



Port of
Rotterdam

PROJECTORGANISATIE

MAASVLAKTE

2

AANLEG

Milieueffectrapport

BIJLAGE KUST EN ZEE



Documenttitel Milieueffectrapport Aanleg Maasvlakte 2
Bijlage Kust en Zee
Verkorte documenttitel MER Aanleg - Bijlage Kust en Zee
Datum 5 april 2007
Projectnummer 9P7008.A5/Kust en Zee
Referentie 9P7008.A5/Kust en Zee/R005/MVLED/Nijm

Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Projectorganisatie Maasvlakte 2
Dhr. R. Paul
Directeur Projectorganisatie Maasvlakte 2

Projectleider drs. P.W. van der Zee

Auteur(s) dr.ir. M. van Ledden, ir. C.O.G. van Haselen,
ir. W. de Jong

Milieueffectrapport

BIJLAGE KUST EN ZEE

Handtekening drs. P.W. van der Zee
Projectleider

Handtekening Dhr. R. Paul
Directeur Projectorganisatie Maasvlakte 2

Collegiale toets dr. P.J.T. Dankers
Datum/paraaf 5 april 2007

Vrijgegeven door ir. M. van Zanten
Datum/paraaf 5 april 2007



Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Projectorganisatie Maasvlakte 2
Postbus 6622
3002 AP Rotterdam
Nederland
T +31 (0)10 252 1111
F +31 (0)10 252 1100
E infomv2@portofrotterdam.com
W www.portofrotterdam.com
W www.maasvlakte2.com



Royal Haskoning ruimtelijke ontwikkeling
Barbarossastraat 35
Nijmegen
Postbus 151, 6500 AD Nijmegen
T +31 (0)24 252 1111
www.royalhaskoning.com

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 TOETSEN EN VERGELIJKEN	5
2.1 Toetsingskader	5
2.1.1 Beleid, wet- en regelgeving	5
2.1.2 MER PMR	6
2.2 Beoordelingskader	7
2.2.1 Kustlijnhandhaving	8
2.2.2 Kustveiligheid	8
2.2.3 Zoutnevel	9
2.2.4 Waterbeweging	9
2.2.5 Transportprocessen	9
2.2.6 Geomorfologie	10
2.2.7 Geologie en bodemopbouw	10
2.2.8 Antropogene bodemberoering	10
2.3 Waarderingssystematiek	10
2.3.1 Kustlijnhandhaving	12
2.3.2 Kustveiligheid	13
2.3.3 Onderhoudsbaggerwerk	13
3 ALTERNATIEVEN LANDAANWINNING	15
3.1 Referentiealternatieven MER PMR	15
3.2 Ontwikkeling alternatieven landaanwinning	16
3.3 Basisalternatief (BA) en Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)	16
3.4 Ontwikkeling alternatieven landaanwinning	18
3.5 Basisalternatief (BA) en Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)	19
4 ALTERNATIEVEN ZANDWINNING	21
4.1 Ontwikkeling alternatieven zandwinning	21
4.2 Inrichting	21
4.3 Locatie	21
4.4 Uitvoering	22
4.5 Vijf zandwinscenario's voor de eerste fase (2008-2013)	23
4.6 Scenario voor de resterende zandwinning ná 2013	23
5 AANPAK EFFECTBESCHRIJVING	25
5.1 Studiegebied en tijdhorizon	25
5.2 Uitgangspunten en aannames	29
5.3 Gebruikte modellen	30
5.4 Afstemming met kenniscentra/deskundigen	34
6 KUSTLIJNHANDHAVING	37
6.1 Inleiding	37
6.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	37
6.2.1 Huidige situatie	37
6.2.2 Autonome ontwikkelingen	39
6.3 Effecten landaanwinning	40

6.3.1	Overzicht effecten	40
6.3.2	Toelichting op effecten	41
6.4	Effecten zandwinning	45
6.4.1	Overzicht effecten	45
6.4.2	Toelichting op effecten	45
7	KUSTVEILIGHEID	47
7.1	Inleiding	47
7.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	48
7.2.1	Huidige situatie	48
7.2.2	Autonome ontwikkelingen	50
7.3	Effecten landaanwinning	51
7.3.1	Overzicht effecten	51
7.3.2	Toelichting op effecten	52
7.4	Effecten zandwinning	54
7.4.1	Overzicht effecten	54
7.4.2	Toelichting op effecten	55
8	ZOUTNEVEL	57
8.1	Inleiding	57
8.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	57
8.2.1	Huidige situatie	57
8.2.2	Autonome ontwikkelingen	58
8.3	Effecten landaanwinning	59
8.3.1	Overzicht effecten	59
8.3.2	Toelichting op effecten	59
8.4	Effecten zandwinning	62
8.4.1	Overzicht effecten	62
8.4.2	Toelichting op effecten	62
9	WATERBEWEGING	63
9.1	Inleiding	63
9.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	63
9.2.1	Huidige situatie	63
9.2.2	Autonome ontwikkelingen	67
9.3	Effecten landaanwinning	67
9.3.1	Overzicht effecten	67
9.3.2	Toelichting op effecten	68
9.4	Effecten zandwinning	79
9.4.1	Overzicht effecten	79
9.4.2	Toelichting op effecten	79
10	TRANSPORTPROCESSEN	85
10.1	Inleiding	85
10.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	85
10.2.1	Huidige situatie	85
10.2.2	Autonome ontwikkelingen	88
10.3	Effecten landaanwinning	88
10.3.1	Overzicht effecten	88
10.3.2	Toelichting op effecten	89
10.4	Effecten zandwinning	98

10.4.1	Overzicht effecten	98
10.4.2	Toelichting op effecten	99
11	BODEMRELIEF, AARDKUNDIGE WAARDEN EN STABILITEIT	111
11.1	Inleiding	111
11.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	111
11.2.1	Huidige situatie	111
11.2.2	Autonome ontwikkelingen	117
11.3	Effecten landaanwinning	118
11.3.1	Overzicht effecten	118
11.3.2	Toelichting op effecten	118
11.4	Effecten zandwinning	130
11.4.1	Overzicht effecten	130
11.4.2	Toelichting op effecten	130
12	GEOLOGIE EN BODEMOPBOUW	133
12.1	Inleiding	133
12.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	133
12.2.1	Huidige situatie	133
12.2.2	Autonome ontwikkelingen	139
12.3	Effecten landaanwinning	139
12.3.1	Overzicht effecten	139
12.3.2	Toelichting op effecten	140
12.4	Effecten zandwinning	140
12.4.1	Overzicht effecten	140
12.4.2	Toelichting op effecten	141
13	ANTROPOGENE BODEMEROERING	145
13.1	Inleiding	145
13.2	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	145
13.2.1	Huidige situatie	145
13.2.2	Autonome ontwikkelingen	148
13.3	Effecten landaanwinning	149
13.3.1	Overzicht effecten	149
13.3.2	Toelichting op effecten	150
13.4	Effecten zandwinning	157
13.4.1	Overzicht effecten	157
13.4.2	Toelichting op effecten	157
14	EFFECTBESCHRIJVING SCENARIO S1C	161
14.1	Inleiding	161
14.2	Transportprocessen	162
14.2.1	Overzicht effecten transportprocessen	162
14.2.2	Effecten	163
14.3	Onderhoudsbaggerwerk	166
14.3.1	Overzicht effecten	166
14.4	Effectbepaling Fase 2	167
15	TOETSING	169
15.1	Toetsing aan wet- en regelgeving en beleid	169
15.2	Toetsing aan MER PMR	170

ANNEXEN

Annex 1	Literatuur
Annex 2	Begrippenlijst
Annex 3	Uitgangspunten Modellerings Zandwinning

Nieuw haven- en industrieterrein voor deepsea gebonden bedrijven

Maasvlakte 2 is een nieuw haven- en industrieterrein, op een landaanwinning die aansluitend op de bestaande Maasvlakte gerealiseerd zal gaan worden. Deze landaanwinning bestaat uit een zeewering en een daarbinnen gelegen gebied met havens en terreinen. Het zand dat nodig is voor de aanleg van de zeewering en de terreinen wordt voor het overgrote deel gewonnen op de Noordzee.

Maasvlakte 2 gaat plaats bieden aan bedrijven die relatief grote terreinen nodig hebben in de onmiddellijke nabijheid van een diepe zeehaven. Het gaat daarbij vooral om bedrijven die zich toeleggen op grootschalige opslag en overslag van containers, en om bepaalde sectoren van de chemische industrie. Dergelijke deepsea gebonden bedrijvigheid – een van de pijlers van de Rotterdamse haven – heeft in de afgelopen decennia een gestage groei gekend en zal in de komende periode blijven groeien. Voor uitbreidingen en nieuwe vestigingen van de deepsea gebonden bedrijven bestaat in het bestaande Rotterdamse havengebied echter een tekort aan ruimte. Wil de Rotterdamse haven ook in de toekomst slagvaardig kunnen blijven opereren, dan is voldoende nieuwe ruimte voor deepsea gebonden bedrijven noodzakelijk. De aanleg van Maasvlakte 2 voorziet hierin.

Maasvlakte 2 wordt gefaseerd aangelegd. De planning is erop gericht in 2008 met de werkzaamheden te starten. In de eerste fase, die tot uiterlijk in 2013 duurt, wordt de zeewering gebouwd en worden de eerste terreinen en bijbehorende havenfaciliteiten van het binnengebied gereed gemaakt. Naar verwachting kunnen de eerste bedrijven vanaf 2013 operationeel zijn op Maasvlakte 2. De verdere invulling volgt in de periode na 2013; het tempo daarvan is afhankelijk van marktontwikkelingen. In de eindsituatie is er circa 1.000 ha nieuw ('netto uitgeefbaar') haven- en industrieterrein gerealiseerd op Maasvlakte 2. Daarnaast wordt circa 960 ha in beslag genomen door het havenbassin, de zeewering, de droge infrastructuur en overige voorzieningen. Alles bijeengenomen krijgt Maasvlakte 2 een 'bruto' omvang van circa 1.960 ha. Figuur 1.1 geeft een impressie van hoe Maasvlakte 2 eruit zou kunnen zien wanneer de aanlegwerkzaamheden zijn afgerond en alle beschikbare terreinen zijn uitgegeven.

Figuur 1.1: Impressie Maasvlakte 2



Op weg naar besluiten over aanleg en bestemming

Maasvlakte 2 is een groot project. Met de aanleg zijn aanzienlijke investeringen gemoeid. De aanlegwerkzaamheden zelf, de aanwezigheid van de landaanwinning en de activiteiten van de bedrijven die zich er gaan vestigen, hebben bovendien uiteenlopende gevolgen, die in een aantal gevallen ook een groot gebied zullen gaan bestrijken. Aan de realisatie van dit project gaat daarom een zorgvuldige voorbereiding vooraf: met uitgebreid onderzoek, consultatie van tal van betrokken partijen en verschillende besluitvormingsprocedures.

Een groot deel van deze voorbereiding is inmiddels achter de rug. Het kader hiervoor is de Planologische Kernbeslissing (PKB) voor het Project Mainportontwikkeling Rotterdam, waarvan Maasvlakte 2 onderdeel uitmaakt. Deze PKB wordt toegelicht in hoofdstuk 1 van het hoofdrapport. Daarmee wordt tegelijkertijd beschreven wat het vertrekpunt is voor de twee vervolgstappen die nu aan de orde zijn:

- de concrete uitwerking van de aanleg (ontwerp en uitvoering) van Maasvlakte 2 en de daartoe noodzakelijke zandwinning;
- het opstellen van een bestemmingsplan dat als ruimtelijke leidraad gaat dienen voor de activiteiten die op Maasvlakte 2 mogen gaan plaatsvinden.

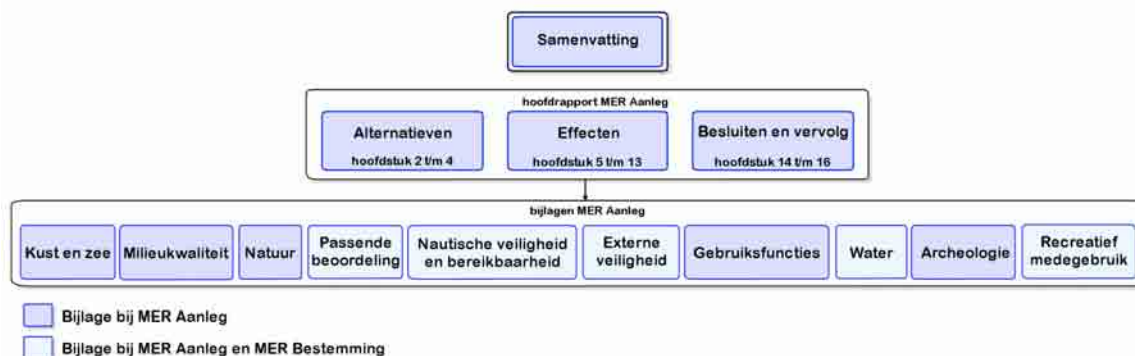
Bij beide stappen is een belangrijke rol weggelegd voor milieueffectrapportages. Deze milieueffectrapportages maken inzichtelijk wat de relevante alternatieven en effecten zijn van respectievelijk 'aanleg' en 'bestemming' van Maasvlakte 2. Het onderzoek is recent afgerond en de resultaten ervan zijn gebundeld in twee aparte milieueffectrapporten (MER-en):

- MER Aanleg Maasvlakte 2;
- MER Bestemming Maasvlakte 2.

Ten behoeve van zowel het MER Aanleg als het MER Bestemming is een aantal bijlagen opgesteld. Het doel van deze bijlagen is om een zo volledig mogelijk overzicht te bieden van informatie over een bepaald thema. Daardoor fungeren ze als basis en

brondocument voor de hoofdtekst van het MER Aanleg en MER Bestemming. Een overzicht van de documenten waaruit het MER Aanleg is opgebouwd, is weergegeven in figuur 1.2.

Figuur 1.2: Plaats van deze bijlage binnen het MER Aanleg Maasvlakte 2



Er zijn bijlagen opgesteld voor de volgende thema's:

- Kust en Zee.
- Milieukwaliteit.
- Natuur.
- Gebruiksfuncties.
- Archeologie.
- Nautische veiligheid en bereikbaarheid (Bijlage bij MER Aanleg en MER Bestemming).
- Externe veiligheid (Bijlage bij MER Aanleg en MER Bestemming).
- Water (Bijlage bij MER Aanleg en MER Bestemming).
- Recreatief medegebruik (Bijlage bij MER Aanleg en MER Bestemming).

Voorliggende bijlage heeft betrekking op het thema Kust en Zee.

2 TOETSEN EN VERGELIJKEN

2.1 Toetsingskader

2.1.1 Beleid, wet- en regelgeving

Hieronder is samengevat welk beleid, wet- en regelgeving bij het thema Kust en Zee relevant is.

Wet op de Waterkering

De Wet op de Waterkering geeft voor ieder dijkkringgebied en voor de verbindende waterkeringen een maatgevende overschrijdingsfrequentie van de waterstand die moet worden gekeerd [7]. De Delflandse kust (inclusief de waterkering langs de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal), de Maeslantkering en de Hartelkering moeten voldoen aan een veiligheidsnorm van 1/10.000 per jaar (dijkring 14 Zuid-Holland). Voor de primaire waterkering langs Oostvoorne, Goeree en het Hartelkanaal en de Haringvlietdam (dijring 20 Voorne Putten en dijkring 25 Goeree-Overflakkee) geldt 1/4.000 per jaar. Voor de bestaande Maasvlakte geldt als buitendijks gelegen gebied geen wettelijke norm voor overstroming.

Nota Ruimte 2004, deel 3 [4]

In de Nota Ruimte is omschreven dat het Rijk zorgdraagt voor de realisatie van een duurzame **veiligheid** tegen overstromingen vanuit zee en dat in het kustfundament voldoende ruimte beschikbaar is en blijft voor versterking van de zeewering.

Met betrekking tot **kustlijnhandhaving** legt de Nota Ruimte 2004, deel 3 het accent op het behoud en de ontwikkeling van de veerkracht en de natuurlijke dynamiek van het zandige kuststelsel. De bestaande zandvoorraden en het dynamische karakter in de kustzone moet behouden worden, met respect voor morfologische processen binnen het kuststelsel.

Integraal Beheerplan Noordzee 2015 [5]

Het IBN 2015 beschrijft het totale beleid in samenhang en schetst de ruimte voor nieuwe initiatieven zoals bedoeld in de Nota Ruimte. Het IBN 2015 bevat een integraal afwegingskader voor de gehele Noordzee, dat geldt voor alle vergunningsplichtige activiteiten, ook voor verlenging en uitbreiding van bestaande activiteiten.

Kustnota's [53, 45, 4]

Sinds 1990 wordt voor het beheer van de kustlijn het principe van dynamisch handhaven gebruikt. Daarbij wordt de kust op zijn plaats gehouden met behulp van periodieke zandsuppleties op de ligging van 1990, de zogenaamde Basiskustlijn (BKL). In de Tweede Kustnota is naast het handhaven van de BKL-zone het streven toegevoegd dat het kuststelsel als geheel niet structureel zand mag verliezen. Dit legt beperkingen op aan het gebruik van zand uit deze zone voor andere doeleinden dan kustonderhoud.

De Derde Kustnota benadrukt de voorkeur van zachte oplossingen voor de kustverdediging boven harde oplossingen ("zacht waar het kan, hard waar het moet"). Tevens zijn indicatieve zoekgebieden aangewezen waarin ruimte wordt gereserveerd voor toekomstige dijk- en duinversterkingen ("zwakke schakels").

Regionaal Ontgrondingsplan Noordzee 2 [23]

RON 2 schrijft ten aanzien van kustveiligheid dat winning van delfstoffen op een zodanige afstand van de kust moet plaatsvinden dat de veiligheid van de waterkering niet in gevaar wordt gebracht. RON2 stelt ook additionele eisen (o.a. MER-plicht) indien de ontgrondingsdiepte meer is dan 2 m en/of meer dan 10 miljoen m³ zand wordt gewonnen.

Stappenplan Noordzee

Het afwegingskader voor de Noordzee, ook wel het Stappenplan Noordzee genoemd [zie Nota Ruimte, 2004], ***“schrijft voor dat getoetst wordt of er verstoring van de ‘natuurlijke processen’ optreedt. Deze toetsing wordt gedaan op basis van een kwalitatieve beoordeling”.***

Wet verontreiniging zeewater

“De Wet verontreiniging zeewater uit 1977 stelt regels ter voorkoming van verontreiniging van de zee tengevolge van het lozen (storten) van afvalstoffen, verontreinigende en schadelijke stoffen door vaartuigen, lucht(kussen)vaartuigen of installaties”.

Nota's Waterhuishouding

“In de 2^e Nota Waterhuishouding uit 1984 is opgenomen dat ingrepen in het Noordelijk Deltabekken niet mogen leiden tot vergroting van de zoutindringing. Een (lokale) verslechtering zou alleen geaccepteerd kunnen worden als de zoutindringing, integraal beschouwd, verbetering ondergaat. In de 3^e en 4^e Nota wordt dit beleid geplaatst in een bredere belangenafweging die eigen is aan integraal waterbeheer”.

2.1.2

MER PMR

In het PKB Mainport ontwikkeling Rotterdam is als beleidsbeslissing van wezenlijk belang opgenomen dat de negatieve milieueffecten van het uiteindelijke ontwerp voortvloeiend uit het projectenspoor kleiner moeten zijn dan (of gelijk zijn aan) de milieueffecten van de twee referentieontwerpen, zoals geïnterpreteerd in het MER. Dit betekent dat de effecten worden vergeleken met de effecten zoals ze bepaald zijn in het MER PMR (zie vergelijkingskader voor een uitwerking van de criteria en meeteenheden waarmee de effecten zijn bepaald).

In het MER PMR zijn de effecten op de kustlijnhandhaving, kustveiligheid en onderhoudsbaggerwerk beoordeeld bij het thema Kust en Zee [22]. De beoordeling uit MER PMR is weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Effecten Kust en Zee uit MER PMR [22]

Aspecten	Referentieontwerp I	Referentieontwerp II
Kustlijnhandhaving	-	-
Kustveiligheid	0	0
Onderhoudsbaggerwerk	+	-

2.2 Beoordelingskader

Om de alternatieven van de landaanwinning en de zandwinning te vergelijken wordt hetzelfde beoordelingskader gehanteerd. Dit beoordelingskader wordt voor het thema 'Kust' op de volgende aspecten toegepast:

- Kustlijnhandhaving.
- Kustveiligheid.
- Zoutnevel.

In de onderstaande tabel zijn de verschillende aspecten opgesomd inclusief het beoordelingscriterium en de meeteenheid.

Tabel 2.2: Beoordelingskader thema Kust

Aspect	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Kustlijnhandhaving	Toe- en afname kustonderhoud (basiskustlijn).	[m ³ /jaar]
Kustveiligheid	Lengte zeewering waarover versterkingswerken nodig zijn of waarover de reserve aan veiligheid juist toeneemt	[km]
	Inundatiekans landaanwinning	[1/jaar]
	Invloed op seiches in havengebied	[cm]
Zoutnevel	Veranderingen in de hoeveelheid zoutnevel die de kust bereikt.	[µg/m ² /s]

Het beoordelingskader wordt voor het thema 'Zee' op de volgende aspecten toegepast:

- Waterbeweging.
- Transportprocessen.
- Geomorfologie.
- Geologische opbouw en bodemsamenstelling.
- Antropogene bodemberoering.

In de onderstaande tabel zijn de verschillende aspecten opgesomd inclusief het beoordelingscriterium en de meeteenheid.

Tabel 2.3: Beoordelingskader thema Zee

Aspect	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Waterbeweging	Toe- of afname getijslag.	[cm]
	Toe- of afname stroomsnelheden.	[m/s]
	Toe- of afname golfhoogte.	[m]
	Toe- of afname zoutgehalte.	[g/l]
	Waterkwaliteit	Kwalitatieve waardering
Transportprocessen	Beïnvloeding van zandtransport langs de kust.	[m ³ /jaar]
	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibtransporten langs de Nederlandse kust.	[mg/l en miljoen ton/jaar]
Geomorfologie	Bodemreliëf: Verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen zoals platen, geulen, slikken, ondiepten en nat strand.	[ha]
	Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken.	[ha]
	Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks.	[ha]
Geologie en bodemopbouw	Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.	[ha en m]
	Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling (korrelgrootte, percentage slib).	[ha en %]
Antropogene bodemberoering	Bodemoppervlak bij landaanwinning (incl. suppletiegebied).	[ha]
	Bodemoppervlak en volume baggeren bij zandwinning.	[ha en m ³]
	Onderhoudsbaggerwerk.	[% toe- of afname]

2.2.1 Kustlijnhandhaving

Landaanwinning en zandwinning kunnen invloed hebben op de ligging van de bestaande kustlijn en daardoor op het kustonderhoud. Ook is het mogelijk dat de veerkracht van de kust, het zelfherstellend vermogen, wordt beïnvloed door de veranderde dynamiek en afscherming. Als criterium voor de kustlijnhandhaving wordt het kustonderhoud (zand- en vooroeversuppleties), uitgedrukt in m³/jaar, gebruikt. Bij de effectbeoordeling wordt gekeken naar de kustvakken:

- Delfland.
- Voorne.
- Goeree.
- De landaanwinning zelf.

2.2.2 Kustveiligheid

Door de beïnvloeding van waterstanden en golfhoogten op zee en de seiches in het havenbekken kunnen de landaanwinning en de zandwinning invloed hebben op de veiligheid tegen overstroming van de omliggende kustgebieden. Het is mogelijk dat de landaanwinning het nodig zal maken om zeeweringen te versterken. Als toetsingscriterium voor de beoordeling in dit MER wordt genomen de lengte van de kustlijn (zeewering) waarover versterkingswerken nodig zijn, of waarover de 'reserve' aan veiligheid juist toeneemt in de omliggende gebieden. Daarnaast wordt de inundatiekans van de landaanwinning en de beïnvloeding van de landaanwinning op het gedrag van seiches in het bestaande havengebied beoordeeld.

2.2.3 Zoutnevel

De landaanwinning kan veranderingen veroorzaken in de golfdoordringing en de morfologie van de Voordelta. Hierdoor kan de hoeveelheid zoutnevel die de kust bereikt beïnvloed worden. Het gehanteerde criterium is de grootte van de verticale zoutnevel depositie ter hoogte van het strand ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) bij zowel Voorne als Goeree. Het effect van de veranderingen in het zoutnevelklimaat wordt als input gebruikt binnen het thema Natuur.

2.2.4 Waterbeweging

Er is een kwalitatieve vergelijking gemaakt van de beïnvloeding van het natuurlijke proces (stromingspatronen Noordzee). De beïnvloeding zelf is kwantitatief bepaald met behulp van een modellering. Resultaten die uit de modellen komen zijn:

- veranderingen in de grootschalige getijbeweging (waterstanden en stroomsnelheden) in de kustzone;
- veranderingen in de zoet-zout verdeling van water in het mondingsgebied van de Nieuwe Waterweg in zowel horizontale als verticale zin (met menging dan wel stratificatie) en daarmee gepaard gaande veranderingen in import en export van slib, inclusief de noordwaarts gerichte slibtransporten naar de Waddenzee.

De volgende effecten worden in kaart gebracht:

- verandering in getijslag (m);
- verandering in stroomsnelheden (m/s);
- verandering in golfhoogte (m);
- verandering in zoet-zoutgehalten (promille);
- waterkwaliteit.

Deze resultaten zijn voornamelijk van belang voor Natuur en/of Recreatie. Naast specifieke morfologische effecten is de getijslag namelijk van belang voor het oppervlak aan intergetijdengebied. Vergroting van de getijslag betekent dat het oppervlak intergetijdengebied toeneemt. De oppervlakte intergetijdengebied is van belang voor de ecologische ontwikkeling in het beschermde gebied. De stroomsnelheden en (de fluctuaties in) het zoutgehalte bepalen mede waar welke soorten organismen kunnen voorkomen. Ook de golven zijn van belang voor de ecologie: veranderingen in het golfklimaat kunnen effecten op natuur veroorzaken. Deze effecten worden hier niet inhoudelijk beoordeeld maar dienen als input voor het thema "Natuur".

2.2.5 Transportprocessen

Er is een kwantitatieve vergelijking van de beïnvloeding van het natuurlijke zand- en slibtransport proces gemaakt. Als toetsingscriteria zullen de volgende criteria worden gebruikt:

- verandering in zandtransport langs de kust (m^3/jaar);
- verandering van de slibconcentratie (mg/l);
- verandering in slibflux langs Nederlandse kust (miljoen ton/jaar).

De resultaten van het zandtransport worden gebruikt om het aspect Kustlijnhandhaving te beoordelen. Daarnaast zijn de resultaten ook hier wederom van belang voor het thema "Natuur". Bijvoorbeeld: de slibconcentratie is bepalend voor de troebelheid van het water, en daarmee voor de lichtdoordringing in het water.

Op zijn beurt bepaalt de lichtdoordringing in samenhang met het aanbod van nutriënten de primaire productie in de waterkolom. De primaire productie is een bepalende factor voor het functioneren van de hogere trofische niveaus in het ecosysteem.

2.2.6 Geomorfologie

Er is een kwalitatieve vergelijking van de beïnvloeding van het natuurlijke morfologische proces gedaan. Vervolgens is deze beïnvloeding kwantitatief bepaald met behulp van modellering. Als toetsingscriteria worden gehanteerd:

- Ruimtebeslag: Grootte van ontgronding c.q. landaanwinning (ha).
- Bodemreliëf: Verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen zoals platen, geulen, slikken, ondiepten en nat strand (ha).
- Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken (ha).
- Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks (ha).

Bij het bodemreliëf zal een onderscheid worden gemaakt naar relevante deelgebieden (bijv. Voordelta, kustzone van Goeree, Delfland, Maasvlakte). Deze veranderingen vormen input voor het thema "Natuur".

2.2.7 Geologie en bodemopbouw

Er zal een kwalitatieve vergelijking van de beïnvloeding gemaakt worden voor de bodemsamenstelling:

- Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.
- Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling door ontgronding en armouring effecten.

Bij deze aspecten zal een onderscheid worden gemaakt naar relevante deelgebieden (bijv. Voordelta, kustzone van Goeree, Delfland, Maasvlakte). Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur.

2.2.8 Antropogene bodemberoering

Er zal een kwantitatieve vergelijking van de bodemberoering worden gedaan op basis van de volgende criteria:

- Criterium bij landaanwinning: Bodemoppervlak (ha).
- Criteria bij zandwinning: Bodemoppervlak (ha) en volume baggeren (m³).

Daarnaast zal een kwantitatieve vergelijking worden gemaakt van de verandering in de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk. Het gaat zowel om baggerwerkzaamheden in de Euro-Maasgeul als baggerwerkzaamheden in het Maasmond/Europoortgebied en de oostelijke havenbekkens.

2.3 Waarderingssystematiek

In de onderstaande tabellen is de waarderingssystematiek voor het thema Kust en Zee samengevat. De achtergronden van deze systematiek wordt per aspect in de komende paragrafen toegelicht. Alleen de aspecten worden beschreven waarvan de beoordeling aan de orde komt in dit thema: kustlijnhandhaving, kustveiligheid, onderhoudsbaggerwerk.

Tabel 2.4: Waarderingssystematiek thema Kust

Aspect	Beoordelingscriterium	Waardering
Kustlijnhandhaving	Toe- en afname kustonderhoud (basiskustlijn).	-- toename kustonderhoud meer dan 400.000 m ³ /jaar; - toename kustonderhoud meer dan 100.000 m ³ /jaar; 0 onderhoud ongeveer gelijk aan autonome ontwikkeling; + afname kustonderhoud meer dan 100.000 m ³ /jaar; ++ afname kustonderhoud meer dan 400.000 m ³ /jaar.
Kustveiligheid	Lengte zeewering waarover versterkingswerken nodig zijn of waarover de reserve aan veiligheid juist toeneemt.	-- versterkingswerken zijn noodzakelijk over 5 km; - versterkingswerken zijn noodzakelijk over een lengte van niet meer dan 5 km; 0 nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de aanwezige reserve aan veiligheid wordt nauwelijks beïnvloed; + nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van niet meer dan 5 km; ++ nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van meer dan 5 km.
	Inundatiekans landaanwinning	Kwalitatieve waardering
	Invloed op seiches in havengebied	Kwalitatieve waardering
Zoutnevel	Veranderingen in de hoeveelheid zoutnevel die de kust bereikt.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur

Tabel 2.5: Beoordelingskader thema Zee

Aspect	Beoordelingscriterium	Waardering
Waterbeweging	Toe- of afname getijslag.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Toe- of afname stroomsnelheden.	
	Toe- of afname golfhoogte.	
	Toe- of afname zoutgehalte.	
	Toe- of afname waterkwaliteit	
Transportprocessen	Beïnvloeding van zandtransport langs de kust.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibfluxen langs de Nederlandse kust.	
Geomorfologie	Bodemreliëf: Verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen zoals platen, geulen, slikken, ondiepten en nat strand.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken.	
	Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks.	
Geologie en bodemopbouw	Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling (korrelgrootte, percentage slib).	
Antropogene bodemberoering	Bodemoppervlak bij landaanwinning (incl. suppletiegebied).	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Bodemoppervlak en volume baggeren bij zandwinning.	Effectbeschrijving bij Thema Natuur
	Onderhoudsbaggerwerk.	-- meer dan 100% toename van de totale hoeveelheid (m ³); - tussen 10% en 100% toename (m ³); 0 tussen 10% toename en 10% afname (m ³); + tussen 10% afname en 100% afname (m ³); ++ meer dan 100% afname (m ³).

2.3.1 Kustlijnhandhaving

Een toe- of afname van het kustonderhoud wordt op de volgende manier beoordeeld:

- toename kustonderhoud meer dan 400.000 m³/jaar;
- toename kustonderhoud meer dan 100.000 m³/jaar;
- 0 onderhoud ongeveer gelijk aan autonome ontwikkeling;
- + afname kustonderhoud meer dan 100.000 m³/jaar;
- ++ afname kustonderhoud meer dan 400.000 m³/jaar.

Deze waarderingssystematiek is overgenomen van MER PMR.

2.3.2 Kustveiligheid

De beoordeling voor het criterium 'lengte zeewering waarover het veiligheidsniveau verandert' is als volgt:

- versterkingswerken zijn noodzakelijk over 5 km;
- versterkingswerken zijn noodzakelijk over een lengte van niet meer dan 5 km;
- 0 nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de aanwezige reserve aan veiligheid wordt nauwelijks beïnvloed;
- + nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van niet meer dan 5 km;
- ++ nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van meer dan 5 km.

De waarderingssystematiek is overgenomen van MER PMR.

Bij het criterium "Inundatiekans landaanwinning" is gekeken naar de kans op overstroming/onderlopen van de landaanwinning. Omdat het om een buitendijks gebied gaat, is er niet sprake van een vastgestelde overstromingskans voor dit gebied. In de Uitwerkingsovereenkomst van het deelproject Landaanwinning (UWO)" is afgesproken dat de overstromingskans van de landaanwinning niet groter is dan gemiddeld eens per 10.000 jaar. Daarom is dit aspect kwalitatief beoordeeld door deze te vergelijken met de afgesproken overstromingskans van 1/10.000 per jaar.

Bij het criterium "Invloed op seiches in havengebied" is gekeken naar de invloed van de landaanwinning op veranderingen in het gedrag van seiches in het Rotterdamse havengebied. Dit aspect is een ontwerpcriterium waarbij gesteld is dat de landaanwinning geen (negatieve) invloed mag hebben op het gedrag van seiches in het Rotterdamse havengebied. Hier wordt een kwalitatieve waardering toegepast voor dit aspect.

2.3.3 Onderhoudsbaggerwerk

Het criterium dat wordt gehanteerd is de verandering van de totale hoeveelheid baggerspecie in een deel van het Rotterdamse havengebied, uitgesplitst naar Euro-Maasgeul, Maasmond/Europoortgebied en oostelijke havengebied (Botlek, 1^e en 2^e Petroleumhaven, overige havens langs de Nieuwe Maas). De veranderingen in totale hoeveelheid baggerspecie (zand en slib) worden als volgt beoordeeld:

- meer dan 100% toename van de totale hoeveelheid (m³);
- tussen 10% en 100% toename (m³);
- 0 tussen 10% toename en 10% afname (m³);
- + tussen 10% afname en 100% afname (m³);
- ++ meer dan 100% afname (m³).

Deze waarderingssystematiek is overgenomen van MER PMR.

3 ALTERNATIEVEN LANDAANWINNING

3.1 Referentiealternatieven MER PMR

De PKB PMR doet uitspraken over de bovengrens van de negatieve milieueffecten die Maasvlakte 2 op basis van het MER PMR, waarin twee Referentieontwerpen zijn gepresenteerd. In deze alternatieven zijn een centraal kanaal voorzien, met aan weerszijden insteekhavens. De vorm van de buitencontour is een afgeleide van de inrichting. De zuid- en westkust bestaan uit zachte zeeweringen.

De twee Referentieontwerpen verschillen alleen in de zeevaarttoegang. In Referentieontwerp I maken de zeeschepen gebruik van de huidige havenmond en een nog te realiseren doorsteek via Maasvlakte 1. Om de stroming voor de havenmond goed te geleiden, is de noordzijde van variant I voorzien van een gekromde harde zeewering en een stroomgeleidende dam. De doorgetrokken Yangtzehaven heeft een breedte van 500 m. In Referentieontwerp II wordt de havenmond verlengd en is een directe toegang tot Maasvlakte 2 aanwezig. De Noorderdam wordt verlengd en een nieuwe, stroomgeleidende Zuiderdam aan de landaanwinning wordt aangelegd. In onderstaande figuren zijn beide Referentieontwerpen weergegeven.

De Referentieontwerpen waren niet zozeer bedoeld als operationeel ontwerp, maar waren bedoeld als realistische ontwerpen voor een mogelijk ontwerp van de landaanwinning. Zij laten dan ook zien dat er voor het ontwerp en de uitvoering nog tal van vrijheidsgraden zijn. Voor de zeevaarttoegang, maar ook voor andere ontwerpvariabelen zoals de vorm en oriëntatie van de buitencontour, de wijze waarop Maasvlakte 2 toegankelijk wordt voor de binnenvaart, en de hoofdindrichting van Maasvlakte 2. De Referentieontwerpen zijn ook opgesteld om milieueffecten in beeld te kunnen brengen in het MER PMR.

Figuur 3.1 Referentieontwerp I uit de PKB PMR

Figuur 3.2 Referentieontwerp II uit de PKB PM



3.2 Ontwikkeling alternatieven landaanwinning

Voor de landaanwinningsalternatieven is de nog resterende speelruimte relatief beperkt. De bwb's uit de PKB PMR (2006) zijn hiervoor in sterke mate kaderstellend. Uit een korte terugblik op de bwb's die specifiek de landaanwinning betreffen (bwb's 2 – 9), volgt bovendien dat deze kaderstelling juist in het Doorsteekalternatief en de verkozen faseringsstrategie reeds voor een belangrijk deel haar beslag heeft gekregen.

Het bovenstaande betekent uiteraard niet dat er voor de landaanwinning geen alternatieven meer aan de orde zijn; het betekent wel dat er geen aanleiding is om alternatieven uit te werken die uitgaan van een geheel ander ontwerp dan het Doorsteekalternatief met een buitencontour die meteen op haar eindpositie wordt aangelegd.

Bij de meer gedetailleerde uitwerking van het basisontwerp van het Doorsteekalternatief zijn er vijf bouwstenen waarvoor varianten in aanmerking komen:

- het ontwerp van de harde zeewering: opbouw en ligging;
- het ontwerp van de zeezijde van de zachte zeewering;
- de diepte van het havenbassin en de zwaaikommen;
- de terreinhoogte;
- het al dan niet gebruiken van secundaire bouw- en grondstoffen uit de regio Rijnmond.

Behalve naar varianten voor het ontwerp, is ook gekeken naar mogelijkheden om te variëren bij drie bouwstenen van de uitvoering van de aanlegwerkzaamheden:

- de bouwvolgorde van de buitencontour;
- de methode van aanleg van de buitencontour;
- de methode van aanleg van het binnengebied.

3.3 Basisalternatief (BA) en Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)

In de onderstaande overzichtstabellen zijn de in het hoofdrapport beschreven basisvarianten en milieuvarianten per bouwsteen geordend. Het Basisalternatief (BA-landaanwinning) is een bundeling van de boxen met basisvarianten per bouwsteen. In de effectvoorspelling is daarbij een bovengrensbenadering gevolgd door per bouwsteen de specifieke basisvariant met de grootste milieubelasting als uitgangspunt te nemen. Het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA) bundelt de milieuvarianten.

Tabel 3.1 Overzicht Basisalternatief en MMA – ontwerp landaanwinning

Bouwsteen	Basisalternatief: boxen met basisvarianten per bouwsteen	MMA: milieuvarianten per bouwsteen
Ontwerp harde zeewering	Gebruik van breuksteen, zand, grind en geotextiel in lagen opbouw met als toplaag: - breuksteen of, - betonblokken of - interlocking toplaag elementen (ITE)	Hergebruik secundaire materialen, met name van de te ontmantelen bestaande zeewering
	Noordelijke ligging harde zeewering, of Zuidelijke ligging harde zeewering (Meeuw-variant).	Zuidelijke ligging harde zeewering (Meeuw-variant).
Ontwerp zachte zeewering	A-selectief toepassen van beschikbaar zand (285 - 350 µm)	Selectief toepassen van grovere korrel in een steil profiel (orde 350 µm)
	afsnuiten vanaf NAP -10m	afsnuiten vanaf NAP -10m
Diepte havenbassin	Minimale diepte van zwaaikommen: NAP -20,0	Maximale interne diepe winning van zand in de zwaaikommen, binnen stabiliteitseisen
	Minimale diepte havenbekkens: NAP -20,0m	Interne winning in havenbekkens tot NAP-22m
Terreinhoogte	Terreinhoogte op NAP +6m	Terreinhoogte op NAP +5m
Gebruikte secundaire bouw- en grondstoffen	Geen gebruik secundaire bouw- en grondstoffen	Maximaal gebruik van in aanmerking komende secundaire bouw- en grondstoffen

Tabel 3.2 Overzicht Basisalternatief en MMA – uitvoering landaanwinning

Bouwsteen	Basis alternatief: boxen met basisvarianten per bouwsteen	MMA: milieuvarianten per bouwsteen
Bouwvolgorde buitencontour	- In dezelfde periode uitbouwen harde en zachte zeewering, met gedeeltelijk verticale fasering - Eerst de uitbouw van de zachte zeewering vanuit het zuiden - Realisatie middels uitbouwen naar het land.	
Methode van aanleg buitencontour	Volledig vrije keuze in de wijze van aanleggen van de buitencontour (zowel zachte zeewering als harde zeewering)	Zoveel mogelijk klappen van zand .
Methode van aanleg werken aan en binnen de binnencontour	Gangbaar materieel, geen specifieke beperkingen binnen bestaande wet- en regelgeving	

3.4 Ontwikkeling alternatieven landaanwinning

Voor de landaanwinningsalternatieven is de nog resterende speelruimte relatief beperkt. De bwb's uit de PKB PMR (2006) zijn hiervoor in sterke mate kaderstellend. Uit een korte terugblik op de bwb's die specifiek de landaanwinning betreffen (bwb's 2 – 9), volgt bovendien dat deze kaderstelling juist in het Doorsteekalternatief en de verkozen faseringsstrategie reeds voor een belangrijk deel haar beslag heeft gekregen.

Het bovenstaande betekent uiteraard niet dat er voor de landaanwinning geen alternatieven meer aan de orde zijn; het betekent wel dat er geen aanleiding is om alternatieven uit te werken die uitgaan van een geheel ander ontwerp dan het Doorsteekalternatief met een buitencontour die meteen op haar eindpositie wordt aangelegd.

