

## **PILOT VOORLANDOPLOSSING HOUTRIBDIJK GUIDELINE AANLEG**

RWS/ECOSHAPE-STUURGROEP PILOT HOUTRIBDIJK

30 maart 2016

078680471:A - Definitief

C03041.003128.0100

*File: BwN\_pilot\_Houtribdijk-Guideline\_Aanleg.docx*



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu





# Inhoud

<b>Samenvatting</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>8</b>
1.1 Algemeen .....	8
1.2 Achtergrondinfo pilot Houtribdijk .....	9
1.3 Leeswijzer .....	10
1.4 Totstandkoming .....	11
<b>2 Ontwerp, uitvoering en contract</b> .....	<b>12</b>
2.1 Inleiding .....	12
2.2 Illustratie samenhang .....	12
<b>3 Overzicht typen maatregelen</b> .....	<b>16</b>
3.1 Inleiding .....	16
3.2 Type 1 - Waarborging veiligheid .....	16
3.3 Type 2 - Onderhoudslaag en onderhoud beperkende constructies .....	16
3.4 Type 3 - Constructies en werken t.b.v. mitigatie en compensatie .....	17
3.5 Type 4 - Aanvullende maatregelen t.b.v. medegebruik .....	17
3.6 Bijkomende overwegingen .....	17
<b>4 Reken, ontwerp en aanlegprofiel</b> .....	<b>18</b>
4.1 Inleiding .....	18
4.2 Achtergrond .....	19
4.3 Van ontwerpprofiel naar aanlegprofiel .....	20
4.4 Onderscheid naar functionele toplaag en ophooglaag .....	20
4.5 Mogelijkheden gebruik ophooglaag .....	21
4.6 Opschalen en eigen winning .....	22
<b>5 Efficiënte inzet grondstromen</b> .....	<b>23</b>
5.1 Inleiding .....	23
5.2 Opbouw en mogelijke aanlegwijzen .....	23
5.3 Omgaan met fracties .....	23
5.4 Bodemopbouw IJsselmeergebied .....	24
5.5 Mogelijke baggerschema's .....	25
<b>6 Inzet van dekgrond binnen project</b> .....	<b>27</b>
6.1 Inleiding .....	27
6.2 Inzet als onderdeel van de constructie .....	27
6.3 Onderzoigen .....	27
6.4 Gebruik depots .....	28
<b>7 Efficiënte aanleg en uitvoering</b> .....	<b>29</b>
7.1 Inleiding .....	29
7.2 Inzet materieel .....	29

7.3	Rekening houden met aanlegverliezen.....	29
7.4	Rekening houden met zetting .....	30
7.5	Rekening houden met effecten op natuur .....	31
<b>8</b>	<b>Vergunningverlening en MER .....</b>	<b>32</b>
8.1	Inleiding.....	32
8.2	Zoekgebieden voor winning .....	32
8.3	Omvang en volume zandwinning.....	33
8.4	Opties openhouden voor bergen van dekgrond .....	33
8.5	Archeologisch onderzoek .....	34
8.6	Inzet en depot mogelijkheden voor dekgrond.....	34
8.7	Vertroebeling bij aanleg.....	34
8.8	Volcontinu werken .....	35
8.9	Aanstromsnelheid .....	35
8.10	Tijdig starten met benodigde inventarisaties.....	35
8.11	Verplaatsen beschermde diersoorten vooraf aan de aanleg .....	36
<b>9</b>	<b>Contractuele aspecten .....</b>	<b>37</b>
9.1	Inleiding.....	37
9.2	Met en zonder aansluitend onderhoud .....	37
9.3	Vrijheidsgraden en eisen aan ontwerp en uitvoering .....	38
9.4	Bewijsvoering voor het ontwerp.....	39
9.5	Specifieke eisen bij oplevering .....	39
9.6	Liefst lange uitvoeringstijd.....	39
	<b>Literatuur.....</b>	<b>41</b>



# Samenvatting

In aanvulling op de in het voorjaar van 2015 beschikbaar gestelde 'lessons-learned' van de aanleg van de proefsectie (EcoShape, 2015b), is nu ook een leidraad aanleg opgesteld.

Deze leidraad gaat in op aspecten waarmee rekening moet worden gehouden bij de aanleg van een zachte versterking, ofwel een versterking met een grondlichaam. Het gaat daarbij om de relatie maar ook verschillen tussen wat er wordt uitgerekend en hoe dat kan worden aangelegd, maar ook hoe de wijze van uitvoering weer van invloed kan zijn op het ontwerp.

Een belangrijk onderwerp is, naast natuurlijk de inpassing in de omgeving, ook hoe ontwerp en grondstromen met elkaar samenhangen en wat daarbij onder andere in termen van effecten en vergunningsvoorwaarden komt kijken. Ook de wijze waarop de aanleg het beste in een contract kan worden gezet vraagt de nodige aandacht, vooral als er sprake is van onzekerheden wat betreft zetting en morfologische ontwikkeling van het profiel. Beheer en onderhoud zijn immers vaak een zorgpunt voor de dijkbeheerder en verdienen ook een plaats in dit overzicht.

Parallel aan het opstellen van deze guideline is ook gewerkt aan een guideline voor het vergunningenproces (EcoShape, 2016a). Waar relevant wordt er naar deze notitie verwezen.

De notitie begint met een korte beschouwing over de *pilot Houtribdijk* en de daaruit volgende aandachtspunten. Hierbij is ook aangegeven wat de verschillen zullen zijn tussen een dergelijke kleinschalige aanleg en de realisatie van een veel grotere zandige versterkingsopgave (zie Paragraaf 1.2).

Aansluitend is eerst aandacht gegeven aan de *onderlinge samenhang* tussen de voornaamste onderwerpen, namelijk het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van een zandige versterking. Het onderlinge verband hangt direct samen met het feit dat een natuurlijke kering wordt gebouwd met grond en dat de kosten vooral afhankelijk zijn van de wijze van uitvoering en de beschikbaarheid van grond (zie Hoofdstuk 2). Een illustratief overzicht van deze relaties is gegeven in Tabel 1 op pagina 13 waarin enkele verbanden worden gelegd tussen ontwerp, aanleg en onderhoud (in de verschillende kolommen) en hoe deze relateren aan veiligheid, grondstromen medegebruik, MER, vergunningen en contract (in de verschillende rijen van deze tabel).

Bij de aanleg van een zandige versterking is het goed om expliciet onderscheid te maken tussen *vier typen maatregelen*, namelijk de waarborging van de veiligheid, de onderhoudslaag en onderhoud beperkende constructies, de constructies en werken ten behoeve van mitigatie en compensatie en als vierde de aanvullende maatregelen ten behoeve van het voorziene medegebruik (zie Hoofdstuk 3).

Voor wat betreft de *vormgeving van het dwarsprofiel* kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende soorten profielen. Het gaat daarbij om het rekenprofiel, het ontwerpprofiel, het aanlegprofiel en het dynamische evenwichtprofiel. Deze worden in deze guideline op hoofdlijnen behandeld maar komen in de nog op te stellen 'guideline ontwerp' nog uitgebreider aan bod (zie Hoofdstuk 4).

De voor de aanleg benodigde/mogelijke/beschikbare *grondstromen* spelen een belangrijke rol in het ontwerp en zijn bepalend voor de met een zandige versterking samenhangende kosten. Aandachtspunten zijn hierbij de opbouw en mogelijke aanlegwijzen en de inzet van verschillende zandfracties. Ook wordt

hierbij nog aandacht besteed aan de bodemopbouw binnen het IJsselmeergebied en de mogelijke baggerschema's (zie Hoofdstuk 5).

Bij versterkingen in het IJsselmeergebied op basis van een eigen zandwinning komt ook een groot volume aan dekgrond vrij. Hoe met deze *dekgrond* om te gaan, constructief aanwenden, omputten of inzetten voor natuurontwikkeling, is een belangrijke keuze in het ontwerpproces (Hoofdstuk 6).

De wijze van *aanleg en uitvoering* is afhankelijk van de grondstromen en de inzet van materieel. Verder spelen ook de optredende verliezen en de effecten van zettingen van de ondergrond een belangrijke rol en moet er bovendien rekening worden gehouden met de effecten op de natuur (Hoofdstuk 7).

De benodigde voorbereidingen hebben betrekking op het aanvragen van vergunningen en het opstellen van een MER. Aandachtspunten daarbij zijn de locatie en omvang van de zandwinning, het beschouwen van archeologische en natuurwaarden, maar ook de tijdens de aanleg optredende vertroebeling. Verder moet er op voorhand rekening worden gehouden met bijvoorbeeld de mogelijkheden voor het bergen van dekgrond (Hoofdstuk 8).

De contractuele aspecten vormen een belangrijk aandachtspunt. Er moet daarbij worden gezocht naar een voldoende ruimte voor de opdrachtnemer voor de uitvoering, ontwerprijheid binnen een kader van minimale ontwerptechnische eisen en vergunningsvoorwaarden en de juiste prikkels voor het realiseren van een potentiële win-win voor natuur, landschap en medegebruik (Hoofdstuk 9).

# 1 Inleiding

## 1.1 ALGEMEEN

In het kader van het bij de Pilot Houtribdijk vastgestelde werkprogramma (EcoShape, 2015a) is in een eerdere EcoShape-rapportage ingegaan op de ervaringen tijdens deze aanleg en de aandachtspunten (lessons learned) die dit oplevert. Hierbij is dus voornamelijk terug gekeken op hoe het voor de aanleg van de proefsectie is gegaan (EcoShape, 2015c).

Parallel hieraan is ook al gekeken naar de tijdens het vergunningenproces opgedane ervaringen (EcoShape, 2015b) en is er inmiddels ook een eerste versie van een guideline vergunningen opgesteld (EcoShape, 2016a).

Naast de formulering van deze twee guidelines wordt ook gewerkt aan de meer inhoudelijke rapportages welke zijn gericht op de morfologische aspecten en de rol die vegetatie kan spelen bij toetsing en ontwerp van zandige keringen (EcoShape, 2016b).<sup>1</sup>

### *Ontwikkeling guideline aanleg*

In de voorliggende rapportage is invulling gegeven aan een 'guideline aanleg' die een opsomming geeft van aandachtspunten waarmee bij de aanleg van zandige vooroeveroplossingen rekening moet worden gehouden. Daarbij is ook expliciet aandacht gegeven aan de samenhang tussen ontwerp, uitvoering en contract.

De aanleg van een zachte versterking vraagt vooral om grondwerk. Bij voorkeur zijn hierbij de beschikbaarheid van voldoende grond, de wijze van uitvoering en het ontwerp goed op elkaar afgestemd, dit met de nodige waarborgen voor wat minimaal nodig is voor veiligheid en voor het beperken van onderhoud en negatieve natuureffecten. De keuze van een zachte kering wordt naast de veiligheidsfunctie en de omgeving waar deze moet worden ingepast, mede ingegeven door de mogelijkheden die een zandig talud biedt voor natuurontwikkeling (o.a. in de vorm van land-water overgangen) en recreatie. Voor deze laatste aspecten gelden geen minimum eisen, maar is er impliciet wel een inspanningsverplichting nodig om de potenties te benutten waar deze aanwezig zijn.

### *Aansluiting op/overlap met andere guidelines*

Gegeven het feit dat de aanleg nauw samenhangt met zowel het ontwerp als het beheer- en onderhoud van een zandige versterking is in deze 'guideline aanleg' ook reeds informatie opgenomen die in een later stadium nog te formuleren 'guideline ontwerp' en 'guideline beheer' en onderhoud een plaats zal krijgen. Ook is er in de voorliggende guideline een directe link gelegd (en enige overleg) met de gelijktijdig beschikbaar gestelde 'guideline vergunningen' (EcoShape, 2016a).

---

<sup>1</sup> Deze rapportages zijn ook beschikbaar op de EcoShape-internet site: [http://www.ecoshape.nl/nl\\_NL/houtribdijk.html](http://www.ecoshape.nl/nl_NL/houtribdijk.html)



## 1.2 ACHTERGRONDINFO PILOT HOUTRIBDIJK

Belangrijk onderdeel van de pilot 'Voorlandoplossing Houtribdijk' was de aanleg van de proefsectie zoals deze in de periode juli tot september 2014 door DE Combinatie (samenwerkingsverband tussen van Oord en Boskalis) is gerealiseerd. De aanleg van de pilot wijkt echter op veel punten af van de aanlegwijze van de versterkingsprojecten die nu op stapel staan. Vanuit deze andere projecten wordt daarom ook geput om aanbevelingen te doen. Onderstaand is eerst een korte schets gegeven van het pilot project.

De pilot Voorlandoplossing Houtribdijk bestaat uit de aanleg van een proefsectie inclusief monitoringsprogramma, data analyse en het opstellen van toets- en ontwerptools. Het doel van deze tot voorjaar 2018 lopende pilot is het bevorderen van de toepassing van zandige versterkingen voor dijken met 'milde' golfcondities, om zo te komen tot een goedkopere realisatie van een toetsbare 'onderhoudsarme' waterkering. Het samenwerkingsverband tussen van Oord en Boskalis (DE Combinatie) is verantwoordelijk voor de aanleg van deze proefsectie. Er is een damwand van 141 meter loodrecht op de Houtribdijk geplaatst waar zand tegen aan verwerkt is. De damwand is op de dijk aangesloten door hiertussen geocontainers te plaatsen. Deze containers worden bijeen gehouden door een geotextiel waarop stortsteen geplaatst is.

