

Zandhonger Oosterschelde

deelstudie suppletiestrategiën

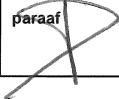




Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Zandhonger Oosterschelde
deelstudie suppletiestrategiën

referentie RW1809-28/schs5/034	projectcode RW1809-28	status definitief
projectleider drs. V.J. Coenen	projectdirecteur drs. D.J.F. Bel	datum 2 december 2010

autorisatie goedgekeurd	naam ir. S.T. Pwa	paraaf 
-----------------------------------	-----------------------------	--

Witteveen+Bos
Alexanderstraat 21
postbus 85948
2508 CP Den Haag
telefoon 070 370 07 00
telefax 070 360 00 98

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INTRODUCTIE	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Aanpak	2
1.4. Leeswijzer	4
2. RANDVOORWAARDEN	6
2.1. Suppletievolumes	6
2.1.1. Herstel en behoud	6
2.1.2. Optimalisatie en behoud	9
2.2. Wettelijke kaders	10
2.2.1. Flora en faunawet	10
2.2.2. Natuurbeschermingswet	10
2.3. Uitvoering	12
2.3.1. Toegang tot de Oosterschelde	12
2.3.2. Locatie van zandwingebieden	15
2.3.3. Baggeren van toegangskanalen	16
3. SUPPLETIEVARIANTEN	18
3.1. Variabelen	18
3.2. Herstel en behoud: dekensuppletie	19
3.2.1. Mogelijke Suppletievarianten	19
3.2.2. Keuze suppletievariant	20
3.3. Herstel en behoud: reservoirsuppletie	21
3.3.1. Mogelijke Suppletievarianten	22
3.3.2. Keuze suppletievariant	23
3.4. Optimalisatie en behoud: evenwicht kom	24
3.4.1. Algemene beschrijving	24
3.4.2. Fasering	25
4. UITVOERING	27
4.1. Uitvoeringsmethoden	27
4.1.1. Overzicht uitvoeringsmethoden	27
4.1.2. Overige uitvoeringsaspecten	30
4.2. Kosten	31
4.3. Selectie van uitvoeringsmethoden	31
5. UITVOERINGSOPLOSSINGEN	33
5.1. Inleiding	33
5.2. Geselecteerde uitvoeringsoplossingen	33
5.3. Effectbeoordeling	34
5.3.1. Ecologische effectbeoordeling	34
5.3.2. Uitvoeringscomplexiteit	41
5.3.3. Risico's en onzekerheden	44
5.4. Selectie uitvoeringsoplossingen	47
6. MULTI-CRITERIA-ANALYSE	51
6.1. MCA	51
6.2. Selectie oplossingsvarianten	52
7. KOSTENEFFECTIVITEITSANALYSE	53

7.1. Conclusie	57
8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	59
9. REFERENTIES	65
laatste bladzijde	65
bijlagen	aantal bladzijden
I Resultaten Muliti-Criteria-Analyse	3

1. INTRODUCTIE

1.1. Aanleiding

De Oosterschelde is van oudsher een estuarium dat bestaat uit een systeem van dynamische geulen en intergetijde-gebieden. De omvang van geulen en intergetijde-gebieden kent een natuurlijke variabiliteit rondom een evenwichtssituatie: er is sprake van een dynamisch evenwicht. Dit dynamische evenwicht tussen de omvang van de intergetijde-gebieden en geulen hangt onder meer af van de getijslag en stroomsnelheden in het estuarium.

Na aanleg van de Deltawerken is er een wijziging opgetreden in de getijslag en stroomsnelheden, waardoor ook het dynamisch evenwicht is gewijzigd. Hierdoor is de balans tussen geulen en platen verstoord. De aard van de verstoring is dusdanig dat er meer erosie optreedt in de intergetijde-gebieden en dat er tegelijkertijd nauwelijks sedimentatie optreedt. Een dergelijke verschuiving leidt tot een structurele afname van de omvang van de intergetijde-gebieden. Deze afname zal waarschijnlijk versterkt worden door een stijgende zeespiegel.

De intergetijde-gebieden worden als ecologisch waardevolle gebieden beschouwd. Een afname van de omvang van de intergetijde-gebieden wordt dan ook als negatief beoordeeld. In het kader van de 'Verkenning Zandhonger Oosterschelde' worden maatregelen voor het compenseren van het verlies aan intergetijde areaal uitgewerkt en beoordeeld. Hierbij wordt gedacht aan het uitvoeren van suppleties en/of plaatverdedigingen.

Uitvoering van suppleties op de slikken en platen zal de grootste kostenpost zijn van het voorkeursalternatief. Er is echter weinig inzicht in de effectiviteit, de uitvoerbaarheid en de kosten van grootschalige suppleren in de Oosterschelde.

Het doel van de deelstudie suppletie strategieën is inzicht te verkrijgen in de technische uitvoerbaarheid en de kosten van grootschalig suppleren in de Oosterschelde als oplossing van het zandhonger probleem. Hierbij wordt het accent gelegd op het verkrijgen van de bandbreedte van de kosten waarbij varianten worden beschouwd die technisch haalbaar en realistisch zijn.

Het resultaat van de deelstudie suppletie strategieën is voor iedere suppletie strategie (zie intermezzo) de meest realistische uitvoeringsoplossing en suppletievariant. De resulterende suppletie strategie in combinatie met de uitvoeringsoplossing en suppletievariant wordt gebruikt als bouwsteen voor het uitvoeren van een kosteneffectiviteitsanalyse en dient als input voor de MIRT-verkenning.

1.2. Doelstelling

Het doel van de deelstudie suppletie strategieën is om inzicht te verkrijgen in de technische uitvoerbaarheid en de kosten van grootschalig suppleren in de Oosterschelde als oplossing van het zandhonger probleem. Het accent ligt op het verkrijgen van de bandbreedte van de kosten waarbij varianten worden beschouwd die technisch haalbaar en zinvol zijn.

De deelstudie suppletie strategieën dient derhalve te resulteren in verschillende uitvoeringsoplossingen, die gegenereerd zijn voor de verschillende suppletievarianten van de twee suppletie strategieën. Deze zijn een opmaat voor de ANT studie en de m.e.r.

intermezzo definities

Drie belangrijke begrippen die in deze studie veelvuldig worden gebruikt; 'suppletie strategieën', 'suppletievarianten' en 'uitvoeringsoplossingen' worden hieronder gedefinieerd en eventuele begripsverwarring te voorkomen.

Suppletie strategieën: de suppletie strategie gaat in op de oplossingsrichting van het zandhongerprobleem in de Oosterschelde aan de hand van zandsuppleties. Er zijn reeds twee strategieën vastgesteld:

- 'herstel en behoud': in termen van hoeveelheden en plaats wordt het intergetijdeareaal in 1990 hersteld en vervolgens onderhouden (behoud);
- 'optimalisatie en behoud': het intergetijdeareaal uit 1990 wordt hersteld maar de locaties wijken in plaats af van het areaalherstel van de situatie in 1990.

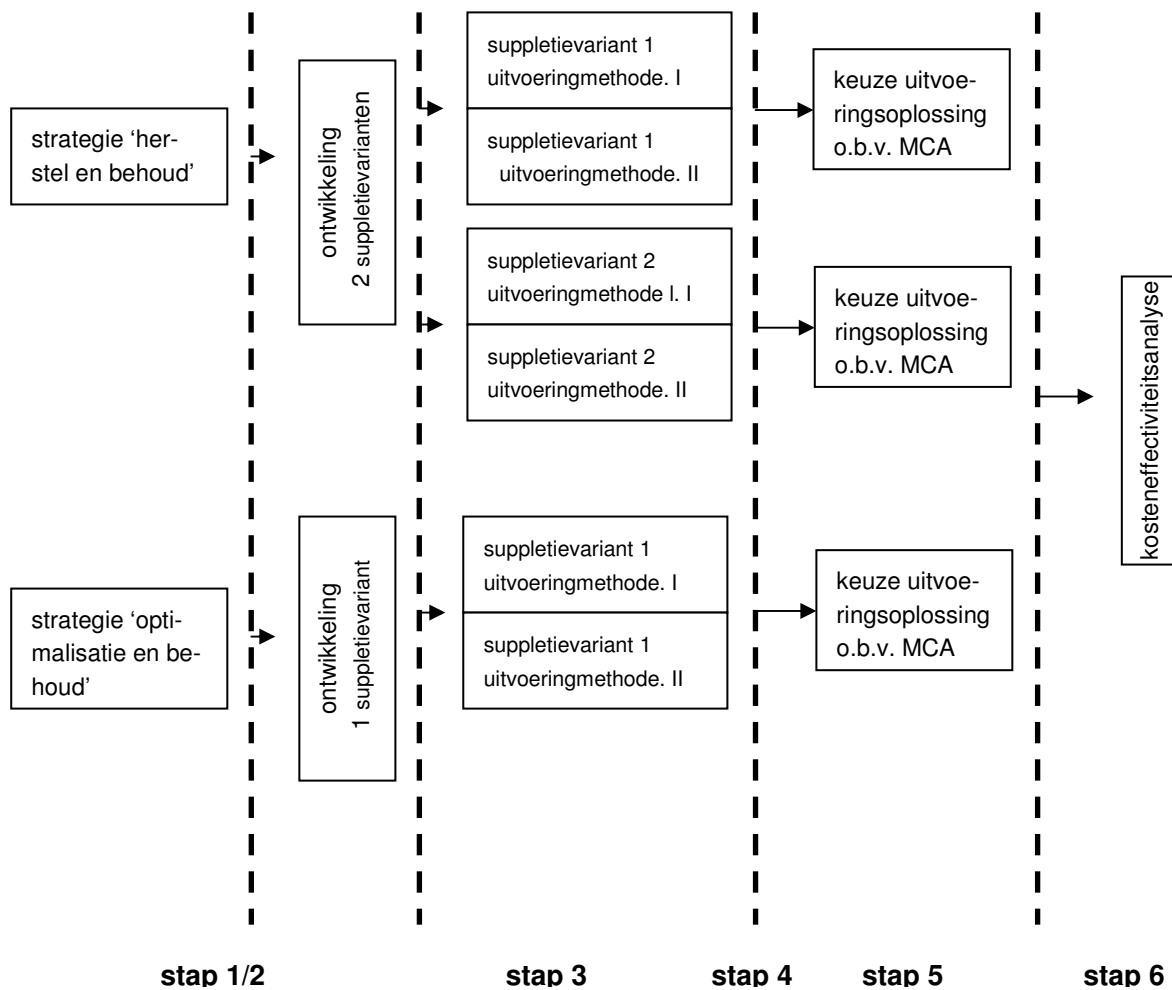
Suppletievarianten: een suppletievariant richt zich op het aspect tijd en fasering, en beschrijft **waar** precies, **hoe vaak** en in wat voor **laagdikte** (en daarmee **hoeveel** per suppletie) gesuppleerd gaat worden. De variabelen bij het ontwikkelen van suppletievarianten zijn dus (1) de ruimtelijke verdeling van de suppleties, (2) de fasering in aanleg en (3) de aanlegdikte. De extremiteten hierin is een eenmalige suppletie geconcentreerd in een deel van de Oosterschelde versus een reeks van suppleties verspreid in de tijd tot 2100 en ruimtelijk over de gehele Oosterschelde

Uitvoeringsoplossingen: de uitvoeringsoplossing beschrijft de aanlegmethode van suppleties voor een bepaalde suppletievariant. Een uitvoeringsoplossing beschrijft daarmee de **hoe**-vraag waarbij 1. de aanlegmethode en 2. de zandwinning (binnen of buiten het Oosterschelde systeem) als variabelen worden gezien.

1.3. Aanpak

Voor het opstellen van de suppletie strategieën met bijbehorende uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten is de aanpak gehanteerd zoals weergegeven in afbeelding 1.1. De verschillende stappen worden hierna verder toegelicht.

afbeelding 1.1. Stappenplan deelstudie suppletie strategieën



stap 1: opstellen randvoorwaarden voor uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten

Voor het ontwikkelen van de uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten is het van belang de randvoorwaarden te kennen voor deze werkzaamheden. Deze randvoorwaarden bestaan onder andere uit vereiste suppletiesvolumes, wettelijke en beleidsmatige randvoorwaarden, en beperkingen voor de uitvoering. De resulterende lijst met randvoorwaarden zal gebruikt worden bij het opstellen van de uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten.

stap 2: ontwikkelen suppletievarianten

Uitgaande van de twee suppletie strategieën zoals door Rijkswaterstaat en Deltares geformuleerd, zijn voor elke suppletie strategie suppletievarianten ontwikkeld. In samenspraak met Rijkswaterstaat zijn in totaal 3 suppletievarianten opgesteld welke worden gehanteerd in de volgende stappen.

stap 3: onderzoek uitvoering

Binnen een werksessie met Jan de Nul (en Rijkswaterstaat) zijn verschillende op de praktijk gestoelde uitvoeringsmethoden opgesteld. Hierbij is een fundamenteel onderscheid te maken tussen een scenario waarbij zand in de Oosterschelde wordt gewonnen en die waarbij zand uit de Noordzee wordt aangevoerd. Voor zinvolle en relevante uitvoeringsmethoden is door Jan de Nul een raming van de kosten gemaakt die worden uitgedrukt in een kuubprijs van het zand. Vervolgens zijn voor iedere suppletieva-

riant de drie meest economische uitvoeringsoplossingen vastgesteld. Een uitvoeringsoplossing is een combinatie van uitvoermethoden die wordt gehanteerd voor een suppletievariant. Het resultaat van stap 3 zijn in totaal 9 uitvoeringsoplossingen.

stap 4: selectie van 4 uitvoeringsoplossingen

De combinaties van suppletievarianten en uitvoeringsmethoden (uitvoeringsoplossingen) worden kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria:

- natuur/ecologie in verband met doelmatigheid;
- uitvoeringscomplexiteit in verband met uitvoeringstechnische haalbaarheid;
- kostenraming;
- risico's en onzekerheden.

Op basis van een beoordeling (bureaustudie) op de eerste vier aspecten worden eerst vier uitvoeringsoplossingen (gericht op de twee suppletievarianten) geselecteerd. Deze voorselectie is gericht op het onderscheiden van doelmatige, en technisch en financiële haalbare oplossingen. Naast de haalbaarheid is ook 'voldoende onderscheid' in de varianten meegenomen als criterium in deze voorselectie.

stap 5: Multi-Criteria Analyse (MCA) omgevingseffecten uitvoeringsoplossingen

Voor elk van de uitvoeringsoplossingen worden de kosten beschouwd (stap 3) en wordt bekeken welke fysische effecten er bij de verschillende strategieën en uitvoeringsoplossingen optreden. De beoordeling van de omgevingseffecten van de uitvoeringsoplossingen heeft middels een werksessie met Rijkswaterstaat plaatsgevonden op basis van een kwalitatieve analyse van de verwachte effecten van de uitvoeringsoplossingen. Op basis van de resultaten van deze MCA wordt per suppletievariant de meest realistische uitvoeringsoplossing gekozen, welke doorgaan naar de laatste fase.

stap 6: kosteneffectiviteitsanalyse

Tot slot worden de drie overgebleven combinaties suppletievarianten/uitvoeringsoplossing middels een globale kosteneffectiviteitsanalyse met elkaar vergeleken. Het doel van deze kosteneffectiviteitsanalyse is te komen tot de meest realistische uitvoeringsoplossing (met suppletievariant) door middel van een vergelijking van de verhouding kosten versus natuurschadepunten. De basis van de kosten wordt gevormd door de kostenramingen in stap 3. Aanvullend wordt bekeken welke fysische effecten er bij de verschillende strategieën optreden - en wat de maatschappelijke kosten en baten (in euro's) van deze effecten zijn. De fysische effecten komen uit het beoordelingskader van de suppletievarianten. In de kosteneffectiviteitsanalyse worden deze met behulp van kengetallen vertaald naar maatschappelijke kosten en baten om te komen tot een saldo (in euro's) per suppletievariant.

Voor de kosteneffectiviteitsanalyse worden de kosten en de belangrijkste baten (uit onder andere visserij en recreatie) in euro's uitgedrukt en afgezet tegen de ecologische beoordeling (uit stap 4). De suppletievariant met de hoogste kosteneffectiviteit wordt als meest aantrekkelijke suppletievariant geconcludeerd.

1.4. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden eerst de suppletievolumes vastgesteld die benodigd zijn om de teruggang van intergetijdenareaal tegen te gaan. Daarnaast wordt in hoofdstuk 2 het wettelijk kader en de randvoorwaarden voor de uitvoering gegeven. Hoofdstuk 3 beschrijft vervolgens de verschillende suppletievarianten. In hoofdstuk 4 worden de mogelijke uitvoeringsmethoden gegeven en wordt de 'kuubprijs' voor iedere methode gegeven. Op basis van financiële gronden (kuubprijs) concludeert hoofdstuk 4 met een selectie van uitvoermethoden. In hoofdstuk 5 worden op basis van hoofdstuk 4 eerst uitvoeringsoplossingen opgesteld. Vervolgens worden op basis van een kwalitatieve beoordeling (stap 4 uit paragraaf 1.3) vier uitvoeringsoplossingen geselecteerd.

In hoofdstuk 6 volgt de beoordeling van de omgevingseffecten wat resulteert in een selectie van drie uitvoeringsoplossingen. Deze drie uitvoeringsoplossingen worden in de kosteneffectiviteitsanalyse met

elkaar vergeleken (hoofdstuk 7). In hoofdstuk 8 worden een samenvatting van de belangrijkste punten uit het onderzoek gegeven alsmede de conclusies.

2. RANDVOORWAARDEN

2.1. Suppletievolumes

In het kader van deze rapportage is het noodzakelijk inzicht te verkrijgen in het suppletievolume dat noodzakelijk is om het intergetijdenareaal te herstellen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de twee verschillende suppletie strategieën; herstel en behoud en optimalisatie en behoud. De benodigde suppletievolumes voor deze twee strategieën worden in de volgende paragrafen vastgesteld.

2.1.1. Herstel en behoud

Binnen de strategie herstel en behoud moet het totaal intergetijdenareaal in 1990 worden hersteld op die plaatsen waar intergetijdenareaal is verdwenen. Deze situatie moet vervolgens worden behouden tot aan het jaar 2100.

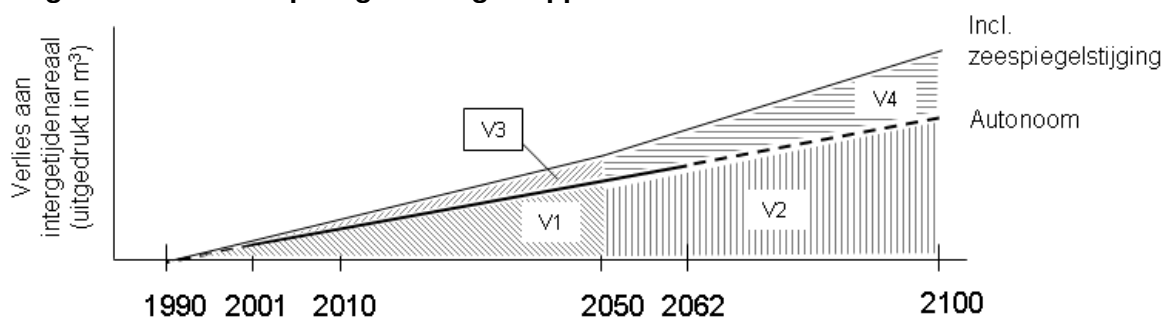
De totale suppletiebehoefte (in m³) om de situatie van 1990 voor alle platen te herstellen en behouden is bepaald op basis van de volgende componenten:

- herstel van verlies aan areaal tussen 1990 en nu;
- compensatie van toekomstig verlies aan areaal tussen nu en 2100;
- compensatie van extra verlies ten gevolge van zeespiegelstijging tussen nu en 2100.

Voor 20 platen in de Oosterschelde is een schatting gemaakt van het benodigd suppletievolume aan de hand van de volgende stappen, zie ook afbeelding 2.1:

1. op basis van bodemdata uit 2001 en een voorspelde bodemligging in 2062 is de suppletiebehoefte in de periode 2001-2062 bepaald voor 20 platen in de Oosterschelde (exclusief effect van zeespiegelstijging)¹. Hieruit volgt een gemiddeld suppletiebehoefte of verlies per jaar in deze periode. Als uitgangspunt wordt gekozen dat dit gemiddeld verlies hetzelfde is geweest voor de periode tussen 1990 en 2001 en hetzelfde zal zijn in de periode tussen 2062 en 2100 (onderbroken lijnen in afbeelding 3.1);
2. voor zeespiegelstijging is uitgegaan van een stijging van 4mm/j tussen 1990 en 2050 en 7mm/j tussen 2050 en 2100. Voor elke plaat is bepaald hoeveel extra zand noodzakelijk is om verlies aan intergetijdenareaal door zeespiegelstijging te compenseren op basis van het oppervlak van de platen in 1990;
3. bij het bepalen van het totale suppletievolume is er een opsplitsing gemaakt in de periode vóór en na het jaar 2050. In de eerste periode, waarbij de aanleg ongeveer zal beginnen rond 2020, moet een totaal volume van V1 + V3 (zie: afbeelding 2.1) worden aangelegd. Hierin wordt het herstel van 1990-2020 en zeespiegelstijging meegenomen bovenop het autonome verlies over die periode. Tussen 2050 en 2100 moet een totaal volume van V2 + V4 worden aangelegd.

afbeelding 2.1. Illustratie bepaling benodigd suppletievolume



¹ Volumemei10.xls per email aangeleverd door RWS-ZL, Eric van Zanten.

De hierboven beschreven methode leidt tot de suppletievolumes weergegeven in tabel 2.1. Hierin staan tevens de arealen weergegeven per plaat en deelgebied. Afbeelding 2.2 geeft een overzicht van de locatie van de verschillende platen. Het totale vereiste suppletievolume tussen 2020 en 2100 bedraagt 129,88 Mm³.

tabel 2.1. Suppletievolumes

gebied	plaat	areaal intergetij- dengebied in 2001 ²	schatting areaal intergetij- dengebied in 1990 ³	jaarlijks sup- pletievolume 2020-2050 (incl. herstel 1990-2020) ⁴	totaal supple- tievolume 2020-2050 (incl. herstel 1990-2020)	jaarlijks sup- pletievolume 2050-2100 ⁵	totaal supple- tievolume 2050- 2100
		[ha]	[ha]	[Mm ³ /jr]	[Mm ³]	[Mm ³ /jr]	[Mm ³]
west	Neeltje Jans	344	352	0,042	1,26	0,032	1,58
	Roggenplaat	1489	1566	0,338	10,13	0,216	10,79
	totaal monding	1833	1918	0,380	11,39	0,248	12,37
midden	Zandkreek	174	174		1,35	0,028	1,39
	Noord			0,045			
	Zandkreek Zuid	130	130	0,035	1,04	0,021	1,06
	Middelplaat	179	188	0,052	1,57	0,032	1,59
	Kats	64	67	0,014	0,41	0,009	0,44
	Goese sas	72	75	0,019	0,56	0,012	0,58
	Galgeplaat	989	1013	0,231	6,94	0,146	7,30
	Dortsman	1206	1244	0,252	7,56	0,163	8,17
totaal midden	2814	2891	0,648	19,43	0,411	20,53	
kom	Yerseke	109	116	0,031	0,92	0,019	0,94
	Speelmanspla- ten	337	367	0,092	2,75	0,057	2,84
	Tholseinde	987	1076	0,186	5,57	0,125	6,26
	Rattenkaai	1440	1570	0,402	12,05	0,248	12,40
	Hooghe Kraaijer	512	536	0,140	4,20	0,086	4,30
	totaal kom	3385	3665	0,850	25,49	0,535	26,74
Noord-Oost tak	Viane	362	376	0,055	1,65	0,039	1,94
	Krabbenkreek	482	482		1,57	0,041	2,03
	midden			0,052			
	Krabbenkreek	156	156		0,94	0,020	1,02
	west			0,031			
	Krabbenkreek	269	269		0,65	0,019	0,94
	Oost			0,022			
Oude Tonghe	160	166	0,037	1,11	0,023	1,17	
Slaak	153	156	0,012	0,37	0,011	0,55	
totaal NO-tak	1582	1605	0,210	6,29	0,153	7,65	
totalen		9614	10079	2,09	62,60	1,35	67,28

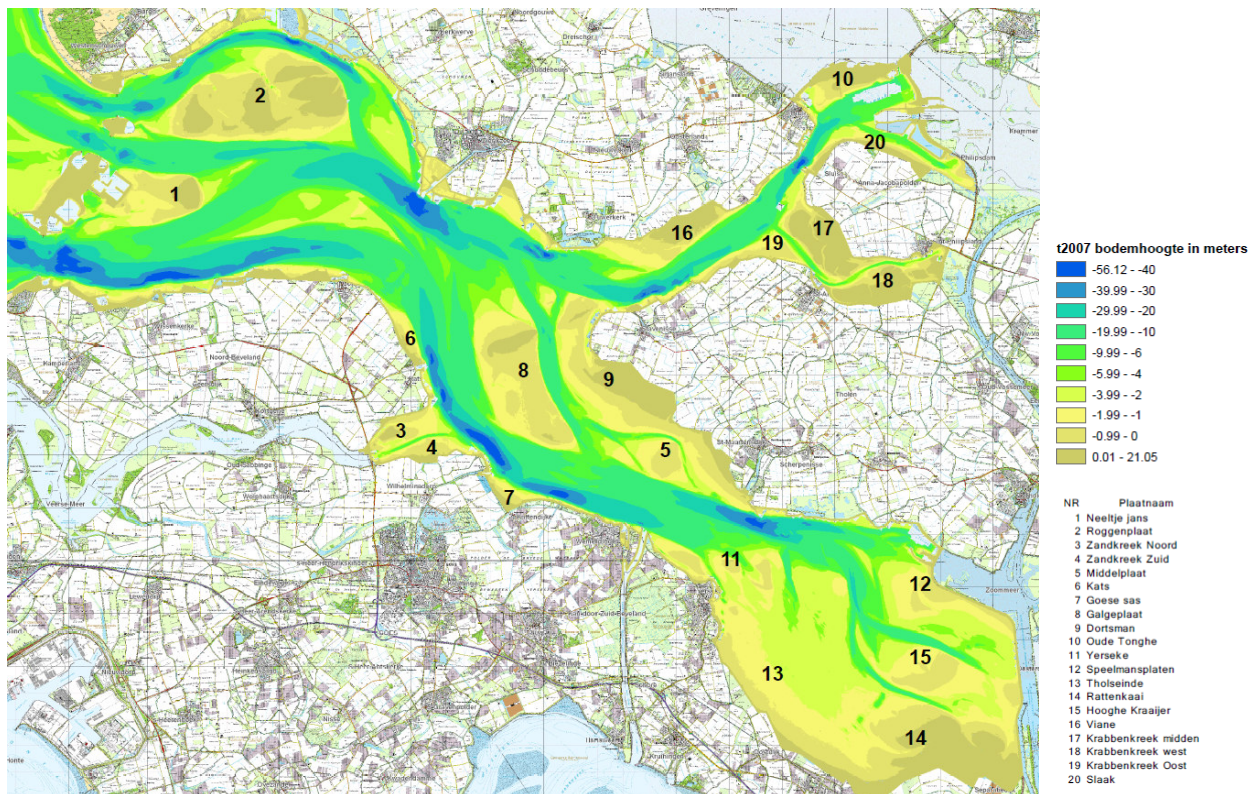
² Vastgesteld op basis van Haskoning, december 2008: Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde.

³ Gaat uit van het intergetijdenareaal in 2001 plus een schatting van areaal verlies tussen 1990-2001 op basis van waarden gepresenteerd in 'Verminderd Getij'.

⁴ Jaarlijks verlies is vastgesteld op basis van bodems van 2001 en 2062 zoals gepresenteerd in Haskoning, december 2008 ('Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde'). Voor het verlies over de periode 1990-2020 is hetzelfde gemiddeld jaarlijks verlies aangenomen als tussen 2001-2062. Herstelvolumen dat nodig is voor de periode 1990-2020 is meegenomen in de suppletievolumes van 2020-2050. De gepresenteerde suppletievolumes zijn inclusief de effecten van zeespiegelstijging.

⁵ Jaarlijks verlies is vastgesteld op basis van bodems van 2001 en 2062 zoals gepresenteerd in Haskoning, december 2008: Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde. Voor het verlies over de periode 2050-2100 is hetzelfde gemiddeld jaarlijks verlies aangenomen als tussen 2001-2062. De gepresenteerde suppletievolumes zijn inclusief de effecten van zeespiegelstijging.

afbeelding 2.2. Plaatgebieden in de Oosterschelde



2.1.2. Optimalisatie en behoud

Binnen de strategie optimalisatie en behoud wordt enkel een suppletievariant uitgewerkt waarbij het evenwicht in de kom wordt hersteld. Op basis van evenwichtsrelaties tussen de omvang van geulen en platen kan voor dit bekkendeel het zandvolume worden berekend dat nodig is om dit te realiseren. Deltares heeft berekend dat voor het herstel van het evenwicht in de kom 100 Mm³ zand noodzakelijk zou zijn tot aan het jaar 2050 [ref 1.].

