



## **Handreiking Grootschalig monitoringsonderzoek dikte afdeklagen**

**Versie 1.0, 13 december 2018**

**SIKB-handreiking 8104**



## Colofon

### Status

Deze handreiking (versie 1.0) is op 13 december 2018 vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) te Gouda.

### Eigendomsrecht

Deze handreiking is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij SIKB, beheert deze handreiking inhoudelijk. De actuele versie van deze handreiking staat op de website van SIKB ([www.sikb.nl](http://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 / Accreditatiecollege Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontnemen.

### Vrijwaring

SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de gebruiker of derden ontstaat door het toepassen van dit document.

### © Copyright 2018 SIKB

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

### Bestelwijze

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

### Bronnen beeldmateriaal

SIKB.

### Updateservice

Door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembeheer vastgestelde mutaties in dit document zijn te verkrijgen bij SIKB. Via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt u via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) ook opgeven voor de gratis digitale nieuwsbrief.

### Helpdesk/gebruiksaanwijzing

Voor vragen over inhoud en toepassing van dit document kunt u terecht bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling via [www.SIKB.nl](http://www.SIKB.nl).

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	Doel en doelgroep van de handreiking	4
1.2	Aanleiding	4
1.3	Status en reikwijdte van de handreiking	5
1.4	Plaats ten opzichte van andere kaders	6
1.5	Meerwaarde van deze handreiking ten opzichte van huidige praktijk	7
1.6	Verklaring van gebruikte termen	7
1.7	Leeswijzer	8
<b>2</b>	<b>Procesbeschrijving grootschalige monitoring dikte afdekragen</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Bepalen kaders onderzoek en onderzoeksstrategie</b>	<b>12</b>
3.1	Inleiding	12
3.2	Formuleren aanleiding en doel van het onderzoek	12
3.3	Benodigde informatie voor het onderzoek	12
3.3.1	Inleiding	12
3.3.2	Eisen en randvoorwaarden van betrokken actoren	13
3.3.3	Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag	14
3.3.4	Overige gebiedskenmerken	16
3.3.5	Planningsaspecten	16
3.4	Formuleren onderzoeksstrategie	16
<b>4</b>	<b>Toetsing haalbaarheid onderzoekswensen aan beschikbare technieken</b>	<b>19</b>
4.1	Inleiding	19
4.2	Toepasbare meettechnieken	19
4.2.1	Inleiding	19
4.2.2	Lijn- of vlakdekkende metingen	19
4.2.3	Puntmetingen	20
4.3	Niet vermelde meettechnieken beoordelen op toepasbaarheid	21
4.4	Onderzoeksplan: combinatie van technieken	21
4.5	Pilot 23	
<b>5</b>	<b>Uitvragen onderzoek</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Beoordelen rapportage en besluitvorming</b>	<b>26</b>
6.1	Beoordelen rapportage	26
6.2	Besluitvorming op basis van de onderzoeksresultaten	27
<b>Bijlage 1</b>	<b>Technieksheets vlak/lijndekkende elektronische meettechnieken: toepasbaarheid voor afdekragen</b>	<b>28</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Doel en doelgroep van de handreiking

Het doel van deze handreiking is om overheden in de rol van gebiedsbeheerder en opdrachtgever te ondersteunen bij het efficiënt inrichten (uitbesteden en beoordelen) van grootschalig (monitorings)onderzoek van dikte van afdekklagen van stortplaatsen en slootdempingen. Aan dergelijke afdekklagen worden eisen gesteld aan de minimale dikte tot aan het stortmateriaal, om risico's als gevolg van blootstelling aan het stortmateriaal te voorkomen.

De handreiking geeft aanwijzingen voor de stappen die opdrachtgevers doorlopen bij het laten uitvoeren van onderzoek van de dikte van afdekklagen met gebruik van lijn- of vlakdekkende meettechnieken. Hiermee kan onderzoek op zowel gebieds- als perceelschaal uitgevoerd worden, en ook detailonderzoek op specifieke deelgebieden. Uiteraard heeft de schaal van het onderzoek wel consequenties voor de keuze van de onderzoeksstrategie.

De handreiking ondersteunt de opdrachtgever van het onderzoek bij het formuleren van de vraag, het formuleren van de gewenste onderzoeksstrategie, de (pre)selectie van geschikte (combinaties van) meettechnieken, het doen van de uitvraag, het beoordelen van offertes en het beoordelen en interpreteren van de resultaten van het onderzoek.

## 1.2 Aanleiding

De aanleiding voor het opstellen van deze handreiking is de wens om de monitoring die nodig is in het kader van de nazorgmaatregel 'risicobeheersing door middel van afdekklagen' bij voormalige slootdempingen en stortplaatsen efficiënt en reproduceerbaar uit te voeren.

In diverse gebieden in Nederland zijn in het verleden over grote oppervlakken vele kilometers aan sloten gedempt met divers materiaal. Meestal betreft het landelijk gebied. Door de slootdempingen zijn grotere, aaneengesloten landbouwpercelen ontstaan. Om (landbouwkundige) risico's als gevolg van het dempingsmateriaal uit te sluiten moet een leeflaag met een bepaalde minimale dikte aanwezig zijn. Vaak is een overheid voor het gehele gebied verantwoordelijk voor de monitoring (en in stand houden) van deze dikte.

Vanwege het grootschalige karakter van deze onderzoeksopgave is het lonend om hiervoor een vlakdekkende screeningstechniek in te zetten. Ook wordt met toepassing van screeningstechnieken door de grotere meetdichtheid een betrouwbaarder beeld in de (variaties in de) dikte van de dekklagen verkregen.

Vanuit technisch oogpunt zijn deze screeningstechnieken ook toepasbaar op een individuele locatie. Door de wat hogere kosten in de aanloop van het onderzoek en voor verwerking van de resultaten zal voor onderzoek op een individuele locatie het kostenvoordeel van de inzet van screeningstechnieken ten opzichte van traditionele meettechnieken (boren of prikstok) beperkt of afwezig zijn. Wel geldt ook voor toepassing van screeningstechnieken op een individuele locatie dat door de grotere meetdichtheid een betrouwbaarder beeld in de (variaties in de) dikte van de deklaag wordt verkregen.

Er nog weinig ervaring met de toepassing van lijn- of vlakdekkende meettechnieken bij de monitoring van de dikte van afdekklagen. Deze technieken hebben zich echter al wel bewezen voor andere toepassingen, en zijn ook voor deze toepassing geschikt. Om de kansen die deze technieken bieden voor de monitoring van afdekklagen te verzilveren, is deze handreiking voor opdrachtgevers opgesteld.

De behoefte tot gebiedsgericht onderzoek wordt versterkt door de komst van de Omgevingswet en het verdwijnen van de Wet bodembescherming. Na inwerkingtreding van de Omgevingswet zal de bodem (ook) juridisch gezien een integraal onderdeel uitmaken van de fysieke leefomgeving, en zal bodembeheer steeds meer integraal en gebiedsgericht afgewogen worden. Hiervoor is gebiedsdekkende informatie over de bodem (chemisch, fysisch, biologisch) essentieel.

### 1.3 Status en reikwijdte van de handreiking

#### *Status*

De handreiking is bedoeld als een handleiding voor overheden die, vanuit de rol van gebiedsbeheerder of bevoegd gezag, grootschalig onderzoek naar of monitoring van de dikte van afdekkingen van stortplaatsen en slootdempingen willen laten uitvoeren. Vaak geldt er een verplichting in het kader van de Wbb voor het monitoren van de dikte van de afdekking (nazorg). Ook kunnen partijen onderling afspraken hebben over de monitoring en het in stand houden van de afdekking.

Beide (nazorgverplichting en afspraken) kunnen in meer of minder hoog detailniveau zijn vastgelegd. Afhankelijk van het detailniveau en de precieze invulling daarvan laten deze verplichtingen wel of geen ruimte om het onderzoek in te richten conform deze handreiking. Deze handreiking heeft geen wettelijke status waarmee dergelijke verplichtingen ongedaan worden gemaakt. Wel kan aan de hand van deze handreiking met de betrokken partijen bekeken worden of het mogelijk is de gemaakte afspraken te wijzigen.

De uitvoering van het onderzoek is in deze handreiking niet op het niveau van uitvoeringsvoorschriften (protocol voor opdrachtnemers) uitgewerkt. De handreiking biedt wel handvatten om onderzoeksplannen te beoordelen, maar schrijft geen technieken of werkwijzen voor. De detaillering is niet dusdanig dat deze handreiking voor de uitvoering van het onderzoek als leidend aan de uitvoerders opgelegd kan worden.

#### *Reikwijdte*

De handreiking is gericht op het onderzoek naar de dikte van afdekkingen (leeflagen) van stortplaatsen en slootdempingen in landelijk gebied. Ook in stedelijk gebied kan sprake zijn van een leeflaag met nazorgverplichting. Onderzoek in het stedelijk gebied valt buiten de scope van deze handreiking, omdat onderzoek in stedelijk gebied vraagt om een andere inzet van meettechnieken en/of interpretatie.

De handreiking biedt handvatten voor éénmalige opname en voor het volgen van de dikte van de afdekking in de tijd (monitoring).

De monitoring van de dikte van afdekkingen is meestal een onderdeel van het (gebiedsgericht) beheer van stortplaatsen. De eventuele risico's van het stortmateriaal worden, naast de dikte van de afdekking, ook beïnvloed door andere factoren, zoals de aard van het stortmateriaal, de biologische activiteit op de grotere diepte (diepwortelende planten of diep gravende dieren) en de hydrologische situatie (kan verontreinigd grondwater opkwellen of uitspoelen?). Daarnaast kan het bijvoorbeeld nodig zijn de horizontale begrenzing van het stortmateriaal te bepalen.

Deze handreiking biedt geen handvatten voor het onderzoek van andere aspecten dan de dikte van de afdekking. Wel wordt aandacht besteed aan de mogelijkheid het onderzoek van deze aspecten te combineren is met het onderzoek van de dikte van de afdekking.



## 1.4 Plaats ten opzichte van andere kaders

Onderstaande documenten zijn relevant voor de uitvoering van onderzoek naar afdekkingen van dempingen/stortplaatsen:

**Tabel 1.1** Relevante documenten en hun relatie met deze handreiking

Document	Omschrijving	Relatie met deze handreiking
BRL SIKB 2000 'Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek' en het bijbehorende protocol 2001 'Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen'.	Deze BRL en dit protocol beschrijven het zetten van handboringen en het maken van boorbeschrijvingen, die in deze handreiking worden genoemd als verificatiemetingen.	De opdrachtgever kan wat betreft de verificatiemetingen verwijzen naar dit protocol.
BRL SIKB 6900 'Inspectie werk met IBC-bouwstof' en het bijbehorende protocol 6902 'Controle staat van het IBC-werk'.	Deze BRL en dit protocol beschrijven een methode voor (visuele) inspectie van afdekkingen.	In deze documenten staan enerzijds aanvullende aspecten die van belang kunnen zijn bij de monitoring van afdekkingen (naast de dikte, die in deze handreiking behandeld wordt). Daarnaast worden voorbeelden gegeven van besliscriteria voor de dikte van de afdekking. De voorliggende handreiking kan gebruikt worden als aanvulling op het genoemde protocol, specifiek voor het meten van de dikte van afdekkingen.
NTA 5755, Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek – Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging.	In deze NTA wordt het principe van een in deze handreiking gebruikt Conceptual Site Model (CSM) en de wijze van gebruik van een CSM in een onderzoekstraject beschreven.	De NTA kan dus gebruikt worden als naslagwerk als het gaat om het werken met een CSM.

### Relatie met erkenningsregeling

Indien de resultaten van het onderzoek gebruikt worden in het kader van overheidsbesluitvorming, dienen opdrachtgevers voor de toepassing van de beschreven onderzoeksstrategieën gebruik te maken van erkende bodemintermediairs.