De driehoekige proefsectie is in 5 vakken verdeeld. De eerste twee vakken hadden een ontwerptalud van 1:30 en de laatste drie vakken 1:25. Vakken 2 en 3 zijn in het bovenwater talud met holocene grond ingemengd. Verder zijn er zes zakbakens geplaatst om de zetting van de ondergrond te meten.

Onderaannemer van Schaik heeft een rijsmatconstructie aangelegd van 1.600 m<sup>2</sup> op de grens van vak 3 en 4. Deze constructie bestaat uit een wiepenrooster (gebundelde wilgentakken) met hiertussen een kokosmat. Na het strooien van vruchtbare grond zijn hierop rietplanten geplant. Dit zinkstuk is omringd door palen zodat het zinkstuk bij een waterstandverhoging en golven tijdens een storm niet wegdrijft.

Tot slot heeft van Schaik een stuifscherm van 400 meter aangebracht en heeft Deltares een monitoringmast geïnstalleerd op de damwand.

Relevante informatie is opgenomen zowel in het opleverdossier (DE Combinatie, 2014a) en het eindewerkrapport (DE Combinatie, 2014b). De lessons-learned zijn samengebracht in een reeds beschikbaar gesteld EcoShape-rapport (EcoShape, 2015c).

### *Specifieke aandachtspunten*

In de EcoShape-pilot is gekeken naar:

- De aanleg van een *steiler profiel* en de daaropvolgende natuurlijke ontwikkeling als gevolg van golfslag. Het aanleggen een steiler profiel is vaak kosten-effectiever en voorkomt ook dat onnodig veel volume in het onderste deel van het profiel wordt geplaatst.
- De ontwikkeling van *vegetatie*, al dan niet geholpen door aanplant, bescherming en beregening. De eerste indruk tot nu toe is dat op geëxposeerde oevers de vegetatie moeilijk vanzelf op gang komt.
- *Verstuiving* waarvoor als onderdeel van de pilot een stuifscherm is aangelegd. Deze bleek in combinatie met een grotendeels onbegroeid talud maar net voldoende om het zand binnen de pilot te houden.

De aanleg van de pilot vond plaats op een moment dat geen mitigerende maatregelen nodig waren met oog op vogels. Ook voor vertroebeling zijn geen mitigerende maatregelen getroffen en er is niet gemeten aan vertroebeling. Tijdens de aanleg van het talud was wel een slibpluim herkenbaar maar deze is niet bemeten.

Punt van aandacht tijdens de aanleg was ook de golfslag. Deze was op deze locatie in het Markermeer aanzienlijk en was mede aanleiding voor de aannemer om tijdens de aanlegfase enkele luwtepontons afgemeerd aan palen neer te leggen, zodat zandschepen in de luwte konden worden gelost. Algemeen is de indruk dat, zeker aan de Markermeerzijde, alleen goed door gewerkt kan worden met wat groter en zwaarder materieel. Werkhandelingen die het regelmatig aansluiten op een leiding, of laden en lossen nodig maken, worden sterk beïnvloed door weerscondities.

Vanwege de beperkte schaal van de proefsectie zijn ook enkele uitvoeringsaspecten niet nader beschouwd, zoals:

- Grootschalig inzetten en wegzetten van de deklaag in combinatie met lokaal winnen;
- Beheersen en mitigeren van vertroebeling bij grootschalige werken.

Hierbij spelen volgende aandachtspunten:

- Het verschil tussen ontwerpprofiel en aanlegprofiel; omdat niet precies kan worden aangelegd waarmee wordt gerekend en uiteindelijk zijn het natuurlijke processen die bepalen welk dynamisch evenwichtsprofiel tot stand komt. Dit is in de pilot onderzocht.
- De efficiënte inzet van beschikbare grondstromen, met aandacht voor de opbouw van het profiel wat betreft (zand) fracties, combinaties met dekgrond e.d. en de gevolgen daarvan voor het ontwerp. In de pilot is alleen gekeken naar de inzet van dekgrond in de wortellaag. De constructieve aanwending in het profiel en ook andere vormen van aanwenden van dekgrond bijvoorbeeld voor natuurontwikkeling zijn niet beschouwd. Voor het laatste kan worden verwezen naar het proefeiland van NMIJ en de aanleg van Marker Wadden die voorjaar 2016 start.
- Een efficiënte uitvoering waarbij transportafstanden klein worden gehouden en het aantal uren dat baggermateriaal moet worden ingezet; Dit is niet nader beschouwd omdat de pilot met zand vanuit een exploitatie in het IJsselmeer is aangelegd en niet vanuit een eigen winning.
- De wijze waarop rekening kan worden gehouden met zetting ook in relatie tot het benodigde onderhoud. De pilot is gelegen op een plek met weinig zetting. Hoe met zetting tijdens aanleg, bij voorbeeld door laagsgewijs aanbrengen van materiaal, kan worden omgegaan is niet nader onderzocht. Wel is gekeken naar de omvang van de zetting tijdens en na aanleg.
- De wijze waarop rekening kan worden gehouden met effecten op natuur en natuurwetgeving. Vanwege het kleine volume kon de pilot in korte tijd worden aangelegd in een periode die niet kritisch is voor watervogels. Vanwege het kleine volume is ook niet gekeken naar de ontwikkeling van slibpluimen tijdens de aanleg.

De EcoShape-pilot is aangelegd met grond uit een commerciële exploitatie in het IJsselmeer. Voor de aanleg was maar een relatief klein volume nodig (orde 70.000 m<sup>3</sup>).

Bij de daadwerkelijke aanleg van een zachte versterking moet rekening worden gehouden met de mogelijkheden van een eigen winning, het direct plaatsen van grond in het profiel, combinatie mogelijkheden met de inzet van dekgrond e.d.

### 1.3 LEESWIJZER

In de voorliggende rapportage komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Samenhang ontwerp, aanleg/uitvoering en contract (Hoofdstuk 2);
- Een overzicht van de typen maatregelen binnen een zandige versterking (Hoofdstuk 3);
- De vormgeving van het dwarsprofiel (Hoofdstuk 4);
- De voor de aanleg benodigde/mogelijke grondstromen (Hoofdstuk 5);
- Het gebruik van de holocene dekgrond als bijvoorbeeld een toplaat (Hoofdstuk 6);

- De wijze van aanleg en uitvoering (Hoofdstuk 7);
- De benodigde voorbereidingen, zoals het aanvragen van vergunningen en het opstellen van een MER (Hoofdstuk 8);
- De contractuele aspecten (Hoofdstuk 9).

Feitelijke hangen de vormgeving van het dwarsprofiel, de grondstromen inclusief het gebruik van holocene dekgrond en de wijze van aanleg en uitvoering sterk met elkaar samen. Omwille van de overzichtelijkheid zijn deze onderdelen echter wel in losse hoofdstukken uitgewerkt.

Bij de in Hoofdstuk 8 beschreven vergunningsproblematiek moet rekening worden gehouden met deze interacties en zullen de uitwerkingen initieel ruim moeten worden ingestoken. Dit laatste hangt ook samen met de in het laatste hoofdstuk beschreven contractuele aspecten.

## 1.4 TOTSTANDKOMING

Bij opstellen van dit memo zijn de ervaringen betrokken van o.a. Jasper Fiselier (RHDHV) en Dries Hof (Boskalis). Henk Steetzel was verantwoordelijk voor de eindredactie.

Het voorliggende rapport is daarbij het resultaat van meerdere conceptversies welke inhoudelijk een steeds meer gedetailleerde invulling gaven aan de doelstelling van de rapportage.

De laatste conceptversie van deze rapportage is na behandeling in het zogenaamde afstemmingsoverleg nog door diverse partijen van commentaar voorzien. In de voorliggende versie zijn ook de aldus opgedane inzichten verwerkt.

# 2 Ontwerp, uitvoering en contract

## 2.1 INLEIDING

Uit de resultaten van de pilot en de aanvullend beschouwde projecten komt naar voren dat rekening moet worden gehouden met een sterke onderlinge relatie tussen ontwerp, uitvoering en contractzaken. Ofschoon deze onderwerpen in de volgende hoofdstukken een voor een worden behandeld, is het goed om deze samenhang op voorhand goed te benadrukken.

Het onderlinge verband hangt direct samen met het feit dat een natuurlijke kering wordt gebouwd met grond.

Ter toelichting kunnen de volgende relaties worden genoemd.

- De kosten en effecten van grondverzet hangen sterk af van de gekozen uitvoeringswijze. De wijze van uitvoering is anderzijds weer sterk afhankelijk van de inzet van materieel en materiaal door de aannemer en natuurlijk de beschikbaarheid van grond.  
Een enigszins kosteneffectief ontwerp zal zoveel mogelijk gebaseerd zijn op de beschikbare grondstromen. Bij projecten in het bijvoorbeeld het Markermeer betekent dit ook dat binnen het ontwerp een plek moet worden gevonden voor zogenaamde dekgrond (zie ook Hoofdstuk 6).
- Het dwarsprofiel dat wordt aangelegd, verandert met de tijd als gevolg van zetting en morfologische processen. Een kosteneffectief ontwerp houdt reeds rekening met het onderhoud in de jaren na aanleg en daarnaast moet bij aanleg ook rekening worden gehouden met verwachte zetting over meerdere jaren (zie ook Hoofdstuk 4)
- Het profiel vormt een landwater overgang waarvan het beheer rekening dient te houden met meerdere functies. Daarbij kunnen functioneel onder andere het waarborgen van veiligheid met grond en constructies, onderhoud en constructies ten behoeve van de instandhouding van veiligheid en verplichte mitigatie en compensatie en werkzaamheden ten behoeve van andere functies worden onderscheiden.

De onder het laatste kopje genoemde functies zijn gekoppeld aan de verschillende typen maatregelen (zandhoeveelheden en/of constructies) en worden in het volgende hoofdstuk nog iets uitgebreider toegelicht (zie Hoofdstuk 3).

## 2.2 ILLUSTRATIE SAMENHANG

Deze samenhang is ook inzichtelijk gemaakt in Tabel 1 waarin enkele verbanden kunnen worden gelegd tussen de basisstappen ontwerp, aanleg en onderhoud (in de verschillende kolommen) en hoe dat relateert aan onderwerpen als veiligheid, grondstromen medegebruik, MER, vergunningen en contract (in de verschillende rijen van deze tabel).

	Ontwerp	Aanleg	Onderhoud
Veiligheid	Benodigd volume in het profiel hangt mede af van de beschikbare D50 voor de functionele toplaag.	Is gericht op een minimaal volume en een bepaalde D50 in de functionele toplaag. Bij aanleg moet integriteit van dijk en veiligheid zijn gewaarborgd.	Is primair gericht op het regelmatig herstel van de onderhoudslaag, liefst met gebiedseigen materiaal.
Aanleg/algemeen		De golfcondities kunnen dusdanig zijn dat bij inzet van kleiner baggermaterieel extra voorzieningen nodig zijn, of dat rekening moet worden gehouden met fors werkverlet.	
Grondstromen	De mate en wijze waarop dekgrond en zand beschikbaar zijn, bepalen mede het ontwerp. Als veel dekgrond vrijkomt bij het winnen, moet mogelijk ook veel dekgrond een plaats krijgen in het ontwerp. Dit kan mogelijk constructief en in de vorm van een depot dat ook een functie kan vervullen als natuur-ontwikkelingsgebied.	Bij aanleg wordt gezocht naar het zoveel mogelijk nuttig aanwenden van dekgrond, constructief dan wel in de vorm van een meerwaarde.	Er wordt rekening gehouden met toekomstig onderhoudsvolume bijvoorbeeld door winputten niet volledig uit te nutten tijdens de aanleg. Op plaatsen waar naar verwachting het onderhoud alleen mogelijk is met dure m <sup>3</sup> kan gekozen worden voor een onderhoudslaag met een langere functionele levensduur.
Hergebruik breuksteen	Aard en volume van mogelijk vrijkomende breuksteen is medebepalend voor het ontwerp van constructies.	Is gericht op het zoveel mogelijk hergebruiken van breuksteen. Hiermee moet ook in de fasering van het werk rekening mee worden gehouden.	Constructies worden zoveel mogelijk gebruikt om onderhoud van het zandige profiel te beperken en zelf zoveel mogelijk onderhoudsarm ontworpen.
Medegebruik	Vormen van medegebruik die geen risico vormen voor de vergunningverlening kunnen worden geïntegreerd. Andere vormen kunnen alleen worden gefaciliteerd.	Er kan gezocht worden naar combinatie tussen voor de aanleg nodige voorzieningen (werkterreinen e.d.) en de invulling voor toekomstig medegebruik.	Onderhoud aan faciliteiten voor andere functies vallen niet onder HWBP behalve waar het compensatie en mitigatie betreft die inherent onderdeel zijn van de te realiseren versterking.
MER	Het ontwerp van het veiligheidsprofiel heeft een beperkte bandbreedte afhankelijk van de inzet van beschikbaar zand. Wat betreft de zandwinning is aandacht nodig voor de effecten op natuur. Deze kunnen mede de inkadering van een zoekgebied bepalen. Dit laatste geldt ook voor mogelijke archeologische waarden. Het ontwerp van constructies en de wijze waarop dekgrond wordt ingezet kent een grotere bandbreedte die met het MER mogelijk moet worden gemaakt.	De wijze van uitvoering vraagt om een initieel grote bandbreedte. Voor zandwinning kunnen zoekgebieden worden onderscheiden en dat geldt ook voor het inpassen van het mogelijke gebruik van dekgrond.	Effecten van onderhoud worden in het MER beschreven, maar zullen kleiner zijn dan die bij aanleg. Wel moet hierbij rekening worden gehouden met eventueel ook na aanleg ontstane nieuwe natuurwaarden.
Vergunningen	De ontgrondingvergunning is gebaseerd op een maximaal volume en te ontgronden oppervlak binnen een zoekgebied.	Er wordt aangegeven waar en wanneer werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Ook kunnen specifieke eisen worden gesteld aan de mate waarin vertroebeling mag optreden.	In Natura 2000 gebieden is het mogelijk om onderhoudswerkzaamheden op te nemen als onderdeel van de beheersmaatregelen.
Contract	Er wordt zoveel mogelijk met functionele specificaties gewerkt. Het volume nodig voor veiligheid wordt veel concreter omschreven.	Het is zaak om vergunningseisen een op een op te nemen in het PVE-onderdeel van het contract.	Bij voorkeur wordt ook het aansluitend onderhoud voor een deel in het contract meegenomen.