Bij de meer gedetailleerde uitwerking van het basisontwerp van het Doorsteekalternatief zijn er vijf bouwstenen waarvoor varianten in aanmerking komen:

- het ontwerp van de harde zeewering: opbouw en ligging;
- het ontwerp van de zeezijde van de zachte zeewering;
- de diepte van het havenbassin en de zwaaikommen;
- de terreinhoogte;
- het al dan niet gebruiken van secundaire bouw- en grondstoffen uit de regio Rijnmond.

Behalve naar varianten voor het ontwerp, is ook gekeken naar mogelijkheden om te variëren bij drie bouwstenen van de uitvoering van de aanlegwerkzaamheden:

- de bouwvolgorde van de buitencontour;
- de methode van aanleg van de buitencontour;
- de methode van aanleg van het binnengebied.

3.5 Basisalternatief (BA) en Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)

In de onderstaande overzichtstabellen zijn de in het hoofdrapport beschreven basisvarianten en milieuvarianten per bouwsteen geordend. Het Basisalternatief (BA-landaanwinning) is een bundeling van de boxen met basisvarianten per bouwsteen. In de effectvoorspelling is daarbij een bovengrensbenadering gevolgd door per bouwsteen de specifieke basisvariant met de grootste milieubelasting als uitgangspunt te nemen. Het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA) bundelt de milieuvarianten.

Tabel 3.1 Overzicht Basisalternatief en MMA – ontwerp landaanwinning

Bouwsteen	Basisalternatief: boxen met basisvarianten per bouwsteen	MMA: milieuvarianten per bouwsteen
Ontwerp harde zeewering	Gebruik van breuksteen, zand, grind en geotextiel in lagen opbouw met als toplaag: - breuksteen of, - betonblokken of - interlocking toplaag elementen (ITE)	Hergebruik secundaire materialen, met name van de te ontmantelen bestaande zeewering
	Noordelijke ligging harde zeewering, of Zuidelijke ligging harde zeewering (Meeuw-variant).	Zuidelijke ligging harde zeewering (Meeuw-variant).
Ontwerp zachte zeewering	A-selectief toepassen van beschikbaar zand (285 - 350 µm)	Selectief toepassen van grovere korrel in een steil profiel (orde 350 µm)
	afsnuiten vanaf NAP -10m	afsnuiten vanaf NAP -10m
Diepte havenbassin	Minimale diepte van zwaaikommen: NAP -20,0	Maximale interne diepe winning van zand in de zwaaikommen, binnen stabiliteitseisen
	Minimale diepte havenbekkens: NAP -20,0m	Interne winning in havenbekkens tot NAP-22m
Terreinhoogte	Terreinhoogte op NAP +6m	Terreinhoogte op NAP +5m
Gebruikte secundaire bouw- en grondstoffen	Geen gebruik secundaire bouw- en grondstoffen	Maximaal gebruik van in aanmerking komende secundaire bouw- en grondstoffen

Tabel 3.2 Overzicht Basisalternatief en MMA – uitvoering landaanwinning

Bouwsteen	Basis alternatief: boxen met basisvarianten per bouwsteen	MMA: milieuvarianten per bouwsteen
Bouwvolgorde buitencontour	- In dezelfde periode uitbouwen harde en zachte zeewering, met gedeeltelijk verticale fasering - Eerst de uitbouw van de zachte zeewering vanuit het zuiden - Realisatie middels uitbouwen naar het land.	
Methode van aanleg buitencontour	Volledig vrije keuze in de wijze van aanleggen van de buitencontour (zowel zachte zeewering als harde zeewering)	Zoveel mogelijk klappen van zand .
Methode van aanleg werken aan en binnen de binnencontour	Gangbaar materieel, geen specifieke beperkingen binnen bestaande wet- en regelgeving	

4 ALTERNATIEVEN ZANDWINNING

4.1 Ontwikkeling alternatieven zandwinning

Uit de Richtlijnen voor het MER Aanleg en uit de PKB PMR (2006) volgt dat er bij de zandwinning gekeken moet worden naar variatiemogelijkheden bij drie aspecten:

- inrichting van de putten: hierbij gaat het om de horizontale vorm en oriëntatie van de putten, de diepte ervan, en de steilheid van de puthellingen;
- locatie van de putten: bepaald moet worden op welke plaatsen in het zoekgebied de putten gesitueerd kunnen worden;
- uitvoering: het tempo van de winning is hierbij een belangrijk aandachtspunt; ook het in te zetten materieel speelt een rol.

Bij elk aspect afzonderlijk zijn op voorhand steeds verschillende varianten denkbaar: dieper of minder diep, dichtbij of verder weg, sneller of langzamer, enzovoort. Al dit soort varianten zijn in een vijftal zandwinscenario's gecombineerd. De totstandkoming van deze vijf scenario's wordt beschreven in hoofdstuk 4 van het hoofdrapport MER Aanleg Maasvlakte 2. Het gaat hierbij om een drietal kernvragen:

- inrichting: dieper of minder diep?
- locatie: dichtbij of verder weg van de Voordelta?
- uitvoering: sneller of langzamer?

4.2 Inrichting

Voor de vorm en oriëntatie van de zandwinputten alsook voor de puthelling is van belang dat daarbij behorende grenswaarden in acht worden genomen. Gebleken is dat er geen uitvoeringstechnische of andere redenen zijn om van deze grenswaarden af te wijken. Op grond daarvan is het gerechtvaardigd in de zandwinscenario's de betreffende waarden als uitgangspunt te nemen, en er dus niet op te variëren.

De winddiepte daarentegen is een inrichtingsvariabele waarbij er wel relevante variatiemogelijkheden zijn. De bandbreedte ligt hierbij tussen een winddiepte van 10 m en een winddiepte van 20 m. Daarbij bestaat uiteraard ook de mogelijkheid in het uiteindelijke Voorkeursalternatief en/of het MMA voor windiepten tussen de genoemde uitersten te opteren. De kern van het inrichtingsvraagstuk is: **dieper of minder diep?**

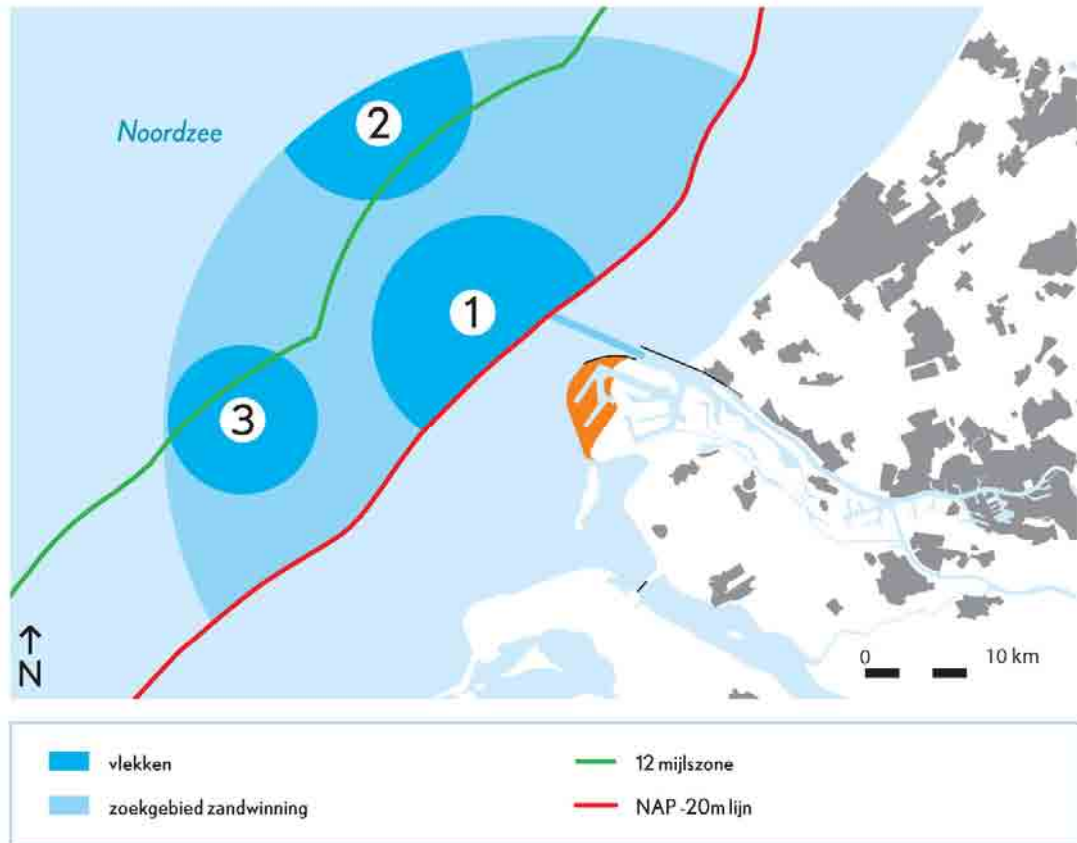
4.3 Locatie

Omdat de locatiekeuze van wezenlijk belang kan zijn voor de aard en omvang van de effecten, moet in de zandwinscenario's op deze locatiekeuze gevarieerd worden. Gegeven de noodzaak, zoals ook in de Richtlijnen is aangegeven, om het aantal scenario's te beperken, is ervoor gekozen om drie 'vlekken' in het zoekgebied te projecteren. Figuur 3.3 geeft daarvan de positie weer:

- vlek 1 ligt zo dicht mogelijk bij Maasvlakte 2, hetgeen voordelen voor onder meer milieukwaliteit en kosten heeft;
- vlek 2 is primair ingegeven vanuit het streven de slibtoevoer naar (en dus vertroebeling in) de Voordelta zo gering mogelijk te houden;

- vlek 3 is toegevoegd omdat lokaal in het betreffende gebied op grotere diepten zandlagen aanwezig zijn die, na verwijdering van de afdekkende toplaag, in de toekomst eventueel gewonnen kunnen worden om vervolgens als grondstof te dienen voor de bereiding van beton- en metselzand.

Figuur 3.3 Te onderzoeken 'vlekken' zandwinning



De drie geselecteerde vlekken hebben op het eerste gezicht elk hun eigen voordelen en beperkingen. Er is op voorhand geen enkele vlek aan te wijzen die eenduidig beter is dan de andere. De vlekken verschillen van elkaar in gemiddelde waarden voor slibpercentage, korreldiameter en hydrodynamica. Binnen de vlekken is echter ook heterogeniteit aanwezig. Op grond van de verschillen in gemiddelden is het echter de moeite waard om de vlekken op verschillende manieren een plek te geven in de zandwinscenario's. Via de effectbeschrijvingen kan dan vervolgens de informatie op tafel komen om de tweede kernvraag met betrekking tot de zandwinning te kunnen beantwoorden: **dichtbij of verder weg van de Voordelta?**

4.4 Uitvoering

In een van de zandwinscenario's wordt de voorwaarde voor het bouwjaar (na 1992) en de seizoensgerelateerde ruimtelijke spreiding meegenomen. Zoals in de effectbeschrijvingen zal blijken, is de winsnelheid echter het meest invloedrijke uitvoeringsaspect. Door hierop in de scenario's te variëren en daarvan vervolgens de effecten te laten zien, kan de derde kernvraag met betrekking tot de zandwinning beantwoord worden: **sneller of minder snel?**

4.5 Vijf zandwinscenario's voor de eerste fase (2008-2013)

Op basis van de hierboven gestelde drie kernvragen zijn vijf scenario's op een specifieke manier ingevuld, waarbij het totaal aan scenario's het totaal aan keuzemogelijkheden afdekt. In de effectvoorspellingen komen zodoende ook de bandbreedte aan mogelijke effecten in beeld.

Hieronder zijn de vijf te onderzoeken zandwinscenario's gekarakteriseerd:

Profiel	Inrichting: hoe diep?	Locatie: waar?	Uitvoering: hoe snel?
S1a "dichtbij - snel"	10m	4 putten in vlek 1	150 Mm ³ /j
S1b "dichtbij - traag"	10m	4 putten in vlek 1	60 Mm ³ /j
S2 "ver weg - snel"	10m	4 putten in vlek 2	150 Mm ³ /j
S3 "b&m"*	10m	3 putten in vlek 1, 1 put in vlek 3	150 Mm ³ /j
S4 "combinatie"	20m	1 put in vlek 1, 1 put in vlek 2	60 Mm ³ /j + vlek 2 van feb-aug + hoppers >1992

* b&m = beton en metselzand

In een later stadium in het onderzoek is – bij wijze van gevoeligheidsanalyse – nog een extra scenario bekeken met een winning in vlek 1 maar dan met een winsnelheid van 100 miljoen m³ per jaar: scenario S1c. Dit scenario is vooral bedoeld om nog meer inzicht te krijgen in de invloed van de winsnelheid op de effecten voor de natuur. Om deze natuureffecten te kunnen bepalen is scenario S1c tevens doorgerekend op de effecten ervan voor de milieuthema's Kust en Zee en Milieukwaliteit. Bij de overige milieuthema's is scenario S1c niet meegenomen.

In eerste instantie hebben de zandwinscenario's een methodologische functie: ze dienen als input voor de effectvoorspelling. Op basis van de informatie die daarmee beschikbaar komt, kunnen vervolgens gemotiveerde keuzes voor een Voorkeursalternatief en een MMA voor de zandwinning bepaald worden. Dit gebeurt in hoofdstuk 14 van het hoofdrapport MER Aanleg.

4.6 Scenario voor de resterende zandwinning ná 2013

In de periode ná 2013 is de resterende 20% van de zandwinning aan de orde. Dit betreft een te winnen volume – uitgaande van het Basisalternatief voor de landaanwinning – van circa 80 miljoen m³. Een realistisch scenario voor deze winning is dat deze rond 2015 van start zal gaan en er vervolgens in een aaneengesloten periode van maximaal 4 jaar wordt gewerkt, met de inzet van een beperkt aantal hopperzuigers (2 tot 3).

5 AANPAK EFFECTBESCHRIJVING

5.1 Studiegebied en tijdhorizon

Het studiegebied voor de **landaanwinning** is gelegen in een relatief ondiep gedeelte van de Noordzee ter hoogte van de uitstroming van de Rijn en de Maas (Figuur 5.1). De waterbeweging in dit gebied is het resultaat van een complex samenspel van getij, instroom van zoet rivierwater, wind en golven. De bodem in dit gebied bestaat voor een groot gedeelte uit zand met enkele procenten slib (< 0.063 mm). Daarnaast is er op een aantal specifieke locaties sprake van veel slib op en in de bodem zoals het Rak van Scheelhoek en de Maasmonding. Het bodemmateriaal is onderhevig aan lokale morfodynamische processen onder invloed van de waterbeweging. Daarnaast vindt ook aan- en afvoer van zand en slib plaats door grootschalige transportprocessen langs de Nederlandse kust.

Het studiegebied van de **zandwinning** ligt verder op zee buiten de 20m-NAP contour. In deze zone is hoofdzakelijk het getij van invloed, de golven hebben relatief weinig invloed vanwege de grote diepte. Vanwege de afstand tot de monding is ook de interactie met het zoete rivierwater van minder grote betekenis dan in het zoekgebied van de landaanwinning. De bodem in dit gebied is relatief vlak en op de bodem bevinden zich beddingvormen zoals ribbels, zandgolven en zandduinen. De toplaag van de bodem bestaat uit fijn tot middelgrof zand met enkele procenten slib.

Het water- en sedimenttransport zijn van invloed op diverse processen en activiteiten binnen de Nederlandse kustzone. Als voorbeeld wordt hier genoemd de afslag en de teruggang van de kustlijn hetgeen periodieke zandsuppleties vereist voor de handhaving van de kustlijn om de veiligheid van het achterland te waarborgen. Een ander voorbeeld betreft het aanzanden van de scheepvaartgeul (Euro-Maasgeul) en de aanslibbing van de Maasmond en de havenbekkens wat frequent baggerwerk noodzakelijk maakt.

Het studiegebied voor het thema Kust en Zee omvat het gehele gebied waar voor dit thema milieueffecten kunnen optreden. Het totale studiegebied bij Kust en Zee omvat de volgende deelgebieden:

- Maasvlakte en Slufter inclusief landaanwinning.
- Kustzone van Delfland, Voorne en Goeree.
- Haringvlietmonding.
- Voordelta.
- Noordzee.
- Hollandse kustzone ten noorden van Delfland.
- Waddenzee.
- Zeeuwse kustzone ten zuiden van Goeree.

De deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 5.2. Voor een nadere definitie van het studiegebied is het van belang onderscheid te maken tussen zand- en slibtransport:

Het **zand**transport langs de kust is netto noordwaarts. Ter plaatse van de Maasmonding wordt het zandtransport hoofdzakelijk door de lokale waterbeweging bepaald.

Veranderingen in de waterbeweging (bijv. als gevolg van de landaanwinning) zullen zich voor het zandtransport en zich dus ook op deze ruimteschaal manifesteren. Het jaargemiddelde **slib**transport is noordwaarts gericht en is hoofdzakelijk geconcentreerd in een strook van 15 à 20 km breed direct onder de kust; de zogenaamde kusttrivier.

Omdat het slibtransport voor een belangrijk deel bepaald wordt door globale waterbeweging langs de Nederlandse kust zullen effecten op het slibtransport op grotere afstanden merkbaar zijn en hoofdzakelijk in noordwaartse richting. Effecten, als gevolg van de landaanwinning, tot nabij het Marsdiep (en dus als afgeleide in de Waddenzee) kunnen daarbij niet op voorhand uitgesloten worden.

Gelet op de verschillende ruimteschalen voor zand- en slibtransport zijn sommige deelgebieden van het studiegebied wel of juist niet van belang voor de genoemde aspecten in hoofdstuk 2. Dit hangt sterk samen met de ingreepeffect relaties welke voor een bepaald gebied van belang zijn. Bijvoorbeeld: bij kustlijnhandhaving is alleen het zandtransport in de nabijheid van de kust van belang. Voor dit aspect beperkt het studiegebied zich tot de Maasvlakte en Slufter, Delfland, Voorne en Goeree. Echter, het studiegebied voor de effecten op het slibtransport beslaat de gehele Nederlandse kustzone vanaf de Zeeuwse kust tot en met de Waddenzee.

Figuur 5.1: Zoekgebieden voor landaanwinning en zandwinning



Naast de ruimtelijke schaal is ook het tijdsaspect belangrijk. Voor de meeste aspecten zullen de effecten van de landaanwinning of de zandwinning zich op relatief korte termijn (orde dagen tot maanden) manifesteren. Een voorbeeld daarvan is de effecten van de landaanwinning op de stroming, de waterstanden en de golven. De aanpassing van de bodem ten gevolge van de veranderende waterbeweging (i.e. morfologische aanpassing) duurt echter jaren tot decaden. Een voorbeeld daarvan is het effect van de landaanwinning op de morfologische ontwikkeling van de Haringvlietmonding. Bij dat aspect is de beschouwde tijdhorizon dus veel verder in de toekomst gelegd en zijn de veranderingen beschouwd over een periode van twintig jaar tot veertig jaar. Hetzelfde geldt voor de morfologische ontwikkeling van de zandwinputten die zich ook op de lange termijn zullen manifesteren (orde eeuwen).

Figuur 5.2 Studiegebied Kust en Zee (inclusief deelgebieden).



5.2 Uitgangspunten en aannames

In de effectbepaling zijn diverse aannames gedaan en uitgangspunten gehanteerd. Deze zijn in sommige gevallen voor de landaanwinning en de zandwinning verschillend op basis van verschillende overwegingen. Hieronder worden deze toegelicht:

Autonome ontwikkelingen

Bij de berekeningen voor de bepaling van de effecten van zandwinning en de landaanwinning moet rekening gehouden met autonome ontwikkelingen. Voor het thema Kust en Zee zijn deze als volgt behandeld:

- De verandering van het sluisbeheer van de Haringvlietsluizen is een belangrijke ontwikkeling in het studiegebied. Hier is ervan uitgegaan dat dit beheer zal plaatsvinden volgens het 'Kier' scenario en niet volgens het 'getemd getij' scenario. Dit veranderende beheer is verdisconteerd in alle modelberekeningen voor de landaanwinning en de zandwinning.
- In de nabije toekomst zal in de omgeving van de Maasvlakte sprake zijn van meer zandwinactiviteiten (bijv. in het kader van Zwakke Schakels of de reguliere kustsuppleties). Op het moment van schrijven (juli 2006) is de beschrijving van de effecten van het Basisalternatief van de zandwinning gereed. De autonome ontwikkelingen zullen bij de definitieve effectbeoordeling meegenomen worden.
- De ontwikkeling van de windparken is een autonome ontwikkeling die in rekening is gebracht. Het gaat hierbij specifiek om de windparken waarvoor al een concessie is afgegeven, te weten Egmond en IJmuiden (Q7 en NSW) [2,3]. Deze windparken zijn verdisconteerd in de berekeningen voor de slibstroming richting de Waddenzee.
- De aanleg van een elektriciteitskabel tussen Groot-Brittannië en Nederland (BritNed) is een autonome ontwikkeling waarmee rekening is gehouden. De aanlanding van deze kabel is geprojecteerd aan de zuidpunt van de landaanwinning. De ontwikkeling speelt een rol bij de cumulatie van effecten en komt bij dat onderdeel aan de orde.
- Op lange termijn speelt zeespiegelstijging een rol. Zeespiegelstijging is echter niet meegenomen bij een beoordeling van de morfologische effecten omdat de zeespiegelstijging zo langzaam verloopt dat de invloed hiervan op de effectbepaling binnen de beschouwde tijdhorizon zeer beperkt tot verwaarloosbaar is. Voor de beoordeling van het aspect veiligheid is zeespiegelstijging echter wel meegenomen. Het wel/niet meenemen van zeespiegelstijging zal de relatieve effecten niet beïnvloeden. Ook de mogelijke toename van de stormfrequentie en -intensiteit is niet meegenomen, omdat er geen eenduidigheid bestaat over de vraag of deze veranderingen ook daadwerkelijk zullen optreden [42].

Landaanwinning

Bij de landaanwinning is hoofdzakelijk gekeken naar de aanwezigheidsfase. Deze aanpak is gevolgd omdat het uiteindelijke ruimtebeslag van de landaanwinning bepalend is voor de omvang van de effecten. Daarnaast speelt mee dat de gevolgen van Maasvlakte 2 voor de ontwikkeling van de erosiekuil en de morfologie van de Haringvlietmonding zich op een lange tijdschaal afspelen (orde tientallen jaren). Alleen het zand- en slibverlies bij de landaanwinning tijdens de aanlegfase zijn specifiek bekeken bij het aspect onderhoudsbaggerwerk. Merk op dat specifiek voor de scheepvaart de effecten op de stroming tijdens de aanlegfase wel zijn bestudeerd (zie thema Nautische Veiligheid en Bereikbaarheid).

Zandwinning

- Bij de effectbepaling van de zandwinning tijdens de aanlegfase speelt vertroebeling een belangrijke rol. Gelet op de beperkte kennis zijn aannamen noodzakelijk om dit proces van vertroebeling met rekenmodellen te kwantificeren, zie voor meer informatie Appendix 3. Samengevat zijn de uitgangspunten bij de berekeningen van de slibmodellering als volgt:
 - De Noordzeebodem in de zoekcirkel van de zandwinning bevat 2,5% slib (gewichtsperscentage) aan de oostzijde van de zoekcirkel langs de 20m-contour (vlek 1) en 1,25% aan de westzijde van de zoekcirkel (vlek 2 en 3) en heeft een porositeit van 40%.
 - De vrijgekomen slibfractie heeft dezelfde eigenschappen als het achtergrondslib op de Noordzee (verhouding lutum:silt, valsnelheid).
 - De totale hoeveelheid slib (fractie < 63 µm) die opgebaggerd wordt, komt vrij in het water en verplaatst zich onder invloed van de stroming.
 - De vrijgekomen hoeveelheid slib gedraagt zich als een “passieve pluim”, er treedt geen directe sedimentatie van slib op in de directe nabijheid van de zandwinputten via een zgn. “dynamische pluim”.

Merk op dat de eerste twee uitgangspunten onzeker zijn. Zo is bekend dat op sommige plaatsen oude kleilaagjes aanwezig zijn in de Noordzeebodem met een veel hoger slibpercentage. Ook de verhouding tussen lutum en silt hoeft in deze oudere lagen niet hetzelfde te zijn. Daarom is ervoor gekozen om voor wat betreft de hoeveelheid slib die vrijkomt in het water (3^e uitgangspunt) en het gedrag van dit sediment (4^e uitgangspunt) conservatieve aannamen te doen. De inschatting is dat deze benadering een realistische bovengrensbepaling vormt voor de effecten op slib (en daarmee op nutriënten en primaire productie).

5.3 Gebruikte modellen

Voor de bepaling van de effecten van de landaanwinning is gebruik gemaakt van numerieke modellen voor de stroming, golven, morfologie, zoutneveldepositie, slibtransport en nutriënten/primaire productie (zie Tabel 5.1). Hoewel deze modellen state-of-the-art zijn en zo goed mogelijk de werkelijkheid beschrijven op basis van de huidige kennisstand, ligt aan deze modellen een groot aantal aannamen en uitgangspunten en sterke vereenvoudigingen en/of schematisering van de werkelijkheid ten grondslag.

In de kaders is een beknopte beschrijving opgenomen van deze modellen. Daarbij wordt kort ingegaan op de achtergrond van deze modellen en tevens is aangegeven of er, en zo ja wat, belangrijke beperkingen zijn van deze modellen. De resultaten van dergelijke modellen bevatten de nodige onzekerheden. Deze onzekerheden laten zich vertalen in een zekere bandbreedte rondom de voorspelde waarde. Voor sommige aspecten is de bandbreedte qua orde van grootte gelijk aan de natuurlijk optredende fluctuaties. Dit vereist dat de resultaten met de nodige voorzichtigheid (en kennis van het bestudeerde gebied) geïnterpreteerd moeten worden.

Tabel 5.1: Overzicht van toegepaste modellen bij thema Kust en Zee

Model	Modeluitkomsten	Landaanwinning	Zandwinning
Delft3D-FLOW	Waterstanden, stroomsnelheden, zoet-zoutverdeling	Kustveiligheid Natuur (stroming, zoet-zout)	-
Delft3D-WAVE	Golfhoogte, golfperiode	Kustveiligheid	-
Delft3D-WAQ	Zoutnevelflux	Natuur (zoutnevel)	-
Delft2D-mor	Zandtransport, slibtransport en slibconcentratie, morfologische veranderingen	Kustlijnhandhaving Onderhoudsbaggerwerk Natuur (arealen)	-
Delft3D-SED	Slibtransport en -concentratieverdeling	Onderhoudsbaggerwerk Natuur (slibtransport)	Onderhoudsbaggerwerk Natuur (slibtransport)
Delft3D-GEM	Nutriënten, primaire productie	Natuur (doorzicht, primaire productie)	Natuur (doorzicht, primaire productie)
Delft3D-Online	Zandtransport, slibtransport en slibconcentratie, morfologische veranderingen	Kustlijnhandhaving Onderhoudsbaggerwerk Natuur (arealen)	-
FINEL2D	Waterstanden, stroomsnelheden	-	Natuur (stroming)
FINEL-SILT	Slibconcentraties, slibtransporten	-	Natuur (slibtransport)
Geïdealiseerde modellen	Waterbeweging, morfologie	-	Morfologie

Gegeven de onzekerheden in de modelvoorspellingen zijn de risico's met betrekking tot de effectbepalingen als volgt. Vanwege de grote voorspellende waarde van de stromings- en golfmodellen is het niet aannemelijk dat de kustveiligheid van de primaire waterkering in het geding komt. De benodigde volumes (en dus kosten) van het kustonderhoud en het onderhoudsbaggerwerk kunnen, tengevolge van de grotere onzekerheid van de sedimenttransport berekeningen, in de praktijk tegenvallen (of meevallen). Ook de voorspellingen van effecten op vertroebeling, zoutnevel en de morfologische ontwikkeling zijn met relatief veel onzekerheid omgeven (input voor thema Natuur). Vanwege deze doorwerking is bij diverse aspecten gebruik gemaakt van een realistisch worstcase scenario.

Kader 5.1 Toepassing van Delft3D binnen het Thema Kust en Zee

Binnen het thema Kust en Zee zijn diverse modellen uit het instrumentarium Delft3D van WL|Delft Hydraulics toegepast om de effecten van Maasvlakte 2 (landaanwinning en zandwinning) te berekenen. Het gaat daarbij om effecten op de stroming, de golven, het zand- en slibtransport, de morfologie en nutriënten en primaire productie. Deze modellen zijn hieronder beknopt toegelicht:

Delft3D-FLOW

Dit model beschrijft de driedimensionale waterbeweging op basis van de ondiepwater-vergelijkingen in combinatie met een $k-\epsilon$ model voor turbulentie. Het model maakt gebruik van een curvilineair rooster om veranderingen in de geometrie zo goed mogelijk te volgen. Tevens is het mogelijk om met behulp van domeindecompositie op bepaalde plaatsen in het rooster een hogere resolutie te hanteren. Een reeks van modelstudies voor verschillende gebieden wijst uit dat dit model in staat is om de complexe driedimensionale patronen van de stroming en de zoet-zoutverdeling ten gevolge van het getij, de rivieraafvoer en de wind adequaat te beschrijven voor een heel scala van condities.

Delft3D-WAVE

Voor de modellering van golven is gebruik gemaakt van Delft3D-WAVE (i.e. SWAN). Dit model bevat de huidige stand van de kennis met betrekking tot de groei, voortplanting en dissipatie van golven in ondiep water. Het model berekent de veranderingen in de golfkarakteristieken (bijv. golfhoogte, golfperiode) op basis van een energiebalansbenadering waarin processen zoals windgroei, refractie, breking, whitecapping, en golf-golf-interactie (triads, quadruplets) een rol spelen.

Delft3D-SED

Voor het slibtransport is gebruik gemaakt van DELWAQ-SED. Dit model simuleert het driedimensionale gedrag van het slib in de waterkolom en op de bodem. Sediment transportprocessen, zoals verticale menging in de waterkolom en de uitwisseling van sediment met de bodem worden in rekening gebracht. Typische processen zoals flocculatie en consolidatie worden niet expliciet in rekening gebracht, maar zijn empirisch meegenomen via de kalibratieparameters.

Specifiek voor de zandwinning is dit model aangepast om het effect van de water-bodemuitwisseling ten gevolge van seizoensvariaties te verdisconteren. Uit diverse slibstudies is bekend dat in de werkelijkheid het slib soms tijdelijk geborgen wordt in de Noordzee, maar dat bij stormen deze slibhoeveelheden weer vrij komen voor transport. Hoewel de kennis over dit proces nog gering is, is met succes een gemeten tijdserie van de slibconcentratie bij Noordwijk gereproduceerd.

Delft3D-GEM

Dit is een ecologisch model voor de cycli van koolstof, stikstof, fosfaat, silicaat en zuurstof inclusief primaire productie. Belangrijke processen zijn groei, sterfte, respiratie en sedimentatie van fytoplankton, mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, adsorptie en het begraven van organisch materiaal. De berekende fytoplanktonbiomassa en -samenstelling bestaan uit verschillende soorten en houdt rekening met variaties in interne N/P-ratio's.

Kader 5.1 Toepassing van Delft3D binnen het Thema Kust en Zee (vervolg)

Delft3D-Online

Dit model simuleert de morfologische ontwikkelingen ten gevolge van de complexe interactie tussen golven, getijstroming, sediment transport en bodemligging. Het model maakt gebruik van de FLOW en WAVE module voor de waterbeweging. Op basis daarvan wordt het sedimenttransport berekend. Het model houdt rekening met zowel bodemtransport als suspensietransport. De laatste stap vormt de aanpassing van de bodem op basis van de gradiënten in het sedimenttransport. De bodemligging wordt gedurende de berekening telkens aangepast, en er vindt terugkoppeling plaats richting de stroming en de golven.

Kader 5.2 Toepassing van FINEL binnen het thema Kust en Zee

Binnen het thema Kust en Zee is het model FINEL van Svašek Hydraulics toegepast om de effecten van Maasvlakte 2 (alleen zandwinning) te berekenen. Het gaat daarbij om effecten op de stroming en het slibtransport. Deze modellen zijn hieronder beknopt toegelicht:

FINEL2D

Dit model is een 2DH numeriek stromingsmodel gebaseerd op de Finite Elements methode en rekent met ongestructureerde roosters. De driehoekige elementen variëren in grootte en vorm. Men is daardoor vrij om in de interessegebieden de resolutie te verhogen. Naast stroming onder invloed van getij en rivierafvoer is het model ook in staat om golfgedreven stromingen te bepalen op basis van de resultaten van een golfmodel. Het model gaat uit van een dieptegemiddelde benadering. Dit betekent dat FINEL2D geen uitspraken kan doen over variaties in de verticale richting (bijv. snelheid, zoet-zoutverschillen).

MORFIN-SILT

MORFIN-SILT is een slibmodel dat voor de waterbeweging gebruik maakt van de resultaten van FINEL2D (zie boven). Het principe van MORFIN-silt is dat erosie plaats vindt waar de kritische schuifspanning voor erosie (en dus de kritische stroomsnelheid) wordt overschreden, op voorwaarde dat er slib beschikbaar is op de bodem. In elke tijdstap worden de slibconcentratie in het water en de dikte van de sliblaag op de bodem bijgewerkt. Invoer betreft o.a. valsnelheid, initiële slibconcentratie in het water en beschikbaarheid van slib op de bodem. Gerekend wordt volgens de formuleringen van Krone voor slibdepositie en Partheniadis voor erosie. Typische processen zoals flocculatie en consolidatie worden niet expliciet in rekening gebracht maar zijn empirisch meegenomen via de kalibratieparameters. Ook bij MORFIN-SILT is – net als bij Delft3D-SED – het effect van de water-bodemuitwisseling ten gevolge van seizoensvariaties ingebracht in de modelformuleringen om de effecten van de zandwinning te bepalen.

Kader 5.3 Toepassing van geïdealiseerde modellen binnen het thema Kust en Zee

Binnen het thema Kust en Zee zijn ook (resultaten van) geïdealiseerde modellen gebruikt om de effecten van Maasvlakte 2 (alleen zandwinning) te berekenen. Het gaat daarbij om effecten op de stroming de morfologie van zandwinputten. Deze modellen zijn hieronder beknopt toegelicht:

Deze geïdealiseerde modellen beschrijven in grote lijnen de fysica van de getijstroming en de morfologie op een vergelijkbare manier als de complexe modellen, maar gaan uit van een geïdealiseerde geometrie (bijv. een oneindig, vlakke bodem) en randvoorwaarden (bijv. alleen M_2 en M_4 getij). Dergelijke modellen geven veel kwalitatief inzicht in de lange termijn effecten van zandwinputten op de hydrodynamica en morfologie in en rond de zandwinputten. Dergelijke lange termijn berekeningen zijn nog niet goed mogelijk met complexe procesgebaseerde modellen vanwege de randvoorwaarden en de gevraagde rekeninspanning. Vanwege de aannamen van deze geïdealiseerde modellen zijn de modellen minder geschikt om kwantitatieve uitspraken te doen voor de lange-termijn ontwikkeling voor een specifieke situatie.

Ondanks de geboekte vooruitgang in de modellen blijft het nodig om de resultaten van de uitgevoerde berekeningen met voorzichtigheid te interpreteren. In algemene zin geldt dat de nauwkeurigheid van de resultaten het grootst is voor de effecten op de waterbeweging (waterstanden, stroming, golven). De resultaten zijn minder nauwkeurig voor berekeningen met betrekking tot sedimenttransport (zand, slib) en het minst nauwkeurig voor morfologie, zoutniveau, nutriënten en primaire productie. De nauwkeurigheid, of bandbreedte, van de resultaten komt bij de verschillende effectbeschrijvingen aan de orde.

5.4 Afstemming met kenniscentra/deskundigen

Binnen het thema Kust en Zee heeft diverse malen overleg plaatsgevonden om de resultaten van de berekeningen te toetsen aan expert judgement. Ondanks dat de modellen state-of-the-art zijn, is dit nodig aangezien de modellen een beperkte beschrijving geven van de werkelijkheid. Hierdoor zijn de resultaten met onzekerheden omgeven. Voor een tweetal onderwerpen is specifiek afstemming gezocht met kenniscentra. Deze worden hieronder toegelicht:

1. Morfologie

In het kader van dit MER zijn nieuwe morfologische berekeningen uitgevoerd om de gevolgen van de landaanwinning in kaart te brengen. Specifiek gaat het daarbij om de aanzanding in de Euro-Maasgeul, de erosiekuil voor de landaanwinning, de morfologische veranderingen in de Haringvlietmonding. Uit vergelijkingen met metingen blijkt dat voor de twee laatstgenoemde aspecten het model niet optimaal presteert. In de workshop van 20 januari 2006 zijn deze resultaten voorgelegd aan een panel van experts van de Universiteit Utrecht, de Technische Universiteit Delft en het Rijksinstituut voor Kust en Zee. De resultaten van deze workshop zijn verwerkt bij de beschrijving van de effecten.

2. Slibverspreiding

Voor het MER Aanleg is het modelinstrumentarium voor het voorspellen van de verspreiding van slib sterk verbeterd. Enerzijds is de modelresolutie sterk verhoogd in de kustzone om de kusttrivier met de complexe interactie tussen zout en zoet water goed te kunnen beschrijven. Anderzijds is de beschrijving van de slibuitwisseling tussen het water en de bodem aangepast op basis van de nieuwste inzichten. De gemeten seizoensafhankelijke dynamiek van deze uitwisseling is met succes gereproduceerd door het model. Deze verbeteringen zijn tot stand gekomen door intensief onderzoek van diverse kenniscentra op het gebied van hydraulica en sedimenttransport zoals de kennisinstituten WL|delft hydraulics en het Rijksinstituut voor Kust en Zee, en de ingenieursbureau's Svašek Hydraulics en Royal Haskoning.

6 KUSTLIJNHANDHAVING

6.1 Inleiding

De landaanwinning en zandwinning kunnen invloed hebben op de ligging van de bestaande kustlijn en daardoor op het kustonderhoud. Ook is het mogelijk dat de veerkracht van de kust, het zelfherstellende vermogen, wordt beïnvloed door de veranderde dynamiek en afscherming. Als criterium voor de kustlijnhandhaving wordt het kustonderhoud (zand- en vooroeversuppleties), uitgedrukt in m³/jaar, gebruikt. Bij de effectbeoordeling wordt gekeken naar de kustvakken:

- Delfland.
- Voorne.
- Goeree.
- De landaanwinning zelf.

Een toe- of afname van het kustonderhoud wordt op de volgende manier beoordeeld:

- toename kustonderhoud meer dan 400.000 m³/jaar;
- toename kustonderhoud meer dan 100.000 m³/jaar;
- 0 onderhoud ongeveer gelijk aan autonome ontwikkeling;
- + afname kustonderhoud meer dan 100.000 m³/jaar;
- ++ afname kustonderhoud meer dan 400.000 m³/jaar.

Deze waarderingssystematiek is overgenomen van MER PMR.

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (6.2), en vervolgens de effecten van de landaanwinning (6.3) en de zandwinning (6.4) op het kustonderhoud.

6.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

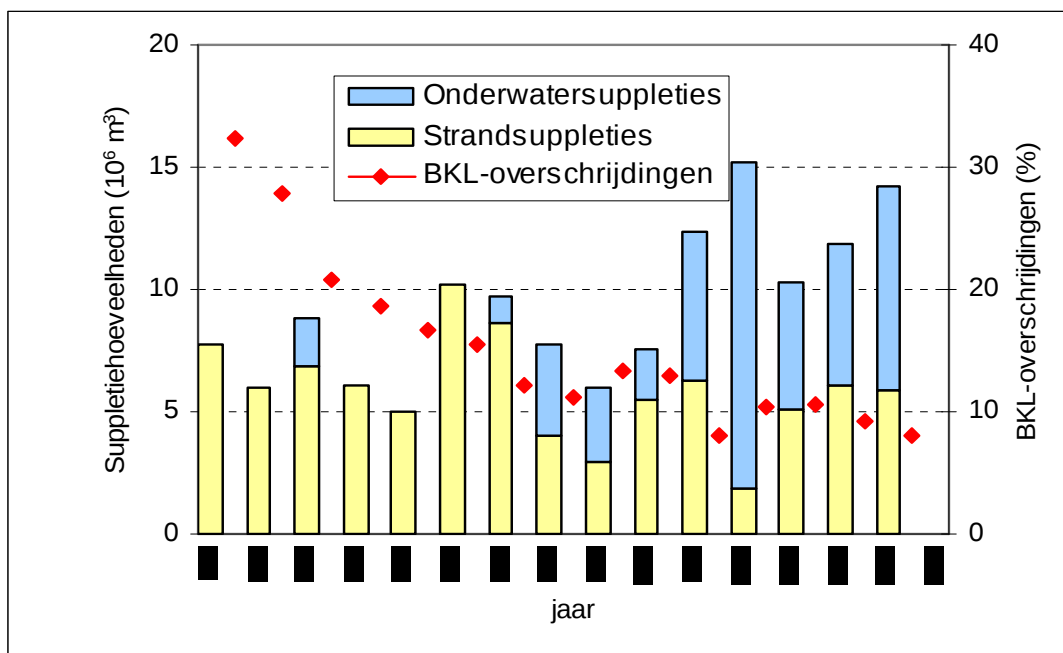
6.2.1 Huidige situatie

Sinds 1990 wordt in Nederland voor het beheer van de kustlijn het principe van dynamisch handhaven gebruikt. Daarbij wordt de kust op zijn plaats gehouden met behulp van periodieke zandsuppleties op de ligging van 1990, de zogenaamde Basiskustlijn (BKL). Hierdoor ontstaat de ruimte voor natuurlijke ontwikkelingen. In de Tweede Kustnota [45] is het beleid van het kustbeheer gewijzigd. Naast het handhaven van de BKL-zone is het streven toegevoegd dat het kustsysteem als geheel niet structureel zand mag verliezen. Sinds 2001 is naast de BKL de zandbalans van het kustsysteem als geheel (naast de ondiepe kustzone ook het kustfundament) een belangrijke graadmeter voor het beleid 'dynamisch handhaven' op grotere schaal.