Na het jaar 2050 zal er nog extra gesuppleerd moeten worden om de effecten van zeespiegelstijging te compenseren. Uitgaande van een totaal gecreëerd intergetijdengebied in de kom van 70 km² is een extra suppletievolume van 25 Mm³ noodzakelijk zijn om het evenwicht in de kom te handhaven (bij een zeespiegelstijging van 7 mm/jr). De aanname dat ~70 km² intergetijdengebied in de kom zal worden gecreëerd impliceert dat tot 2100 nog ~30 km² intergetijdengebied aanwezig zal blijven in de rest van de Oosterschelde.

Binnen deze suppletievariant wordt het plaatareaal in het overige deel van de Oosterschelde niet meer in stand gehouden. Dit heeft echter invloed op de golfaanval op de dijken en daarmee het veiligheidsniveau. In [ref. 2.] worden alternatieven voorgesteld om de veiligheid te behouden. Waar mogelijk wordt het veiligheidsniveau in stand worden gehouden door middel van vooroever-suppleties. Voor 56 % van de dijksegmenten die in het jaar 2060 niet meer voldoen kan een veiligheidssuppletie worden uitgevoerd. Op basis van de studie van Haskoning [ref. 2.] is vastgesteld dat hiervoor 16 Mm³ zand nodig is over in totaal 63 km dijk (gemiddeld 255 m³/m). Een gedeelte van deze veiligheidssuppleties bevinden zich echter in de kom en behoeven daarom niet te worden uitgevoerd wanneer het evenwicht in de kom hersteld is. Daarnaast moeten er ook na 2060 veiligheidssuppleties worden uitgevoerd. De totale suppletiebehoefte om het veiligheidsniveau op stand te houden tot 2100 is 25 Mm³.

Opmerkingen:

- voor de dijksegmenten die in 2060 niet meer voldoen en waarvoor vooroeversuppleties ongeschikt worden geacht, zijn in [ref. 2.] alternatieven voorgesteld. Deze alternatieven en de kosten daarvan maken geen onderdeel uit van de voorliggende studie;
- met de maatregel kan voldoende intergetijdengebied worden gecreëerd om het verlies sinds 1990 te compenseren en het verwachte verlies in de aankomende decennia tegen te gaan. Het totale verlies tot 2100 is onbekend maar mogelijk groter dan het nieuw gecreëerde intergetijdegebied;
- in [ref. 2.] is de benodigde zandsuppletie bepaald voor veiligheidssuppleties tot 2060. Er is jaarlijks meer zand benodigd oplopend van 250.000 (2015) tot 350.000 m³/jaar (2060). De jaarlijkse bijkomende hoeveelheid neemt af. Ook na 2060 zijn er echter veiligheidssuppleties vereist. Voor de periode 2060 - 2100 zijn de bijkomende hoeveelheden naar verwachting klein. Er is aangenomen dat de jaarlijkse suppletiebehoefte voor 2060-2100 gelijk is aan het jaar 2060.

2.2. Wettelijke kaders

2.2.1. Flora en faunawet

De uiteindelijke suppletieoplossingen moeten voldoen aan de Flora- en faunawet. Dit betekent dat tijdens uitvoering en realisatie er geen negatieve effecten mogen zijn voor die soorten die hierin beschreven staan. Dit houdt onder andere in dat tijdens het broedseizoen van vogels (van half maart tot 1 september) geen verstoring van nesten mag plaatsvinden. Deze verstoring treedt op als binnen orde 100 meter van nestgebieden activiteiten plaatsvinden, waarbij de nesten zich bevinden op de schor en dijk en niet in de intergetijdzone zelf. Zeehonden mogen niet verstoord worden tijdens de zoogperiode die duurt van 1 mei tot 1 september. In deze periode kunnen geen werkzaamheden uitgevoerd worden aan slikken en platen waar zeehonden zogen. Voor het spuiten van zand waar zeehonden liggen geldt een verstoringsafstand van orde 1.200 m. Ook een sterke verhoging van het aantal vaarbewegingen in de Oosterschelde kan een verstorend effect hebben op zogende zeehonden.

werkbare periode

Eisen vanuit de Flora- en fauna wet zullen zich uiteindelijk vertalen naar een bepaalde periode in een jaar waarbinnen werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Voor deze rapportage is ervan uitgegaan dat per jaar effectief gedurende 12 maanden kan worden gewerkt door middel van een goede fasering van werkzaamheden (werken op locaties die op dat moment de minste overlast veroorzaken).

2.2.2. Natuurbeschermingswet

De uiteindelijke suppletieoplossingen moeten voldoen aan de Natuurbeschermingswet. Dit houdt in dat er geen significante schade aangericht mag worden aan de populaties van beschermde vogels en zeehonden.

Voor dit project vertaalt deze eis zich (onder andere) in het feit dat het gebied dat door de aanleg van suppleties verstoord wordt niet te groot mag zijn. Op de locatie waar de suppletie is aangelegd worden bodemdieren bedolven onder het gesuppleerde zand. Door de afwezigheid van bodemdieren is de plaat ter plaatse van de suppletie niet langer geschikt als foerageergebied voor vogels. Dit betekent tevens dat een gesuppleerd gebied pas na de periode van volledige herkolonisatie (terugkeer van bodemdieren) gezien kan worden als ecologisch ongestoord gebied dat wederom geschikt is als foerageerhabitat. Hoe groot het verstoorde gebied maximaal mag zijn is op dit moment niet bekend, maar vormt samen met de snelheid van herkolonisatie (afhankelijk van de vormgeving van de suppletie) wel een belangrijke randvoorwaarde bij de fasering van suppleties (en daarmee uiteindelijk inzicht in kosten).

kader: schade aan bodemdieren

Suppleren zonder schade aan bodemdieren is vanuit uitvoeringstechnisch oogpunt niet haalbaar. De minimale laagdikte die nog praktisch aan te leggen is ligt in de orde van 0,5 meter. Bij een dergelijke laagdikte zal altijd ecologische schade plaatsvinden en moet rekening worden gehouden met een bepaalde periode waarin herkolonisatie van bodemdieren zal moeten plaatsvinden. Hiermee speelt het door suppleren verstoord plaatoppervlak en de duur van ecologisch herstel na suppleren altijd een rol in de suppletievarianten. Deze twee variabelen zijn daarmee subvariabelen bij de fasering.

percentage verstoord intergetijdengebied

In het kader van deze studie is noordzakelijk inzicht te krijgen in het maximaal percentage intergetijdengebied van de Oosterschelde dat op enig moment verstoord mag zijn. Dit is gedaan aan de hand van instandhoudingsdoelen zoals die zijn gedefinieerd voor 16 vogelsoorten binnen de Oosterschelde. Voor enkele vogels geldt echter dat deze niet gebonden zijn aan slikken en platen in Oosterschelde om te foerageren; de lijst is derhalve ten behoeve van het onderzoek aangepast. Tabel 2.2 geeft van de relevante soorten een overzicht van de instandhoudingsdoelen per soort met daarbij tevens de seizoensgemiddelde stand tussen 2004 en 2008. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat drie soorten; de Scholekster, Strandplevier en de Zwarte Ruiter, reeds onder de instandhoudingsdoelen zitten. De Rosse Grutto en de Groenpootruiter zitten allen minder dan 10 % boven het instandhoudingsdoel. Indien uit wordt gegaan van een lineair verband tussen het intergetijdenareaal en de vogelpopulatie betekent dit dat een langdurige verstoring van 10 % van het intergetijdenareaal voor de 5 genoemde vogelsoorten tot een bedreiging van de instandhoudingsdoelen zal leiden. Voor verstoringpercentages van 5 % en 20 % geldt dit voor respectievelijk 4 en 6 vogelsoorten. Aangezien verstoring mogelijk snel kan leiden tot een bedreiging van de instandhoudingsdoelen lijkt het wenselijk een zo klein mogelijk verstoringpercentage te hanteren bij het ontwikkelen van de suppletievarianten.

tabel 2.2. Instandhoudingsdoelen en vogelpopulaties van vogels die gebonden zijn aan slikken en platen in Oosterschelde om te foerageren

soort	instandhoudingsdoel	seizoensgemiddelde 2004-2008	aantal boven instandhoudingsdoel	percentage boven instandhoudingsdoel
scholekster	24.000	23.720	- 280	- 1 %
kluut	510	823	313	61 %
bontbekplevier	280	321	41	15 %
strandplevier	50	28	- 22	- 44 %
zilverplevier	4.400	5.370	970	22 %
kanoetstrandloper	7.700	10.565	2865	37 %
drieteenstrandloper	260	520	260	100 %
bonte strandloper	14.100	18.486	4386	31 %
rosse grutto	4.200	4.427	227	5 %
tureluur	1.600	2.240	640	40 %
groenpootruiter	150	154	4	3 %
zwarte ruiter	310	239	- 71	- 23 %
wulp	6.400	11.089	4689	73 %

Bij deze benadering kunnen enkele kanttekeningen worden gemaakt. Zo zal het lineaire verband (tussen beschikbaar intergetijdenareaal en vogelpopulatie) in werkelijkheid waarschijnlijk niet opgaan. Daarnaast fourageren niet alle vogelsoorten over de gehele de Oosterschelde. Hierdoor zullen de suppleties voornamelijk invloed hebben op de vogelsoorten die daadwerkelijk op de gesuppleerde platen fourageren. Voor een eerste inzicht van de gevoeligheid van het gebied wordt deze benadering toch zinvol geacht.

snelheid van ecologisch herstel

Een andere belangrijke randvoorwaarde die met het bovenstaande samenhangt is de snelheid van ecologisch herstel van suppleties. Dit wil zeggen, de tijdspanne waarbinnen het herkolonisatieproces van bodemdieren op de suppletie volledig is voltooid. Slechts dan is de suppletie weer volledig beschikbaar als foerageergebied voor vogels. Op dit moment is nog zeer weinig bekend over dit proces dat tevens sterk afhankelijk is van de vormgeving van de suppletie (dikte, afmetingen, et cetera). De resultaten van de proefsuppletie op de Galgeplaat verschaffen een eerste inzicht in dit proces. Tot nu toe beschikbare ervaringen uit deze pilot leren dat herkolonisatie van bodemdieren bij een dergelijke suppletie (1 m hoog, 15 ha) na 15 maanden optreedt maar nog geen volledig ecologisch herstel wordt bereikt. Voor deze studie wordt uitgegaan van een gemiddelde periode tot ecologisch herstel van 5 jaar.

2.3. Uitvoering

Bij het bepalen van de uitvoeringsmethoden is het van belang om initieel vast te leggen met welk materieel het zand op de platen aangebracht kan worden. De Oosterschelde is enkel toegankelijk via sluisen en kanalen met bepaalde lengte-, breedte- en hoogtebeperkingen. Hierdoor is het type schip dat Oosterschelde binnen kan varen beperkt in afmetingen. Deze beperking in afmetingen leidt tot een beperking in bagger- en suppletieproducties waarmee rekening dient gehouden te worden bij zowel de bepaling van de benodigde tijdsduur voor de suppleties als bij de kostenvergelijking.

Daarnaast is ook de toegang vanuit de Noordzee naar de stormvloedkering onderhevig aan beperkte waterdieptes. Deze beperkingen kunnen mogelijks (deels) ongedaan gemaakt worden door het weg-baggeren van drempels in de vaarweg.

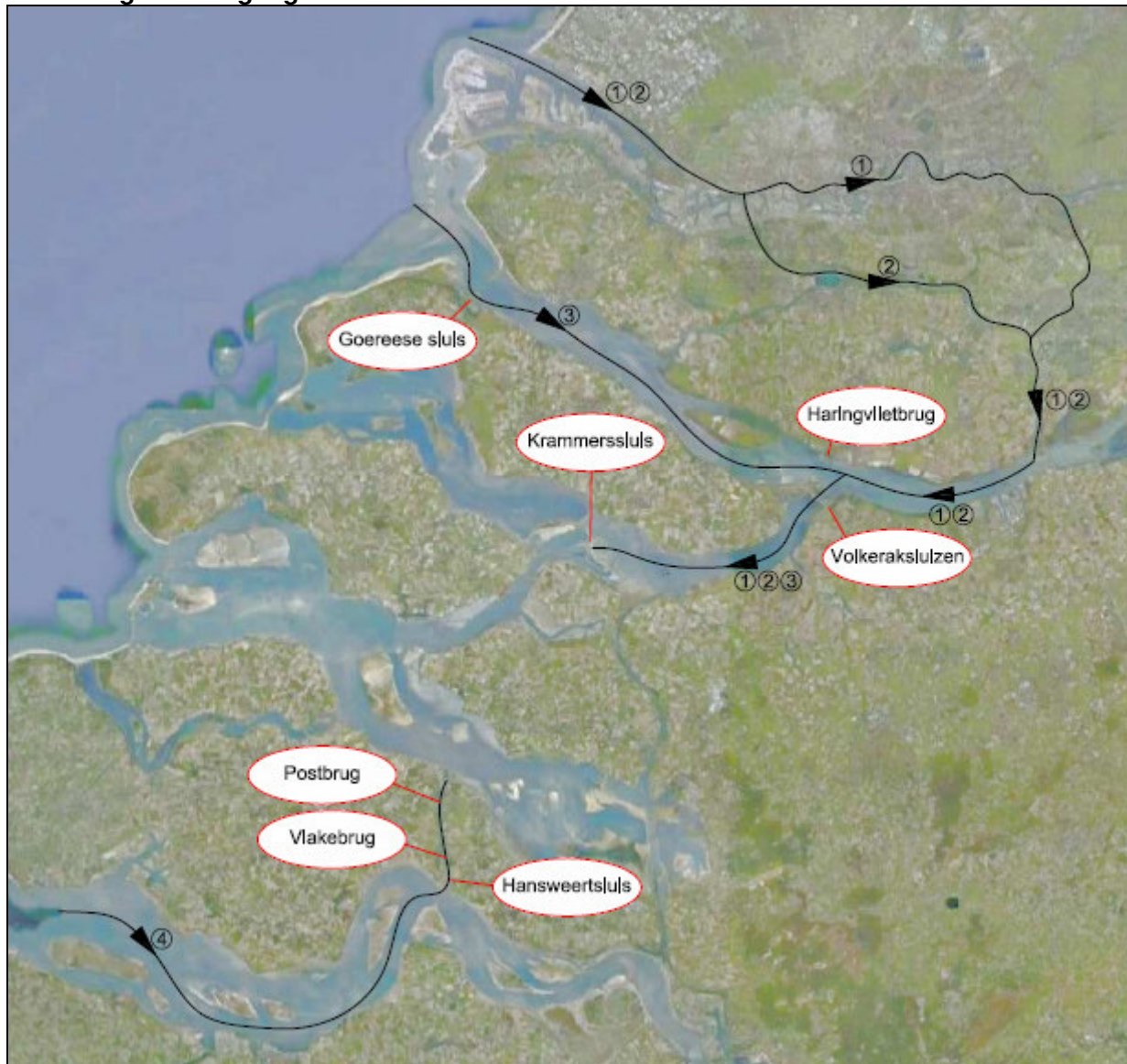
2.3.1. Toegang tot de Oosterschelde

Naast de vaardieptes in het projectgebied zijn de afmetingen van de toegangskanalen, bruggen en sluisen bepalend voor de maximale grootte van het materieel. Een overzicht van de mogelijke toegangsroutes tot de Oosterschelde is weergegeven in afbeelding 2.3. De opgelegde beperkingen voor elk van de hindernissen langs deze routes zijn samengevat in afbeelding 2.4.

De toegangen via de Bergsediepsuis (in de Oesterdam) is hier buiten beschouwing gelaten aangezien daar een breedtebeperking geldt van slechts 5 m.

De toegang via de Roompotsluis (in de Oosterscheldekering) kan enkel door zeegaand materieel gebruikt worden. Het kleinste beschouwde zeegaande schip past niet door de sluis en daarom is deze toegang verder buiten beschouwing gelaten.

afbeelding 2.3. Toegangsroutes tot de Oosterschelde



afbeelding 2.4. Beperkingen toegangsroutes tot de Oosterschelde

1. Via Rotterdam 1

	breedte (m)	diepgang (m)	lengte (m)	doorvaarhoogte @ LAT (m)
Nieuwe Maas-Noord-Dordtsche Kil	40.0	2.80	100.0	44.0
Volkeraksluizen	22.0	6.00	326.0	onbeperkt
Krammerssluis	22.0	4.75	110.0	onbeperkt
MAXIMALE AFMETINGEN SCHIP	22.0	2.80	100.0	44.0

2. Via Rotterdam 2

	breedte (m)	diepgang (m)	lengte (m)	doorvaarhoogte @ LAT (m)
Oude Maas Dordtsche Kil	52.0	8.75	180.0	42.5
Volkeraksluizen	22.0	6.00	326.0	onbeperkt
Krammerssluis	22.0	4.75	110.0	onbeperkt
MAXIMALE AFMETINGEN SCHIP	22.0	4.75	110.0	42.5

3. Via Goereese sluis

	breedte (m)	diepgang (m)	lengte (m)	doorvaarhoogte @ LAT (m)
Goereese sluis	14.0	3.00	140.0	onbeperkt
Haringvlietbrug	33.0	7.00	n.v.t.	onbeperkt
Volkeraksluizen	22.0	6.00	326.0	onbeperkt
Krammerssluis	22.0	4.75	110.0	onbeperkt
MAXIMALE AFMETINGEN SCHIP	14.0	3.00	110.0	onbeperkt

4. Via Hansweert

	breedte (m)	diepgang (m)	lengte (m)	doorvaarhoogte @ LAT (m)
Hoogspanningskabels	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	47.0
Hansweertsluis	22.0	4.75	200.0	onbeperkt
Kanaal door Zuid-Beveland	22.0	4.75	200.0	n.v.t.
Vlakebrug	22.0	4.75	200.0	onbeperkt
Postbrug	22.0	4.75	200.0	onbeperkt
MAXIMALE AFMETINGEN SCHIP	22.0	4.75	200.0	47.0

5. Binnen Projectgebied

	breedte (m)	diepgang (m)	lengte (m)	clearance @ LAT (m)
Zeelandbrug	35.0	5.60	n.v.t.	onbeperkt

Gezien de beperkte diepgang langs routes 1 en 3, alsook de beperking in breedte op de Goereese sluis langs route 3 (zie afbeelding 2.4), lijken routes 2 en 4 meest aangewezen. Route 4 door het kanaal in Zuid-Beveland heeft duidelijk de minst zware beperkingen.

Naast de beperkingen langs de toegangsroutes tot de Oosterschelde dient ook rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van de Zeelandbrug binnen het projectgebied. Dankzij de aanwezigheid van een ophaalbrug in het noordelijke gedeelte van de Zeelandbrug zijn er enkel beperkingen in breedte en diepgang. De beperking in breedte is minder streng dan de breedtebeperkingen langs alle toegangsroutes en is dus niet bepalend. De beperking in diepgang van 5,6 m (bron: www.rijkswaterstaat.nl) is voor een geladen sleephopperzuiger echter wel bepalend, en beperkt aldus het type sleephopperzuiger dat kan ingezet worden tot een sleephopperzuiger met een laadvermogen van ongeveer 4.500 ton, althans in zoverre het noodzakelijk is dat deze sleephopperzuiger in geladen toestand onder de Zeelandbrug dient te varen.

Voor het doel van deze nota is verder uitgegaan van sleephopperzuigers met een laadvermogen van ongeveer 3.000~6.000 ton als werkende sleephopperzuigers binnen het projectgebied in de Oosterschelde. Een voorbeeld van een dergelijke sleephopperzuiger met typische afmetingen is weergegeven in afbeeldingen 2.5.

Voor het kruisen van de Zeelandbrug dient wel rekening te worden gehouden met wachttijden aan de ophaalbrug. De gemiddelde wachttijd wordt geschat op ongeveer 1,5 uur voor schepen die niet onder de gesloten brug kunnen.

afbeelding 2.5. Voorbeeld van een sleephopperzuiger met laadvermogen 5.000 ton



2.3.2. Locatie van zandwingebieden

Voor de kostenvergelijking is uitgegaan van zand met een gemiddelde korrel diameter die niet groter is dan 200 μ m.

Er is verondersteld dat dit zand in de Oosterschelde aanwezig is in nader aan te duiden wingebieden. Voor de kostenvergelijking is als uitgangspunt aangenomen dat de gemiddelde vaarafstand vanaf deze wingebieden tot de suppletie locaties 10 km bedraagt. Voor de uitvoeringsoplossingen met Oosterschelde zand wordt hier uitgegaan van de aanwezigheid van een zandwingebied ten westen van de Zeelandbrug ter aanvulling van de platen die gelegen zijn aan de westkant van de Zeelandbrug, en van de aanwezigheid van een zandwingebied ten oosten van de Zeelandbrug ter aanvulling van de platen die gelegen zijn aan de oostkant van de Zeelandbrug. Aldus kunnen wachttijden aan de Zeelandbrug vermeden worden.

Als alternatieve (of eventueel aanvullende) uitvoeringsmethode wordt in deze nota ook gekeken naar het rechtstreeks verpompen van zand vanuit de geulen in de Oosterschelde naar de aanliggende platen. Deze methode vereist een minimum aan materieel.

Zandwingebieden in de Noordzee worden verondersteld op een vaarafstand van 25 km te liggen vanaf de stormvloedkering. Op deze afstand ligt de zeebodem vaak onder NAP - 20 m. Er dient echter nader onderzoek te gebeuren naar de beschikbaarheid van bovengenoemd fijn zand in de Noordzee, met name naar de beschikbare hoeveelheden gezien de grote benodigde zandhoeveelheid voor zowel de plaatsuppleties als de komsuppletie.

Indien al het benodigde zand uit de Noordzee komt, dan dient een groot gedeelte van het zand, en in de komvariante zelfs al het zand, onder de Zeelandbrug getransporteerd te worden, wat dus aanzienlijke wachttijden met zich kan meebrengen.

Een andere mogelijkheid is het aanvoeren van zand uit de Westerschelde via het Kanaal door Zuid-Beveland. Deze optie zal hoogstwaarschijnlijk ook economisch haalbaar zijn. Deze is echter niet verder meegenomen omdat het onzeker is waar het zand vandaan kan komen en of het op lange termijn toegestaan zal worden om zand uit de Westerschelde te winnen.

2.3.3. Baggeren van toegangskanalen

(i) toegangskanaal aan de stormvloedkering

Uit beschikbare bathymetrische gegevens (zeekaart nummer 110 en digitale bathymetrische gegevens aangeleverd door Rijkswaterstaat) blijkt dat de waterdiepte in de toegangsgewalen aan de zeezijde van de stormvloedkering beperkt is tot ongeveer 8 mCD in de meest ondiepe gedeeltes. Dit betekent dat de theoretische diepgang van geladen sleephopperzuigers beperkt is tot ongeveer 7 m, wat typisch overeenstemt met een sleephopperzuiger met een laadvermogen van ongeveer 6.000~8.000 ton.

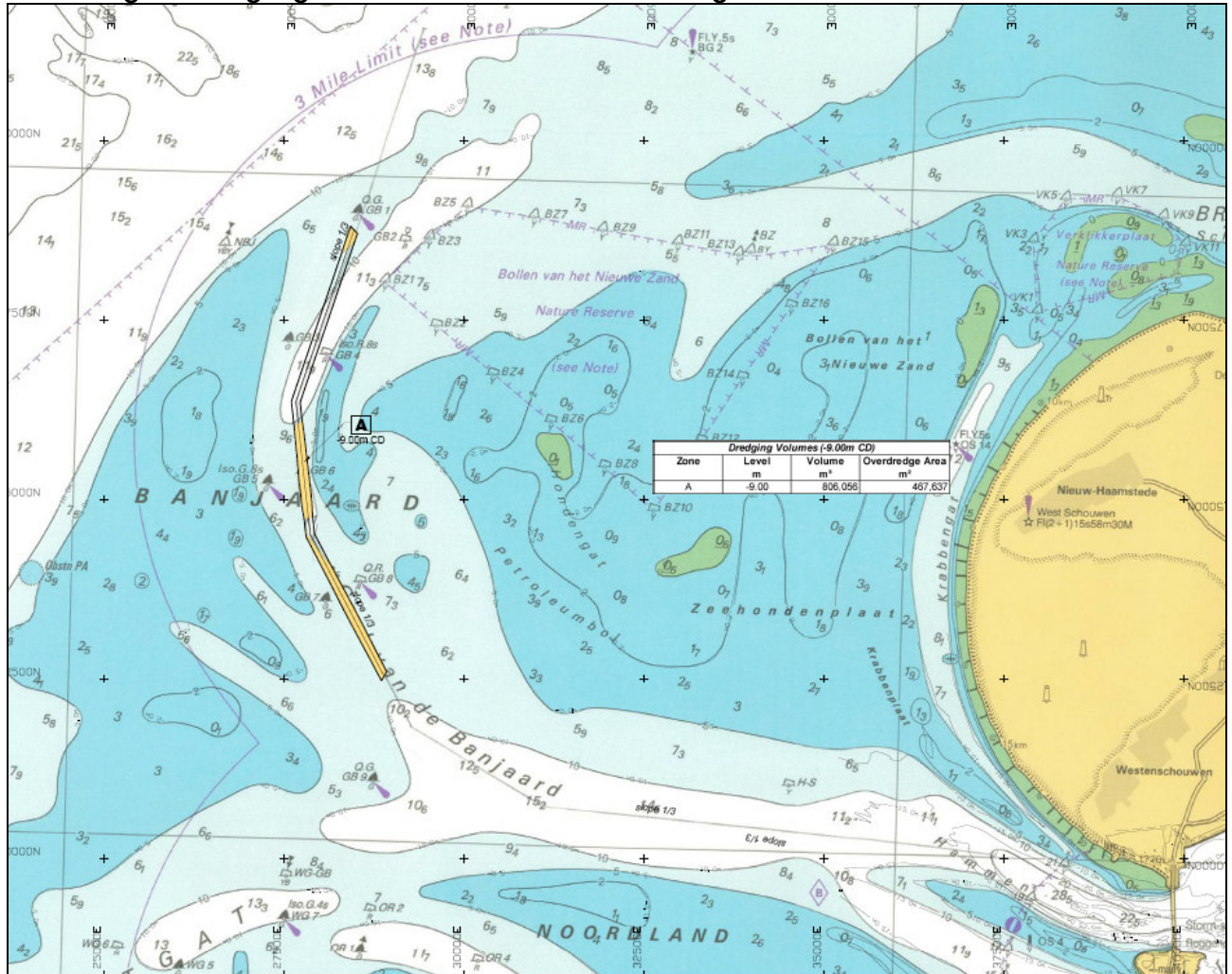
Indien de drempels boven - 9 mCD weggebaggerd worden, kunnen grotere sleephopperzuigers met een laadvermogen van ongeveer 15.000~25.000 ton worden ingezet om Noordzeezand te transporteren naar een stockpile aan de stormvloedkering (zie ook beschrijving van de uitvoeringsmethodes hieronder). Het te baggeren volume wordt geschat op ongeveer 800.000 m³. Zie ook afbeelding 2.6 voor het concept van een dergelijk toegangskanaal. De taluds van het kanaal zijn in de volumeberekening 1 op 3 verondersteld.

Bovendien kan de baggersuppletieronde aangepast worden of kunnen de schepen meer of minder geladen worden in functie van de waterstand op het moment dat ze over de drempels varen.

In wat volgt is rekening gehouden met de realisatie van een dergelijk toegangskanaal en is dus ook uitgegaan van sleephopperzuigers met een laadvermogen van 15.000~25.000 ton voor het aanbrengen van een stockpile van Noordzeezand nabij de stormvloedkering.

De additionele kostprijs voor het kanaalbaggeren is relatief klein, als het gebaggerde zand zou kunnen gebruikt worden voor de plaatsuppleties. Indien dit niet het geval is, kan het kanaalbaggeren uitgevoerd worden tijdens de terugvaart naar het zandwingebied in de normale baggersuppletieronde.

afbeelding 2.6. Toegangskanaal aan de stormvloedkering



(ii) toegangskanalen binnen de Oosterschelde

Volgens de beschikbare bathymetrische gegevens zijn er in het algemeen voldoende toegangseulen naar de diverse zandplaten om met sleepopperzuigers voldoende dicht bij de platen te komen en aldus de persafstanden voor hydraulisch opspuiten te beperken binnen redelijke afstanden tot 3~4 km. Met zand waarvan de gemiddelde korreldiameter kleiner is dan 200µm kan men er namelijk vanuit gaan dat dergelijke persafstanden haalbaar zijn. Voor een grovere korreldiameter (350 - 400µm) is 3 km haalbaar mits gebruik wordt gemaakt van een booster.