Tabel 1 Overzicht samenhang tussen ontwerp, aanleg en onderhoud.

Onderstaand is nog een korte toelichting en kanttekeningen op een deel van de inhoud van deze tabel gegeven.

### ***Veiligheid***

Het volume dat, als onderdeel van het veiligheidsprofiel, nodig is voor het waarborgen van de veiligheid hangt af van de D50 van het beschikbare zand. Hoe fijner het zand hoe meer zand nodig is.

Ook kan er een minimale D50 worden geëist voor de functionele topklaag. Dit is de laag die bij benadering boven de 'closure depth' is gelegen. De morfologische ontwikkeling van de proefsectie laat zien dat op deze locatie in het Markermeer deze 'closure depth' mogelijk rond de NAP -1 meter is gelegen. Mogelijk ligt deze 'closure depth' op andere locaties op een iets andere hoogte in het profiel.

De reden om een minimale D50 te eisen, heeft mede te maken met het feit dat de meeste morfologische transportmodellen bij kleinere D50 een steeds grotere onzekerheid kennen. Bovendien is het aandeel aan echt fijnere fractie, zeg kleiner dan 100 µm, bij een kleinere D50 per definitie groter. Dit is ongunstig omdat een groot deel van deze fijnere fractie verspoelt bij erosie van het profiel, hetgeen weer tot ongewenste extra onzekerheid in het aanwezige volume kan leiden.

Er kunnen door de dijkbeheerder eisen worden gesteld aan werken aan de dijk in het stormseizoen. Hiermee moet terdege rekening worden gehouden als bijvoorbeeld eerst de op het dijkwal aanwezige breuksteen wordt verwijderd met oog op hergebruik. In de praktijk betekent dit vaak dat binnen een dag een gat dat zo ontstaat in de bekleding volwaardig moet kunnen worden afgedekt met zand. Dit kan gevolgen hebben vooral ingeval men (met oog op zetting) laagsgewijs zand/grond wenst aan te brengen. Vooral in relatie met voor vogel kwetsbare perioden kan dit plaatselijk van grote invloed zijn op het uitvoeringsplanning. Welke eisen op welk moment in het jaar aan het werken aan de dijk worden gesteld moet van geval tot geval met de desbetreffende dijkbeheerder worden besproken en vastgesteld.

### ***Aanleg***

Het Markermeer en IJsselmeer zijn weliswaar binnenwateren, maar de aanleg van de pilot Houtribdijk heeft laten zien dat het zelfs in de zomermaanden op het Markermeer flink kan spoken. Bij de keuze van het materieel dat wordt ingezet, zal een aannemer hier terdege rekening mee moeten houden. Er is een daarbij een impliciete voorkeur voor de inzet van zwaardere baggermaterieel. Ook is er waarschijnlijk minder werkverlet als het zand in een keer vanuit de winning in het profiel kan worden gebracht. Er hoeft in dat geval niet te worden gekoppeld, iets wat bij zwaardere golfslag niet goed meer mogelijk is.

### ***Grondstromen***

Ook met oog op toekomstig onderhoud is het wenselijk dat hiervoor zand in de directe omgeving van de te versterken dijk beschikbaar is. Dit kan onder andere door reeds bij de aanleg van de aannemer te eisen dat hij een zandwininput zo oplevert dat hierin nog in een later stadium nog steeds een bepaald volume aan geschikt zand op eenvoudige wijze gewonnen kan worden.

### ***Hergebruik breuksteen***

Op de meeste dijken langs Markermeer en IJsselmeer is een teenbekleding aanwezig die bestaat uit breuksteen. Bij een zachte versterking, die tegen de dijk aan wordt gelegd, wordt deze breuksteen volledig afgedekt en verliest zo zijn functie. Deze breuksteen kan daarom ook worden verwijderd en worden ingezet voor de aanleg van constructies waarmee men het onderhoud kan beperken, zoals strekdammen en vooroeverdammen.

In algemene zin is hergebruik van breuksteen beter mogelijk als harde constructies vooral functioneel worden uitgevraagd. Ook kan het helpen om waar functioneel mogelijk contractueel meer differentiatie

toe te staan in de inzetbare steensorteringen op basis van aanvullende onderbouwing en berekeningen. Dit maakt het mogelijk om een nog groter deel van het breuksteen constructief in te zetten.

### ***Medegebruik***

Een zandig profiel kan dienen als strand voor recreatie en als land-waterovergang voor natuur. Afhankelijk van situatie en scope wordt door HWBP-projecten al dan niet gekeken naar de mogelijkheden om andere functies mee te koppelen. Dit medegebruik mag daarbij echter geen risico opleveren voor de vergunningverlening. Daar waar recreatief medegebruik tot significant negatieve effecten kan leiden bijvoorbeeld als gevolg van verstoring van natuur door kitesurfen, kan recreatie beter buiten de scope van het versterkingsproject worden gehouden. Met de aanleg van het zandlichaam wordt recreatie in principe wel mogelijk gemaakt, maar als gebruik niet expliciet benoemd. Het recreatief medegebruik kan dan het beste in een parallelle procedure apart vergunbaar worden gemaakt.

Afhankelijk van de situatie kan het nodig zijn om voor de aanleg bepaalde werkterreinen in te richten. Deze werkterreinen kunnen soms na aanleg een functie krijgen voor medegebruik. De kosten voor bijvoorbeeld recreatiefaciliteiten kunnen zo voor een deel worden verkleind. Dit vraagt echter om een strakke afstemming in het contract.

### ***MER***

Bij de effectbeschrijving in het MER wordt gebruik gemaakt van een bandbreedte waarbinnen een groot deel van de denkbare ontwerpen en uitvoeringswijzen passen.

De aan te houden bandbreedte heeft daarbij betrekking op:

- de plaats, de diepte en het volume aan zand dat wordt gewonnen en of dat in een of meerdere winputten geschiedt;
- de verhouding en wijze waarop de dekgrond nuttig wordt aangewend dan wel wordt omgeput en
- de snelheid waarmee werkzaamheden in de tijd en gelijktijdig worden uitgevoerd mede met oog op het bepalen van de daarmee samenhangende verstoring.

Voornoemde bandbreedten resulteren in een bandbreedte in effecten. Het is daarbij zaak zo ruim mogelijk te gaan voor het faciliteren van de uitvoering, maar daarbij significant negatieve effecten wel bij voorbaat uit te sluiten. Mocht gedurende het proces van effectbeschrijving blijken dat er potentieel negatieve effecten op kunnen treden, dan dient of de bandbreedte in de uitvoering te worden verkleind, of concrete aanvullende maatregelen te worden getroffen om de negatieve effecten afdoende te mitigeren.

### ***Vergunningen***

Effecten waarvoor geldt dat ze of maar moeilijk zijn te voorspellen of waarvoor geldt dat ze sterk afhankelijk zijn van de uitvoering kunnen mogelijk worden gelimiteerd in de uitvoering door hieraan vergunningstechnische eisen te stellen.

# 3

## Overzicht typen maatregelen

### 3.1 INLEIDING

Bij de aanleg van een zandig versterking is het goed om expliciet onderscheid te maken tussen vier typen van maatregelen, namelijk:

- Waarborging veiligheid;
- Onderhoudslaag en onderhoud beperkende constructies;
- Constructies en werken t.b.v. mitigatie en compensatie;
- Aanvullende maatregelen t.b.v. medegebruik.

### 3.2 TYPE 1 - WAARBORGING VEILIGHEID

Dit gaat zowel om het zand als de constructies die nodig zijn voor de waarborgen van de veiligheid tijdens maatgevende omstandigheden. Deze kunnen het beste concreet als ontwerp worden uitgewerkt.

Dit kan aan de hand van een Programma Van Eisen (PVE) door het opleggen van concrete eisen, zoals minimaal volume en D50 of op onderdelen via functionele eisen, zoals ten aanzien van de zettingscompensatie, materiaal keuze en opbouw van constructies.

De constructies die nodig voor het waarborgen van de veiligheid worden ontworpen op maatgevende condities waarbij al dan niet rekening wordt gehouden met een bepaalde (voorgeschreven) zichttermijn.

### 3.3 TYPE 2 - ONDERHOUDSLAAG EN ONDERHOUD BEPERKENDE CONSTRUCTIES

De onderhoudslaag en onderhoud beperkende constructies kunnen functioneel worden gespecificeerd, waardoor er vrijheidsgraden zijn in de wijze waarop het onderhoud wordt beperkt of welk volume afhankelijk van de fractie hiervoor wordt ingezet.

Dit leidt binnen het PVE tot functionele eisen ten aanzien van bijvoorbeeld de relatie tussen D50, volume, ligging (met een minimum voor het waarborgen van afdoende mitigatie en compensatie), ontwerp en materiaalgebruik van onderhoudsdammen.

De constructies die dienen voor het beperken van het onderhoud worden afgestemd op een (met aanwezige breuksteen) haalbare of anderszins vastgestelde maatgevende condities. Mede in overleg met de dijkbeheerder wordt bepaald welke eisen daarbij worden gesteld aan constructies die primair dienen voor het beperken van het onderhoud.



### 3.4 TYPE 3 - CONSTRUCTIES EN WERKEN T.B.V. MITIGATIE EN COMPENSATIE

Constructies en werken die vanwege mitigatie of compensatie direct samenhangen met de versterking mogen daarom ook niet als aanvullende maatregelen worden gezien. Hiervoor geldt in principe een instandhoudingsverplichting ten laste van het HWBP.

Zo mogelijk worden deze maatregelen bij voorkeur gecombineerd met maatregelen die gunstig zijn voor het onderhoud. In het PVE zijn deze functioneel voorgeschreven met vooral een minimum oppervlak aan te realiseren habitats.

Het is dan ook logisch om de hydraulische eisen voor deze constructies gelijk te schakelen met die voor het onderhoud.

### 3.5 TYPE 4 - AANVULLENDE MAATREGELEN T.B.V. MEDEGEBRUIK

Dit betreft aanvullende maatregelen die gericht zijn op het mogelijk maken van medegebruik of extra natuurontwikkeling. Beheer en onderhoud en mogelijk ook de financiering zijn voor derden.

Dit kan contractueel bijvoorbeeld worden vertaald in een BVP-component waarin een richtinggevende inpassingsvisie functioneel is gespecificeerd. Deze functionele specificaties kunnen aan de hand van schetsen nader worden toegelicht. Constructies die onderdeel zijn van aanvullende maatregelen, zoals luwtedammen, kunnen worden gedimensioneerd op bijvoorbeeld de 1/50 per jaar omstandigheden, dat is niet per se nodig. De keuze is aan de partijen die financieren en beheersverantwoordelijkheid hiervoor nemen.

Men kan voor aanvullende maatregelen namelijk ook een beheers- en ontwikkelingsfilosofie aanhouden die niet uitgaat van het volledige behoud van bij aanleg gerealiseerde habitats.

### 3.6 BIJKOMENDE OVERWEGINGEN

#### *Onderscheid in lagen*

Daarnaast kan er nog een expliciet onderscheid gemaakt tussen materiaal dat boven de 'closure depth' (bijvoorbeeld het NAP-1 m niveau) in de functionele toplaag wordt aangebracht en materiaal dat onder 'closure depth' als zogenaamde 'ophooglaag' wordt aangebracht (zie ook Paragraaf 4.4).

Voor de functionele laag kan een minimum D50 worden geëist, als waarborg dat er voldoende volume aanwezig is voor het waarborgen van de veiligheid. Wat betreft de onderhoudslaag kan gekozen worden voor een ruimere bandbreedte aan inzetbare D50. Voor de opbouw van de ophooglaag mag dan in principe ook dekgrond constructief worden gebruikt, onder voorwaarde dat afdoende wordt aangetoond dat deze constructief voldoet en dat voldoende rekening is gehouden met de totaal som van zetting en consolidatie voor het bepalen van de overhoogte die in het profiel aanwezig moet zijn.

#### *Tijdsrestricties*

De meeste HWBP projecten zijn gekoppeld aan harde deadlines die maar beperkt tijd laten aan de aanleg. Dit beperkt de mogelijkheden voor een aannemer om gedurende het werk nog te experimenteren, bijvoorbeeld met de inzet van dekgrond als onderdeel van de ophooglaag. Een beperkte uitvoeringstijd vraagt ook een grotere inzet van materieel en werkt vaak kostenverhogend (zie ook Paragraaf 9.6). Daarnaast moet ook rekening worden gehouden met beperkingen die gelden vanwege verstoring-gevoelige natuur en ook de eisen die de dijkbeheerder aan het werken aan de dijk stelt.

# 4

## Reken, ontwerp en aanlegprofiel

### 4.1 INLEIDING

Bij ontwerp en aanleg van een zachte versterking kan voor wat betreft het dwarsprofiel onderscheid worden gemaakt tussen verschillende profielen.