De regionale diensten van Rijkswaterstaat die een deel van de Nederlandse kust beheren, zijn verantwoordelijk voor de maatregelen die nodig zijn voor de kusthandhaving. Rijkswaterstaat Directie Noordzee organiseert, in opdracht van deze diensten, de inkoop en uitbesteding van de kustsuppleties. De Meetkundige dienst en de meetdiensten van de regionale directies van Rijkswaterstaat verzorgen het inmeten van het droge en natte profiel van de zandige kust. RIKZ levert bij de zandsuppleties inhoudelijke ondersteuning.

In de onderstaande figuur zijn de zandsuppleties weergegeven in de periode 1991 – 2004. Door de beleidswijziging rond 2000 zijn de jaarlijkse suppletiehoeveelheden bijna verdubbeld. De extra suppleties vinden vooral plaats onder water vanwege de lagere kosten per m³ waardoor er meer zand voor hetzelfde vaste jaarlijkse budget kan worden aangebracht. Een andere reden is dat onderwatersuppleties minder hinder voor recreatie veroorzaken en de verwachting is dat deze vorm van suppletie op termijn kosteneffectiever blijkt. In 2004 is in totaal 11.9 miljoen kubieke m zand gesuppleerd om het kustfundament te handhaven. Daarvan is 5.8 miljoen kubieke m onder water gesuppleerd.

Figuur 6.1: Zandsuppleties van 1991 tot en met 2004 langs de gehele Nederlandse kust [5]



Langs de Delflandse Kust is van 1991 tot 1998 per jaar gemiddeld ongeveer 1 miljoen m³ zand aangebracht (zie Tabel 6.1). De kusten van Voorne en Goeree, ten zuiden van de bestaande Maasvlakte hebben minder onderhoud nodig. Bij deze kusten is gedurende diezelfde periode respectievelijk 20.000 en 160.000 m³ per jaar zand aangebracht. De kust bij Kwade Hoek, de noordoostkust van Goeree groeit zelfs aan. De kust van de Maasvlakte 1 en de Slufterkust zijn relatief zacht; hier treden – net als bij Delfland – relatief grote zandverliezen op.

Tabel 6.1: Totaal aangebrachte hoeveelheden van 1991 tot 1998

Delflandse kust	7,8 miljoen m ³
Maasvlakte + Slufter	7,1 miljoen m ³
Voorne	0,16 miljoen m ³
Goeree	1,25 miljoen m ³
Totaal	16,31 miljoen m³

De suppletiehoeveelheden voor de Slufterkust zijn nader gespecificeerd in de onderstaande tabel voor de periode 1991 – 2005. In deze periode is hier ongeveer 12 miljoen m³ zand aangebracht met een gemiddelde hoeveelheid van 0,8 miljoen m³/jaar [46].

Tabel 6.2: Totaal aangebrachte hoeveelheden van 1991 tot 2001 langs de Slufterkust [46]

Jaar	Hoeveelheid (m ³)	Van km tot km	m ³ per m strand	Locatie	Herkomst van het zand
1991	100.000	9 – 10,4	71	Slufterdam	Strandhaak zuidzijde
1992	1.150.000	9,01 – 10,11	1045	Slufterdam	Euro-Maasgeul < 20 km
1996	2.045.197	7 – 10, 15	678	Slufterdam	Amazonehaven; d ₅₀ = 165 µm (145 – 190 µm)
1997	2.727.113	6,5 – 10,2	737	Slufterdam	Euro-Maasgeul < 20 km
1998/1999	1.266.254	7 – 8,3	974	Slufterdam	Amazonehaven; d ₅₀ = 165 µm (145 – 190 µm)
2000	1.100.000	6,41 – 10,54	282	Onder water	Loswal Noord; d ₅₀ circa 200 – 250 µm
2000/2001	600.000	7,81 – 10,2	250	Op strand	Loswal Noord; d ₅₀ circa 200 – 250 µm
2001	1.000.000	6 – 10,02	250	Onder water	
2005	1.728.100	6 – 10,02	430	Slufterdam	D ₅₀ ?
Totaal	11.688.000				
Gemiddeld per jaar	800.000				

Het kustvak Maasvlakte, inclusief het Slufterstrand valt buiten het deel van de Nederlandse kustlijn waar de BKL-grens is vastgesteld. Terugschrijding van de kust heeft ook in dit gebied negatieve gevolgen; verlies van zand kan de kerende functie van de Slufterdam aantasten en klifvorming aan de voet van het duin kan gevaar opleveren voor recreanten. Ondanks het ontbreken van een jaarlijkse toetsing aan een Basiskustlijn wordt het gebied periodiek gemonitord en wordt kustachteruitgang tegengegaan met periodieke strand- of vooroever suppleties.

6.2.2 Autonome ontwikkelingen

Naar verwachting komen er in de komende decennia bij een zeespiegelstijging van 20 cm/eeuw geen grote verschuivingen in de omvang van de zandsuppleties [5]. Verwacht wordt dat bij een snellere zeespiegelstijging, van 60 cm/eeuw, het totale kustonderhoud langs de Nederlandse kust ongeveer zal verdubbelen [5]. Voor het onderhoud van Maasvlakte 2 kan een heroriëntatie van het Slufterstrand mogelijkwerijs nog leiden tot enige afname van het kustonderhoud ter plaatse. Ook de toepassing van relatief grof zand kan voor een verdere reductie zorgen. De overgang naar het Kierbeheer van de Haringvlietsluizen zal geen consequenties hebben voor het kustonderhoud van de aangrenzende kustvakken, de Maasvlakte en de Slufter.

6.3 Effecten landaanwinning

6.3.1 Overzicht effecten

Het Basisalternatief voor de landaanwinning heeft alleen een toename van het kustonderhoud tot gevolg bij de landaanwinning zelf. Er bestaat een sterke relatie bestaat tussen toegepaste korreldiameter voor de zachte zeewering en de benodigde hoeveelheid zand tijdens de aanleg en het kustonderhoud tijdens de aanwezigheid [51]. De toepassing van relatief fijn zand (met een korreldiameter van 160 μm) zou een zeer sterke toename van de onderhoudsbehoefte betekenen. Voor het Basisalternatief wordt daarom uitgegaan van grover zand met een d_{50} van 285 μm . Dit is een gangbare manier van werken die ook wordt toegepast in het huidige suppletiebeleid elders langs de Nederlandse kust (o.a. ook op het strand van de huidige Maasvlakte). Ten opzichte van de huidige situatie betekent dit, voor Maasvlakte 2, nog steeds een toename van het kustonderhoud, maar hiermee wordt de onderhoudsbehoefte aanzienlijk beperkt.

De samenvattende beoordeling van het aspect kustlijnhandhaving in de aanwezigheidsfase wordt in tabel 6.3 gegeven. De grootte van de toename van het kustonderhoud bij de landaanwinning wordt als negatief beoordeeld. Merk op dat deze grootte met onzekerheden is omgeven. Voor de kustvakken van Delfland, Voorne en Goeree is het kustonderhoud min of meer gelijk (0) aan dat van de autonome ontwikkeling. Deze kustvakken worden voor het aspect kustonderhoud neutraal beoordeeld (0). Voor de effectbepaling is echter geen rekening gehouden met de onzekerheid in de modelresultaten. Er wordt hier uitgegaan van een verwachtingswaarde, waarbij de onzekerheid in de resultaten circa 50% is. Deze onzekerheid is een gevolg van de natuurlijke variabiliteit van het systeem. In principe zou in het MMA een kleine besparing gerealiseerd kunnen worden, indien het nog grovere zand (gemiddeld 350 μm) in de zachte zeewering in elk geval deels aan de buitenzijde van de zachte zeewering wordt aangebracht, dit heeft geen wijziging van de beoordeling tot gevolg.

Tabel 6.3: Overzicht effecten kustlijnhandhaving tijdens aanwezigheid – landaanwinning

Beoordelingscriterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Kustlijnhandhaving	Toe- of afname kustonderhoud (basiskustlijn) in m ³ /jaar	Delfland: geen verandering (1 miljoen m ³ /jaar)	0	0
		Voorne: geen verandering (0,2 miljoen m ³ /jaar)	0	0
		Goeree: geen verandering (0,16 miljoen m ³ /jaar)	0	0
		Maasvlakte en Slufter: geen verandering (0,8 miljoen m ³ /jaar)	- (landaanwinning: toename +0.4 miljoen m ³ /jaar) ¹	- (landaanwinning: toename +0.3 miljoen m ³ /jaar)
Eindbeoordeling		0	-	-

6.3.2 Toelichting op effecten

De effecten van de aanwezigheid van de landaanwinning op de kustlijnhandhaving in de omgeving is onderwerp geweest in diverse studies [10, 36, 37]. In [37] is het effect op het kustonderhoud van Delfland en Goeree bepaald voor eerdere Maasvlakte varianten. Daarbij is gebruik gemaakt van een 2D golfmodel (HISWA) en een morfologische model voor de ontwikkeling van een kustraai (UNIBEST). Door het vergelijken van diverse kustraaien is vervolgens een analyse gemaakt van de zandbalans van de kustvakken van Delfland en Goeree met en zonder de aanwezigheid van Maasvlakte 2. Hier wordt ter vergelijking gebruik gemaakt van de resultaten van de MV2-variant Noord omdat deze qua geometrie het meest lijkt op de huidige Doorsteekvariant net als in [38] is gedaan.

In [10] is het effect op het kustonderhoud bepaald voor het Basisalternatief met een 2D-morfologisch model. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor een periode van 20 jaar voor de Noordzeekust tussen de kop van Goeree en Scheveningen. In deze berekeningen zijn de veranderingen van de bodem in de loop van de tijd en in de ruimte gekwantificeerd voor het Basisalternatief. In deze berekeningen is rekening gehouden met het reguliere baggeronderhoud van de Euro-Maasgeul. Verder is voor de huidige Maasvlakte en de Slufter en ook voor de landaanwinning in het Basisalternatief een grovere korreldiameter toegepast voor het kustonderhoud. Er is uitgegaan van een iets grovere d₅₀ van 285 µm ten opzichte van het zand in de omgeving (d₅₀ circa 150 – 250 µm) om de zandverliezen te beperken.

¹ In deze tabel is bij de beoordeling van het Basisalternatief en het MMA het initiele kustonderhoud tot 8m-NAP verdisconteerd en 50% van het benodigde initiele onderhoud onder 8m-NAP. Impliciet wordt er dus vanuit gegaan dat niet het gehele aanlegprofiel onderhouden hoeft te worden. Om de zandverliezen te beperken is bij het Basisalternatief en het MMA een grovere korreldiameter toegepast voor het kustonderhoud dan de korreldiameter uit de omgeving waarop de autonome ontwikkeling is gebaseerd. Vanwege deze verschillen zijn de getallen voor de autonome ontwikkeling van Maasvlakte/Slufter en het Basisalternatief/MMA niet goed vergelijkbaar. Zie voor verdere uitleg de begeleidende tekst.

Op basis van resultaten in [10] is bepaald hoeveel erosie en aanzanding plaatsvindt in de diverse kustvakken. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 6.4. Voor de kustvakken van Delfland, Voorne en Goeree gaat het in deze tabel grofweg om de BKL-zone (tot circa NAP -5m). Bij de landaanwinning is onderscheid gemaakt tussen het ondiepe (boven NAP -8m) en diepe deel van het profiel (beneden NAP -8m). Tevens is ter vergelijking ook de suppletiebehoefte opgenomen indien wordt uitgegaan van een korreldiameter van 160 µm in plaats van 285 µm bij de landaanwinning. Een korreldiameter van 160 µm is in lijn met de huidige korreldiameter bij de suppleties op de Slufter (zie Tabel 6.2).

Tabel 6.4: Modelresultaten van de effecten van landaanwinning op de gemiddelde aanzanding (+) en erosie (-) per kustvak in m³/jaar over de periode 2000 – 2020

Kustvak	Huidige situatie	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief korreldiameter 285 µm	Suppletie MV2 korreldiameter 160 µm
			m ³ /jaar	m ³ /jaar
Delfland	-55.000	-55.000	-40.000	-40.000
Voorne	-15.000	-19.000	-20.000	-20.000
Goeree ²	+219.000	+250.000	-	-
Huidige Maasvlakte en Slufter (tot 8m-NAP)	-200.000	-200.000		
Landaanwinning (tot 8m-NAP)			-375.000	-1.450.000
Landaanwinning (onder 8m-NAP)			-440.000	-1.125.000

De gepresenteerde getallen in Tabel 6.4 voor de landaanwinning zijn een gemiddelde over een periode van 20 jaar. Hierin is verwerkt dat na verloop van tijd door veranderingen van de morfologie ook de suppletiebehoefte verandert. Uit de berekeningen blijkt dat de initiële onderhoudsbehoefte (de suppletiebehoefte in de eerste paar jaren na aanleg) van de landaanwinning hoger is: voor het ondiepe deel geldt een factor van circa 1,3 en voor het diepe deel een factor van circa 1,5. Deze factoren zijn in deze effectbepaling aangehouden om de initiële onderhoudsbehoefte te bepalen.

Verder is van belang dat de modelresultaten in Tabel 6.4 zeer waarschijnlijk een onderschatting zijn van de werkelijke suppletiebehoefte [10]. Uit de validatieberekening is gebleken dat deze onderschatting circa een factor 2 is voor een korreldiameter van 160 µm. Deels wordt dit verklaard aan de hand van het niet meenemen van dwarstransport in de berekeningen. Een andere reden is dat zware stormen – ondanks hun lage frequentie – een belangrijke bijdrage leveren aan het lange termijn zandverlies. In de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een representatief golfklimaat waarin een heel scala van golfsituaties zijn verdisconteerd. In deze schematisatie komen zeer zware stormen niet voor vanwege hun lage kansdichtheid.

Voor een grovere korreldiameter is modelfout waarschijnlijk kleiner dan een factor 2. Uit eerdere analyse is bekend dat bij een grovere korreldiameter het netto zeewaarts

² Het gepresenteerde getal van het Basisalternatief voor Goeree is niet opgenomen uit het onderzoek [10]. De resultaten voor Goeree zijn niet betrouwbaar vanwege het verschil in de toegepaste golfroosters. Uit eerder onderzoek is gebleken dat het effect van diverse Maasvlakte 2 varianten op het kustonderhoud van Goeree zeer beperkt is.

gerichte dwarstransport veel kleiner is of landwaarts is gericht [39]. Ook zou het zandverlies bij zware stormen minder groot kunnen worden bij een grovere korreldiameter. Hoe groot deze effecten precies zijn is onbekend. In deze effectbepaling wordt (pragmatisch) ervoor gekozen om de modelresultaten te corrigeren met een factor 1,5 in plaats van 2 voor een korreldiameter van 285 μm om voor de onderschatting in de modelberekeningen te corrigeren.

Uit de modelresultaten in Tabel 6.4 blijkt dat de effecten van de landaanwinning op het kustonderhoud zich manifesteren bij de landaanwinning. Om een goede vergelijking mogelijk te maken met de huidige onderhoudsbehoefte wordt in eerste instantie gekeken naar de suppletiebehoefte met een korreldiameter van 160 μm . De initiële onderhoudsbehoefte voor het ondiepe profiel is als volgt ingeschat: 1,3 (initieel) $\times$ 2 (modelcorrectie voor 160 μm) $\times$ 1,5 miljoen m^3/jaar = 3.8 miljoen m^3/jaar . In vergelijking met de huidige situatie (800.000 m^3/jaar) betekent dit dus een zeer forse toename van het kustonderhoud (factor 4 – 5). Tevens treedt ook nog zandverlies op in het diepere deel van het profiel. Om de zandverliezen te beperken is er daarom gekozen voor het toepassen van een grovere korreldiameter in het Basisalternatief.

De initiële onderhoudsbehoefte bij de landaanwinning van het Basisalternatief (285 μm) wordt geschat op circa 0,7 miljoen m^3/jaar (= 1,3 (initieel) $\times$ 1,5 (modelcorrectie voor 285 μm) $\times$ 375.000 m^3/jaar) voor het ondiepe profiel (tot 8 m-NAP) bij de landaanwinning. Voor het diepere deel beneden de 8m-NAP is mogelijk eveneens ook onderhoud nodig. De initiële onderhoudsbehoefte wordt geschat op circa 1,0 miljoen m^3/jaar in dit deel van het profiel indien het gehele aanlegprofiel ook daadwerkelijk gehandhaafd wordt (= 1,5 (initieel) $\times$ 1,5 (modelcorrectie voor 285 μm) $\times$ 440.000 m^3/jaar). De daadwerkelijke suppletiebehoefte in dit deel van het profiel hangt logischerwijs sterk samen met het uiteindelijke evenwichtsprofiel dat zich zal instellen. Vanwege deze onzekerheden is 50% van deze onderhoudsbehoefte meegewogen in de totale onderhoudsbehoefte. Bij de landaanwinning wordt dus 1,2 miljoen m^3/jaar (= 0,7 + 0,5 $\times$ 1,0) aangehouden voor de totale initiële onderhoudsbehoefte.

In [38] is een analyse gemaakt van de verschillende typen bandbreedte en de consequenties daarvan op de resultaten van de suppletiebehoefte van het Slufterstrand. De bandbreedte wordt veroorzaakt door modelonzekerheden, maar ook door inherente onzekerheden (bijv. natuurlijke variabiliteit). In [38] wordt als realistische bandbreedte voor de gepresenteerde getallen voor de suppletiebehoefte aangehouden +/- 70% voor een willekeurig jaar en +/- 50% voor een gemiddeld jaar. De laatstgenoemde bandbreedte wordt ook hier gehanteerd. Voor het Basisalternatief betekent dit dat voor de totale initiële onderhoudsbehoefte dus rekening gehouden moet worden met 0,6 – 1,8 miljoen m^3/jaar .

De toename van de suppletiebehoefte bij de landaanwinning treedt hoofdzakelijk op rondom de westelijke knik van de kustlijn en het noordwestelijke gedeelte van de kustlijn. De zuidoost–noordwest georiënteerde kustlijn ten zuiden van de knik blijft min of meer stabiel. De totale lengte waarover periodieke zandsuppleties zullen moeten worden uitgevoerd bedraagt circa 3 – 4 km van de in totaal 8 km nieuwe kustlijn. Bezien over de hele breedte van het kustprofiel is het totaal areaal waar een suppletiebehoefte bestaat circa 300 ha [46]. Dit is gelijk aan de huidige situatie in het nu nog bestaande kustvak. Gezien de grotere suppletiebehoefte betekent dit per suppletie dat er meer zand aangebracht wordt (dikkere laag).

De versterkte erosie van het ondiepe profiel is begrijpelijk in het licht van de fysische processen rondom Maasvlakte 2. De gradiënten in het slangtransport op **ondiep water** nemen sterk toe, met name rondom de westelijke knik van de kustlijn. Deels wordt het verlies hier veroorzaakt door golfgeïnduceerde brandingtransport, maar deels levert de contractie van de getijstroming rondom deze knik ook een bijdrage. Het verlies van zand op **dieper water** komt door contractie van de getijstroming rondom de landaanwinning. Hierdoor neemt het zandtransport lokaal sterk toe. Omdat het aanbod van zand niet veel zal veranderen, treedt hierdoor versterkte erosie op.

Uitgaande van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de suppletiebehoefte bij de landaanwinning fors gaat toenemen ten opzichte van de huidige situatie. Volgens de modelberekening wordt de totale initiële onderhoudsbehoefte geschat op circa 1,2 miljoen m³/jaar voor de landaanwinning. Het betreft circa 0,7 miljoen m³/jaar voor het ondiepe profiel en circa 50% van 1,0 miljoen m³/jaar voor het diepe profiel. Ten opzichte van de huidige situatie is er dan sprake van een toename van circa +0,4 miljoen m³/jaar. In deze toename is een grovere korreldiameter verdisconteerd om het zandverlies te beperken. Deze toename is als negatief beoordeeld.

In principe zou in het MMA een kleine besparing gerealiseerd kunnen worden, indien het grovere zand (gemiddeld 350 µm) in de zachte zeewering in elk geval deels aan de buitenzijde van de zachte zeewering wordt aangebracht. Op basis van modelberekeningen volgt dat de zandverliezen in het ondiepe profiel afnemen ten opzichte van het Basisalternatief [10]. De gemiddelde suppletiebehoefte in dit deel bedraagt circa 300.000 m³/jaar (350 µm) in plaats van 375.000 m³/jaar (285 µm). Voor het diepe profiel zijn de wijzigingen verwaarloosbaar. Inclusief de modelcorrectie (factor 1,5) en de correctie voor de initiële suppletiebehoefte (factor 1,3) wordt het zandverlies voor deze korreldiameter daarmee geschat op circa 1,1 miljoen m³/jaar bij toepassing van deze korreldiameter (+0,3 miljoen m³/jaar). De beoordeling voor het MMA is daarmee identiek aan die van het Basisalternatief.

Voor het **kustvak Delfland** is het effect van het Basisalternatief op de totale zandbalans beperkt [10, 37]. Er is volgens de berekeningen in [10] sprake van een vermindering van erosie voor het gehele kustvak, maar dit wordt als niet-significant beschouwd in het licht van de modelonzekerheden. Hoewel de totale zandbalans van het kustvak dus niet verandert, zal er wel mogelijk sprake kunnen zijn van een verschuiving van de onderhoudsbehoefte in noordelijke richting. De onderhoudsbehoefte ter hoogte van Ter Heijde zal daardoor iets afnemen, terwijl de onderhoudsbehoefte ten noorden daarvan iets zal toenemen. Deze verschuiving wordt veroorzaakt door de versterking van de afscherpende werking van de Maasvlakte voor invallende golven uit zuidwestelijke richting.

Voor het **kustvak Voorne** zijn de effecten van het Basisalternatief op het kustonderhoud verwaarloosbaar [10]. Dit is aannemelijk aangezien de bestaande Slufter al zorgt voor golfafscherming van golven uit het noorden. Het Basisalternatief heeft voor dit kustvak geen extra golfafscherming tot gevolg.

Voor het **kustvak Goeree** is het effect van de uitbouw bij de Maasvlakte beperkt op de totale zandbalans [37]. Dit komt omdat het langtransport in dit kustvak voornamelijk wordt bepaald door de golven uit de sector ZW – WNW. Wel zal er – net als bij het kustvak Delfland – sprake zijn van een verschuiving binnen dit kustvak.

De verwachting is dat de sterke netto aanzanding nabij de Kwade Hoek meer westwaarts zal gaan plaatsvinden. Deze verschuiving wordt geïnduceerd door afscherming van de golven uit de noordwestelijke richtingen. Op basis van het bovenstaande is de beoordeling voor de kustvakken van Delfland, Voorne en Goeree voor het aspect kustlijnhandhaving neutraal.

6.4 Effecten zandwinning

6.4.1 Overzicht effecten

De effecten van de zandwinputten op de kustlijnhandhaving zijn samengevat in de onderstaande tabel. Het gaat hier om de aanwezigheidsfase. De aanwezigheid van de zandwinputten zal geen invloed hebben op de kustlijnhandhaving. De verschillende scenario's voor de zandwinning zijn daarbij niet onderscheidend.

Tabel 6.5: Beoordeling van kustlijnhandhaving tijdens aanwezigheid - zandwinputten

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 – 4
Kustlijnhandhaving	Toe- of afname kustonderhoud (basiskustlijn) in m ³ /jaar	0	0 (Delfland)
			0 (Voorne)
			0 (Goeree)
			0 (landaanwinning)
Eindbeoordeling		0	0

6.4.2 Toelichting op effecten

De effecten van de aanwezigheid van zandwinputten op de kustlijnhandhaving zijn beoordeeld op basis van een expert analyse voor de zandwinputten van Maasvlakte 2 [41]. In deze analyse is gebruik gemaakt van diverse literatuurstudies en de resultaten van een aantal modelstudies met complexe en geïdealiseerde modellen die het morfologische gedrag van zandwinputten beschrijven [o.a. 56, 60]. Daarnaast zijn ook de resultaten gebruikt van een uitgevoerde meetcampagne naar het gedrag van een proefput op de Noordzee in 1999 – 2000, zie ook [31, 32]. Qua dimensies was deze proefput vergelijkbaar met de zandwinputten van scenario 1 – 3 (windiepte circa 10 m).

Uit de analyse komt naar voren dat de zandwinputten morfologisch zeer langzaam reageren op de veranderende waterbeweging rondom een zandwinput [32, 41]. De verwachting is dat de put zich langzaam zal verplaatsen met een snelheid van orde 2 - 5 m/jaar in kustlangse richting vanwege de oriëntatie van de getijbeweging (zuid-noord). In kustdwarse richting gaat dit proces nog trager (max. 1 m/jaar). Bij het verplaatsen vindt er deels ook opvulling plaats van de put. De put zal langzamerhand verondiepen. Uiteindelijk zal op zeer lange termijn (orde eeuwen) de zeebodem weer terugkeren naar het originele niveau om zodoende het morfologische evenwicht te herstellen.

Bij de verschillende zandwinscenario's liggen de zandwinputten op grote afstand van de kustlijn (minimaal 5 km) en minimaal 2 km buiten de doorgaande 20m-NAP contour. De putten liggen hiermee buiten de morfologische actieve zone en ook buiten het kustfundament.

Aangezien de zandwinputten op grote afstand liggen van de kustlijn en morfologisch zeer traag reageren, zullen de zandwinputten naar verwachting geen noemenswaardige risico's hebben voor het zandvolume in het kustfundament [32, 41]. De beoordeling voor het aspect kustlijnhandhaving van de zandwinputten van de verschillende scenario's is daarmee neutraal (0).

7 KUSTVEILIGHEID

7.1 Inleiding

Door de beïnvloeding van waterstanden en golfhoogten op zee en de seiches in het havenbekken kan de landaanwinning invloed hebben op de veiligheid van de omliggende kustgebieden. Ook de aanwezigheid van de zandwinputten kan hierop invloed hebben. Binnen het thema Kustveiligheid wordt onderscheid gemaakt tussen drie criteria:

- Kustveiligheid omliggende gebieden.
- Inundatiekans landaanwinning.
- Gedrag seiches in bestaand havengebied.

Voor het onderdeel kustveiligheid van het omliggende gebied wordt als toetsingscriterium voor de beoordeling in dit MER genomen de lengte van de kustlijn (zeewering) waarover versterkingswerken nodig zijn, of waarover de 'reserve' aan veiligheid juist toeneemt:

- versterkingswerken zijn noodzakelijk over 5 km;
- versterkingswerken zijn noodzakelijk over een lengte van niet meer dan 5 km;
- 0 nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de aanwezige reserve aan veiligheid wordt nauwelijks beïnvloed;
- + nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van niet meer dan 5 km;
- ++ nergens zijn versterkingswerken noodzakelijk; de reserve aan veiligheid neemt substantieel toe over een lengte van meer dan 5 km.

Deze waarderingsystematiek is overgenomen van MER PMR.

Bij het criterium "Inundatiekans landaanwinning" is gekeken naar de overstromingskans van de landaanwinning. Omdat het om een buitendijks gebied gaat, is er niet sprake van een vastgestelde overstromingskans voor dit gebied. In de Uitwerkingsovereenkomst van het deelproject Landaanwinning (UWO)" is afgesproken dat de overstromingskans van de landaanwinning niet groter is dan gemiddeld eens per 10.000 jaar. Daarom is dit aspect kwalitatief beoordeeld door deze te vergelijken met de afgesproken overstromingskans van 1/10.000 jaar.

Bij het criterium "Invloed op seiches in havengebied" is gekeken naar de invloed van de landaanwinning op veranderingen in het gedrag van seiches in het Rotterdamse havengebied. Dit aspect is een ontwerpcriterium waarbij gesteld is dat de landaanwinning geen (negatieve) invloed mag hebben op het gedrag van seiches in het Rotterdamse havengebied. Hier wordt een kwalitatieve waardering toegepast voor dit aspect (+: verbetering, 0: geen verandering, -: verslechtering).

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (7.2), en vervolgens de effecten van de landaanwinning (7.3) en de zandwinning (7.4) op de kustveiligheid.

7.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

7.2.1 Huidige situatie

Nederland is verdeeld in meer dan 50 gebieden die beschermd worden door primaire waterkeringen en hoge gronden. Deze gebieden heten dijkkringgebieden [7]. Primaire waterkeringen kunnen dijken, duinen of sluizen zijn die grenzen aan rivieren, de zee of meren. In het studiegebied is ongeveer 49 km primaire zeewering aanwezig: 21 km in Delfland, 2 km Brielse Gatdam, 10 km op Oostvoorne en 16 km op Goeree.

De Wet op de Waterkering geeft voor ieder dijkkringgebied aan welke overschrijdingsfrequentie van de waterstand gekeerd moet worden. Deze frequentie is de norm van een dijkkringgebied. Deze normfrequenties voor dijkkringgebieden in de omgeving van Maasvlakte 2 staan gegeven in onderstaande tabel. De zeewering van de Delflandse kust (inclusief de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal) moet voldoen aan een veiligheidsnorm van 1/10.000 per jaar. De waterkeringen rondom Oostvoorne, Goeree en het Hartelkanaal hebben een norm van 1/4.000 per jaar.

Tabel 7.1: Normfrequenties dijkkringgebieden [7]

Kering	Dijkkring	Normfrequentie
Centraal Holland	14	1/10.000 jaar
Rozenburg	19	1/10.000 jaar
Voorne-Putten	20	1/4.000 jaar
Goeree-Overflakkee	25	1/4.000 jaar

Naast dijkkringgebieden zijn er meerdere zogeheten verbindende waterkeringen zoals de Maeslantkering, de Haringvlietdam en de Hartelkering die de achterliggende dijkkringgebieden tegen overstroming beschermen. Een verbindende waterkering heeft dezelfde norm als de hoogste norm van het achterliggende dijkkringgebied. Voor de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg geldt zo de norm van Centraal-Holland (1/10.000 jaar). In onderstaande tabel staan de verbindende waterkeringen in het onderzoeksgebied.

Tabel 7.2: Normfrequenties verbindende waterkeringen [7]

Kering	Verbindende waterkering	Normfrequentie
Maeslantkering	8	1/10.000
Europoort/Hartelkering	9	1/10.000
Haringvlietdam	11	1/4.000

De hierboven genoemde waterkeringen beschermen laaggelegen land met een permanente woonfunctie tegen overstromen. Elke vijf jaar rapporteert de beheerder van de waterkering aan de provincie hoe het gesteld is met de veiligheid van een dijkkringgebied, dit is de zogeheten veiligheidstoetsing. De beheerder van een waterkering is veelal een waterschap of een regionale directie van Rijkswaterstaat. In de veiligheidstoetsing wordt gecontroleerd of de waterkering de komende vijf jaar de waterstanden en golven kan weerstaan die behoren bij de normfrequentie. Hierbij wordt gekeken naar de hoogte en de stabiliteit van de dijken en wat er over blijft van duinen bij duinafslag onder extreme omstandigheden. De provincie rapporteert de bevindingen aan de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, die vervolgens verslag uitbrengt aan de Eerste en Tweede Kamer van de Staten-Generaal.

In 2003 is door waterkeringbeheerders geconcludeerd dat een aantal plekken langs de kust, de zogenaamde Zwakke Schakels, tussen nu en het jaar 2020 niet meer aan de norm zouden voldoen (zie figuur 7.1). In totaal zijn er 10 zwakke schakels, waarvan 8 als prioritair zijn aangegeven. Door of in opdracht van de drie kustprovincies worden er planstudies voor de 8 prioritair zwakke schakels opgesteld. Uit deze planstudies moeten vanaf 2007 maatregelen voortvloeien om bij stijging van de zeespiegel, hogere stormfrequentie en op grond van nieuwe golfbrandvoorwaarden aan de eisen voor veiligheid tegen overstroming van het achterland te voldoen, een en ander in samenhang met verbetering van de ruimtelijke kwaliteit van het betreffende gebied. Hierbij dient rekening te worden gehouden met natuur, landschap, economische functies en recreatie. Tot de zogenaamde prioritair Zwakke Schakels in het studiegebied rondom de Rijn-Maasmonding behoren ook de Delflandse kust (Hoek van Holland – Kijkduin) en Goeree (het Flaauwe Werk).

Het bestaande haven- en industrieterrein (waaronder Maasvlakte I) is opgespoten land en ligt buitendijks. Het wordt door zijn hoge ligging tegen overstroming beschermd. De hoogte van de haventerreinen ligt momenteel tussen NAP +3,5 m en +5,5 m. Voor buitendijkse gebieden geldt géén wettelijke norm voor de ontwerp-frequentie voor overstroming. In deze gebieden is het risico op slachtoffers vrijwel nihil bij een overstroming, en is er alleen sprake van economische schade. Op dit moment is een nieuwe beleidslijn in voorbereiding met betrekking tot buitendijkse investeringen. Doel van deze beleidslijn is het scheppen van een eenduidig kader voor het vaststellen van veiligheidsniveaus tegen overstroming van buitendijkse activiteiten en objecten langs de Nederlandse kust.

In het Rotterdamse havengebied zelf spelen seiches een rol van betekenis in het licht van de veiligheid tegen overstromen. Seiches zijn opslingeren van de waterstand in havenbekkens met een typische periode van 10 tot 100 minuten. Deze opslingeren zijn het gevolg van de opwekking van laagfrequente golven als gevolg van fluctuaties in de windsnelheid en de luchtdruk op de Noordzee. Het gedrag van de seiches in de havenbekkens is sterk gerelateerd aan de vormgeving van de havenbekkens. Voor het bepalen van de ontwerp-hoogte van haventerreinen en de maximale krachten op constructies (bijv. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg) zijn deze opslingeren belangrijk. Bij normale omstandigheden is de opslinging bij de havenmonding in de orde van enkele tientallen centimeters. Bij forse stormopzet van meer dan 2 m blijkt dat de amplitude afneemt tot 5 - 10 cm [52].

Figuur 7.1: Prioritaire zwakke Schakels langs de Nederlandse kust. De niet prioritaire zwakke schakels (Voorne en Den Helder) zijn niet aangegeven.



7.2.2 Autonome ontwikkelingen

Voortschrijdend inzicht in de golfbelasting heeft geleid tot de aanwijzing van een aantal Zwakke Schakels langs de Hollandse kust. In de komende periode zullen bij de Delflandse kust (Hoek van Holland – Kijkduin) en Goeree (het Flauwe Werk) maatregelen in uitvoering komen om ervoor te zorgen dat de kustveiligheid op deze plekken wordt verhoogd tot het gewenste niveau.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) noemt als beste schatting een zeespiegelrijzing van 50 cm voor de komende eeuw (met een onzekerheidsmarge 15 – 95 cm). Voor de Nederlandse waterkeringen wordt, conform de kustnota's, er vanuit gegaan dat de zachte zeeweringen "meegroeien" met de relatieve zeespiegelrijzing en bodemdaling van circa 20 cm per eeuw. Voor de harde zeeweringen zijn op termijn aanpassingen nodig om de stijgende zeespiegel mee te groeien.

Tabel 7.3: Overzicht van de door TAW Kust aanbevolen waarden van de hydraulische randvoorwaarden over de periode 2050 – 2200 [8]

Toekomstige relatieve zeespiegelrijzing	2050	2100	2200
Minimumscenario	0,10 m	0,20 m	0,40 m
Middenscenario	0,30 m	0,60 m	1,20 m
Maximum scenario	0,45 m	0,85 m	1,70 m

Niet alleen de gemiddelde zeestand verandert, ook het getij is aan verandering onderhevig. Het grootste deel van deze getijverandering wordt veroorzaakt door de effecten van menselijke ingrepen. Uit analyse van waarnemingsreeksen blijkt dat hoogwaterpeilen sneller stijgen dan de gemiddelde zeespiegel, namelijk gemiddeld circa 5 cm per eeuw sneller. Het laagwaterpeil stijgt gemiddeld 5 cm minder dan de zeespiegel. De bovengenoemde veranderingen worden verdisconteerd in de hydraulische randvoorwaarden die eens per 5 jaar worden vastgesteld conform de Wet op de Waterkering.

Vanwege zeespiegelstijging moet op de lange termijn rekening gehouden worden met een langzame stijging van de maatgevende hoogwaterstanden langs de diverse kustvakken. De autonome verondieping van de Haringvlietmonding levert daarentegen een positieve bijdrage aan de kustveiligheid bij Goeree en Voorne [35]. Verandering in het spuibeheer van de Haringvlietstuizen is verwaarloosbaar voor de kustveiligheid.

7.3 Effecten landaanwinning

7.3.1 Overzicht effecten

De effecten van de aanwezigheid van de landaanwinning op de kustveiligheid zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Tabel 7.4: Overzicht effecten kustveiligheid aanwezigheid - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Kustveiligheid	Lengte zeewering waarover versterkingswerken nodig zijn of waarover de reserve aan veiligheid juist toeneemt in km	0	0 (Delfland)	
			0 (Voorne)	
			0 (Goeree)	
			0 (landaanwinning)	
	Inundatiekans landaanwinning (1/10.000 jaar)	-	0 (peiljaar 2105)	0 (peiljaar 2005)
	Invloed op seiches	0	0	0
Eindbeoordeling		0	0	0

7.3.2 Toelichting op effecten

Ad. Benodigde versterkingswerken primaire zeewering

Voor de kustveiligheid van het omringende gebied zijn van belang de extreme hoogwaterstanden (basispeilen) en de golfcondities. De effecten op de **maatgevende hoogwaterstanden** zijn onderzocht met behulp van 3D-model voor de stroming [63]. Dit model strekt zich uit tussen Zeeuwsch-Vlaanderen en de Waddenzee en ongeveer vanaf de kustlijn tot ongeveer 70 km zeewaarts. In de modelberekeningen is uitgegaan van negen extreme stormvloedsituaties met een gesloten Maeslantkering voor de 1/10.000 jaar conditie. Vervolgens zijn de effecten op de basispeilen bepaald langs de Kop van Goeree, de Maasvlakte en de kust van Delfland voor diverse combinaties van landaanwinning en zandwinning.

In de effectbeoordeling van het Basisalternatief is hier gebruik gemaakt van Maasvlakte 2 variant "Noord" met diepe zandwinning uit [63]. Deze landaanwinningvariant is circa 2000 ha en de zandwinning betreft verdieping van de Euro-Maasgeul met 5 m en een diepe put van 10 m ten noorden van de Eurogeul van circa 50 km². Deze variant lijkt qua karakteristieken het meest op het Basisalternatief. Wel ligt de landaanwinning een stuk verder zeewaarts dan het huidige Basisalternatief. De gepresenteerde effecten zijn dus een overschatting voor het nu voorliggende Basisalternatief.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de effecten op de basispeilen in de omgeving van de Maasvlakte erg klein zijn. De verhoging van de basispeilen van de onderzochte "Noord" variant met diepe zandwinning is maximaal 4 cm ten zuiden van de Maasvlakte en circa 1 cm in de monding van het Haringvliet. Langs de Hollandse kust en in de Nieuwe Waterweg is er geen effect op de basispeilen. Merk op dat deze getallen gelden voor een landaanwinning die tweemaal zo groot is als het huidige Basisalternatief. Voor het Basisalternatief zijn de effecten derhalve nog kleiner en worden – in het licht van allerlei andere onzekerheden – hier verwaarloosbaar beschouwd.

De veranderingen in het **extreme golfklimaat** zijn bepaald met het golfmodel HISWA [64]. Dit model strekt zich uit vanaf Zeeuws-Vlaanderen tot de Hollandse kust voorbij Scheveningen. Vervolgens zijn berekeningen uitgevoerd voor drie verschillende windrichtingen (NW, W, en ZW). Vervolgens is bekeken in hoeverre Maasvlakte 2 invloed heeft op de golfcondities nabij de 20m-NAP en 10m-NAP contour, en langs de

waterkering. In deze studie zijn diverse Maasvlakte 2 configuraties van landaanwinning en zandwinning onderzocht. Hier worden de resultaten gebruikt van “variant 4”. Deze lijkt qua geometrie het meest op het Basisalternatief. Wel ligt de landaanwinning een stuk verder zeewaarts dan het huidige Basisalternatief. De gepresenteerde effecten zijn dus een overschatting voor het nu voorliggende Basisalternatief.

De modelresultaten voor “variant 4” laten zien dat het extreme golfklimaat vrijwel gelijk blijft of afneemt voor de Hollandse kust en de Haringvlietmonding [64]. De maximale **toename** van de significante golfhoogte is circa 1 – 2% op de dieptelijn van 20m-NAP. De piekperiode op deze dieptelijn verandert niet. Dichterbij de kust neemt de invloed van Maasvlakte 2 op de golfhoogte verder af omdat de diepte steeds meer bepalend wordt voor de golfkarakteristieken.

Uit het voorgaande blijkt dat de invloed van de landaanwinning op de basispeilen en het extreme golfklimaat maximaal in de orde van enkele centimeters is net ten zuiden van landaanwinning. Aangezien de hydraulische randvoorwaarden worden vastgesteld met stappen van 5 cm is aanpassing van de primaire waterkering niet nodig aangezien de veiligheid nauwelijks wordt beïnvloed. In tabel 7.4 is de neutrale beoordeling van het aspect kustveiligheid voor alle omringende kustvakken samengevat.

Ad. Inundatierisico landaanwinning

In [55] is uitgebreid gekeken naar het inundatiekans en -risico van de landaanwinning. De veiligheid tegen overstromen van de landaanwinning hangt samen met het niveau van inrichting van de binnencontour en de faalkans van de harde en zachte zeekering. Voor het Basisalternatief is de terreinhoogte 6m+NAP. Deze terreinhoogte is gebaseerd op een **overstromingskansbenadering** waarbij als uitgangspunt het handhaven van een norm van 1/10.000 per jaar is gebruikt. Bij het MMA ligt de terreinhoogte 1 m lager (5m+NAP). Deze terreinhoogte is gebaseerd op een **overstromingsrisicobenadering** waarbij een economische optimalisatie is toegepast rekening houdend met het effect van seiches en een zeespiegelstijging voor een periode van 50 jaar.