Deze handreiking beschrijft de mogelijkheden voor inzet van diverse elektronische meettechnieken bij monitoring van de dikte van afdekkingen. Het is momenteel niet mogelijk om de elektronische meettechnieken die deze handreiking aanreikt onder certificaat uit te voeren. Daarom geldt voor het gebruik van deze meettechnieken geen erkenningsplicht. Het is toegestaan om deze meettechnieken zonder erkenning toe te passen bij bodemonderzoeken. Bevoegde gezagen mogen hun besluiten baseren op onderzoeken waarin (mede) gebruik gemaakt is van metingen met deze elektronische meettechnieken.

## 1.5 Meerwaarde van deze handreiking ten opzichte van huidige praktijk

De huidige praktijk bij het bepalen van de dikte van een afdeklaag bestaat meestal uit prikken met een stok (het voelen van de overgang naar 'harder' stortmateriaal) en/of het doen van handboringen (opgeboord materiaal visueel beoordelen). Dit kan effectief zijn voor kleine locaties, maar is arbeidsintensief als vele dempingen in een groot gebied gemonitord moeten worden of een grote locatie moet worden onderzocht. Dit is het geval in veel gebieden in Nederland, bijvoorbeeld veenweidegebieden. Bovendien is de methode van prikken in veel gevallen weinig betrouwbaar, omdat de overgang van deklaag naar stort- of dempingsmateriaal daarmee niet altijd waarneembaar is.

Deze handreiking biedt opdrachtgevers handvatten om, samen met bevoegd gezag en uitvoerders, goed onderbouwd en gedocumenteerd te komen tot een alternatieve onderzoeksopzet waarin ook de mogelijkheden van lijn- of vlakdekkende elektronische meettechnieken worden benut. Deze handreiking beschrijft welke technieken geschikt zijn, maar biedt ook ruimte voor bedrijven om alternatieve (vlakdekkende) technieken voor te stellen, en daarmee voor maatwerk en nieuwe technologische ontwikkelingen.

In de praktijk zal vaak een optimale mix gezocht moeten worden tussen lijn- of vlakdekkende metingen en (veelal handmatig uitgevoerde) puntmetingen zoals de handboring. Deze laatste is met name van belang om de interpretatie van de elektronische metingen te verifiëren. Met optimaal wordt bedoeld:

- maximale zekerheid en/of betrouwbaarheid en/of vlakdekkendheid;
- tegen minimale kosten en/of tijd;
- waarbij de metingen makkelijk herhaalbaar zijn (monitoring), ook door een andere persoon of ander bedrijf.

## 1.6 Verklaring van gebruikte termen

Tabel 1.2 Verklaring gebruikte termen

Term	Omschrijving
Beslisriteria	Praktische uitwerking van het <i>toetsingskader</i> , uitgewerkt in een <i>onderzoeks- of monitoringsplan</i> . Toegespit op de toe te passen meettechniek(en) en het meetprotocol. In het geval van afdekklagen zijn bijvoorbeeld in SIKB protocol 6902 aanwijzingen voor beslisriteria opgenomen.
Betrouwbaarheid	De mate waarin de onderzoeksresultaten correct en representatief zijn voor het gebied waarop de resultaten betrekking hebben. De betrouwbaarheid wordt bepaald door de <i>meetnauwkeurigheid</i> , de <i>verificatie</i> van het meetresultaat, de <i>meetdichtheid</i> en de <i>heterogeniteit</i> van de te meten parameter binnen het onderzoeksgebied.
Conceptual Site Model (CSM)	Denkmodel dat een beschrijving en/of visualisatie van het te onderzoeken fenomeen geeft, in relatie tot het bodemsysteem en het bodemgebruik. Het conceptuele model kan dienen als raamwerk voor het opzetten van onderzoeksactiviteiten en het identificeren van kennisleemtes. <i>Vrij naar: Handreiking voor het opstellen van een conceptueel model, Visualiseer de verontreiniging, SKB-project PT8444.</i>
Demping	Het in een gedempte watergang aangebrachte dempingsmateriaal. In het geval dat de demping is uitgevoerd met bodemvreemd materiaal ook wel genoemd: <i>stortlichaam</i> .
Elektronische meettechniek	Onderzoekstechniek waarmee relatief snel een (gids)parameter van de ondergrond kan worden gemeten. Deze metingen zijn relatief snel achter elkaar op meerdere plaatsen in een gebied te meten. Hierdoor kan met een dergelijke techniek relatief snel een gebied in kaart worden gebracht.

Term	Omschrijving
Gidsparameter	Parameter van een bodemeigenschap, niet zijnde de dikte van de afdeklaag zelf, die kan wijzen op een dunnere afdeklaag. Met directe <i>verificatiemetingen</i> van de dikte zelf kan vervolgens op verdachte plekken gecontroleerd worden of de afdeklaag inderdaad te dun is.
Heterogeniteit	De mate waarin de te meten ( <i>gids</i> )parameter varieert binnen het te onderzoeken gebied.
Meetdichtheid	Aantal meetpunten per ruimtelijke eenheid (bv. aantal raaien per meter <i>slootdemping</i> ).
Meetnauwkeurigheid	De mate van overeenstemming van een gemeten waarde met zijn daadwerkelijke (ware) waarde. Hoe groter de nauwkeurigheid hoe kleiner de meetfout. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen juistheid en precisie. Als een resultaat zowel juist als precies is, wordt dit geldig of valide genoemd.
Monitoringsplan	<i>Onderzoeksplan</i> met hieraan toegevoegd een meetfrequentie.
Onderzoeksplan	Het geheel aan onderzoekstechnieken, plaats, locatie en aard van inzet (inclusief de wijze waarop ze elkaar aanvullen) en wijze van interpreteren om antwoord te kunnen geven op een <i>onderzoeksvraag</i> .
Onderzoeksstrategie	Strategische keuzes m.b.t. het uit te voeren onderzoek, op basis van de verwachte <i>heterogeniteit</i> van het te meten kenmerk (en, indien van toepassing, variatie in de tijd) en de gewenste <i>betrouwbaarheid</i> . Deze keuzes hebben invloed op het <i>onderzoeksplan</i> .
Onderzoeksvraag	De inhoudelijke vraag die met het onderzoek beantwoord moet worden. De onderzoeksvraag volgt uit de aanleiding en het doel van het onderzoek in combinatie met het <i>CSM</i> .
Stortlichaam	Bodemvreemd materiaal in de bodem, daar aangebracht om zich ervan te ontdoen (afval; stortplaats) en/of om een watergang te dempen (ook wel genoemd: <i>demping</i> )
Toetsingskader	Kader om de onderzoeksresultaten te toetsen en er conclusies aan te verbinden zodat op basis daarvan een beslissing ten aanzien van het vervolg (zoals wijziging van de afdeklaag) genomen kan worden. Wettelijk kader of bij besluit voor een specifieke situatie vastgelegd. Kan in een <i>monitoringsplan</i> uitgewerkt worden tot praktische <i>besliscriteria</i> .
Verificatiemeting	Meting met andere techniek om meetresultaat te kunnen toetsen op waarde of, in het geval van een gidsparameter, te kunnen relateren aan een andere eenheid.

## 1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 schetst het proces dat de opdrachtgever doorloopt bij het onderzoek naar de dikte van afdeklaagen, van aanleiding en kader tot acties die voortvloeien uit de onderzoeksresultaten. Dit hoofdstuk geeft aan hoe de verschillende stappen in het proces elkaar wederzijds beïnvloeden. Hoofdstuk 3 geeft opdrachtgevers aanwijzingen voor het verzamelen van relevante informatie en het bepalen van de onderzoeksstrategie.

Hoofdstuk 4 gaat in op beschikbare technieken, zodat de opdrachtgever na kan gaan of er voldoende aansluiting is tussen de technieken en de strategie. Op basis daarvan kan de opdrachtgever de strategie zo nodig bijstellen. Ook worden voorbeelden van onderzoeksplannen gegeven. Hoofdstuk 5 geeft aanwijzingen voor het opstellen van een uitvraag (ook offerteaanvraag genoemd) voor de daadwerkelijke uitvoering van het onderzoek, inclusief te stellen eisen aan offertes en onderzoeksresultaten.

Hoofdstuk 6 gaat in op de eisen aan de rapportage en besluitvorming naar aanleiding van de onderzoeksresultaten.



## 2 Procesbeschrijving grootschalige monitoring dikte afdeklaag

Dit hoofdstuk beschrijft het proces van grootschalig onderzoek naar de dikte van afdeklaag van slootdempingen of stortplaatsen (verder genoemd: stortplaatsen), van de aanleiding voor het onderzoek tot het nemen van maatregelen op basis van de uitkomsten van het onderzoek.

Figuur 2.1 geeft het proces schematisch weer, en geeft aan op welke plek in deze handreiking de aanwijzingen voor de uitvoering van de diverse processtappen zijn te vinden. Hierin zijn de verschillende processtappen die de opdrachtgever doorloopt beschreven, inclusief de rol van de verschillende actoren daarin. De eerste twee processtappen betreffen de aanleiding / het grotere verhaal: het gebiedsbeheer en wie daar op welke manier bij betrokken is, bijvoorbeeld provincies en gemeenten. Anderzijds zijn er gebruikers van gebieden die invloed hebben op en mogelijk overlast ondervinden van de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem. Vaak zal het meten van de dikte van de deklaag onderdeel zijn van een groter geheel, het gebiedsgericht beheer van stortplaatsen. Binnen dit beheer is/wordt een eis geformuleerd aan de dikte van de afdeklaag. Het toetsingskader – dat wil zeggen, de set criteria waaraan de dikte van een afdeklaag moeten voldoen – wordt vastgelegd in een beschikking van het bevoegd gezag.

Deze eerste twee stappen zijn niet uitgewerkt in deze handreiking, maar hebben wel invloed op de invulling van het onderzoek. Zij worden meegenomen als input in de eerste processtap die wel in deze handreiking is opgenomen, namelijk het bepalen van de onderzoeksstrategie op basis van alle relevante informatie (processtap 3.1). Op basis van het onderzoeksdoel, de organisatorische en de technische randvoorwaarden en een Conceptual Site Model wordt een onderzoeksstrategie geformuleerd.

Voordat deze onderzoeksstrategie wordt opgenomen in de uitvraag, kan de opdrachtgever in processtap 3.2 toetsen in hoeverre zijn wensen realistisch zijn en welke technieken beschikbaar zijn om de vraag te beantwoorden. Er wordt beschreven welke technieken in aanmerking komen voor het onderzoek naar de dikte van afdeklaag, welke eigenschappen en welke voor- en nadelen de verschillende technieken hebben.

Als blijkt dat de gekozen onderzoeksstrategie niet realistisch is, wordt stap 3.1 (deels) opnieuw doorlopen. Het formuleren van de onderzoeksstrategie kan hiermee een iteratief proces zijn (d.w.z. aangepast aan voortschrijdend inzicht op basis van de uitkomsten van voorgaande stappen).

De onderzoeksresultaten kunnen gevolgen hebben voor de eigenaren of gebruikers van de onderzoekslocaties. Communicatie vooraf over de voorgenomen onderzoeksstrategie kan bijdragen aan draagvlak voor de uitkomsten van het onderzoek.

Na het (iteratief) doorlopen van stap 3 heeft de opdrachtgever een realistische onderzoeksstrategie waarmee hij een uitvraag voor het onderzoek kan doen.