Te noemen zijn:

- Het rekenprofiel;
- Het ontwerpprofiel;
- Het aanlegprofiel;
- Het dynamische evenwichtsprofiel.

#### *Het rekenprofiel en volume*

De profielvorm welke in- en output vormt van rekenmodellen en waarmee wordt bepaald hoeveel volume netto in het profiel aanwezig moet zijn voor maatgevende condities en voor het compenseren van mogelijke erosieverliezen. In deze profielen wordt geen rekening gehouden met zetting en het aantal jaren onderhoudslaag dat men wil aanbrengen. Ook wordt veelal maar beperkt rekening gehouden met het dynamische evenwichtsprofiel dat zal ontstaan.

#### *Het ontwerpprofiel en volume*

Dit profiel is het somtotaal van het zand dat nodig is voor de onderdelen stormtoeslag, onderhoudslaag en veiligheidsprofiel. Hierin zijn meegenomen de functionele levensduur van de onderhoudslaag, de positie van onderhoudslaag (boven de 'closure depth') en stormtoeslag in het profiel en het extra volume dat nodig is om het zand op de juiste hoogte in het profiel beschikbaar te houden. In dit profiel is nog geen rekening gehouden met de zetting.

#### *Het aanlegprofiel en volume*

Dit profiel geeft ruimte aan het ontwerpvolume inclusief zetting waarbij rekening wordt gehouden met de uitvoeringswijze en een onderscheid naar ophooglaag en functionele topklaag.

#### *Het dynamische evenwichtsprofiel*

Dit is het profiel dat ontstaat na aanleg van het aanlegprofiel onder invloed van golven en vegetatie. Dit dynamische evenwichtsprofiel vormt in wezen de uitgangssituatie vooraf aan het optreden van maatgevende condities en dient eigenlijk te worden gebruikt als input voor rekenwerk aan maatgevende condities.

## 4.2 ACHTERGROND

Opgemerkt moet worden dat deze uitwerking een meer definitieve vorm zal gaan krijgen in de in een later stadium nog op te stellen 'guideline ontwerp'. Vanwege de directe relatie met de aanleg zal de (in ontwikkeling zijnde) hoofdlijn van de ontwerpfilosofie toch kort worden geschetst.

Duinen en stranden vormen van oudsher een zachte versterking aan de kust. Bij de recente versterkingsprojecten aan de kust zijn stranden en duinen verbreed en soms ook verhoogd om voldoende volume in het afslagprofiel te brengen. De werkwijze is daarbij meestal dat gekeken wordt hoeveel extra zand nodig is bij maatgevende omstandigheden en er wordt doorgaans een ontwerpprofiel afgeleid door het aanwezige dynamische evenwichtsprofiel voldoende zeewaarts te schuiven. Daar waar sprake is van een kromming in de kust wordt daarbij rekening gehouden met een extra opslag of wordt aan de hand van aanvullende berekeningen de effecten van een gradiënt in langstransport bepaald. Voor deze werkwijze zijn leidraden ontwikkeld die voldoende houvast bij het ontwerpproces bieden.

Voor het ontwerp van zachte versterkingen langs de grote binnenwateren bieden de huidige leidraden nog onvoldoende houvast.

### *Veiligheidsprofiel en stormtoeslag*

Voor een zachte versterking is een volume nodig dat wordt bepaald aan de hand van afslagberekeningen tijdens maatgevende omstandigheden. Hierbij kan worden gekeken naar de ontwikkeling van het dwarsprofiel en het volume dat gelegen is onder het afslagprofiel dat ontstaat bij maatgevende omstandigheden.

Daarnaast wordt gekeken naar het effect van langstransport dat kan ontstaan bij maatgevende condities. De combinatie van beide bepaald het minimale volume dat netto in het profiel aanwezig moet zijn om een maatgevende storm te kunnen keren.

Het eerste volume kan worden aangeduid als veiligheidsprofiel of -volume en het tweede volume als een stormtoeslag.

Het ontwerp van een zachte versterking is gebaseerd op berekeningen die worden gedaan aan ideaaltypische rekenprofielen. Deze berekeningen gaan uit van profielen tijdens maatgevende omstandigheden of profielen die ontstaan naar verloop van tijd onder inwerking van natuurlijke processen, zoals de ontwikkeling van een 'swash-bar'.

Langs IJsselmeer en Markermeer zijn vrijwel geen natuurlijke stranden aanwezig die inzicht geven in het dynamische evenwichtsprofiel dat kan ontstaan:

- Langs de Friese kust komen enkele natuurlijke stranden voor, maar die zijn gelegen achter omvangrijke brede en ondiepe vooroeverzones, die ontbreken ingeval een dijk zacht wordt versterkt.
- Langs de Noord-Hollandse kust, o.a. langs het Markermeer, komen kleinere beschut gelegen natuurlijke stranden voor. Deze bestaan vrijwel uitsluitend uit schelpen en zijn evenmin representatief voor de situatie na versterking van een dijk met zand.
- Op enkele plaatsen komen recreatiestranden voor, maar ook deze zijn beschut gelegen, vaak zelfs achter een vooroeverdam en zijn ook weinig representatief voor de strandvorm die verwacht mag worden als een dijk met zand wordt versterkt.
- Op meerdere plaatsen o.a. op het Enkhuizerzand aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk komen ondiepten voor de dijk voor op circa NAP-1 meter. Er ontwikkelen zich echter van nature geen stranden, mogelijk omdat de combinatie van golfklimaat en dijk voorkomt dat zich ondiepe delen ontwikkelen.

De EcoShape-pilot is daarmee het enige strand dat voldoende representatief is. Echter de proefsectie ligt er slechts kort en het is nog niet duidelijk of het profiel dat zich heeft gevormd ook echt al een dynamisch evenwicht heeft bereikt. De tot dusver waargenomen morfologische processen en profielontwikkeling geeft richting aan wat als dynamisch evenwichtsprofiel verwacht mag worden, maar zeker nog geen eindbeeld.

### 4.3 VAN ONTWERPPROFIEL NAAR AANLEGPROFIEL

Een ontwerpprofiel, ook als dat is gebaseerd op een natuurlijk evenwichtsprofiel is geen profiel dat eenvoudig kan worden aangelegd. Dat is ook niet nodig, want de natuurlijke processen bepalen uiteindelijk hoe een profiel eruit komt te zien. Om deze reden is ook in de pilot gekeken naar de ontwikkeling van een enigszins steiler profiel dat wel eenvoudig kan worden aangelegd.

Van belang is wel dat bij aanleg voldoende volume aanwezig is om het dynamische evenwichtsprofiel te kunnen vormen en ook het maatgevende profiel. De ontwerpprofielen dienen dan ook vooral om een netto volume uit te rekenen dat boven een bepaalde hoogte (met name boven de 'closure depth' voor gemiddelde en maatgevende condities) in het profiel aanwezig moet zijn.

De berekeningen geven een netto volume. Bij aanleg moet echter ook rekening worden gehouden met zetting, welke niet in de morfologische modellen is meegenomen. Ook gaan morfologische modellen uit van een gesloten materiaal/zand balans. In de praktijk kan vooral de fijne fractie (zeg kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ ) uit het balansgebied verdwijnen door stroming en zo op een positie in het profiel belanden waarvan het niet meer terug kan komen in het functioneel relevante deel van het profiel. Op dit moment is niet bekend welke fractie van het zand makkelijk naar dieper water verdwijnt. Mogelijk dat toekomstige D50 bepalingen in het profiel van de pilot daar meer inzicht in gaan geven.

De omrekening van een netto naar een bruto volume is locatie-specifiek en voor wat betreft zetting ook afhankelijk van de uitvoeringswijze.

### 4.4 ONDERSCHIED NAAR FUNCTIONELE TOPLAAG EN OPHOOGLAAG

Bij de berekeningen van het benodigde volume wordt een bepaalde fractie verondersteld. Aan de kust gebeurt dat door te kijken naar de langs de kust aanwezige zandfracties. Uitgangspunt hier is dat een vergelijkbare fractie wordt gesuppleerd. De mediane fractie langs de kust varieert daarbij tussen 180  $\mu\text{m}$  en ongeveer 250  $\mu\text{m}$ . Deze fracties zijn bepaald op basis van historische boringen. Aan de hand van de aanwezige fractie wordt doorgaans ook een minimale fractie bepaald van het suppletiezand. Voor versterkingen van de dijken langs IJsselmeer en Markermeer kan niet terug worden gevallen op een aanwezige fractie. De beschikbare fractie moet daartoe worden afgeleid uit de putten waaruit het zand afkomstig is.

Voor de aanleg kan om praktische redenen onderscheid worden gemaakt naar:

- Een functionele toplaag: dit is het zand dat in contact komt met de golven bij maatgevende en gemiddelde condities en/of de ontwikkeling van een aanlegprofiel naar een dynamische evenwichtsprofiel.
- De ophooglaag: dit is het lager aangebrachte zand dat niet in contact komt met de golven.

De profielontwikkeling aan de pilot geven nog geen antwoord op de vraag of de 'closure depth' voor maatgevende en gemiddelde condities samenvalt. Tot dusver vindt vrijwel alle erosie van het profiel plaats boven de NAP -1 meter lijn. De indruk bestaat dat voor deze locatie de diepte tot waar de golven

zand in beweging brengen, de golfhoogte en de peilopzet zo samenhangen dat golven vrijwel altijd tot dezelfde diepte reiken. Het is mogelijk dat de pilot wat deze observatie betreft niet representatief is voor andere locaties.

Bij de meeste recente kustversterkingsprojecten is een dergelijk onderscheid niet gemaakt. Voor suppletieprojecten is dat duidelijk omdat vrijwel al het zand dat wordt aangelegd uiteindelijk ook door de golven wordt meegenomen. Voor versterkingsprojecten waarbij o.a. de duinen zijn verbreed is dat ook logisch omdat het deel dat extra wordt aangelegd, doorgaans ook afslaat bij maatgevende condities.

Bij de aanleg van een geheel nieuw zandig profiel is dit onderscheid wel wezenlijk. Er zijn ook langs de Noord-Hollandse kust twee voorbeelden aanwezig:

- Tweede Maasvlakte: een deel van de buitenrand van de Tweede Maasvlakte is uitgevoerd met zand. Hierbij is een onderscheid gemaakt naar een kern en een bovenlaag.
- Hondsbossche en Pettemer Zeewering: ook hierbij is een onderscheid gemaakt naar een kern en een toplaag. De fijnere fracties zijn daarbij geplaatst in de kern en de grovere fracties bovenin.

In beide gevallen is op basis van enkele voorwaarden bepaald waar de scheidslijn ligt tussen kern/ophooglaag en functionele toplaag. Bepalend hiervoor is de verwachte ligging van de afslaglijn na maatgevende condities en voor een profiel waarvoor vrijwel geen slijtlaag meer aanwezig is.

Het bepalen van de scheidslijn is daarmee locatieafhankelijk en vraagt maatwerk. Bovendien moet ook een voor de aannemer en bij toetsing een liefst eenvoudig te hanteren definitie worden gebruikt.

Men kan er voor kiezen om ook boven de 'closure depth' nog een onderscheid te maken naar een toplaag en een kern. Er zijn verschillende redenen om hier niet voor te kiezen.

De redenen hiervoor zijn:

- Het volume dat boven de 'closure depth' nog als kern kan worden aangemerkt is klein, vooral als rekening wordt gehouden met een minimaal 1 meter dikke functionele toplaag die overal aan het oppervlak aanwezig moet zijn;
- Een op deze wijze onderscheiden kern is door de aannemer eigenlijk niet praktisch te realiseren. Naar verwachting zal een aannemer het ophoog zand vooral met een sproeiponton aanleggen, waardoor een onderscheid op een bepaalde hoogte in het profiel het meest werkbaar is.

Uiteindelijk is van belang dat in de verticaal een scheidslijn kan worden getrokken daar waar naar verwachting de 'closure depth' is gelegen. Hierbij moet worden gekeken naar de maximale diepte bij maatgevende, maar ook bij normale condities.

## 4.5 MOGELIJKHEDEN GEBRUIK OPHOOGLAAG

Het onderscheid tussen functionele toplaag en ophooglaag is voor projecten langs het IJsselmeer en Markermeer wezenlijk en van grote invloed op de aanlegwijze en uiteindelijk ook op de kosten. Deze benaderingswijze maakt het mogelijk om de profiel opbouw te starten met fijne zanden, bijvoorbeeld uit de top van het Holoceen ingeval van een winning op het Enkhuizerzand, of de top van het Pleistoceen. De grenslijn tussen functionele toplaag en ophooglaag bepaalt dan de verhouding waarin fijn zand kan worden ingezet. Dit heeft weer consequenties voor de minimale winddiepte, de keuze van het materieel dat wordt ingezet en meer.

Voor een versterking is de verhouding fijn zand/grof zand kritisch vooral als een minimale fractie in de functionele toplaag wordt geëist. Dit komt omdat het grovere zand vaak pas op grotere diepte aanwezig is. De aannemer heeft meer mogelijkheden als er verhoudingsgewijs veel fijn zand kan worden ingezet

Er kan in de ophooglaag ook dekgrond constructief worden ingezet. Zoals aangegeven is niet bekend in welke verhouding dit mogelijk kan zijn. Bij inzet van een cutter treedt in ieder geval een bepaalde menging op, op het raakvlak van klei en zandlagen. Afhankelijk van de locatie komen ook in de holocene deklaag al beperkt zandlagen voor die worden ingemengd. Hoe meer dekgrond constructief kan worden aangewend in de ophooglaag, hoe minder dekgrond te worden afgevoerd, hetgeen weer tot een sterke vermindering in kosten leidt.