Voor het Basisalternatief en het MMA wordt uitgaande van de ontwerpwaterstand in 2005 voldaan aan 1/10.000 jaar voor wat betreft de **overstromingskans**. Bij het Basisalternatief is deze overstromingskans gedurende de komende 100 jaar gegarandeerd. Bij het MMA wordt in 2005 ook voldaan aan deze eis, maar wordt de overstromingskans in de nabije toekomst groter dan 1/10.000 jaar vanwege het effect van zeespiegelstijging en de lagere ligging van het terrein. In 2050 kan een 1/10.000 per jaar waterstand zorgen voor 0,50 m water op het terrein. Het MMA kan dan echter nog steeds als veilig worden beoordeeld omdat 0,5 m water op het bedrijfsterrein geen veiligheidsgevolgen heeft. De weg die onderdeel uitmaakt van de infrabundel is in een dergelijke situatie nog steeds hoogwatervrij en dus nog steeds geschikt als vluchtroute, omdat voor de gehele infrabundel een hoogte van NAP +5,5 m wordt aangehouden. Alleen voor enkele percelen die bestemd worden voor chemie zal van geval tot geval worden bepaald of een extra hoogte voor deze terreinen noodzakelijk is vanwege milieurisico's. Omdat beide alternatieven voor de huidige situatie voldoen aan 1/10.000 per jaar en over een periode van 50 jaar genoeg veiligheid garanderen, krijgen zowel het Basisalternatief als het MMA een neutrale waardering. Mochten de voorspellingen in de toekomst tegenvallen dan zijn beheersmaatregelen mogelijk om de veiligheid tegen het onderlopen van het gebied te vergroten.

Ad. Invloed op gedrag seiches havengebied

Voor het Basisalternatief zijn met een numeriek model de effecten op seiches in de havenbekkens in kaart gebracht [52]. In [52] is het Basisalternatief aangeduid als Masterplan 1. De berekeningen zijn uitgevoerd bij verschillende kansniveau's (1/10 jaar, 1/1.000 jaar, 1/5.000 jaar en 1/10.000 jaar). In de berekeningen is uitgegaan van de zuidelijke ligging van de harde zeewering.

Tabel 7.5 Effect van de landaanwinning op het gedrag van seiches [in cm] in het bestaande havengebied [52]

	Max Rotterdam	Max Dordrecht	Max Spijkenisse	Europahaven	Mississippihaven	Beerkanaal	8e Petroleumhaven	Hartelhaven	Amazonehaven
Kans (per jaar)									
$1 \cdot 10^{-1}$	0.01	0	0.01	0	0.01	0	-0.04	0.04	-0.02
$1 \cdot 10^{-3}$	0	0	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	0	-0.06
$2 \cdot 10^{-4}$	-0.01	0	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.01	-0.05
$1 \cdot 10^{-4}$	0	0	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0	-0.03	-0.02

De modelresultaten van de seiche-berekening voor het Basisalternatief zijn samengevat in Tabel 7.5 [52]. Uit modelberekeningen blijkt dat het Basisalternatief een neutraal en soms zelf licht positief effect heeft op de optredende seiches onder maatgevende condities (1/10.000 jaar situatie) in het Rotterdamse havengebied. Bij minder extreme condities is er alleen in de Hartelhaven sprake van een lichte toename van de hoogwaterstand ten gevolge van seiches. De toename is maximaal +4 cm bij een 1/10 jaar gebeurtenis. Dergelijke kleine veranderingen worden als verwaarloosbaar beschouwd.

Het ligt in de lijn van de verwachting dat de zeer beperkte wijziging van de havenmonding (bijv. 'noordelijke ligging') geen effect heeft op het gedrag van de seiches. De vormgeving van de havenmonding en de havenbekkens in het MMA is nagenoeg hetzelfde als die van het Basisalternatief. Aan het MMA wordt derhalve eenzelfde beoordeling toegekend.

7.4 Effecten zandwinning

7.4.1 Overzicht effecten

De effecten van de aanwezigheid van de zandwinputten op de kustveiligheid zijn samengevat in de onderstaande tabel. De kustveiligheid wordt niet beïnvloed door deze zandwinputten.

Tabel 7.6: Beoordeling van kustveiligheid tijdens aanwezigheid - zandwinputten

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 - 4
Kustveiligheid	Lengte zeewering waarover versterkingswerken nodig zijn of waarover de reserve aan veiligheid juist toeneemt in km	0	0
	Inundatiekans landaanwinning	-	n.v.t.
	Invloed op seiches	0	0

7.4.2 Toelichting op effecten

Voor de kustveiligheid zijn de effecten van de zandwinputten op de waterstanden en de golfkarakteristieken in de kustnabije zone van belang. Hiervoor zijn diverse bronnen geraadpleegd om tot een beoordeling te komen. In het kader van dit MER is een onderzoek uitgevoerd naar de effecten op de stroming en de waterstanden met behulp van een numeriek model [43] en een bureau studie [41]. Daarnaast is gebruik gemaakt van diverse bestaande rapportages over de effecten van zandwinputten op de stroming en de golfkarakteristieken op de Noordzee [31, 32, 64].

Geconcludeerd wordt dat de effecten op de waterstanden en de golfhoogten in de kustnabije zone verwaarloosbaar zijn als de zandwinputten liggen buiten de (doorgaande) 20m-NAP contour. Alleen in en rondom de zandwinputten treden kleine veranderingen op in de waterstanden en de golfkarakteristieken. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar hoofdstuk 9.

8 ZOUTNEVEL

8.1 Inleiding

De landaanwinning kan veranderingen veroorzaken in de golfdoordringing en de morfologie van de Voordelta. Hierdoor kan de hoeveelheid zoutnevel die de kust bereikt beïnvloed worden. Het gehanteerde criterium is de grootte van de zoutnevel depositie ter hoogte van het strand ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) bij zowel Voorne als Goeree. Het effect van de veranderingen in het zoutnevelklimaat wordt als input gebruikt binnen het thema Natuur.

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (8.2), en vervolgens de effecten van de landaanwinning (8.3) en de zandwinning (8.4) op de zoutnevel.

8.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

8.2.1 Huidige situatie

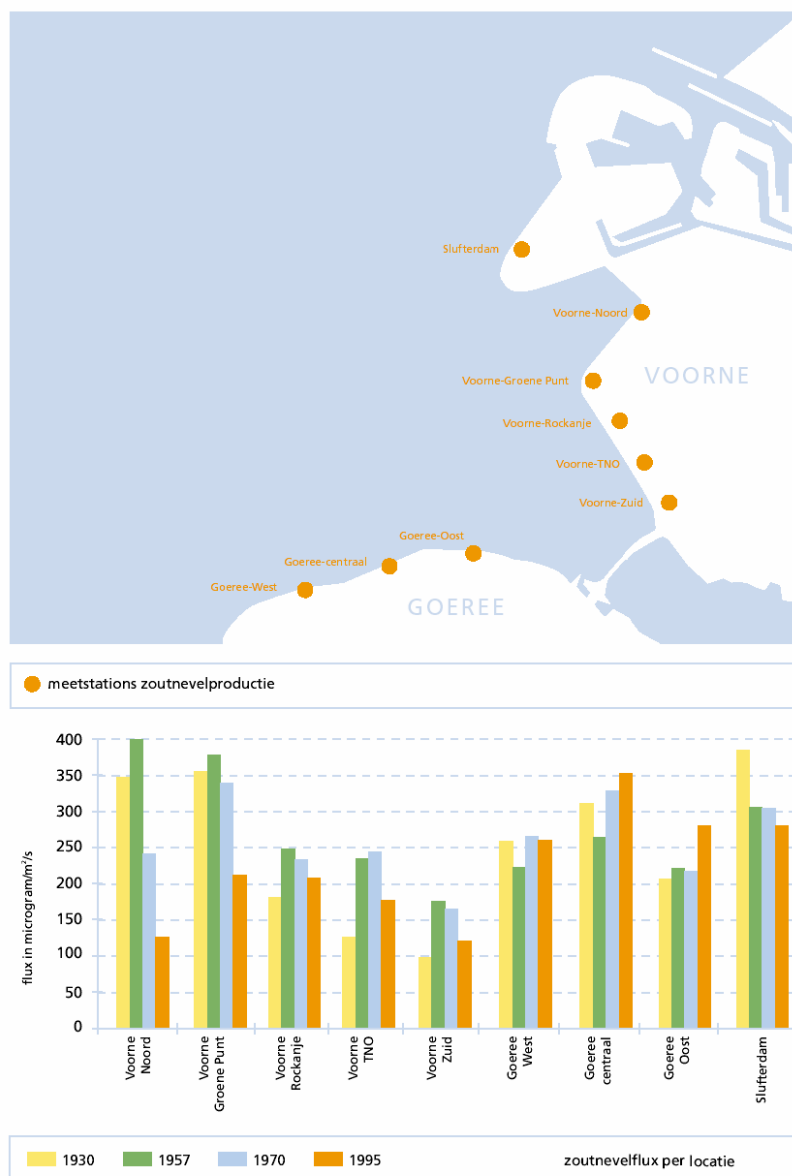
Normaliter wordt de meeste zoutnevel opgewekt waar de golven breken op de kust of op zandplaten. Wind transporteert de zoutnevel landinwaarts. Aangezien zoutnevel aerosolen relatief zwaar zijn, vindt de grootste depositie in de eerste paar km van de kustzone plaats [47, 61].

Zoutnevel speelt een belangrijke rol in de natuurwaarde van de kustzone [61]:

- typische waardevolle zeereep planten zijn niet alleen bestand tegen de hoge zoutconcentraties, ze gebruiken de ingewaaide mineralen als onderdeel van hun voeding;
- zout belemmert de ontwikkeling van struiken en bomen; hierdoor blijft het specifieke, waardevolle karakter van open duingebieden in stand.

Op basis van simulatieberekeningen komt het volgende ruimtelijke beeld naar voren (Figuur 8.1). De zoutnevel bij de kust van Goeree is groter dan bij Voorne. Per kustvak zijn er ook ruimtelijke verschillen. Zo is de zoutnevel in het centrale deel van de kust van Goeree hoger dan in de westelijke en oostelijke helft. Voor de kust van Voorne geldt dat het maximum zich bevindt ongeveer ter hoogte van Rockanje. Richting het Brielse Gat en ook richting de Haringvlietsluizen is sprake van een afname.

Fig 8.1: Zoutnevelflux in 1930, 1957, 1970 en 1995 op basis van berekeningen met een simulatiemodel [47]



8.2.2 Autonome ontwikkelingen

Een verandering van het Kierbesluit heeft nauwelijks effect op de grootschalige morfologische processen in de Haringvlietmonding. Net als voor het huidige beheer van de Haringvlietsluizen (LPH'84) blijft het sedimenttransport landwaarts gericht, verplaatst de Hinderplaat zich verder landwaarts en ook de opbouw van het plaatareaal zet door. De Haringvlietmonding zal een verdere verondieping doormaken waardoor de branding zeewaarts verplaatst en de zoutnevel op de kust op termijn afneemt.

8.3 Effecten landaanwinning

8.3.1 Overzicht effecten

De effecten van de landaanwinning op de zoutnevel zijn samengevat in de onderstaande tabel. Deze effecten vormen input voor de beoordeling bij het thema Natuur.

Tabel 8.1: Overzicht effecten zoutnevel aanwezigheidsfase - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Zoutnevel	Veranderingen in de hoeveelheid verticale zoutnevel die de kust van Voorne en Goeree bereikt in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$	Afname ten gevolge van verdere verondieping van de Haringvlietmonding	Lichte toename op Voorne en Goeree (0 – 25%)	Lichte toename op Voorne en Goeree (0 – 25%)

8.3.2 Toelichting op effecten

Figuur 8.2 geeft de toe- en afname in zoutnevel weer ten gevolge van het Basisalternatief rondom de Haringvlietmonding. Het is van belang op te merken dat de gepresenteerde resultaten de situatie weergegeven op een bepaald tijdstip (2020). Hierin is verdisconteerd de verandering in de onderliggende morfologie van de Haringvlietmonding. Omdat rond dit tijdstip de verschillen in morfologie het grootst zijn mag verwacht worden dat de gepresenteerde verschillen ook de maximale verschillen zijn. Na verloop van decaden zal het verschil weer afnemen omdat de ontwikkeling van het intergetijdengebied voor beide situaties naar dezelfde situatie tendeert.

Voor het Basisalternatief is na twintig jaar sprake van een toename van de zoutnevel depositie voor het grootste deel van het kustgebied van Voorne en Goeree ten opzichte van de autonome ontwikkeling, zie Figuur 8.2 [61]. Deze toename ligt tussen 0 en $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$. Wanneer wordt gekeken naar relatieve veranderingen is voor een groot deel van het kustgebied van Voorne en Goeree sprake van een toename tussen 0 – 25%. Alleen nabij de Haringvlietssluisen is in een klein gebied sprake van een lichte afname ten gevolge van het Basisalternatief volgens de berekeningen. De afname in relatieve zin in deze zone is daar vrij groot (tot 50%). Gelet op de modelonzekerheden en het lage achtergrondniveau in deze zone worden kleine verschillen in relatieve zin heel groot [61]. Vanuit dit oogpunt worden relatieve veranderingen van meer dan 30% niet in beschouwing genomen.

Vergelijkbare zoutnevel berekeningen zijn uitgevoerd voor Referentieontwerp I [61]. Deze berekeningen geven aan dat het Basisalternatief een positieve uitwerking heeft op de hoeveelheid zoutnevel op Voorne in vergelijking met Referentieontwerp I. Dit effect is aannemelijk gelet op de aanpassing aan de zuidwestelijk hoek van de landaanwinning. Door deze afknotting komen de golven vanaf de Noordzee dicht bij de kust en dit heeft een positieve invloed op de zoutnevel. Voor Goeree heeft de verandering in de geometrie van de landaanwinning vrijwel geen invloed op de resultaten.

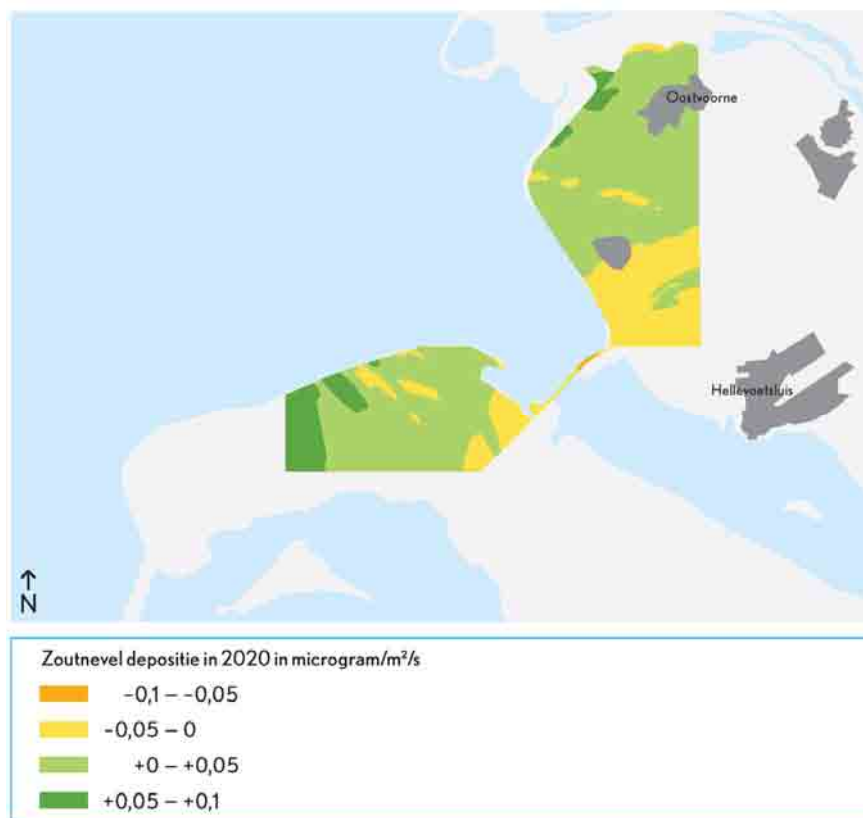
De berekende verschillen in zoutnevel tussen het Basisalternatief en de autonome ontwikkeling zijn als volgt te verklaren. De zoutnevel in de duingebieden worden sterk gestuurd door de veranderingen in de onderliggende morfologie. De ontwikkeling van de ligging en de hoogte van het intergetijdengebied in de Haringvlietmonding spelen hierin een cruciale rol. Bij het Basisalternatief verloopt de toename van intergetijdengebied minder snel dan in de autonome ontwikkeling. Hierdoor ligt gemiddeld gezien de branding bij het Basisalternatief dichterbij de kust en is de zoutnevel in de duingebieden hoger. Merk op dat deze morfologische ontwikkeling en dus de zoutnevel niet wordt beïnvloed door de toepassing van een andere korreldiameter bij het kustonderhoud. De resultaten van het MMA zijn dus identiek aan die van het Basisalternatief.

Ondanks de inzet modellen die aansluiten bij de huidige kennisstand zijn de hierboven gepresenteerde resultaten met onzekerheden omgeven. In [61] wordt reeds geconcludeerd dat de berekende verschillen vallen binnen de modelonzekerheid en de natuurlijke variabiliteit. Een belangrijke factor in de bandbreedte van de resultaten is de grootte en ligging van de intergetijdegebied in de Haringvlietmonding.

Om een inschatting te maken van de bandbreedte in de zoutnevel resultaten is de bandbreedte in de morfologische resultaten in beschouwing genomen (zie ook Hoofdstuk 11). Het verschil in zoutnevel van Figuur 8.2 is berekend op basis van een totaal areaal intergetijdengebied in de Haringvlietmonding/Noordelijke Voordelta van circa 240 ha voor de autonome ontwikkeling en circa 210 ha voor het Basisalternatief in 2020. De bandbreedte van dit verschil van 30 ha wordt geschat op 20 – 50 ha. In het pessimistische scenario voor de zoutnevel is er dus een verschil van 20 ha in plaats van 30 ha. Uitgaande van dit scenario zijn de gepresenteerde zoutnevel resultaten in Figuur 8.3 dus een overschatting van het (toch al) beperkte positieve effect. Echter, een negatief effect op de zoutnevel ten gevolge van het Basisalternatief wordt niet verwacht omdat het oppervlak intergetijdegebied bij de autonome ontwikkeling altijd groter zal zijn dan in de situatie met de landaanwinning.

Op basis van het bovenstaande is de conclusie dat in het optimistische scenario een geringe toename in de zoutnevel wordt verwacht in absolute termen voor Voorne en Goeree ten gevolge van het Basisalternatief. In het pessimistische scenario zal er ten minste geen verslechtering optreden als gevolg van het Basisalternatief. Voor een beoordeling van de resultaten van zoutnevel wordt verwezen naar paragraaf (Natuur).

Figuur 8.2: Effect van landaanwinning op de zoutnevel depositie in 2020 ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Een + betekent een toename, een – geeft een afname weer in de zoutnevel depositie ten gevolge van de landaanwinning [61]



8.4 Effecten zandwinning

8.4.1 Overzicht effecten

De effecten van de zandwinputten op de zoutnevel zijn samengevat in de onderstaande tabel. Het gaat hier om de aanwezigheidsfase.

Tabel 8.2: Beoordeling van zoutnevel tijdens aanwezigheid - zandwinputten

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 - 4
Zoutnevel	Veranderingen in de hoeveelheid verticale zoutnevel die de kust van Voorne en Goeree bereikt in µg/m2/s	Afname ten gevolge van verdere verondieping van de Haringvlietmonding	Geen effect

8.4.2 Toelichting op effecten

Op basis van het vorige hoofdstuk kan geconcludeerd worden dat de aanwezigheid van de zandwinputten geen effect zal hebben op de golfkarakteristieken bij de kust. Ook de morfologie in de ondiepe kustzone wordt niet beïnvloed door de zandwinputten (zie hoofdstuk 11). De beoordeling voor het aspect zoutnevel als gevolg van de aanwezigheid van de zandwinputten is dan ook neutraal (0).

9 WATERBEWEGING

9.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (9.2), en vervolgens de veranderingen van de landaanwinning (9.3) en de zandwinning (9.4) op de waterbeweging. Bij de veranderingen in de waterbeweging zijn de volgende aspecten beschouwd:

- verandering in getijslag (m);
- verandering in stroomsnelheden (m/s);
- verandering in golfhoogte (m);
- verandering in zoet-zoutgehaltes (promille);
- verandering waterkwaliteit.

De beschreven effecten worden beoordeeld, maar vormen input voor diverse effectbeschrijvingen binnen het thema Kust en Zee en binnen het thema Natuur. Bijv. de veranderingen in het golfklimaat en de stroomsnelheden vormen belangrijke input voor de kwalitatieve beschrijving van de effecten op de morfologie. Daarnaast geven deze veranderingen samen ook aan in hoeverre de fysische processen beïnvloed worden door de landaanwinning. De verandering waterkwaliteit wordt beschreven in de Bijlage Water en zal hier dan ook niet opnieuw besproken worden. In het hoofdrapport wordt de waterkwaliteit wel besproken onder het hoofdstuk waterbeweging.

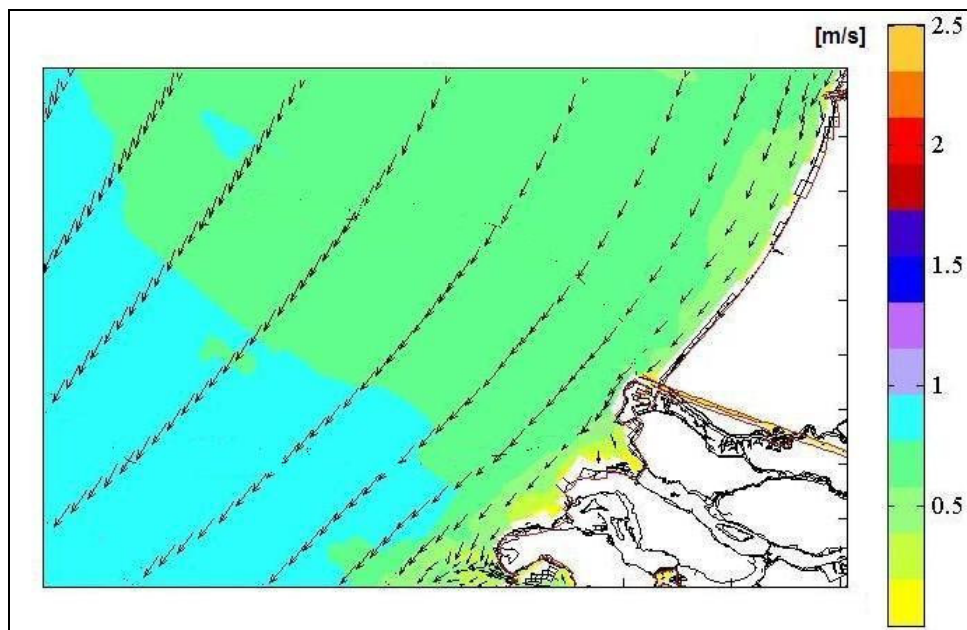
9.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

9.2.1 Huidige situatie

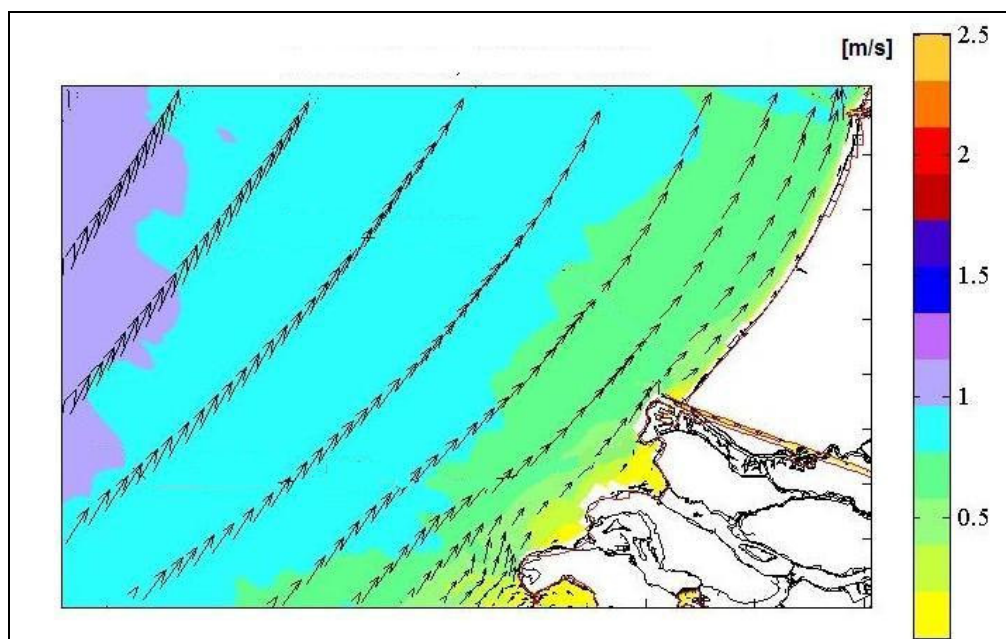
De waterstanden en stroomsnelheden rondom de Maasvlakte worden gedomineerd door getij, windgeïnduceerde effecten en golven. Rondom de Maasmonding varieert de getijslag van circa 1,8 m bij Hoek van Holland tot 2,2 m in de Haringvlietmonding onder gemiddelde getijomstandigheden. De getijgolf plant zich voort van zuid naar noord langs de Nederlandse kust. Hierdoor is er sprake van een klein tijdsverschil tussen het hoogwater in de Haringvlietmonding en bij Hoek van Holland.

De vloedstroom is noordoost gericht, de ebstroom zuidwest [11]. In figuur 9.1 zijn de stroomsnelheden, berekend met het een numeriek stromingsmodel, gegeven tijdens vloed en in figuur 9.2 tijdens eb voor een gemiddelde springtijsituatie. De maximale stroomsnelheid tijdens springtij voor zowel vloed als eb is circa 0,9 m/s en komt voor op het westelijk gedeelte van het Nederlands Continentaal Plat (NCP). Vanaf hier nemen de maximale vloed- en ebsnelheden geleidelijk af tot 0,5 m/s bij de Maasvlakte. De stroomsnelheden tijdens doottij zijn ongeveer een factor 1,5 lager. De stroomsnelheden in de monding van de Haringvliet zijn afhankelijk van de locatie en de fase van het getij [11].

Figuur 9.1: Dieptegemiddelde stroomsnelheden eb [m/s] [11]



Figuur 9.2: Dieptegemiddelde stroomsnelheden vloed [m/s] [11]



Het golfklimaat op diep water in het studiegebied is afgeleid uit de golfmetingen die op het station Europlatform op een afstand van circa 50 km van de Maasvlakte zijn gemeten. Dit is een meetplatform op de Noordzee dat onderdeel is van het Meetnet Noordzee (MNZ). Deze metingen zijn beschikbaar vanaf 1982 tot heden. De maximale golfhoogten treden op in de wintermaanden van oktober tot maart. De windrichtingen met de hoogste golven zijn NW, N en NO. In onderstaande tabel staan voor verschillende herhalingstijden de bijbehorende extreme (omni-directionele) golfhoogte gespecificeerd conform de registratie in de periode 1989 – 2002.

Tabel 9.1: Extreme significante golfhoogten Noordzee H_s [m] over periode 1989 – 2002 ter plaatse van het meetstation Europlatform [11]

Herhalingsperiode [jaren]	Significante golfhoogte H_s [m]
0,1	4,5
1	5,7
2	6,0
5	6,5
10	6,8

De golfhoogte in de Haringvlietmonding wordt sterk beïnvloed door de lokale morfologie ter plaatse. Naast de morfologie is de golfhoogte ook afhankelijk van de waterstand, de getijstroom en de opwekking van lokale golven door de wind. De meeste golven breken op de vooroever van de Slufterdam, de Hinderplaat en de Kust van Goeree. Op de hellingen van de geulen worden de golven afgebogen. Hierdoor neemt de golfhoogte boven de geul af, en neemt de golfhoogte boven de ondiepte toe. Bij waterdieptes kleiner dan 5 m is het omgekeerde te zien.

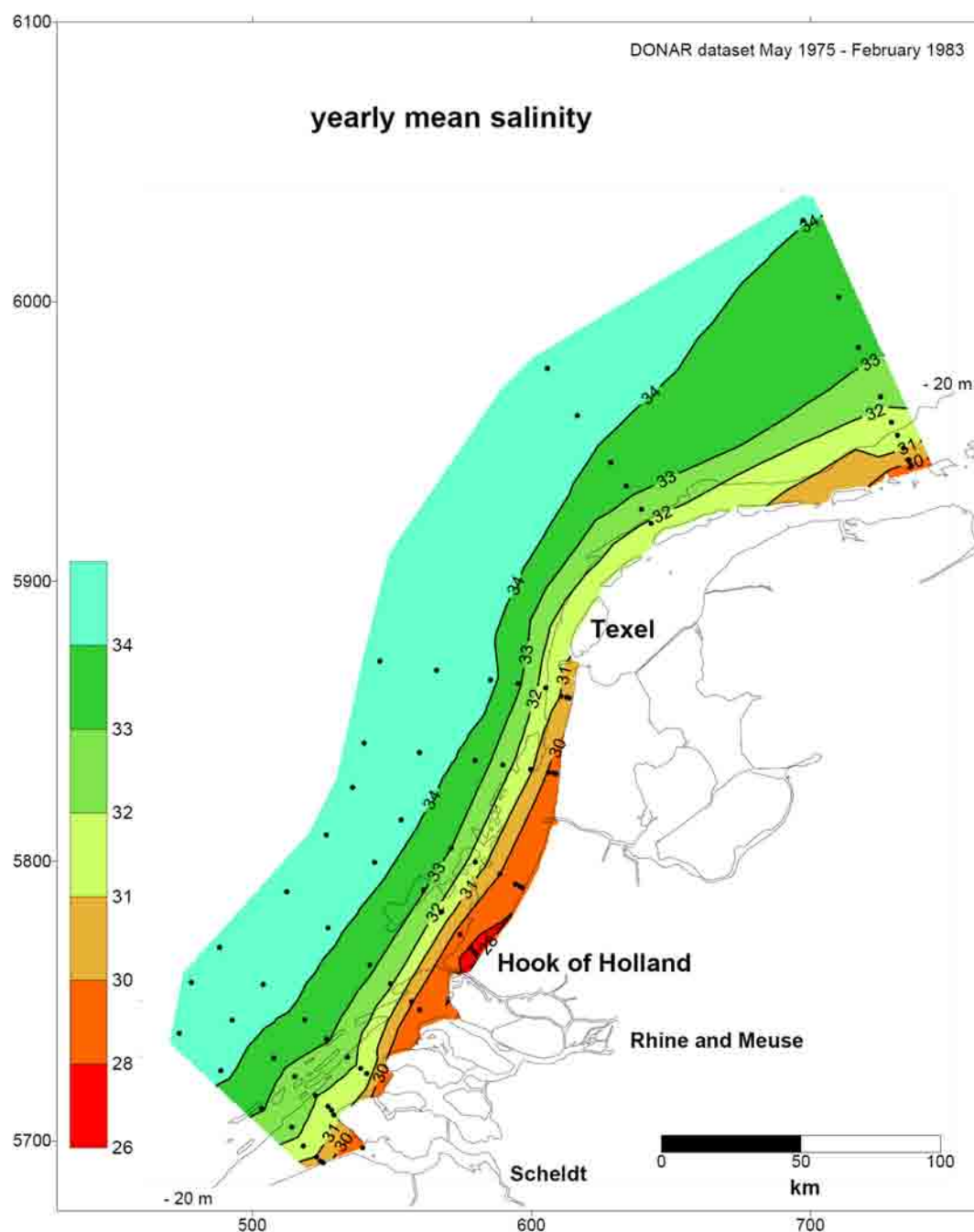
Zoutgehalte

Het zoutgehalte in de Noordzee is niet overal altijd even hoog (Figuur 9.3). Het gemiddelde zoutgehalte wordt beïnvloed door de menging tussen het instromende zoute Atlantische water en het zoete water afkomstig van de rivieren (via Nieuwe Waterweg) of spuisluisen (Haringvliet, IJmuiden, Afsluitdijk). Vlak langs de Hollandse kust is het zoutgehalte circa 28 tot 30 g/l terwijl het zoutgehalte circa 25 km uit de kust rond de 32 g/l ligt. Midden in de Noordzee is het zoutgehalte circa 35 g/l [12].

Tabel 9.2: Instroom van zoet water

Instroom via:	Gemiddelde instroom van zoet water (m^3/s)
Haringvlietsluizen	900
Nieuwe Waterweg	1650
Schelde	100
IJsselmeer	450
Eems	100

Figuur 9.3: Jaargemiddeld zoutgehalte [g/l] nabij het wateroppervlak op de Noordzee op basis van metingen [14]



Hoewel de Rijn, Maas en Schelde in de winter meer zoet water afleveren, is het zoutgehalte in de winter toch wat hoger dan in de zomer. Dit komt doordat ook de aanvoer van oceaanwater vanuit het Nauw van Calais in de winterperiode toeneemt. Uit metingen van de meetraai Noordwijk van 1988 – 1989 blijkt dat de (maandgemiddelde) variatie door het jaar heen circa 1 g/l is. Het verschil tussen de maximale en minimale gemeten saliniteit door het jaar heen kan wel oplopen tot 4 g/l dichtbij de kust (2 km). Deze variatie wordt minder op grotere afstand van de kust.

9.2.2 Autonome ontwikkelingen

Bij het veranderen van het sluisbeheer van de Haringvlietsluizen treedt bij vergroting van de sluisopening in de monding van de Haringvliet een stijging op van de laagwaterstand en een daling van de hoogwaterstand [35]. De daling van de hoogwaterstand komt omdat het water bij vloed in de huidige situatie tegen de sluisen wordt opgestuwd, terwijl dit effect verdwijnt zodra de sluisen ook bij vloed openstaan. De laagwaterstand stijgt omdat er bij eb meer water richting zee getransporteerd wordt door de grotere getijvolumina. De stroomsnelheden in de monding van het Haringvliet nemen toe bij zowel eb als bij vloed. Afgezien van het gebied direct grenzend aan de Haringvlietsluizen zal het stroompatroon geen significante veranderingen ondergaan.

Het golfklimaat in de Haringvlietmonding wordt voornamelijk bepaald door de onderliggende morfologie. Bij het Kierbeheer zal de huidige trend van verondieping en vergroting van het plaatareaal in de Haringvlietmonding doorzetten. Dit betekent dat de golfvloed in de Haringvlietmonding langzamerhand verder zal afnemen.

9.3 Effecten landaanwinning

9.3.1 Overzicht effecten

Het Basisalternatief voor de landaanwinning heeft tot gevolg dat de waterbeweging rondom de landaanwinning wijzigingen ondergaat. De veranderingen in de stroomsnelheden rondom de landaanwinning zijn aanzienlijk. De getijslag, de golfhoogte en het zoutgehalte veranderen niet of nauwelijks. In de onderstaande tabel zijn per zone karakteristieke waarden voor de veranderingen in de diverse meeteenheden gegeven.

Tabel 9.3: Overzicht effecten waterbeweging tijdens aanwezigheid - landaanwinning

Criterion	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Waterbeweging	Toe- of afname getijslag in cm	Beperkte afname van getijslag in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Maximaal effect +/- 10 cm. Toename ten zuiden van landaanwinning, afname ten noorden van landaanwinning.	Idem
	Toe- of afname stroomsnelheden in m/s	Toename van de stroomsnelheden in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Toename van stroomsnelheid voor landaanwinning (circa 0,5 m/s). Toe- en afname van stroomsnelheden in Haringvlietmonding (+/- 10 cm/s).	Idem
	Toe- of afname golfhoogte in meter	Langzame reductie van golfhoogte in Haringvlietmonding vanwege verdere verondieping	Afname van golfhoogte voor kust (circa 0,1 – 0,2 m bij Bf5-6) door afscherpende werking van landaanwinning bij Goeree (noordwesten wind) en bij Delfland (zuidwesten wind)	Idem

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
			Geen effecten in gebied landwaarts van Hinderplaat, voor kust van Voorne en voor kust van Goeree nabij Haringvlietsluizen.	
	Toe- of afname zoutgehalte in g/l	Beperkte toename van zoutindringing in Nieuwe Waterweg en Haringvliet door Kierbeheer	Verlaging in zoutgehaltes in kustzone voor de landaanwinning (circa -0,5 tot -1 g/l). Bij Brielse Gat in monding van Haringvliet lichte toename (+0,5 g/l).	Idem

9.3.2 Toelichting op effecten

De aanwezigheid van de landaanwinning verandert de waterbeweging in de nabijheid van de Rijn-Maasmonding. Deze veranderingen zijn gekwantificeerd met twee verschillende modellen: een 2D stromingsmodel van de Rijn-Maasmonding en het 3D stromingsmodel voor de Zuidelijke Noordzee [10,25]. Deze modellen houden rekening met de invloed van het getij, de rivierafvoer en de wind. In deze modellen is de verandering van de kustlijn ten gevolge van Maasvlakte 2 verdisconteerd.

Verandering getijslag

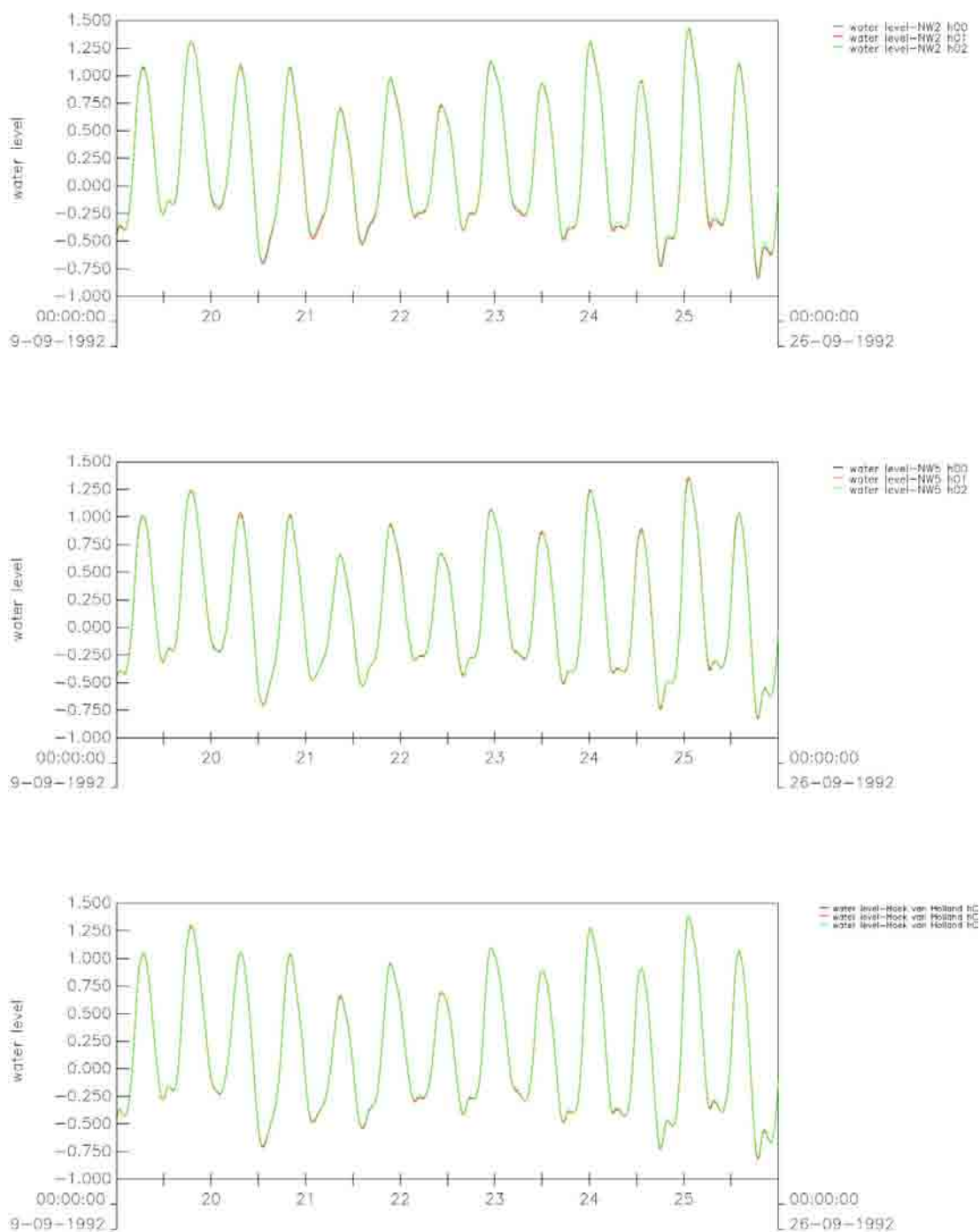
De getijslag in het gebied rondom de Maasmonding varieert van circa 1,8 bij Hoek van Holland tot 2,2 m in de Haringvlietmonding bij gemiddelde getijomstandigheden in de huidige situatie. In Figuur 9.4 is het waterstandsverloop op drie verschillende locaties in de tijd weergegeven rondom de Maasvlakte. In onderstaande tabel is voor een aantal specifieke stations in de omgeving van Maasvlakte 2 de maximale en minimale waterstand, en de getijslag (maximum – minimum) weergegeven. Deze resultaten zijn gebaseerd op de 2D modelberekeningen en hierin is de aanwezigheid van de landaanwinning zelf en de morfologische veranderingen ten gevolge van de landaanwinning na 20 jaar verdisconteerd.

