreteerbaar dwarsprofiel van de bodem te verkrijgen.	Dwars- en langsprofielen van bovenkant sliblaag en interpreteerbare laag-scheidingen. Door interpolatie te verwerken tot dieptekaarten.	Meting van boven- en onderzijde van te baggeren laag op raaien. Visualisatie van gelaagdheid. Vaarsnelheid ca. 5 km/u.	Volumebepaling via verschil van boven- en onderkant, en interpolatie.	Dwars- en lengteprofielen. Volumes uit verschil tussen boven- en onderkant, m.b.v. interpolatie.	Mogelijkheid tot controle van de gelaagdheid.



Tech- niek	Meetprincipe	Dieptes	Toepassing	Volumes	Product	Bijzonder- heden
Onder- water- grondradar	Elektromagnetisch. Een breed elektromagnetisch pulssignaal wordt tijdens het varen uitgezonden. Het gehele gereflecteerde signaal wordt gebruikt om een interpreteerbaar dwarsprofiel van de bodem te verkrijgen.	Dwars- en langsprofielen van bovenkant van sliblaag en interpreteerbare laagscheidingen. Door interpolatie te verwerken tot dieptekaarten.	Meting van boven- en onderzijde van te baggeren laag op raaien. Visualisatie van gelaagdheid. Vaarsnelheid ca. 5 km/u.	Volumebepaling via verschil van boven- en onderkant, en interpolatie.	Dwars- en lengteprofielen. Volumes uit verschil tussen boven- en onderkant, m.b.v. interpolatie.	Mogelijkheid tot controle van de gelaagdheid. Gedetailleerder dan sub-bottom profiler. Niet geschikt in zeewater of brak water.