#### 4.6 OPSCHALEN EN EIGEN WINNING

De pilot Houtribdijk is aangelegd met een klein volume zand afkomstig uit een winput uit het IJsselmeer. Zand is aangevoerd met een beunbak en via een kraan op ponton en een bakkenzuiger naar de aan te leggen proefsectie gebracht. Dit is een aanlegwijze met meerdere werkhandelingen. Vanwege het kleine volume waren ook de mobilisatie- en demobilisatie kosten relatief hoog per m<sup>3</sup> waardoor de aanleg van de proefsectie relatief duur was.

Bij een groter werk zijn meerdere variabelen:

- Het groter volume maakt de inzet van groter materieel mogelijk;
- Een eigen put maakt een andere aanlegwijze mogelijk;
- Een eigen winning vraagt om een oplossing voor de deklaag;
- De omvang vraagt ook een handige fasering in werkzaamheden waarbij ook rekening wordt gehouden met voor verstoring gevoelige natuur.

# 5

## Efficiënte inzet grondstromen

### 5.1 INLEIDING

Bij de opstart van de EcoShape-pilot is gekeken naar de mogelijkheden om meerdere innovatieve uitvoeringswijzen te beproeven, zoals de constructieve inzet van dekgrond als onderdeel van het profiel. Vanwege de schaal was een eigen winput voor de pilot niet aan de orde. Veel mogelijke innovaties konden daarom niet worden beproefd. Ook werd geschat dat het aandeel dekgrond in het profiel te klein zou zijn, wat weer samen hing met het krappe ontwerp van de pilot, waarbij uit is gegaan van een lage aansluithoogte op de dijk.

### 5.2 OPBOUW EN MOGELIJKE AANLEGWIJZEN

Langs de kust maar ook in het IJsselmeergebied wordt zand gewonnen in putten die een verticale laagopbouw kennen. In verschillende lagen komen verschillende fracties voor. Afhankelijk van de wijze van winning worden deze lagen afzonderlijk gewonnen of worden deze juist bij inzet van een steekzuiger gemengd. Vanwege de aanwezige dekgrond zal bij een eigen winning altijd met een cutter worden gewerkt. Of vervolgens moet worden overgestapt op een steekzuiger hangt af van de diepte tot waar men moet winnen om een voldoende groot volume met een minimale D50 te kunnen winnen. Onder de dekgrond komt vaak eerst nog een laag fijnere pleistocene zanden voor. Zand met een D50 groter dan 250 µm ligt vaak dieper dan NAP -20 meter.

Op zee wordt daarbij vanwege de grote transport afstanden gewerkt met een sleeppopperzuiger. Deze sleeppopperzuiger brengt het zand naar de kust in het beun en vervolgens wordt dit zand of geklapt op de vooroever, ge-rainbowed op de vooroever of door middel van een leiding op het strand of tot in de duinen geperst. Deze werkwijze ligt voor projecten in het IJsselmeergebied minder voor de hand als gewerkt kan worden met een eigen winning. Wel is het mogelijk dat een deel van het benodigde volume wordt aangevoerd vanuit een bestaande exploitatie, bijvoorbeeld omdat men eerst zand nodig heeft om een locatie in te richten waar men de dekgrond in kan brengen die vrijkomt bij het graven van een eigen winput.

### 5.3 OMGAAN MET FRACTIES

Bij suppletieprojecten aan de kust wordt uitgegaan van een bandbreedte in fracties, niet te fijn en ook niet te grof zodat natuurlijke duinvorming mogelijk blijft. Door de wijze van aanleg is er sprake van een keten van opvolgende processen die van invloed zijn op de uiteindelijke fractie die in het profiel belandt.

In dit verband zijn te noemen:

- Bij winning treedt menging op van lagen. Dit leidt tot een mengsel waarvan de D50 op basis van fracties en volume aandeel berekend kan worden;

- Bij het vullen van de beun gaat een groot deel van de fijnste fractie over boord. Dit leidt tot een iets hogere D50 van het zand dat in het beun;
- Bij klappen gaat mogelijk nog een klein deel en bij rainbowen een groter deel van de fijnere fractie mee met golven en stroming. Ook bij walpersen verdwijnt nog een deel van de fijnste fractie mee met het perswater, golven en stroming. Ook bij het aanbrengen van het zand neemt de D50 iets toe.

Er is daarom geen directe relatie tussen de D50 van het zand dat wordt gewonnen en de D50 van het zand in het profiel. Aannemers hebben hiermee ervaring en kunnen schatten wat de uiteindelijke D50 in het werk zal zijn.

Bij suppletieprojecten worden aannemers doorgaans afgerekend op de beuninhoud en niet op het zand dat in profiel wordt gebracht. Ook wordt niet specifiek naar de aangebrachte fractie gekeken voor zover die binnen de aangegeven bandbreedte ligt.

Bij versterkingsprojecten speelt de fractie een grotere rol. In projecten zoals de Maasvlakte 2, waar voor een deel is gewerkt met een zachte kering en ook in het project Hondsbossche en Pettemer Zeewering is ook op fractie ontworpen. De fijnere fractie die beschikbaar is, is hierbij dieper in het profiel gebracht, buiten bereik van de golfwerking, ook bij maatgevende condities. Gezien deze positie worden geen specifieke minimum eisen aan dit deel van de zandaanvulling gesteld.

Daarbovenop is een functionele toplaag gelegen waarvan de fractie in interactie met golven en stroming van grote invloed is op de helling van het evenwichtsprofiel, het dwars- en langstransport en daarmee op het totale volume dat aanwezig moet zijn in het profiel.

## 5.4 BODEMOPBOUW IJSSELMEERGEBIED

De werkwijze in het IJsselmeergebied is anders maar het onderscheid tussen ophooglaag en functionele toplaag is hier ook relevant. Een belangrijk verschil met de situatie aan de Noordzeekust is dat de opbouw van de ondergrond niet alleen bestaat uit zand, maar dat ook sprake is van klei en zelfs veenlagen.

Er kunnen in het Markermeer twee verschillende soorten bodemopbouw worden onderscheiden afhankelijk van de positie ten opzichte van het Enkhuizerzand.

### *Buiten het Enkhuizerzand*

Buiten het Enkhuizerzand is doorgaans sprake van een deklaag van ongeconsolideerde zeelei, met inliggende leem, dunnere zandlagen en een veenlaag met wisselende dikte op de overgang naar het Pleistocene zand. Wat betreft het Pleistocene zand kan onderscheid worden gemaakt naar de bovenste 10 tot 15 meter dat vooral bestaat uit fijnere zanden en het daaronder gelegen grovere zanden. Ook op enkele plaatsen buiten het Enkhuizerzand kan men nog plekken met een zandige toplaag aantreffen, maar de omvang hiervan is beperkt.

### *Op het Enkhuizerzand*

Op het Enkhuizerzand is sprake van een laag Holocene fijne zanden tot 5 meter dik, gevolgd door 5 tot 7 meter dekgrond, bestaand uit ongeconsolideerde klei met leem, zand en veenlagen waaronder eerst weer 10 tot 15 meter fijn zand is gelegen gevolgd door grovere Pleistocene zanden. Het Holocene fijne zand is zo fijn dat het eigenlijk alleen geschikt is als ophooglaag en zeker niet als functionele toplaag.



Er komen echter ook profielen voor die ook tot grote diepte vooral fijne zanden hebben. Ook komen er plaatselijk dikkere leemlagen voor die een belemmering kunnen zijn voor de inzet van een steekzuiger, als ze te diep liggen voor een cutter om te doorboren.

Daarnaast moet rekening worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van archeologische vindplaatsen (zie ook archeologie).

## 5.5 MOGELIJKE BAGGERSHEMA'S

In het IJsselmeergebied zijn verschillende baggerschema's mogelijk, dit afhankelijk van het specifieke project.

### *EcoShape-pilot*

Voor de pilot van EcoShape is gewerkt met winning met een steekzuiger in een diepe put, de aanvoer van zand per beun, dat vervolgens met een bakkenzuiger via een persleiding in profiel is gebracht. Ook hierbij treedt ontmenging op en gaat een deel van de fijne fractie overboord bij het vullen van de beun. Deze werkwijze lijkt op het walpersen aan de kust. Er is voor de pilot vanwege het kleine volume niet voor een eigen winning gekozen maar voor het betrekken van het zand uit een concessie aan de IJsselmeerszijde. Mede vanwege de transportafstand, de meerdere werkhandelingen die nodig zijn om op deze wijze zand aan te brengen en vooral ook het kleine volume waren de kosten per m<sup>3</sup> in dit geval relatief hoog.

### *Aanleg Marker Wadden*

Bij Marker Wadden wordt naar verwachting een cutter ingezet voor het ontgraven van dekgrond en onderliggende pleistocene zanden. De zachte rand wordt in dit geval dus in hoofdzaak met Pleistoceen zand aangelegd. Het voordeel van de inzet van een grote cutter is dat veel zand kan worden verplaatst tegen lage kosten. Het nadeel van de inzet van een cutter is dat de maximale winddiepte beperkt blijft. Er kan op deze wijze maar beperkt (dieper gelegen) grover Pleistoceen zand worden gewonnen. Voor Marker Wadden is het mogelijk om het zachte talud zo aan te leggen dat de oriëntatie loodrecht op de overheersende windrichting staat. Op deze wijze kan ook bij inzet van fijner materiaal de erosie beperkt blijven. Dit is niet mogelijk bij het zacht versterken van dijk. Hierbij zal men de oriëntatie van de dijk moeten volgen en kan met de inzet van grover zand o.m. het onderhoud beperkt worden. Hierbij moet worden bedacht dat de zachte rand van Marker Wadden functioneel een luwte dam is en niet de veiligheid dient. Er worden daarom ook minder strenge eisen gesteld aan opbouw en gebruik van zand.

### *Versterkingsproject Houtribdijk*

Voor de versterking van de Houtribdijk worden wel hogere eisen aan het zand gesteld. Het betreft immers een veiligheidsproject en de inzet van grovere zanden geeft daarbij meer zekerheid en een robuuster ontwerp. Bovendien kan men niet zoals bij Marker Wadden een optimale oriëntatie kiezen. Door inzet van grover zand kan ook het onderhoud beperkt blijven. In dit geval zal een aannemer waarschijnlijk een combinatie inzetten van een cutter, voor het ontgraven van de dekgrond, en een steekzuiger.

### *Pilot Oermoeras*

In de pilot Oermoeras is gewerkt met randen die bestaan uit dammen met geotubes als kern en een bekleding van breuksteen. Er is dus geen sprake van een zachte rand. Wel geeft de pilot Oermoeras aanwijzingen voor het gedrag van dekgrond. Deze is in hoofdzaak met een transportband ingebracht. Doordat de dekgrond meerdere werkhandelingen heeft meegemaakt, was aan het einde toch sprake van een massa met weinig interne consistentie. Het bovenste deel van de grond dat boven waterpeil was gelegen is gerijpt, waarbij bij benadering hexagonale structuren zijn ontstaan. Dit leverde een vaste bovengrond met behoorlijke draagkracht en ook een goede wortellaag voor vegetatie. Doordat de rand

met de tijd steeds wat verder is onderuitgezakt, kunnen golven de gerijpte grond bereiken. Deze gerijpte grond blijkt makkelijk te eroderen, wat aangeeft dat een depot dat bestaat uit dekgrond altijd goed moet zijn afgeschermd.

We zien dus langs het Markermeer zeer verschillende baggerschema's. Zodra grotere volumes moet worden gewonnen heeft een eigen winning op korte afstand van het werk kostentechnische voordelen, ondanks het feit dat dan een deklaag moet worden afgevoerd (of in het werk moet worden ingezet).

# 6

## Inzet van dekgrond binnen project

### 6.1 INLEIDING

Ten aanzien van de inzet van de dekgrond zijn meerdere werkwijzen denkbaar:

- Meer dekgrond constructief inzetten als onderdeel van de ophooglaag;
- Minder dekgrond verplaatsen door te onderzuigen;
- Inrichting voorlanddepots voor berging van de dekgrond.

### 6.2 INZET ALS ONDERDEEL VAN DE CONSTRUCTIE

De dekgrond kan constructief worden ingezet als onderdeel van de ophooglaag door zand met deze dekgrond te mengen. Hiermee is er eigenlijk geen praktijk ervaring opgedaan.

In principe is dit voor de ophooglaag mogelijk maar niet bekend is welke verhouding dekgrond en zand nog werkbaar zal zijn.

Voor de functionele toplaag is een mengsel niet goed mogelijk. Het bijmengen van klei levert in theorie een mengsel op waarvan de mediane korrelgrootte veel kleiner is. Bovendien kan eigenlijk ook niet goed worden gerekend, getoetst en ontworpen met een mengsel.

Bij constructieve inzet van veel dekgrond zijn er meerdere aandachtspunten:

- Welke mengverhouding levert een voldoende constructief mengsel op, en kan daarbij ook wel veen worden meegemengd? Mogelijk dat veen bij voorbaat al kan worden uitgesloten.
- Is er wel sprake van een voldoende goede menging, bijvoorbeeld als over de gehele verticaal van een winput wordt gebrest, of moet rekening worden gehouden met een sterk verschillende samenstelling?
- Wat zijn de gevolgen voor de restzetting, is die ook zeer ongelijk en langdurig en hoe garandeer je dan dat voldoende volume aanwezig is in het profiel?
- Wat zijn de effecten van het persen van een mengsel, bijvoorbeeld door vertroebeling, aangezien eigenlijk een klei/slib zand mengsel wordt verplaatst?