Tabel 9.4: Overzicht berekende effecten op waterstanden rondom Maasvlakte 2

Locatie	Autonome ontwikkeling			Basisalternatief		
	Maximale waterstand	Minimum waterstand	Getijslag	Maximale waterstand	Minimum waterstand	Getijslag
Hoek van Holland	0.95	-0.82	1.77	0.93	-0.82	1.75
Hinderplaat	1.08	-0.83	1.91	1.11	-0.84	1.95
Brielse Gat	1.15	-0.38	1.53	1.17	-0.44	1.61
Haringvlietsluizen	1.21	-0.68	1.89	1.22	-0.69	1.91

Uit de resultaten in Tabel 9.4 blijkt dat het effect van de landaanwinning op de getijslag beperkt is. Het grootste verschil treedt op in het Brielse Gat. Daar neemt de getijslag toe met +8 cm ten gevolge van de landaanwinning. Verder blijkt uit de resultaten dat voor de stations in de Haringvlietmonding overal sprake is van een toename, terwijl juist ten noorden van de Maasvlakte (Hoek van Holland) sprake is van een (beperkte) afname ten gevolge van de landaanwinning.

Figuur 9.4: Waterstandsverloop (meters t.o.v. NAP) in de tijd (uren) bij monding Nieuwe Waterweg (boven), 4 km zeewaarts van de monding (midden) en bij Hoek van Holland (onder) voor huidige situatie (h00), voor autonome ontwikkeling (h01) en voor de situatie met Maasvlakte 2 (h02)



Bij deze beperkte verschillen moet de nauwkeurigheid van de rekenmodellen in ogenschouw genomen worden. Algemeen geldt dat waterstandsberekeningen vrij nauwkeurig zijn, mits er sprake is van calibratie van de waterbeweging. De fout in de getijslag is veelal niet meer dan +/- 5 cm bij dit type modellen als de waterbeweging afgeregeld is op metingen. Wanneer het gaat om relatieve effecten dan is de bandbreedte in de resultaten zeer waarschijnlijk kleiner. Een realistische bandbreedte voor de effecten op de getijslag is bijv. +/- 1 cm voor het gebruikte waterbewegingsmodel. Deze bandbreedte wordt hier als uitgangspunt gehanteerd. Gelet op deze onzekerheden en de resultaten in de bovenstaande tabel concluderen wij dat er sprake is van veranderingen in de getijslag van maximaal +/- 10 cm ten gevolge van de landaanwinning.

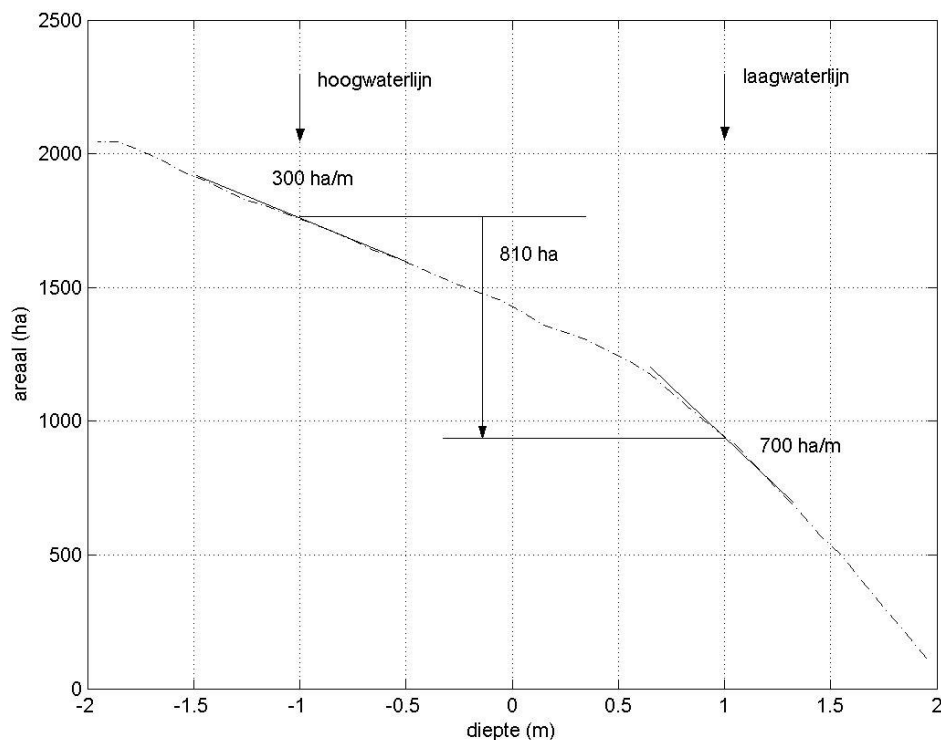
De verandering in de getijslag heeft gevolgen voor het oppervlak intergetijdegebied in de Haringvlietmonding. Daarbij zijn drie deelgebieden onderscheiden, nl. het Brielse Gat, de Kwade Hoek en de Hinderplaat. Voor deze gebieden is het effect op de getijslag op basis van de modelberekening +8 cm, +4 cm en +2 cm, respectievelijk. Voor deze effecten wordt een bandbreedte van +/- 1 cm gehanteerd, en dit leidt tot de boven- en ondergrenzen in de effecten op de getijslag (zie Tabel 9.5).

Tabel 9.5: Overzicht berekende effecten op het intergebied in de Haringvlietmonding

Deelgebied	Areaal (ha)	Effect getijslag (m)	Effect getijslag (m)		Effect areaal (ha)
			Bovengrens	Ondergrens	
Brielse Gat	271	+0.08	+0.09	+0.07	Toename 12 – 15 ha
Hinderplaat	148	+0.04	+0.05	+0.03	Toename 7 – 12 ha
Kwade Hoek	393	+0.02	+0.03	+0.01	Toename 0 – 3 ha
Totaal	812	+0.05	+0.06	+0.04	Toename 20 – 30 ha

Op basis van de initiële bodem in de morfologische berekening van de Haringvlietmonding (2000) is vervolgens het effect hiervan op het intergetijdegebied bepaald. Daarbij zijn als klassegrenzen de 1m-NAP en 1m+NAP contouren aangehouden. Het gaat hierbij om zowel de intergetijde stranden langs de kusten van Voorne als Goeree, alsmede het plaatgebied in de monding (totaal circa 800 ha). Figuur 9.5 geeft het verloop weer van het areaal als functie van de diepte. Uit de figuur blijkt dat bij de laagwaterlijn de verandering in het areaal circa 700 ha/m is, terwijl deze bij de hoogwaterlijn circa 300 ha/m is. Dit betekent dat per cm waterstandsstijging er dus ongeveer 7 ha rondom laagwater, en 3 ha rondom hoogwater extra onder water staat.

Figuur 9.5: Verloop van het areaaloppervlak als functie van de diepte van -2 en +2 m. Merk op dat diepte van 1 m overeenkomt met de 1m-NAP contour (laagwaterlijn) en een diepte van -1 m met 1m+NAP (hoogwaterlijn). Bij 1 m en -1 m is tevens aangegeven de helling van de raaklijnen



Het effect van de getijslag op het areaal intergetijdegebied in de gehele Haringvlietmonding is als volgt vastgesteld. Omdat er geen eenduidige conclusie valt te trekken over de vraag of het effect van de getijslag juist bij hoog- of bij laagwater optreedt, wordt hier het gemiddelde genomen van 500 ha/m (of 5 ha/cm) voor de intergetijdezone. Voor de bovengrens-benadering betekent dit dus een relatieve toename van het areaal intergetijdegebied in de Haringvlietmonding van $+0,06 \text{ m} \times 500 \text{ ha/m} = +30 \text{ ha}$. Voor de ondergrens-benadering volgt een effect van $+0,04 \text{ m} \times 500 \text{ ha/m} = +20 \text{ ha}$.

Voor de deelgebieden Brielse Gat, Kwade Hoek en Hinderplaat is een vergelijkbare methodiek gevolgd. Daarbij is de bovengenoemde 500 ha/m eveneens toegepast. Bijvoorbeeld: voor het Brielse Gat is het ondergrens effect op de getijslag +5 cm. Dit betekent een effect van $+0,05 \times 500 \text{ ha/m} = +25 \text{ ha}$ voor de gehele Haringvlietmonding. Vervolgens is deze areaaltoename gecorrigeerd voor het oppervlak intergetijdegebied in het Brielse Gat ten opzichte van het totale oppervlak intergetijdegebied in de Haringvlietmonding. Deze toename in het Brielse Gat wordt dan +8 ha ($= +25 \text{ ha} \times 271 \text{ ha} / 812 \text{ ha}$). De resultaten zijn samengevat in Tabel 9.5.

Merk op dat het resultaat in principe alleen geldig is voor de bodemligging van 2000.

Omdat uit de morfologische berekeningen volgt dat de areaalverandering rondom de hoog- en laagwaterlijn ongeveer gelijk is in 2020, kan dit resultaat ook voor dat moment toegepast worden.

Verandering van stroomsnelheden

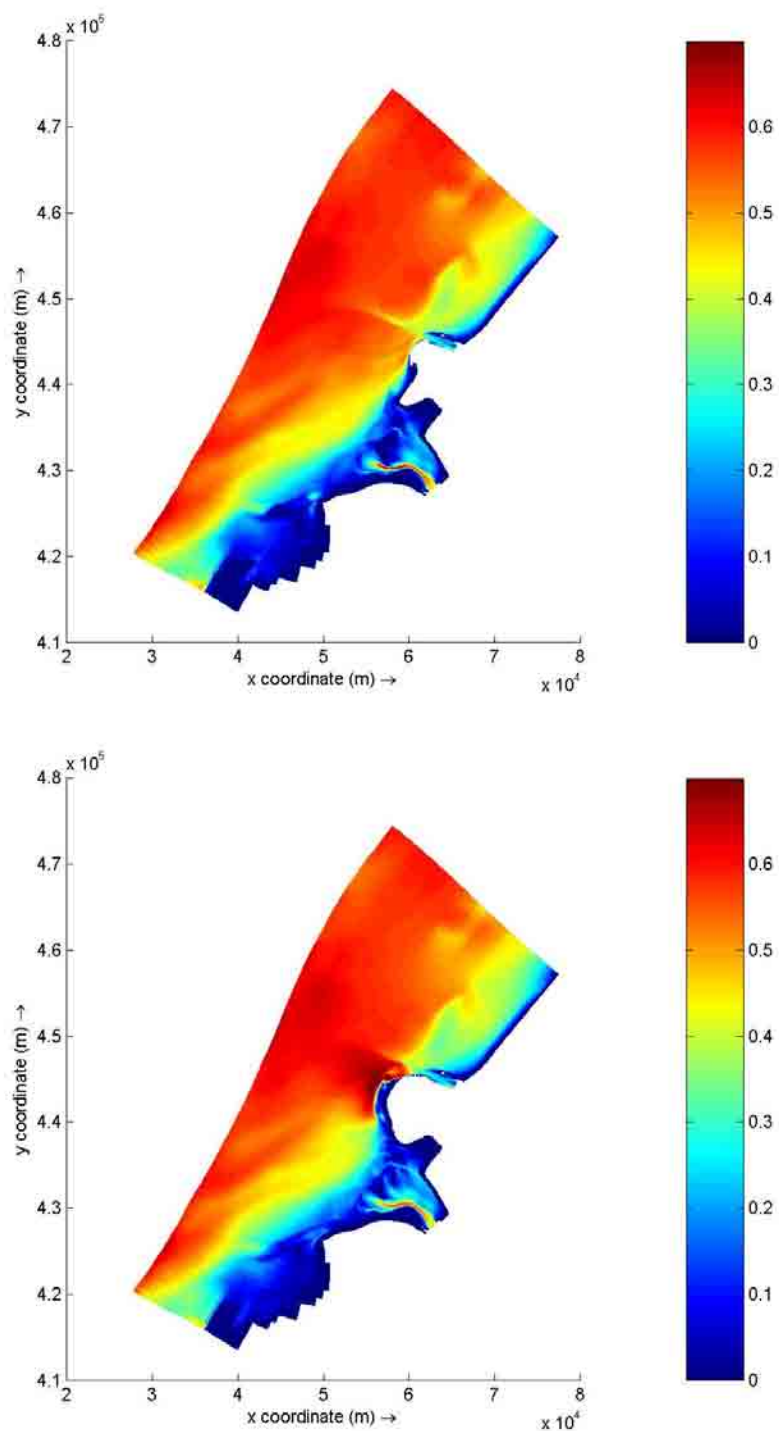
De stroomsnelheden in de huidige situatie variëren van circa 0 tot 0,8 m/s in het gebied rondom de Maasmonding onder gemiddelde getij condities. De effecten op de maximale stroomsnelheid (onder gemiddelde getij condities) in het gebied rondom de Maasmonding is weergegeven in figuur 9.6. Deze figuur geeft de maximale stroomsnelheid bij vloed weer na 20 jaar. Hierin zijn dus zowel het effect van de landaanwinning zelf, maar ook de morfologische veranderingen verdisconteerd. Deze figuur geeft de dieptegemiddelde stroomsnelheid weer.

Uit figuur 9.6 blijkt dat de veranderingen in maximale stroomsnelheid zich voordoen net zeewaarts van de landaanwinning. Hier is sprake van verhoging van de maximale stroomsnelheid ten opzichte van de autonome ontwikkeling van circa 0,4 – 0,5 m/s naar circa 0,8 – 1,0 m/s (+ 0,5 m/s). In de Haringvlietmonding is ook sprake van veranderingen. Op sommige plaatsen neemt de stroomsnelheid toe, en op andere plaatsen af. De verschillen liggen in de orde van +/- 10 cm/s. Voor de kustvakken van Delfland, Voorne en Goeree treden geen veranderingen op in de maximale stroomsnelheid.

De veranderingen in de maximale stroomsnelheid zijn begrijpelijk gelet op de veranderingen in de geometrie van de kustlijn. Bij de landaanwinning wordt het doorstroomoppervlak van de getijstroming verkleind ("contractie"). Hierdoor neemt lokaal de stroomsnelheid toe. Naast de veranderingen in de kustlijn treden er ook veranderingen op ten gevolge van morfologische effecten. Deze veranderingen zijn het gevolg van Maasvlakte 2, maar ook van de autonome ontwikkeling. De morfologische veranderingen treden hoofdzakelijk op dichtbij de landaanwinning en in de Haringvlietmonding. Vanwege verschillen in de ontwikkeling van de morfologie wijzigt ook het stromingspatroon in de Haringvlietmonding (zie ook hoofdstuk 11).

In het bovenstaande is een beeld geschetst van de grootschalige veranderingen van de stroomsnelheden. Daarnaast is in detail gekeken naar de stroombeelden rondom de haveningang in verband met de bevaarbaarheid. Daarvoor zijn ook gedetailleerde berekeningen gemaakt. De resultaten daarvan staan in het Kennisdocument Nautische veiligheid en bereikbaarheid van MER Aanleg.

Figuur 9.6: Dieptegemiddelde stroomsnelheid in m/s voor autonome ontwikkeling (boven), en voor de situatie met Maasvlakte 2 (onder) na 20 jaar. Het betreft de vloedsituatie waarbij de maximale stroomsnelheid optreedt rondom Maasvlakte 2

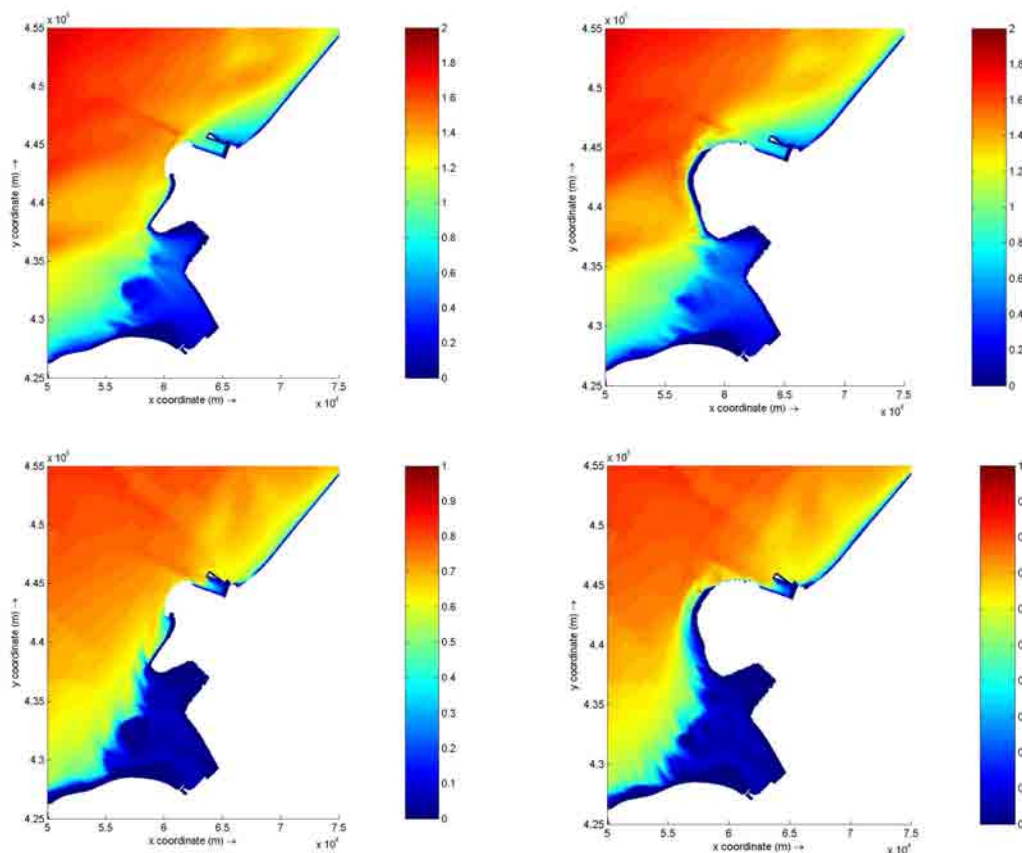


Verandering van het golfklimaat

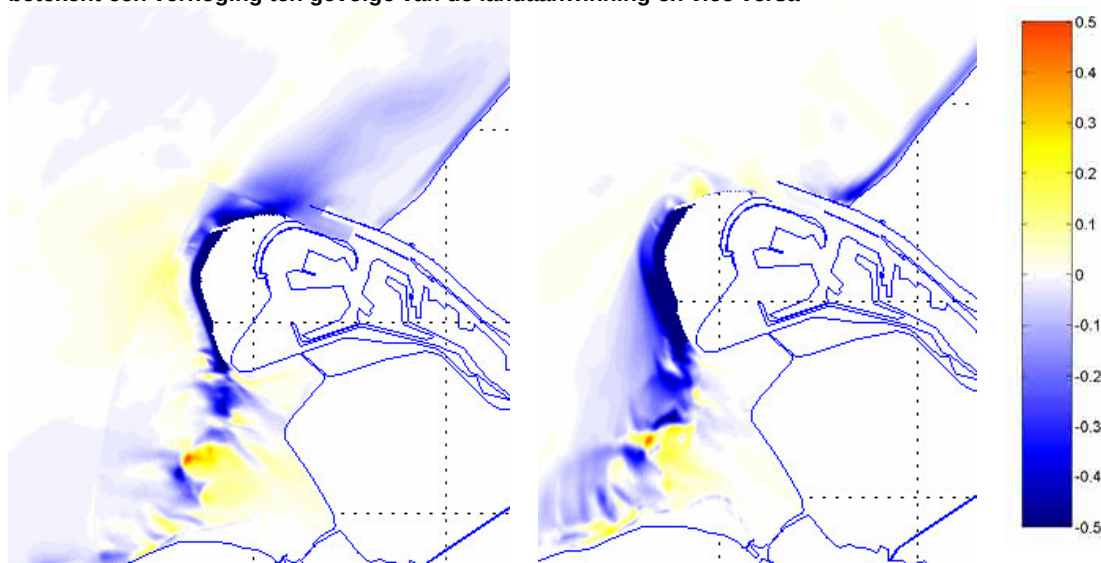
De golfhoogte in het gebied rondom de Maasmonding varieert sterk afhankelijk van de windsnelheid en windrichting. Voor gemiddelde situaties is de offshore golfhoogte circa 1 – 1,5 m en de offshore piekperiode circa 6 – 6,5 s. De golfhoogte en de golfperiode nemen af richting de kust door de invloed van de bodemwrijving en ten gevolge van breking op ondiep water.

Met behulp van 2D berekeningen zijn de effecten op het golfklimaat berekend [10]. Op basis van deze berekeningsresultaten is voor twee karakteristieke windrichtingen (westzuidwest en noordnoordwest) de golfhoogte getoond voor de autonome ontwikkeling en voor de situatie met Maasvlakte 2 (Figuur 9.7). Deze figuur geeft voor deze situaties de verschillen in golfhoogten. In deze resultaten zijn zowel de verandering qua kustlijn als de verandering van de morfologie (na 20 jaar) ten gevolge van de landaanwinning verdisconteerd. De westzuidwesten wind heeft een windrichting 252 graden, windsnelheid van 13,3 m/s (Bf 6) en offshore golfhoogte van 2,75 m en offshore golfperiode van 7,2 s. De noordnoordwesten wind heeft een windrichting 347 graden, windsnelheid van 9,1 m/s (Bf 5) en offshore golfhoogte van 2,35 m en offshore golfperiode van 7,2 s. Figuur 9.8 geeft voor de verschillen weer voor beide situaties.

Figuur 9.7: Golfhoogte in m voor de situatie met westzuidwesten wind (boven) en een noord-noordwestenwind (onder). De plaatjes geven de situatie weer voor de autonome ontwikkeling (links) en de situatie met Maasvlakte 2 (rechts), zie tekst voor specificaties



Figuur 9.8: Effect op de golfhoogte (H_{rms}) in meters van landaanwinning Maasvlakte 2 voor een westzuidwesten wind (links) en een noordnoordwesten wind (rechts). Een positieve verandering betekent een verhoging ten gevolge van de landaanwinning en vice versa



Uit de 2D berekeningen blijkt dat het grootschalige golfpatroon ten gevolge van de landaanwinning nauwelijks verandert (zie Figuur 9.8). De veranderingen zijn voornamelijk geconcentreerd nabij de landaanwinning. Logischerwijs wordt de golfhoogte net voor de landaanwinning veel kleiner. De waterdiepte neemt fors af en hierdoor is de golfhoogte veel lager. Hetzelfde geldt voor andere golfkarakteristieken zoals de golfperiode.

Daarnaast treden beperkte veranderingen op aan de zeewaartse rand van de monding van het Haringvliet langs de lijn van de Hinderplaat en voor de kust van Delfland en bij de kop van Goeree. Het betreft in deze zones voornamelijk afname van de golfhoogte van circa 0,1 – 0,2 m voor deze golfcondities. De veranderingen worden hier deels veroorzaakt door de afschermende werking van de landaanwinning. Een duidelijk voorbeeld daarvan is de daling van de golfhoogte in een waaiervorm net ten noorden van de landaanwinning bij westzuidwesten wind (zie Figuur 9.8, links). Daarnaast worden de veranderingen in de golfhoogte ook bepaald door de veranderingen in de morfologie. Het vlekkerige patroon in de veranderingen in de golfhoogte langs de Hinderplaat laat dit duidelijk zien.

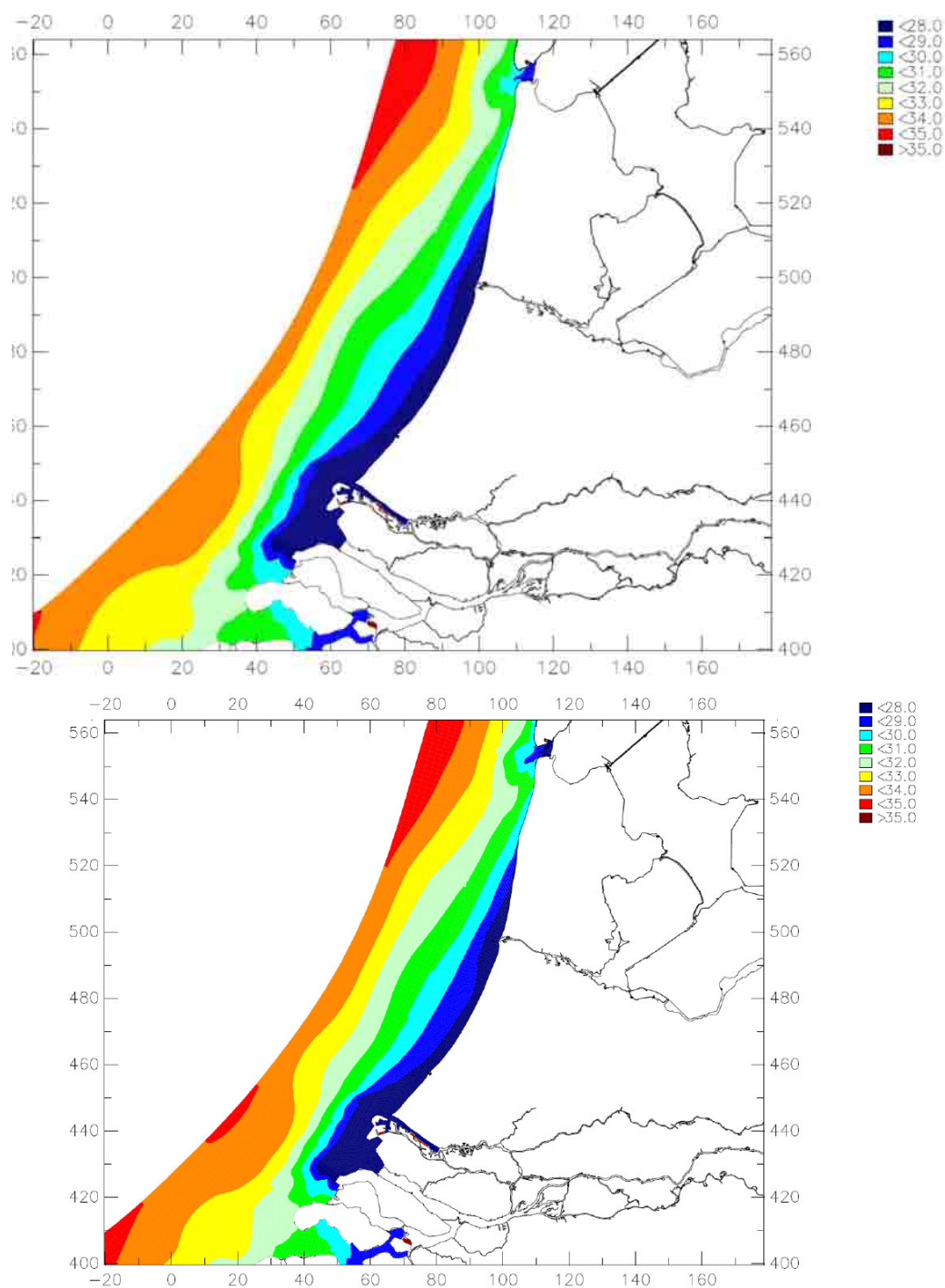
De golfhoogte landwaarts van de Hinderplaat in de Haringvlietmonding verandert niet ten gevolge van de landaanwinning. Een belangrijke reden hiervan is dat de golfkarakteristieken in deze relatief luwe gebieden in belangrijke mate bepaald worden door lokale windgroei in combinatie met de lokale morfologie. De golfdoordringing vanaf dieper water speelt hier een veel minder belangrijke rol. Omdat de lokale morfologie nauwelijks verandert en de windsnelheid ook niet verandert, zijn de verschillen in golfkarakteristieken in deze gebieden verwaarloosbaar.

Verandering van zoet-zoutgehalte

De jaargemiddelde zoutverdeling voor de autonome ontwikkeling is weergegeven in figuur 9.9. Het betreft hier een resultaat van een modelberekening voor twee verschillende jaren 1996 en 2000 [65]. Duidelijk is te zien dat het zoutgehalte dichtbij de Hollandse kust lager is dan verder zeewaarts.

Deze relatief zoete zone wordt ook wel de kustrivier genoemd. Het betreft zoet water vanuit de Rijn en Maas dat door de netto noordwaarts gerichte getijstrooming langs de kust naar de Waddenzee meegevoerd wordt en ondertussen langzaam mengt met het omringende zoute Noordzeewater.

Figuur 9.9: Zoet-zoutgehalten in g/l (promille) voor huidige situatie nabij het wateroppervlak (boven: 1996, onder: 2000) [65]



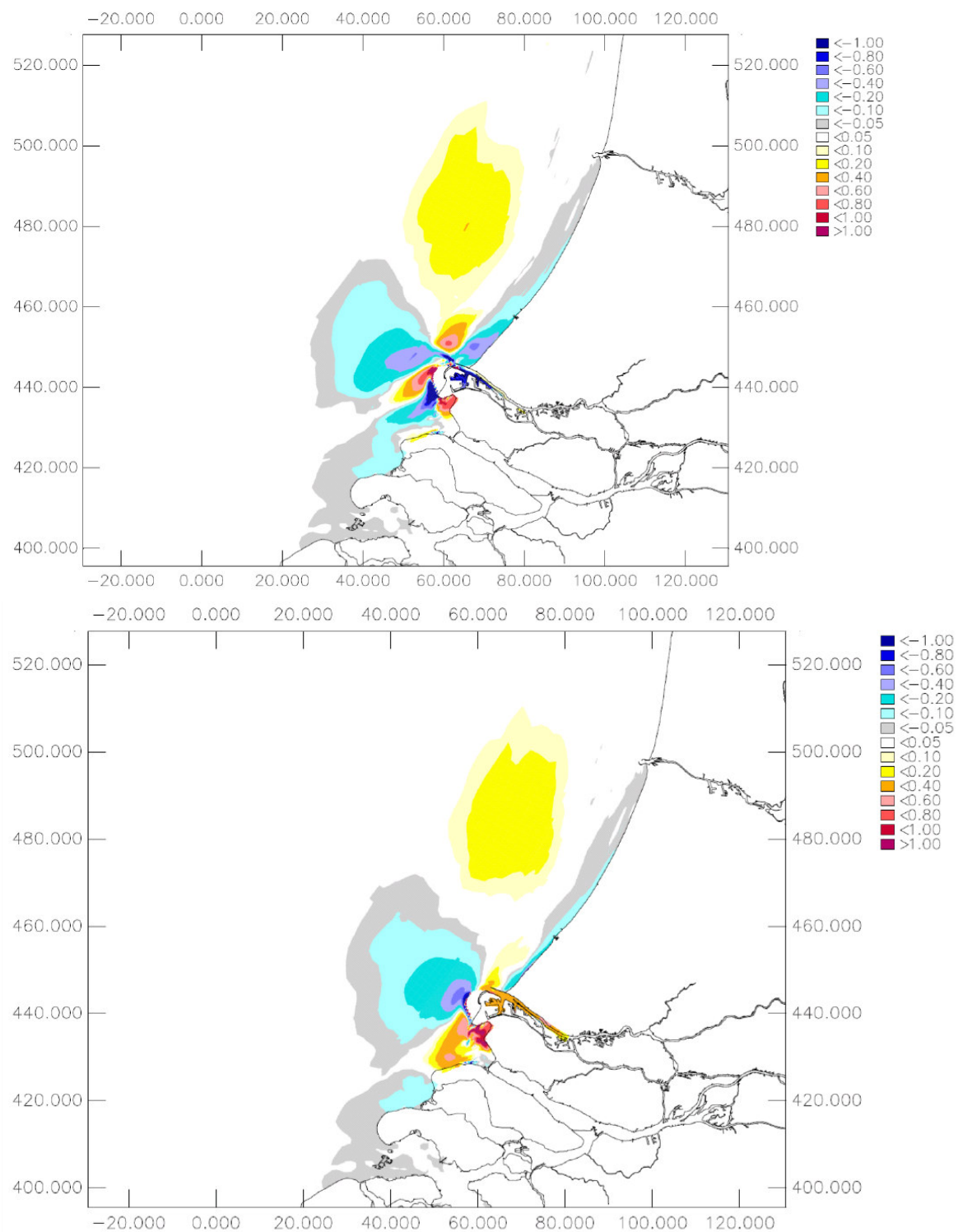
Het berekende grootschalige saliniteitsbeeld voor de Hollandse kust is in overeenstemming met de metingen [25, 65]. Wel is de saliniteit in de Hollandse kustzone volgens de berekening iets lager dan volgens de metingen (circa 1 g/l). Dergelijke afwijkingen in absolute zin zijn acceptabel voor modelberekeningen, zeker omdat de resultaten in relatieve zin worden gebruikt.

Het berekende effect op de saliniteit als gevolg van de aanwezigheid van Maasvlakte 2 is weergegeven in Figuur 9.10. Deze figuur geeft het verschil weer tussen de jaargemiddelde saliniteit voor de autonome ontwikkeling en in de situatie met Maasvlakte 2. Uit deze vergelijking blijkt dat het effect op de saliniteit marginaal is en zich beperkt tot een klein gebied rondom de Maasmonding. In de Nieuwe Waterweg is sprake van een kleine verlaging van circa 1 g/l. Ook langs Maasvlakte 2 is er sprake een kleine verlaging van de saliniteit op basis van de berekening (circa -1 g/l). Hetzelfde geldt voor de situatie voor de Delflandse kust, hoewel de afname daar beperkter is (circa -0,5 g/l). Net ten zuiden van Maasvlakte 2 in het Brielse Gat neemt de saliniteit juist iets toe (circa +0,5 – 1 g/l).

De veranderingen in het zoet-zoutgehaltes rondom de Maasvlakte zijn logisch in het licht van de veranderingen ten gevolge van Maasvlakte 2. De zoete uitstroom van water uit het Haringvliet wordt door Maasvlakte 2 langs de kust naar het noorden getransporteerd door de netto noordwaarts gerichte reststroming. Door de aanwezigheid van de landaanwinning vindt deze stroming verder zeewaarts plaats en hierdoor neemt lokaal de saliniteit iets af.

De berekende verschillen in saliniteit moeten gezien worden in het perspectief van de natuurlijke variabiliteit. De saliniteit rondom de Rijn-Maasmonding varieert sterk als gevolg van de sterk variërende rivierafvoer, de getijomstandigheden (doodtij of springtij) en windsituatie. Uit metingen blijkt dat de natuurlijke variabiliteit van de saliniteit in de Haringvlietmonding circa 0.5-1 g/l is. Gelet op deze variatie kan geconcludeerd worden dat de effecten van de landaanwinning op de saliniteit als verwaarloosbaar beschouwd kunnen worden. Problemen ten gevolge van veranderingen in het zoutgehalte voor drinkwaterwinning en landbouwwaterwinning uit de Haringvliet worden ook niet verwacht.

Figuur 9.10: Effect van de landaanwinning op zoutgehalte in promille nabij het wateroppervlak (boven) en nabij de bodem (onder) voor 1996 [65]



9.4 Effecten zandwinning

9.4.1 Overzicht effecten

De effecten op de waterbeweging beperken zich tot zandwinputten en de directe omgeving daarvan. In de onderstaande tabel zijn de effecten samengevat.

Tabel 9.6 Overzicht effecten waterbeweging zandwinning - aanwezigheid

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's
Waterbeweging Zandwinning	Toe- en afname waterstanden	Beperkte afname van getijslag in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Veranderingen in waterstanden max. +/- 3 cm rondom de put.
	Toe- en afname golfhoogte	Langzame reductie van golfhoogte in Haringvlietmonding vanwege verdere verondieping	Verhoging van de golfhoogte ter plaats en rondom de zandwinput van max. 5%.
	Toe- en afname stroomsnelheden	Toename van de stroomsnelheden in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Afname dieptegemiddelde stroomsnelheid max. 25% (scenario 1 – 3) en max. 50% (scenario 4) in put, beperkte toename van langs randen van de put. Oppervlak waarover de stroomsnelheid met meer dan 10% verandert is ongeveer 6000 ha (scenario 1 – 3) en 3000 ha (scenario 4).
	Toe- of afname zoutgehalte in promille	Beperkte toename van zoutindringing in Nieuwe Waterweg en Haringvliet door Kierbeheer	Geen effect

9.4.2 Toelichting op effecten

Waterstanden en golfkarakteristieken

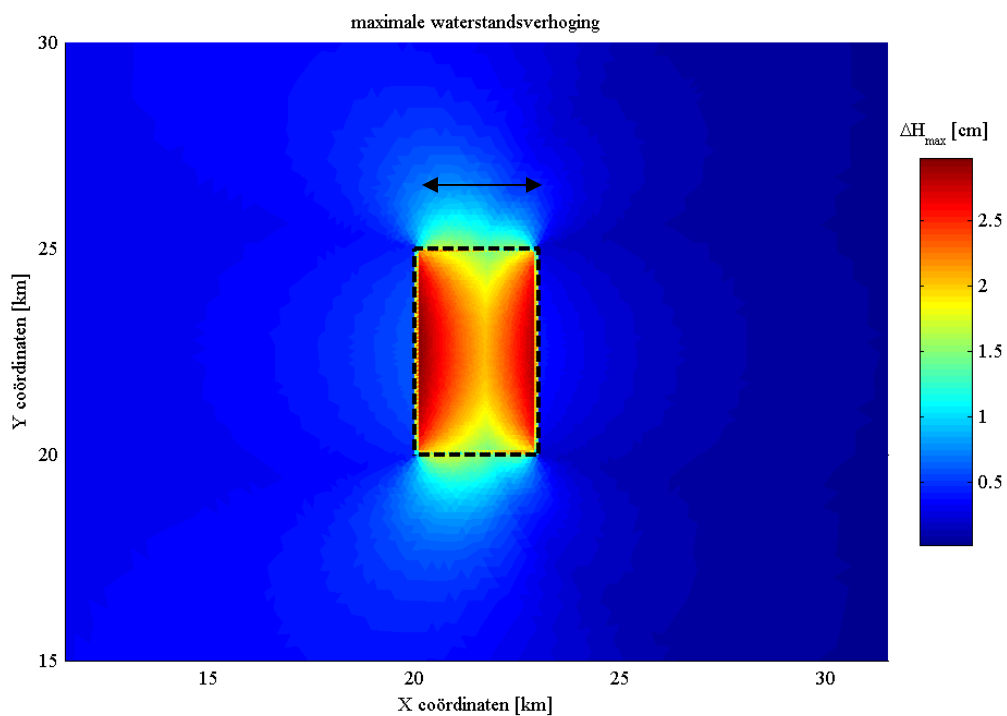
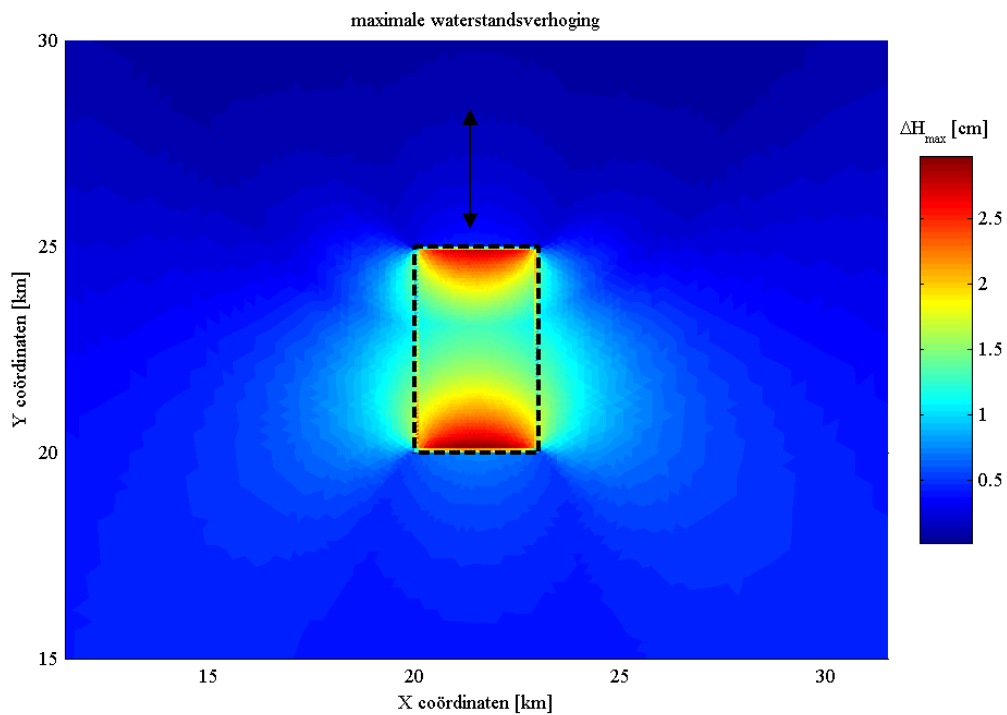
De effecten op de **waterstanden** ten gevolge van de aanwezigheid van de zandwinputten zijn lokaal en zeer beperkt [43, 32]. De modelberekeningen laten zien dat alleen rondom en in de put kleine waterstandsverhogingen optreden van maximaal enkele centimeters langs de randen van de put met een ontgrondingsdiepte van 10 m (Figuur 9.11). De maximale waterstandsverhoging in dit geval is circa +3 cm. Hetzelfde geldt voor de verlaging van de waterstand. Deze minimale verschillen in de waterstand worden ook bevestigd door metingen die zijn uitgevoerd bij de proefput op de Noordzee [32]. Uit deze metingen blijkt dat er nauwelijks verschil waarneembaar is tussen de waterstand in de put en de waterstand buiten de put.

De effecten op de **golfkarakteristieken** ten gevolge van de aanleg van zandwinputten op de Noordzee staan beschreven in [31, 32]. Algemeen kan gesteld worden dat door de lokale toename van de waterdiepte er sprake is van een vermindering van het lokale

energieverlies. Voor zandwinputten op een diepte van circa NAP -20 m is ingeschat dat de toename van de significante golfhoogte minder zal zijn dan 5% [32]. Naast dat het gaat om kleine veranderingen dient ook te worden opgemerkt dat de effecten zich ook beperken tot de situatie in en vlak rondom de zandwinput.