De informatie die in kaart is gebracht bij het doorlopen van de processtappen 3.1 en 3.2 vormt de basis voor het opstellen van de uitvraag voor het onderzoek (processtap 4). De handreiking geeft de opdrachtgever handvatten voor het doen van de uitvraag voor twee verschillende onderdelen van het proces:

- het opstellen van een onderzoeks- of monitoringsplan inclusief besliscriteria. De besliscriteria moeten in lijn zijn met het in de stappen 1 en 2 vastgestelde toetsingskader en toegespitst zijn op de gebruikte techniek(en);
- het uitvoeren van het onderzoeksplan, inclusief interpretatie en rapportage.

Uiteraard kan de opdrachtgever ook voor andere onderdelen van het proces externe hulp inschakelen, bijvoorbeeld voor het opstellen van het Conceptual Site Model en het doen van de uitvraag. Voor de uitvraag hiervan zijn geen handvatten gegeven.

Het goed doorlopen van de stappen 1 t/m 4 stelt de opdrachtgever in staat om de uitvoering van het onderzoek (processtap 5) adequaat aan te sturen. De handreiking bevat daarom verder geen specifieke aanwijzingen voor processtap 5.

Na de uitvoering van het onderzoek vindt besluitvorming plaats (stap 6). De opdrachtgever formuleert indien nodig, en mogelijk in samenwerking met andere betrokken partijen, maatregelen en zet deze in gang (stap 7). Evenals als de aanleiding (stappen 1 en 2) zijn deze stappen van belang voor de inrichting van het onderzoek. Daarom zijn de beoogde besluitvorming en mogelijke vervolgacties ook betrokken in de aanwijzingen voor processtap 3.1.

Figuur 2.1. Processchema monitoring afdekkingen

	Plaats in deze handreiking	Rol gebiedsbeheerder/ opdrachtgever	Rol onderzoeksbureau	Rol overheid / bevoegd gezag	Rol eigenaren locaties met afdekkingen
1. Beheren van een gebied met afdekkingen		Uitvoeren beheer, nakomen afspraken met overige actoren		Eisen stellen aan beheer (bv. in Wbb-beschikking)	Mede-uitvoeren van het beheer via contracten en verplichting aanvullen afdekkingen
2. Verplichting tot monitoren dikte afdekkingen, voortkomend uit afspraken m.b.t. beheer en/of Wbb-beschikkingen		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voldoen aan monitoringsverplichting</li> <li>• Vaststellen toetsingskader, incl. verantwoordelijkheden andere actoren</li> </ul>		Toezicht en handhaving	
3.1. Opstellen onderzoeksstrategie: O.b.v. van alle relevante informatie bepalen (voorlopige) onderzoeksstrategie	Hoofdstuk 3	Bepalen voorlopige onderzoeksstrategie, evt. afstemmen met overige actoren	Evt. meedenken in of opstellen van onderzoeksstrategie	Meedenken onderzoeksstrategie	Meegeven eisen / randvoorwaarden onderzoek
3.2. Opstellen onderzoeksstrategie: 'Reality check' onderzoeksstrategie aan de hand van toepasbare technieken	Hoofdstuk 4	Toetsen of gekozen onderzoeksstrategie haalbaar is bij gegeven randvoorwaarden en uitgangspunten	Evt. meedenken of uitvoeren		Instemmen met onderzoeksstrategie
4. Uitbesteden bodemonderzoek	Hoofdstuk 5	Uit (laten) voeren: <ul style="list-style-type: none"> <li>- opstellen uitvraag</li> <li>- opstellen onderzoeks-/monitoringsplan</li> <li>- opdrachtverlening</li> </ul>	Opstellen offerte (evt. inclusief onderzoeksplan)	Meedenken met en goedkeuren van monitorings- of onderzoeksplan	
5. Uitvoeren bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	Uit (laten) voeren: <ul style="list-style-type: none"> <li>- begeleiding onderzoek</li> <li>- interpretatie resultaten</li> </ul> Beoordelen rapportage	Uitvoeren: <ul style="list-style-type: none"> <li>- uitvoeren onderzoek</li> <li>- rapportage/interpretatie</li> </ul>	Beoordelen rapportage	Toestemming betreding terrein
6. Besluitvorming n.a.v. het bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	Nemen beslissing op basis van de onderzoeksresultaten over uitvoering maatregelen volgens nazorgplan. Eventueel voorstel aan bevoegd gezag over aanpassen monitoring	Evt. advies over vervolgmaatregelen in rapportage	Beoordelen rapportage Eventueel besluit over aanpassing monitoring	
7. Maatregelen n.a.v. het bodemonderzoek		(Laten) uitvoeren acties die volgen uit besluit	Eventueel uitvoeren vervolgonderzoek	Toezicht op uitvoering acties	(Toestemming voor) uitvoeren acties

= onderdeel van deze richtlijn

## 3 Bepalen kaders onderzoek en onderzoeksstrategie

### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk biedt handvatten voor het verzamelen van alle relevante informatie voor het onderzoek en het op basis daarvan bepalen van de onderzoeksstrategie. Zowel de verzamelde informatie als de gekozen onderzoeksstrategie vormen een onderdeel van de op te stellen uitvraag (hoofdstuk 5).

Dit hoofdstuk geeft aanwijzingen aan opdrachtgevers voor het doorlopen van de volgende stappen:

- formuleren aanleiding en doel van het onderzoek (§ 3.2);
- benodigde informatie voor het onderzoek (§ 3.3);
- formuleren van de onderzoeksstrategie (§ 3.4).

### 3.2 Formuleren aanleiding en doel van het onderzoek

Het is van belang om de aanleiding en het doel van het voorgenomen onderzoek zo scherp mogelijk te formuleren. Beide zijn van belang voor de formulering van de onderzoeksvraag, de manier waarop het onderzoek uitgevoerd moet worden en voor de wijze van interpretatie en rapportage van de resultaten.

Enkele voorbeelden van aanleidingen zijn:

- Na het aanbrengen van een afdeklaag moet gecontroleerd worden of de dikte voldoet aan de gestelde eisen.
- In het kader van het beheer of nazorg van stortplaatsen moet de dikte van de afdekkingen gemonitord worden; blijft de dikte van de dekking voldoen aan de gestelde eisen?

Deze handreiking is gericht op grootschalig onderzoek en dus op de monitoring van bestaande dekkingen. De handreiking is ook toepasbaar voor het onderzoek naar de dikte van één of enkele kleinere locaties. Het schaalvoordeel dat behaald kan worden met de toepassing van elektronische meettechnieken zal dan kleiner zijn.

Het doel van de monitoring is vaak het tijdig signaleren of er risico's voor de omgeving (kunnen) optreden als gevolg van vermindering van de dikte van dekkingen in de tijd.

### 3.3 Benodigde informatie voor het onderzoek

#### 3.3.1 Inleiding

Naast aanleiding en doel van het onderzoek is de onderzoeksstrategie mede afhankelijk van de volgende factoren:

- eisen en randvoorwaarden van betrokken actoren (§ 3.3.2);
- Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag (§ 3.3.3);
- overige gebiedskenmerken (§ 3.3.4);
- planningsaspecten (§ 3.3.5).

De opdrachtgever kan zelf alle benodigde informatie verzamelen en deze bij zijn offerteaanvraag verstrekken. Het is ook mogelijk (een deel van) de informatie door derden te laten inventariseren en rapporteren. Dit ligt vooral voor de hand als het gaat om het opstellen of aanvullen van het CSM.

De vragen/aandachtspunten in de volgende paragrafen zijn bedoeld om de lezer te ondersteunen en richting te geven in het verzamelen van informatie voorafgaand aan de voorbereiding en uitvoering van het bodemonderzoek. Zo wordt het risico op met missen van informatie geminimaliseerd. Per onderdeel zijn enkele voorbeelden benoemd.

De opsomming in onderstaande paragrafen is niet uitputtend. Afhankelijk van de context en de vragen die middels het bodemonderzoek moeten worden beantwoord kan aanvullende informatie nodig zijn.

### **3.3.2 Eisen en randvoorwaarden van betrokken actoren**

Deze paragraaf biedt handvatten om wensen en verplichtingen vanuit de eigen organisatie en andere betrokken actoren te inventariseren. Deze kunnen medebepalend zijn voor de opzet en uitvoering van het bodemonderzoek. Het is daarom belangrijk om vroegtijdig met de betrokken actoren in gesprek te gaan om deze eisen en wensen in beeld te brengen. Deze paragraaf beschrijft voorbeelden van wensen en eisen die aan de orde kunnen zijn.

#### *Wettelijke eisen / randvoorwaarden vanuit andere overheden*

- Als de monitoring voortvloeit uit een Wbb-beschikking (eisen aan de nazorg), zal het bevoegd gezag Wbb de onderzoeksrapportage beoordelen. Het bevoegd gezag zal eisen stellen aan het uitgevoerde onderzoek. Indien gekozen wordt voor een niet-conventionele onderzoeksaanpak, verdient het aanbeveling om in een vroeg stadium af te stemmen met bevoegd gezag over de toe te passen meettechniek(en) (zie ook § 4.2) en de invulling van het monitoringsplan inclusief besliscriteria (zie ook § 4.4 en § 4.5). Door deze aspecten in een vroeg stadium af te stemmen, kan het bevoegd gezag randvoorwaarden meegeven en wordt geborgd dat het onderzoek voldoet aan de gestelde eisen.
- Bovengenoemde Wbb-beschikking kan meer of minder gedetailleerd zijn. Als een beschikking is afgegeven op een concreet monitoringsplan, moet dit plan gevolgd worden of kan, in overleg met bevoegd gezag, gemotiveerd afgeweken worden van het vastgestelde monitoringsplan.
- Het is mogelijk dat naast onderzoek naar de dikte van de afdeklaag ook ander onderzoek vereist is, zoals onderzoek naar de ligging en kwaliteit van het stortlichaam, de kwaliteit van de afdeklaag (chemisch, asbest), de hydrologie en biologische activiteit in de afdeklaag. Vaak zal dit onderdeel zijn van het stortplaatsenbeheer, het nazorgplan en/of het monitoringsplan. De opdrachtgever kan ervoor kiezen de verschillende onderzoeksvragen gecombineerd aan te besteden. Zie ook de paragraaf over de reikwijdte (1.3) en het hoofdstuk over de beschikbare meettechnieken (4).

#### *Eisen vanuit het gebiedsbeheer (de eigen organisatie)*

- Toetsingskader voor het goed- of afkeuren van de afdeklaagen. Dit zal vaak zijn opgenomen in het nazorg- of monitoringsplan en goedgekeurd zijn door het bevoegd gezag. Voor een onderzoeker is het van belang te weten welke dikte vereist is, maar ook hoe dit getoetst moet worden. Zie onderstaand kader voor voorbeelden van een toetsingskader. Daarnaast is het van belang om te vermelden of naast de dikte ook andere criteria bepalend zijn (zie ook § 1.3 en § 3.3.3).
- Organisatie van het beheer van de stortplaatsen: welke actoren zijn hier op welke wijze bij betrokken, en welke consequenties dat heeft voor het onderzoek.
- Gemaakte afspraken door de gebiedsbeheerder met de omgeving, bijvoorbeeld over welke informatie wel en niet gedeeld kan of mag worden.



### Voorbeelden toetsingskader

*In het toetsingskader is vastgelegd wanneer een afdeklaag aan de gestelde eisen voldoet en wanneer er maatregelen (aanvullen afdeklaag) nodig zijn.*

*In het geval van een eis aan de dikte van de afdeklaag, bijvoorbeeld 'dikte moet 40 cm zijn', zijn verschillende toetsingskaders mogelijk. We geven hier enkele voorbeelden:*

- *op elk meetpunt moet de dikte van de afdeklaag minimaal 40 cm zijn;*
- *de gemiddelde dikte van de afdeklaag moet 40 cm zijn, waarbij de afdeklaag nergens dunner dan 25 cm mag zijn;*
- *90% van de meetpunten / het oppervlak van de afdeklaag moet minimaal 40 cm zijn. 10% mag dus dunner zijn, maar nooit dunner dan 25 cm.*

*Eisen vanuit de eigenaar/gebruiker van de te onderzoeken percelen*

Inventariseer of en bij hoeveel eigenaren/gebruikers toestemming geregeld moet worden voor:

- het betreden van het terrein;
- het uitvoeren van destructief bodemonderzoek (denk aan doorboren van bijvoorbeeld grasmat of verharding);
- het delen van de verkregen informatie.