Aan de Krabbenkreek en allicht ook aan het Tholseinde dienen wellicht wel booster-stations te worden ingezet, aangezien de persafstanden daar gedeeltelijk zullen oplopen tot boven 5 km. Het nadelig effect van de boosterstations op de producties ten gevolge van wachttijden voor de schepen tijdens reparatiewerkzaamheden aan de boosters en de extra kost is mee in rekening gebracht.

Er is in deze studie geen rekening gehouden met het eventueel baggeren van additionele toegangskanalen binnen de Oosterschelde.

3. SUPPLETIEVARIANTEN

In dit hoofdstuk worden voor beide suppletie strategieën suppletievarianten ontwikkeld. In paragraaf 3.1 staan kort de variabelen beschreven die bij het ontwikkelen van de varianten zijn gehanteerd. Paragraaf 3.2 tot en met 3.4 beschrijven achtereenvolgens de drie varianten die zijn geselecteerd voor de volgende fase (ontwikkelen van uitvoeringsoplossingen).

3.1. Variabelen

Bij het ontwikkelen van de suppletievarianten spelen een aantal variabelen een belangrijke rol. Deze variabelen worden hieronder kort beschreven.

vormgeving suppletie op de plaat

De suppleties kunnen op verschillende manieren op de plaat worden aangelegd, waaronder door:

- het aanbrengen van een suppletie met gelijke laagdikte over de gehele plaat (deken);
- het aanbrengen van een hoge suppletie in het midden van de plaat (reservoir).

Beide aanlegmethoden zijn onderscheidend in kosten maar ook in effecten op ecologie en natuur. Daarom is ervoor gekozen binnen de strategie herstel en behoud een suppletievariant te ontwikkelen voor beide methoden.

fasering in uitvoering

De fasering in uitvoering is een belangrijke variabele omdat deze in hoge mate het aantal mobilisaties van materieel bepaald. Mobilisatiekosten zijn een belangrijk onderdeel van de totale kosten van suppleties. De extremen in fasering zijn:

1. één aanlegfase voor elke plaat, eventueel in een periode van aangeschakelde jaren. Hierbij wordt al het benodigde zand voor een plaat in een keer gesuppleerd;
2. aanleg van suppleties in meerdere fases per plaat tot het jaar 2100.

Het is het meest wenselijk om de suppleties in meerdere fases per plaat uit te voeren. Daarbij wordt een minimum van twee fases gehanteerd (één voor en één na 2050).

sub-variabelen fasering

Bij fasering in uitvoering spelen twee subvariabelen nog een belangrijke rol voortkomend uit ecologische randvoorwaarden (paragraaf 2.2):

1. maximaal oppervlak aan intergetijdengebied dat op enig moment zodanig is verstoord en dat daardoor het niet meer geschikt is als foerageergebied;
2. periode tot volledig ecologisch herstel van een plaatsuppletie, ofwel de periode waarna het gesuppleerde oppervlak wederom geschikt is als foerageergebied.

opmerking

In de opgestelde suppletievarianten wordt gesuppleerd zodanig dat binnen een tijdsperiode van vijf jaar (i.e. één suppletieronde) het verstoringspercentage sterk kan fluctueren. Door echter in de tijdsperiode van vijf jaar doorlopend te suppleren in kleiner gemiddelde hoeveelheden wordt een gelijkmatiger verstoring en daarmee een constanter verstoringspercentage verkregen. Een gelijkmatige verstoring kan ecologisch gezien beter zijn dan een in tijd en intensiteit variërende verstoring omdat dan het voedselaanbod beter door de vogels kan worden ingeschat. Daarnaast is bij een doorlopende suppletie de maximale verstoring minder groot.

Het opstellen van een suppletievariant met een doorlopende suppletie is een optimalisatieslag en dient derhalve in een volgende fase van het project nader te worden beschouwd. Het continue of discontinue suppleren speelt in het navolgende geen belangrijke onderscheidende rol voor de opgestelde varianten en heeft geen invloed op de kosten (hoofdstuk 4).

3.2. Herstel en behoud: dekensuppletie

Met een dekensuppletie wordt een suppletie bedoeld die over 100 % over het plaatoppervlak wordt aangelegd. Dit betekent dat 100 % van de gesuppleerde plaat niet meer geschikt is als fourageergebied voor vogels totdat herkoloniatie van bodemdieren heeft plaatsgevonden.

Het totaal oppervlak aan verstoord gebied is een belangrijke variabele bij het vaststellen van de fase-ringsmogelijkheden van een dekensuppletie. In de volgende paragraaf worden de mogelijke suppletievarianten voor een deken-suppletie beschreven voor verschillende verstoringspercentages. Met verstoringspercentage wordt het deel van de Oosterschelde bedoeld dat op enig moment verstoord wordt door de suppleties (het totale oppervlak van de suppleties/totale oppervlak van Oosterschelde). Op basis van deze informatie wordt uiteindelijk één variant geselecteerd.

3.2.1. Mogelijke Suppletievarianten

20 % verstoring

Bij een maximaal verstoringspercentage van 20 % zijn er 5 aanlegsuppletierondes of meer noodzakelijk. Tijdens elke suppletieronde wordt dan 1 vak in de Oosterschelde hersteld dat wordt gedefinieerd door 20 % van het totale intergetijdenareaal in de Oosterschelde. Een vak bestaat dus uit meerdere platen die samen 20 % procent van het totale intergetijdenareaal beslaat. Na elke suppletieronde is een tussenperiode van minimaal 5 jaar nodig om het ecologisch systeem zich te laten herstellen. Het is daarbij mogelijk de aanleg van 1 suppletieronde te verspreiden over meerdere jaren binnen deze tussenperiode.

Uitgaand van een minimale herstelperiode van 5 jaar is de minimale uitvoeringsperiode bij 20 % verstoring 5×5 jaar = 25 jaar, zie ook afbeelding 3.1. Deze minimale uitvoeringsperiode gaat er dus van uit dat alle platen in één keer met een dekensuppletie worden hersteld. De gemiddelde laagdikte van een dergelijke suppletie is ~1,3 m. Daarnaast moet er gemiddeld per aanlegsuppletieronde ~26 Mm³ (130 Mm³/5) worden gesuppleerd.

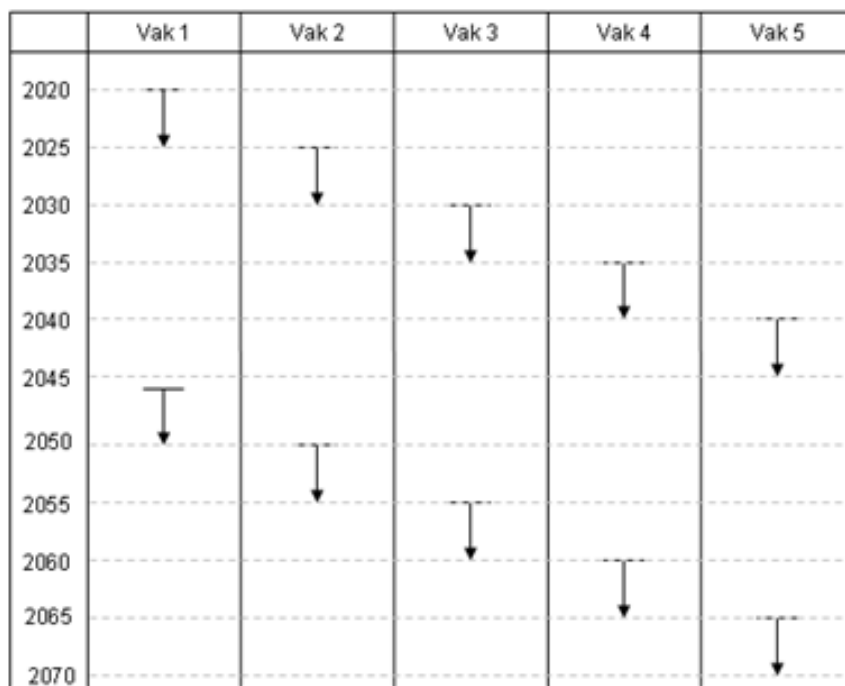
afbeelding 3.1. Deken: 20 % verstoring, 1 fase per plaat

	Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5
2020	↓				
2025		↓			
2030			↓		
2035				↓	
2040					↓
2045					

Zoals eerder beschreven is het niet wenselijk elke plaat in 1 keer te suppleren en verdient het de voorkeur om minmaal twee fasen per plaat toe te passen. Dit houdt in dat er meerdere keren een deken over de plaat wordt aangelegd met een evenredig kleinere laagdikte (en totaal suppletievolume per suppletieronde).

In de maximale uitvoeringsperiode van 80 jaar (2020-2100) is het dan alleen mogelijk twee of drie fasen per plaat te suppleren. Dit leidt tot uitvoeringsperioden van respectievelijk 50 en 75 jaar en laagdiktes van respectievelijk ~0,65 m en ~0,3 m. Afbeelding 3.2 laat het suppletieschema zien voor twee fasen per plaat. Dit houdt dus in dat elk vak (van platen) twee keer gesuppleerd wordt.

afbeelding 3.2. Deken: 20 % verstoring, 2 fases per plaat



10 % verstoring

Voor de 10 % verstoring van het intergetijdenareaal geldt dezelfde benadering als hierboven is beschreven en kunnen 10 vakken worden gedefinieerd met elk 10 % van het totale intergetijdenareaal. Dit betekent dat er 10 aanlegsuppletierondes of meer noodzakelijk zijn waarin elke keer 10 % van het intergetijdengebied van de Oosterschelde wordt gesuppleerd. De minimale uitvoeringsperiode die hierbij hoort is 50 jaar (10 x 5 jaar).

Zoals aangegeven is het wenselijker de suppleties te verdelen over meerdere fasen per plaat. Bij het hanteren van 10 % is dit echter niet mogelijk omdat dan de maximale uitvoeringsperiode van 80 jaar (2020-2100) overschreden wordt. Twee fasen per plaat leiden tot een totale uitvoeringsperiode van 100 jaar. Daarmee wordt geconcludeerd dat bij het toepassen van een 'dekensuppletie' in meerdere fasen een verstoringspercentage van 10 % niet haalbaar is. In deze studie wordt daarom een verstoringspercentage van 20 % gehanteerd.

3.2.2. Keuze suppletievariant

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de resultaten uit voorgaande paragraaf. Uitgaand van een verstoringspercentage van 20 % kunnen de suppleties in één, twee of drie fasen per plaat worden aangelegd, waarbij één fase niet wenselijk is. Bij de aanleg in drie fasen wordt de gemiddelde laagdikte erg klein (~0,3 m). Jan de Nul heeft aangegeven dat een laagdikte van 0,5 m uit minimaal is. Het blijkt uitvoeringstechnisch dus niet mogelijk om de dekensuppleties in 3 fasen per plaat aan de leggen.

tabel 3.1. Overzicht suppletievarianten

fases per plaat	verstoringpercentage 20 %
1	5 suppletierondes minimaal 25 jaar ~1,3 m laagdikte ~26 Mm ³ per suppletieronde
2	2 * 5 =10 suppletierondes minimaal 50 jaar ~0,65 m laagdikte ~13 Mm ³ per suppletieronde
3	3 * 5 =15 suppletierondes minimaal 75 jaar ~0,4 m laagdikte ~8,5 Mm ³ per suppletieronde

Bij het toepassen van een dekensuppletie is het dus enkel interessant om de platen in twee fases te suppleren en daarbij een verstoringpercentage van 20 % te hanteren. Aangezien het waarschijnlijk niet haalbaar/aantrekkelijk is om een dergelijk suppletieronde (13 Mm³) in een enkel jaar uit te voeren zal de aanleg alsnog verspreid moeten worden over meerdere jaren.

Afbeelding 3.3 geeft een voorbeeld van hoe een suppletieprogramma behorend bij die variant eruit kan zien. Vanzelfsprekend kan er geschoven worden met de platen onderling zolang voldaan wordt aan het 20 % verstoringpercentage per suppletieronde. In deze afbeelding wordt uitgegaan van de minimale tussenperiode voor herstel van 5 jaar. Voor de periode tussen 2050-2100 kan deze tussenperiode ook worden verlengd zolang de werkzaamheden voor 2100 zijn voltooid.

afbeelding 3.3. Voorbeeld suppletieprogramma deken-variant

Deken 20%	Totaal benodigd Volume			Laagdikte		Suppletievolumes [Mm ³]										Totaal
	Areal	heden-2050		2050-2100		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	
		ha	Mm ³	Mm ³	2020-2050	2050-2100										
neeltje jans	344	1.26	1.58	0.37	0.46		1.258				1.576					2.83
roggenplaat	1489	10.13	10.79	0.68	0.72	10.133					10.794					20.93
zandkreek noord	174	1.35	1.39	0.78	0.80	1.352					1.388					2.74
zandkreek zuid	130	1.04	1.06	0.60	0.62	1.040					1.062					2.10
middenplaat	179	1.57	1.59	0.88	0.89		1.573				1.594					3.17
kats	64	0.41	0.44	0.63	0.68		0.406				0.438					0.84
goese sas	72	0.56	0.58	0.78	0.81		0.563				0.582					1.15
galgeplaat	989	6.94	7.30	0.70	0.74					6.936				7.300		14.24
dortsman	1206	7.56	8.17	0.63	0.68		7.559				8.165					15.72
yerseke	109	0.92	0.94	0.84	0.86	0.917					0.938					1.85
speelmansplaten	337	2.75	2.84	0.82	0.84			2.750				2.843				5.59
tholseinde	987	5.57	6.26	0.56	0.63					5.572					6.257	11.83
rattenkaai	1440	12.05	12.40	0.84	0.86			12.049				12.395				24.44
hooghe kraaijer	512	4.20	4.30	0.82	0.84				4.198				4.302			8.50
viane	362	1.65	1.94	0.46	0.54				1.650				1.939			3.59
krabbekreek midden	482	1.57	2.03	0.33	0.42				1.570				2.031			3.60
krabbekreek west	156	0.94	1.02	0.61	0.65				0.945				1.021			1.97
krabbekreekoost	269	0.65	0.94	0.24	0.35				0.646				0.942			1.59
oude tonghe	160	1.11	1.17	0.69	0.73				1.108				1.173			2.28
slaek	153	0.37	0.55	0.24	0.36			0.375				0.546				0.92
	9614.00	58.16	67.28			13.4	11.4	15.2	10.1	12.5	14.2	12.4	15.8	11.4	13.6	129.88

3.3. Herstel en behoud: reservoirsuppletie

Reservoirsuppletie is een suppletie die in een patroon wordt aangebracht op de plaat. Op deze wijze wordt een gedeelte van de plaat bedekt. De suppletie kan in een wiebertjes-, stroken, of bolletjespatroon op de plaat worden aangebracht. De bolletjes of wiebertjes zijn 'reservoirs' waaruit het resterend deel van de plaat langzaam wordt 'gevoed' met zand. De aangebrachte suppletie moet minimaal 50 % van de plaat bedekken om tot een goede verspreiding van het zand over de plaat te komen. Alleen het gesuppleerde oppervlak van de plaat wordt gezien als verstoord gebied.

In het vervolg van deze deelstudie wordt uitgegaan van een 'bolletjespatroon'. Het oppervlak van de 'bolletjes' bedraagt bijvoorbeeld circa 10-15 hectare en zullen circa 50 % van het totale oppervlak van een plaat bedekken. Het oppervlak van één 'bolletje' is daarmee van dezelfde ordegrrootte als het oppervlak van de proefsuppletie op de Galgeplaat.

Wederom is het totaal oppervlak aan verstoord gebied een belangrijke variabele bij het vaststellen van de faseringsmogelijkheden. Aangezien de reservoirsuppleties slechts over een deel van de platen worden neergelegd is het mogelijk om lagere verstoringspercentages te hanteren dan bij een dekensuppletie. In de volgende paragraaf worden de mogelijke suppletievarianten voor een reservoirsuppletie beschreven voor verschillende verstoringspercentages. Op basis van deze informatie wordt uiteindelijk één variant geselecteerd.

3.3.1. Mogelijke Suppletievarianten

10 % verstoring

Bij een reservoirsuppletie op 50 % van het plaatoppervlak en een maximaal verstoringspercentage van 10 % zijn er minimaal 5 aanlegsuppletierondes of meer benodigd. Tijdens elke suppletieronde wordt dan in één vak in de Oosterschelde gesuppleerd dat 20 % van het totale intergetijdegebied in de Oosterschelde beslaat. Uitgaand van een hersteltijd van 5 jaar is de minimale uitvoeringperiode daarmee 25 jaar. Zoals eerder beschreven is het niet wenselijk om elke plaat in één keer te suppleren en verdient het de voorkeur om minimaal twee fasen per plaat toe te passen. Dit houdt in dat er meerdere keren een (bolletjes)patroon over de plaat wordt aangelegd met een evenredig kleinere laagdikte en totaal suppletievolume per suppletieronde (zie tabel 3.2).

tabel 3.2. Reservoir; 10 % verstoring

fases per plaat	verstoringspercentage 10 %
1	1 x 5 = 5 suppletierondes minimaal 25 jaar ~2,6 m laagdikte ~25,6 Mm ³ per suppletieronde
2	2 x 5 = 10 suppletierondes minimaal 50 jaar ~1,3 m laagdikte ~12,8 Mm ³ per suppletieronde
3	3 x 5 = 15 suppletierondes minimaal 75 jaar ~0,9 m laagdikte ~8,5 Mm ³ per suppletieronde

5 % verstoring

Bij een reservoiroppervlak van 50 % en een maximaal verstoringspercentage van 5 % zijn minimaal 10 rondes per plaat noodzakelijk. Uitgaand van een hersteltijd van 5 jaar is de minimale uitvoeringperiode daarmee 50 jaar. Zoals eerder beschreven is het niet wenselijk elke plaat in één keer te suppleren en verdient het de voorkeur om minimaal twee fasen per plaat toe te passen. De minimale uitvoeringsperiode is dan 100 jaar wat langer is dan de gestelde maximale uitvoeringsperiode van 80 jaar (zie tabel 3.3).

tabel 3.3. Reservoir, 5 % verstoring

fases per plaat	verstoringpercentage 5 %
1	1 x 10 = 10 suppletierondes minimaal 50 jaar ~2,6 m laagdikte ~12,8 Mm ³ per suppletieronde
2	2 x 10 = 20 suppletierondes minimaal 100 jaar ~1,3 m laagdikte ~6,4 Mm ³ per suppletieronde

3.3.2. Keuze suppletievariant

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de resultaten van voorgaande paragraaf. Een verstoringpercentage van 5 % is niet haalbaar binnen de gestelde uitvoeringsperiode en minimale aantal fasen. In tegenstelling tot de dekensuppletie is het met een reservoir suppletie wel mogelijk maximale verstoringpercentages van slechts 10 % verstoring te handhaven. Uitgaand van een verstoringpercentage van 10 % kunnen de suppleties in één, twee of drie fasen per plaat worden aangelegd waarbij één fase niet wenselijk is. Er is gekozen voor suppleren in twee fasen omdat dit een realistische laagdikte geeft. In vergelijking met 3 aanlegfasen geeft 2 aanlegfasen theoretisch minder mobilisaties (en daarmee lagere kosten).

tabel 3.4. Overzicht suppletievarianten

fases per plaat	verstoringpercentage 5 %	verstoringpercentage 10 %
1	1 x 10 = 10 suppletierondes minimaal 50 jaar ~2,6 m laagdikte ~12,8 Mm ³ per suppletieronde	1 x 5 = 5 suppletierondes minimaal 25 jaar ~2,6 m laagdikte ~25,6 Mm ³ per suppletieronde
2	2 x 10 = 20 suppletierondes minimaal 100 jaar ~1,3 m laagdikte ~6,4 Mm ³ per suppletieronde	2 x 5 = 10 suppletierondes minimaal 50 jaar ~1,3 m laagdikte ~12,8 Mm ³ per suppletieronde
3		3 x 5 = 15 suppletierondes minimaal 75 jaar ~0,9 m laagdikte ~8,5 Mm ³ per suppletieronde

Afbeelding 3.4 geeft een voorbeeld van hoe een suppletieprogramma er uit kan zien bij verstoringpercentage van maximaal 10 % en 2 suppletierondes per plaat. Vanzelfsprekend kan er geschoven worden met de platen onderling zolang voldaan wordt aan het 10 % verstoringpercentage per suppletieronde. Per suppletieronde moet orde 13 Mm³ worden gesuppleerd. Aangezien het waarschijnlijk niet haalbaar/aantrekkelijk is om een dergelijk suppletieronde in een enkel jaar uit te voeren zal de aanleg verspreid worden over meerdere jaren.

afbeelding 3.4. Voorbeeld suppletieprogramma reservoir variant

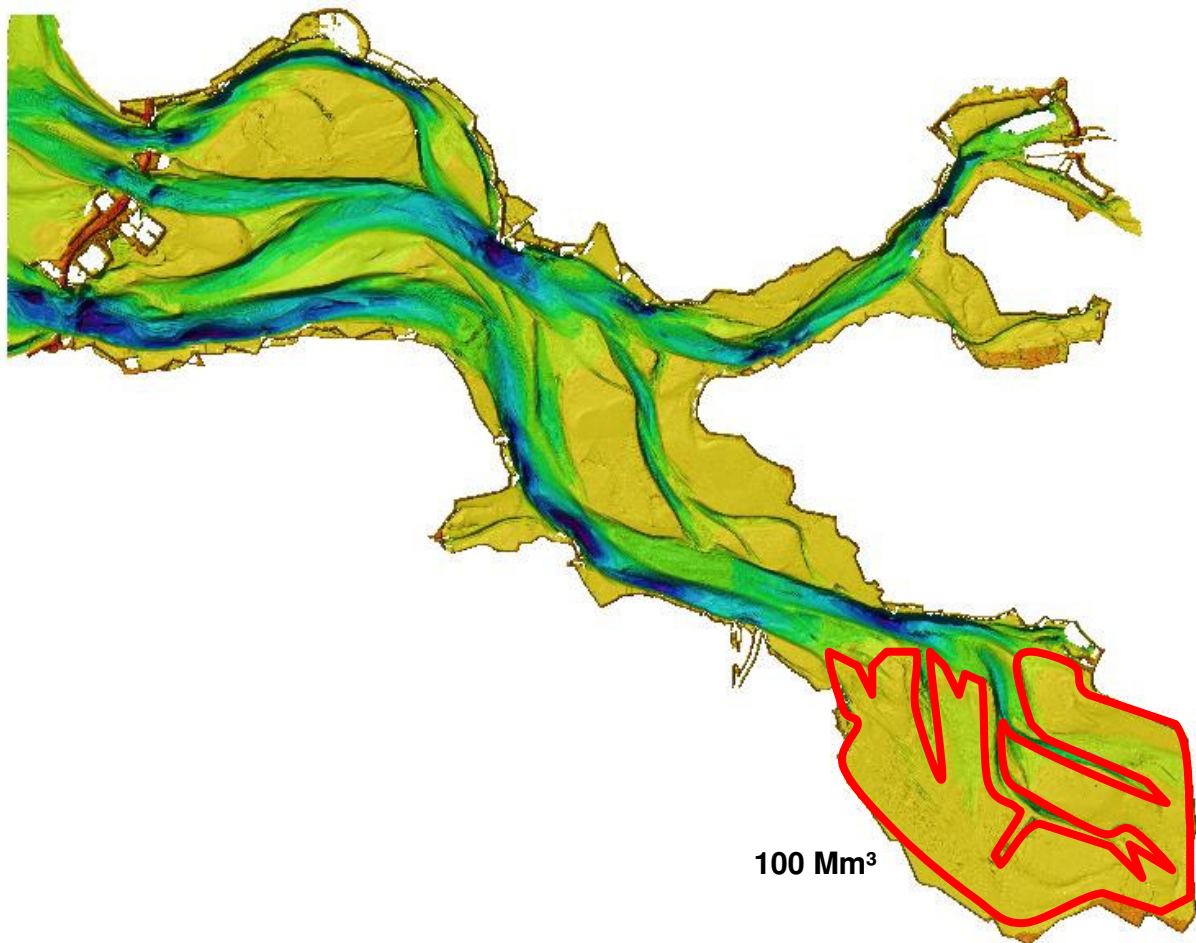
Reservoir	Areaal	Totaal benodigd Volume		Laagdikte		Suppletievolumes [Mm3]											
		heden-2050	2050-210	2020-2050	2050-2100	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	Totaal	
10%	ha	Mm3	Mm3														
neeltje jans	344	1.26	1.58	0.73	0.92		1.258					1.576					2.83
roggenplaat	1489	10.13	10.79	1.36	1.45	10.133					10.794						20.93
zandkreek noord	174	1.35	1.39	1.55	1.60	1.352					1.388						2.74
zandkreek zuid	130	1.04	1.06	1.60	1.63	1.040					1.062						2.10
middenplaat	179	1.57	1.59	1.76	1.78		1.573					1.594					3.17
kats	64	0.41	0.44	1.27	1.37		0.406					0.438					0.84
goese sas	72	0.56	0.58	1.56	1.62		0.563					0.582					1.15
galgeplaat	989	6.94	7.30	1.40	1.48					6.936					7.300		14.24
dortsman	1206	7.56	8.17	1.25	1.35		7.559					8.165					15.72
yerseke	109	0.92	0.94	1.68	1.72	0.917					0.938						1.85
speelmansplaten	337	2.75	2.84	1.63	1.69				2.750				2.843				5.59
tholseinde	987	5.57	6.26	1.13	1.27						5.572				6.257		11.83
rattenkaai	1440	12.05	12.40	1.67	1.72				12.049				12.395				24.44
hooghe kraaijer	512	4.20	4.30	1.64	1.68					4.198				4.302			8.50
viane	362	1.65	1.94	0.91	1.07					1.650				1.939			3.59
krabbekreek midden	482	1.57	2.03	0.65	0.84					1.570				2.031			3.60
krabbekreek west	156	0.94	1.02	1.21	1.31					0.945				1.021			1.97
krabbekreekoost	269	0.65	0.94	0.48	0.70					0.646				0.942			1.59
oude tonghe	160	1.11	1.17	1.38	1.47					1.108				1.173			2.28
slaak	153	0.37	0.55	0.49	0.71								0.546				0.92
	9614	58.16	67.28				13.4	11.4	15.2	10.1	12.5	14.2	12.4	15.8	11.4	13.6	129.88

3.4. Optimalisatie en behoud: evenwicht kom

3.4.1. Algemene beschrijving

Binnen de strategie optimalisatie en behoud wordt enkel een suppletievariant uitgewerkt waarbij het evenwicht in de kom, een deelgebied in de Oosterschelde, lokaal wordt hersteld. Met deze maatregel kan voldoende intergetijdengebied worden gecreëerd om het verlies sinds 1990 te compenseren en het verwachte verlies in de aankomende decennia tegen te gaan. Om dit te kunnen bereiken is het noodzakelijk een grootschalige suppletie toe te passen in het gehele gebied. Hiervoor is 100 Mm³ zand noodzakelijk tot aan 2050, [ref. 1.] afbeelding 3.5. Daarnaast is nog 25 Mm³ zand extra noodzakelijk om de gevolgen van zeespiegelstijging tussen 2050 en 2100 te compenseren en nogmaals 25 Mm³ is nodig voor veiligheidssuppleties.

afbeelding 3.5. Principeschets evenwicht in kom



3.4.2. Fasering

Voor het vaststellen van de fasering van deze suppletievariant is er, net als bij voorgaande varianten, uitgegaan van een limiet aan het verstoord intergetijdengebied in de Oosterschelde. Een groot deel van de te suppleren 100 Mm^3 wordt echter niet in het huidige intergetijdengebied aangelegd maar in de diepere delen van de kom. Het zand dat wordt gesuppleerd in dit gebied leidt daarom niet tot verstoring van het intergetijdenareaal. Het is alsnog alleen mogelijk om de werkzaamheden voor 2100 uit te voeren indien een verstoringpercentage van 10 % wordt gehanteerd.