Op basis van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de aanwezigheid van de zandwinputten geen effect zal hebben op de maatgevende waterstanden en golfkarakteristieken langs de duinen en dijken van de Nederlandse kust. Gelet op de beperkte invloed van de zandwinputten op de waterstanden en de golfkarakteristieken zijn effecten op het gedrag van seiches in het havengebied en het inundatierisico van de landaanwinning uitgesloten. De beoordeling voor het aspect kustveiligheid als gevolg van de aanwezigheid van de zandwinputten is neutraal (0) voor alle aspecten.

Figuur 9.11: Waterstandsverhoging rondom een zandwinput van 3 bij 5 km bij aanstroming evenwijdig aan de lange zijde van de put (boven) en evenwijdig aan de korte zijde van de put (onder). De pijl geeft de oriëntatie van de getijbeweging aan [3]



Stroomsnelheden

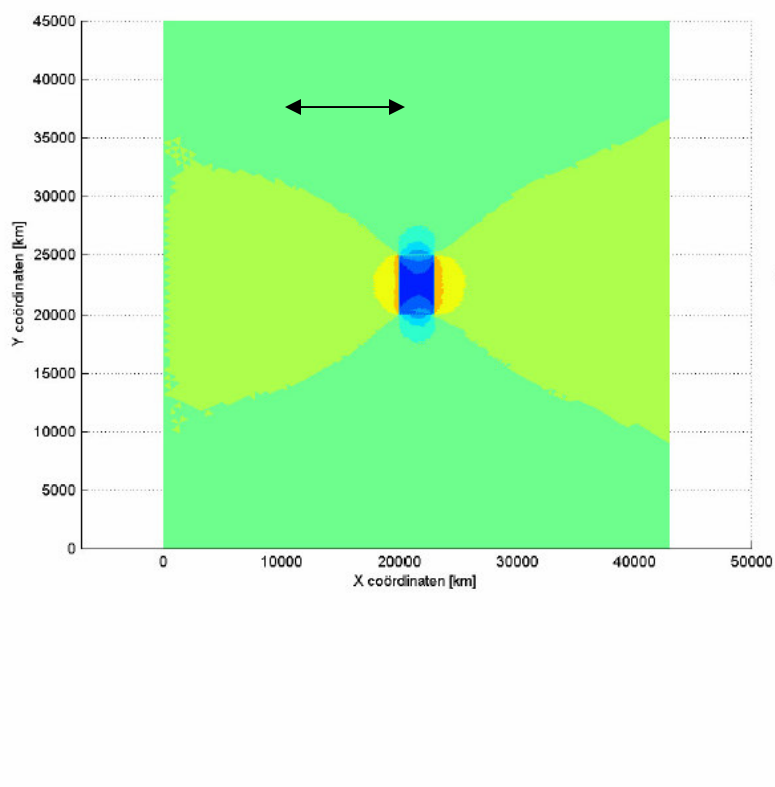
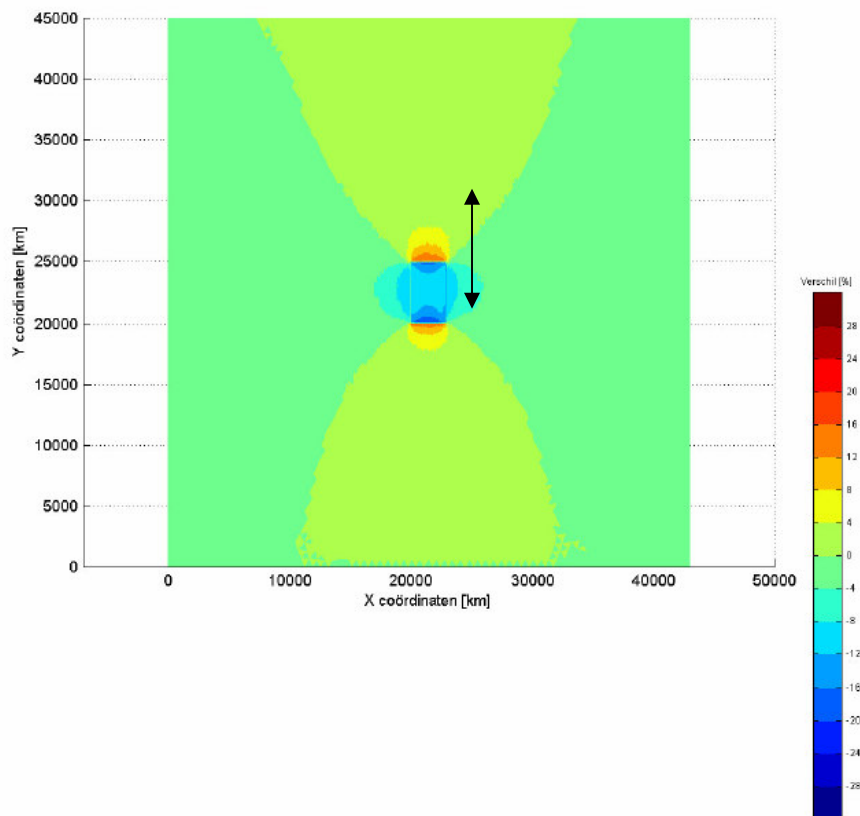
De effecten op de **stroming** rondom de putten zijn bepaald met behulp van een numeriek stromingsmodel [43]. Daarbij is gebruik gemaakt van een 2DH model waarin de stroming rondom de zandwinputten (3x5 km, windiepte 10 m) gemodelleerd is met een fijn rooster om en nabij de zandwinput. Diverse situaties zijn bekeken met aanstroming loodrecht en ook scheef op de put. Hier wordt ingegaan op de twee uitersten: een situatie waarbij de stroming evenwijdig is aan de lange zijde van put en evenwijdig aan de korte zijde van de put. In deze berekeningen zijn de getijcondities van de Noordzee ter hoogte van de zandwinlocaties gesimuleerd. Als snelheidsamplitude is 1 m/s aangehouden in de berekeningen.

In Figuur 9.12 is het berekende effect van de zandwinput op de maximale (**dieptegemiddelde**) **stroomsnelheid** weergegeven voor twee verschillende oriëntaties van de getijbeweging ten opzichte van de put: parallel aan de lange zijde (boven) en parallel aan de korte zijde (onder). Uit de modelresultaten blijkt dat de veranderingen in de stroomsnelheden zich beperken tot een gebied met een afstand van enkele kms rondom de zandwinputten. In de put zelf neemt de maximale stroomsnelheid af. De afname is afhankelijk van de oriëntatie van de put ten opzichte van de getijstroming. De maximale afname van de stroomsnelheid is ongeveer 10% in het midden van de put bij aanstroming parallel aan de lange zijde van de put (Figuur 9.12, boven). De relatieve toename van de stroomsnelheid langs de randen is maximaal circa +15%. In geval van aanstroming parallel aan de korte zijde van de put is de afname maximaal en circa 20 - 25% in het midden van de put (Figuur 9.12, onder). Boven- en benedenstrooms van de put treedt versnelling op van ongeveer +10%.

De getoonde resultaten van de modelberekeningen voor de veranderingen in de dieptegemiddelde stroomsnelheden zijn globaal in lijn met de metingen in de proefput [32]. De proefput had een ontgrondingsdiepte van 5-12 m en is daarmee vergelijkbaar met de gemodelleerde put in [43]. Hoewel er sprake was van variatie langs de proefput, was de afname van de dieptegemiddelde stroomsnelheid in de put circa 26% bij vloed en circa 11% bij eb voor één specifieke meetdag (20 maart 2000).

De berekende veranderingen in de dieptegemiddelde stroomsnelheden zijn ook in lijn met eerder onderzoek naar de invloed van verdiepingen op de hydrodynamica [56, 57]. Hieruit komt naar voren dat indien de putlengte L (in de richting van de dominante getijstroming) ten opzichte van de putbreedte (in de richting dwars op de dominante getijstroming) relatief klein blijft er sprake is van vertraging van de stroomsnelheid in de put. Als grenswaarde volgt uit deze berekeningen een verhouding $L/B < 5$ [56]. Voor hogere waarden treedt er juist een verhoging van de stroomsnelheid op ten opzichte van de omgevingsnelheid.

Figuur 9.12: Relatieve effect op de maximale (dieptegemiddelde) stroomsnelheid rondom een zandwinput van 3 bij 5 km bij aanstroming evenwijdig aan de lange zijde van de put (boven) en evenwijdig aan de korte zijde van de put (onder). De pijl geeft de oriëntatie van de getijbeweging aan



Naast de effecten op de dieptegemiddelde stroomsnelheid is ook het effect op het **snelheidsprofiel** van belang. Hierin geeft het dieptegemiddelde model geen inzicht. De meetdata van de proefput en uitgevoerde 3D-berekeningen geven hierover wel uitsluitsel [32]. Uit de meetdata van de proefput blijkt dat de stroomsnelheid nabij de bodem sterker afneemt dan de dieptegemiddelde snelheid. De afname van de stroomsnelheid in de onderste 1,5 m boven de zeebodem is 27 – 36% op basis van de meetdata. Hoger in de waterkolom zijn de veranderingen in de stroomsnelheid veel minder groot. Er kan sprake zijn van een lichte toename of afname afhankelijk van de fase van het getij. Uit de snelheidsmetingen blijkt dat op een diepte van 10 – 20 m onder het wateroppervlak de stroomsnelheid verandert met maximaal 7% ten opzichte van de ongestoorde situatie.

Op basis van de bovenstaande zijn de gevolgen voor de dieptegemiddelde stroomsnelheid in de verschillende putten als volgt in geschat. Vanwege het gekozen uitgangspunt rondom de lengte-breedte verhouding ($L/B < 3$) van de zandwinputten zal er altijd sprake zijn van een **reductie** van de stroomsnelheid in de zandwinputten ten opzichte van de omgeving. Deze reductie hangt samen met de oriëntatie ten opzichte van de getijstrooming en de winddiepte. De (dieptegemiddelde) stroomsnelheid zal in de zandwinputten van de scenario's S1 – S3 afnemen met maximaal 25%. In het scenario S4 zal het effect op de diepte-gemiddelde stroomsnelheid maximaal tweemaal zo groot (max. 50%) zijn vanwege de grotere winddiepte (20 m in plaats van 10 m). Langs de randen van de put zal de stroomsnelheid beperkt toenemen.

Daarnaast is op basis van de berekeningen een inschatting gemaakt van het areaal waarover de stroomsnelheid verandert [43]. Als criterium is gekozen voor een verandering in de maximale stroomsnelheid groter dan +/- 10%. Concreet betekent dit voor de Noordzee condities een afname/toename van ongeveer 0,1 m/s. Het oppervlak dat een verandering van de stroomsnelheid ondergaat met meer/minder dan 10% blijkt ongeveer even groot als het totale putoppervlak. Voor scenario S1 – S3 is dat dus 6000 ha, bij scenario S4 gaat het om 3000 ha

Zoet-zoutgehalte

Uit metingen blijkt dat er geen zoet-zoutstratificatie optreedt in een proefput op een waterdiepte van 20 m en met een ontgrondingsdiepte van 10 m [32]. Dit komt omdat de zout-zoet stratificatie in de bovenste 10 m van de waterkolom een rol speelt. Ook de veranderingen in de stroomsnelheden in de put (25 – 50% reductie van stroomsnelheid) geven aan dat er geen sprake is van stilstaand water in de putten, en dat het water gedurende het getij nog voldoende wordt verversd. Derhalve mag aangenomen worden dat de zandwinputten van de verschillende scenario's geen effect hebben op het zoet-zoutgehalte.

10 TRANSPORTPROCESSEN

10.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (10.2), en vervolgens de veranderingen van de landaanwinning (10.3) en de zandwinning (10.4) op de transportprocessen van zand en slib. Hiervoor is een kwantitatieve vergelijking van de beïnvloeding van het natuurlijke zand- en slibtransport proces gemaakt. Als toetsingscriteria zullen de volgende criteria worden gebruikt:

- verandering in zandtransport langs de kust (m^3/jaar);
- verandering van de slibconcentratie (mg/l);
- verandering in slibflux langs Nederlandse kust (miljoen ton/jaar).

De resultaten van het zandtransport zijn gebruikt om het aspect Kustlijnhandhaving te beoordelen (zie hoofdstuk 6). Daarnaast zijn de resultaten wederom van belang voor het thema “Natuur”. Bijvoorbeeld: de slibconcentratie is bepalend voor de troebelheid van het water, en daarmee voor de lichtdoordringing in het water. Op zijn beurt bepaalt de lichtdoordringing in samenhang met het aanbod van nutriënten de primaire productie in de waterkolom. De primaire productie is een bepalende factor voor het functioneren van de hogere trofische niveaus in het ecosysteem.

10.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

10.2.1 Huidige situatie

Rondom de Maasvlakte zijn twee soorten sedimenttransport van belang: transport van zand en slib. Het onderscheid tussen deze twee typen sedimenten wordt gemaakt op basis van de korreldiameter. Het materiaal met een korreldiameter groter dan $63\ \mu\text{m}$ wordt zand genoemd. Het onderscheid tussen zand en slib is van belang omdat deze twee typen sediment zich anders gedragen in het water en in de bodem. Zand heeft een minerale oorsprong en is niet-cohesief: een hand vol zand glijdt als losse korrels door je vingers. Slib bestaat uit een mengsel van kleideeltjes ($< 2\ \mu\text{m}$), silt ($2 - 63\ \mu\text{m}$), en organisch materiaal. De kleideeltjes zijn cohesief en zorgen voor bindingen met de fijne siltdeeltjes. Ook het organische materiaal draagt daaraan bij waardoor er grotere slibvlokken ontstaan. Slib wordt ook vaak aangeduid als zwevende stof. Om verwarring met zand te voorkomen wordt hier alleen de term slib gehanteerd.

Zandtransport

Het zand rondom de Rijn-Maasmonding is fijn zand met een D_{50} van circa $150 - 200\ \mu\text{m}$. Het zand is continu in beweging als gevolg van de getijstrooming en de golven. Het zand wordt enerzijds opgewerveld door de strooming en valt anderzijds onder invloed van het eigen gewicht weer naar de bodem. Vanwege de relatief hoge valsnelheid van dit zand (circa $1 - 2\ \text{cm/s}$) is het zand veelal geconcentreerd nabij de bodem. In de kustzone is de zandconcentratie nabij de bodem tientallen g/l bij maximale vloed- of ebstrooming. Bij stormcondities kan de zandconcentratie oplopen tot honderden g/l. In verband met de dominante vloedstroom overheerst op dieper water het resulterende zandtransport van zuid naar noord.

In het gebied rondom de Maasmonding is het langstransport van zand in de ondiepe zone (tot 8m-NAP) in grote lijnen als volgt. Langs de stranden van Goeree is het netto transport in noordoostwaartse richting. Voor de Slufter geldt ook dat het netto transport in noordelijke richting is, alhoewel er bij sommige golfcondities (bijv. NW stormen) sprake is van tijdelijk veel transport in zuidwaartse richting. Net ten noorden van Hoek van Holland is het netto transport zuidwaarts gericht door de schaduwwerking van de Noorderdam. Verderop langs de Delflandse kust is het langstransport weer in noordelijke richting.

Daarnaast vindt er ook zandtransport plaats in de richting dwars op de kust. Volgens modelberekeningen is in sommige delen rondom de Maasmonding sprake van netto kustwaarts gericht transport, terwijl andere delen van de kust juist zeewaarts gericht transport laten zien [10]. Met name bij de kust van Delfland en het Slufterstrand is er volgens modelberekeningen sprake van overheersend zeewaarts gericht dwarstransport.

Slibtransport (in de waterkolom)

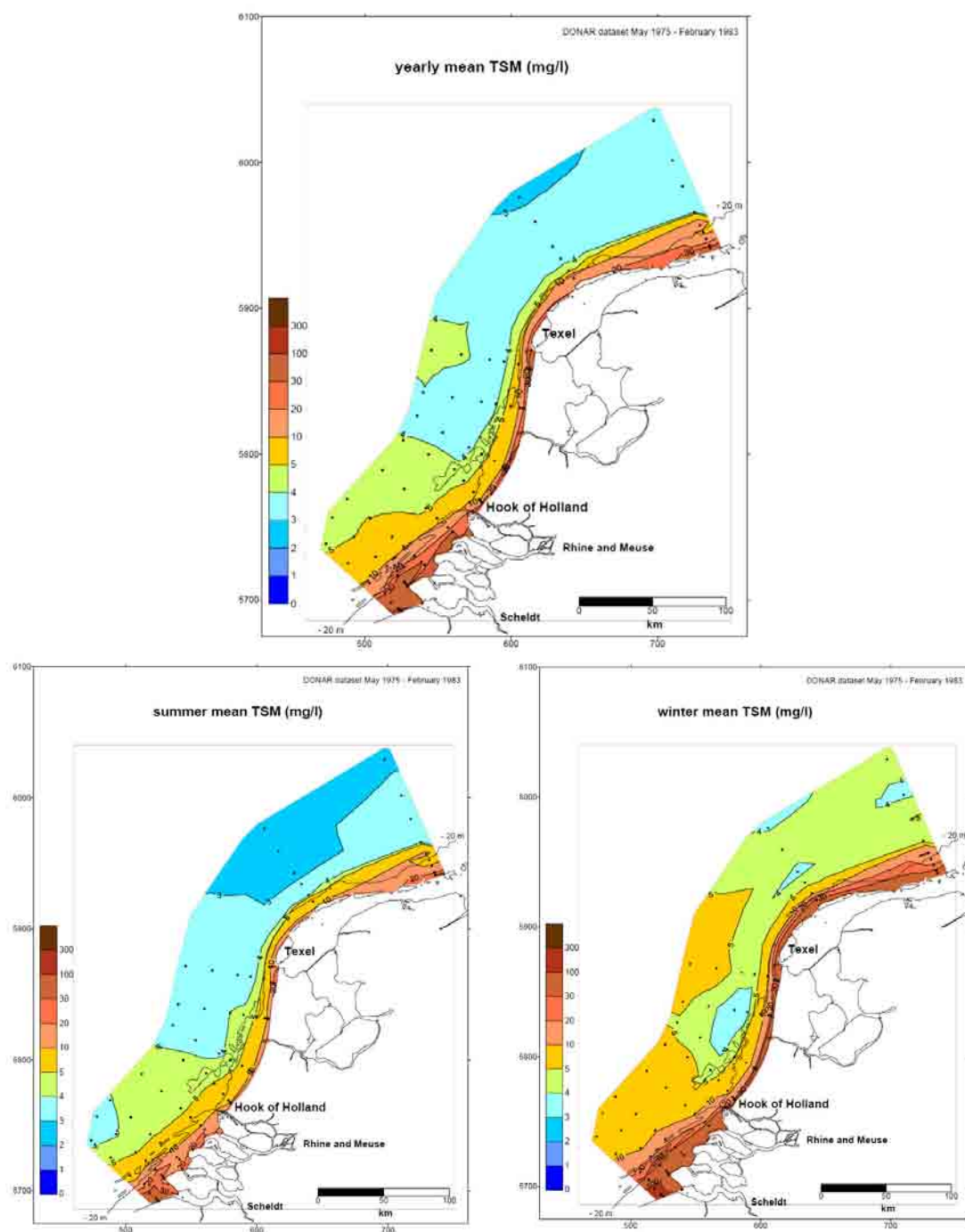
Slib is een verzamelnaam voor in het water zwevende deeltjes die kleiner zijn dan 63 μm . Het materiaal bestaat uit organisch (levende en afgestorven algen) en anorganisch materiaal (kleideeltjes ontstaan door afbraak en erosie van gesteenten op het land, langs de kust of op de zeebodem). Diverse voedingsstoffen voor het ecosysteem (nutriënten), maar ook allerlei zware metalen (kwik, lood) kunnen zich hechten aan slib, waardoor bodems met slib vervuild kunnen zijn. Deze zware metalen en voedingsstoffen hechten zich niet aan zand omdat zandkorrels niet cohesief zijn. Uit onderzoek van de zandwinlocaties is gebleken dat de bodem ter plekke bestaat uit klasse 0 sediment en derhalve niet vervuild is.

Slib wordt getransporteerd in twee richtingen: horizontaal en verticaal. Wanneer er weinig uitwisseling plaats vindt met de bodem kan worden aangenomen dat slib zich met dezelfde snelheid voortbeweegt als het water. In verticale richting speelt soms de menselijke invloed een rol, bijvoorbeeld als gevolg van bodemvisserij (zware kettingen die over de zeebodem slepen), baggerwerkzaamheden, het storten van grote baggerhoeveelheden in loswallen op de Noordzee of zandwinning.

Het slib dat in de Noordzee aanwezig is, is grotendeels afkomstig uit het Kanaal en van de Vlaamse Banken. Een groot deel van het materiaal wordt in een relatief nauwe band langs de Nederlandse kust richting de Waddenzee getransporteerd door de stroming. De bezinksnelheid van slib is heel laag en opwerveling van ongeconsolideerd slib treedt op bij hele lage stroomsnelheden. Dit heeft tot gevolg dat op de Noordzee en in de kustzone alleen maar beperkte tijdelijke sedimentatie plaats vindt tijdens kentering en rustig weer. Alleen op golfuwe plaatsen, zoals in de havens, de Voordelta, en de Waddenzee, kan het slib definitief bezinken en vindt er netto sedimentatie plaats.

De hoeveelheid slib in het water is sterk seizoensafhankelijk (zie Tabel 10.1 en Figuur 10.1). Tijdens de stormachtige winterperiode zijn de concentraties hoger dan in de relatief kalme zomerperiode [14]. In de winter zijn de gemiddelde concentraties op open zee 5 tot 10 mg/l en 30 tot 100 mg/l langs de kust. In de zomer zijn de concentraties 4 tot 5 mg/l op open zee en 10 tot 20 mg/l langs de kust. In lange perioden met rustig weer met nauwelijks golven kan de concentratie zeer laag worden. Typische waarden voor dergelijke rustige periode n zijn 1 tot 2 mg/l op zee en 5 tot 10 mg/l dichtbij de kust.

Figuur 10.1: Slibconcentratie nabij het wateroppervlak op de Noordzee op basis van metingen met de jaargemiddelde situatie (boven) en de zomer- en wintersituatie (onder) [14]



Tabel 10.1: Achtergrondconcentraties slib [14]

Omstandigheid	Kustnabije zone [mg/l]	Noordzee [mg/l]	Waddenzee [mg/l]
Jaarlijks gemiddeld	20 – 30	4 – 5	20 – 50
Winter gemiddeld	30 – 100	5 – 10	30 – 40
Zomer gemiddeld	10 – 20	4 – 5	15 – 25
Gedurende kalm weer	5 – 10	1 – 2	

Na stormperiode	30 – 100	10 – 20	
-----------------	----------	---------	--

De achtergrondconcentraties zijn het hoogst tijdens en direct na stormperiodes, met name in de kustnabije zone. Tijdens stormen wordt veel sediment uit de zandige bodem opgewoeld en komt tijdelijk in suspensie. De (dieptegemiddelde) concentratie kan tijdens een storm oplopen tot enkele honderden mg/l. Nabij de bodem kan de slibconcentratie nog veel hoger zijn. Uit de metingen blijkt verder dat de concentraties op open zee binnen enkele dagen na de storm tot de normale achtergrondconcentratie zijn afgenomen. Het slib wordt na de storm weer deels opgenomen in de waterbodem. Ook is er na stormen veelal sprake van versterkte aanslibbing in diverse luwe zones en havens.

10.2.2 Autonome ontwikkelingen

De verandering van het spuibeheer van de Haringvlietsluizen heeft tot gevolg dat de stroomsnelheden in de Haringvlietmond zullen toenemen [35]. Vanwege de beperkte openstelling zullen de gevolgen voor het zand- en slibtransport beperkt zijn. De transportrichtingen zullen niet veranderen ten opzichte van de huidige situatie. De huidige ontwikkeling van een verdere verondieping van de geulen en vergroting van het plaatareaal zal zich doorzetten. De netto sedimentatie van zand en slib zal wellicht iets eerder stoppen vanwege de iets grotere getijvolumina bij het Kierbeheer in vergelijking met de huidige situatie.

10.3 Effecten landaanwinning

10.3.1 Overzicht effecten

De effecten van de landaanwinning op de zand- en slibtransport zijn samengevat in de onderstaande tabel. Het Basisalternatief voor de landaanwinning heeft tot gevolg dat het zandtransport rondom de landaanwinning wijzigt. De invloed op de overige kustvakken (Voorne, Delfland, Goeree) is zeer beperkt tot verwaarloosbaar. De effecten op het slibtransport strekken zich uit vanaf de Haringvlietmonding tot in de Westelijke Waddenzee.

Tabel 10.2: Overzicht effecten sedimenttransport tijdens aanwezigheid - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Zandtransport	Beïnvloeding van zandtransport langs de kust in m ³ /jaar	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Delfland: zeer beperkte veranderingen	idem
			Voorne: geen veranderingen	idem
			Goeree: zeer beperkte veranderingen	idem
			Maasvlakte 2 en Slufter: veranderingen in het zandtransportpatroon	idem (zelfde orde grootte als Basisalternatief)
Slibtransport	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibfluxen langs de Nederlandse kust in mg/l en miljoen ton/jaar	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Effect op jaargemiddelde slibconcentraties:	idem
			Haringvlietmonding: Toe- en afname slibconcentratie 10 – 20% afhankelijk van locatie	idem
			Hollandse kustzone: afname van de slibconcentratie met 10 – 20%	idem
			Westelijke Waddenzee: afname in slibconcentratie 0 – 10%	idem
			Afname in slibflux langs Hollandse kust met circa 0 - 10%	idem
			Marsdiep: afname in slibflux max. 10%	

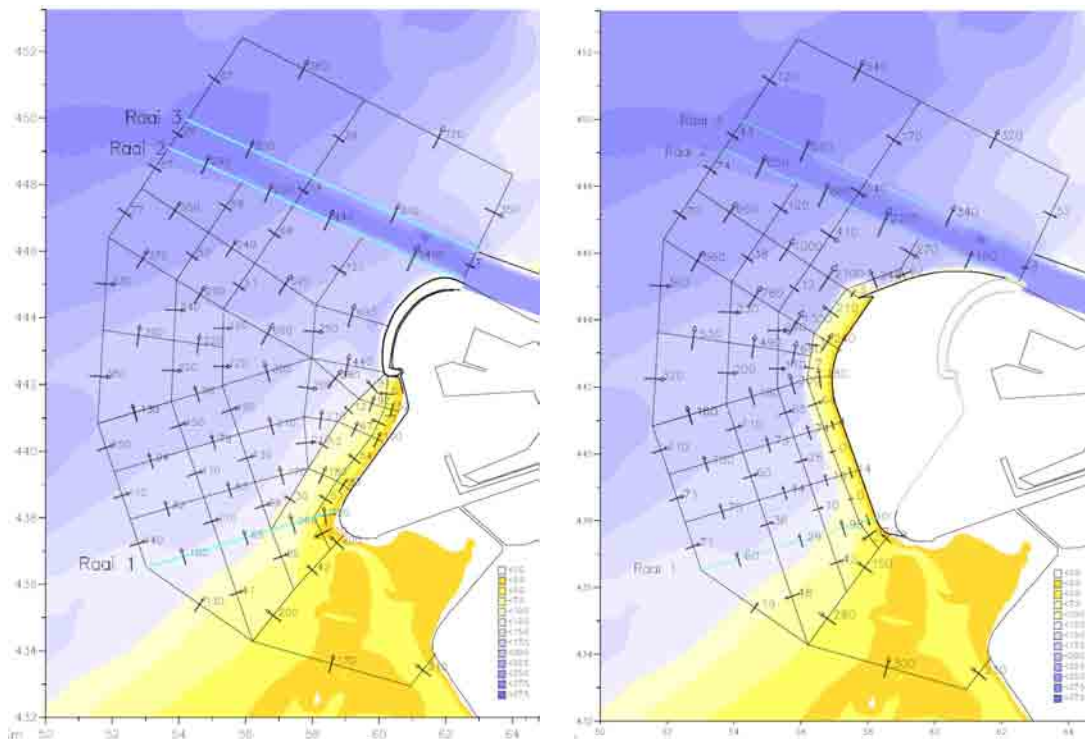
10.3.2 Toelichting op effecten

De aanwezigheid van Maasvlakte 2 heeft invloed op het transport van sediment (zand en slib) rondom de Maasmonding. De invloed van de landaanwinning op het transport van beide sedimenttypen worden hieronder afzonderlijk behandeld:

Zandtransport

De effecten op het zandtransport zijn gekwantificeerd met een 2D numeriek model [10]. In de onderstaande figuren zijn de jaargemiddelde zandtransporten rondom de Maasmonding weergegeven voor de huidige situatie, voor de autonome ontwikkeling en voor de situatie met Maasvlakte 2 in de periode 2000 - 2020.

Figuur 10.2: Jaargemiddelde zandtransport (in 1.000 m³/jaar) rondom de Maasmonding voor autonome ontwikkeling (links) en als gevolg van de aanwezigheid van Maasvlakte 2 (rechts). De gele kleuren geven ondiepe delen aan, de blauwe kleuren zijn diepe delen



Kijkend naar de zandtransporten rondom de Maasvlakte (Figuur 10.2) zijn de belangrijkste verschillen als volgt:

- Ten noorden van de Euro-Maasgeul blijft het netto noordwaarts gerichte zandtransport in de ondiepe kustzone gelijk of neemt af, terwijl het netto noordwaarts gerichte transport op dieper water juist toeneemt. Voor de diepere zone blijkt is de situatie precies omgekeerd. Als gevolg van het Basisalternatief schuift het patroon zeewaarts op en de grootte neemt toe in verband met contractie.
- De kustlangsgerichte transporten voor Maasvlakte 2 vertonen een variërend beeld. Op sommige plaatsen nemen deze fors toe in vergelijking met de autonome situatie (bijv. rondom de westelijke knik). Vergroting van het kustlangsgerichte transport met een factor 2 - 4 is geen uitzondering. Aan de zuidwest kant is juist sprake van een afname van het zandtransport (bijv. raai 1 in Figuur 10.2).

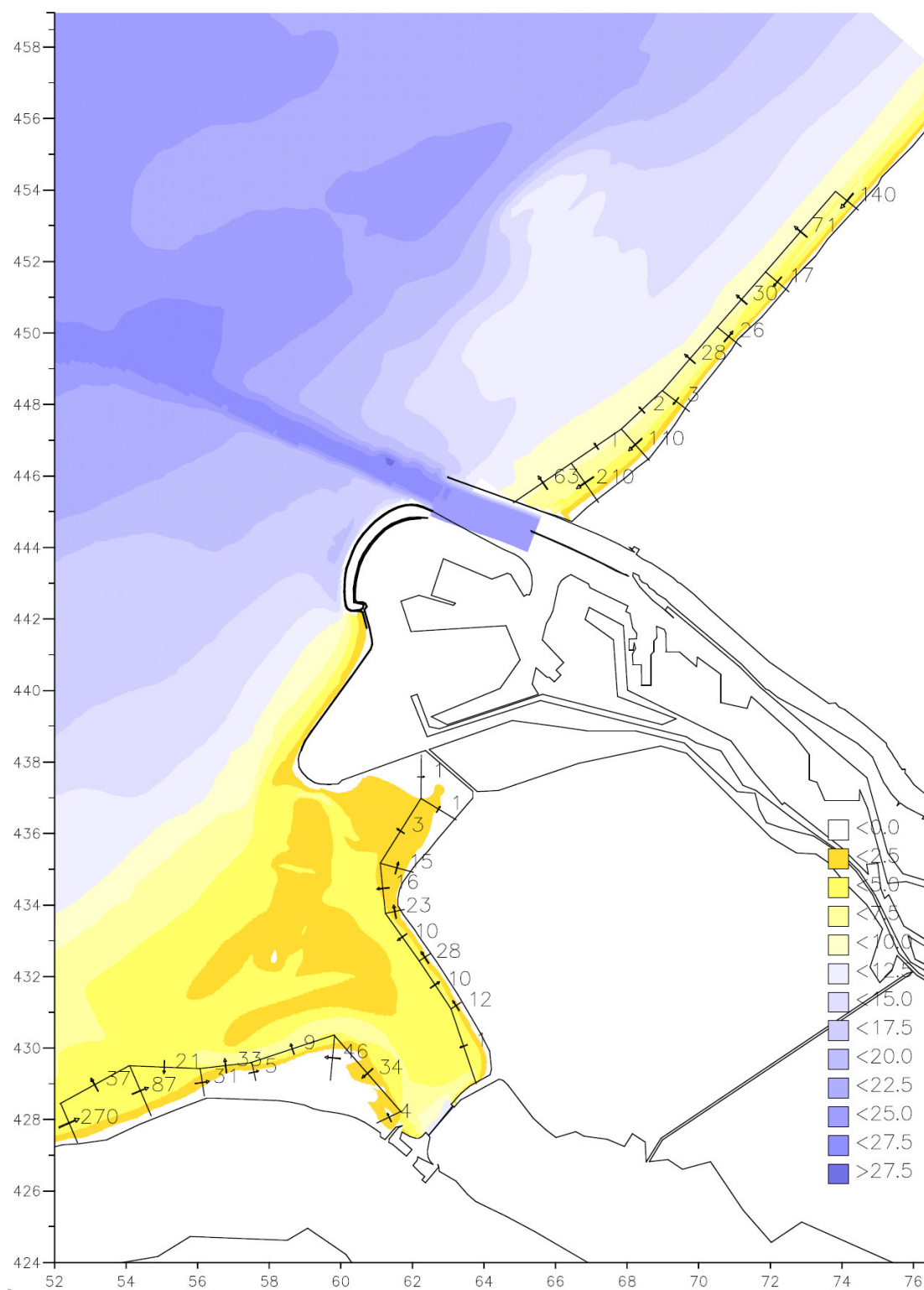
Bovengenoemde veranderingen zijn consistent met de gevolgen van de landaanwinning voor de stroming en het daarmee samenhangende zandtransport. Omdat de getijstrooming verder zeewaarts wordt verlegd, versterkt dit het zandtransport op dieper water. Het zandtransport op ondieper water vermindert door de afschermende werking van de landaanwinning voor golfwerking en daarmee opwoeling van sediment. De toename van het transport vanuit de Haringvlietmonding in noordelijke richting lijkt logischerwijs het gevolg van een minder grote golfinvloed vanuit noordelijke en noordwestelijke richtingen.

De transporten langs de diverse kustvakken geven het volgende beeld (Figuur 10.3):

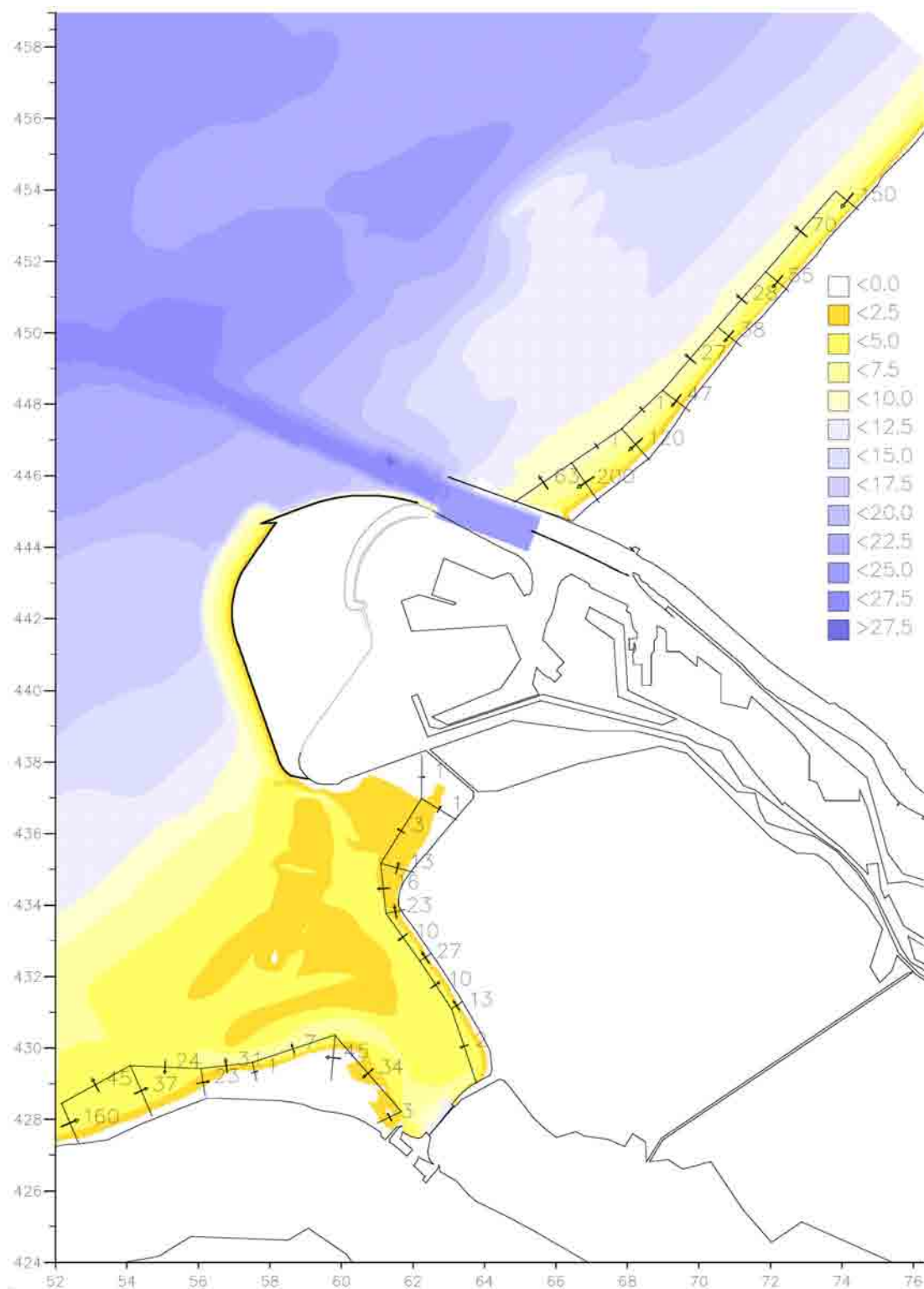
- **Delfland:** Langs dit kustvak zijn de verschillen beperkt ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Er is sprake van een lichte verschuiving in het langtransportpatroon in noordelijke richting. Kustdwars gezien zijn de verschillen marginaal. De verschuiving komt door de afscherming van golven uit de zuidwestelijke richting. Hierdoor schuift de overgang van netto zuid- naar noordwaarts gericht langtransport naar het noorden.
- **Voorne:** Voor de kust van Voorne zijn de verschillen met en zonder Maasvlakte 2 zowel kustlangs als kustdwars verwaarloosbaar klein. De zandtransporten bij Voorne zijn voor de huidige situatie beperkt door de beschermde ligging. Het zandtransport langs de kust wordt hoofdzakelijk bepaald door lokaal opgewekte golven en zal hierdoor weinig invloed ondervinden van Maasvlakte 2.
- **Goeree:** De modelresultaten voor dit kustvak zijn niet betrouwbaar in verband met een ander golfrooster voor de berekeningen. Uit een eerdere studie [37] blijkt de effecten van een landaanwinning beperkt zijn in dit kustvak. Met name de transporten in het oostelijke deel worden verder afgezwakt door beperkte afscherming van de landaanwinning.

De gevolgen van deze veranderende zandtransporten komen aan bod bij het aspect kustonderhoud en morfologie.

Figuur 10.3: Jaargemiddelde zandtransport (in 1.000 m³/jaar) langs de kustvakken Delfland, Voorne en Goeree voor autonome ontwikkeling [10]



Figuur 10.4: Jaargemiddelde zandtransport (in 1.000 m³/jaar) langs de kustvakken Delfland, Voorne en Goeree als gevolg van de aanwezigheid van Maasvlakte 2 [10]

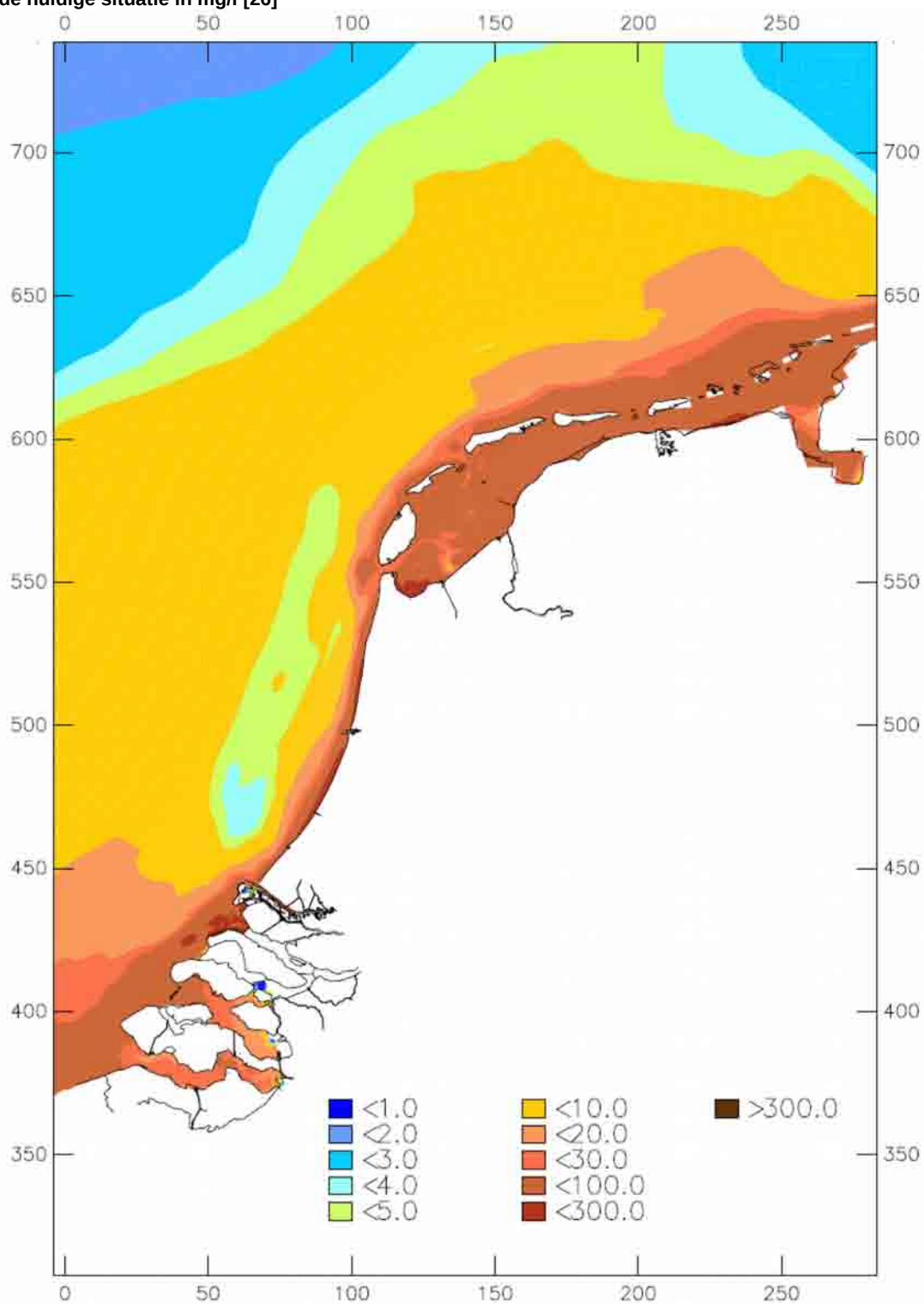


Slibtransport

De effecten op het slibtransport zijn onderzocht met een 3D slibmodel [26, 65]. In deze berekeningen wordt rekening gehouden met depositie en erosie van slib tijdens de getijfase [25, 26]. Een belangrijke aanname in de effectberekeningen voor de landaanwinning is dat er geen sprake is van **seizoensafhankelijke** buffering in en het weer vrijkomen van slib uit de Noordzeebodem. Dit effect is vooral van belang voor de korte termijn (orde jaren), terwijl voor de lange termijn (orde decaden) deze buffering van minder belang wordt geacht. De hier gekozen benadering voor bepaling van de effecten van de landaanwinning op het slibtransport zonder het effect van dit seizoenseffect wordt door experts beschouwd als een bovengrensbepaling.