### 6.3 ONDERZUIGEN

Door onderzuigen, valt de deklaag grotendeels terug in de put en blijft minder dekgrond over die een plaats moet krijgen. Hiermee is beperkt ervaring opgedaan o.a. bij het winnen van ophoogzand voor Almere. De producties liggen beduidend lager en er kan alleen maar met groot materieel worden gewerkt. Op dit moment wordt ook in de commerciële exploitaties in het IJsselmeergebied niet gewerkt met onderzuigen, waarschijnlijk omdat omputten per saldo kostenefficiënter is.

Hierbij zijn er volgende aandachtspunten:

- Bij welke laagdikte is onderzuigen nog een voldoende efficiënte methode?
- Wat zijn de gevolgen voor de productie, want deze is beduidend lager, en welke producties worden gehaald?

- Tot welke diepte is onderzuigen mogelijk? Waarschijnlijk is men aangewezen op een grote cutter en kan men mogelijk niet echt tot in het grovere Pleistocene zand winnen.

## 6.4 GEBRUIK DEPOTS

Met dekgrond kunnen depots worden ingericht die tevens dienen als voorland voor de zachte versterking, waarmee o.a. de omvang van het onderhoud kan worden teruggebracht in combinatie met natuurontwikkeling.

Ook hierbij spelen nog enkele niet beantwoorde vragen:

- Hoe gedraagt een dergelijk depot zich bij maatgevende condities en wat voor eisen moet men derhalve stellen aan de bovenlaag, zodat deze ook daadwerkelijk functioneert als voorland?
- Het depot dient mede ook als natuurlijk habitat. Welke eisen worden aan de aanleg gesteld, zodanig dat een waterbodem ontstaat die ook de groei van (water)planten goed mogelijk maakt?
- Welke eisen worden minimaal aan de depot dam gesteld, zodanig dat golven er maar beperkt door heen kunnen slaan en een alsnog gerijpte toplaag kunnen eroderen, een proces dat ook bij het pilot Oermeeras wordt waargenomen.

De meeste van de voornoemde vragen kunnen in de EcoShape pilot niet worden opgepakt, mede vanwege de schaal en het ontbreken van een eigen winning. Het is dus onduidelijk hoeveel dekgrond verplaatst moet worden of constructief ingezet kan worden. Voornoemde mogelijkheden geven potentiële kostenbesparingen aan die door een aannemer in zijn uitvoering kunnen worden gehaald. Het is derhalve zaak dat er voldoende contractuele vrijheid is om deze mogelijkheden te benutten en mogelijk ook voldoende tijd om deze te beproeven (zie Hoofdstuk 9).

# 7

## Efficiënte aanleg en uitvoering

### 7.1 INLEIDING

De efficiënte inzet van beschikbare grondstromen is een eerste stap naar een kosteneffectief ontwerp. Bij een efficiënte inzet moet daarnaast rekening worden gehouden met:

- Inzet materieel;
- Beschikbare grondstromen (zie ook Hoofdstuk 5);
- Perioden dat niet of moeilijk kan worden gewerkt vanwege natuur en recreatie;
- Hoe om te gaan met zetting?

### 7.2 INZET MATERIEEL

De pilot EcoShape ligt geëxposeerd voor de Houtribdijk. Een belangrijke conclusie uit de evaluatie van de aanleg van de pilot is dat het ingezette materieel te licht is geweest. Voor de aanleg van de pilot is gebruik gemaakt van een kleiner type bakkenzuiger afgeschermd door enkele luwtepontons. De werkcondities in het Markermeer kunnen worden vergeleken met de Waddenzee en vereisen zwaarder materieel. Het verlet door weer was behoorlijk hoog. Voor de echte versterkingsprojecten is meer voorbereidingstijd beschikbaar en kan gemakkelijker ook veel en ook kosten-effectiever en zwaarder materieel worden ingezet.

De pilot EcoShape kan wat betreft verplaatst volume beter worden vergeleken met het werk dat nodig kan zijn voor het toekomstig onderhoud aan een met grond/zand versterkte dijk.

Een ander punt van aandacht is de beperkte diepte op meerdere plaatsen langs de dijken van het Markermeer en IJsselmeer. Vooral op het Enkhuizerzand en voor de kust van Friesland en de kust van Noord-Holland is de bevaarbare waterdiepte vaak minder dan 2,5 meter. Deze diepte is niet belemmerend voor de inzet van bijvoorbeeld een sproeiponton maar wel voor de aanvoer van zand en stenen per beun.

### 7.3 REKENING HOUDEN MET AANLEGVERLIEZEN

Bij de aanleg van de pilot is meer zand aangevoerd dan aantoonbaar in het profiel kon worden teruggevonden.

Dit verlies kan meerdere oorzaken hebben gehad:

- Zetting: de zetting was beperkt, maar kan wel hebben bijgedragen aan minder netto kuubs in profiel gebracht ten opzichte van de uitgangssituatie.
- Verliezen door golven en stroming: ten tijde van de aanleg was er een zomerstorm. Mogelijk dat deze materiaal heeft meegenomen naar dieper water. Vooral de meest fijne fractie kan daarbij zijn meegevoerd.

- Verliezen van fijn materiaal doordat met een landleiding is gewerkt. Tijdens de aanleg was een beperkte slibpluim zichtbaar. Dit wijst erop dat tenminste een deel van de fijnste fractie met het proceswater mee is afgevoerd.
- Verschil dichtheden zand in beun en in profiel. Doorgaans wordt een beun gevuld met overvloed, waardoor hoge dichtheden worden bereikt.

Aan de zetting is doorgaans niet zoveel te doen.

## 7.4 REKENING HOUDEN MET ZETTING

Zetting speelt bij suppleties en versterkingswerken aan de kust niet tot nauwelijks een rol. Dit komt omdat grotendeels gesuppleerd wordt op voorbelaste taluds. Het strand was al eerder gesuppleerd en de duinen lagen op de meeste plaatsen vroeger ook verder zeewaarts. Bij de aanleg van een nieuw profiel is dat anders. Vooral in het IJsselmeergebied komt op veel plaatsen een ondergrond voor die tot veel zetting kan leiden. Zo kan de verwachte zetting oplopen tot meer dan 100% aan de Noord-Hollandse kust.

Met zetting wordt feitelijk een verlaging van het maaiveld bedoeld. Deze verlaging is een somtotaal van zetting van de ondergrond als gevolg van bovenbelasting maar ook consolidatie van het aangebrachte materiaal. Boven water kan ook nog rijping bijdragen aan een verlaging van het maaiveld. Dit laatste speelt vooral bij de aanleg van depots met dekgrond. De pilot oermoeras heeft laten zien dat bij inzet van geotubes ook nog rekening moet worden gehouden met vervorming, waardoor de hoogte van de randen van de pilot lager werd.

Zetting leidt tot meerdere aandachtspunten:

- Met oog op de veiligheid moet wel een minimaal volume worden geborgd bij oplevering van het project. Dit betekent dat op basis van gegevens ondergrond en zettingsberekeningen moet worden geschat hoeveel overhoogte moet worden aangebracht.
- In principe kan de zettingscompensatie worden gezien als onderdeel van de ophooglaag. Het schatten van de zetting is daarbij mede van invloed op de verhouding waarmee o.a. fijne zanden of een mengsel van dekgrond en zand kan worden ingezet als ophooglaag.
- Grotere zettingen zijn ook van invloed op de uitvoeringswijze. Bij zeer grote zetting bijvoorbeeld in geval van een onderliggende veenlaag, wordt vaak eerst met een sproeiponton dunnere lagen zand in fasen opgebouwd.
- Zetting kan ook leiden tot stabiliteitsproblemen van gerealiseerde of aanwezige constructies.

Zetting kan doorgaans maar moeilijk van te voren worden voorspeld. De zetting kan hoger en lager uitpakken. Als de zetting groter is dan voorspeld, ontstaat al gauw een tekort aan volume in het profiel. Als dit pas na de aanleg wordt bemerkt, kan dit tot zeer hoge kosten leiden, omdat dan mogelijk voor het plaatsen van een zeer klein volume veel kosten moeten worden gemaakt. Wat betreft zetting kunnen twee aspecten worden onderscheiden:

- Tekort aan hoogte:  
zetting kan ertoe leiden dat het profiel onvoldoende hoog is. Dit is vooral een aandachtspunt voor bijvoorbeeld de oeverdijk omdat deze los staat van de dijk en zelf voldoende waterkerend en ook voldoende hoog moet zijn. Voor de Houtribdijk leidt een te grote zetting vooral tot minder volume hoog in het profiel. De aansluiting van het zandige talud ligt boven het cunet van de dijk en de zetting is direct boven de dijk klein. Dit tekort aan hoogte kan bijvoorbeeld worden opgevangen door een overhoogte of door extra volume in het profiel te brengen.

- Te kort aan volume:  
voor alle zachte versterkingen geldt dat er een minimaal volume in afslagzone aanwezig moet zijn. Dit betreft dan vooral het volume boven de 'closure depth'. Bij de aanleg van flauwe aflopende taluds kan een kleine (extra) zetting al tot heel wat minder m<sup>3</sup> in het profiel leiden.

Door extra zand aan te brengen kan het risico op hoge kosten voor terugkomen en aanbrengen van kleine hoeveelheden zand worden voorkomen. Dit kan ertoe leiden dat er meer zand wordt aangelegd dan echt nodig, maar dat dit kan worden gezien als een extra volume ten behoeve van onderhoud.

Omdat de zetting vooraf aan de aanleg maar moeilijk kan worden geschat zal de aannemer de hiermee samenhangende risico's beprijzen.

Dat kan alleen worden voorkomen als:

- Er in het ontwerp/bestek of functioneel gespecificeerd sowieso meer zand wordt geëist, om dit risico in te binden. Dit leidt dan wel tot hogere aanlegkosten.
- Er een verrekenmogelijkheid komt, waarbij een overmaat aan zand die is aangelegd (overhoogte), alsnog kan worden verrekend met de aannemer. Op deze manier is extra zand aanbrengen geen risico voor de aannemer, maar is hij wel vrij om in relatie tot zijn uitvoeringsmethode zijn eigen weg in te zoeken.

## 7.5 REKENING HOUDEN MET EFFECTEN OP NATUUR

Het IJsselmeer en Markermeer worden veel gebruikt door vogels van groot open water. Onder de (Natura 2000) Vogelrichtlijn is een groot aantal hiervan opgenomen met instandhoudings- en ook ontwikkeldoelstellingen. Effecten op deze soorten zijn daarom een aandachtspunt bij ontwerp en aanleg en mogelijk ook bij toekomstig onderhoud. De EcoShape-pilot is klein en leidt niet tot permanente effecten, die van invloed zijn op deze vogelsoorten. Deze pilot is daarbij uitgevoerd in een periode dat verstoring van vogels geen probleem vormde.

Bij grotere werken moet meer continue gewerkt kunnen worden, met oog op kosteneffectiviteit en ook voor het behalen van deadlines. Voordeel van een groot werk is dat er langs meerdere kilometers dijk gewerkt wordt. Dit maakt dat de verstoring zich meestal voordoet als een puntbron in een veel groter gebied en dat daarmee de verstoring ook beperkt in oppervlak en omvang zal zijn. De grote lengte maakt het deels ook mogelijk om plaatsen met veel kwetsbare soorten in de meest gevoelige periode te ontzien door op dat moment op andere plaatsen langs de dijk te werken.

Hierbij moet wel worden bedacht dat het stilzetten van het werk gedurende meerdere weken tot hoge extra kosten leidt. Het materieel kan tussentijds waarschijnlijk niet elders worden ingezet, en ook als dat kan moet rekening worden gehouden met forse mobilisatie en demobilisatie kosten.

Evenzo heeft het kostentechnische voordelen om ook volcontinu te kunnen werken. Voor werken in de nacht zijn mitigerende maatregelen mogelijk, zoals aangepaste verlichting. In de effectbeschrijving en voor de onderbouwing van vergunningaanvragen moet goed worden gekeken naar de effecten van aanleg.

# 8

## Vergunningverlening en MER

### 8.1 INLEIDING

De kosten van een zachte versterking hangen sterk af van de wijze van uitvoering en de beschikbare grond. Bij voorkeur heeft een aannemer zoveel mogelijk vrijheidsgraden wat betreft het materieel dat hij inzet, het materiaal dat hij ontgraft en waar hij een winput maakt. Dit betekent dat vergunningen en het onderliggende MER voldoende bandbreedte aan mogelijke uitvoeringstechnieken moeten mogelijk maken.

### 8.2 ZOEKGEBIEDEN VOOR WINNING

Om een voldoende bandbreedte mogelijk te maken is er in de projecten Marker Wadden en Versterking Houtribdijk voor gekozen om geen locatie voor de winning aan te wijzen maar een zoekgebied waarbinnen de winning plaats kan vinden. Het werken met een zoekgebied geeft de aannemer de mogelijkheid om beschikbaar materieel af te stemmen op winddiepte en transportafstanden. In het MER voor deze projecten wordt gekeken naar de mogelijke effecten die kunnen optreden in het gehele zoekgebied op basis van een 'worst case' benadering. Hierbij zijn binnen het zoekgebied de locaties met de meeste effecten bepaald op basis van maximaal te veronderstellen hoeveelheden te winnen grond. Door te onderbouwen dat ook de 'worst case' effecten acceptabel zijn, is het gehele zoekgebied in principe vergunbaar. Of bepaalde deelgebied ook daadwerkelijk vergund kunnen worden als wingebied hangt vaak weer af van nader onderzoek naar ecologie en archeologie.