Schat ook de kans in dat de benodigde toestemmingen niet verkregen worden en zorg dat hiermee in het onderzoeksplan rekening gehouden wordt.

### 3.3.3 Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag

Het Conceptual Site Model (CSM) is een geschikte methodiek om de beschikbare informatie over de dikte van afdeklaagen, in relatie tot relevante gebiedskenmerken, op een systematische manier in kaart te brengen en te presenteren (zie kader). Het werken met een CSM kan het proces van onderzoek, interpretatie en visualisatie ondersteunen.

Voor complexere onderzoeken betreft dit vaak een cyclisch proces: eerst wordt met de beschikbare informatie een CSM opgesteld en worden kennisvragen geformuleerd. Het op te stellen onderzoeksplan is gericht op het beantwoorden van de kennisvragen. Naar aanleiding van de onderzoeksresultaten wordt het CSM aangevuld en/of bijgesteld. Mogelijk zijn nog niet alle kennisvragen beantwoord of zijn er nieuwe vragen ontstaan. Hiervoor wordt dan een aanvullend onderzoeksplan opgesteld.

#### Conceptual Site Model (CSM)

*Afhankelijk van de situatie kan het CSM een eenvoudige tot uitgebreide schematische beschrijving of visualisatie zijn van de situatie in het veld. Hierbij wordt aandacht besteed aan de verwachte dikte (en overige eigenschappen) van de afdeklaag en de factoren die hierop van invloed zijn. Ook wordt de bodemopbouw beschreven. Niet alleen de verticale bodemopbouw (inclusief beschrijving aard en omvang van het stortmateriaal), maar ook de horizontale ruimtelijke variaties en variaties die in de loop van de tijd daarin zijn ontstaan – al dan niet gecombineerd – zijn van belang.*

*Afhankelijk van het stadium van het traject dient het CSM als uitgangspunt voor het opstellen van een onderzoeksvraag (kennishiaten), het bepalen van de onderzoeksstrategie, als middel om resultaten te visualiseren in de rapportage of om maatregelen te ontwerpen of uit te voeren.*

*Nieuw verkregen inzichten (aanvullende gegevens of meetgegevens) kunnen worden gebruikt om het model te actualiseren of aan te vullen..*

Een opdrachtgever kan het CSM (in eerste instantie) zelf opstellen, maar kan er ook voor kiezen het opstellen van een CSM aan een extern adviseur uit te besteden. Dit kan dezelfde adviseur zijn die het onderzoek uitvoert/begeleidt en het CSM tijdens het onderzoek bijstelt, maar het kan ook een derde partij zijn.

In een CSM voor de monitoring van afdekklagen kunnen de volgende aspecten aan de orde komen (hierbij zijn ook aspecten meegenomen die wel invloed hebben op de afdeklaag, maar niet zozeer op de dikte, dit voor het geval ook deze aspecten binnen de totale monitoring van belang zijn):

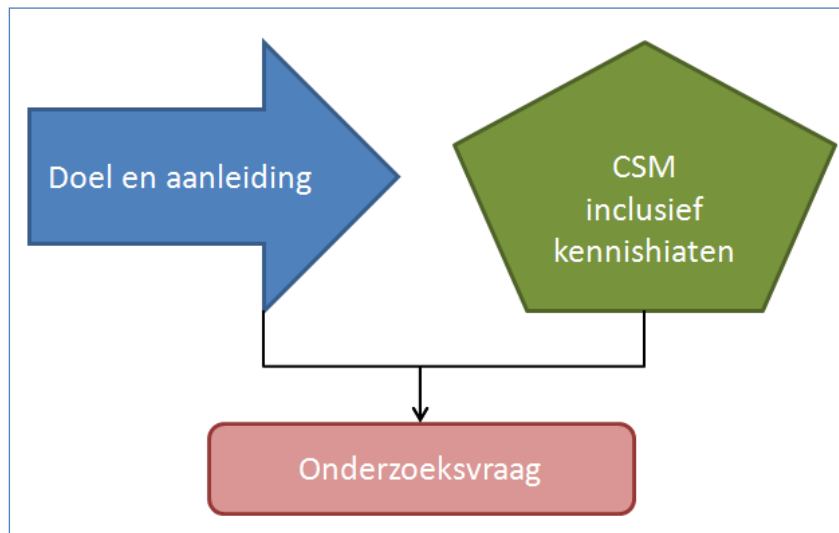
- *Aanleiding aanleg afdeklaag.* Betreft met name *aard en omvang stortlichaam*. De aard en dikte van het stortlichaam kan invloed hebben op de techniekeuze, vanwege de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen de afdeklaag en de stortmateriaal. Ook is dit van belang in verband met de risicobepaling bij destructieve (verificatie)metingen. De lengte en breedte van het stortlichaam kunnen ook invloed hebben op de techniekeuze. Bijvoorbeeld een grote stortplaats is makkelijker vanuit de lucht in te meten dan een kleine. Daarnaast heeft dit grote invloed op het meetplan (aantal raaien/meetpunten).
- *Wijze en datum van aanleg van de afdeklaag.* De mate van aangebrachte verdichting en de ouderdom geven informatie over de (nog) te verwachten klink. De ouderdom geeft ook informatie over de te verwachten staat waarin de afdeklaag verkeert.
- *Bodemtype*, zowel van omliggende gebied als van aangebrachte afdeklaag. Inclusief grondwaterstand. Van belang hierbij is of het bodemtype aanleiding geeft om klink te verwachten. Zakt het hele gebied en/of klinkt te afdeklaag in?
- *Factoren die de kwaliteit van de afdeklaag kunnen beïnvloeden* (dikte en eventuele andere relevante aspecten, zie voorbeelden in § 1.3). Klink is hiervoor al benoemd als relevante factor. Denk verder aan (vlakdekkende) grondbewerking door boeren, activiteit van dieren (bodembewoners als mollen en muskusratten, maar ook vee), (lokale) graafwerkzaamheden, wisselende ontwateringsdiepte. Welke factoren in een bepaald gebied een rol spelen, kan van grote invloed zijn op de onderzoeks aanpak. Bijvoorbeeld: in een bepaald gebied wordt grondbewerking door boeren als belangrijkste factor gezien en het betreft een gebied met voornamelijk weideland. Dan zou via satellietbeelden gevolgd kunnen worden welke percelen geploegd ('gescheurd') zijn, en zou heel gericht op die percelen een meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd kunnen worden.
- *Indien de vraagstelling verband houdt met risico's:* beschrijf hoe en waar blootstelling aan de verontreiniging (stortlichaam) plaats kan vinden en waarvan dat afhankelijk is. Is bijvoorbeeld het gebruik van het perceel van belang? Denk aan de teelt van diepwortelende gewassen, waarbij een dikkere afdeklaag nodig is dan bij ondiep wortelende gewassen. Dit kan op twee manieren in de beschrijving meegenomen worden: als het gebruik per perceel bekend is, kan per perceel aangegeven worden wat de minimale dikte is. Als het gebruik niet bekend is, kan dat een aanvullende onderzoeksvraag zijn.
- *Voorkennis:* verwerk resultaten van eventueel eerder gedaan bodemonderzoek in het CSM, bijvoorbeeld gegevens over het aanbrengen van de afdeklaag en van eerdere monitoringsronden.
- *Heterogeniteit:* als er iets bekend is over de heterogeniteit (ruimtelijke verschillen in de dikte van de deklaag), dan is het van groot belang om deze informatie mee te geven. Zie ook § 3.4.

#### *Onderzoeksvraag*

Uit het CSM blijkt welke kennishiaten/kennisbehoeften er zijn wat betreft de aanleiding en het doel van het onderzoek. Hieruit volgt de onderzoeksvraag. Voorbeelden van onderzoeksvragen zijn:

- Bepaal (vlakdekkend) de dikte van de afdeklaag.
- Wat is de verandering in de dikte van de afdeklaag ten opzichte van een gegeven referentiesituatie?
- Signaleer omgevingsdynamiek om veranderingen in de dikte van de afdeklaag te kunnen voorspellen.

De laatste onderzoeksvraag zal in veel gevallen gecombineerd worden met de eerste: als veranderingen in de dikte voorspeld worden vanuit omgevingsdynamiek, zal vervolgens geverifieerd moeten worden of de dikte inderdaad is afgenomen en of de afdeklaag te dun is geworden.



### 3.3.4 Overige gebiedskenmerken

Naast het Conceptual Site Model, is het van belang om overige kenmerken van het gebied die van invloed zijn op de onderzoeksstrategie te benoemen. Voorbeelden hiervan zijn:

- Aaneengesloten gebied (één grote stortplaats) kan in zijn geheel onderzocht worden, rekening houdend met lokaal bekende/verwachte afwijkingen. Bij van elkaar gescheiden gelegen gebiedsdelen (vele smalle gedempte sloten) moet per deel onderzoek worden uitgevoerd, waardoor in verhouding naar oppervlakte de strategie iets intensiever zal worden.
- Watergangen, bosschages, bebouwing, afrastering, verharding kunnen belemmerend zijn voor de (efficiënte) toepassing van bepaalde meettechnieken. In sommige gevallen vormen zij een duidelijk herkenbare begrenzing van het onderzoeksgebied / de te onderzoeken afdeklaag.
- De bereikbaarheid en toegankelijkheid van het gebied voor handmatig onderzoek en onderzoek met behulp van voertuigen of vanuit de lucht.
- (Toekomstige) gebruiksfuncties bepalen de gevoeligheid voor risico's. Blootstelling aan stortmateriaal is bijvoorbeeld het meest kritisch bij begrazing en bij diepwortelende gewassen. In gebieden waar gevoelige gebruiksfuncties zijn kan het onderzoek intensiever worden opgezet dan elders.

### 3.3.5 Planningsaspecten

Benoem planningsaspecten voor zover deze relevant kunnen zijn voor het onderzoek, bijvoorbeeld: het gebied is alleen in het najaar te betreden vanwege een specifiek seizoensgebonden gebruik van de onderzoekslocatie.

## 3.4 Formuleren onderzoeksstrategie

De onderzoeksstrategie bestaat uit een beschrijving van de toe te passen meettechniek (of combinatie van meettechnieken) met daaraan gekoppeld een meetdichtheid (hoeveelheid meetpunten per oppervlakte, hoeveelheid meettraaien e.d.).