In tabel 3.5 is een mogelijk suppletieplan voor deze suppletievariant weergegeven met daarin de volumes aangegeven die per suppletiesuppletieronde worden gesuppleerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de diepere delen van de kom waar momenteel geen intergetijdengebied is en de plekken waar momenteel wel intergetijdengebied aanwezig is. Om te komen tot een suppletieplan zijn de volgende aannames gedaan:

1. het totaal te creëren intergetijdengebied in de kom is orde 70 km^2 ;
2. van het totaal gecreëerde intergetijdengebied is $\sim 35 \text{ km}^2$ op dit moment geen intergetijdengebied en suppleties op dit deel leiden daarom niet tot verstoring van het intergetijdenareaal. Uitgaande van een gemiddelde laagdikte van 2 meter zal hier ongeveer 70 Mm^3 zand moeten worden gesuppleerd;
3. op het deel van de kom dat reeds intergetijdengebied is (35 km^2) moet nog eens 30 Mm^3 zand worden gesuppleerd met een gemiddelde dikte van $\sim 0,85 \text{ m}$. Dit betekent dat bij een maximaal verstoringpercentage van 10 % ($\sim 1.000 \text{ ha}$) per suppletieronde maximaal $\sim 8,5 \text{ Mm}^3$ kan worden gesup-

pleerd. Op basis hiervan kan in iets minder dan 4 hele suppletierondes het evenwicht in de kom kan worden hersteld (tot 2050). De totale doorlooptijd van deze werkzaamheden komt hiermee op 20 jaar (herstelperiode van 5 jaar) en dus kunnen de herstelwerkzaamheden voor de periode 1990-2050 theoretisch voltooid worden voor het jaar 2050;

4. aansluitend op de suppletiewerkzaamheden die de kom in evenwicht brengen tot 2050, zullen na 2050 nog suppleties worden uitgevoerd om de zeespiegelstijging te compenseren. Er wordt aangenomen dat hiervoor 25 Mm³ zand gesuppleerd te worden over de helft van het totale intergetijdengebied in de kom (35 km²) met een gemiddelde laagdikte van ~0,7 m. Wederom uitgaande van maximaal verstoringpercentage van 10 % kan jaarlijks orde 7 Mm³ worden gesuppleerd. De totale doorlooptijd van deze werkzaamheden komt daarmee tevens op ongeveer 20 jaar en daarmee kunnen de werkzaamheden eenvoudig worden voltooid voor het jaar 2100. Hoewel de uitvoeringsperiode dan twee maal zo lang wordt (40 jaar) kunnen de werkzaamheden alsnog voor 2100 worden uitgevoerd;
5. naast het in evenwicht brengen van de kom moeten ook veiligheidssuppleties worden aangelegd in het overige deel van de Oosterschelde. Het wordt aangenomen dat hiervoor in totaal 25 Mm³ zand noodzakelijk is. De aanleg hiervan kan worden verspreid over de verschillende fasen die hiervoor zijn gedefinieerd.

tabel 3.5. Suppletieplan Kom, volumes in Mm³

locatie	jaar								
	2020	2025	2030	2035	2050	2055	2060	2065	
diepere delen (momenteel geen intergetijdengebied)	17,5	17,5	17,5	17,5		7,0	7,0	7,0	4,0
huidig intergetijdengebied	8,5	8,5	8,5	4,5		2,0	2,0	2,0	2,0
veiligheidssuppleties	2,0	2,0	2,0	2,0					
totaal suppletievolume [Mm³]	28,0	28,0	28,0	24,0		9,0	9,0	9,0	6,0

De zandvolumes die per ronde worden gesuppleerd variëren tussen de 6 Mm³ en 28 Mm³. Bij het ontwikkelen van de uitvoeringsoplossingen zal de haalbaarheid van dergelijke suppletievolumes uit het oogpunt van capaciteit van materieel (technisch en financieel) in meer detail worden bekeken. Hoogstwaarschijnlijk moeten de suppletierondes op basis hiervan worden verspreid over meerdere jaren.

4. UITVOERING

In dit hoofdstuk worden de uitvoeringsmethoden beschreven die binnen een werksessie met baggeraannemer Jan de Nul tot stand zijn gekomen. Voor iedere uitvoeringsmethode wordt in paragraaf 4.2 een kuubprijs gegeven. In paragraaf 4.3 wordt op basis van financiële gronden een selectie van de uitvoeringsmethoden gegeven.

4.1. Uitvoeringsmethoden

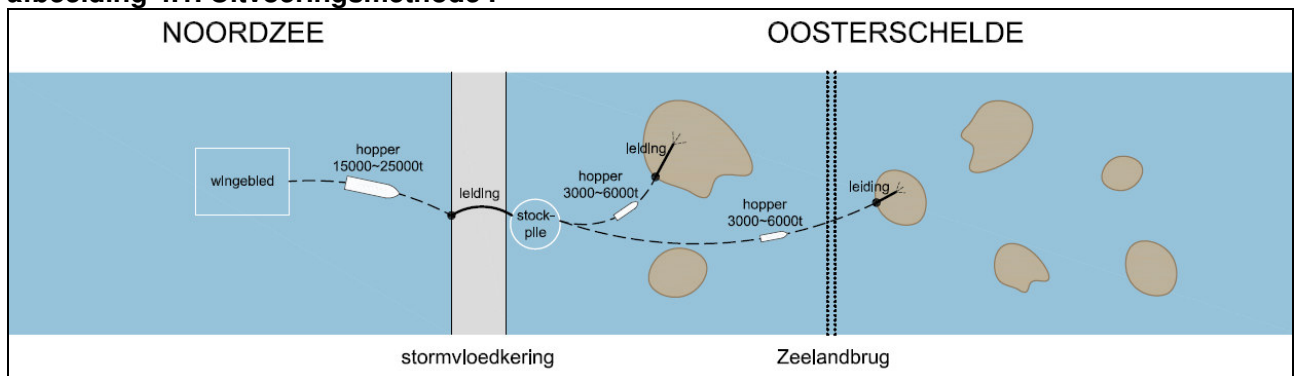
4.1.1. Overzicht uitvoeringsmethoden

Op basis van uitgebreid overleg zijn een zestal uitvoeringsmethoden tot stand gekomen die nader zullen bestudeerd en begroot worden in dit rapport. Een overzicht met schetsmatige voorstelling van deze uitvoeringsmethoden volgt hieronder.

Vooraf wordt opgemerkt dat een oplossing met een lang leidingnetwerk door de hele Oosterschelde hier niet is meegenomen gezien de zeer lange afstanden waarover het zand getransporteerd moet worden. De afstand van de noordwestelijke kant aan de stormvloedkering naar de zuidoostelijke kant aan de 'kom' bedraagt namelijk meer dan 40 km. Het hydraulisch transport van zandwatermengsels over dergelijke afstanden is niet realistisch vanwege de belangrijke infrastructuurwerken, de beperkte bedrijfszekerheid en de hoge onderhouds- en exploitatiekosten.

I Noordzeezand – stockpile in de Oosterschelde – transport met sleephopperzuigers binnen de Oosterschelde

afbeelding 4.1. Uitvoeringsmethode I

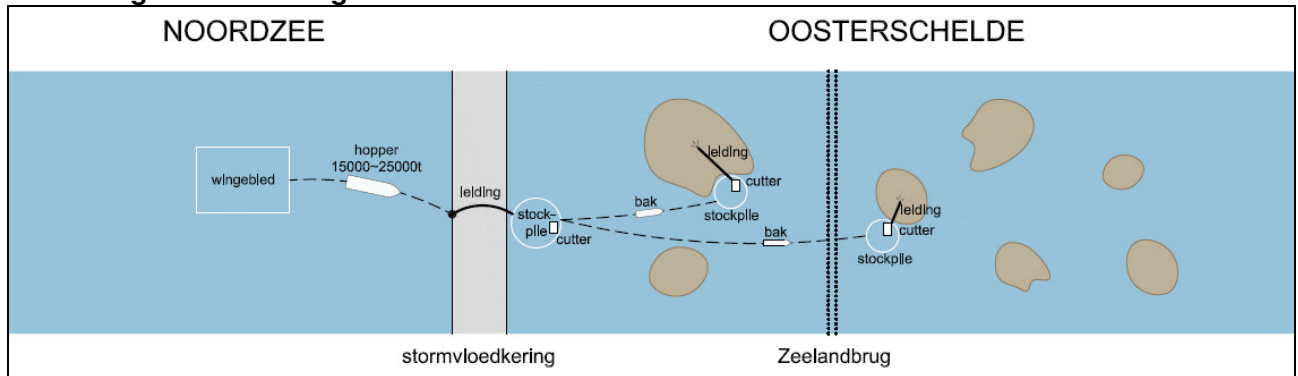


Het zand wordt met een type 15.000~25.000 ton sleephopperzuiger gebaggerd in de Noordzee. Deze sleephopperzuiger vaart vervolgens tot de westkant van de stormvloedkering en verpompt de lading via een leiding (deels drijvende leiding en deels landleiding) over de stormvloedkering naar een tijdelijke stockpile die gelegen is aan de oostkant van de stormvloedkering.

Sleephopperzuigers type 3.000~6.000 ton baggeren vervolgens het zand vanuit deze stockpile, transporteren het naar de aan te vullen zandplaten en verpompen dan het zand rechtstreeks op de platen.

II Noordzeezand – stockpile in de Oosterschelde – transport met kleine cutterzuigers en bakken binnen de Oosterschelde

afbeelding 4.2. Uitvoeringsmethode II

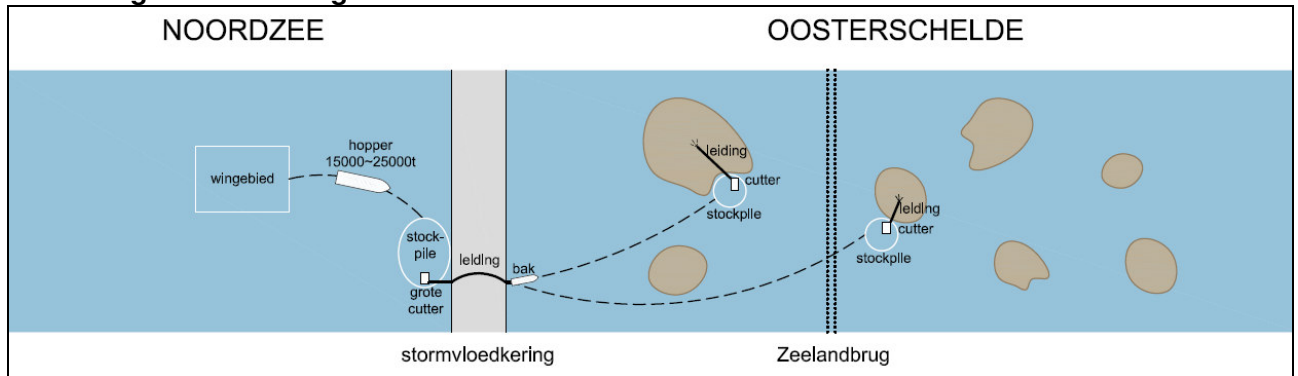


Het zand wordt met een type 15.000~25.000 ton sleephopperzuiger gebaggerd in de Noordzee. Deze sleephopperzuiger vaart vervolgens tot de westkant van de stormvloedkering en verpompt de lading via een leiding (deels drijvende leiding en deels landleiding) over de stormvloedkering naar een tijdelijke stockpile die gelegen is aan de oostkant van de stormvloedkering.

Cutterzuigers baggeren vervolgens het zand vanuit deze stockpile en laden het in (zelfvarende) splijtbakken, die het zand transporteren naar een lokale stockpile dichtbij de aan te vullen zandplaten. Een andere cutterzuiger kan het zand vanuit deze laatste stockpile baggeren en verpompen naar de platen.

II* Noordzeezand – stockpile in de Noordzee – transport met grote cutterzuiger in de Noordzee en met bakken en kleine cutterzuigers binnen de Oosterschelde

afbeelding 4.3. Uitvoeringsmethode II*



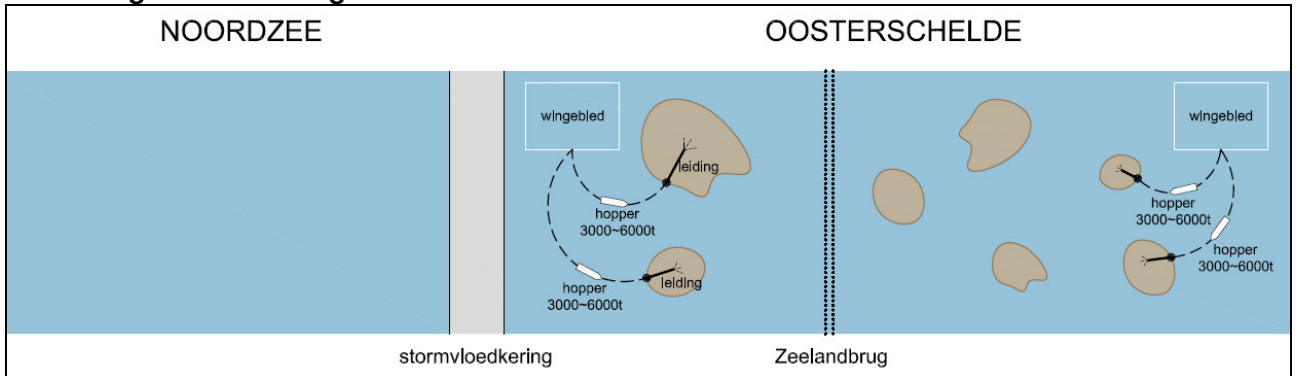
Het zand wordt met een type 15.000~25.000 ton sleephopperzuiger gebaggerd in de Noordzee. Deze sleephopperzuiger vaart vervolgens tot de westkant van de stormvloedkering en dumpst de lading in een tijdelijke stockpile die gelegen is aan de westkant van de stormvloedkering.

Een grote cutterzuiger baggert het zand vanuit deze stockpile en laadt rechtstreeks de (zelfvarende) splijtbakken in de Oosterschelde. Daartoe zijn opnieuw drijvende leiding en landleiding nodig om de Oosterschelde te overbruggen. De splijtbakken transporteren vervolgens het zand naar een lokale stockpile dichtbij de aan te vullen zandplaten. Een kleine cutterzuiger kan dan het zand vanuit deze laatste stockpile baggeren en verpompen naar de platen.

Omdat de stockpile enerzijds voldoende diep moet zijn om de grote sleehopperzuigers te laten dumpen en anderzijds de stroming in de bestaande geulen veel verliezen zal veroorzaken, zal er voor deze methode een stockpile put moeten uitgegraven worden. In de kostprijsberekening is er van uitgegaan dat het materiaal van de uitgraving geschikt is om in het project Zandhonger te gebruiken en er is dus geen extra kost voor de aanleg van de stockeerput noch voor het opnieuw aanvullen na de werken.

III Oosterscheldezand – transport met sleehopperzuigers binnen de Oosterschelde

afbeelding 4.4. Uitvoeringsmethode III

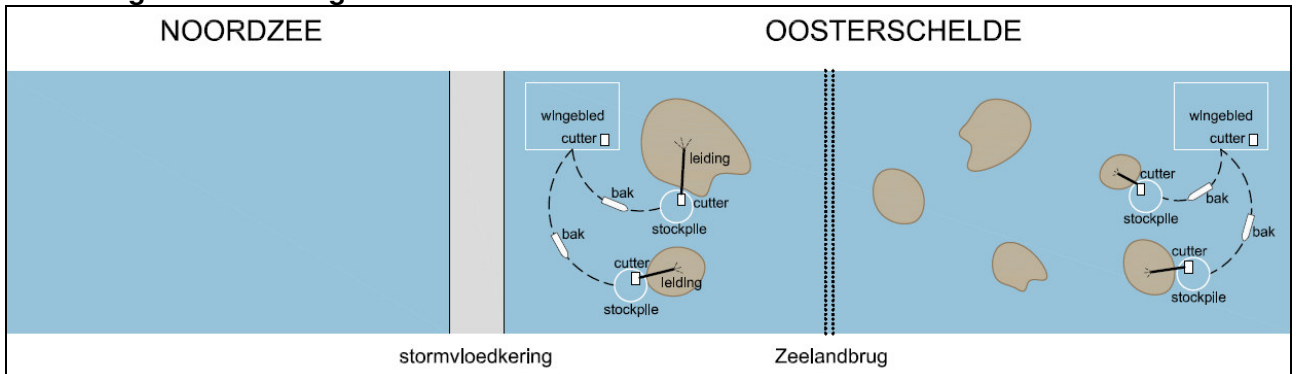


Het zand wordt met een type 3.000~6.000 ton sleehopperzuiger gebaggerd in een zandwingebied in de Oosterschelde. Deze sleehopperzuigers transporteren het zand vervolgens naar de aan te vullen zandplaten en verpompen dan het zand rechtstreeks op de platen.

Voor de kostenvergelijking is hier uitgegaan van afzonderlijke wingebieden ten westen en ten oosten van de stormvloedkering.

IV Oosterscheldezand – transport met cutterzuigers en bakken binnen de Oosterschelde

afbeelding 4.5. Uitvoeringsmethode IV

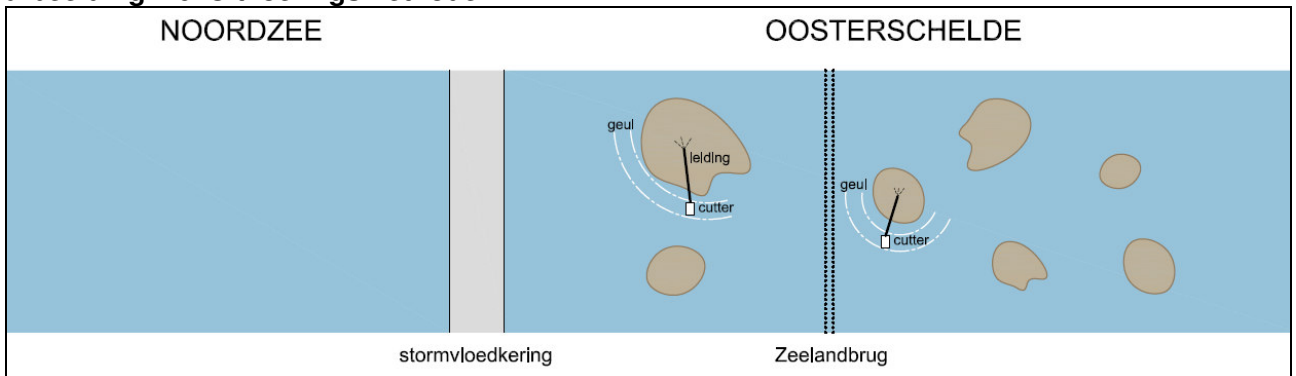


Het zand wordt met een cutterzuiger in (zelfvarende) splijtbakken geladen in een zandwingebied in de Oosterschelde. De splijtbakken transporteren vervolgens het zand naar een lokale stockpile dichtbij de aan te vullen zandplaten. Een kleine cutterzuiger kan dan het zand vanuit deze stockpile baggeren en verpompen naar de platen.

Voor de kostenvergelijking is hier uitgegaan van afzonderlijke wingebieden ten westen en ten oosten van de stormvloedkering.

V Oosterscheldezand uit geulen

afbeelding 4.6. Uitvoeringsmethode V



Het zand wordt door een cutterzuiger gebaggerd vanuit de geulen die grenzen aan de te suppleren zandplaten en wordt rechtstreeks opgespoten op deze zandplaten.

Ingeval de afstand tussen het wingebied en de te suppleren zone groter is dan pakweg 3 km, is het eerder aangewezen om met een kleine sleehopper te werken. Omdat de kostprijzen dicht bij elkaar liggen is deze optie niet verder meegenomen.

4.1.2. Overige uitvoeringsaspecten

1. de verschillende suppletievarianten onderscheiden zich van elkaar door aanzienlijke verschillen in de gemiddelde te suppleren zanddiktes. Zo geeft de dekenvariant aanleiding tot zanddiktes van minder dan 1m. Dit vereist intensief verspreiden van het opgespoten zand, zowel tijdens als na het opspuiten, wat dan weer een invloed heeft op de uitvoeringscomplexiteit en bijgevolg ook op de kosten (meer leidingen, meer bulldozers, grotere schuifafstanden,...). In de reservoirvariant zullen daarentegen extra perskades aangebracht moeten worden om het zand in het bolletjespatroon aan te brengen. Daar is rekening mee gehouden in de kostenvergelijking;

afbeelding 4.7. Verspreiden van zand door middel van bulldozers



2. suppleties in de deken- en reservoirvarianten dienen enkel te gebeuren boven de gemiddelde laagwaterstand. Perskades kunnen aldus opgebouwd worden boven laagwater. Het zand kan opgespoten worden binnen de perskades. In de dekenvariant dient het zand dus uitgespreid te worden over een gemiddelde laagdikte van ongeveer 0,65 m door middel van bulldozers;
3. mobilisatie- en demobilisatiekosten hebben eveneens een invloed op de kostenvergelijking. Waar meerdere schepen gemobiliseerd en gedemobiliseerd moeten worden, kan dit een nadelig effect hebben op de kostprijs vergeleken bij bijvoorbeeld een schip dat min of meer permanent aanwezig

zou blijven in de Oosterschelde. Anderzijds is het wel zo dat deze invloed op de kostprijs klein is aangezien elk schip hoe dan ook op regelmatige tijdstippen gemobiliseerd en gedemobiliseerd moet worden in verband met onderhoud en reparatie;

4. er is geen onderscheid gemaakt binnen dezelfde methode tussen uitvoering met veel of weinig schepen. De invloed op de eenheidsprijs is relatief klein;
5. in alle hierboven beschreven uitvoeringsmethoden wordt de omvang van de vernoemde stockpiles geschat op 2.000.000 m³ tot 3.000.000 m³ zand.

4.2. Kosten

De kostenvergelijking (kuubprijs) is uitgesplitst voor:

- 6 uitvoeringsmethoden (zie paragraaf 4.1.4);
- 3 suppletievarianten (deken, reservoir, kom);
- 3 zandwingebeden (Noordzee, Oosterschelde en geul);
- 3 suppletiezones (Oosterschelde ten westen van de Zeelandbrug, Oosterschelde tussen de Zeelandbrug en Yerseke, Kom ten oosten van Yerseke).

Hieruit volgen verschillende combinaties zoals te zien tabel 4.1.

Tevens is rekening gehouden met:

- een tijdsduur tussen twee suppletierondes van 5 jaar;
- maximale aanlegperiode per suppletieronde is 80 jaar/aantal suppletierondes bij betreffende variant.

In de raming is uitgegaan van het gebruik van bestaand materieel. Er is geen rekening mee gehouden dat een aannemer bij een meerjarig contract zal kunnen overwegen speciaal materieel voor het Oosterschelde suppletieprogramma te ontwikkelen waarmee de kostprijs gereduceerd kan worden.

tabel 4.1. Kuubprijs voor verschillende uitvoeringsmethoden, suppletievarianten, zandwingebeden en suppletiezones

	W van Zeelandbrug		Zeelandbrug tot Yerseke		O van Yerseke		
			Noordzeezand				
	deken	reservoir	deken	reservoir	deken	reservoir	kom
I	€ 11,4/m ³	€ 11,4/m ³	€ 14,7/m ³	€ 14,7/m ³	€ 16,9/m ³	€ 16,9/m ³	€ 15,9/m ³
II.	€ 14,4/m ³	€ 14,4/m ³	€ 15,9/m ³	€ 15,9/m ³	€ 16,4/m ³	€ 16,4/m ³	€ 16,1/m ³
II*	€ 12,1/m ³	€ 12,1/m ³	€ 13,5/m ³	€ 13,5/m ³	€ 14,1/m ³	€ 14,1/m ³	€ 13,7/m ³
			Oosterscheldezand				
III	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,7/m ³	€ 5,7/m ³	€ 5,2/m ³
IV	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 9,4/m ³	€ 9,4/m ³	€ 8,4/m ³
			Zand uit geul				
V	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 4,1/m ³	€ 4,1/m ³	n.v.t. ¹

1. Er is naar verwachting onvoldoende zand beschikbaar in de geulen voor de komvariant. Deze combinatie wordt daarom onrealistisch geacht en daarom niet geprijsd/ beoordeeld.

De eenheidsprijzen zijn in euro per m³ gesuppleerd, gebaseerd op kostprijzen anno 2010. De eenheidsprijzen zijn verwachtingswaarden gebaseerd op bedrijfseconomische ervaring. Het zijn richtprijzen die als doel hebben om inzicht te geven in de kosten en het onderscheid aan te geven tussen de varianten.

4.3. Selectie van uitvoeringsmethoden

Op basis van financiële gronden (zoals gepresenteerd in tabel 4.1 is voor iedere combinatie van zandwingebed en suppletiezone een uitvoeringsmethode geselecteerd. De geselecteerde combinaties zijn weergegeven in tabel 4.2.

tabel 4.2. Selectie uitvoeringsmethode per wingebied/ suppletiezone

	W van ZLB	ZLB tot Yerseke	O van Yerseke/kom
Noordzeezand	I	II*	II*
Oosterscheldezand	III	III	III
Geulen	V	V	V

Deze geselecteerde combinaties worden in paragraaf 5.2 gecombineerd met de verschillende suppletievarianten tot uitvoeringsoplossingen.

Bij de selectie van de uitvoeringsmethode zijn de volgende opmerkingen van toepassing:

- de keuze van de suppletievariant heeft geen invloed op de selectie van de uitvoeringsoplossing. Vanuit louter financieel oogpunt is er bij benadering geen verschil tussen de reservoir- en de dekenoplossing. De meerkosten voor het oppersen in dunne laagdiktes worden gelijk geacht aan de meerkosten om extra kades te plaatsen;
- de suppletie van Noordzeezand in het westelijk deel van de Oosterschelde kan het goedkoopst met sleephopperzuigers. Een grote hopperzuiger brengt het zand tot vóór de stormvloedkering en een kleine hopperzuiger perst het zand op de plaat;
- in het oostelijke deel van de Oosterschelde en de kom is de oplossing met cutters het goedkoopst. Dat komt omdat er van uit wordt gegaan dat er geen walpersende sleephopperzuigers beschikbaar zullen zijn die onder de Zeelandbrug doorkunnen. Er wordt van uitgegaan dat er slijtbakken bestaan (of gebouwd kunnen worden) die dat kunnen;
- de suppletie van Oosterscheldezand kan het goedkoopst met sleephopperzuigers omdat ervan uit wordt gegaan dat er geen zand moet getransporteerd worden tussen het oostelijke en westelijke deel van de Oosterschelde en er dus geen wachttijden voor de Zeelandbrug zijn;
- voor de suppletie van zand vanuit de geulen is gekozen voor een kleine cutterzuiger. Het verschil met een sleephopperzuiger is echter zo klein dat de keuze eerder zal afhangen van de afstand tussen win- en loszone (als de afstand kleiner is dan 3 km zal de cutterzuiger goedkoopst zijn).

Er is voor gekozen om deze eerste schifting te maken op basis van kostprijs alleen. Hierdoor vallen een aantal uitvoermethoden hier reeds af (namelijk uitvoermethode II en IV). Deze uitvoermethoden worden daardoor niet beoordeeld op ecologie en uitvoeringsaspecten (hoofdstuk 5). De vraag is of deze schifting terecht is en of op deze wijze geen uitvoermethoden geëlimineerd worden die achteraf toch reële opties blijken te zijn. Om dit te kunnen beoordelen wordt hier een korte vooruitblik gegeven naar de effectbeoordeling in hoofdstuk 5. Om de volgende redenen is het terecht dat in dit hoofdstuk een aantal uitvoermethodes worden geëlimineerd:

- de keuze van uitvoermethode heeft een gering effect op de ecologische beoordeling, de effecten waarop de uitvoermethode wel invloed hebben zijn:
 - ecologie subcriterium 7: meer scheepsbewegingen geeft een negatief effect op de ecologie;
 - ecologie subcriterium 8: meer stockpiles heeft een groter negatieve impact op de zwevend stof concentraties;
 Voor beide subcriteria geldt dat het onderscheid tussen de verschillende uitvoermethoden relatief klein is en niet doorslaggevend zal zijn voor een keuze;
- de keuze voor uitvoermethode heeft gering effect op uitvoeringscomplexiteit, waar dit wel effect heeft komt dit reeds terug in de kuubprijs.

5. UITVOERINGSOPLOSSINGEN

5.1. Inleiding

In hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 zijn respectievelijk de suppletievarianten en de uitvoeringsmethoden bepaald. In dit hoofdstuk worden de suppletievarianten en de uitvoeringsmethoden gecombineerd tot uitvoeringsoplossingen (paragraaf 5.2). De combinaties van suppletievarianten en uitvoeringsmethoden (uitvoeringsoplossingen) worden kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria (paragraaf 5.3):

- natuur/ecologie in verband met doelmatigheid;
- uitvoeringscomplexiteit in verband met uitvoeringstechnische haalbaarheid;
- kostenraming;
- risico's en onzekerheden.