Bij de begrenzing van de zoekgebieden is rekening gehouden met:

- Een korte afstand tot het werk, zodat het mogelijk is om zand en grond zoveel mogelijk in een werkslag van put in profiel en depot te brengen.
- Een minimale afstand tot de dijk, vanwege eisen met betrekking tot stabiliteit e.d. De aan te houden afstand hangt daarbij af van de winddiepte, de bodemopbouw en mogelijke geohydrologische effecten.
- Uitzonderen van gebieden waar relevante negatieve effecten worden verwacht of (potentiële) natuurontwikkeling goed mogelijk is. Zo is natuurontwikkeling goed mogelijk waar het water ondiep is zoals op de ondiepste delen van het Enkhuizerzand en de kust van Noord-Holland en Friesland.

Voor de onderbouwing van de vergunbaarheid dienen in het MER 'worst case' combinaties te worden beschreven voor:

- Grondwatereffecten, op basis van een locatie zo dicht mogelijk bij bebouwing en dijken; er moet daarbij gekeken worden naar kwelwaterbezwaar, wateroverlast (bijv. voor bebouwing) en ook de stabiliteit van dijken.



- Verstoringeffecten, op basis van een korte uitvoering waarbij zoveel mogelijk handelingen tegelijkertijd plaatsvinden; het gaat daarbij om een toetsing aan vogelsoorten, vleermuizen en andere verstoringgevoelige soorten en om de toelaatbare geluidsbelasting voor gebouwen/bebouwde omgeving. Bij verstoring gaat het om geluid, maar ook om licht.
- Stikstofemissie als gevolg van de inzet van baggermaterieel en ander materieel nodig voor het werk (o.a. boten, kranen, bulldozers), waarbij gekeken wordt naar de toename van emissie voor kwetsbare gebieden.

### 8.3 OMVANG EN VOLUME ZANDWINNING

Bij voorkeur wordt een lokale winning gebruikt voor aanleg en te verwachten onderhoud. Het maximaal te winnen volume en daarmee samenhangende oppervlak van de winput moet daarbij mede zijn afgestemd op:

- Een niet al te gunstige bodemopbouw: omdat het mogelijk is dat de locatie van de put van grotere invloed is op de kosten dan het moeten afvoeren of omputten van een groter volume dekgrond.
- Een niet al te diepe winning: omdat een aannemer er mogelijk voor wil kiezen om alleen maar met een cutter en niet met een steekzuiger te werken. De windiepte is dan minder groot, maar het oppervlak van de put is dan groter.
- Het eventueel zand winnen uit meerdere putten. Vooral ingeval van een werkgebied dat meerdere kilometers beslaat kan een aannemer kiezen voor het gebruik van twee of meer winputten. Dit vraagt bruto een groter oppervlak aan winput.
- Het gebruik van de minimaal toelaatbare D50. Zoals eerder aangegeven bepaalt de D50 in de functionele top laag mede het totaal volume aan zand dat moet worden aangebracht.

### 8.4 OPTIES OPENHOUDEN VOOR BERGEN VAN DEKGROND

Het volume aan dekgrond dat beschikbaar komt tijdens de aanleg hangt af van de werkwijze. Omputten is een simpele en ook goedkope wijze om dekgrond af te voeren. In geval van een nieuwe put kan niet alle dekgrond worden omgeput. De put moet eerst worden ontsloten en een deel van de dekgrond moet dus een bestemming krijgen.

Vergunningstechnisch en ook in het MER moet het volgende worden mogelijk gemaakt:

- Omputten: er dient beleidsmatig te worden gecheckt of omputten mogelijk is o.a. gezien ook de multifunctionele doelstelling voor de winputten in het IJsselmeer gebied. Op andere plaatsen kunnen andere beleidsregels gelden. Er wordt hydraulisch gewerkt met een valpijp. Vanwege de diepte waarop de dekgrond wordt geloosd, blijft de vertroebeling beperkt tot het diepste deel van de put.
- Afvoeren naar elders: het gaat hierbij wat betreft projecten om het Markermeer onder andere om de afvoer van grond naar Marker Wadden of een ander project. In het MER dienen in ieder geval de vaarbewegingen een plaats te krijgen voor wat betreft verstoring en stikstofemissie. Ook kan het varen met diep beladen beunschepen tot vertroebeling, door opwerveling van de sliblaag op de bodem, leiden.
- Lokaal depot: dit is ontwerptechnisch en vergunningstechnisch de meest complexe optie. Dit komt vooral ook omdat het lokaal bergen van grote invloed is op het ontwerp en ook de wijze van uitvoering. Net als bij andere effecten kunnen in het MER effecten worden beschreven van een 'worst case', namelijk het zoveel mogelijk bergen van dekgrond.

Voor Marker Wadden vormt het bergen van dekgrond een onderdeel van het ontwerp. Voor andere projecten kan men vergunningstechnisch depots mogelijk maken, zonder deze al te concreet in te vullen.

De aannemer heeft dan tot zekere hoogte de vrijheid om een depot in te richten als zijn werkwijze dat nodig maakt.

## 8.5 ARCHEOLOGISCH ONDERZOEK

Bij een eigen winning moet rekening worden gehouden met mogelijke archeologische waarden in de ondergrond.

Het gaat voor wat het IJsselmeergebied betreft om:

- Scheepswrakken, vliegtuigen uit de tweede wereld oorlog e.d. die vooral (dicht) aan het oppervlak zijn gelegen;
- Oude bewonerspatronen aanwezig in het Holoceen (o.a. Swifterbant cultuur);
- Oude bewonerspatronen vooral aanwezig op het grensvlak van Holoceen en Pleistoceen.

Mogelijke vondsten bovenin kunnen vaak met magnetometrisch onderzoek worden vastgesteld. Voor de dieper gelegen resten zijn boringen nodig. Vooral op plaatsen waar oude rivierduinen zijn gelegen is de archeologische verwachtingswaarde groot. Dit zijn juist ook de plaatsen waar het zand hoger in het profiel zit en een wat dunnere deklaag hebben.

Het verkennen van de mogelijkheden voor zandwinning vraagt ook om overleg met de betreffende rijksdienst. De voorwaarden die aan verkennend archeologisch en ander vervolgonderzoek worden gesteld, kunnen van project tot project verschillen afhankelijk van de situatie maar ook toegenomen inzicht in onderzoeksmethoden e.d.

## 8.6 INZET EN DEPOT MOGELIJKHEDEN VOOR DEKGROND

Bij winning van zand komt in het IJsselmeergebied ook dekgrond vrij. Het is vooraf aan de uitvoering vaak niet duidelijk hoeveel dekgrond constructief kan worden ingezet en hoeveel dekgrond moet worden afgevoerd. In het project Marker Wadden vormt de inzet van dekgrond een integraal onderdeel van het project. De berging van dekgrond kan het beste plaats vinden daar waar er op dit moment sprake is van weinig bodemfauna en waterplanten en de mogelijkheden voor natuurontwikkeling het grootste zijn. Daarnaast moet ook worden gekeken naar welke natuurontwikkeling het beste past in de voor het betreffende gebied geformuleerde doelstellingen. Zo wordt TBES een belangrijk kader voor het toetsen van natuurontwikkeling in het Markermeergebied.

Voor de aannemer is het handig als er ruim voldoende mogelijkheden zijn voor inzet en berging van dekgrond, en ook op verschillende plaatsen afhankelijk van de locatie van zijn winput.

## 8.7 VERTROEBELING BIJ AANLEG

Baggeren en opspuiten kan tot (veel)vertroebeling leiden. Hoeveel hangt af van de wijze waarop de grond wordt verperst en of aanvullende maatregelen worden getroffen om vertroebeling te voorkomen. Er kan hierbij een onderscheid worden gemaakt naar het vertroebelen van de waterkolom, waarvoor bijvoorbeeld slibschermen kunnen worden ingezet, en de slibafzetting op de bodem, die vrijwel niet kan worden voorkomen. De ervaringen met deze schermen zijn overigens wisselend.

Voor het Markermeer geldt dat op veel plaatsen nu al sprake is van een dikke sliblaag en daarom zijn de gevolgen van slibafzetting op de bodem beperkt. Dit is echter niet het geval waar waterplantvelden zijn gelegen. Deze komen o.a. voor achter de hockeysticks aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk waar

zich zand heeft afgezet. Ook aan de Noord-Hollandse kust komen waterplantvelden voor. Deze waterplanten groeien graag op slibrijkere grond en ook tussen de waterplanten komt slib makkelijker tot rust. Op deze plaatsen moet de afzetting van dikkere lagen slib worden voorkomen. Dit kan de inzet van o.a. dekgrond en ook de wijze van aanleg beperken.

De omvang van de vertroebeling is vaak moeilijk van te voren aan te geven. Deze hangt af van werkwijze, uitgangsmateriaal en weersomstandigheden. In het project Marker Wadden is daarom gekozen voor het plaatsen van een aantal meetpunten om het project waar de toename in zwevend stof concentratie niet meer dan een bepaalde waarde mag bedragen. De meetpunten zijn om de projectlocatie gelegen. Welke toename toelaatbaar is zal per project moeten worden bepaald.

Er zijn in het project Marker Wadden geen eisen gesteld aan slibophoging op de bodem, omdat de bodem in het projectgebied nu al grotendeels is afgedekt met dikke laag slib. In andere projectgebieden kan dit anders zijn.

## 8.8 VOLCONTINU WERKEN

De kosten van het grondverzet worden in hoofdzaak bepaald door het aantal operationele uren. Het meest kosteneffectief is een volcontinu bedrijf, ofwel bruto 168 uur in de week. Vanwege weer, onderhoud, reparaties en verplaatsen van leidingensets is het maximaal aantal werkbare uren eerder orde 80% hiervan. Op zee is weerverlet daarbij een belangrijke factor. Dit kan ook het geval zijn op het Markermeer en IJsselmeer vooral als gewerkt wordt op plaatsen die aan lager wal liggen bij zuidwester storm. Bij een kortere aanleg duur heeft werken in het zomerseizoen de voorkeur (zie ook vergunningen).

Of volcontinu werken mogelijk is hangt af van effecten (bijvoorbeeld vanwege verstoring) en mogelijkheden deze te mitigeren (bijvoorbeeld afschermen van licht).

## 8.9 AANSTROOMSNELHEID

Bij de waterwetvergunning is geregeld dat de snelheid waarmee pompwerken water onttrekken niet te groot mag zijn. Dit om sterfte van vis te voorkomen.

Bij aanleg van de pilot is daarom na inspectie een ruimere kooi om de aanzuigmond gemaakt. De aanstroomsnelheid werd daarmee onder het toelaatbaar maximum gebracht. In de pilot was het onttrekken van water via een pomp nodig om water toe te voegen aan de bak waarin met een kraan zand uit de beun werd gestort. Vandaar werd het zand met een zuiger verperst.

## 8.10 TIJDIG STARTEN MET BENODIGDE INVENTARISATIES

Voor de beschrijving van de effecten op natuur in het MER en ook voor het aanvragen van een ontheffingsaanvraag in het kader van de Flora en Fauna Web is actuele informatie over de aanwezigheid van beschermde soorten nodig. In veel gevallen mag de gebruikte informatie niet ouder zijn dan 2 jaar. In de meeste gevallen betekent dit dat er aanvullend veldonderzoek nodig zal zijn. De noodzaak van aanvullend onderzoek moet vroeg worden vastgesteld.

Bij het inventariseren moet daarbij rekening worden met de periode waarin dit kan of zelfs moet gebeuren. Voor het inventariseren van Spiering is dat het vroege voorjaar tijdens het paaien. Dit paaien is echter ook weer temperatuur afhankelijk. Voor vleermuizen moet doorgaans meermaals per jaar geteld worden.

## 8.11 VERPLAATSEN BESCHERMDE DIERSOORTEN VOORAF AAN DE AANLEG

Vooraf aan de aanleg van de pilot zijn beschermde vissoorten met behulp van electrovissen verwijderd en verplaatst (Arcadis, 2014). Bij de aanleg van een zandig talud aan de grote meren moet o.a. rekeningen worden gehouden met:

- Beschermde vissoorten, deze kunnen vooraf aan de aanleg worden weggevangen en verplaatst.
- Amfibieën en reptielen. Bij deze soorten moet ook rekening worden gehouden met winterverblijven. Ringslangen worden weggevangen in het voorjaar.
- Broedvogels. Bij broedvogels moet nestelen in het voorjaar worden voorkomen.
- Beschermde planten soorten. Deze dienen te worden verplaatst op een goed moment in het jaar.
- Waterplantvelden: kranswiervelden zijn plaatselijk beschermd. Waterplantvelden zijn echter ook belangrijk als foerageergebied voor vogels. Daar waar door de aanleg waterplantvelden worden bedekt, kunnen deze ook het beste vooraf aan de aanleg worden verplaatst. Dit kan door de bovenste wortellaag, waarin wortelknollen zijn gelegen, oppervlakkig af te graven. Door deze wortellaag op een voldoende geschikte plaats weer neer te leggen, kan men de (tijdelijke) afname in oppervlak aan waterplantvelden beperkt houden.

## 9

## Contractuele aspecten

### 9.1 INLEIDING

Voor de EcoShape-pilot is een contract opgesteld voor de aanleg van het profiel, damwand en verdere werken volgens een uitgewerkt bestek. Er waren alleen vrijheidsgraden aanwezig voor de wijze waarop het zand werd aangebracht. Dat het zand uit een concessie per schip zou komen was bekend.