In figuur 10.5 is de gemodelleerde slibconcentratie voor de huidige situatie weergegeven langs de Nederlandse kust [26, 65]. Deze figuur laat zien dat de gemodelleerde verdeling van de slibconcentratie qua patroon goed overeenkomt met de gemeten verdeling (Figuur 10.1). Wel blijkt dat de gemodelleerde slibconcentraties aan de hoge kant zijn. Deels wordt dit veroorzaakt door het feit dat het in Figuur 10.5 gaat om dieptegemiddelde slibconcentraties terwijl Figuur 10.1 de concentratie aan het oppervlak laat zien. De gemodelleerde slibflux langs de Nederlandse kust is ongeveer 7 - 10 miljoen ton/jaar. Deze flux sluit aan bij schattingen op basis van metingen en eerdere modelberekeningen (10 – 20 miljoen ton/jaar).

Figuur 10.5: Berekende (dieptegemiddelde) slibconcentratieverdeling langs de Nederlandse kust voor de huidige situatie in mg/l [26]



Figuur 10.6 geeft het effect van de aanwezigheid van het Basisalternatief weer op de slibconcentratie in de Noordzee kustzone [26, 65]. Het gaat hier om de absolute concentratieverandering ten opzichte van de achtergrondconcentratie. Voor de berekeningen is voor een aantal historische jaren (1988/1989, 1996 en 2000) de bijbehorende variatie in meteorologie (wind, luchtdruk) en rivierafvoer (Rijn, Maas) gebruikt om zo goed mogelijk de natuurlijke variabiliteit in de effecten in kaart te brengen. Zoals uit de figuren blijkt is het effect in het ene jaar niet gelijk aan die van het andere jaar. Dit geeft aan dat het systeem sterk variabel is per jaar. Deze variabiliteit blijkt ook uit metingen. De jaar-tot-jaar variatie in het slibtransport langs de Hollandse kust wordt geschat op factor 2 [50].

Uit de effectberekeningen komt het volgende beeld naar voren. Net ten zuiden van de Maasvlakte is sprake van de afname van de slibconcentratie (10 – 20%), terwijl ten westen van de landaanwinning sprake is van een toename (10 – 50%). Verder naar het noorden is vlakbij de Hollandse kust ook hoofdzakelijk sprake van een afname van de slibconcentratie (10 – 20%). Ten slotte blijkt dat de effecten op de slibconcentratie zich relatief ver uitstrekken. Er is sprake van een lichte afname van de slibconcentratie in de Westelijke Waddenzee (max. 5 – 10%).

Naast de veranderingen in slibconcentratie zijn ook de veranderingen in slibfluxen gekwantificeerd. De resultaten daarvan zijn samengevat in tabel 10.3. Hier staan de netto (zuid-noord) fluxen door raaien dwars op de Hollandse kust. De autonome situatie is telkens op 1 gezet. Een netto slibflux van 0.9 betekent dus een afname van 10% ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

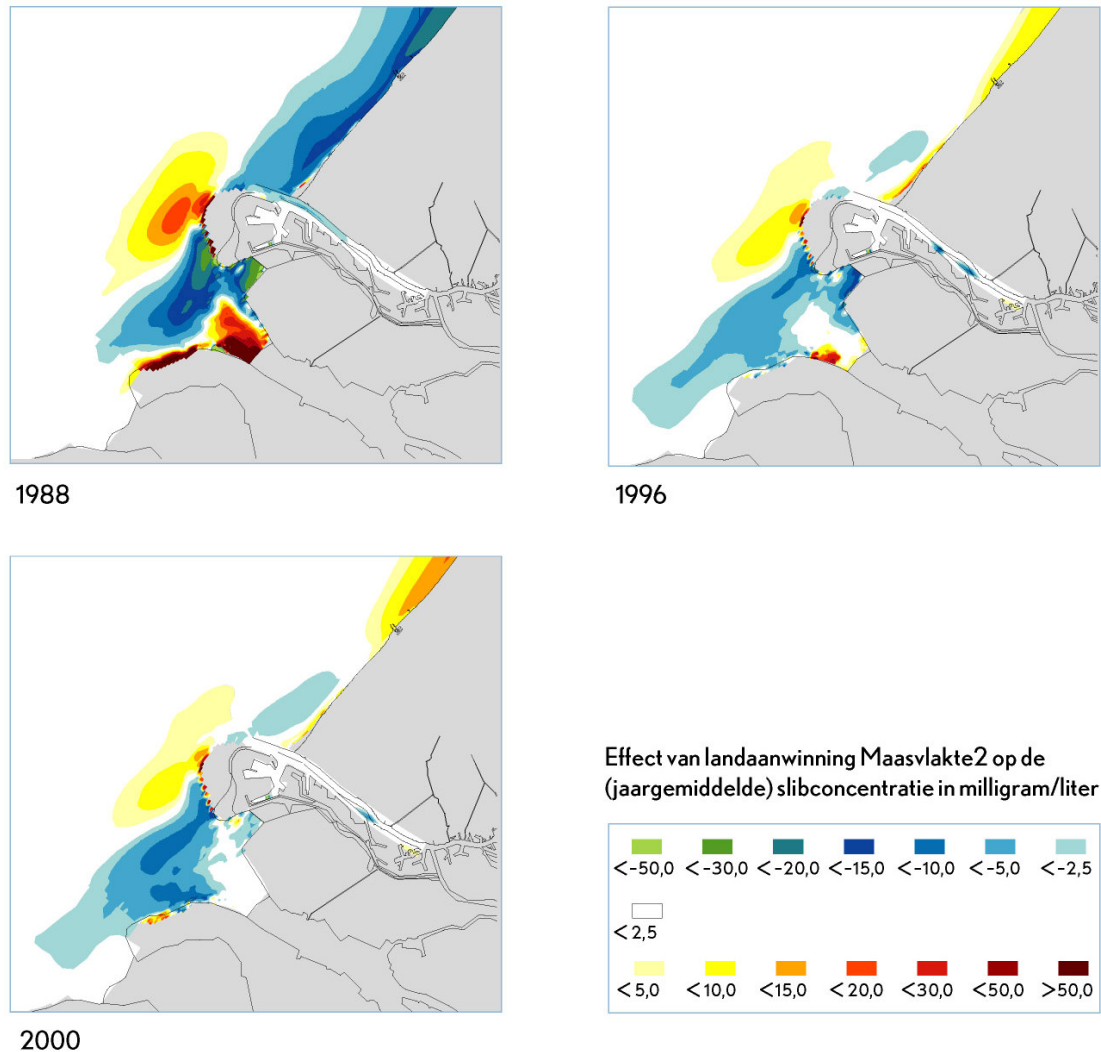
Tabel 10.3: Netto slibfluxen langs de Nederlandse kust ten gevolge van Maasvlakte 2 op basis van drie jaarberekeningen (autonome ontwikkeling = 1.00)

Ligging van de raai	1988/1989	1996	2000
Callantsoog (36 km)	0.93	0.99	0.98
Marsdiep	0.90	1.00	0.97

Uit Tabel 10.3 blijkt dat de slibflux in de kustzone afneemt. De grootste afname vindt plaats in een smalle strook dicht bij de kust. Op een afstand van meer dan 15 km van de kust is de situatie juist precies omgekeerd. Voor de totale slibflux langs de Nederlandse kust is sprake van een afname van ongeveer 2 – 7% voor de raai bij Callantsoog. Specifiek voor het Marsdiep geldt dat de netto slibflux volgens de modelberekeningen afneemt met 0 – 10%.

Net als bij de slibconcentratie blijkt ook hier dat er sprake is van een verbreding van de kustrivier met minder slib in de zone dicht bij de kust en meer slib verder zeewaarts. Dit houdt in dat de slibflux dicht bij de kust afneemt, en verder zeewaarts juist toeneemt. De afname dicht bij de kust kan niet direct doorvertaald worden naar een effect op de slibconcentratie in de Westelijke Waddenzee. Dit komt omdat ook de slibuitwisseling door de andere zeegaten hierin een rol speelt.

Figuur 10.6: Effect op de (jaargemiddelde) slibconcentratie [26, 65]



De berekende effecten voor slib zijn met veel onzekerheden omgeven. Deze onzekerheden worden veroorzaakt door diverse aspecten. Een belangrijke bron van onzekerheden is het gebrek aan kennis van de onderliggende processen. Zo is bijvoorbeeld de uitwisseling tussen het water en de bodem een belangrijke kennisleemte. Daarnaast speelt mee dat de modellen zo goed mogelijk maar feitelijk beperkt zijn gevalideerd aan de hand van meetgegevens. In de Passende Beoordeling Waddenzee hebben experts de **totale** onzekerheid rondom de berekende effecten geschat op circa +/- 50% [26].

Naast de onzekerheden is het van belang om ook de natuurlijke variabiliteit in ogenschouw te nemen wanneer de effecten bekeken worden. De natuurlijke variabiliteit is groot in de kustnabije zone. Zoals gezegd wordt de natuurlijke variatie in de jaarlijkse gemiddelde slibflux langs de Hollandse kust geschat op factor 2 [50]. De bovengenoemde effecten van de landaanwinning zijn dus klein in het licht van de natuurlijke variabiliteit.

10.4 Effecten zandwinning

10.4.1 Overzicht effecten

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de zandwinning op het transport van sediment samengevat. De effecten op het zandtransport zijn merkbaar tijdens de aanleg- en aanwezigheid van de zandwinputten. Voor het slibtransport geldt dat deze zich voornamelijk manifesteren in de aanlegfase.

Tabel 10.4: Overzicht effecten transportprocessen zandwinning – aanleg

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's
Sediment transport Zandwinning	Beïnvloeding van zandtransport	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Bij aanleg vrijkomen van circa 50 – 60 miljoen m3 relatief fijn zand Alleen lokale beïnvloeding van sedimenttransport in en rondom de zandwinputten (+/- 50 – 80% verandering). Geen effect op zandtransport langs Hollandse kust.
	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibfluxen langs de Nederlandse kust in mg/l en miljoen ton/jaar	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Bij aanleg vrijkomen van slib (1^e fase): S1a/b, S3: 11 – 12 miljoen ton S2: circa 6 miljoen ton S4: circa 9 miljoen ton Beïnvloedingsgebied van de slibconcentratie in Voordelta en Hollandse kustzone aan het einde van zandwinperiode, verwaarloosbare effecten in Waddenzee. Contour met verhoging van +10% ligt tussen Walcheren en IJmuiden, breedte circa 30 km aan het einde van zandwinperiode.

Tabel 10.5: Overzicht effecten transportprocessen zandwinning – aanwezigheid

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 – 4
Sediment transport Zandwinning	Beïnvloeding van zandtransport	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Alleen lokale beïnvloeding van sedimenttransport in en rondom de zandwinputten (+/- 50 – 80% verandering). Geen effect op zandtransport langs Hollandse kust.

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 – 4
	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibfluxen langs de Nederlandse kust in mg/l en miljoen ton/jaar	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Na stopzetting zandwinning langzame terugkeer van slibconcentratie naar achtergrondconcentratie (orde jaren). Zeer beperkte slibsedimentatie in zandwinputten tijdens aanwezigheidsfase

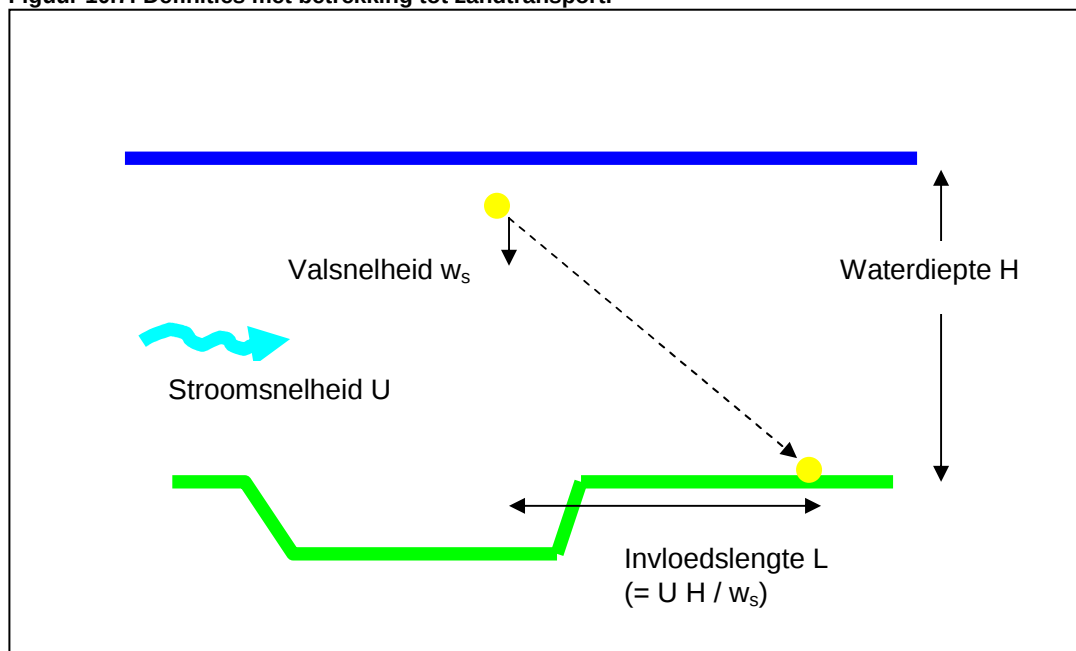
10.4.2 Toelichting op effecten

Zandtransport

De effecten op het zandtransport tijdens de **aanlegfase** worden gestuurd door het verlies van materiaal tijdens de winning. Tijdens de winning gaat maximaal 15% van de opgebaggerde hoeveelheid materiaal overboord vanwege de overvloed verliezen. Tijdens de eerste fase van de zandwinning gaat het in totaal om circa 50 – 60 miljoen m³. Het merendeel van dit materiaal is fijn zand met een korreldiameter van circa 63 – 150 µm. Daarnaast is er sprake van overvloed van slib (< 63 µm) dat later aan de orde komt in deze paragraaf. Het fijne zand heeft een valsnelheid van circa 0,5 tot 1 cm/s. Bij een waterdiepte van circa 20 – 30 m geeft dit een valtijd in de orde van 0,5 uur tot 1 uur.

Ten gevolge van het getij zal het fijne zand meegevoerd worden met de stroming, zie onderstaande figuur. Deze sedimentpluim zal zich richten in stroomafwaartse richting van het baggerschip en tegelijkertijd uitzakken naar de bodem. De invloeds lengte van de sedimentpluim met fijn zand zal afhankelijk zijn van de getijsituatie. Bij maximale stroomsnelheid (circa 1 m/s) zal er sprake zijn van een invloeds lengte van orde grootte enkele kms. Gelet op de dimensies van de zandwinput (orde kms) zal het fijne zand dus grotendeels in en vlak rondom de zandwinput bezinken.

Figuur 10.7: Definities met betrekking tot zandtransport.



De effecten op het zandtransport tijdens de **aanwezigheidsfase** worden gestuurd door de initiële veranderingen in de stroomsnelheden. Aangezien de stroomsnelheid alleen in en rondom de put wijzigt, zal het zandtransport ook op die schaal wijzigen. Omdat het zandtransport niet-lineair reageert op de stroomsnelheid, zal de afname van het zandtransport in de put en toename van het zandtransport langs de randen van de put veel groter zijn dan de veranderingen in de stroomsnelheid. In Tabel 10.4 is een inschatting gegeven van deze veranderingen op basis van modelberekeningen. In de loop van de tijd zullen de veranderingen in het zandtransport ertoe leiden dat de zandwinput zich zal opvullen en langzaam ook zal verplaatsen (zie ook Hoofdstuk 11).

Slibtransport

Bij de modelberekeningen en de interpretatie van de effecten van de verschillende scenario's op het slibgehalte dient rekening gehouden te worden met de volgende aspecten :

Bufferwerking van de bodem

Het slib dat vrijkomt tijdens de zandwinning zal voor een deel op en in de bodem van de Noordzee sedimenteren. Dit betekent echter niet dat het slib uit het watersysteem is verdwenen. Tijdens stormen wordt een groot deel van dit slib opnieuw in suspensie gebracht, waardoor de slibconcentratie in het water toeneemt ten opzichte van de achtergrondconcentratie. Het tijdelijk opslaan van slib in de bodem wordt de bufferwerking genoemd. Door deze bufferwerking hangt de verhoging van de slibconcentratie niet alleen af van de zandwinning en de tijd die is verstreken na het uitvoeren van de zandwinning, maar ook van de meteorologische omstandigheden. Het model kan hierdoor voor jaren waarin gemiddeld veel stormen voorkomen een grotere verhoging van de slibconcentratie voorspellen dan in een rustiger jaar. De verhoging van de slibconcentratie hoeft dus niet continu lager te worden met de jaren. Het zal ongeveer 10 - 20 jaar duren voordat al het extra toegevoegde slib uit de bodem is verdwenen.

Meteorologische jaren

Voor de modelberekeningen van de effecten van de zandwinning op de slibgehalten in de Noordzee wordt gebruik gemaakt van de meteorologische omstandigheden die in specifieke jaren zijn gemeten (1996 tot en met 2003). Voor de voorspelling van de effecten in 2008 tot en met 2015 is echter niet van een van deze jaren gebruik gemaakt, maar zijn alle jaren opeenvolgend gebruikt. Dit is gedaan om de natuurlijke variabiliteit van het systeem mee te nemen. Van deze historische reeks zijn 1998 en 2002 jaren met veel stormen en heeft 1998 ook een hoge afvoer vanuit Het Kanaal. De combinatie van de keuze voor het gebruik van verschillende meteorologische jaren en het invoeren van de bufferwerking van de bodem kan er voor zorgen dat de voorspelde effecten extra groot zijn. Dit kan vooral het geval zijn bij - meteorologisch gezien - extreme jaren.

De effecten op het slibtransport tijdens de **aanlegfase** worden veroorzaakt door het overvloeien tijdens baggeren in de aanlegfase. Bij de overvloed komt een hoeveelheid slib in het water die zich over relatief grote afstanden zal verspreiden onder invloed de waterbeweging. Om de effecten in kaart te brengen zijn slibberekeningen uitgevoerd voor de verschillende scenario's van de zandwinning [58]. Deze scenario's verschillen qua lokatie, winddiepte en wintempo.

De effecten van de zandwinning op de slibconcentratie zijn in kaart gebracht met een geavanceerd proces-gebaseerd model [58]. In dit model is expliciet rekening gehouden met de tijdelijke buffering en opwoeling van het slib in en uit de Noordzeebodem. Een vergelijking met metingen laat zien dat het model in staat is het tijdsafhankelijke gedrag van slib in de Noordzee kustzone in voldoende detail te reproduceren. Bij de slibberekeningen is een aantal uitgangspunten gehanteerd (zie voor meer details Appendix 3):

- Het slib uit de bodem van de Noordzee komt voor 100% via overvloed in het water bij de zandwinning/landaanwinning. In werkelijkheid zal een beperkt deel van het slib achterblijven tussen de zandkorrels en uiteindelijk in de zachte zeewering terechtkomen.
- Voor de verhouding tussen het slibverlies bij de zandwinning op de Noordzee en de landaanwinning is 90%/10% aangehouden.
- Het slib verspreidt zich als een passieve pluim verspreidt door de getijstroming. In werkelijkheid zal ook een deel van het slib samen met het zand als een dynamische pluim richting bodem van de zandwinput.
- Op basis van recent grondonderzoek is dichtbij de landaanwinning in vlek 1 is een gemiddeld slibpercentage aangehouden van 2,5% en voor vlek 2 en 3 is dit percentage gesteld op 1,25%.

Het eerste en het derde uitgangspunt zijn conservatieve aannamen. De huidige modelresultaten voor de zandwinperiode worden dan ook gezien als een bovengrensbepaling [58].

Tijdens de aanlegfase zal slib vrijkomen dat zich over relatief grote afstanden zal verspreiden onder invloed de waterbeweging. De totale hoeveelheid slib die vrijkomt is afhankelijk van de locatie van de zandwinning. Gegeven een totaal volume van circa 320 miljoen m³ komt dit voor de scenario's met de zandwinning in vlek 1 (S1a, S1b) neer op een slibhoeveelheid van circa 12 miljoen ton (2008 – 2013). Bij het scenario met de volledige zandwinning in vlek 2 is deze hoeveelheid circa 6 miljoen ton.

Het vrijgekomen slib (klei- en siltdeeltjes) bij de zandwinning en landaanwinning zal mengen met het omringende Noordzeewater waar ook van nature slib in zit. Door de getij- en golfbeweging zal het vrijgekomen slib meegevoerd worden, en onderdeel gaan uitmaken van de procescyclus van slib: transport, bezinking, opwoeling en flocculatie³. Naar verwachting zullen de vrijgekomen klei- en siltdeeltjes heel snel en op korte afstand van de zandwinputten de eigenschappen aannemen van het slib dat zich van nature in het zeewater bevindt.

Figuur 10.8 geeft het effect weer op de (jaargemiddelde) slibconcentratie aan het wateroppervlak gedurende de zandwinperiode in de periode 2008 – 2013 voor scenario S1b. Tevens is het effect weergegeven voor de periode na afloop van de zandwinning in 2014 en 2015. De figuren geven de absolute verhoging weer van de slibconcentratie weer. Let op: de schaal van deze figuur is niet lineair.

Het modelresultaat in Figuur 10.8 laten zien dat tijdens de aanlegperiode in de loop van de tijd een slibpluim ontstaat die voornamelijk noordwaarts is gericht. In deze pluim is sprake van een verhoging van de slibconcentratie ten opzichte van de huidige situatie.

³ Flocculatie (vlokvorming) is het proces waarbij slibvlokken (< 63 µm) gevormd worden uit kleideeltjes (< 2 µm) en siltdeeltjes (< 2 - 63 µm) als gevolg van cohesieve krachten van de kleideeltjes.

Daarnaast blijkt uit de berekeningen dat het slib ook richting de kust wordt getransporteerd. Verder geven de modelberekeningen aan dat de slibpluim zich ontwikkelt in de tijd. In de eerste jaren is de pluim nog relatief beperkt van omvang. In het laatste jaar van de zandwinning strekt de pluim zich uit over een lengte van tientallen kms langs de kust. In deze zone bereikt het effect op de slibconcentratie bij het wateroppervlak waarden van maximaal +10 mg/l. Dit is ten opzichte van de achtergrondconcentratie van 20 – 30 mg/l en een natuurlijke variatie van 5 – 100 mg/l.

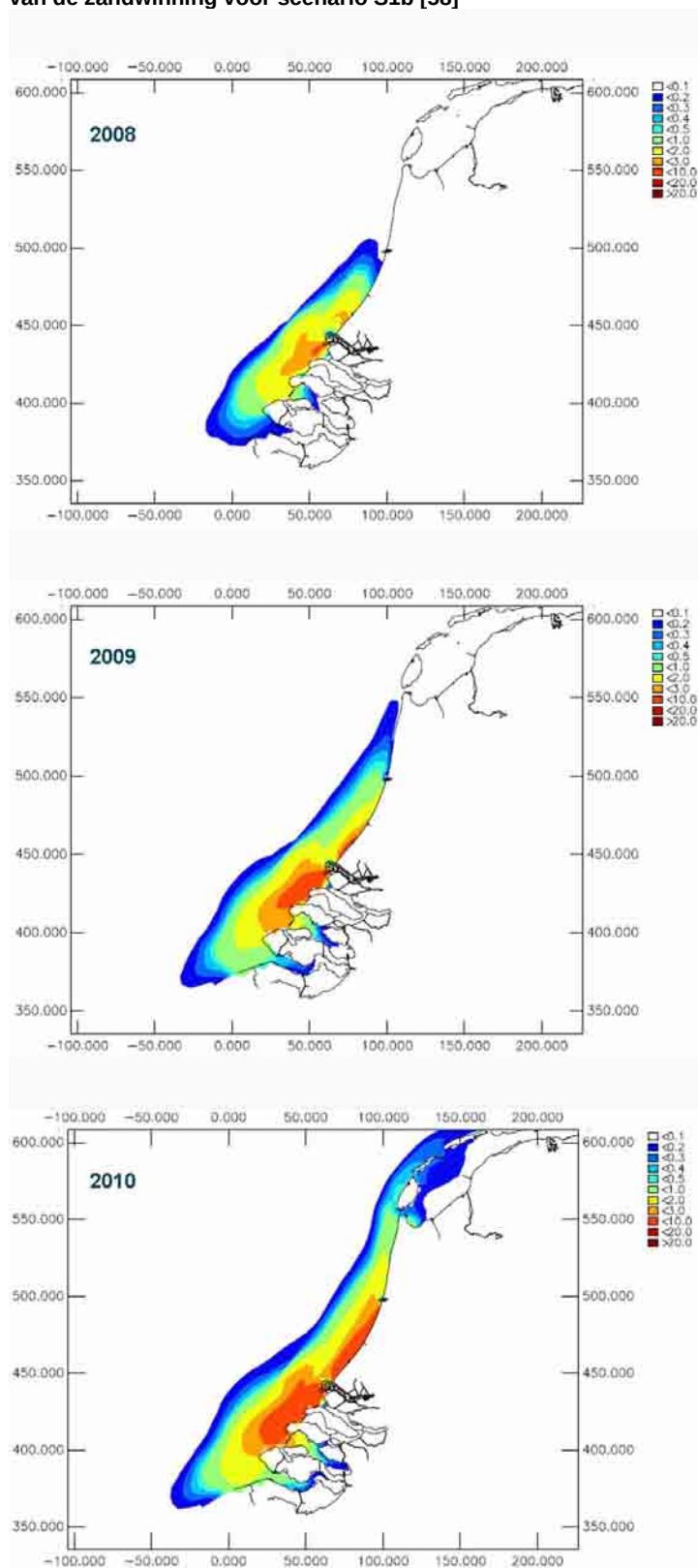
In Figuur 10.9 en 10.10 is het jaargemiddelde effect op de slibconcentratie aan het wateroppervlak weergegeven in 2010 en in 2013. Als meteorologisch achtergrondjaar is voor 2010 het jaar 1998 gebruikt en voor 2013 het jaar 2002. Beide jaren hebben een groot aandeel stormen. Het jaar 2010 is het einde van de scenario's S1a, S2 en S3 (snel tempo), terwijl 2013 het laatste jaar is van de scenario's S1b en S4 (langzaam tempo). Figuur 10.11 geeft voor verschillende deelgebieden het relatieve effect weer op de slibconcentratie.

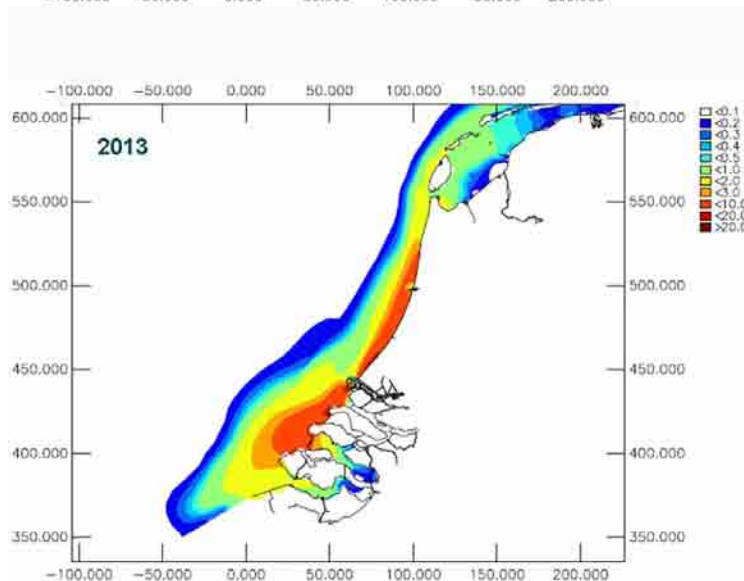
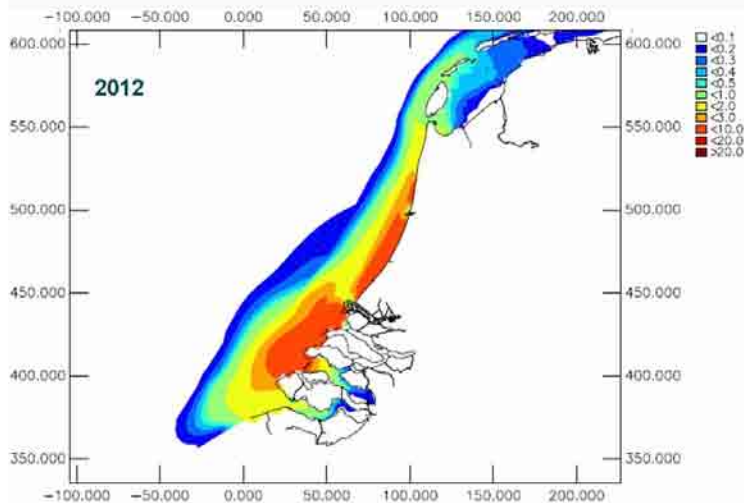
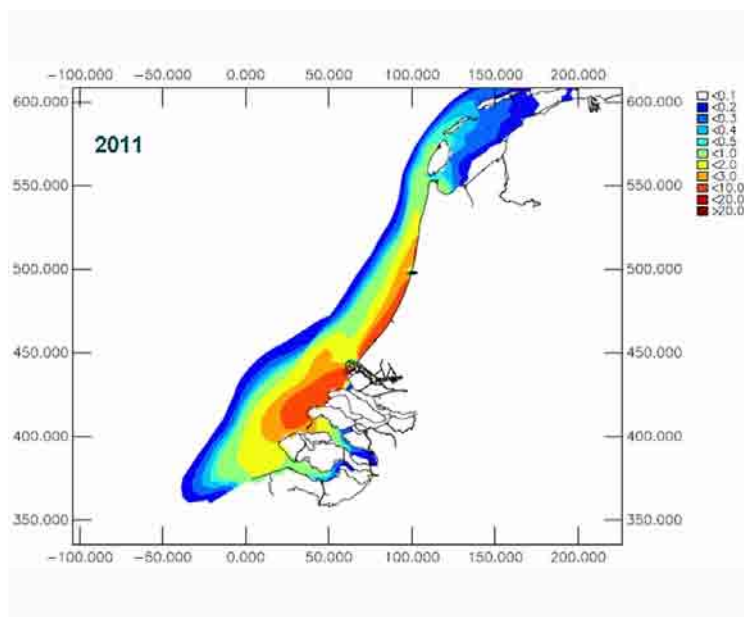
De resultaten van de modelberekeningen voor de verschillende scenario's geven het volgende beeld met betrekking tot de effecten van de zandwinning op de slibconcentratie nabij het wateroppervlak:

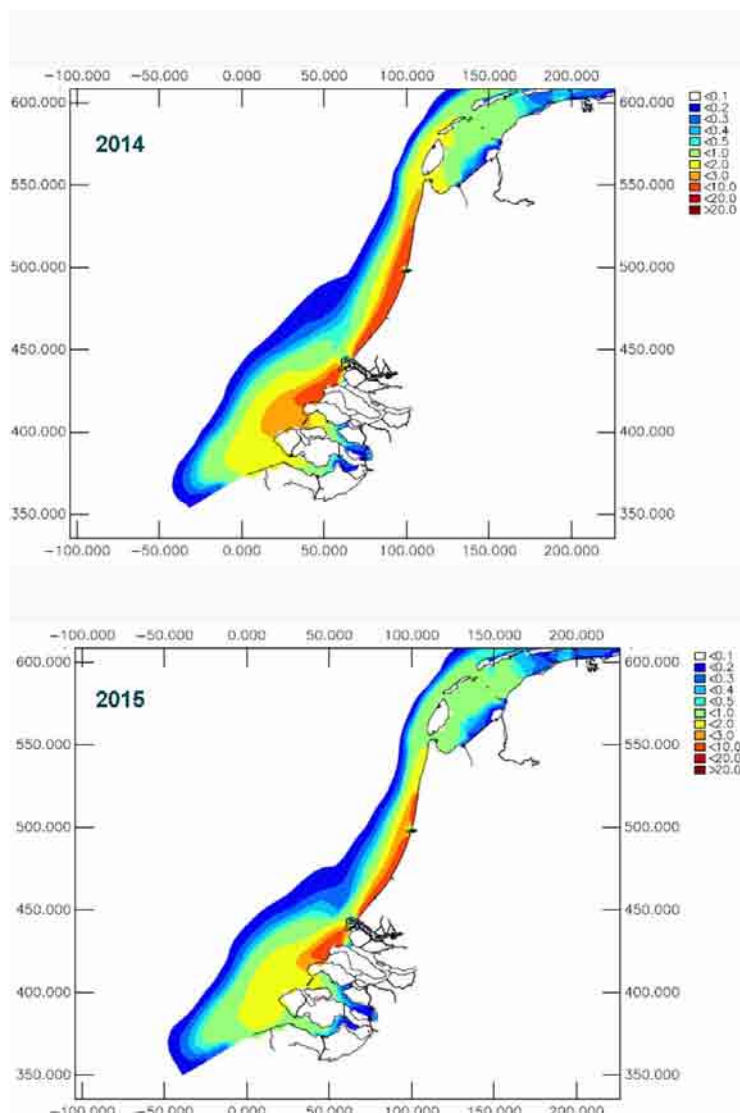
- Langzame winning leidt tot relatief lagere jaargemiddelde effecten, maar het effect duurt langer in de tijd. De totale omvang van het beïnvloedingsgebied wordt niet bepaald door het wintempo.
- Winning meer zeewaarts leidt tot minder grote effecten op de slibconcentraties dan winning dichtbij Maasvlakte 2. Dit is direct gerelateerd aan het lagere slibpercentage in de bodem van de meer zeewaartse winlokatie.

Voor alle scenario's geldt dat de effecten in de Waddenzee dermate marginaal zijn dat deze als verwaarloosbaar beschouwd worden.

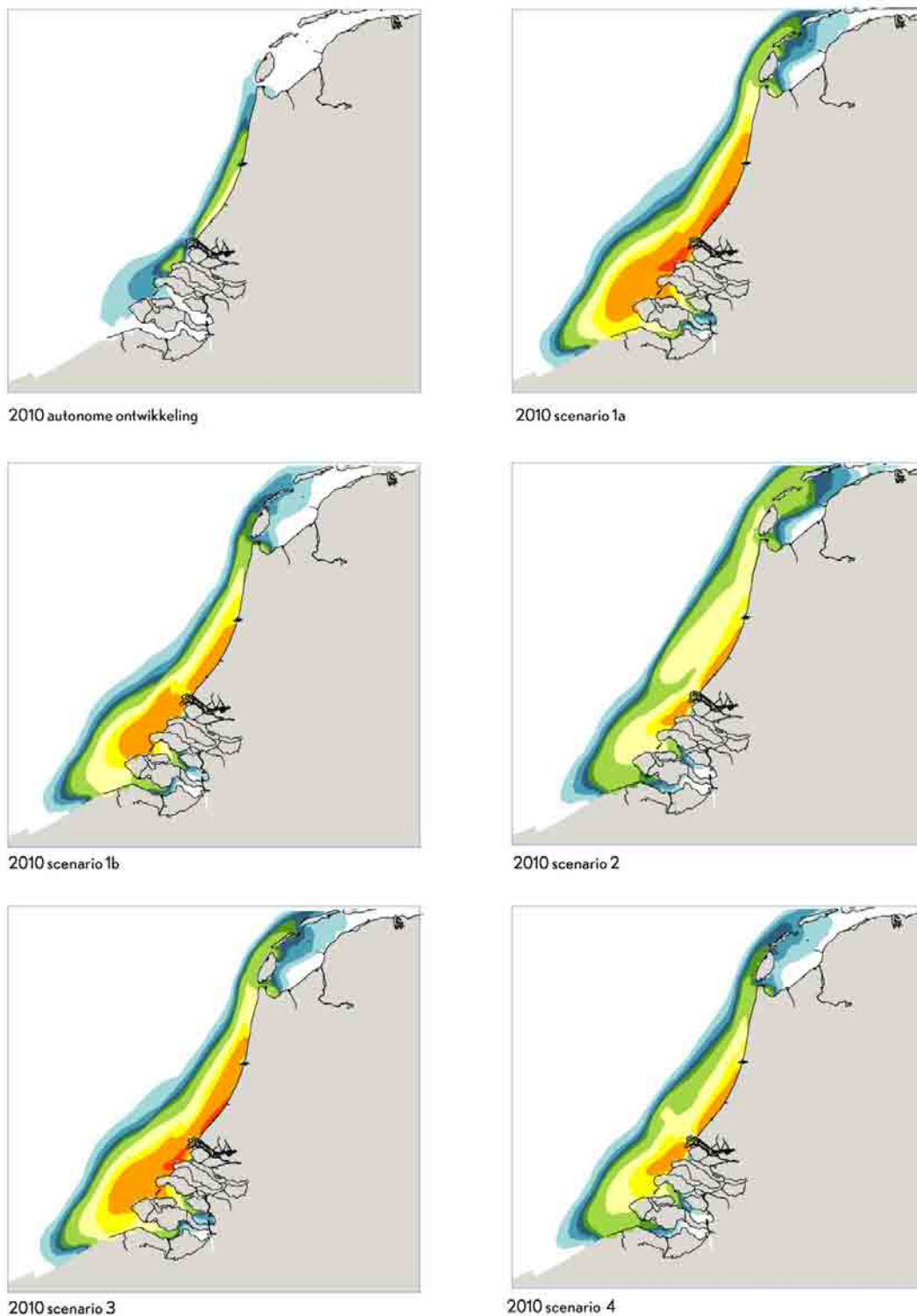
Figuur 10.8 Verhoging van de (jaargemiddelde) slibconcentratie aan het oppervlak in mg/l als gevolg van de zandwinning voor scenario S1b [58]



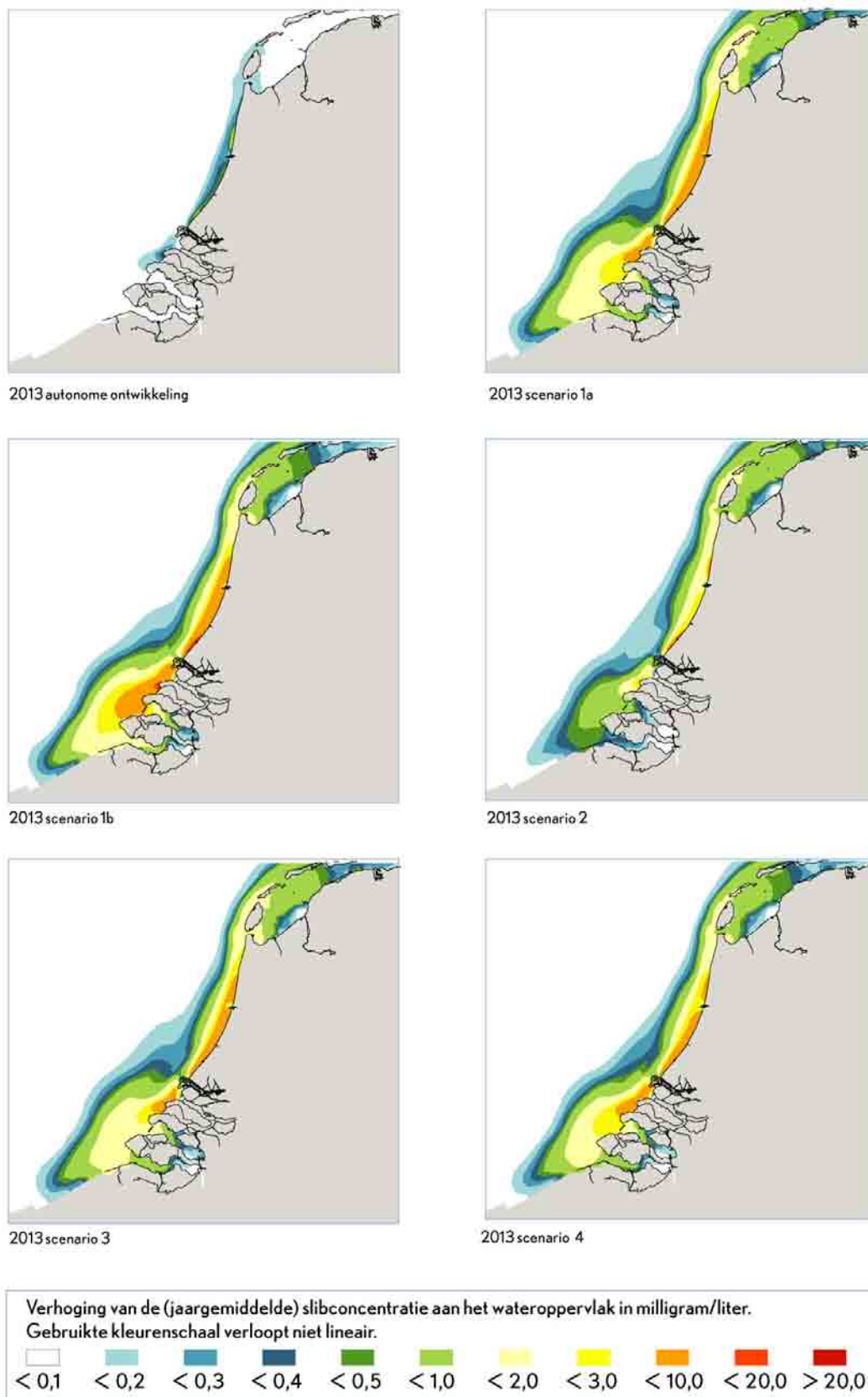




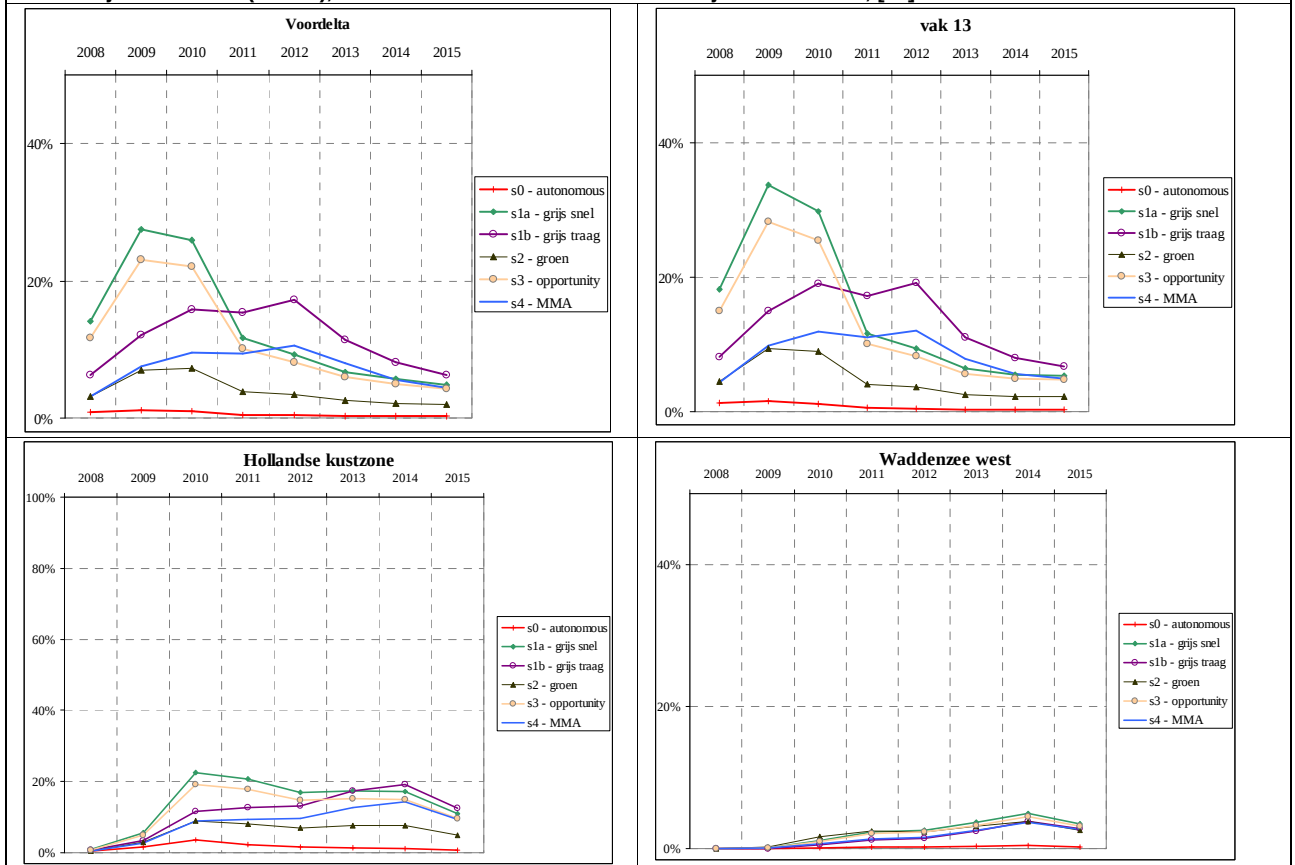
Figuur 10.9 Jaargemiddelde slibconcentratie aan het wateroppervlak in mg/l in 2010.