Op basis van een beoordeling op deze vier aspecten worden vier uitvoeringsoplossingen (gericht op de twee suppletiestrategieën) geselecteerd (paragraaf 5.4). Deze voorselectie is gericht op het onderscheiden van doelmatige, en technisch en financiële haalbare oplossingen. Naast de haalbaarheid is ook onderscheid in de varianten meegenomen als criterium. Deze voorselectie is de input voor de MCA die middels een werksessie met Rijkswaterstaat zal worden uitgevoerd.

5.2. Geselecteerde uitvoeringsoplossingen

De uitvoeringsoplossing beschrijft de aanlegmethode van suppleties voor een bepaalde suppletievariant. Een uitvoeringsoplossing beschrijft daarmee de hoe-vraag waarbij 1. de aanlegmethode en 2. de winlocatie (binnen of buiten het Oosterschelde systeem) als variabelen worden gezien.

ad 1.

In hoofdstuk 4 is reeds voor ieder wingebed een aanlegmethode geselecteerd op basis van financiële gronden (per suppletiezone). Omdat de uitvoeringsmethode een beperkte invloed heeft op ecologische effecten en uitvoeringscomplexiteit geeft dit een goede eerste schifting (zie paragraaf 4.3).

ad 2.

Deze variabele speelt een belangrijke rol bij zowel de ecologische effectbeoordeling als de beoordeling op complexiteit. Er is daarom voor gekozen om de suppletievarianten naar deze variabele uit te splitsen.

Door de 3 suppletievarianten uit te splitsen naar wingebed zijn er in beginsel in totaal 9 uitvoeringsoplossingen te definiëren. Omdat er echter naar verwachting onvoldoende zand beschikbaar is in de geulen voor de komvariant is deze uitvoeringsoplossing onrealistisch geacht en komen te vervallen.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de uitvoeringsoplossingen zoals deze in dit hoofdstuk worden beoordeeld. Per uitvoeringsoplossing zijn de in hoofdstuk 4 geselecteerde uitvoeringsmethoden aangegeven.

tabel 5.1. Geselecteerde uitvoeringsoplossingen

uitvoeringsoplossing	suppletievariant	wingebed	meest economische uitvoeringsmethode
U.o.1	deken	Noordzee	I (ten W van ZLB) II* (ten O van ZLB)
U.o.2	deken	Oosterschelde – wingebed	III
U.o.3	deken	Oosterschelde – geulen	V
U.o.4	reservoir	Noordzee	I (ten W van ZLB) II* (ten O van ZLB)
U.o.5	reservoir	Oosterschelde – wingebed	III
U.o.6	reservoir	Oosterschelde – geulen	V
U.o.7	kom	Noordzee	II*

uitvoeringsoplossing	suppletievariant	wingebied	meest economische uitvoeringsmethode
U.o.8	kom	Oosterschelde – wingebied	III

5.3. Effectbeoordeling

De uitvoeringsoplossingen worden kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria:

- natuur/ecologie in verband met doelmatigheid (paragraaf 5.3.1);
- uitvoeringscomplexiteit in verband met uitvoeringstechnische haalbaarheid (paragraaf 5.3.2);
- kostprijs (kuubprijs, zie hoofdstuk 4);
- risico's en onzekerheden (paragraaf 5.3.3).

De eerste twee criteria zijn beoordeeld middels een score op een aantal subcriteria. Per criterium is vervolgens een eindoordeel bepaald door de scores voor de subcriteria bij elkaar op te tellen. Niet alle subcriteria zijn even relevant, naast de totaalscore worden bij de selectie van uitvoeringsoplossingen daarom ook specifieke voor- en nadelen beschouwd.

De belangrijkste risico's en onzekerheden worden gegeven. Wanneer risico's en onzekerheden omtrent een uitvoeringsoplossing groot zijn kan dit leiden tot een negatief advies. De risico's en onzekerheden kunnen in een latere fase kleiner worden door voortschrijdend inzicht/onderzoek. Dit kan leiden tot een heroverweging van de bepaalde oplossingen. De proeven die op dit moment in de Oosterschelde worden uitgevoerd kunnen hier een rol spelen (proef Galgeplaat, Schelphoek).

5.3.1. Ecologische effectbeoordeling

De verschillende uitvoeringsoplossingen kunnen vergeleken worden aan de hand van criteria die voortkomen uit de ecologische werking van het Oosterschelde-systeem en vanuit natuurbeleid. Hierbij zijn veel verschillende criteria denkbaar, maar niet alle criteria zijn onderscheidend in het geval van de uitvoeringsoplossingen voor de plaatsuppleties. Bij werkzaamheden in het water kunnen bijvoorbeeld effecten optreden op beschermde trekvisserij zoals de rivierprik. De Oosterschelde kan onderdeel zijn van de migratieroute van rivierprikken. De effecten op de functie als migratieroute van de werkzaamheden die gerelateerd zijn aan de zandsuppleties zullen echter minimaal zijn en vooral niet of nauwelijks verschillen tussen de uitvoeringsoplossingen. Effecten op de migratieroute van beschermde trekvisserij zijn daarom niet meegenomen als subcriterium.

Hetzelfde geldt voor de Noordse woelmuis. Dit is een habitatrichtlijn soort met een herstelopgave en bovendien een sterk bedreigde en internationaal belangrijke soort. In de Oosterschelde komt deze soort echter voor in binnendijkse inlagen en karrevelden, buiten de invloedssfeer van de suppleties, ongeacht welke uitvoeringsoplossing. Ook voor effecten op broedvogels is er geen onderscheid tussen de uitvoeringsoplossingen. Vogels broeden niet op slikken en platen die elke dag overstromen met water. Juist hier vinden de werkzaamheden plaats. Als er al effecten op broedvogels denkbaar zijn, bijvoorbeeld bij aanvoer van machines over de dijk, is deze minimaal, goed te mitigeren (seizoen, aanvoer over water) en op voorhand niet verschillend tussen uitvoeringsoplossingen.

Ook zijn er nog criteria die om praktische redenen niet onderscheidend zullen zijn. In theorie zou een uitvoeringsoplossing die alleen slik beïnvloedt wat nu al van mindere kwaliteit is voor vogels (bijvoorbeeld met een suboptimale droogvalduur) vanuit dat oogpunt goed scoren. Uit een nadere beschouwing van de slik en plaat karakteristieken blijkt echter dat dit praktisch niet haalbaar zal zijn. Op de meeste slikken en platen is weinig of geen areaal te vinden wat minder geschikt is voor vogels om te foerageren. Het is dus niet haalbaar om alleen op minder geschikt foerageergebied te suppleren, ongeacht de uitvoeringsoplossing.

Zodoende zijn alleen ecologische subcriteria opgesteld op basis waarvan onderscheid gemaakt kan worden tussen de uitvoeringsoplossingen. Andere aspecten vanuit ecologie en natuurbeleid die bij

werkzaamheden in de Oosterschelde wel aan de orde kunnen zijn maar voor de uitvoeringsoplossingen geen onderscheidend criterium zijn, worden in deze studie niet verder beschouwd.

Voor de beoordeling van de uitvoeringsoplossingen op het ecologisch effect worden de volgende criteria gehanteerd:

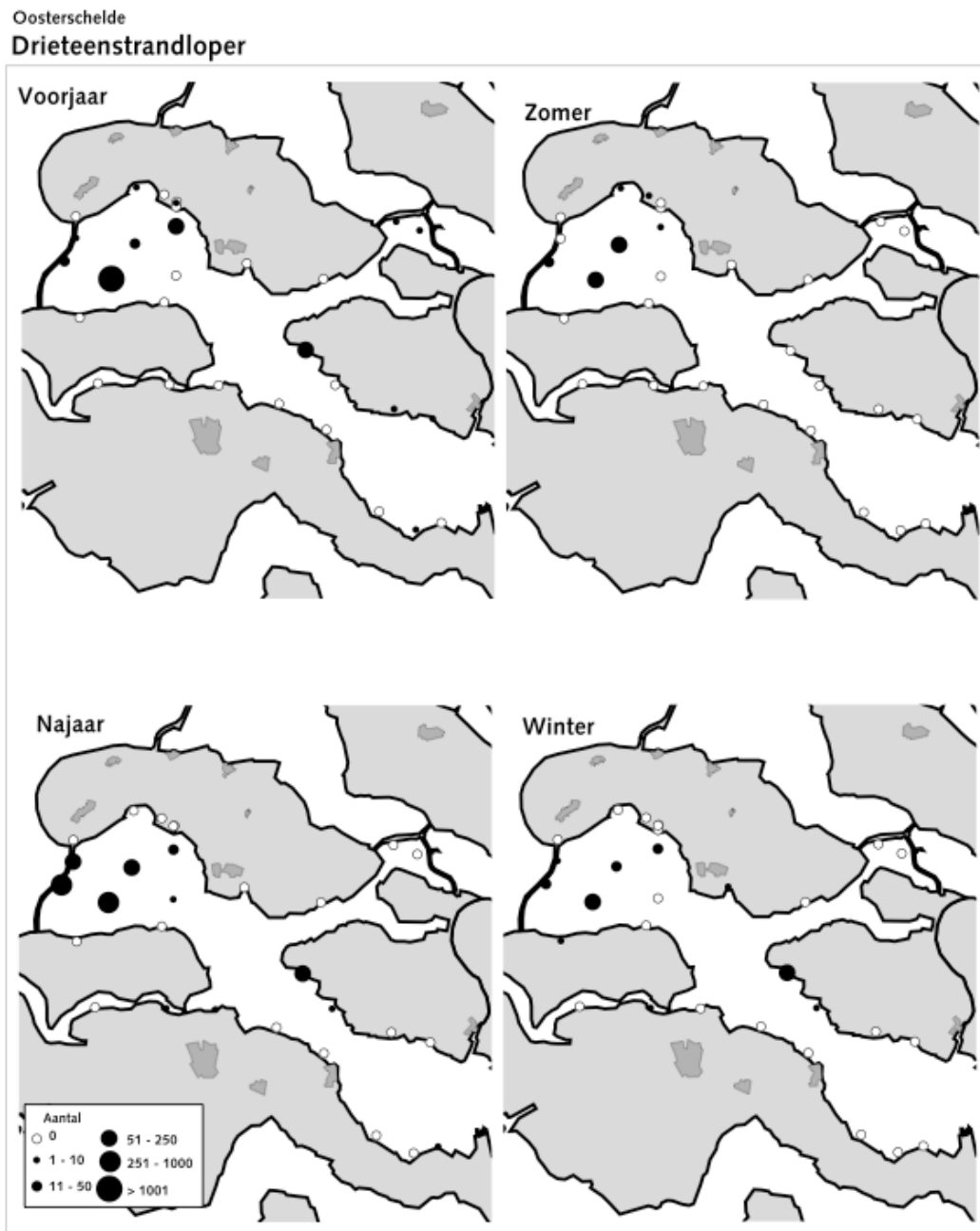
1. permanent verlies van belangrijke vogelgebieden;
2. doding van beschermde soorten / beschadiging van beschermde habitats;
3. areaal foerageerhabitat wat tijdelijk onbruikbaar is;
4. dikte suppletielaag (in relatie tot snelheid van rekolonisatie door bodemdieren);
5. gebruik gebiedseigen suppletiemateriaal (in relatie tot snelheid van rekolonisatie door bodemdieren);
6. beschadiging bodemfauna op zandwinlocaties;
7. verstoring door vaarbewegingen;
8. zwevend stof concentraties in het water.

De criteria worden hieronder nader omschreven.

ad 1. Permanent verlies van belangrijke vogelgebieden

Alle slikken en platen in de Oosterschelde hebben in de huidige situatie een functie voor foeragerende vogels. Niet alle slikken en platen hebben echter de zelfde functie. Sommige vogelsoorten foerageren meer op de westelijke slikken en platen, andere meer in het oosten. In het oosten van de Oosterschelde is het wat slikkiger, in het westen wat zanderiger. Hierdoor varieert de bodemdiergemeenschap, maar ook hoe goed verschillende vogels de bodem kunnen binnendringen met hun snavel. Deze gebiedspecifieke functie voor verschillende vogelsoorten blijkt ook goed uit verspreidingsgegevens van vogels in de Oosterschelde. Als voorbeeld staat in afbeelding 5.1 de verspreiding van drieteenstrandlopers in de Oosterschelde. Er blijkt uit deze afbeelding duidelijk dat de drieteenstrandloper niet homogeen verspreid is over de Oosterschelde, maar geconcentreerd voor komt in het westelijk deel.

afbeelding 5.1. Verspreiding van de drieteenstrandloper in de Oosterschelde tijdens hoogwater, waarbij onderscheid is gemaakt in vier seizoenen. Ook zijn de hoogwatervluchtplaatsen buiten de Oosterschelde aangegeven indien deze gebruikt worden [ref. 3.]



Wanneer er met een suppletie strategie voor gekozen wordt om niet alle slikken en platen te onderhouden, resulteert dit op termijn in permanent verlies van belangrijke vogelgebieden. Dit is bijvoorbeeld van toepassing op de gehele westelijke Oosterschelde wanneer er alleen in de oostelijke kom gesuppleerd wordt. Hoewel er met gebiedspecifieke suppleties ook het gewenste areaal intergetijdengebied behouden blijft, zal deze uitvoeringsoplossing niet voor alle vogels effectief zijn. Dit is een groot nadeel van de strategie 'optimalisatie en behoud'.

ad 2. Doding van beschermde soorten/beschadiging van beschermde habitats

De slikken en platen in de Oosterschelde maken onderdeel uit van de beschermde habitats H1310 (pioniersvegetaties en ander zoutminnende planten), H1320 (Schorren met slijkgrasvegetaties) en (H1330 Atlantische schorren). Bovendien komen op de slikken en platen soorten voor die beschermd zijn door de Flora en Faunawet (grondelsoorten, potentieel groot zeegras) of doelsoort zijn van de KRW (klein en groot zeegras, schorvegetaties en pioniers zoals zeekraal). Zeegras, pionierssoorten zoals zeekraal maar ook kleine grondels zoals het dikkopje zijn soorten die op de slikken en platen leven en daar ook blijven bij laag water (wanneer de suppleties plaats zullen vinden). In dit geval kunnen individuen door de suppleties beschadigd of gedood worden. Bij elk van deze soorten is dit belangrijk, maar met name in het geval van zeegras kan dit een onoverkomelijk probleem zijn. Bij een uitvoeringsoplossing waarbij het zand geconcentreerd op een deel van het areaal wordt aangebracht (reservoir), zijn negatieve effecten op bijvoorbeeld zeegras makkelijker te voorkomen dan wanneer er een deken over de gehele plaat wordt aangebracht.

ad 3. Areaal foerageerhabitat wat tijdelijk onbruikbaar is

De slikken en platen worden door vogels bij laag water gebruikt om te foerageren. Ze eten dan met name bodemdieren en dieren die in de achtergebleven getijdenpoelen zwemmen. Wanneer er nieuw zand gesuppleerd wordt is er enige tijd nodig voordat dit areaal weer een geschikte bodemdiergemeenschap bevat en genoeg variatie bevat voor het ontstaan van getijdenpoelen. Vermoedelijk na enkele jaren hersteld de bodemdiergemeenschap zich. Zolang de bodemdiergemeenschap zich niet heeft hersteld, is het gesuppleerde areaal onbruikbaar als foerageerhabitat voor vogels.

afbeelding 5.2. Links: Nieuw gesuppleerd areaal op de Galgeplaat. De bodemdiergemeenschap is nog niet hersteld. Het zand is egaal met weinig variatie en weinig bodemleven. Rechts: origineel areaal op de Galgeplaat. Het slik is rijk aan bodemdieren en gevarieerd met getijdenpoeltjes. (Foto's: W. Lengkeek).



Verschillende uitvoeringsoplossingen verschillen in het areaal wat gesuppleerd wordt en daarmee in het areaal foerageergebied wat (tijdelijk) onbruikbaar is. Uit hoofdstuk 3 blijkt dat bij de variant 'deken' het percentage onbruikbaar foerageerhabitat 20 % bedraagt, over een uitvoerperiode van 50 jaar. Bij de variant 'reservoir' kan het areaal wat op enig moment onbruikbaar is beperkt worden tot 10 %. Bij de variant 'Evenwicht kom' is dit eveneens 10 %.

Het areaal slik of plaat wat onbruikbaar is als foerageerhabitat, kan in het ergste geval lineair doorwerken op de instandhoudingsdoelen van vogels. De exacte relatie is nooit met zekerheid vast te stellen, maar voorzichtigheidshalve kan ervan uitgegaan worden dat een percentage van 10 % onbruikbaar foerageerhabitat een afname van 10 % in vogelaantallen tot gevolg heeft.

ad 4. Dikte suppletielaag (in relatie tot snelheid van rekolonisatie door bodemdieren)

De snelheid waarmee een bodemdiergemeenschap zich herstelt na een suppletie hangt mede af van de dikte van de suppletielaag. Zeer waarschijnlijk speelt uitdroging bij laag water hierbij een belangrijke rol. Hoe hoger de nieuwe laag uitsteekt boven het omringende slik, hoe sneller het water uit de bovenste laag weg zakt wanneer het eb wordt. Daarnaast speelt de hoogte ten opzichte van het water een rol. Op slik met een te lange droogvalduur (>circa 7 %) komt geen goede bodemdiergemeenschap tot ontwikkeling. Een dikke suppletielaag wordt minder snel gerekoloniseerd dan een dunne laag. In ieder

geval blijkt uit de proef op de Galgeplaat dat de hoogste delen van de suppletie het minst gerekolonneerd worden.

In de voorgaande analyse van de uitvoeringsoplossingen is uitgegaan van een herstelperiode van foerageergebied van circa 5 jaar. Op basis van de ervaringen met de proef Galgeplaat ([ref. 4.]), is dit inderdaad de verwachting voor de uitvoering van variant 'deken' (aangebrachte laag circa 65 cm). Bij variant 'reservoir', echter wordt er een laag van 1,3 meter dik aangebracht. In dit geval is het niet duidelijk hoe lang het duurt voordat het zand zich verspreid over het slik, maar wellicht duurt dit langer dan 5 jaar. Hoeveel tijd dit proces in beslag neemt is een belangrijk vraagstuk voor de beoordeling van de variant 'reservoir'.

ad 5. Gebruik gebiedseigen suppletiemateriaal (in relatie tot snelheid van rekolonisatie door bodemdieren)

Zoals beschreven bij subcriterium 3 wordt de rekolonisatie van de suppletie door bodemdieren negatief beïnvloed door uitdroging. Hoe grover het zand dat gesuppleerd wordt, hoe sneller het water uit de suppletie weg zakt. Naar verwachting is het zand wat uit de Noordzee komt grover dan het zand wat uit de Oosterschelde zelf komt. Oosterscheldezand heeft daarom de voorkeur. Bij subcriterium 1 is beschreven dat het oostelijk deel van de Oosterschelde slikkiger is dan het westelijk deel. Ook binnen de Oosterschelde is dus variatie in korrelgrote van het sediment. Deze natuurlijke variatie binnen het systeem dient zo goed mogelijk behouden te blijven. De samenstelling van bodemdiergemeenschappen is aangepast aan lokale omstandigheden zoals korrelgroottes en slibfracties. Het zal de rekolonisatie van de suppletie daarom ten goede komen als materiaal gebruikt wordt wat zo goed mogelijk overeen komt met het materiaal wat er al ligt. Dit zal het best bereikt worden met zandwinning vanuit de geulen.

ad 6. Beschadiging bodemfauna op zandwinlocaties

Het bodemleven op de Noordzee- of Oosterscheldebodem waar het zand gebaggerd wordt zal door de werkzaamheden beschadigd worden. Hier leven over het algemeen weinig beschermde soorten (met uitzondering van vissoorten die over het algemeen weg kunnen zwemmen en zodoende niet gedood worden). Toch heeft de zeebodem een belangrijke ecologische functie binnen het systeem. De organismen die in en op de bodem leven filteren algen uit het water en verwerken dood afgezonken materiaal zodat het niet blijft rotten. Bovendien vormen bodemorganismen zoals wormen en schelpdieren belangrijk stapelvoedsel voor vissen en vogels. Ten slotte herbergt de bodemfauna van de Oosterschelde een grote biodiversiteit en behoort een gezonde bodemfauna tot het wezenlijke karakter van het systeem. De werkelijke verstoring, en het onderscheid daarin tussen Noordzee en Oosterschelde, is pas te bepalen wanneer bodemmonsters van de beoogde winlocaties beschikbaar komen.

Bodemdieren komen alleen voor op de bodem of in de bovenste laag. Wanneer de bovenste halve meter eenmaal is weggebaggerd, kan er nog dieper gebaggerd worden zonder meer bodemfauna te beschadigen. Hierom is het relevant te streven naar een wingebied van zand met een zo klein mogelijk oppervlakte, liever een grote diepte. Een zandwinput is voor dit criterium een beter alternatief dan zand winnen uit een veelvoud van geulen.

ad 7. Verstoring door vaarbewegingen / activiteit

De Oosterschelde is een druk vaargebied en derhalve kan er vanuit gegaan worden dat de aanwezige zeehonden en vogels tot op zekere hoogte gewend zijn aan vaarbewegingen. Daarnaast blijkt uit ervaring dat zeehonden in de Oosterschelde nauwelijks verstoord worden door langsvaart maar met name bij landen. Desalniettemin kan niet uitgesloten worden dat een sterke verhoging van het aantal vaarbewegingen, of andere vormen van scheepvaart activiteiten, een verstorend effect heeft. Dit kan met name relevant zijn in de zoogperiode van de gewone zeehond. Hierom kan in het algemeen gesteld worden: hoe minder logistieke activiteiten hoe beter.

Dit geldt niet zozeer voor de plaat waar de suppletie plaats vindt, er kan vanuit gegaan worden daar daar ter plaatse alle vogels en zeehonden toch wel verstoord worden. Dit criterium heeft meer betrekking op andere platen/gebieden waar de schepen langs varen, bijvoorbeeld om zand te halen. Daarom

heeft dit criterium niet zozeer betrekking op het aantal bulldozers op de plaat waar gesuppleerd wordt, maar meer op de schepen die ook langs andere platen varen.

Wanneer zand uit de Noordzee aangevoerd wordt moet het over een grote afstand getransporteerd worden en moet het zand overgeladen worden via een stockpile in andere schepen. Dit zal meer scheepvaartactiviteiten tot gevolg hebben dan wanneer zand uit de geulen wordt gewonnen en direct door het zelfde schip op de platen gesuppleerd wordt.

ad 8. Zwevend stofconcentraties in het water

Zowel bij het winnen van zand als ook het suppleren van zand zal er sprake zijn van lokaal verhoogde concentraties zwevend stof in het water. Dit zal, vooral bij het suppleren op slikken en platen, in sterke mate gemitigeerd worden door de aanleggen van perskaden waarbinnen gesuppleerd wordt. Helemaal is een verhoging van zwevend stofconcentraties echter niet te voorkomen, met name tijdens het proces van zandwinning en wanneer er beneden de laagwaterlijn gesuppleerd moet worden (variant 'kom'/stockpile).

Gedetailleerde gegevens over verwachte zwevend stofconcentraties zijn nu niet beschikbaar. Bovendien zijn de zwevend stofconcentraties sterk locatie afhankelijk. De belangrijkste factoren waarvan de zwevend stof concentraties afhangen zijn:

- aantal overladingen: het gebruik van een stockpile leidt ter plekke tot verhoging van de zwevend stofconcentraties;
- wijze van laden: bij een zeer diepgeladen schip zijn de zwevend stof concentraties in de nabijheid van het schip veel groter dan bij een 'half' geladen schip;
- de suppletievariant 'deken' geeft meer zwevende stof dan suppletievariant 'reservoir'. Dit hangt samen met het verstoringspercentage;
- suppleren boven/onder de laagwaterlijn. De variant 'kom' is de enige variant waarbij ook beneden de laagwaterlijn gesuppleerd moet worden waarbij meer zwevend stof vrij zal komen dan bij bovenwater suppleties.

Bijvoorbeeld in de uitvoermethodes II en II* (cutter+bakken) zijn er 2 stockpiles nodig ten opzichte van 1 voor de hopper (variant V). Hier zullen de zwevend stofconcentraties daarom groter zijn. Methode II en II* veroorzaken evenveel zwevende stof. Het verschil is dat het gebied buiten de stormvloedkering misschien minder ecologisch gevoelig is voor turbiditeit.

Verhoogde zwevend stofconcentraties in het water kunnen in de eerste plaats het onderwaterleven bedekkingen met stof wanneer het stof uiteindelijk neerdaalt. Dit kan een verstikkende werking hebben. Daarnaast zijn veel bodemdieren filter-feeders. Ook schelpdieren zoals mosselen. Deze dieren filteren hun voedsel uit het water en hoe meer oneetbare zwevend stofdeeltjes er in het water zitten hoe moeilijker deze dieren kunnen eten. Dit heeft niet alleen een negatief effect op de ecologie maar ook op de schelpdiersector. Voor beide geldt dat de zwevend stofconcentraties door de werkzaamheden zo laag mogelijk moeten zijn.

ecologische effectbeoordeling - score

De acht uitvoeringsoplossingen die op basis van de bovenstaande acht subcriteria worden beoordeeld, bestaan uit combinaties van drie suppletievarianten en drie zandwinvarianten. De eerste acht subcriteria zijn van toepassing op óf de suppletievarianten óf de zandwinvarianten. Er zijn bij subcriterium 1-8 steeds drie verschillende varianten te onderscheiden. De kwalitatieve beoordeling wordt inzichtelijk gemaakt met een score van 1-5 (1 = scoort zeer laag, 2 = scoort laag, 3 = scoort neutraal, 4 = scoort goed, 5 = scoort best). Het totaaloordeel wordt gegeven door de subscores bij elkaar op te tellen. De score voor ecologische effecten is gegeven in tabel 5.2.

tabel 5.2. Kwalitatieve effectbeoordeling ecologie

	beheersstrategie 'herstel en behoud'						beheersstrategie 'optimalisatie en behoud'	
	suppletievariant - 1 'deken'			suppletievariant - 2 'reservoir'			suppletievariant - 3 'kom'	
wingebied	Noord- zee	winput	geul	Noord- zee	winput	geul	Noordzee	winput
uitvoeringsoplossing	u.o. 1	u.o. 2	u.o. 3	u.o. 4	u.o. 5	u.o. 6	u.o. 7	u.o. 8
criteria								
1. permanent verlies	5	5	5	5	5	5	1	1
2. beschermde soorten	1	1	1	4	4	4	1	1
3. onbruikbaar areaal	1	1	1	3	3	3	3	3
4. dikte laag	5	5	5	2	2	2	1	1
5. gebiedseigen materiaal	1	3	5	1	3	5	1	3
6. fauna op zandwinlocaties	4	4	1	4	4	1	4	4
7. vaarbewegingen	1	3	5	1	3	5	1	3
8. zwevend stof	2	3	3	3	4	4	1	1
totaal	20	25	26	23	28	29	13	17

Er bestaan grote verschillen in de relevantie van de verschillende subcriteria. Daarom is aan de criteria een weegfactor toegekend. In tabel 5.3 is kwalitatieve effectbeoordeling inclusief de weging gegeven.

tabel 5.3. Kwalitatieve effectbeoordeling ecologie (inclusief weging)

		beheersstrategie 'herstel en behoud'						beheersstrategie 'optimalisatie en behoud'	
		suppletievariant - 1 'deken'			suppletievariant - 2 'reservoir'			suppletievariant - 3 'kom'	
wingebied		Noord- zee	winput	geul	Noord- zee	winput	geul	Noordzee	winput
uitvoeringsoplossing		u.o. 1	u.o. 2	u.o. 3	u.o. 4	u.o. 5	u.o. 6	u.o. 7	u.o. 8
criteria	weegfactor								
1. permanent verlies	10	50	50	50	50	50	50	10	10
2. beschermde soorten	5	5	5	5	20	20	20	5	5
3. onbruikbaar areaal	4	4	4	4	12	12	12	12	12
4. dikte laag	4	20	20	20	8	8	8	4	4
5. gebiedseigen materiaal	3	3	9	15	3	9	15	3	9
6. fauna op zandwinlocaties	3	12	12	3	12	12	3	12	12
7. vaarbewegingen	2	2	6	10	2	6	10	2	6
8. zwevend stof	2	4	6	6	6	8	8	2	2
totaal		100	112	113	113	125	126	50	60

5.3.2. Uitvoeringscomplexiteit

De geselecteerde uitvoeringsoplossingen onderscheiden zich in complexiteit betreffende een aantal criteria. Voor de beoordeling op uitvoeringscomplexiteit zijn de volgende criteria opgesteld:

1. zandwingebied;
2. materieel;
3. rehandling;

4. te suppleren laagdiktes;
5. beperkingen door bestaande infrastructuur;
6. weersgevoeligheid;
7. getijstromen;
8. invloed op de scheepvaart;
9. uitwaaiing.