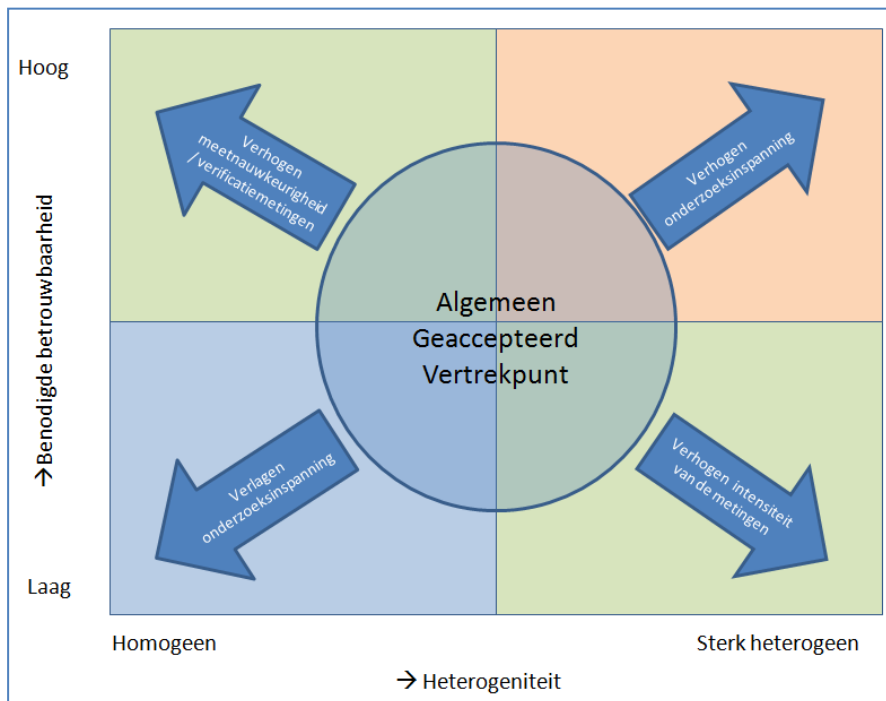
Omdat deze handreiking uitgaat van grootschalig onderzoek, zal een eerste stap in het onderzoek veelal bestaan uit de toepassing van lijn- of vlakdekkende elektronische meettechnieken waarmee de afdeklaag op de dempingen/stortplaatsen aan de hand van een of meer (gids)parameters in beeld worden gebracht. Vervolgens worden met behulp van puntmetingen (zie § 4.2.3) de gemeten (gids)parameters geverifieerd en wordt een uitspraak gedaan over de dikte van de afdeklaag per stortplaats in relatie tot het geldende toetsingskader.

De keuze voor de meettechniek wordt bepaald door alle informatie die met de aanwijzingen in de paragrafen 3.2 en 3.3 is verkregen over onderzoeksdoel en -vraag en gebiedskenmerken. Maar naast deze gegevens, die min of meer vast staan, zijn er twee factoren van belang voor het bepalen van de (combinatie van) techniek(en)/meetdichtheid. Dit zijn de (verwachte) heterogeniteit van de te meten parameter (dikte van de afdeklaag of gidspareparameter), de aard van het stortmateriaal en de benodigde betrouwbaarheid waarmee deze parameter gemeten moet worden. Zie voor een toelichting op beide termen de verklarende woordenlijst in § 1.6. Een derde factor, de (verwachte) variatie in de tijd, bepaalt vervolgens hoe vaak er gemeten moet worden (in het geval van monitoring).

In figuur 3.1 is weergegeven hoe de onderzoeksstrategie wijzigt als de verwachte heterogeniteit van de dikte van de afdeklaag (die samenhangt met de verwachte variatie in de hoogteligging van de bovenzijde van het stortmateriaal, welke ook afhankelijk is van de aard van het stortmateriaal) en/of de gewenste betrouwbaarheid hoger of lager worden. Het geaccepteerde vertrekpunt wordt gesymboliseerd door de cirkel in het midden.

Uit figuur 3.1 is af te leiden dat als sprake is van een verhoogde heterogeniteit er een hogere dichtheid van informatie (meetdichtheid) nodig is om een zelfde betrouwbaarheid van resultaten te bereiken. Als hogere eisen aan de betrouwbaarheid worden gesteld, moet een nauwkeuriger meettechniek worden toegepast en/of zijn er meer directe (validatie)metingen nodig.

In het algemeen zal bij een grote heterogeniteit van het stortmateriaal en/of grotere heterogeniteit in de dikte van de deklaag de meetintensiteit hoger moeten zijn.



Afb. 3.1. Afstemming onderzoeksstrategie op gewenste betrouwbaarheid en (verwachte of bekende) heterogeniteit.

Verklaring van de kwadranten  
 blauw = relatief lage onderzoeksinspanning,  
 groen = gemiddelde onderzoeksinspanning  
 oranje = relatief hoge onderzoeksinspanning

Uiteraard zal niet in alle gevallen bekend zijn wat de heterogeniteit is van de dikte van de afdeklaag of aard van het stortmateriaal. Als dit niet bekend is, wordt een onderzoeksstrategie gekozen op basis van een gemiddelde heterogeniteit ('geaccepteerd vertrekpunt'), of op basis van de verwachting voor de te onderzoeken afdeklaag. Als tijdens het onderzoek blijkt dat de heterogeniteit hoger

of lager is, kan de meetintensiteit in de rest van het onderzoek hierop aangepast worden. Indien gewenst kan eerst een pilot worden uitgevoerd, op basis waarvan het onderzoeksplan nog bijgeschaafd kan worden. Zie ook § 4.5.

Voor grootschalig onderzoek naar de dikte van afdekklagen zijn in hoofdstuk 4 enkele voorbeelden gegeven van onderzoeksplannen. Deze kunnen voor een specifieke situatie als vertrekpunt voor het opstellen van een onderzoeksplan worden gebruikt.

### **Invloed bestaande praktijk op onderzoeksstrategie**

In veel gevallen zal er al een bestaande praktijk zijn waarmee de dikte van de afdekklagen in een bepaald gebied gemeten of gemonitord wordt. De opdrachtgever kan ervoor kiezen de onderzoeksstrategie mede te laten bepalen door deze bestaande praktijk. Dit is in elk geval aan te raden als er al een (door het bevoegd gezag goedgekeurd) monitoringsplan beschikbaar is. Hieronder worden hiervan enkele voorbeelden gegeven.

#### *Voorbeeld 1: Monitoringsplan met vastgelegd meetplan*

In dit voorbeeld is in het (goedgekeurde) monitoringsplan een meetplan vastgelegd, bijvoorbeeld 'over een demping worden om de tien meter dwarsraaien gelopen met een prikstok. Om de twee meter wordt geprikt en de dikte van de afdeklaag genoteerd. In de helft van de raaien wordt 1 verificatieboring gedaan'. De opdrachtgever kan als onderzoeksstrategie kiezen dat minimaal gebruik gemaakt wordt van een lijndekkende techniek waarmee dezelfde raaien worden ingemeten en daarnaast hetzelfde aantal verificatiemetingen wordt gedaan. Op deze manier zullen de resultaten zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn met eerder uitgevoerde monitoringsronden.

#### *Voorbeeld 2: Monitoringsplan zonder vastgelegd meetplan*

In dit voorbeeld is geen meetplan vastgelegd. Er is wel een monitoringsplan, waarin de meetfrequentie en het toetsingskader (bijvoorbeeld 'een afdeklaag moet aangevuld worden als meer dan 25% van het oppervlak dunner is dan 40 cm of als de afdeklaag op minimaal één meetpunt dunner is dan 10 cm') zijn opgenomen. De opdrachtgever kan voor de onderzoeksstrategie dezelfde meetfrequentie aanhouden en een dusdanige benodigde output dat aan het vastgestelde toetsingskader getoetst kan worden (al dan niet na vertaling naar techniek-specifieke besliscriteria).

#### *Voorbeeld 3: Er is geen goedgekeurd monitoringsplan, maar wel een meetmethode waarmee tot nu toe de afdekklagen worden ingemeten*

Als de opdrachtgever ervoor kiest de meetmethode te herzien, is waarschijnlijk één van de volgende situaties van toepassing:

(1) De meetmethode levert de benodigde informatie op, maar is te duur/arbeidsintensief. In dat geval blijft de onderzoeksstrategie gelijk, maar moet deze met een efficiëntere meettechniek ingevuld worden.

(2) De meetmethode levert onvoldoende (betrouwbare) informatie op. De opdrachtgever kan dit opnemen als uitgangspunt voor zijn onderzoeksstrategie ('betrouwbaarder/meer informatie dan de beschreven meetmethode').



## 4 Toetsing haalbaarheid onderzoekswensen aan beschikbare technieken

### 4.1 Inleiding

Na het formuleren van de kaders, de onderzoeksvraag en de onderzoeksstrategie (aan de hand van de aanwijzingen in hoofdstuk 3) kan de opdrachtgever in principe overgaan tot het opstellen van een uitvraag voor de uitbesteding van het daadwerkelijke onderzoek. Alvorens hiertoe over te gaan is het raadzaam om de haalbaarheid van het de geformuleerde onderzoeksstrategie te toetsen.

Zoals beschreven in hoofdstuk 1 is er weinig ervaring met het monitoren van afdekkingen met behulp van elektronische meettechnieken. De beschreven technieken worden al wel met succes toegepast bij andere opgaven met een vergelijkbare informatiebehoefte, dat wil zeggen het in kaart brengen van gelaagdheid en structuren in de bodem of het bepalen van de hoogte van het maaiveld. Dit hoofdstuk laat zien hoe bestaande technieken gebruikt kunnen worden in een onderzoeksplan voor de monitoring van afdekkingen.

### 4.2 Toepasbare meettechnieken

#### 4.2.1 Inleiding

Deze paragraaf beschrijft meettechnieken die in principe geschikt zijn om de dikte van afdekkingen te meten. Per techniek worden de eigenschappen, het toepassingsgebied en de voor- en nadelen beschreven. Dit wordt ondersteund door een technieksheet per techniek in bijlage 1. Daarnaast kan aanvullende informatie per techniek worden gevonden op de Richtlijn herstel en beheer van de (water)bodemkwaliteit ([www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl)). Op basis van deze informatie kan de opdrachtgever bepalen:

- of de gewenste onderzoeksstrategie (zie § 3.4) haalbaar is met bestaande meettechnieken;
- welke meettechnieken in aanmerking komen voor de specifieke situatie.

Let er hierbij ook op of sprake is van herhalingsmetingen (monitoring) of van een eenmalig onderzoek. Bepaalde technieken zijn beter geschikt voor herhalingsmetingen dan andere technieken. Bijvoorbeeld remote sensing is niet geschikt als eerste inmeting, maar in sommige gevallen wel voor monitoring (zie § 4.2.2 en § 4.4).

Naast de technisch inhoudelijke overwegingen kunnen praktische veldomstandigheden de doorslag geven voor de keuze van een bepaalde meettechniek of de wijze van inzetten daarvan. Denk hiervoor aan de begaanbaarheid van een terrein. Het is vaak de techniekaanbieder zelf die hierin een goede afweging kan maken. Hiervoor is vereist dat hij voldoende informatie over de situatie ter plekke heeft en (omdat het soms in de details zit) liefst nog in de contractfase hierover met de opdrachtgever kan overleggen.

De informatie over de geschikte meettechnieken kan ook behulpzaam zijn bij de keuze van aanbieders die gevraagd kunnen worden om een offerteverzoek te doen. Ook kan deze informatie een hulpmiddel zijn bij het beoordelen van offertes.

#### 4.2.2 Lijn- of vlakdekkende metingen

De momenteel beschikbare elektronische technieken voor lijn- of vlakdekkende metingen kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën:

- een techniek waarmee de dikte van de afdekking kan worden gemeten (grondradar);
- technieken waarmee veranderingen aan het maaiveld worden gesignaleerd, die kunnen wijzen op wijzigingen in dikte van de afdekking (gebundeld onder remote sensing);

- technieken waarmee bodemparameters worden gemeten die de interpretatie en/of interpolatie van het grondradarsignaal verbeteren. Deze technieken kunnen over het algemeen relatief goedkoop tegelijk met grondradar worden toegepast, waardoor voor geringe extra kosten een betere interpretatie en/of interpolatie mogelijk is.

#### *Meting dikte afdeklaag met grondradar*

Deze techniek meet abrupte overgangen in de bodem, bijvoorbeeld laagscheidingen en objecten. Door verificatiemetingen kan geverifieerd worden welke bodemkenmerken de waargenomen overgang representeert, bijvoorbeeld een overgang van afdeklaag naar stortmateriaal. Interpolatie tussen verificatiemetingen en ook tussen meetraaien van de grondradar is goed mogelijk mits de radarmetingen steeds een vergelijkbaar beeld (dezelfde abrupte overgang) geven en dit beeld klopt met de verwachting (CSM en verificatiemetingen).