Enkele aspecten waren anders dan eerder geschat:

- De totale hoeveelheid zand die in het profiel kon worden aangebracht was kleiner dan oorspronkelijk voorzien. Uit profielmetingen direct vooraf aan de aanleg bleek immers dat de bestaande waterbodem al een stuk hoger was gelegen dan eerder aangenomen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het afzetten van een zandlaag net voor de dijk.
- Het profiel is veel steiler aangelegd dan oorspronkelijk de bedoeling was. Dit heeft onder meer te maken met de aanlegwijze, waarbij zand met een landleiding wordt aangebracht en vervolgens met een bulldozer is opgeschoven. Een bulldozer kan niet onder de waterlijn werken. Voor de pilot betekende dit een nog steiler aanvangsprofiel dan vooraf was voorzien. Uit metingen na aanleg blijkt evenwel dat ook dit steilere talud stabiel is en geen erosie vertoont onder de NAP -1 meter.
- De samenstelling van het zand dat is aangebracht was zeer variabel. Dit komt omdat met elke beun weer een andere zandfractie is aangevoerd. Daarbij waren er ook geen specifieke eisen aan de mediane fractie gesteld.

Zoals eerder aangegeven is de aanleg van de pilot niet representatief voor de zachte versterking van dijken, mede vanwege het kleine volume dat is aangebracht. Er is daarom ook gekeken naar de wijze waarop in andere projecten de aanleg contractueel is of kan worden geregeld.

### 9.2 MET EN ZONDER AANSLUITEND ONDERHOUD

De aanleg van een zachte kering kan als bestek voor alleen de aanleg op de markt worden gezet, of als een contract voor aanleg en een bepaalde periode van onderhoud. Deze laatste contractvorm is o.a. gehanteerd bij de zandige versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering.

Er zijn verschillende redenen om binnen een contract te kiezen voor een combinatie van beheer en onderhoud.

Vooral op plaatsen waar onderhoud een substantieel onderdeel uitmaakt van een versterking, zoals in volume als in kosten, kan het voordelen hebben om hierop te anticiperen bij ontwerp en aanleg. Een aannemer kan er dan voor kiezen om:

- Meteen een groot onderhoudsvolume aan te leggen, wat bij aanleg goedkoper zal zijn, dan in geval hiervoor apart een baggerwerktuig moet worden gemobiliseerd.
- Constructieve maatregelen te treffen die onderhoud beperken, bijvoorbeeld door de inzet van vooroeverdammen, wat zich pas na verloop van tijd terug betaald.

Een contract met aansluitend onderhoud heeft voor de opdrachtgever als mogelijk voordeel dat men een onzekere morfologische ontwikkeling als ontwerp/beheersopgave aan de aannemer kan overlaten en zo zelf geen risico meer loopt.

### 9.3 VRIJHEIDSGRADEN EN EISEN AAN ONTWERP EN UITVOERING

Zoals hiervoor al is aangegeven wordt de aannemer een aantal vrijheidsgraden geboden voor wat betreft de winlocatie en uitvoering.

Het gaat o.a. om het volgende:

- Zoekgebieden voor winning met een maximale winddiepte van NAP -40 m. Dit is de diepte tot waar grotere steekzuigers kunnen winnen. Door uit te gaan van een maximale winddiepte ontstaat voor een aannemer maximale vrijheid bij inzet van materiaal en de wijze waarop zand wordt gewonnen. Wel worden er voorwaarden aan de taludhelling van de put bijvoorbeeld op basis van CUR, voor het waarborgen van de stabiliteit van de wanden. Ook is mede op basis van enkele uitgangspunten een maximaal oppervlak aan wingebied gegeven.
- Het constructief aanwenden van dekgrond in de ophooglaag is mogelijk, onder voorwaarden ten aanzien van:
  - De toelaatbare restzetting en uiteindelijke oplevering van het zandige profiel, maar ook voor wat betreft de gewenste maaiveldhoogte van depots/natuurontwikkelingsprojecten.
  - Vergunningtechnische eisen die samenhangen met het behoud van waterplantvelden en het tegengaan van (overmatige) vertroebeling.
- Verschillende depotopties voor het wegzetten van dekgrond. Zo kan dekgrond lokaal worden geborgen, worden omgeput en, voor werken in het IJsselmeergebied, ook worden afgevoerd naar Marker Wadden. Het totale beschikbare depotvolume dient groter te zijn dan nodig. Op deze wijze heeft de aannemer keuze- en ontwerpvrijheid.:
  - De wijze waarop de dekgrond kan worden ingebracht, zoals vertroebelingseisen, eventuele mitigerende maatregelen om gebieden met bodemfauna en waterplantvelden te vrijwaren van een sliblaag. Voor wat betreft veen kunnen nog aparte eisen nodig zijn, bijvoorbeeld om opdrijven en oxidatie van het veen met oog op de waterkwaliteit te voorkomen.
  - Eisen aan inrichting en afwerking, zodat de dekgrond op zijn plaats blijft, zoals een voldoende golfuwe locatie met een functionele specificatie voor de buitenrand.
  - Eisen vanwege habitatontwikkeling. In de meeste gevallen zal een depot worden ontwikkeld als natuurgebied. Afhankelijk van het type habitat dat wordt nagestreefd worden specifieke eisen aan maaiveldligging, grondsoort en dergelijke gesteld.
- Voor wat betreft de functionele toplaag gelden er eisen ten aanzien van:
  - De minimale mediane korrelgrootte van de in te zetten zandfractie. Een aannemer kan binnen grenzen ook met grover materiaal werken, o.a. om hiermee het volume nodig bij aanleg te beperken.
  - Maximale verschillen in mediane korrelgrootte. Te grote spreiding in fracties is met oog op het langstransport niet mogelijk. Ook is het niet handig voor de toetsing en voor een doorlopende oeverlijn als door inzet van verschillende fractie kort naast elkaar verschillende profielen ontstaan.
  - De begrenzing tussen functionele toplaag en ophooglaag, welke mede is gebaseerd op de diepte tot waar golven een rol spelen in het transport van zand. Zoals eerder is aangegeven ligt deze diepte voor de pilot op circa NAP -1 meter. Voor andere plaatsen kan dit hoger of lager in het profiel zijn.

- Afhankelijk van beschikbare fractie, hydraulische condities en verwachte zetting kan aannemer zelf bepalen hoeveel zand nodig is voor veiligheidsprofiel, stormtoeslag en onderhoudslaag. Het is nodig dat voor het veiligheidsprofiel en de stormtoeslag een minimale D50 geëist en wat betreft het veiligheidsprofiel ook een minimaal volume. De ontwerprijheid betreft vooral de onderhoudslaag. De wijze waarop het dient daarbij te worden voorgeschreven omdat (nog) niet kan worden teruggevallen op een formele leidraad voor het ontwerp van zachte keringen langs grote binnenwateren.
- Voor wat betreft de afwerking van de taluds worden antiverstuivingsmaatregelen voorgeschreven, vooral ingeval van een naastgelegen weg. Het gaat daarbij ook om het aanbrengen van dekgrond, mede omdat in de EcoShape pilot is gebleken dat een stuifscherm alleen mogelijk niet voldoende is om zand van de weg te houden.
- Constructies zoals opsluitdammen, strekdammen en vooroeverdammen. Projectsamenlijk zullen eisen gesteld moeten worden aan nodig geachte constructies. Zo zullen bepaalde constructies nog stand moeten houden bij maatgevende condities en zijn anderen in hoofdzaak bedoeld om het onderhoud te beperken. Het beste is om hierbij uit te gaan van functionele eisen en bijvoorbeeld de locatie, vorm en opbouw niet geheel voor te schrijven. Bij de versterking van een dijk, waarbij zand direct tegen de dijk wordt aangebracht kunnen bijvoorbeeld grote hoeveelheden breuksteen worden hergebruikt. De aannemer kan deze breuksteen weer inzetten bijvoorbeeld door hiervan vooroeverdammen en strekdammen aan te leggen, teneinde het onderhoud aan de zachte versterking te beperken.

Voor alle HWBP projecten wordt in principe een ruimtelijk inpassingsplan opgesteld. Hieruit worden al dan niet direct eisen overgenomen in het programma van eisen.

## 9.4 BEWIJSVOERING VOOR HET ONTWERP

Zoals hiervoor is aangegeven kan de aannemer uitvoering en inzet van fracties in het profiel naar eigen inzicht maar binnen bepaalde kaders aan te brengen.

Wel wordt hierbij een onderbouwing gevraagd van het zand dat wordt ingezet:

- Op basis van een boorprogramma en uitvoeringsplan moet worden aangetoond welke gewogen gemiddelde fractie beschikbaar is voor de functionele toplaag.
- Op basis van een voorgeschreven werkwijze toont aannemer aan hoeveel volume in het profiel moet zijn aangebracht.
- Met zettingsberekeningen wordt aangetoond wat de verwachte restzetting is en hoe daarmee in het ontwerp wordt rekening gehouden.

## 9.5 SPECIFIEKE EISEN BIJ OPLEVERING

Als de aannemer alleen de aanleg doet, is extra aandacht nodig voor de voorwaarden die gelden bij oplevering van het project, zo moet:

- Er een waarborg zijn dat het aanwezige volume voldoende is voor het compenseren van de restzetting die nog kan optreden na aanleg. In de EcoShape pilot was de zetting zeer beperkt, mede omdat deels boven het cunet, met een geringe hoogte en boven het Enkhuizerzand is gewerkt. Op de meeste andere plaatsen in het IJsselmeergebied is de zetting veel groter en moet terdege aandacht worden besteed aan de mogelijke restzetting.
- Gevalideerd zijn hoeveel volume van welke fractie in de functionele toplaag is aangebracht.

## 9.6 LIEFST LANGE UITVOERINGSTIJD

Grondwerk vraagt de inzet van baggerschepen die niet altijd zo maar beschikbaar zijn.

Een korte uitvoeringstijd kan leiden tot:

- Inzet van materieel dat beschikbaar is, maar niet zo nodig van materieel dat het meest geschikt.
- Sterke beperkingen vanuit bijvoorbeeld vergunningen waardoor relatief veel werk in korte tijd gedaan moet worden. Dit leidt veelal tot kostenstijgingen.
- Noodzaak tot dure mitigerende maatregelen omdat het werk ook in kwetsbare perioden door moet gaan, maar ook een groter vergunningstechnisch risico, wat ook weer doorvertaald in langere aanlooptijd en hogere kosten.
- Er kan niet gekozen worden voor de periode die qua weer of ook qua aansluiting op andere projecten het meest optimaal is.

Het is dus zaak om voor een langere uitvoeringsduur te gaan zodat de aannemer meer vrijheden heeft in het goed organiseren van werk en materieel.



# Literatuur

- Arcadis. (2014). *Resultaten elektrovisen tbv aanleg pilot vooroverversterking Houtribdijk*.
- Arcadis/RHDHV. (2015). *Guideline vergunningen*. Werkdocument (in voorbereiding), augustus 2015.
- DE Combinatie. (2014a). *Opleverdossier Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk*. Eindversie 26 september 2014.
- DE Combinatie. (2014b). *Eindewerk rapport pilot voorlandoplossing Houtribdijk*. Versie 4.
- EcoShape. (2013). *Projectplan pilotoplossing Houtribdijk; Ontwerp, uitvoering, monitoring en resultaten*.  
EcoShape, mei 2014 (definitief).
- EcoShape. (2015a). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Werkprogramma (update febr. 2015)*. Arcadis, Rapport C03041.003128.0100\_078336593:A, Definitieve versie, 11 maart 2015.
- EcoShape. (2015b). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Lessons Learned vergunningentraject*. Arcadis, Rapport C03041.0028.0100\_072275948:A, Definitieve versie 11 maart 2015.
- EcoShape. (2015c). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Interim-rapportage juli 2015*. Arcadis, Rapport C03041.003128.0100\_078499877:0.3, Interim-versie, 28 augustus 2015.
- EcoShape. (2015c). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Lessons Learned aanleg*.  
C03014.003128.0100\_078276043:A, Definitief, 11 maart 2015.
- EcoShape. (2016a). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Guideline Vergunningen*. Arcadis, Rapport C03041.003128.0100, Concept-versie, 12 januari 2016.
- EcoShape. (2016b). *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk, Interim-rapportage januari 2016*. Arcadis, Rapport C03041.003128.0100, Interim-versie, januari 2016 (in voorbereiding).
- Fugro Geoservices. (2014). *Geotechnisch onderzoek Markermeer t.b.v. uitbreiding Houtribdijk*.  
Opdrachtnummer: 1314-0045-000.
- Saricon. (2014). *Vooronderzoek Conventionele Explosieven Houtribdijk Markermeer*.

# Colofon

## PILOT VOORLANDOPLOSSING HOUTRIBDIJK GUIDELINE AANLEG

### **OPDRACHTGEVER:**

RWS/EcoShape-stuurgroep Pilot Houtribdijk

### **STATUS:**

Definitief

### **AUTEUR:**

Jasper Fiselier

Dries Hof

Henk Steetzel

### **GECONTROLEERD DOOR:**

Henk Steetzel

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

Marjolein van Wijngaarden

30 maart 2016

078680471:A

### **EcoShape, Building with Nature**

Burgraadt Gebouw

Burgemeester de Raadsingel 69

3311 JG Dordrecht

Tel: +31 (0)78 6111 099

Fax: +31 (0)78 6111 090

E-mail: [info@EcoShape.nl](mailto:info@EcoShape.nl)

Website: [www.EcoShape.nl](http://www.EcoShape.nl)

### **Disclaimer:**

De in deze rapportage opgenomen informatie in is vrij toegankelijk en vrij te gebruiken. Hoewel ten tijde van publicatie deze informatie met de grootste zorg is samengesteld, zijn de gebruikers ervan zelf volledig verantwoordelijk voor het gebruik en interpretatie van de informatie.