De criteria worden hieronder nader omschreven. Er wordt opgemerkt dat uitvoeringscomplexiteit een goed beoordelingscriterium is voor de kwalitatieve afweging die in dit hoofdstuk wordt gegeven, maar dat veel van de criteria ook terugkomen in de kostprijs (hoofdstuk 4).

ad 1. Zandwingebied

Men kan verwachten dat het zand dat gewonnen wordt in wingebieden binnen de Oosterschelde of in de geulen in de Oosterschelde zeer gelijkaardige karakteristieken vertoont als het zand dat op de platen is geërodeerd. Indien echter zand uit de Noordzee wordt gewonnen, dan dienen eerst wingebieden te worden gevonden met aanvaardbare zandkarakteristieken. Het gaat hier in hoofdzaak om de korrelverdeling van het zand.

ad 2. Materieel

Hoe meer materieel, en vooral hoe meer verschillende types materieel, hoe complexer de uitvoering wordt en hoe meer risico er is op stillig van materieel. Zo zijn bijvoorbeeld aan uitvoeringsmethode V relatief weinig risico's verbonden op dit vlak, terwijl bijvoorbeeld in uitvoeringsoplossing II* de stillig van de grote cutterzuiger aanleiding zou kunnen geven tot stillig van de bakken binnenin de Oosterschelde. Door het aanleggen van stockpiles kan die afhankelijkheid verminderd worden.

ad 3. Rehandling

Het storten van materiaal in een tijdelijke stockpile om het daarna weer op te baggeren voor verder transport vergt een goed beheer van de stockpile. Opnieuw dienen de producties van de verschillende baggertuigen op elkaar te worden afgestemd. Zo kan in uitvoeringsmethode II door stillig van een cutterzuiger naast de te suppleren plaat de stockpile naast de plaat volledig opgevuld raken, waardoor ook de aanleverende bakken komen stil te liggen. Er moeten dan bijvoorbeeld uitwijkmogelijkheden voorzien worden naar een andere stockpile.

Het rehandlen van zand geeft ook aanleiding tot meer zandverliezen en meer kosten aangezien elke zandkorrel meermaals moet worden gebaggerd.

ad 4. Te suppleren laagdiktes

Uit hoofdstuk 3 blijkt dat in de suppletievariant 'deken' relatief dunne lagen worden gesuppleerd terwijl in de suppletievariant 'reservoir' relatief dikke lagen worden gesuppleerd.

Het suppleren van dunne lagen is relatief eenvoudiger bij kleinere suppletieproducties. Het zand moet namelijk tijdens het suppleren verspreid worden (door grondmaterieel).

De dekenvariant is hierdoor alleen praktisch uitvoerbaar met kleinere baggerschepen (\pm tot 50.000 m³/week) terwijl voor de andere suppletievarianten ook grotere schepen ingezet kunnen worden.

ad 5. Beperkingen door bestaande infrastructuur (Oosterscheldekering, Zeelandbrug)

Bij het gebruik van een wingebied op de Noordzee vormt de stormvloedkering een bijkomende complexiteit in de uitvoering. Er moet namelijk een leiding aangelegd en onderhouden worden om de Oosterscheldekering te kruisen. Dit is technisch haalbaar, maar de nodige vergunningen moeten wel bekomen worden.

Verder is het duidelijk dat de aanwezigheid van de Zeelandbrug binnen het projectgebied een grotere complexiteit vormt bij het gebruik van Noordzeezand. Dit zand moet namelijk getransporteerd worden van de westkant van de Zeelandbrug naar de oostkant, wat wachttijden aan de klapbrug tot gevolg heeft voor schepen die niet onder de gesloten brug kunnen.

Wanneer Oosterschelde-zand gebruikt wordt, dan kan deze complexiteit vermeden worden door uit te gaan van een zandwingebied ten westen van de Zeelandbrug ter aanvulling van de platen die gelegen zijn aan de westkant van de Zeelandbrug, en van een zandwingebied ten oosten van de Zeelandbrug ter aanvulling van de platen die gelegen zijn aan de oostkant van de Zeelandbrug.

De identificatie van een wingebied in de Noordzee zal rekening moeten houden met beperkingen ten gevolge van aanwezige kabels et cetera.

Bij het aanduiden van een zandwingebied en van stockpile locaties binnen de Oosterschelde zal rekening moeten gehouden worden met de aanwezigheid van kabels (aan beide kanten van de Zeelandbrug, bij Yerseke), de aanwezigheid van een voormalige munitiestortplaats bij Zierikzee en andere obstakels.

Voor het suppleren van de platen aan het oostelijk uiteinde van de Oosterschelde (Yerseke, Speelmansplaten, Tholseinde, Rattenkaai en Hooghe Kraaijer) kan ook gedacht worden aan bakkenzuigers. Deze zouden het zand kunnen opzuigen uit bakken die in het Schelde-Rijnkanaal aan de oostkant van de Oesterdam gepositioneerd worden. Met behulp van boosters zou het zand op die manier vanuit de bakken naar de platen kunnen verpompt worden. Deze oplossing is in dit stadium niet verder onderzocht maar kan misschien een concurrentieel kostprijs geven in vergelijking met de uitvoeringsoplossingen met Noordzeezand. Het zand zou bijvoorbeeld uit de haven van Antwerpen kunnen komen.

ad 6. Weersgevoeligheid

Activiteiten op de Noordzee zijn meer onderhevig aan weersverlet dan de activiteiten op de Oosterschelde, waar minder golfwerking kan verwacht worden. Indien er geen aanvoer is van Noordzeezand ten gevolge van weersverlet, dan kunnen ook de baggertuigen binnen de Oosterschelde stil komen te liggen. Mits een goed stockpilebeheer kan die stillig vermeden worden.

ad 7. Getijstromen

Sterke getijstromen zorgen ervoor dat er voldoende afstand moet gehouden worden van de Oosterscheldekering. Dit is een bijkomende complexiteit die vooral bij het gebruik van Noordzeezand in overweging dient genomen te worden.

ad 8. Invloed op de scheepvaart

Iedere keer dat een lading zand vervoerd wordt, bestaat er kans op hinder voor de scheepvaart. Het aantal zandtransporten dat benodigd is in een bepaalde uitvoeringsoplossing voor het suppleren van een bepaald volume, zal dus een factor zijn in de bepaling van de hinder op de scheepvaart.

Ook de aanwezigheid van drijvende leidingen en koppelpunten kan een hinder betekenen voor de scheepvaart.

ad 9. Verstuiving

Wanneer het opgespoten zand uitdroogt, kunnen verliezen optreden ten gevolge van verstuiving.

Bij de dekenvariant kan men ervan uitgaan dat het zand over het algemeen in het getijdegebied ligt, en dat het daardoor niet snel zal uitdrogen, mede daar het om fijn zand gaat met een lage permeabiliteit.

Bij de reservoir- en de komvariantes zal een deel van het zand echter op een hoger niveau worden aangelegd, en kan het daardoor makkelijker uitdrogen en dus ook verstuiven.

effectbeoordeling complexiteit - score

Voor de beoordeling van de complexiteit van de uitvoering wordt dezelfde kwalitatieve beoordeling toegepast als bij de ecologische effectbeoordeling: score van 1-3 (1 = scoort laag, 2 = scoort beter, 3 = scoort best). Het totaaloordeel wordt gegeven door de subscores bij elkaar op te tellen. De score voor uitvoeringscomplexiteit is gegeven in tabel 5.4.

tabel 5.4. Kwalitatieve effectbeoordeling uitvoeringscomplexiteit

wingsgebied	beheersstrategie 'herstel en behoud'						beheersstrategie 'optimalisatie en behoud'	
	suppletievariant - 1 'deken'			suppletievariant - 2 'reservoir'			suppletievariant - 3 'kom'	
	Noord-zee	winput	geul	Noordzee	winput	geul	Noordzee	winput
uitvoeringsoplossing	u.o. 1	u.o. 2	u.o. 3	u.o. 4	u.o. 5	u.o. 6	u.o. 7	u.o. 8
criteria								
1. zandwingsgebied	1	2	3	1	2	3	1	2
2. materieel	1	3	3	1	3	3	1	3
3. rehandling	2	3	3	2	3	3	1	3
4. laagdiktes	1	1	1	2	2	2	2	2
5. infrastructuur	1	2	2	1	2	2	1	2
6. weersverlet	1	2	2	1	2	2	1	2
7. getijstromen	1	2	2	1	2	2	1	2
8. scheepvaart	1	1	2	1	1	2	1	1
9. verstuiving	3	3	3	2	2	2	2	2
oordeel	12	19	21	12	19	21	11	19

5.3.3. Risico's en onzekerheden

In deze paragraaf worden de risico's en onzekerheden benoemd die van toepassing zijn op de opgestelde suppletievarianten, uitvoermethoden en uitvoeringsoplossingen. Door deze te benoemen wordt inzicht gegeven in de werkelijke haalbaarheid van een uitvoeringsoplossing.

De risico's en onzekerheden zijn van toepassing op de volgende onderwerpen:

- uitvoeringscomplexiteit:
 1. zandwinning (bijvoorbeeld stabiliteit van putwanden en geulwanden);
 2. toegangskanalen;
 3. beschikbaarheid materieel;
 4. uitvoeringsduur en planning;
 5. kruisen infrastructuur;
 6. gedrag gesuppleerd materiaal na aanleg;
 7. stabiliteit van de suppleties;
 8. toelaatbare diepgang onder de Zeelandbrug;
 9. kosten;
 10. vergunningen;
- ecologie:
 11. duur van herstel foerageerhabitat/rekolonisatie snelheid van bodemdieren;
 12. effect dikte suppletie laag;
 13. relatie vogelaantallen-foerageerareaal;
 14. effect wel/geen gebiedseigen materiaal.

De criteria worden hieronder nader omschreven. Hierbij wordt opgemerkt dat de risico's en onzekerheden vaak nauw samenhangen met de hierboven beschreven effectbeoordelingen.

ad 1. Zandwinning

(i) beschikbare hoeveelheid

Er is op dit ogenblik nog geen duidelijkheid omtrent de hoeveelheid zand, met een gemiddelde korrel diameter kleiner dan 200µm, die zou kunnen gewonnen worden in de Noordzee. Het risico bestaat dat er in de Noordzee onvoldoende zand gevonden wordt dat aan het gestelde criterium voldoet.

Anderzijds zijn er ook nog geen wingebieden in de Oosterschelde gedefinieerd, en is het dus nog niet duidelijk of de aanvullingen van de platen die gelegen zijn aan de westkant van de Zeelandbrug allemaal vanuit een zandwingebied ten westen van de Zeelandbrug kunnen gebeuren, en of de aanvullingen van de platen die gelegen zijn aan de oostkant van de Zeelandbrug allemaal vanuit een zandwingebied ten oosten van de Zeelandbrug kunnen gebeuren

Eveneens is nog niet duidelijk hoeveel zand in de geulen van de Oosterschelde kan gebaggerd worden.

De optimale uitvoeringsmethode zal daarom misschien uiteindelijk te vinden zijn in een combinatie van twee of meer van de geselecteerde uitvoeringsmethoden.

(ii) vaarafstanden tot wingebieden

Zoals eerder aangegeven, is voor de kostenvergelijking in deze nota uitgegaan van een vaarafstand van 25 km tussen het zandwingebied in de Noordzee en de Oosterscheldekering, en van een gewogen gemiddelde vaarafstand van 10km tussen de wingebieden in de Oosterschelde en de te suppleren platen. De effectieve vaarafstanden kunnen pas worden vastgelegd na identificatie van de wingebieden.

(iii) stabiliteit van de zandwinputten en van de geulen

De baggerwerken in de zandwinputten en in de geulen mogen de stabiliteit van aangrenzende gebieden niet in gevaar brengen. Zo bestaat het risico dat de aangrenzende platen instabiel zouden worden door een te steile en/of te diepe geulwand.

De nodige stabiliteitsstudies dienen dit risico te minimaliseren.

ad 2. Toegangskanalen

Voor de kostenvergelijking is uitgegaan van een toegangskanaal tot - 9 mCD aan de westkant van de Oosterscheldekering. Daartoe moeten echter eerst de nodige toelatingen verkregen worden.

ad 3. Beschikbaarheid materieel

Aangezien de suppleties zich uitstrekken over een zeer lange periode, is het moeilijk te voorspellen wat de beschikbaarheid van geschikte baggertuigen zal zijn op de markt, op het ogenblik dat er suppleties dienen uitgevoerd te worden.

ad 4. Uitvoeringsduur en planning

Er is in deze studie verondersteld dat gedurende 12 maanden per jaar gesuppleerd kan worden. Dit kan gehaald worden door middel van een goede fasering van werkzaamheden. In de planning van de werkzaamheden moet in ieder geval rekening gehouden worden met broedplaatsen van vogels en zeehonden. Het is echter mogelijk dat 12 maanden per jaar suppleren niet altijd haalbaar is en dat dit uitgangspunt voor een aantal gevallen te optimistisch is.

ad 5. Kruisen infrastructuur

Er is in deze nota aangenomen dat de vertraging ten gevolge van het kruisen van de Zeelandbrug 1,5 uur bedraagt. De effectieve wachttijd zou moeten blijken uit nader overleg en uit de praktijkervaring.

ad 6. Gedrag gesuppleerd zand na aanleg

Vooraf in de reservoirvariante en in de komvariante is er onzekerheid met betrekking tot het gedrag van het gesuppleerde zand op langere termijn. Het is nog niet duidelijk of, en over welke periode, dit zand zich zal uitspreiden over de platen.

ad 7. Stabiliteit van de suppleties

Bij het aanleggen van een dunne laag zand in de dekenvariante, is er weinig risico dat er een geotechnische instabiliteit geïnduceerd wordt. Bij de reservoirvariante wordt echter een dik pakket zand aangelegd, wat zou kunnen aanleiding geven tot geotechnische instabiliteit indien de ondergrond onvoldoende stevig is. Dit risico dient geminimaliseerd te worden door middel van de nodige geotechnische studies.

ad 8. Toelaatbare diepgang onder de Zeelandbrug

Er is in de kostenvergelijking rekening gehouden met een toelaatbare diepgang van 5,6 m. Dit zal echter moeten geverifieerd worden door gedetailleerde bathymetrische surveys aan de brug.

ad 9. Kosten

Gezien de uitvoering van het project zich situeert over een periode van vele decennia, kan op dit ogenblik geen accurate inschatting van de kosten worden gemaakt. Dit geldt uiteraard voor alle uitvoeringsoplossingen. In deze nota zijn is voor de kostenvergelijking uitgegaan van kosten anno 2010.

ad 10. Vergunningen

Afhankelijk van de uitvoeringsmethode zal een vergunningstraject moeten doorlopen worden voor verschillende aspecten van het werk: zandwingebieden in de Oosterschelde, zandwingebieden in de Noordzee, vaarroutes voor de baggertuigen, leidingtraject voor het kruisen van de Oosterscheldekering en eventueel van de Oesterdam, et cetera. Er dient rekening gehouden te worden met m.e.r. – plichtige besluiten, passende beoordelingen alsmede BBK meldingen.

ad 11. Duur van herstel foerageerhabitat/rekolonisatie snelheid van bodemdieren

In voorliggende studie wordt er van uit gegaan dat een relatief dunne suppletie (65 cm dik) na 5 jaar weer gerekoloniseerd is door bodemdieren en daardoor net zo geschikt is als foerageerhabitat voor vogels. Dit is echter nog niet zeker. Anderhalf jaar na aanleg van de proef Galgeplaat blijkt dat er wel wat bodemdieren terugkomen, maar dat van volledig herstel zeker geen sprake is (Holzhauer et al. 2010). Op basis van deze observatie wordt ingeschat dat 5 jaar hersteltijd voldoende is. Dit is echter pas met meer zekerheid te voorspellen wanneer de bodemdiergemeenschap op de suppletie van de Galgeplaat volledig hersteld is. Bovendien kunnen verschillende factoren de rekolonisatie beïnvloeden, zoals de korrelgrootte van het suppletiemateriaal, de vormgeving van de suppletie en de ligging.

ad 12. Effect dikte suppletielaag

De verwachtingen van rekolonisatie snelheden in deze studie zijn gebaseerd op de proef Galgeplaat. Deze verwachtingen zijn relatief onzeker, omdat de proef Galgeplaat nog maar kort geleden is aangelegd. Bij de Galgeplaat is een suppletielaag aangebracht van 1m dik. In de huidige studie worden suppleties van andere diktes beoogd, waardoor de verwachting van de rekolonisatie snelheid nog onzekerder wordt. De rekolonisatie van een laag van 65 cm dik (variant 'deken') kan in potentie sneller gaan dan bij de Galgeplaat. De rekolonisatie van een suppletie van 2 m dik (variant 'evenwicht kom') zal vermoedelijk niet plaatsvinden tot dat de dikte van de suppletie fors is afgenomen door erosie (inclusief verstuiving). Hoe lang het erosieproces duurt, is vooralsnog onbekend.

Deze onzekerheden kunnen in combinatie met punt 11 een grote invloed hebben op de ecologische effectbeoordeling (met name subcriterium 3 en 4). Als bijvoorbeeld blijkt dat rekolonisatie op een dikke laag significant langer duurt dan op een dunne laag, zal de suppletievariant 'reservoir' minder positief naar voren komen dan in de huidige effectbeoordeling. Als daarnaast blijkt dat de 'reservoir' suppletie zeer langzaam erodeert, en de suppletie zich onvoldoende (snel) verspreid wordt mogelijk onvoldoende getijde-areaal (tijdig) hersteld.

Deze onzekerheden (of risico's) kunnen daarmee een bepalende factor vormen voor de keuze tussen suppletievariant 'deken' en suppletievariant 'reservoir'.

ad 13. Relatie vogelaantallen – foerageerareaal

In deze studie wordt voorzichtigheidshalve een lineair verband aangenomen tussen een afname in foerageerareaal en vogelaantallen. Deze relatie is niet zeker maar wel aannemelijk gezien eerdere ervaringen met het verlies van foerageergebieden [ref. 5.]. Deze relatie zal als dusdanig kunnen bestaan wanneer het foerageer areaal de belangrijkste limiterende factor is voor de populatieomvang van vogels in de Oosterschelde. Maar dit is niet bekend. Wellicht zijn hoogwatervluchtplaatsen een limiterende factor, of bijvoorbeeld broedgelegenheid. Wanneer een andere factor dan foerageerareaal limiterend is voor de draagkracht van het systeem zullen vogelaantallen niet direct afnemen met een afname van het areaal foerageergebied.

ad 14. Effect wel/geen gebiedseigen materiaal

Het sediment op de huidige silkken en platen heeft specifieke eigenschappen zoals een bepaalde slibfractie, een bepaalde compactheid en een bepaalde korrelgrootte. Ook al wordt het suppletiemateriaal gewonnen uit nabij gelegen geulen, het suppletiemateriaal heeft niet exact de zelfde eigenschappen als het originele sediment. Het voornaamste effect hiervan is vermoedelijk de snelheid van rekolonisatie door bodemdieren. Vermoedelijk zal dit effect bij het gebruik van Noordzee zand groter zijn dan bij het gebruik van materiaal uit de geulen, maar hoe groot dit effect is precies is, is niet duidelijk.

5.4. Selectie uitvoeringsoplossingen

De combinaties van suppletievarianten en uitvoeringsmethoden (uitvoeringsoplossingen) zijn kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria:

- natuur/ecologie in verband met doelmatigheid;
- uitvoeringscomplexiteit in verband met uitvoeringstechnische haalbaarheid;
- kostenraming;
- risico's en onzekerheden.

De eerste twee criteria zijn beoordeeld middels een score op een aantal subcriteria. Per criterium is vervolgens een eindoordeel bepaald door de scores voor de subcriteria bij elkaar op te tellen. Niet alle subcriteria zijn even relevant. In de ecologische effectbeoordeling is bijvoorbeeld subcriterium 1 veel belangrijker dan subcriterium 4. Het is daarom belangrijk niet alleen de totaalscore te bekijken maar ook specifieke voor- en nadelige effecten mee te nemen in het 'eindoordeel'. De invoer voor het derde criterium is reeds bepaald in hoofdstuk 4, de kuubprijs. Ten slotte zijn voor iedere uitvoeringsoplossing de belangrijkste risico's en onzekerheden gegeven. De oplossingen met een grote onzekerheid scoren lager in de afweging.

In tabel 5.5 is de beoordeling van de oplossingsvarianten samengevat. De volgende conclusies kunnen uit de tabel worden getrokken (hierbij wordt opgemerkt dat de eerste twee bevindingen betrekking hebben op het wingebied en de laatste twee bevindingen op suppletievarianten):

1. zandwingebied Noordzee scoort op alle criteria (met afstand) het minste;
2. zandwinning uit de geulen scoort voor alle criteria beter dan een zandwinning uit een winput, maar de verschillen zijn klein;
3. suppletievariant 'reservoir' scoort beter voor de effecten op de natuur, maar heeft meer onzekerheden dan suppletievariant 'deken'. Voor de criteria 'uitvoeringscomplexiteit' en prijs scoren 'reservoir' en 'deken' gelijk;
4. suppletievariant 'kom' heeft een lagere score voor de uitvoeringscomplexiteit en voor de effecten op de natuur.

Bovenstaande conclusies worden hieronder nader toegelicht. Op basis van deze conclusies zijn voor iedere suppletiestrategie een eerste voorkeur en een tweede voorkeur bepaald.

ad 1.

Voor de uitvoeringsoplossingen binnen een suppletievariant scoort het zandwingebied Noordzee met uitzondering van 1 subcriterium (beschadiging bodemfauna zandwinlocaties) op alle (sub)criteria minder dan een zandwingebied binnen de Oosterschelde. Daarnaast is zandwinning uit de Noordzee voor alle suppletievarianten duurder. Voor alle suppletievarianten heeft het daarom de voorkeur om zand te winnen binnen de Oosterschelde. Alleen wanneer er geen of onvoldoende zand van voldoende kwaliteit binnen de Oosterschelde te halen valt kan winning buiten de Oosterschelde interessant worden. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat er voldoende zand beschikbaar is binnen de Oosterschelde. Hierdoor vallen de uitvoeringsoplossingen met als zandwingebied de Noordzee af.

In bovenstaande is het (eventuele negatieve) effect van de winning binnen de Oosterschelde op de globale morfologie niet meegenomen.

ad 2.

Voor de uitvoeringsoplossingen binnen een suppletievariant scoort zandwinning uit de geulen op de meeste (sub)criteria gelijk aan de zandwinning uit een winput. Op de volgende (sub) criteria scoort winning uit de geulen beter:

1. als het gaat om gebruik van gebiedseigen materiaal heeft sediment uit de geulen de voorkeur;
2. verstoring door vaarbewegingen van zowel ecologie als overige scheepvaart.

Winning uit de geulen geeft daarentegen een grotere beschadiging aan bodemfauna door het grotere 'winareaal'.

De kostprijs (kuubprijs) is bij winning uit de geulen beduidend lager door de minimale vaarafstanden en de minimale 'rehandling'. De risico's en onzekerheden zijn voor deze winlocaties gelijk.

Door de betere score op enkele subcriteria en de lagere kostprijs (voor alle suppletievarianten) heeft het daarom de voorkeur om zand te winnen uit de geulen. Alleen wanneer er geen of onvoldoende zand van voldoende kwaliteit in de geulen aanwezig is, wordt winning uit een winput interessant. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat er voldoende zand beschikbaar is in de geulen. Hierdoor heeft winning uit de geulen de eerste keus.

In bovenstaande is het volgende niet meegenomen:

- het (eventuele negatieve) effect van de winning binnen de Oosterschelde op de globale morfologie en het onderscheid daarbij tussen winning uit de geulen en winning uit een winput;
- vergunningen;
- de ruimtelijke inpassing van een zandwinput, met inachtneming van de stabiliteit van de putwand.

ad 3.

Op veel criteria zijn de score van de suppletievariant 'reservoir' en de suppletievariant 'deken' gelijk. De belangrijkste criteria waarop de suppletievariant 'reservoir' een betere score heeft zijn:

- ecologie, subcriterium 2, beschadiging van bestaande habitats;
- ecologie, subcriterium 3: het verstoorte gebied is kleiner.

Op onderstaande criterium is de score voor het 'reservoir' lager:

- ecologie, subcriterium 4: de rekolonisatie gaat naar verwachting langzamer bij een dikkere laag.

Uit bovenstaande wordt geconcludeerd dat de suppletievariant 'reservoir' een lichte voorkeur heeft boven suppletievariant 'deken' omdat deze cumulatief beter scoort op de ecologische subcriteria. De onzekerheden omtrent deze variant zijn echter groter. Hierbij is het effect van een dikkere suppletielaag de belangrijkste onzekerheid. Bij een relatief dikke laag spelen de volgende onzekerheden:

- het effect op de grootte van het verstoorde gebied (subcriterium 3) en de snelheid van rekolonisatie (subcriterium 4);
- het is onduidelijk hoe snel de relatief dikke laag zich voldoende verspreid. Het risico is, dat op deze wijze onvoldoende getijdenareaal tijdig wordt hersteld.

Het effect van de laagdikte is echter onbekend, dit is nader toegelicht in paragraaf 5.3.3 (risico/ onzekerheid 11 en 12).

selectie van uitvoeringsoplossingen

Voor iedere suppletie strategie wordt een eerste keus en een tweede keus gegeven voor een uitvoeringsoplossing. De uitvoeringsoplossingen worden daarnaast dusdanig gekozen dat uit elke suppletievariant een uitvoeringsoplossing tot de selectie behoort. De volgende uitvoeringsoplossingen zijn geselecteerd:

Suppletie strategie 'herstel en behoud':

- 1e voorkeur: suppletievariant reservoir met zandwinning uit de geulen in de Oosterschelde middels uitvoermethode V;
- 2e voorkeur: suppletievariant deken met zandwinning uit een winput in de Oosterschelde middels uitvoermethode III.

De 1^e voorkeur is duidelijk (goedkoopst en beste score voor zowel ecologie als uitvoeringscomplexiteit). De 2^e voorkeur is minder duidelijk: winning uit de Noordzee valt duidelijk af omdat deze duurder is en op alle overige effecten minder scoort. Het onderscheid tussen de overige varianten is gering. De 2^e voorkeur is daarom zo gekozen dat deze het meest onderscheidend is ten opzichte van de 1^e voorkeur. Hoewel winning uit de geulen voor beide suppletievarianten beter scoort dan winning uit een winput is er daarom voor gekozen beide wingebieden in één van de suppletievarianten te kiezen.

Suppletie strategie 'optimalisatie en behoud':

- 1e voorkeur: zandwinning uit een winput in de Oosterschelde middels uitvoermethode III;
- 2e voorkeur: zandwinning uit de Noordzee middels uitvoermethode II*.

kennishiaten

De belangrijkste kennishiaten op dit moment:

- de beschikbaarheid van zand in de geulen en winputten;
- morfologisch en ecologisch effecten van zandwinning binnen de Oosterschelde;
- effect dikte suppletie laag op de duur van herstel foerageerhabitat (zie punt 11 en 12 uit paragraaf 5.3.3).

In de ANT studie, is het aan te bevelen om op plaatniveau een verdere optimalisatie door te voeren op basis van de volgende afwegingen:

1. welke platen zijn het meest waardevol?
2. welke platen hebben de kleinste suppletiebehoefte?
3. op welke platen is het suppleren het goedkoopst, opdat het mogelijk is alleen aan de westkant van de Zeelandbrug te suppleren?

tabel 5.5. Samenvatting beoordeling oplossingsvarianten

zie volgende pagina

wingebied	beheersstrategie 'herstel en behoud'						beheersstrategie 'optimalisatie en behoud'	
	suppletievariant - 1 'deken'			suppletievariant - 2 'reservoir'			suppletievariant - 3 'kom'	
	Noordzee	winput	geul	Noordzee	winput	geul	Noordzee	winput
uitvoeringsoplossing	u.o. 1	u.o. 2	u.o. 3	u.o. 4	u.o. 5	u.o. 6	u.o. 7	u.o. 8
effecten natuur	20	25	26	23	28	29	13	17
uitvoeringscomplexiteit	12	19	21	12	19	21	11	19
risico's en onzekerheden	- gebiedsvreemd materiaal;	- inpassing winput	-	- dikke laag - instabiliteit ondergrond - lange rekonekolisatie - gebiedsvreemd materiaal - mogelijkheid optimalisatie ligging suppletie op de plaat; - gedrag gesuppleerd zand	- dikke laag - instabiliteit ondergrond - lange rekonekolisatie - mogelijkheid optimalisatie ligging suppletie op de plaat - inpassing winput gedrag gesuppleerd zand	- dikke laag - instabiliteit ondergrond - lange rekonekolisatie - mogelijkheid optimalisatie ligging suppletie op de plaat - gedrag gesuppleerd zand	- gebiedsvreemd materiaal - gedrag gesuppleerd zand	- inpassing winput - gedrag gesuppleerd zand
kosten (kuubprijs)	{11,40-14,10}	{5,50-5,70}	{3,90 - 4,1}	{11,40-14,10}	{5,50-5,70}	{3,90 - 4,1}	{13,70}	{5,20}
totaal eindoordeel		2^e voorkeur voor herstel & behoud				1^e voorkeur voor herstel & behoud	2^e voorkeur voor optimalisatie & behoud	1^e voorkeur voor optimalisatie & behoud

6. MULTI-CRITERIA-ANALYSE

Voor elk van de uitvoeringsmethoden zijn de kosten beschouwd en de uitvoeringsoplossingen zijn kwalitatief beoordeeld op verschillende criteria. De beoordeling heeft geresulteerd in een voorselectie van vier uitvoeringsoplossingen die het beste scores op de criteria, maar ook voldoende onderscheidend zijn (hoofdstuk 4 en 5).