#### *Signalering wijzigingen aan maaiveld met 'remote sensing'-technieken*

Vanuit de lucht zijn meerdere technieken beschikbaar. In de praktijk is vooral de hoogtemeting toepasbaar met behulp van laser of fotogrammetrie. Door gedetailleerde opname van de maaiveldhoogten zijn vooral maaiveld dalingen te monitoren. Afhankelijk van de situatie is hiermee snel een gebiedsdekkend overzicht te verkrijgen van deelgebieden die een karakteristieke maaiveld daling vertonen. Met metingen in het veld kan de dikte van de afdeklaag in deze gebieden vervolgens nader worden onderzocht. Deze techniek is vooral toepasbaar in gebieden waar in het algemeen maatvelddaling optreedt. Nadat de diktes van de afdekkingen eerst gebiedsdekkend in kaart zijn gebracht, kan deze techniek vervolgens als snelle monitoringstechniek gebruikt worden. Als de maaiveldhoogte van bepaalde (delen van) afdekkingen gedaald blijkt te zijn, kan vervolgens op de grond (met een andere techniek) bekeken worden of de afdekking inderdaad te dun geworden is.

Een ander voorbeeld van het gebruik van remote sensing is in de situatie waarbij de verwachting (in het CSM) is dat afdekkingen alleen door grondbewerking of graafwerkzaamheden dunner worden. Dan kan met behulp van satellietbeelden gevolgd worden waar dit aan de hand is, zodat de metingen in het veld heel gericht (alleen op verdachte percelen) uitgevoerd kunnen worden.

#### *Aanvullende metingen voor betere interpretatie grondradar*

- *Gammaspectrometer*: Met deze techniek worden verschillen in textuur in de bovengrond in beeld gebracht door de van nature voorkomende radioactieve straling uit de grond te meten. Verschillende mineralen en bodemtypen kunnen namelijk worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties radioactieve stoffen. Met deze gidsparameter kan niet de dikte van de afdekking worden bepaald, maar wel de ligging van het stortlichaam. Dit zal de interpretatie van een gecombineerd toegepaste meettechniek – denk aan grondradar – verbeteren.
- *Elektrische weerstandsmetingen (ERT)*: Deze techniek meet de schijnbare elektrische bodemweerstand. De diepte van de onderzijde van de dekking kan niet met deze metingen worden vastgesteld. De metingen geven wel indirecte informatie van de bodemopbouw en vochtgehalte. Dit zal de interpretatie van een gecombineerd toegepaste meettechniek – denk aan grondradar – verbeteren.
- *Elektromagnetische metingen (FDEM-sensor)*: Deze techniek meet net als ERT de schijnbare elektrische bodemweerstand. Een praktisch verschil met de ERT-techniek is bijvoorbeeld de diepte van het bodemprofiel waarover deze techniek de meeste informatie geeft. Omdat met deze techniek geen direct contact met de ondergrond nodig is (in tegenstelling tot de ERT) zou deze meettechniek ook vanuit drones toepasbaar kunnen zijn. Deze toepassing is echter nog in ontwikkeling.

### **4.2.3 Puntmetingen**

In deze paragraaf zijn voorbeelden gegeven van meettechnieken waarmee puntmetingen worden verkregen waaruit de dikte van afdekkingen bepaald kan worden. Deze meettechnieken zijn vooral geschikt om verificatiemetingen te doen, en daarnaast voor kleine onderzoeken waar met elektronische meettechnieken geen schaalvoordeel is te halen.

### *Handboring*

Met behulp van een handboor (zie [www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl) voor verschillende typen boren) wordt een grondboring verricht. Het opgeboorde materiaal wordt visueel beoordeeld en er wordt een boorbeschrijving opgesteld (conform protocol 2002 bij BRL SIKB 2000). Op deze manier is voor één punt zeer nauwkeurig vast te stellen op welke diepte(s) welke laagovergang(en) aanwezig zijn en op welke diepte het stortlichaam begint. Deze methode is zeer geschikt als verificatiemeting bij een lijn- of vlakdekkende elektronische meettechniek.

### *Profielkuil*

De overgang van de afdeklaag naar het stortmateriaal is zichtbaar in een profielkuil. Dit is een kuil van ten minste 50 cm diepte met ten minste één rechte, verticale wand. In de wand van een proefkuil kan de aanwezigheid, diepte en dikte van het stortmateriaal visueel waargenomen worden. Uiteraard is het veel werk om een dergelijke kuil te graven. Deze arbeidsintensieve meetmethode is alleen zinvol als bij een handboring de overgang naar het stortmateriaal niet met voldoende zekerheid is vast te stellen.

### *Prikstok*

Met een prikstok met een scherpe punt (conus) kan een veldwerker de overgang van de afdeklaag naar het stortmateriaal voelen aan de hand van een veranderende indringingsweerstand. De nauwkeurigheid en correctheid van het meetresultaat is, naast de ervaring van de veldwerker, sterk afhankelijk van de mate van verschil van indringingsweerstand van de afdeklaag en het stortmateriaal. Als het stortmateriaal ongeveer even veel meegeeft als de afdeklaag óf als de afdeklaag harde delen (bijvoorbeeld stenen) bevat, is deze techniek niet geschikt. Maar als de afdeklaag bestaat uit egale grond en het stortmateriaal zeer hard is (bv. puin), dan is deze techniek geschikt en kan bijvoorbeeld worden toegepast als verificatiemeting bij een lijn- of vlakdekkende elektronische meettechniek.

## **4.3 Niet vermelde meettechnieken beoordelen op toepasbaarheid**

Meettechnieken die niet in bovenstaande paragraaf en niet in bijlage 1 zijn vermeld, kunnen mogelijk ook toepasbaar zijn voor de diktemeting van afdeklaagen. Een aanbieder kan een dergelijke techniek opnemen in zijn onderzoeksplan. Om te kunnen beoordelen of de aangeboden techniek inderdaad toepasbaar is, kan de opdrachtgever vragen om aanvullende informatie, bijvoorbeeld:

- literatuur waarin een vergelijkbare situatie is beschreven;
- referentieproject met een vergelijkbare situatie en een verklaring van de opdrachtgever van het betreffende project;
- validatie door branche-organisatie/collega-techniekaanbieder;
- uitvoeren van een testmeting/pilot waarmee de toepasbaarheid in de onderhavige situatie wordt aangetoond.

Als de techniek inderdaad geschikt is, kan deze indien gewenst (door opdrachtgever of techniek-aanbieder) worden voorgedragen voor opname in de volgende versie van deze handreiking.

## **4.4 Onderzoeksplan: combinatie van technieken**

Eén ideale meettechniek bestaat niet voor dit type vraagstellingen. Een nauwkeurige en betrouwbare techniek geeft vaak van een zeer klein oppervlak informatie en is veelal relatief tijds- en kostenintensief. Lijn- of vlakdekkende technieken geven vaak indirecte en/of minder nauwkeurige informatie over de dikte van de afdeklaag en zijn vaak relatief tijds- en kostenextensief.

Het ligt daarom voor de hand een onderzoeksplan toe te passen waarin dergelijke technieken in een optimale mix zijn gecombineerd. Daarbij worden de resultaten van vlak- of lijndekkende elektronische meettechnieken geverifieerd met (conventionele) puntmetingen. Afhankelijk van de exacte vraagstelling en specifieke wensen van een opdrachtgever kunnen hiervoor een of meer

technieken worden gecombineerd. Deze paragraaf geeft enkele voorbeelden van onderzoeksplannen waarin verschillende technieken worden gecombineerd om de onderzoeksvraag op efficiënte en effectieve wijze te beantwoorden.

#### **Voorbeeld 1: Inmeten slootdempingen met grondradar**

In een gebied met vele landbouwpercelen, die in het verleden vergroot zijn door tussenliggende sloten te dempen, kan grondradar worden toegepast om van elke demping de dikte van de afdeklaag te bepalen. Hiervoor kan een 500 MHz grondradarantenne worden toegepast in combinatie met RTK-GPS voor de positionering. De metingen kunnen indien gewenst gecombineerd worden met metingen met de gammaspectrometer. Als meetplan kan aangehouden worden: minimaal 1 lijn over de lengtes van de afdeklaag en om de 100 meter een dwarslijn. Per demping minimaal 2 dwarsprofielen. Als de demping korter is dan 100 m is de onderlinge afstand tussen de dwarsprofielen dus minder dan 100 m. Op de gereden lijnen worden boringen geplaatst om de meetresultaten te verifiëren. Ten minste per lijn twee boringen, bij grote heterogeniteit en/of onduidelijkheid in het radarsignaal meer boringen.

#### **Voorbeeld 2: Signaleren en controleren veranderingen aan maaiveld**

In een (uitgestrekt) gebied waar volgens het CSM de dikte van deklagen bekend is én alleen beïnvloed zal worden door grondwerkzaamheden, kunnen deze veranderingen vanuit de lucht gevolgd worden. Bijvoorbeeld door een keer per jaar of per 5 jaar satellietbeelden van de afgelopen periode te bestuderen. Vervolgens wordt een veldploeg het gebied ingestuurd om op alle locaties waar grondwerkzaamheden zijn waargenomen de deklaag opnieuw in te meten. Dit kan met grondradar, zoals hierboven beschreven, of met handmatige metingen als het zeer kleine oppervlakten betreft.

#### **Voorbeeld 3: Breder onderzoek dan alleen dikte afdeklaag**

In sommige gevallen zal de onderzoeksvraag breder zijn dan alleen het bepalen van de dikte van de afdeklaag. In dit voorbeeld worden enkele parameters besproken die gecombineerd met de dikte gemeten kunnen worden:

##### *Ligging en dikte van het stortmateriaal:*

Deze kan, uiteraard met behulp van verificatieboringen, afgeleid worden uit het grondradarsignaal. Ook in dit geval kunnen aanvullende technieken zoals genoemd in paragraaf 4.2.2 de interpretatie verbeteren.

##### *Identificeren aard stortmateriaal*

Afhankelijk van de aard van het stortmateriaal is dit mogelijk met grondradarbeelden. Voorwaarde is wel dat voldoende verificatieboringen gedaan worden. Dit betekent dat het alleen efficiënt is als het gaat om een groot gebied met heel veel dempingen waarin een beperkt aantal soorten stortmateriaal voorkomen. De metingen van alle verschillende dempingen kunnen dan opgedeeld worden in verschillende beelden die de grondradarmetingen opleveren. Per soort beeld moeten op enkele dempingen verificatieboringen gedaan worden. Als per soort beeld steeds hetzelfde soort stortmateriaal wordt aangetroffen, kunnen vervolgens de niet-geverifieerde dempingen geïnterpreteerd worden.

##### *Grondwaterspiegel*

Deze kan gemeten worden met grondradar, indien voldoende verificatiemetingen (ingepeilde peilbuizen) beschikbaar zijn. De interpretatie kan mogelijk verbeterd worden door aanvullend de elektrische weerstand van de bodem te meten (ERT of FDEM).

In alle gevallen is voor de juiste interpretatie van de meetdata een goede gebiedskennis van groot belang. Deze kan deels gehaald worden uit het CSM, maar in de praktijk blijkt een gesprek tussen het onderzoeksbureau (dataverzamelaar) en een persoon met gebiedskennis van grote waarde voor de juiste interpretatie.

## 4.5 Pilot

De opdrachtgever kan, al dan niet in overleg met de uitvoerder, ervoor kiezen om ter voorbereiding op grootschalig onderzoek naar de dikte van deklagen eerst een pilot te laten uitvoeren. Een pilot kan verschillende doelen hebben:

- de toepasbaarheid van een bepaalde techniek in een specifiek gebied aantonen (bijvoorbeeld met grondradar kan voldoende onderscheid gemaakt worden tussen dit specifieke stortmateriaal en de afdeklaag);
- de heterogeniteit van de dikte van de afdeklaag bepalen, om daar de meetinspanning op te baseren;
- het toetsingskader vertalen naar praktisch bruikbare combinatie van onderzoeksplan en besliscriteria, toegespitst op de locatie.

Een pilot kan met name nuttig zijn als het om een groot gebied gaat. Om zeker te weten dat een bepaalde onderzoeksstrategie voldoet kan de strategie op (een) deellocatie(s) worden getest voordat de strategie full scale wordt toegepast (zie ook de aanwijzingen hierover in de technieksheets in bijlage 1).

### **Vertaling toetsingskader naar besliscriteria**

Ook als het toetsingskader in principe is toegespitst op handmatige metingen, terwijl het onderzoek wordt uitgevoerd met elektronische metingen, kan het zinvol zijn een pilot toe te passen. Op basis van de resultaten van de pilot kan het toetsingskader, in overleg met het bevoegd gezag, vertaald worden naar besliscriteria.

De keuze van de meettechniek kan ertoe leiden dat het toetsingskader voor het goed- of afkeuren van dikte van de deklagen vertaald moeten worden naar besliscriteria die aansluiten bij de mogelijkheden van de meettechniek. De combinatie toetsingskader – onderzoeksplan – besliscriteria moet voor (grootschalige) uitvoering ter goedkeuring voorgelegd worden aan het bevoegd gezag. Voor het bepalen van de besliscriteria kan een veldpilot zinvol zijn.

Als gekozen is voor een veldpilot, kan de aanbesteding hiervoor in een separaat traject uitgewerkt worden, conform de stappen van een 'reguliere' uitvraag. De uitvraag heeft in dat geval een relatief beperkte omvang. In dit geval moet expliciet worden opgenomen dat het toetsingskader op basis van de uitgevraagde pilot vertaald moet worden naar besliscriteria. Hierbij gelden de volgende processtappen:

- opstellen uitvraag op basis van deze handreiking (inclusief toetsingskader) en aanbiedingen;
- uitvoeren pilot (of gebruik maken van bekende resultaten van vergelijkbare locaties);
- definiëren technisch haalbare mogelijkheden, meetbaarheid, presentatievormen en toetsbaarheid aan toetsingskader (in overleg met opdrachtgever en bevoegd gezag);
- opstellen onderzoeksplan/monitoringsplan inclusief besliscriteria;
- afstemmen onderzoeksplan/monitoringsplan inclusief besliscriteria met bevoegd gezag.

Het onderzoeks- of monitoringsplan kan vervolgens opgeschaald worden naar het hele gebied.



## 5 Uitvragen onderzoek

Dit hoofdstuk biedt handvatten voor het opstellen van een zo volledig mogelijke uitvraag. Er wordt ingegaan op de volgende onderdelen:

- door de opdrachtgever aan te leveren informatie bij de uitvraag;
- eisen aan de aan te vragen offertes;
- bewijslast indiener offerte.

### Aan te leveren informatie bij de uitvraag

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de door de opdrachtgever aan te leveren informatie bij de uitvraag. De betreffende informatie is verzameld conform de aanwijzingen in hoofdstuk 3 en mogelijk aangepast naar aanleiding van de toepassing van hoofdstuk 4.

**Tabel 5.1** Door de opdrachtgever aan te leveren informatie bij uitvraag

Onderwerp	Verwijzing/toelichting
Doel onderzoek	Zie § 3.2
Onderzoeksvraag	Zie § 3.3.3
Afbakening gebied	Waar is de afdeklaag gelegen? Is het stortlichaam volledig afgedekt? Is de ligging van het stortlichaam precies bekend (x, y, z)? Kaart toevoegen.
Betrokken actoren	Zie hoofdstuk 2 en § 3.3.2
Onderzoeksstrategie en, indien hierop van invloed, het monitoringsplan	Zie § 3.4
Toetsingskader	Zie § 3.3.2
Conceptual Site Model	Zie § 3.3.3
Locatievariabelen	Zie § 3.3.4 Eventueel foto's toevoegen en/of locatiebezoek door aanbidders.
Visualisatie/interpretatie output	Zie hieronder 'eisen aan de aan te vragen offertes'
Gunningscriteria	Waar wordt de offerte op beoordeeld (afhankelijk van aanbestedingstraject; dit valt buiten de scope van deze handreiking)?
Planning	Zie ook § 3.3.5
Context	Is het meten van de dikte van de afdeklaag onderdeel van een breder onderzoek of is voor het goed- of afkeuren van de lagen alleen de dikte van belang?

Specifieke gebiedseigenschappen of aanbestedingsvormen kunnen ertoe leiden dat de opdrachtgever aanvullende informatie moet aanleveren.

### Eisen aan de aan te vragen offertes

De opdrachtgever beschrijft welke elementen de offerte ten minste dient te bevatten (afhankelijk van de aanbestedingsvorm). Belangrijke onderdelen in de aan te vragen offertes zijn:

- beschrijving van de techniek of combinatie van technieken die wordt ingezet, inclusief onderbouwing van de keuze;
- beschrijving van de onderzoeksstrategie, het onderzoeksplan en de onderzoeksinspanning;
- beschrijving van de verificatiemetingen die zijn voorzien in het plan;
- garanties over de vertaalbaarheid van meetgegevens naar het toetsingskader;
- beschrijving van de wijze van rapportage van de resultaten van veldwerkzaamheden (zoals boorprofielen), metingen met elektronische technieken (zoals radar). Dit kan bijvoorbeeld zijn als pdf en/of in XML-format (volgens datastandaard SIKB 0101);
- beschrijving van de wijze van presentatie van de geïnterpreteerde resultaten, bijvoorbeeld in de vorm van GIS-kaarten;
- planning;
- kosten en verrekening.

Bij het ontwikkelen van een onderzoekplan worden verschillende keuzen gemaakt. Denk hierbij aan welke vlakdekkende metingen worden toegepast en welke en hoeveel verificatiemetingen. Het verschaffen van inzicht in deze keuzen maakt voor zowel de opdrachtgever als het bevoegd gezag duidelijk wat de betrouwbaarheid is van het onderzoek.

## 6 Beoordelen rapportage en besluitvorming

### 6.1 Beoordelen rapportage

#### Inleiding

Het onderzoeksrapport bevat in eerste instantie een antwoord op de onderzoeksvraag die in het offerteverzoek is geformuleerd. Daarnaast bevat het alle informatie om te kunnen volgen hoe de opsteller tot dit antwoord is gekomen. In deze paragraaf worden de onderdelen van een goede onderzoeksrapportage benoemd en toegelicht en wordt een suggestie gedaan voor hoe om te gaan met de verzamelde informatie.

#### Aanleiding en doel

In de rapportage worden aanleiding en doel van het onderzoek beschreven en ook het onderzochte gebied. Ook het toetsingskader wordt hier beschreven of er wordt naar verwezen.

#### Uitgevoerde werkzaamheden

Het onderzoeksplan wordt beschreven, inclusief eventuele afwijkingen daarop die tijdens de werkzaamheden zijn opgetreden. Uit de rapportage moet blijken waar in het gebied is gemeten, waar verificatiemetingen zijn uitgevoerd. Indien relevant voor het toetsingskader moet bovendien per onderzocht (deel)gebied worden aangegeven wat het bodemgebruik is.

#### Beschrijving resultaten

Per stortlichaam/demping moeten de resultaten inzichtelijk te zijn op een niveau en in een eenheid die overeenkomt met de eenheid van het toetsingskader dat aansluit bij de onderzoeksvraag. De rapportage moet ook de resultaten van verificatiemetingen bevatten en eventuele onvolkomenheden in het onderzoek benoemen. Ook eventuele bijzonderheden die zijn waargenomen in het veld en die van belang zijn voor de interpretatie moeten worden vermeld.

#### Interpretatie

Bij de interpretatie worden de meetgegevens getoetst aan het van toepassing zijnde toetsingskader en wordt onderbouwd wat het antwoord is op de onderzoeksvraag. Ook moet besproken worden of de resultaten representatief zijn voor de onderzochte afdeklaag of het onderzochte gebied.

#### Conclusies

De conclusies bevatten ten minste ofwel het antwoord op de onderzoeksvraag ofwel de constatering dat de onderzoeksvraag nog niet beantwoord kon worden.

#### Aanbevelingen

Indien de onderzoeksvraag nog niet (helemaal) beantwoord is, worden aanbevelingen gedaan voor de wijze waarop aanvullende informatie verzameld kan worden om de onderzoeksvraag alsnog (volledig) te beantwoorden (cyclisch proces zoals beschreven bij het CSM in § 3.3.3). Indien de onderzoeksvraag wel beantwoord is, worden aanbevelingen gedaan voor besluitvorming en eventuele acties.

#### Presentatie en oplevering

Afhankelijk van de afspraken over communicatie over de onderzoeksresultaten met eigenaren/gebruikers kan het nodig zijn dat de resultaten op het niveau van een perceel beschikbaar worden gesteld, bijvoorbeeld via presentatie op een GIS-kaart.

Afhankelijk van de aanpak worden kaarten met meetraaien/meetvlakken/meetpunten opgeleverd waarop inzichtelijk is gemaakt waar welke dikte van de afdeklaag gemeten is en wat de geïnterpoleerde dikte is tussen de meetraaien. Afgesproken kan worden om het CSM aan te vullen met de verkregen data en interpretatie, en aan te geven welke onderzoeksvragen wel en niet beantwoord zijn.

De ruwe meetdata worden opgenomen in een bijlage of, als dat zo is overeengekomen, als apart digitaal bestand in het overeengekomen format aangeleverd.

## 6.2 Besluitvorming op basis van de onderzoeksresultaten

Na afronding van het onderzoek kan besluitvorming door de opdrachtgever en/of het bevoegde gezag plaatsvinden naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek of de monitoring en de beantwoording van de onderzoeksvraag.

In veel gevallen zal in de rapportage al een aanbeveling gedaan worden voor de beslissing die de opdrachtgever kan nemen. De beslissing is afhankelijk van de aanleiding van het onderzoek (is het een verificatie van een nieuwe aangebrachte afdeklaag of een periodieke monitoringsronde) en van de uitkomst van de toetsing (voldoet de afdeklaag aan de gestelde eisen).

De beslissing van de opdrachtgever kan betrekking hebben op het al dan niet tot overgaan tot concrete maatregelen, zoals het laten aanvullen van de afdeklaag indien de dikte onvoldoende is. Ook kan de opdrachtgever op basis van de onderzoeksresultaten een voorstel aan het bevoegd gezag doen voor aanpassing van de monitoringsfrequentie (intensiveren of extensiveren).

Het onderzoeksrapport kan ten grondslag liggen aan besluitvorming door het bevoegd gezag Wet bodembescherming over aanpassing van de voorgeschreven frequentie en/of intensiteit van monitoren.