Met de vier geselecteerde uitvoeringsoplossingen is een Multi-Criteria-Analyse (MCA) uitgevoerd middels een werksessie met Rijkswaterstaat. Binnen de MCA is bekeken welke fysieke en omgevings-effecten er bij de geselecteerde uitvoeringsoplossingen optreden. De MCA is erop gericht om alle overige van belang zijnde effecten te benoemen en de belangrijkste (onderscheidende) effecten te filteren. Op basis van de resultaten van de MCA en de resultaten uit voorgaande hoofdstukken wordt per suppletievariant de meest realistische uitvoeringsoplossing gekozen, welke met elkaar worden vergeleken in de kosteneffectiviteitsanalyse (in het volgende hoofdstuk).

6.1. MCA

In de kwalitatieve beoordeling zijn de effecten van de uitvoeringsoplossingen (waar mogelijk) vergeleken met de verwachte effecten die optreden bij de huidige situatie plus autonome ontwikkeling. De vergelijking is inzichtelijk gemaakt met de scores ++/+0/-/-- (++ = scoort veel beter dan autonome situatie, + = scoort beter dan de autonome situatie, 0 = scoort gelijk aan de autonome situatie, - = scoort slechter dan de autonome situatie, -- = scoort veel slechter dan de autonome situatie).

De resultaten van de beoordeling van de effecten en de scores die onderscheidend zijn, zijn gegeven in tabel 6.1. Een toelichting op de scores is gegeven in bijlage I.

tabel 6.1. Resultaten MCA

No.	onderwerp	toetsingscriterium	aspect	Herstel en behoud -1 reservoir Geulen	Herstel en behoud -2 winput deken	Optimalisatie en behoud -1 winput	Optimalisatie en behoud -2 zand uit Noordzee
2	Morfologie	herstellen zandbalans Oosterschelde	natuurlijk dynamisch systeem mogelijk	0	0	+	++
3		ontwikkeling bodem	ontwikkeling geulen	-	-	0	++
5			Verandering karakteristieken bodemmateriaal	+	0	0	0
7	Veiligheid	primaire waterkeringen	Effect op veiligheidsniveau (belastingsniveau) primaire waterkeringen	+	+	0	0
11			concept toepasbaar situatie tot 2100	+	+	-	-
12		complexiteit	zekerheid ten aanzien van werking/effectiviteit	0	+	-	-
23	Recreatie	Watersport	hinder	0	0	-	-
27		strand/ wal	mogelijkheden	0	0	+	+
29		vogelaars	mogelijkheden	+	+	+(+)	+(+)
43	Landschap	ruimtelijke vorm / kwaliteit	beleving	+	++	+	+
49	cult. historie	historische geografie	leesbaarheid	+	+	-	-
56			mate van CO2 emissie bij aanleg	-	-	-	--
72	Complexiteit procedures		inpasbaarheid in natuurbeschermings- en vigerende ruimtelijk regime	+	+	-	-
75		complexiteit	samenhang verschillende procedures en betrokken bestuursorganen	0	0	-	-
77	Visserij		oesterkweek	0	0	--	--
79			mossel	-/--	0/-	--	--

Een aantal aspecten behoeft nadere toelichting omdat een aspect belangrijk is voor de vergelijking van de uitvoeringsoplossingen dan wel omdat er sprake is van een zeer groot effect is:

- morfologie: bij suppletiezand uit de Noordzee wordt werkelijk bijgedragen aan het herstellen van de zandbalans en scoort op dit aspect beter dan de andere uitvoeringsoplossingen;
- complexiteit-zekerheid ten aanzien van werking/effectiviteit. Het is belangrijk om zeker te weten dat een uitvoeringsoplossing werkt. De 'deken' variant heeft weinig risico's en scoort hier daarom het beste. De 'reservoir' variant heeft een aantal risico's en scoort daarom neutraal. Van de 'kom' varianten is het morfologisch gedrag van suppleties (op lange termijn) onbekend en onzeker. De effectiviteit van deze suppletievariant is daarom moeilijk te voorspellen en scoort daarom hier daarom slecht;
- visserij-oesterkweek: de oesterkweek vindt alleen plaats in 'de kom', het oostelijke deel van de Oosterschelde. Bij de suppletievariant 'evenwicht in de kom' wordt ervan uitgegaan dat na de suppletie er geen oesterteelt meer mogelijk is en de oesterkweek daarom uit dit gebied zal verdwijnen. Dit heeft een zeer grote negatieve impact op de oesterkweek. Dit wordt gezien als één van de meest cruciale bezwaren tegen de 'kom' variant;
- visserij-mosselkweek: de mosselpercelen liggen van oudsher op de plaatranden. Door de suppleties op de platen en de baggerwerkzaamheden in de geulen wordt de mosselkweek verstoord. Hierbij zal bij winning uit de geulen een groter gebied worden verstoord dan bij winning uit een winput. De fondspcelen en verwaterpercelen zijn beide in de 'kom' gelegen. In de 'kom' variant moeten beiden een andere locatie toegewezen krijgen. In de overige suppletievarianten (herstel en behoud) kunnen de huidige fonds- en verwaterpercelen blijven bestaan. Met name de 'kom' variant heeft door de ligging van de fonds- en verwaterpercelen een negatief effect op de mosselsector. Er wordt wel van uitgegaan dat het haalbaar is om voor de fonds- en verwaterpercelen een nieuwe locatie toe te wijzen (compenserende maatregel mogelijk).

6.2. Selectie oplossingsvarianten

Op basis van de resultaten van de MCA en de resultaten uit voorgaande hoofdstukken wordt per suppletievariant een uitvoeringsoplossing gekozen, welke met elkaar worden vergeleken in de kosteneffectiviteitsanalyse in het volgende hoofdstuk.

suppletiestrategie 'beheer en behoud'

In hoofdstuk 5 is één uitvoeringsoplossing geselecteerd voor de suppletievarianten 'deken' en één voor de suppletievariant 'reservoir'. De resultaten van de MCA geven geen aanleiding tot wijziging van de geselecteerde oplossingen.

suppletiestrategie 'optimalisatie en behoud'

In de MCA zijn twee uitvoeringsoplossingen binnen de suppletievariant 'kom' beoordeeld:

1. suppletievariant 'kom' met als zandwingebied een zandwinput in de Oosterschelde;
2. suppletievariant 'kom' met als zandwingebied de Noordzee.

Uit de effectbeoordeling uit hoofdstuk 5 blijkt dat winning uit een winput op vrijwel alle onderdelen een betere score heeft dan winning uit de Noordzee. Met name het grote prijsverschil (kuubprijs € 5,20 versus € 13,70) leidt tot de conclusie dat winning uit de Noordzee financieel zeer onaantrekkelijk is. De suppletievariant 'kom' met als zandwingebied een zandwinput in de Oosterschelde is daarom geselecteerd en zal worden beoordeeld in de kosteneffectiviteitsanalyse.

7. KOSTENEFFECTIVITEITSANALYSE

Na uitvoer van de MCA zijn er nog drie kansrijke uitvoeringsoplossingen over. Deze uitvoeringsoplossingen worden beoordeeld in een kosteneffectiviteitsanalyse. De insteek van deze analyse is om te bekijken wat de meest effectieve manier is om het doel (behoud van natuurwaarden) te bereiken. Hiervoor wordt de mate waarin het doel wordt bereikt (ecologische beoordeling in punten) gedeeld op de kosten. Deze kosten worden gemaakt bij de uitvoer van de strategieën, maar ook de maatschappelijke effecten worden in de kostenbepaling opgenomen. De uitvoeringsoplossingen kunnen namelijk verschillen in de mate waarin zij maatschappelijke baten vervullen zoals de besparing op kosten voor dijkversterking, effecten op recreatie, etc. Deze maatschappelijke baten worden uitgedrukt in euro's en in mindering gebracht op de kosten voor de uitvoering. Overigens kunnen er ook negatieve maatschappelijke effecten optreden zoals opbrengstderving bij de mosselteelt of CO₂ uitstoot bij de baggerwerkzaamheden. Deze effecten worden bij de kostenraming opgeteld. In tabel 7.1 staat een overzicht van de maatschappelijke kosten en baten bij uitvoering van de verschillende suppletievarianten. Deze effecten zijn afgezet tegen een referentiescenario dat bestaat uit de huidige situatie plus autonome ontwikkeling.

tabel 7.1. Overzicht van de maatschappelijke kosten en baten bij uitvoer van de verschillende uitvoeringsoplossingen (x1000 euro, contante waarde)

	herstel en behoud, de- kensuspletie, zand- winning uit winput	herstel en behoud, re- servoirespletie, zandwinning uit de geulen	optimalisatie en be- houd in de kom, zand- winning uit winput
kosten			
uitvoeringskosten	158.569,--	113.264,--	233.578,--
baten (anders dan ecologische baten)			
effecten op oesterkweek	0,--	0,--	- 9.574,--
effecten op mosselkweek	- 2.941,--	- 5.882,--	- 2.941,--
uitgespaarde kosten op dijkversterking	33.124,--	33.124,--	18.230,--
uitstoot van CO ₂	- 1.150,--	- 493,--	- 3.615,--
woongenot	0,--	0,--	0,--
recreatieve beleving watersport	469,--	469,--	0,--
recreatieve beleving strandrecreatie	0,--	0,--	7.091,--
recreatieve beleving vogelaars	0,--	0,--	0,--
recreatieve beleving wandelaars/fietsers	3.046,--	1.523,--	1.269,--
recreatieve beleving sportduiken	0,--	0,--	0,--
scheepvaart	0,--	0,--	0,--
saldo	126.021,--	84.523,--	223.118,--

uitvoeringskosten

De uitvoeringskosten zijn voor de verschillende uitvoeringsoplossingen bepaald in paragraaf 4.2. Deze kosten worden op verschillende momenten gemaakt over de periode 2020 – 2100. Voor bepaling van de contante waarde van de uitvoeringskosten is gebruik gemaakt van de uitvoeringsschema's die zijn opgesteld voor een uitvoeringsvariant deken (paragraaf 3.2.2), een uitvoeringsvariant reservoir (paragraaf 3.3.2) en de uitvoeringsvariant kom (paragraaf 3.4.2). Er is gerekend met de gebruikelijke interest van 5,5 %.

effecten op oesterkweek

De oesterkweek is geconcentreerd in het zuidoostelijk deel van de Oosterschelde (de kom). De suppletievariant van de strategie optimalisatie en behoud zal daardoor grote invloed op de oesterkweek uitoe-

fenen. Aanname is dat de oesterkweek in de loop van drie suppletieronden volledig verloren gaat. Uit cijfers van het Productschap vis is bekend dat de jaarlijkse opbrengst aan oesters voor geheel Nederland de laatste jaren gemiddeld 3 M€ is. In de Oosterschelde liggen 1.550 van de totaal 2.050 ha oesterpercelen van Nederland. Het verlies van de percelen in de Oosterschelde zal naar verwachting tot een bruto verlies van ongeveer 2,3 M€ leiden. Dit komt overeen met een netto verlies van 1,15 M€ (analoog aan de netto/bruto verhouding van de mosselkweek). Over de gehele periode tot 2.100 leidt dit tot een negatieve baat van 9,6 M€ (contante waarde, interest 5,5 %). Bij de uitvoeringsoplossingen van de strategie behoud en herstel blijft de oesterkweek behouden.

effecten op mosselkweek

De effecten van de zandsuppleties op de mosselkweek zijn moeilijk in te schatten. De suppleties komen in principe op de slikken en platen terecht (en niet op de mosselpercelen die grenzen aan de slikken en platen). Toch valt niet volledig uit te sluiten dat de mosselpercelen schade zullen ondervinden als er in de directe omgeving zand wordt gesuppleerd. Als orde-grootte schatting is 4 % opbrengstverlies voor de uitvoeringsoplossing optimalisatie en behoud en de uitvoeringsoplossingen herstel en behoud via winning uit de geulen aangehouden. De zandwinning uit een winput biedt meer kansen om schade aan mosselpercelen te beperken. Hiervoor is 2 % opbrengstverlies gehanteerd. In de periode tot 2100 vinden om de 5 jaar suppleties plaats, waarbij elke locatie twee keer wordt bezocht. Zonder rekening te houden met de precieze ligging van de mosselpercelen kan in algemeenheid worden gesteld dat gemiddeld jaarlijks 4 % van de percelen invloed ondervindt van de suppleties. Met de aanname dat de oogst in dat geval volledig verloren gaat zal dit tot een jaarlijkse opbrengstderving van 4 % leiden. De jaarlijkse netto opbrengsten van de mosselkweek in de Oosterschelde zijn 14,0 M€. De contante waarde van een opbrengstderving van 2 % en 4 % is dan respectievelijk 2,9 M€ en 5,9 M€.

In de kom bevinden zich ook de fonds en verwaterpercelen voor de mosselkweek (in de nabijheid van de markt in Yerseke). Deze verwaterpercelen zullen bij de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud verloren gaan. De inschatting is dat er vervangende percelen in de nabijheid van Yerseke beschikbaar zijn. Opvallend genoeg liggen de vervangende percelen dichter bij de haven van Yerseke dan de huidige percelen. Er moeten echter wel kosten worden gemaakt om deze percelen (administratief) gebruiksklaar te maken. Aanname is dat deze kosten overeen komen met de besparing op vaarkosten door de kortere afstand tot de haven van Yerseke. Voor het verplaatsen van de verwaterpercelen bij de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud zijn daarom geen kosten opgenomen.

uitgespaarde kosten op dijkversterking

In de referentiesituatie zal de golfbelasting op de dijken rond de Oosterschelde toenemen als gevolg van het verdwijnen van de slikken en platen. Hierdoor zullen aanvullende maatregelen moeten worden getroffen om aan het gewenste veiligheidsniveau te blijven voldoen. Die maatregelen kunnen bestaan uit het suppleren van de vooroever van de dijken (dit werkt reducerend op de golfbelasting) of het penetreren en/ of overlagen van de bestaande dijkbekleding. In een studie van Blom (2007) zijn de kosten van deze maatregelen geraamd op ruim 33 M€ (contante waarde). Door het suppleren van zand op de slikken en platen bij de strategie herstel en behoud worden deze kosten bespaard. De vooroeversuppleties (contante waarde van ruim 18 M€) maken deel uit van de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud. Bij bepaling van de uitvoeringskosten zijn deze kosten meegenomen. Doordat deze kosten in de referentiesituatie ook gemaakt zouden worden kunnen ze ook als bespaarde kosten worden opgevoerd.

CO₂ uitstoot

De CO₂ uitstoot is bepaald op basis van het aantal verbruikte liters brandstof per gesuppleerde volume-eenheid. Hiervoor is per variant voor het benodigde materieel (bijvoorbeeld een hopper en enkele grondverzetmachines) het brandstofverbruik per uur bepaald (middels kentallen). Op basis van vaarafstanden, cyclusduur etc. is bepaald hoeveel zand er middels een uitvoeringsmethode in een maand gesuppleerd kan worden. Door het brandstofverbruik per maand te delen door de hoeveelheid gesup-

pleerd zand wordt de CO₂ uitstoot per m³ gesuppleerd zand verkregen. Door dit getal te vermenigvuldigen met de totale hoeveelheid te suppleren zand wordt de totale CO₂ uitstoot per variant verkregen. In tabel 7.2 zijn de resultaten gegeven. De verschillen in CO₂ uitstoot voor de verschillende varianten zijn te verklaren door het verschil in vaarafstand⁶. In het kader van de klimaatafspraken die Nederland heeft gemaakt wordt er gehandeld in (vastgelegde) CO₂. Het prijskaartje voor CO₂ ligt de laatste jaren op een niveau van €13-€16 per ton CO₂. De uitstoot aan CO₂ wordt met een prijskaartje van € 14,50 vermenigvuldigd. De CO₂ komt pas vrij bij de uitvoer van de werkzaamheden. Voor het bepalen van de constante waarde is gebruik gemaakt van de beschikbare uitvoeringsschema's van de uitvoeringsoplossingen.

tabel 7.2. Berekening van de CO₂ uitstoot

suppletiestrategie	eenheid	herstel en behoud, deken-suppletie, zandwinning uit winput	herstel en behoud, reservoirsuppletie, zandwinning uit de geulen	optimalisatie en behoud in de kom, zandwinning uit winput
materieel		Hopper (TSHD) + 2 grondverzetmachines	Cutter (CSD) + 2 grondverzetmachines	Hopper (TSHD) + 2 grondverzetmachines
brandstofverbruik per uur	[m ³ /oh]	0,440	0,255	0,440
operationele uren per maand	[oh/ maand]	606	563	606
soortelijk gewicht van brandstof	[kg/m ³]	850	850	850
CO ₂ uitstoot per ton brandstof	[ton CO ₂ / ton fuel]	3,2	3,2	3,2
hoeveelheid zand dat op deze wijze wordt gesuppleerd in een maand	[Mm ³ /maand]	0,258	0,335	0,206
CO ₂ uitstoot per m ³ gesuppleerd zand	[kg CO ₂ / m ³ zand]	2,8	1,2	3,5
totale hoeveelheid te suppleren zand	[Mm ³]	130	130	150
totale CO ₂ uitstoot per variant	[Mton]	0,364	0,156	0,525
prijskaartje CO ₂ vastlegging	euro/ton CO ₂	14,50	14,50	14,50
kosten CO ₂ uitstoot per variant	euro	5.278.000,00	2.262.000,00	7.612.000,00
kosten CO₂ uitstoot per variant (constante waarde)	euro	1.150.000,00	493.000,00	3.615.000,00

Het intergetijdegebied van de Oosterschelde vervult ook de natuurfunctie van bezinking van koolstof (en daarmee koolstofvastlegging). Voor de uitvoeringsoplossingen wordt hier geen baat voor verwacht omdat er in ondiep langzaam stromend water evenveel koolstof wordt vastgelegd als in schorren/slikken/platen. Er is dus geen verschil tussen de referentie (autonome ontwikkeling van zandhonger) en de maatregelen.

woongenot

Er zijn geen woningen met direct zicht op de slikken en platen van de Oosterschelde. Het behoud van zicht op de slikken en platen zal dan ook niet bijdragen aan het woongenot (uitgedrukt in hogere woningwaarden).

recreatieve beleving watersport

Met het verdwijnen van de slikken en platen verdwijnt ook een aspect van de recreatieve beleving van de watersporter. Na verloop van tijd (aanne na 2030) is het niet meer mogelijk om een rondje rond de plaat te varen. Voor een deel van de watersporters zal dit een verlies van de recreatieve beleving betekenen. Via de sluispassages is bekend dat er ongeveer 10.000 vaarbewegingen door pleziervaartuigen in de Oosterschelde plaatsvinden op jaarbasis (POSAD, 2009). Het grootste deel van de recrea-

⁶ In de tabel staat een lager brandstofverbruik per uur voor de cutter. Dit komt doordat de cutter minder hoeft te varen.

tieve dagtochten vindt echter plaats vanuit de jachthavens in de Oosterschelde. Er is in 2003 een inventarisatie uitgevoerd van het aantal jachthavens en ligplaatsen in het Deltagebied. In de Oosterschelde zijn 22 jachthavens gevonden met in totaal 2.760 ligplaatsen. Tevens zijn er via uitbreidingsplannen voor de jachthavens nog 90 extra ligplaatsen voorzien (Breed Overleg Deltawateren, 2004). Het gemiddeld aantal dagtochten watersport is ongeveer 50 dagtochten per ligplaats per jaar (CBS, 2006). Het totale aantal dagtochten watersport in de Oosterschelde komt dan uit op ongeveer 140.000 dagtochten per jaar. Er is geen indicatie via de ligplaatsgelden dat de betalingsbereidheid voor watersport in de Oosterschelde (met slikken en platen) hoger is dan in de overige wateren zonder slikken en platen (Buter et al, 2007). Dit is een indicatie dat de betalingsbereidheid voor de recreatieve beleving van de slikken en platen beperkt is. Aanname is dat de betalingsbereidheid gemiddeld € 0,50 per dagtocht is. De uitvoeringsoplossingen van de strategie herstel en behoud leveren vanaf het jaar 2030 een jaarlijkse baat van ongeveer € 77.000 op. Over de gehele periode tot het jaar 2100 komt dit overeen met een contante waarde van € 469.000,-- (interest 5,5%). Bij de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud vindt geen behoud van slikken en platen in het bevaarbare deel van de Oosterschelde plaats.

recreatieve beleving strandrecreatie

Bij de uitvoeringsoplossing van de suppletie strategie optimalisatie en behoud worden in het gebied buiten de kom vooroeversuppleties uitgevoerd om te voldoen aan het vereiste veiligheidsniveau (door de golfaanval op de dijken te remmen). Hierdoor komen er zandplaten direct aan de oever te liggen. Deze platen lenen zich uitstekend voor strandrecreatie en de verwachting is dat recreanten hier gebruik van zullen maken om te zonnen en zwemmen. De omvang van deze baat is lastig in te schatten. In geheel Zeeland vinden er jaarlijks ruim anderhalf miljoen dagtochten zonnen en zwemmen aan zee plaats. Aangenomen wordt dat er door de beschikbaarheid van stranden aan de Oosterschelde een toename van ongeveer 10 % aan dagtochten zal plaatsvinden. De gemiddelde betalingsbereidheid voor een dagtocht zonnen/zwemmen aan zee is € 4,50 (Kuik, 1991 - geïndexeerd naar prijspeil 2006). De contante waarde van de toegenomen recreatieve beleving door strandrecreatie bij de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud is ongeveer 7 M€. Bij de uitvoeringsoplossingen van de strategie herstel en behoud vinden geen vooroeversuppleties plaats en wordt de baat aan strandrecreatie niet gerealiseerd.

recreatieve beleving vogelaars

De diversiteit aan vogelsoorten maakt de Oosterschelde een interessante plek voor vogelaars. Bij laag water bevinden de vogels zich op de slikken en platen om zich te goed te doen aan het beschikbare voedsel. De vogels zijn beter te bekijken als het hoog water is en ze een droge plek zoeken op de schorren of in de binnendijkse gebieden. De inschatting is dat de Oosterschelde interessant blijft voor vogelaars, ook in de referentiesituatie (met optredende zandhonger). Dit komt vooral omdat de vogelaars meer gericht zijn op de binnendijkse natuurontwikkelingsgebieden waar kustbroedvogels en trekvogels zijn waar te nemen. Voor de uitvoeringsoplossingen wordt geen baat ten aanzien van recreatieve beleving van vogelaars verwacht.

recreatieve beleving wandelaars & fietsers

De suppleties zullen bijdragen aan het behoud van slikken en platen op de Oosterschelde en daarmee aan de belevingswaarde van dit natuurgebied. De omvang van dit effect is moeilijk in te schatten omdat kengetallen voor de waardering van dit behoud aan recreatieve beleving ontbreken. Ook het aantal recreanten (dagtochten wandelen en fietsen) is moeilijk in te schatten, omdat er geen tellingen beschikbaar zijn. Aan de hand van cijfers uit het kentallenboek Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap (Ruijgrok et al, 2006) is een ordegrrootte schatting gemaakt van ongeveer 5 miljoen recreatiedagtochten jaarlijks in de gehele Oosterschelde en ongeveer 2,2 miljoen recreatiedagtochten jaarlijks in het gebied rond de kom. Het is bekend dat de gemiddelde waardering van een dagtocht wandelen/fietsen ongeveer € 1,-- is (Ruijgrok et al, 2006). Aanname is dat de bijdrage van de slikken en platen aan deze recreatieve beleving ongeveer 10 % is. Voor de reservoirsuppleties is de aanname dat dit percentage lager is (5 %), omdat deze landschappelijk gezien een onnatuurlijk element vormen in de Oosterschelde.

de. Door het ontbreken van geschikte kengetallen moeten de uitkomsten voor de uitvoeringsoplossingen n als een orde-grootte schatting worden geïnterpreteerd.

recreatieve beleving sportduiken

Voor het sportduiken is de aanwezigheid van hard substraat belangrijk. Dat zijn de plekken waar het zicht het beste is en waar de meeste onderwater organismen zich bevinden. Aanname is dat de supplementies op de slikken en platen zullen plaatsvinden en daarmee geen invloed op de (hard substraat) duikplekken zullen uitoefenen.

scheepvaart

De supplementies zullen worden uitgevoerd op de slikken en platen van de Oosterschelde en zullen niet/nauwelijks invloed hebben op de diepte van de (vaar)geulen. De verwachting is dat werkzaamheden ook niet/nauwelijks hinder zullen opleveren voor de (beroeps)scheepvaart.

7.1. Conclusie

In tabel 7.3 staat de ecologische beoordeling uit paragraaf 5.3.1 afgezet tegen het maatschappelijk kostenbaten saldo.

tabel 7.3. Kosteneffectiviteit van de uitvoeringsoplossingen n

	ecologische score (uit ecologische beoordeling)	kosten (saldo van uitvoeringskosten en maatschappelijke baten)	kosteneffectiviteit (ecologische score/ kosten)
herstel en behoud, dekensuppletie, zandwinning uit winput	112	126.021.000,--	$0,88 \times 10^{-6}$
herstel en behoud, reservoirsuppletie, zandwinning uit de geulen	126	84.523.000,--	$1,49 \times 10^{-6}$
optimalisatie en behoud in de kom, zandwinning uit winput	60	223.118.000,--	$0,27 \times 10^{-6}$

Uiteindelijk blijkt de uitvoeringsoplossing herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen de meest effectieve methode om de supplementies uit te voeren. Deze uitvoeringsoplossing is 5,5 keer effectiever dan de uitvoeringsoplossing van de strategie optimalisatie en behoud en 1,7 keer effectiever dan de uitvoeringsoplossing herstel en behoud via dekensuppletie met winning uit een winput. Dit resultaat wordt bereikt doordat de uitvoeringsoplossing herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen zowel de hoogste ecologische score als ook de laagste maatschappelijke kosten heeft.

methodiek natuurpunten

Er is een methodiek in ontwikkeling bij het Planbureau voor de Leefomgeving om de ecologische effecten uit te drukken in een integrale beoordeling op basis van de bijdrage aan biodiversiteit. De eenheid van deze indicator is het aantal natuurpunten, waarbij een natuurpunt overeenkomt met een ha goed functionerend natuurlijk ecosysteem. Door de uitwerking in arealen biedt de methode goede aanknopingspunten voor het kwantificeren van effecten op natuur. In de beoordeling wordt ook de zeldzaamheid/uniciteit van de verschillende ecosystemen in Nederland verwerkt. De methodiek is intussen redelijk goed toepasbaar voor terrestrische natuur. De uitwerking voor mariene/aquatische natuur laat echter nog te wensen over. Hierdoor bleek het niet mogelijk om de natuurpunten methodiek toe te passen bij de ecologische beoordeling van de uitvoeringsoplossingen.

Er zijn binnen de kosteneffectiviteitsanalyse noodzakelijkerwijs aannames gedaan om de effecten te bepalen. Middels een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat de aannames geen invloed op de rangorde van de uitkomst hebben. De voorkeur voor herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen is derhalve als een robuuste uitkomst te beschouwen.

De uitgevoerde kosteneffectiviteitsanalyse is niet bestemd om inzicht te geven in de omvang van het plaatareaal dat al dan niet behouden zou moeten blijven. Die vraag wordt behandeld in de PlanMER en de MKBA die binnen de MIRT verkenning nog dienen te worden uitgevoerd. De kosteneffectiviteitsanalyse was gericht op de vraag welke uitvoeringsoplossing zou moeten worden toegepast bij de zandsuppleties in de Oosterschelde. Die keuze is belangrijke input voor uitvoer van de PlanMER en de MKBA. Op basis van de kosteneffectiviteitsanalyse ligt het voor de hand om voor de uitvoeringsoplossing herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen te kiezen.

8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

algemeen

De Oosterschelde is van oudsher een estuarium dat bestaat uit een systeem van dynamische geulen en intergetijde-gebieden met een dynamisch evenwicht. Na aanleg van de Deltawerken is er een wijziging opgetreden in de getijslag en stroomsnelheden, waardoor ook het dynamisch evenwicht is gewijzigd. Hierdoor is de balans tussen geulen en platen verstoord. De aard van de verstoring is dusdanig dat er meer erosie optreedt in de intergetijde-gebieden en dat er tegelijkertijd nauwelijks sedimentatie optreedt. Een dergelijke verschuiving leidt tot een structurele afname van de omvang van de intergetijde-gebieden.

De intergetijde-gebieden worden als ecologisch waardevolle gebieden beschouwd. Een afname van de omvang van de intergetijde-gebieden wordt dan ook als negatief beoordeeld. In het kader van de 'Verkenning zandhonger Oosterschelde' worden maatregelen voor het compenseren van het verlies aan intergetijdeareaal uitgewerkt en beoordeeld. Hierbij wordt gedacht aan het uitvoeren van suppleties en/of plaatverdedigingen.

Uitvoering van suppleties zal de grootste kostenpost zijn voor de oplossing van het zandhongerprobleem. Er is echter weinig inzicht in de effectiviteit, de uitvoerbaarheid en de kosten van grootschalige suppleties in de Oosterschelde. Om inzicht te verkrijgen in kosten en technische uitvoerbaarheid zijn in de voorliggende studie verschillende uitvoeringsoplossingen voor een aantal suppletievarianten opgesteld. Hiervan zijn vervolgens de kosten en de kosteneffectiviteit bepaald. Het resultaat van de deelstudie suppletie strategieën is een selectie van de meest realistische uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten.

intermezzo definities

Drie belangrijke begrippen die in deze studie veelvuldig worden gebruikt; 'suppletie strategieën', 'suppletievarianten' en 'uitvoeringsoplossingen' worden hieronder gedefinieerd en eventuele begripsverwarring te voorkomen.

Suppletie strategieën: de suppletie strategie gaat in op de oplossingsrichting van het zandhongerprobleem in de Oosterschelde aan de hand van zandsuppleties. Er zijn reeds twee strategieën vastgesteld:

- 'herstel en behoud': in termen van hoeveelheden en plaats wordt het intergetijdeareaal in 1990 hersteld en vervolgens onderhouden (behoud);
- 'optimalisatie en behoud': het intergetijdeareaal uit 1990 wordt hersteld maar de locaties wijken in plaats af van het areaalherstel van de situatie in 1990.

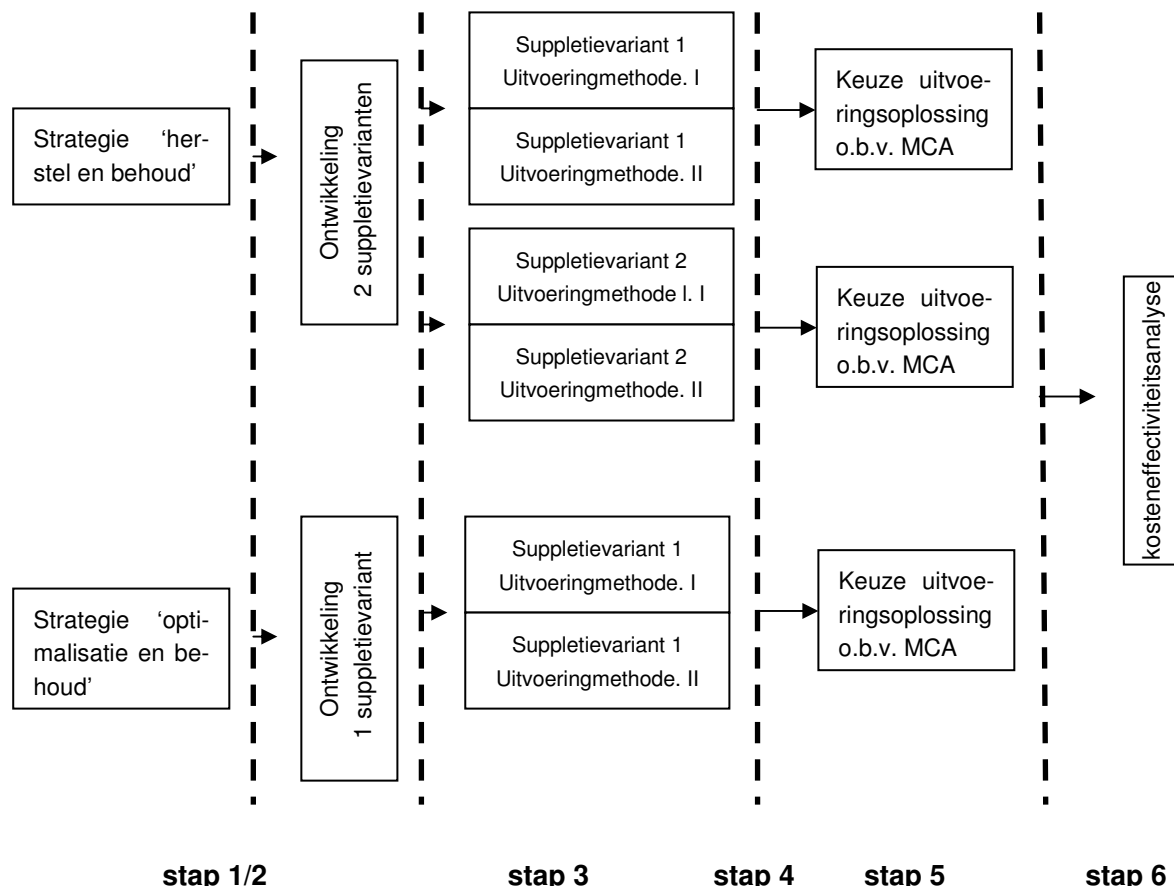
Suppletievarianten: een suppletievariant richt zich op het aspect tijd en fasering, en beschrijft **waar** precies, **hoe vaak** en in wat voor **laagdikte** (en daarmee **hoeveel** per suppletie) gesuppleerd gaat worden. De variabelen bij het ontwikkelen van suppletievarianten zijn dus (1) de ruimtelijke verdeling van de suppleties, (2) de fasering in aanleg en (3) de aanlegdikte.

Uitvoeringsoplossingen: de uitvoeringsoplossing beschrijft de aanlegmethode van suppleties voor een bepaalde suppletievariant. Een uitvoeringsoplossing beschrijft daarmee de **hoe**-vraag waarbij 1. de aanlegmethode en 2. de zandwinning (binnen of buiten het Oosterschelde systeem) als variabelen worden gezien.

aanpak

Voor het opstellen van de suppletie strategieën met bijbehorende uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten is de aanpak gehanteerd zoals weergegeven in afbeelding 8.1 (dit is een kopie van afbeelding 1.1). De doorlopen stappen worden toegelicht en per stap worden de resultaten uit deze studie weergegeven.

afbeelding 8.1. Stappenplan deelstudie suppletie strategieën



stap 1: opstellen randvoorwaarden voor uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten

Voor het ontwikkelen van de uitvoeringsoplossingen en suppletievarianten zijn de belangrijkste randvoorwaarden opgesteld betreffende vereiste suppletievolumes, wettelijke en beleidsmatige randvoorwaarden en beperkingen voor de uitvoering. De belangrijkste randvoorwaarden en uitgangspunten zijn als volgt samen te vatten:

- totaal te suppleren volume voor suppletie strategie 'herstel en behoud': 130 Mm³;
- totaal te suppleren volume voor suppletie strategie 'optimalisatie en behoud': 150 Mm³;
- werkperiode van 12 maanden/jaar;
- minimaal te suppleren laagdikte van 0,5 m;
- een gemiddelde periode tot ecologisch herstel na suppleren van 5 jaar;
- maximale uitvoeringsperiode van 80 jaar (2020-2100);
- het maximaal percentage intergetijdegebied dat op enig moment verstoord mag zijn, wordt zo klein mogelijk gehouden, omdat verstoring mogelijk snel kan leiden tot een bedreiging van de instandhoudingsdoelen voor vogels;
- de afmetingen van toegangskanalen, bruggen en sluizen zijn bepalend voor de maximale grootte van het materieel op de Oosterschelde. De route via Hansweert door het kanaal in Zuid-Beveland heeft de minst zware beperkingen;
- naast beperkingen langs de toegangsroutes tot de Oosterschelde wordt ook rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van de Zeelandbrug binnen het projectgebied. Voor schepen die niet onder de gesloten brug door kunnen varen is een wachttijd van 1,5 uur gehanteerd.

stap 2: ontwikkelen suppletievarianten

Uitgaande van de twee suppletie strategieën zijn er 3 suppletievarianten opgesteld.

Voor de suppletie strategie 'Herstel en behoud' zijn de volgende twee suppletievarianten opgesteld:

1. dekensuppletie: bij een dekensuppletie wordt de suppletie op 100 % van de plaat aangelegd;
2. reservoirsuppletie: bij een reservoirsuppletie wordt de suppletie in een patroon op een deel van de plaat aangebracht.

Binnen de strategie optimalisatie en behoud is enkel één suppletievariant uitgewerkt waarbij het evenwicht in de kom, een deelgebied in de Oosterschelde, lokaal wordt hersteld.

In onderstaande tabel zijn de gekozen suppletievarianten gegeven.

tabel 8.1. Overzicht van de suppletievarianten

parameter	reservoir	deken	kom
gesuppleerd deel plaat	50 %	100 %	100 %
verstoringpercentage	10 %	20 %	10 %
aantal fasen (aantal keren dat op een zelfde plaat wordt gesuppleerd)	2	2	var
laagdikte	~1,3 m	~0,65 m	~0,85 m(bestaand)
minimale uitvoeringsduur	50 jaar	50 jaar	40 jaar
suppletievolume per ronde	~13Mm ³	~13Mm ³	6 - 28 Mm ³

stap 3: onderzoek uitvoering

Er zijn zes zinvolle en relevante uitvoeringsmethoden opgesteld. Voor deze uitvoeringsmethoden is een raming van de kosten gemaakt die worden uitgedrukt in een kuubprijs van het zand. Vervolgens zijn voor iedere suppletievariant de drie meest economische uitvoeringsoplossingen vastgesteld. Een uitvoeringsoplossing is een combinatie van uitvoermethoden die wordt gehanteerd voor een suppletievariant. Het resultaat van stap 3 zijn in totaal 8 uitvoeringsoplossingen.

In onderstaande tabel is een overzicht van de kuubprijs van zand gegeven voor verschillende uitvoeringsmethoden, suppletievarianten, zandwingebied en suppletiezones.

tabel 8.2. Kuubprijs suppletiezand

	W van Zeelandbrug		Zeelandbrug tot Yerseke		O van Yerseke			
			Noordzeezand					
	deken	reservoir	deken	reservoir	deken	reservoir	kom	
I (hopper)	€ 11,4/m ³	€ 11,4/m ³	€ 14,7/m ³	€ 14,7/m ³	€ 16,9/m ³	€ 16,9/m ³	€ 15,9/m ³	
II. (cutter)	€ 14,4/m ³	€ 14,4/m ³	€ 15,9/m ³	€ 15,9/m ³	€ 16,4/m ³	€ 16,4/m ³	€ 16,1/m ³	
II* (cutter)	€ 12,1/m ³	€ 12,1/m ³	€ 13,5/m ³	€ 13,5/m ³	€ 14,1/m ³	€ 14,1/m ³	€ 13,7/m ³	
			Oosterscheldezand winput					
III (hopper)	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,5/m ³	€ 5,7/m ³	€ 5,7/m ³	€ 5,2/m ³	
IV (cutter)	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 8,6/m ³	€ 9,4/m ³	€ 9,4/m ³	€ 8,4/m ³	
			Oosterscheldezand zand uit geul					
V (cutter)	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 3,9/m ³	€ 4,1/m ³	€ 4,1/m ³	n.v.t.	

Het volgende is op basis van de berekende kuubprijzen geconcludeerd:

- de suppletie van Noordzeezand in het westelijk deel van de Oosterschelde kan het goedkoopst met sleephopperzuigers. In het oostelijke deel van de Oosterschelde en de kom is de oplossing met cutters het goedkoopst. Dat komt omdat er van uit wordt gegaan dat er geen walpersende sleephopperzuigers beschikbaar zullen zijn die onder de Zeelandbrug doorkunnen;

- de suppletie van Oosterscheldezand kan het goedkoopst met sleephopperzuigers omdat ervan uit wordt gegaan dat er geen zand moet getransporteerd worden tussen het oostelijke en westelijke deel van de Oosterschelde en er dus geen wachttijden voor de Zeelandbrug zijn;
- voor de suppletie van zand vanuit de geulen is gekozen voor een kleine cutterzuiger. Het verschil met een sleephopperzuiger is echter zo klein dat de keuze eerder zal afhangen van de afstand tussen win- en loszone (als de afstand kleiner is dan 3 km zal de cutterzuiger goedkoopst zijn).

Door de drie suppletievarianten (deken, reservoir en kom) uit te splitsen naar wingebed zijn er in beginsel 9 uitvoeringsoplossingen te definiëren. Voor iedere uitvoeringsoplossing is de meest economische uitvoeringsmethode geselecteerd. Een overzicht van de uitvoeringsoplossingen is gegeven in tabel 8.3.

tabel 8.3. Geselecteerde uitvoeringsoplossingen

uitvoeringsoplossing	suppletievariant	wingebed	meest economische uitvoeringsmethode
U.o.1	deken	Noordzee	I (ten W van ZLB) II* (ten O van ZLB)
U.o.2	deken	Oosterschelde – wingebed	III
U.o.3	deken	Oosterschelde – geulen	V
U.o.4	reservoir	Noordzee	I (ten W van ZLB) II* (ten O van ZLB)
U.o.5	reservoir	Oosterschelde – wingebed	III
U.o.6	reservoir	Oosterschelde – geulen	V
U.o.7	kom	Noordzee	II*
U.o.8	kom	Oosterschelde – wingebed	III

stap 4: selectie van 4 uitvoeringsoplossingen

De acht uitvoeringsoplossingen zijn kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria:

- natuur/ecologie in verband met doelmatigheid;
- uitvoeringscomplexiteit in verband met uitvoeringstechnische haalbaarheid;
- kostenraming;
- risico's en onzekerheden.

De volgende conclusies worden op basis van de beoordeling getrokken (hierbij wordt opgemerkt dat de eerste twee bevindingen betrekking hebben op het wingebed en de laatste twee bevindingen op suppletievarianten):

1. zandwingebed Noordzee scoort op alle criteria (met afstand) het minste;
2. zandwinning uit de geulen scoort voor alle criteria beter dan een zandwinning uit een winput, maar de verschillen zijn klein;
3. suppletievariant 'reservoir' scoort beter voor de effecten op de natuur, maar heeft meer onzekerheden dan suppletievariant 'deken'. Voor de criteria 'uitvoeringscomplexiteit' en prijs scoren 'reservoir' en 'deken' gelijk.
4. suppletievariant 'kom' heeft een lagere score voor de uitvoeringscomplexiteit en voor de effecten op de natuur.

De volgende 4 uitvoeringsoplossingen zijn op basis van de beoordeling geselecteerd:

Suppletie strategie 'herstel en behoud':

- 1^o voorkeur: suppletievariant reservoir met zandwinning uit de geulen in de Oosterschelde middels uitvoermethode V;
- 2^o voorkeur: suppletievariant deken met zandwinning uit een winput in de Oosterschelde middels uitvoermethode III.

Suppletie strategie 'optimalisatie en behoud':

- 1^e voorkeur: zandwinning uit een winput in de Oosterschelde middels uitvoermethode III;
- 2^e voorkeur: zandwinning uit de Noordzee middels uitvoermethode II*.

Deze laatste variant is ondanks de slechte score op alle criteria in stap 4 wel beoordeeld in de MCA (stap 5), maar niet in de kosteneffectiviteitsanalyse (stap 6): winning uit de Noordzee is significant duurder dan winning binnen de Oosterschelde en de betere score van winning uit de Noordzee op enkele criteria in de MCA wegen niet op tegen het grote prijsverschil. Daarom valt deze variant af na de MCA.

stap 5: MCA omgevingseffecten uitvoeringsoplossingen

De omgevingseffecten zijn middels een MCA in een werksessie met Rijkswaterstaat beoordeeld op basis van een kwalitatieve analyse van de verwachte effecten van de uitvoeringsoplossingen. Van de in de MCA beoordeelde aspecten is het effect op de mossel- en oesterkweek het grootste en belangrijkste. Bij de suppletievariant 'kom' zal de oesterteelt in het geheel verdwijnen. De mosselpercelen liggen van oudsher op de randen van de platen. Door de suppleties op de platen wordt de mosselkweek verstoord.

stap 6: kosteneffectiviteitsanalyse

Tot slot zijn de drie overgebleven combinaties suppletie strategieën/uitvoeringsoplossing middels een kosteneffectiviteitsanalyse met elkaar vergeleken.

Uiteindelijk blijkt de strategie herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen de meest (kosten) effectieve methode om de suppleties uit te voeren. Dit komt doordat herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen zowel de hoogste ecologische score als ook de laagste maatschappelijke kosten heeft. Er zijn binnen de kosteneffectiviteitsanalyse noodzakelijkerwijs aannames gedaan om de effecten te bepalen. Deze aannames hebben echter geen invloed op de rangorde van de uitkomst. De voorkeur voor herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen is een robuuste uitkomst.

Op basis van de kosteneffectiviteitsanalyse bestaat een voorkeur voor de strategie herstel en behoud via reservoirsuppletie uit de geulen. De voorkeur van de uitvoeringsoplossing is input voor de ANT-studie, de PlanMER en de MKBA binnen de MIRT-verkenning.

Kennishiaten en aandachtspunten

In de studie is een aantal belangrijke aannames gedaan. Deze aannames zijn gedaan om de studie te kunnen uitvoeren. Er is echter een aantal kennishiaten. Nader onderzoek naar de kennishiaten kan een wijziging in de aannames/uitgangspunten en eventueel leiden tot andere conclusies betreffende de te kiezen uitvoeringsoplossing. De belangrijkste kennishiaten zijn op dit moment:

- de beschikbaarheid van zand in de geulen/winput;
- effect dikte suppletie laag op den duur van herstel foerageerhabitat, kwaliteit van het foerageergebied en de erosiesnelheid.

Daarnaast zijn er een aantal algemene aandachtspunten met betrekking tot de methode en enkele uitgangspunten die in deze studie zijn gehanteerd. De belangrijkste aandachtspunten voor de volgende fase zijn:

- voor deze studie is bij het opstellen van alle suppletievarianten uitgegaan van een gemiddelde periode tot ecologisch herstel van 5 jaar. De verwachting is dat voor een grotere laagdikte en een kleiner suppletieareaal (zoals het geval bij de suppletievariant 'reservoir') een aanzienlijke langere periode geldt. Dit komt onder andere doordat bij een grotere laagdikte en kleiner suppletieareaal de helling aan de plaatranden steiler is waardoor een te goede ontwatering plaatsvindt wat een slechte rekolonisatie ten gevolge heeft. Een langere rekolonisatietijd heeft een groot effect op het verstoringpercentage. Aanbevolen wordt om dit aspect mee te nemen bij het vaststellen van de alternatieven binnen de MIRT-verkenning. Het maken van onderscheid in de ecologische hersteltijd voor

de verschillende suppletievarianten kan de conclusie betreffende de te kiezen uitvoeringsoplossing beïnvloeden;

- in deze studie is voor het opstellen van suppletievarianten uitgegaan van een eenmalige suppletie in vijf jaar. Hierdoor kan binnen een tijdsperiode van vijf jaar (i.e. één suppletieronde) het verstoringpercentage sterk fluctueren. Een alternatief zou zijn om in de tijdsperiode van vijf jaar doorlopend te suppleren in kleiner gemiddelde hoeveelheden waardoor een gelijkmatiger verstoring en daarmee een constanter verstoringpercentage wordt verkregen. Een gelijkmatige verstoring kan ecologisch gezien beter zijn dan een in tijd en intensiteit variërende verstoring omdat dan het voedselaanbod beter door de vogels kan worden ingeschat. Daarnaast is bij een doorlopende suppletie de maximale verstoring relatief minder groot. Dit alternatief op de uitgewerkte suppletievariant is een optimalisatieslag waarvan wordt voorgesteld om deze in een volgende onderzoeksfase te maken;
- effect van de vorm van de suppletie op kwaliteit foerageergebied. Voorbeeld: tussen de bolletjes-suppletie liggen smalle stroken van orde grootte 200 m; het effect van het relatief lagere gedeelte op de aantrekkelijkheid voor vogels die daar mogelijk slecht uitzicht hebben is in deze studie niet meegenomen.

9. REFERENTIES

1. Deltares, verslag Mini workshop Suppletie strategieën Oosterschelde op 28 september 2009, datum verslag: 27 oktober 2009.
2. Studie Haskoning: robuuste dijken.
3. Boudewijn, T.J. & P.W. van Horssen, 2010. Openstellen onderhoudswegen Oosterschelde en Westerschelde. Effecten op overtijdende en foeragerende steltlopers. Rapport 10-105. Bureau Waardenburg, Culemborg.
4. Holzhauer, H., J. van der Werf, J. Dijkstra & R. Morelisse, april 2010. Tweede evaluatie proefsuppletie Galgeplaat. Morfologische en ecologische ontwikkelingen, 15 maanden na aanleg. Deltares concept rapport, Delft.
5. Schekkerman, H., P.L. Meininger & P.M. Meire. Changes in the waterbird populations of the Oosterschelde (SW Netherlands) as a result of large-scale coastal engineering works. *Hydrobiologia* 282/283: 509-524.
6. Blom (2007). Robuuste dijken in de Oosterschelde, ondanks de zandhonger. Een verkenning van alternatieven voor klassieke versterking, RIKZ.
7. Breed overleg Deltawateren (2004). Watersport in het Deltagebied, integrale recreatievisie Deltawateren.
8. Buter, et al, 2007. MKBA Verkenning Zandhonger, Rotterdam.
9. CBS, 2006. www.cbs.nl. CBS dagtochtenonderzoek.
10. Kuik, O.J. (1991) Benefits of the salvage industry to the southern North sea, Institute for Environmental Studie , Amsterdam.
11. POSAD (2009). Atlas van de Zuidwestelijke delta. Uitgevoerd door Stedenbouwkundig Ontwerp bureau POSAD in opdracht van programmabureau Zuidwestelijke Delta, Nijkerk.

BIJLAGE I Resultaten Multi-Criteria-Analyse

suppletiestrategie				herstel en behoud	herstel en behoud	optimalisatie en behoud	optimalisatie en behoud	
suppletievariantsvariant				reservoir	deken	kom	kom	
wingebied				geulen	winput	winput	Noordzee	
No.	onderwerp	toetsingscriterium	aspect					opmerkingen/toelichting
2	morfologie	herstellen zandbalans Oosterschelde	natuurlijk dynamisch systeem mogelijk	0	0	+	++	Bij zand afkomstig van buiten het systeem wordt werkelijk bijgedragen aan het herstellen van de zandbalans.
3		ontwikkeling bodem	ontwikkeling geulen	-	-	0	++	De geulen worden dieper/ ondieper ten opzichte van autonome situatie.
4			ontwikkeling platen	++	++	++	++	De suppleties dragen bij aan een positieve ontwikkeling van de platen.
5			Verandering karakteristieken bodemmateriaal	+	0	0	-	Zand uit de geulen geeft geen verandering van de karakteristieken; zand uit een winput kan uit een diepere laag komen en daarom andere karakteristieken geven; zand uit de Noordzee wijkt het meest af en zal daarom de grootste verandering geven.
7	veiligheid	primaire waterkeringen	effect op veiligheidsniveau (belastingniveau) primaire waterkeringen	+	+	0	0	Herstel en behoud: door de suppleties zal de golfaanval op de dijken kleiner zijn ten opzichte van autonome situatie. Optimalisatie en behoud: In de kom wordt de golfaanval kleiner. In 46 % van gevallen waar de golfbelasting te groot wordt in de rest van OS is een veiligheidsuppletie geen optie en zal de dijk moeten worden versterkt.
8		robuust ontwerp	uitbreidbaar/flexibel	+	+	+	+	Geen onderscheid.
9			gevoeligheid wijziging uitgangspunten veiligheidsnorm	0	0	0	0	Suppleties dragen niet bij aan waterkerend vermogen bij aanscherping veiligheidsniveau.
11			concept toepasbaar situatie tot 2100	+	+	-	-	Beheer en behoud: toepasbaar tot 2100; Optimalisatie en behoud: het is onzeker hoeveel intergetijdegebied er buiten de kom behouden blijft tot 2100.
12		complexiteit	zekerheid ten aanzien van werking/effectiviteit	0	+	-	-	- 'reservoir' heeft een aantal onzekerheden; - 'deken' weinig onzekerheden; - 'kom': morfologisch gedrag van suppleties in de kom (op lange termijn) onbekend.
23	recreatie	watersport	hinder	0	0	-	-	Kom: verlies van vaarwater en in de kom 'rondje om de plaat' niet meer mogelijk.
24			beleving	+	+	+	+	Ten opzichte van autonome situatie wordt het overal beter. Verlies aan vaarwater in de kom wordt gecompenseerd door natuur.

25		duiken	hinder	0	0	0	0	Geen duikers op de platen.
26		sportvissen		0	0	0	0	Autonome situatie:pieren steken niet meer mogelijk (beperkte invloed). Sportvissers niet op platen.
27		strand/ wal	mogelijkheden	0	0	+	+	In variant 'kom' geven de veiligheidssuppleties mogelijkheid tot strandrecreatie.
28			beleving	+	++	+	+	ten opzichte van autonoom verbetering van de beleving: resevoir: hoge suppleties kunnen als onnatuurlijk worden ervaren; kom: alleen verbetering in de kom, en daar komen relatief de minste menen.
29		vogelaars	mogelijkheden	+	+	+(+)	+(+)	Ten opzichte van autonoom verbetering. kom: groter intergetijdegebied is aantrekkelijker.
30		fietser	hinder (verstuing)	0	0	-	-	Kom:veiligheidssuppleties kunnen verstuing geven waar fietsers op de dijk last van kunnen krijgen.
43	landschap	ruimtelijke vorm / kwaliteit	beleving	+	++	+	+	Ten opzichte van autonoom verbetering van de beleving. resevoir: hoge suppleties kunnen als onnatuurlijk worden ervaren; kom: alleen verbetering in de kom, en daar komen relatief de minste menen.
49	cultuur-historie	historische geografie	leesbaarheid	+	+	-	-	Beheer en behoud: positief ten opzichte van autonome situatie; kom: er gaat een groot gebied verloren.
50		archeologie	archeologische waarden	0	0	0	0	Ligging van wrakken etc. zijn bekend en zullen niet worden aangetast.
51	woon- en leefmilieu							
52		overlast	bouwverkeer	0	0	0	0	Geen directe omwonenden => geen effect van vaarbewegingen.
53			stuifzand	0	0	0	0	Geen invloed.
55			Koolstofvastlegging	+	+	+	+	Geen onderscheid.
56			mate van CO2 emissie bij aanleg	-	-	-	--	Noordzee: verdere vaarafstand.
59		regionale economie	aantal arbeidsplaatsen	0	0	+	+	Beheer en behoud: weinig invloed op regionale economie; kom: impuls voor strandrecreatie door de veiligheidssuppleties.
68	scheepvaart	hinder	interventie scheepvaart door uitvoering	0	0	0	0	Weinig effect door brede vaargeul en relatief hoge vaarwegcapaciteit. Mede op basis van ervaring Galgeplaat.
72	complexiteit procedures	inpasbaarheid	inpasbaarheid in natuurbeschermings- en vigerende ruimtelijk regime	+	+	-	-	Optimalisatie': mogelijke problemen voor natuurwetgeving omdat er ook natuur verloren gaat.
73		draagvlak	hinder voor grondeigenaren of exploitanten	-/--	0	--	--	Beperkt draagvlak door negatieve effecten op de visserij: zie visserij.

75		complexiteit	samenvang verschillende procedures en betrokken bestuursorganen	0	0	-	-	Verhoogde complexiteit door negatieve effecten op de visserij: zie visserij.
76	visserij		kreeftenweek	0	0	0	0	Geen effect.
77			oesterkweek	0	0	--	--	Oesterkweek alleen in 'kom', de oesterkweek zal hier moeten verdwijnen.
78			platvis	0	0	0	0	Geen effect.
79			mossel	-	0/-	--	--	In elke variant is er overlast voor de mosselteelt.