## Bijlage 1 Technieksheets vlak/lijndekkende elektronische meettechnieken: toepasbaarheid voor afdekklagen

Techniek	1.Grondradar
Variant (indien van toepassing)	Verschillende antennes/frequenties. Keuze is afhankelijk van gewenst dieptebereik.
Algemene techniekbeschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Grondradar is een techniek waarbij een beeld van de ondergrond gemaakt wordt door al rijdend een elektromagnetische golf met een radarantenne de grond in te sturen. Bij diëlektrische contrasten (zoals scheidingen van bodemlagen, objecten e.d.) zal de golf gereflecteerd worden en wordt deze geregistreerd. Door een serie metingen in een lijn over het maaiveld of op verschillende diepten in een boorgat uit te voeren wordt een radargram verkregen. Dit radargram wordt vervolgens geïnterpreteerd op de aanwezigheid van laag-scheidingen, objecten e.d.. <a href="http://www.Bodemrichtlijn.nl">www. Bodemrichtlijn.nl</a>
Te meten parameter	Reflectietijd in nanoseconden. Deze wordt omgerekend naar diepte in meters.
Directe of indirecte meting	Directe meting. De metingen kunnen als dwarsprofielen, het radargram, worden weergegeven. Daarin zijn reflectoren herkenbaar. Met verificatiemetingen zijn deze direct te herleiden tot de onderzijde van de afdeklaag. Afhankelijk van de situatie zijn de reflectoren lateraal te volgen.
Uit meting af te leiden bodemeigen-schap	Overgangen van lagen met verschillende diëlektrische constanten. Als deze laagovergangen voldoende abrupt zijn, leidt dit tot contrasten die in het radargram visueel herkenbaar zijn.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek.
Dieptebereik	Afhankelijk van de meetvariant tot meer dan 1 m. Het vochtgehalte in de bodem (grondwaterstand, kleigehalte) kan de kwaliteit van de metingen negatief beïnvloeden.
Onderscheidend vermogen	Afhankelijk van bodemomstandigheden en heterogeniteit van de diepte van de onderzijde van de afdeklaag en aantal verificatiemetingen is de betrouwbaarheid typisch enkele centimeters.
Toepasbaarheid	Toepasbaar indien het te onderzoeken terrein begaanbaar is voor de meetwagen én het onderscheid tussen de specifieke afdeklaag en het stortmateriaal op de locatie duidelijk genoeg is waar te nemen ('abrupte overgang' aanwezig).
Aanbeveling voor toepassing	Primaire techniek* om vlakdekkende metingen uit te voeren.
Praktische punten van belang voor toepassing	Het uitvoeren van testmetingen om de toepassing en het onderscheidend vermogen van de techniek onder de lokale omstandigheden te toetsen. Vooral bij grotere onderzoeken wordt een testmeting aanbevolen. Het uitvoeren van ondersteunende metingen (zie andere technieksheets) en verificatiemetingen (bijvoorbeeld handboringen of handsonderingen) om de reflectoren in het radargram te ijken. Het aantal verificatiemetingen wordt proefondervindelijk vastgesteld en mede afgestemd op het gewenste onderscheidend vermogen.

\* Primaire techniek: een techniek waarmee in de basis de dikte van de deklaag wordt bepaald. Aanvullende informatie uit ander soortige metingen zal de kwaliteit van de interpretatie van deze techniek verbeteren.



Techniek	2. Gammaspectrometer
Variant (indien van toepassing)	-
Algemene techniek-beschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Metingen geven een beeld van de ondiepe bodemsamenstelling (o.a. kleigehalte) en de chemische kwaliteit. <a href="http://www.bodemrichtlijn.nl">www.bodemrichtlijn.nl</a>
Te meten parameter	Mate van straling door radioactieve stoffen in de bodem.
Directe of indirecte meting	Indirecte meting. Mate van straling heeft veelal niet een directe relatie met de dikte van de deklaag.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Bulkdichtheid, Kleigehalte, bodemtextuur.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek. Toepassing voor stortlichamen en afdekklagen in beginfase.
Algemene beschrijving	De gammaspectrometer meet de radioactieve straling uit de grond die van nature voorkomt. Verschillende mineralen en bodemtypen kunnen worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties radioactieve stoffen. Dit verschijnsel noemt men de 'radiometrische vingerafdruk' van een mineraal. De vingerafdruk kan worden gekoppeld aan verschillende eigenschappen van de grond (bijvoorbeeld de zware metaalconcentratie, korrelgrootte, de textuur, de mineraalsamenstelling). Met behulp van de correlatie kunnen de radiometrische data vertaald worden, wat resulteert in een gebiedsdekkende kaart met de gewenste bodemeigenschap.
Dieptebereik	Tot maximaal 30 cm.
Onderscheidend vermogen	De diepte van de onderzijde van de deklaag kan niet met deze metingen worden vastgesteld. De metingen geven wel indirecte informatie van de bodemopbouw. Met deze metingen zijn mogelijk relatief eenvoudig zones aan te geven waar dempingen zijn uitgevoerd. Met de metingen worden verschillen van de bodemtextuur, te herleiden tot oorspronkelijke bodem en opgebrachte bodem in beeld gebracht. Dit geeft indirecte informatie of een verdachte locatie ook werkelijk een demping bevat. Dit zal de interpretatie van de grondradarmetingen verbeteren.
Toepasbaarheid	Geen belangrijke punten te benoemen.
Aanbeveling voor toepassing	Ter ondersteuning van metingen met een primaire meettechniek.
Praktische punten van belang voor toepassing	Als de gammaspectrometer on-the-go kan worden meegenomen bij de uitvoering van een primaire techniek voor vlakdekkende metingen, dan kan tegen relatief lage kosten vlakdekkende informatie worden verzameld ter ondersteuning van die primaire metingen. Hiermee kan met meer zekerheid een uitspraak over de deklaag worden gedaan.

Techniek	3. Elektrische weerstandsmetingen
Variant (indien van toepassing)	ERT ('sleep'-uitvoering)
Algemene techniekbeschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Een kabel met een viertal elektroden wordt al rijdend over het land getrokken. Met een tweetal elektroden wordt een elektrische stroom de grond in gestuurd. Met twee meetelektroden wordt het spanningsverschil gemeten. Dit spanningsverschil geeft aanwijzingen over de gemiddelde elektrische bodemweerstand in een bulkvolume grond onder de elektroden. Laterale verschillen van weerstand geven aanwijzingen over de verschillende bodemeigenschappen. <a href="http://www.bodemrichtlijn.nl">www.bodemrichtlijn.nl</a>
Te meten parameter	Galvanische bodemweerstand
Directe of indirecte meting	Indirecte meting. Bodemweerstand is van meerdere bodemeigenschappen afhankelijk.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Verschillen in bodemsamenstelling (kleigehalte), vochtgehalte of de aanwezigheid van geleidende objecten.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek. Toepassing voor stortlichamen en afdekklagen in beginfase.
Dieptebereik	Afhankelijk van de spoelafstand tot meer dan 1 m.
Onderscheidend vermogen	De diepte van de onderzijde van de deklaag kan niet met deze metingen worden vastgesteld. De metingen geven wel indirecte informatie van de bodemopbouw en vochtgehalte. Met deze metingen zijn mogelijk relatief eenvoudige zones aan te geven met gelijke opbouw. Met de metingen worden verschillen in beeld gebracht. Dit zal de interpretatie van de primaire meettechniek verbeteren.
Toepasbaarheid	Geen belangrijke punten te benoemen.
Aanbeveling voor toepassing	Ter ondersteuning van metingen met een primaire meettechniek.
Praktische punten van belang voor toepassing	Als de meetopstelling on-the-go kan worden meegenomen bij de uitvoering van een primaire techniek voor vlakdekkende metingen, dan kan tegen relatief lage kosten vlakdekkende informatie worden verzameld ter ondersteuning van die primaire metingen. Hiermee kan met meer zekerheid een uitspraak over de deklaag worden gedaan.

Techniek	4. Elektromagnetische metingen
Variant (indien van toepassing)	FDEM
Algemene techniek-beschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Een aantal elektromagnetische spoelen wordt al rijdend op enige hoogte over het land getrokken. Met de zendspoel wordt een elektromagnetische veld in de grond gestuurd. De 'terugkomende' golf wordt met de ontvangstspoelen die op verschillende afstanden van de zendspoel zitten opgenomen. De gemeten verschillen tussen de spoelen geven aanwijzingen over de (schijnbare) elektrische bodemweerstand (capacitatie) op verschillende diepten. Zie verder op <a href="http://www.bodemrichtlijn.nl">www.bodemrichtlijn.nl</a>
Te meten parameter	Galvanische bodemweerstand.
Directe of indirecte meting	Indirecte meting. Bodemweerstand is van meerdere bodemeigenschappen afhankelijk.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Verschillen in bodemsamenstelling (kleigehalte), vochtgehalte of de aanwezigheid van geleidende objecten.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek. Toepassing voor stortlichamen en afdekkingen in beginfase.
Dieptebereik	Afhankelijk van de spoelafstand tot enkele meters.
Onderscheidend vermogen	De diepte van de onderzijde van de deklaag kan niet direct met deze metingen worden vastgesteld. De metingen geven wel indirecte informatie van de bodemopbouw en vochtgehalte. Met deze metingen zijn mogelijk relatief eenvoudig zones aan te geven met gelijke opbouw. Met de metingen worden verschillen in beeld gebracht. Dit zal de interpretatie van de primaire meettechniek verbeteren.
Toepasbaarheid	Niet toepasbaar in de buurt van ijzeren hekken, schikdraad, hoogspanningsleidingen en andere zaken die de elektromagnetische golven beïnvloeden.
Aanbeveling voor toepassing	Ter ondersteuning van metingen met een primaire meettechniek.
Praktische punten van belang voor toepassing	Als de meetopstelling on-the-go kan worden meegenomen bij de uitvoering van een primaire techniek voor vlakdekkende metingen, dan kan tegen relatief lage kosten vlakdekkende informatie worden verzameld ter ondersteuning van die primaire metingen. Hiermee kan met meer zekerheid een uitspraak over de deklaag worden gedaan.

Techniek	5. Remote sensing
Variant (indien van toepassing)	Hoogtemetingen. Dergelijke metingen zijn vanuit drones of vliegtuigen te meten (satellietmetingen worden hier niet beschouwd vanwege onvoldoende nauwkeurigheid).
Algemene techniekbeschrijving en link naar Bodemrichtlijn	De meest toegepaste technieken zijn 1) Lidar (lasermetingen) en 2) fotogrammetrie. Afhankelijk van de gebruikte techniek, GPS systeem, verwerkingssoftware en vooral ook terreinomstandigheden (zie ook hieronder bij 'Toepasbaarheid') is een nauwkeurigheid mogelijk van $\pm 10$ mm horizontaal en $\pm 25$ mm verticaal. Zie verder op <a href="http://www.bodemrichtlijn.nl">www.bodemrichtlijn.nl</a>
Te meten parameter	Maaiveldhoogte.
Directe of indirecte meting	Indirecte meting. Veranderingen van de maaiveldhoogte in de tijd geven mogelijk indirecte informatie over de ligging van een stortlichaam en de (veranderingen in) dikte van de afdeklaag.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Mate van zetting, klink of inspoeling van de afdeklaag.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek voor 3D-kartering.
Dieptebereik	-
Onderscheidend vermogen	De dikte van de deklaag kan niet met deze metingen worden vastgesteld. Veranderingen in de dikte kunnen wel vastgesteld worden, mits het omliggende land en het stortlichaam niet klinken. Met deze metingen zijn relatief eenvoudig zones aan te geven waar het maaiveld is gedaald. Met de metingen worden verschillen in beeld gebracht.
Toepasbaarheid	Niet toepasbaar indien er begroeiing, bebouwing of objecten op of over de afdeklaag aanwezig zijn. Afhankelijk van het gewenste schaalniveau van de metingen kan een keuze voor een drone (een of enkele percelen) of anders een vliegtuig (groot gebied) worden gemaakt.
Aanbeveling voor toepassing	Voor het efficiënter inzetten van metingen met een meettechniek waarmee op de grond de dikte van de afdeklaag vastgesteld kan worden. Vanuit de lucht worden zones geïdentificeerd waar het maaiveld op de stortplaats (ten opzichte van het omliggende land) is gedaald. Hier kunnen gerichte metingen worden uitgevoerd om de dikte van de afdeklaag te bepalen.
Praktische punten van belang voor toepassing	Stem met de opdrachtgever af hoe wordt omgegaan met de hierboven aangegeven punten over de toepasbaarheid. Beperkingen ten aanzien van vliegen.