Figuur 10.10 Jaargemiddelde slibconcentratie aan het wateroppervlak in mg/l in 2013.



Figuur 10.11 Relatieve effecten op de (jaargemiddelde) slibconcentratie als gevolg van de zandwinning in de Voordelta, de Noordelijke Voordelta (vak 13), de Hollandse kustzone en de Westelijke Waddenzee, [58]



Na beëindiging van de zandwinning nemen de effecten weer langzaam af. Dit zogenaamde naijleffect komt omdat het slib dat tijdens de zandwinning is geaccumuleerd in de Noordzeebodem pas na verloop van tijd weer uit de bodem vrijkomt. Dit slib verspreidt zich vervolgens door de getijbeweging, de rivierafvoer en de golven verder op de Noordzee. De verspreiding van het slib dat ten gevolge van de zandwinning in het systeem is gebracht heeft een vrij diffuus karakter. Uit de berekeningen blijkt dat het enkele jaren duurt voordat de slibconcentraties weer terug zijn op het achtergrondniveau van voor de zandwinning.

De concentraties in de Waddenzee ten gevolge van de pluim bedragen <0,5 mg/l. Gelet op de achtergrondconcentratie van 20-50 mg/l kan de toename in de Waddenzee als verwaarloosbaar worden beschouwd.

Alle hierin gepresenteerde effecten moeten gezien worden in het licht van de natuurlijke variabiliteit. De natuurlijke variatie in het jaarlijkse gemiddelde slibtransport en – concentraties wordt geschat op factor 2 [50]. Uitgaande van de gemodelleerde effecten in de verschillende deelgebieden kan geconcludeerd worden dat de effecten op enige afstand van de zandwinputten (veel) kleiner zijn dan de natuurlijke jaarlijkse variabiliteit.

In het kader van het beperken van de effecten ten gevolge van baggeractiviteiten is er gekeken naar de mogelijkheden van seizoensafhankelijk baggeren. Hiermee zou de slibconcentratie in het water verminderd kunnen worden waardoor doorzicht en

chlorophyll-A gehalte verbeterd kunnen worden. Er is een scenario doorgerekend waarin alleen in de maanden augustus tot januari gebaggerd wordt (met een verdubbeld wintempo). Dit scenario is niet realistisch omdat een dergelijk grote baggervloot niet telkens voor 6 maanden ge(de-)mobiliseerd kan worden. Toch geeft dit scenario een indicatie van de maximale vermindering van de effecten die mogelijk is in de periode van stopzetting. In het laatste jaar van baggeractiviteiten is de toename in de Voordelta in de maanden mei-juni +7% voor seizoensbaggeren en +13% voor continu baggeren. Hieruit blijkt dat - hoewel er gedurende 6 maanden volledig gestopt wordt met baggeren - er nog steeds een verhoging van de slibconcentratie optreedt. Deze toename is een gevolg van de bufferwerking van het bodemsediment. Het bodemsediment is na een aantal jaren baggeren opgeladen met slib dat afkomstig is van de zandwinning. Deze slibvoorraad functioneert als bron, waardoor de slibconcentratie ook in een periode zonder baggeren nog steeds hoger is dan de achtergrondconcentratie. Hiernaast zijn er met betrekking tot slibconcentraties en het resulterende doorzicht en chlorophyll-A gehalte een aantal belangrijke terugkoppelingsmechanismen in het ecologisch systeem aanwezig. Deze zorgen ervoor dat een vermindering van de slibconcentratie in bepaalde seizoenen niet per se leidt tot een verbetering van het ecologisch systeem. In de bijlage Natuur wordt hier verder op ingegaan.

Tijdens de **aanwezigheidsfase** kan er naast zand ook slib sedimenteren in de zandwinput. De mate van slibsedimentatie is afhankelijk van de reductie van de stroomsnelheid in de zandwinput tijdens de aanwezigheid. In hoofdstuk 9 komt naar voren dat de reductie van de stroomsnelheid de putten van het Basisalternatief beperkt is. Het gaat om een reductie van de dieptegemiddelde stroomsnelheid van 25 - 50% afhankelijk van de winddiepte van de zandwinput. Dit betekent dat de maximale stroomsnelheid in de put nog steeds meer dan 0,5 m/s bedraagt gedurende de getijperiode. Deze hoogte van de stroomsnelheid geeft al aan dat de kans op slibsedimentatie heel beperkt zal zijn. Een andere aanwijzing hiervoor is de uitgevoerde praktijkproef met een zandwinput bij Hoek van Holland [32]. Deze zandwinput had een ontgrondingdiepte van ongeveer 10 m op een vergelijkbare waterdiepte als de zandwinputten van het Basisalternatief. In de periode oktober 1999 tot augustus 2000 was de slibsedimentatie in deze zandwinput verwaarloosbaar.

De hier gepresenteerde gegevens vormen input voor het thema Natuur (hoofdstuk 8 in het hoofdrapport en bijlage Natuur). Daar wordt tevens ingegaan op de modelresultaten met betrekking tot doorzicht, nutriënten en primaire productie en ook de doorvertaling richting de hogere trofische niveau's.

11 BODEMRELIEF, AARDKUNDIGE WAARDEN EN STABILITEIT

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de gevolgen van de landaanwinning en de zandwinning op het natuurlijke morfologische proces beschreven. Deze beïnvloeding is deels kwantitatief bepaald met behulp van modellering en deels gebaseerd op expert judgement. Als toetsingscriteria worden gehanteerd:

- Ruimtebeslag: Grootte van ontgroning c.q. landaanwinning (ha).
- Bodemreliëf: Verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen zoals platen, geulen, slikken, ondiepten en nat strand (ha).
- Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken (ha).
- Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks (ha).

Bij het bodemreliëf zal een onderscheid worden gemaakt naar relevante deelgebieden (bijv. Voordelta, kustzone van Goeree, Delfland, Maasvlakte). Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur.

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (11.2), en vervolgens de veranderingen ten gevolge van de landaanwinning (11.3) en de zandwinning (11.4) op de bovengenoemde aspecten.

11.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

11.2.1 Huidige situatie

Bodemreliëf

Het reliëf van de Noordzeebodem rondom de Rijn-Maasmonding is in belangrijke mate gevormd door mariene processen en sedimentafzettingen vanuit de rivieren. Naast de natuurlijke processen hebben recentelijk ook menselijke invloeden het bodemreliëf van de kustzone veranderd. Het menselijk ingrijpen betreft een grote variëteit aan activiteiten. Bijvoorbeeld: het uitvoeren van baggerwerkzaamheden om de vaargeulen te onderhouden, zandwinning op de Noordzee, de aanleg van de Deltawerken, de aanleg van de Maasvlakte en het Slufterdepot.

De waterdiepte voor de Delflandse kust, Voorne en Goeree is circa NAP -10 m en neemt toe richting zee naar NAP -50 m op het midden van het NCP. In grote lijnen kan onderscheid worden gemaakt tussen de (relatief) vlakke zeebodem en de onderwateroever (Figuur 11.1). De vlakke zeebodem heeft een algemene helling van maximaal 1:1000. Relatief wil zeggen dat er wel degelijk bodemvariatie is op de bodem van de Noordzee. Kenmerkende elementen op de bodem zijn zandbanken en zandgolven. De vlakke zeebodem gaat kustwaarts over in de sterker hellende onderwateroever. De overgang ligt op ongeveer NAP -20 m. Bij de zeegaten wordt de onderwateroever gedomineerd door buitendelta's met bijbehorende platen en geulen zoals de Haringvlietmonding.

De specifieke morfologische karakteristieken van de vlakke Noordzeebodem en de ondiepe vooroever rondom de Rijn-Maasmonding worden hieronder afzonderlijk beschreven.

Een deel van de **Noordzeebodem** wordt gekenmerkt door **zandgolven** (zie figuur 11.1). Deze zandgolven bevinden zich op dieper water vanaf circa NAP -20 m en hebben een karakteristieke hoogte (top-dal) van 5-10 m. De langwerpige toppen van deze golven worden ook wel 'kammen' genoemd. De toppen van de zandgolven liggen op een onderlinge afstand van ongeveer 200-350 m met variaties tussen de 100 en 500 m [11 en 12]. De zandgolven verplaatsen zich met een jaarlijks gemiddelde snelheid tussen de 0 en de 10 m per jaar [18].

Op de grotere zandgolven (circa 5 m en hoger) kunnen zich zogenaamde megaribbels ontwikkelen. Deze megaribbels bewegen in de richting van de overheersende stroomrichting (NO) langs de flanken van de zandgolven en hebben een hoogte tot circa 1,5 m en een golfenlengte tot circa 30 m. De golfkammen van de megaribbels zijn ongeveer 20 graden gedraaid ten opzichte van de golfkammen van de zandgolven [11 en 12].

Naast zandgolven bevinden zich ook **zandbanken** voor de Nederlandse kust (Figuur 11.1). De lengte van de **zandbanken** varieert van enkele tot tientallen kms [12, 18]. Ze zijn een tot enkele kms breed. De banken in het zuidelijke complex - de Zeeland banken - liggen op vrij diep water (NAP -20 tot -30 m). De hoogte van deze banken is circa 4 tot 20 m en hun oriëntatie is Zuidwest-noordoost. De banken in het noordelijke complex liggen op een diepte van NAP -14 tot -20 m en zijn 3 tot 6 m hoog. Nabij de Noord-Hollandse kust liggen deze banken ook ongeveer Zuidwest-noordoost. Verder op zee is de oriëntatie meer Noord-Zuid.

Figuur 11.1: Bodemvormen op de Noordzeebodem [12]



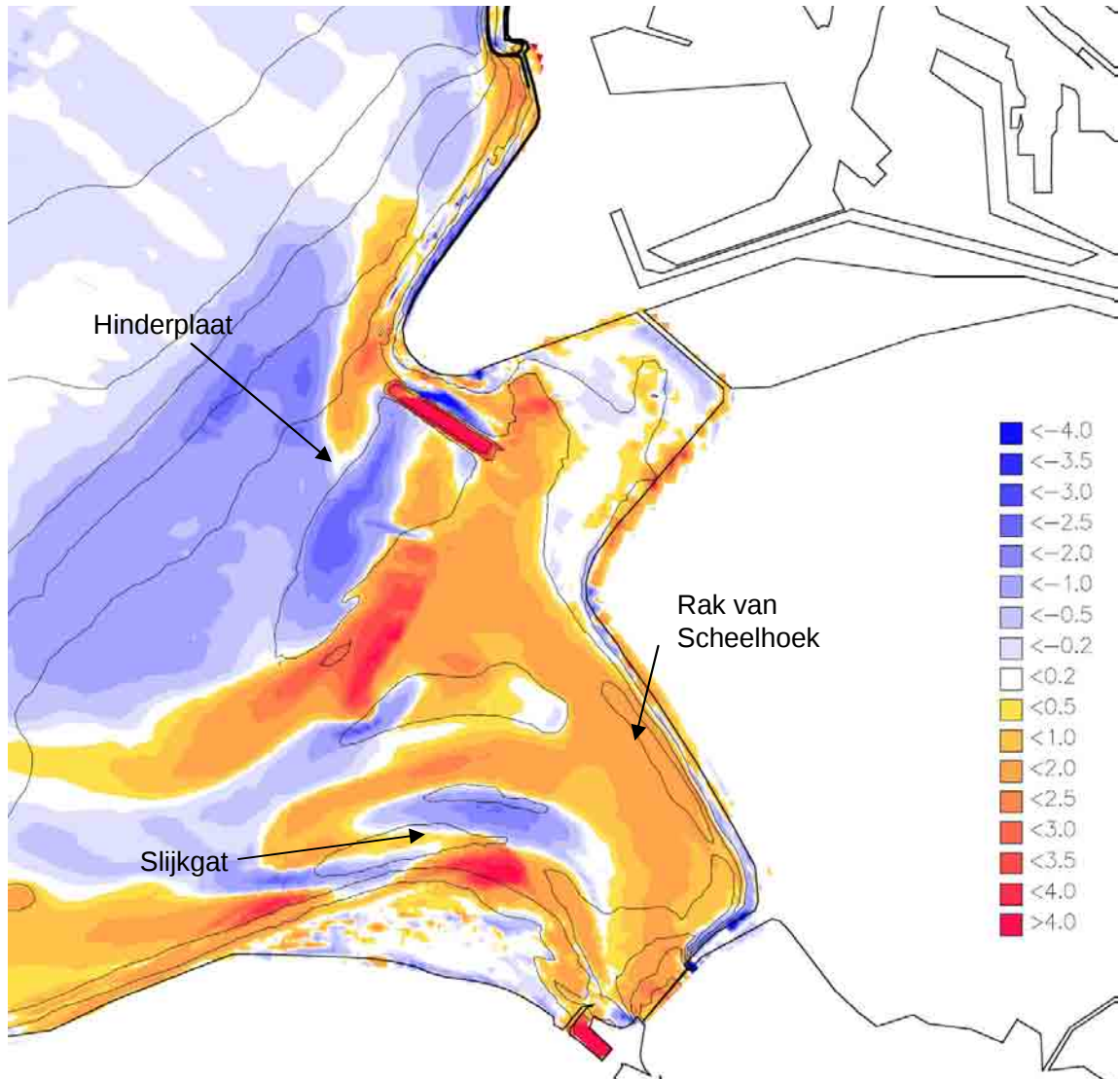
De ondiepe vooroever rondom de **Rijn-Maasmonding** bestaat uit de stranden en de hellende kustzone van Goeree, Voorne en Delfland, en de intergetijdegebieden en de geulen in de Haringvlietmonding. De bodemligging in deze zone is het gevolg van een complexe wisselwerking tussen de waterbeweging (getij, golven, rivierafvoer) en het transport van sediment. In een systeem waarin de omgevingsfactoren (d.w.z. getij en golven en aanbod van sediment) niet veranderen streeft het systeem veelal naar een dynamisch-morfologische evenwichtssituatie. 'Evenwicht' betekent dat de morfologie past bij de waterbeweging: het totale geul- en plaatvolume verandert niet meer sterk. 'Dynamisch' geeft aan dat dit niet betekent dat er niets meer verandert: geulen en platen zullen nog steeds van plaats en vorm kunnen veranderen.

De aanleg van de Haringvlietsluizen in 1970 is bepalend geweest voor de ontwikkeling van de Haringvlietmonding in de afgelopen decennia. Voor de ingebruikname van deze sluizen was dit gebied een estuarium waarin sprake was van een "dynamische evenwichtssituatie" met west-oost georiënteerde platen en banken onder invloed van de overheersende in- en uitgaande getijvolumina. Een dergelijke situatie betekent dat het doorstroomoppervlak van de geulen en de geul/plaatverhouding in het gebied past bij de waterbeweging ten gevolge van getij, rivierafvoer en golven. Dynamisch wil zeggen dat het oppervlak aan geulen en platen (soms sterk) varieert in de tijd en plaats, maar dat het gemiddeld op lange termijn (orde jaren) gezien niet verandert.

De ingebruikname van de Haringvlietsluizen heeft het dynamisch evenwicht abrupt verstoord door de sterke reductie van de hoeveelheid water die dagelijks door de geulen in en uitstroomt. De stroomsnelheden in de geulen zijn afgenomen en er is sprake geweest van sterke sedimentatie van zand en slib in de afgelopen decennia. Een ander effect van de reductie van de getijwerking is dat de golfwerking vanaf de Noordzee relatief sterker is geworden. Hierdoor is de Hinderplaat aan de buitenzijde van de Haringvlietmonding landwaarts verplaatst, hoger geworden en ook omgevormd tot een meer langgerekte plaat met een oriëntatie min of meer parallel aan de kust.

Figuur 11.2 geeft het gemeten erosie- en sedimentatiepatroon weer over de periode 1986 – 2000. Uit deze figuur blijkt dat het systeem in deze periode forse veranderingen heeft ondergaan. Het landwaarts verplaatsen van de Hinderplaat ten zuidwesten van het Slufterdepot is hiervan een duidelijk voorbeeld. Ook de sterke sedimentatie in de diepe geulen (Rak van Scheelhoek en Slijkgat) is goed zichtbaar.

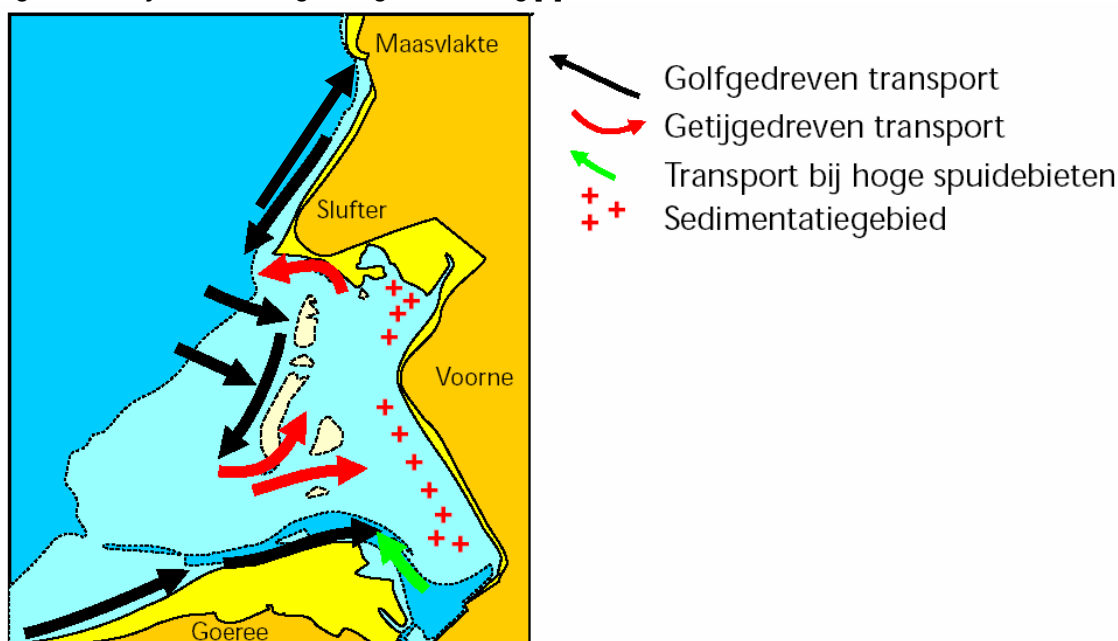
Figuur 11.2: Gemeten sedimentatie (+) en erosie (-) in Haringvlietmond in periode 1986 – 2000 [10]



Op dit moment is er nog steeds sprake van een morfologische aanpassing aan de situatie na afsluiting van het Haringvliet. De snelheid van deze aanpassingen is wel afgenomen. Zo bedroeg de oorspronkelijke sedimentatiesnelheid circa 1 miljoen m³/jaar, terwijl de aanzanding rond het jaar 2000 circa 0.3 miljoen m³/jaar was. Het sediment wordt deels door golfgedreven langstransport vanuit het noorden langs de Maasvlakte en langs de Slufter het gebied in getransporteerd en deels vanuit het zuiden langs het Flauwe Werk. Ook is er sprake van aanvoer van sediment vanaf dieper water richting de Hinderplaat door golfgedreven dwarstransport en estuariene circulatie.

Figuur 11.3 laat schematisch zien hoe het sediment binnen de Haringvlietmonding herverdeeld wordt. Het sediment dat vanaf de Slufter de Haringvlietmonding bereikt, wordt deels langs de Hinderplaat naar het zuiden getransporteerd en deels ook verder landwaarts door golfgedreven dwarstransport. Daarnaast brengt het getij ook sediment naar de Haringvlietmonding via het Bokkegat en het Middengat ('importerend'), terwijl het getij juist sediment naar buiten brengt door het Hindergat ('exporterend'). Ten slotte is er sprake van zeewaarts sedimenttransport wanneer de Haringvlietsluizen openstaan bij hoge spuidebieten.

Figuur 11.3: Systeemwerking Haringvlietmonding [9]



Het geschetste patroon van het transport van sediment in Figuur 11.3 heeft een bijbehorende morfologische ontwikkeling die op hoofdlijnen als volgt gekarakteriseerd kan worden:

- **Stranden:** De strandbreedten bij het Brielse Gat en Voorne nemen nog steeds langzaam toe door de luwe ligging en aanvoer van sediment vanaf de westzijde. Bij de Kwade Hoek neemt ook de strandbreedte toe door aanvoer van sediment vanaf de Kop van Goeree.
- **Intergetijdegebied:** Het plaatareaal in het Brielse Gat groeit door getijgedreven sediment via het Bokkegat en golfgedreven sediment via het Hindergat dat hier bezinkt. Ook het areaal intergetijdengebied van de Hinderplaat en de zuidelijke kant van de Garnalenplaat groeit. Deze aangroei wordt veroorzaakt door sedimentaanbod vanuit het Bokkegat respectievelijk de Middengeul.
- **Geulen:** In het Rak van Scheelhoek vindt nog steeds sedimentatie plaats van zand en slib. In het Slijkgat is ook sprake van netto sedimentatie. Deze geul wordt vanwege de vaargeul richting Stellendam door baggerwerkzaamheden op diepte gehouden.

De arealen in 2000 zijn samengevat in Tabel 11.1.

Tabel 11.1: Areaaloppervlak Haringvlietmonding per diepteklasse in 2000

Diepteklasse	Areaal (ha)	Areaal (%)
Droog strand (+1 tot +2m NAP)	400	3.2
Nat strand/slikken (-1 tot +1m NAP)	1367	10.8
Platen (-1 tot +1 m NAP)	161	1.3
Geulranden (-3 tot -1 m NAP)	2972	23.6
Geulen (-10 tot -3 m NAP)	7505	59.5
Geulen (-20 tot -10 m NAP)	198	1.6
Totaal	12603	100.0

Aardkundige waarden

Aardkundige waarden zijn zeldzame of typerende geomorfologische vormen of geologische afzettingen. Gebieden waar deze vormen of afzettingen voorkomen kunnen als aardkundig waardevol worden bestempeld vanwege kenmerkendheid van afzettingen voor een bepaalde periode in de geologische ontwikkeling van het gebied of voor de processen die bij die ontwikkeling een rol hebben gespeeld. Voor de Noordzee zijn zowel locaties van belang waar specifieke geogenetische informatie opgeslagen ligt onder de zeebodem, in de vorm van diepere structuren of afzettingen, als de locaties waar de vorm van de zeebodem specifieke kenmerken vertoont van huidige of vroegere processen. Door TNO-NITG en de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek zijn de gegevens over aardkundige waarden in kaart gebracht en beschikbaar gesteld ten behoeve van dit project Maasvlakte 2 [15].

Stabiliteit van de zeebodem

In het Nederlands deel van de Noordzee komen in een aantal gebieden gasvelden voor in de diepe ondergrond. Dit gas komt voor op diepten van meer dan 3000 m, maar migreert plaatselijk naar ondiepere lagen en van hieruit zelfs naar het zeebodemoppervlak. Het migrerende gas kan zich in ondiepere lagen opnieuw verzamelen en de afsluitende lagen onder druk zetten. Als de druk de weerstand van deze laag overschrijdt, kan het gas plotseling explosief vrijkomen en hierbij een krater in de zeebodem achterlaten waaruit gas blijft ontsnappen, een zgn. pockmark [15].

In het noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat (NCP) zijn tijdens het geologisch onderzoek op meerdere locaties pockmarks aangetroffen. Resultaten van bathymetrisch onderzoek geven aan dat één pockmark aanwezig is ter hoogte van de Euro-Maasgeul. De locatie van deze pockmark is 570245E, 5761819N (UTM31, ED50) [15].

11.2.2 Autonome ontwikkelingen

In de nabije toekomst zal het spui-beheer van de Haringvlietssluisen veranderen in het 'Kier beheer'. Dit beheer houdt in dat de sluisen bij vloed op een kier worden gezet. Hierdoor neemt het getijvolume in de Haringvlietmonding weer beperkt toe. Deze verandering zal op haar beurt consequenties hebben voor de morfologie. De wijzigingen zijn echter beperkt omdat het getijvolume maar beperkt verandert. De invloed van deze wijziging zal zich met name manifesteren rondom het Slijkgat aan de zuidkant van de Haringvlietmonding. De verwachting is dat – relatief gezien – het geuloppervlak iets groter en het plaatoppervlak iets kleiner zal worden ten opzichte van de huidige situatie. Relatief betekent dat het afgezet moet worden tegen de huidige morfologische ontwikkeling van het gebied waarin het plaatareaal toeneemt en het geulareaal afneemt.

Ten opzichte van de huidige situatie neemt in absolute zin het plaatareaal nog steeds toe en het geuloppervlak af.

Voor de overige gebieden worden geen veranderingen verwacht.

11.3 Effecten landaanwinning

11.3.1 Overzicht effecten

De effecten van de landaanwinning op de geomorfologie zijn samengevat in de onderstaande tabel. Het Basisalternatief voor de landaanwinning heeft gevolgen voor de geomorfologie van de Noordzeebodem in de directe omgeving van de landaanwinning. Ook in de Haringvlietmonding zijn tijdelijke effecten te verwachten op de morfologische ontwikkeling in de komende tientallen jaren. Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur en Recreatie.

Tabel 11.2: Overzicht effecten geomorfologie tijdens aanwezigheid - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Geomorfologie	Bodemreliëf: verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen	Doorgaande verondieping van de Haringvliet-monding ten gevolge van afsluiting Haringvliet	Zie Tabel 11.4, 11.6 en 11.8 voor veranderingen in arealen bij Delfland, Haringvlietmonding en Noordelijke Voordelta Maximale ontgronding 470 ha beneden NAP - 20 m na 10 jaar (evt. met aanvullende beheersmaatregelen)	Idem Idem
	Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken	Geen veranderingen	Geen effect	Idem
	Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks	Geen veranderingen	Geen effect	Idem

11.3.2 Toelichting op effecten

Bij de gevolgen van de landaanwinning op morfologie wordt onderscheid gemaakt tussen diverse deelaspecten:

- Veranderingen in arealen.
- Aantasting van aardkundige waarden (bodemvormen).
- Stabiliteit van de bodem in verband met pockmarks.

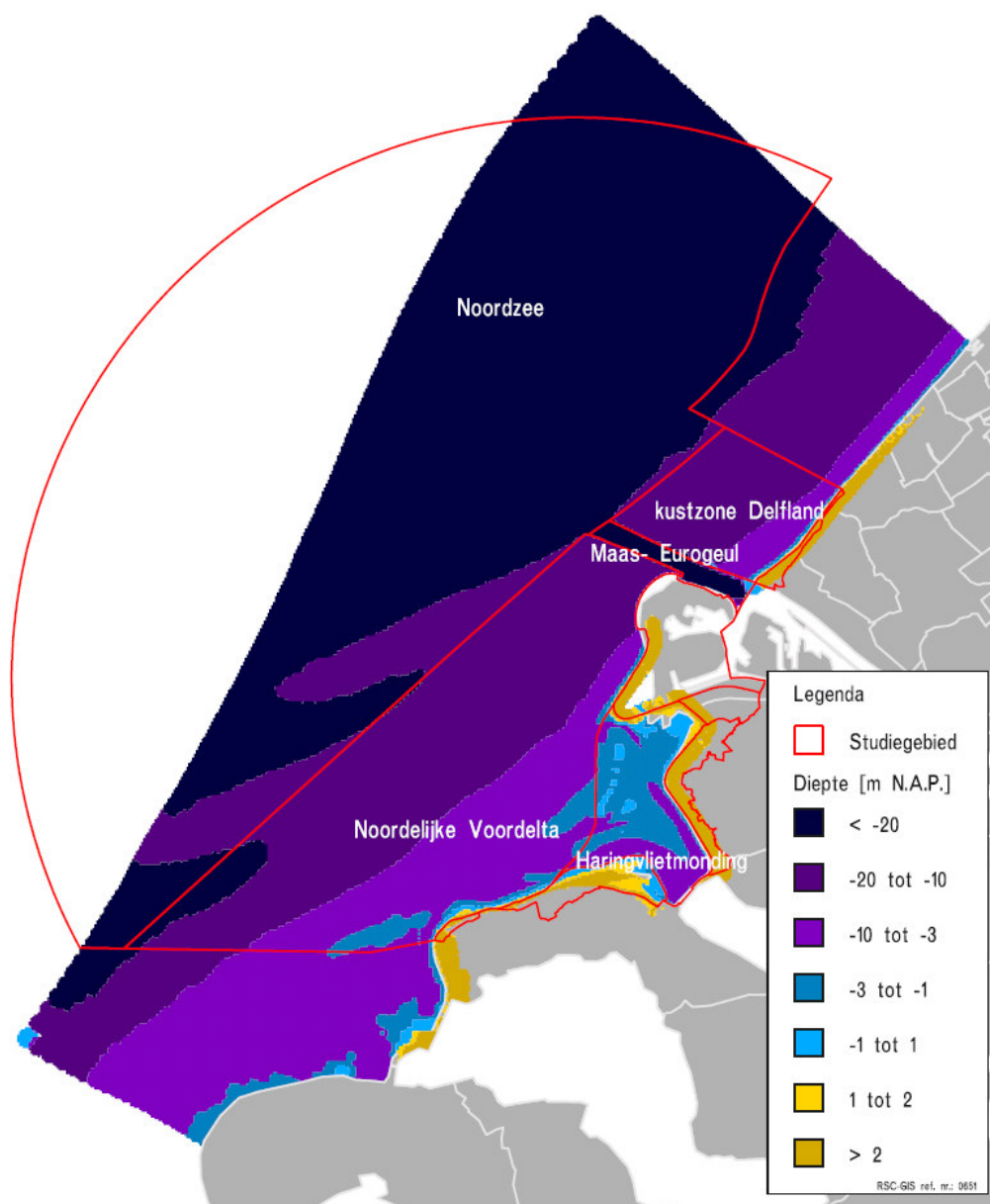
Deze worden hieronder afzonderlijk besproken. Het Basisalternatief en het MMA hebben identieke effecten tot gevolg omdat de vormgeving van de buitencontour bepalend is. Deze vormgeving is in beide gevallen (nagenoeg) identiek. De effectbeschrijvingen zijn input voor het thema Natuur en Archeologie.

Verandering in arealen

De effecten van het Basisalternatief zijn bepaald met behulp van een state-of-the-art 2D morfologisch rekenmodel [10]. In de onderstaande effectbeschrijving is een gebiedsindeling gehanteerd die ook wordt gebruikt bij het thema Natuur. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende deelgebieden: Noordzee, Haringvlietmonding, Noordelijke Voordelta, Euro-Maasgeul en Delfland. Voor de grenzen van deze gebieden wordt verwezen naar Figuur 11.4. Deze indeling is anders dan in [10]. De arealen zijn bepaald met behulp van een GIS-bewerking op de resultaten van de morfologische berekeningen uit [10].

Hoewel de laatste jaren veel vooruitgang is geboekt kennen dergelijke modellen bij de huidige stand van de techniek een ruime bandbreedte. Dit geldt in het bijzonder als de resultaten betrekking hebben op een termijn van enkele decennia zoals in de huidige berekeningen. Uit de bandbreedte blijkt dat het morfologische gedrag van deze complexe systemen nog maar beperkt voorspelbaar is. De voorspelling van de ondiepe zones in het bijzonder is met onzekerheden omgeven. Derhalve moeten de modelresultaten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Vanwege deze onzekerheden zijn de resultaten getoetst aan de hand van expert judgement. De onderstaande beschouwing over de effecten van het Basisalternatief is het resultaat daarvan.

Figuur 11.4 Gebiedsindeling voor de bepaling van de verandering van arealen



1. Noordzee en Euro-Maasgeul

Uit de modelresultaten blijkt dat in de autonome ontwikkeling er sprake is van een toename van diepteklasse NAP -10 tot -20 m en gelijke afname van gebied dieper dan NAP -20 m in het deelgebied Noordzee. Dit effect treedt op ten westen van de kust van Delfland en ten westen van de huidige Maasvlakte. Dit hangt samen met de verdere ontwikkeling van de erosiekuil bij de huidige Maasvlakte in de modelberekeningen. Op basis van de validatieperiode 1986 – 2000 kan geconcludeerd worden dat de morfologische ontwikkeling in deze zone niet goed voorspeld wordt door het model. Op basis van expert judgement wordt verwacht dat dit gebied niet verandert ten opzichte van de huidige situatie. Tevens is het effect van Basisalternatief ten opzichte van de autonome ontwikkeling verwaarloosbaar.

De Euro-Maasgeul wordt op diepte gehouden door baggerwerkzaamheden. In dit gebied worden geen veranderingen verwacht in de autonome ontwikkeling. Hoewel het patroon en de intensiteit van aanzanding in deze geul zal veranderen, zal er geen morfologisch effect optreden als gevolg van het Basisalternatief.

2. Delfland tussen Hoek van Holland en Ter Heijde⁴

Net als in het deelgebied Noordzee voorspelt het rekenmodel in deze zone aanzienlijke morfologische veranderingen in de autonome ontwikkeling, zowel op diep water als op ondiep water. De validatieperiode 1986 – 2000 laat echter zien dat dit gebied morfologisch relatief stabiel is. Ook voor dit gebied wordt op basis van expert judgement verwacht dat er geen veranderingen optreden in de autonome ontwikkeling.

Op basis van de modelberekeningen blijkt dat het Basisalternatief positieve gevolgen heeft voor de ontwikkeling van de ondiepe zone (van NAP -3 m tot NAP +2 m). Er is sprake van een aangroei van circa 44 ha van deze zone. Kwalitatief gezien is deze verandering aannemelijk omdat de landaanwinning leidt tot afscherming van golven en een zeewaartse verlegging van de getijstroming nabij de Delflandse kust tussen Hoek van Holland en Ter Heijde. Hierdoor wordt de situatie net ten noorden van Hoek van Holland iets luwer met lichte aangroei van de kust ter plaatse. Logischerwijs gaat een toename van de ondiepe zone ten koste van areaal in de diepere zone (NAP -3m tot NAP -10m). Op dieper water (< NAP -10 m) voorspelt het model ook veranderingen als gevolg van het Basisalternatief. Hier geldt – net als bij het deelgebied Noordzee – dat de effecten op dieper water niet representatief geacht worden vanwege de onjuiste voorspelling van de erosiekuil.

Tabel 11.3: Berekende areaalveranderingen op basis van morfologische berekeningen en gehanteerde bandbreedte voor de modeluitkomsten

Diepteklasse	Huidige Situatie 2000 (ha)	Basisalternatief 2020 (ha)	Gehanteerde bandbreedte
Zeer diepe zone (< 10m-NAP)	41.619	Geen effect ¹	-
Diepe zone (10m-NAP tot 3m-NAP)	1.092	-44	-60 tot 0%
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	90	14	-110 tot 0%
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	63	22	-45 tot 0%
Droge gebieden (> 1m+NAP)	52	8	-85 tot 0%

¹De inschatting voor deze situatie c.q. zone is gemaakt op basis van expert judgement vanwege modelbeperkingen.

⁴ Merk op dat hier de morfologische ontwikkeling besproken wordt van het gebied tussen Hoek van Holland en Ter Heijde. Deze zone wordt beschouwd omdat deze gegevens nodig zijn voor de effectbepaling bij het thema Natuur. Bij het aspect Kustlijnhandhaving in hoofdstuk 6 is gekeken naar de gehele Delflandse kust tussen Hoek van Holland en Scheveningen.

Tabel 11.3 geeft ook de gehanteerde bandbreedte weer voor de verschillende diepteklassen. De bandbreedte voor de verschillende diepteklassen zijn gebaseerd op [10]. Daarin is op basis van een vergelijking met metingen een bandbreedte van de modelvoorspellingen afgeleid voor de verschillende diepteklassen in de Haringvlietmonding. Hoewel het hier gaat om de Delflandse kust, worden de gevonden bandbreedten hier ook representatief geacht. De door het model berekende veranderingen bij de Delflandse kust worden als bovengrens gezien. Argument hiervoor is dat uit de validatieperiode blijkt dat het model veel meer veranderingen laat zien dan in werkelijkheid zijn opgetreden. Het is dus niet realistisch om ervan uit te gaan dat de veranderingen in werkelijkheid groter zullen zijn dan volgens het model. Vandaar dat de bovengrensmarge op 0% is gezet. Voor de ondergrens is wel de marge gehanteerd uit [10]. Toepassing van de bandbreedte leidt tot de effecten zoals weergegeven in Tabel 11.4.

Tabel 11.4: Areaaloppervlak Delfland per diepteklasse voor huidige situatie, en voorspelde areaaloppervlak inclusief bandbreedte na 20 jaar voor de autonome ontwikkeling en het Basisalternatief (afgerond op 5 ha)

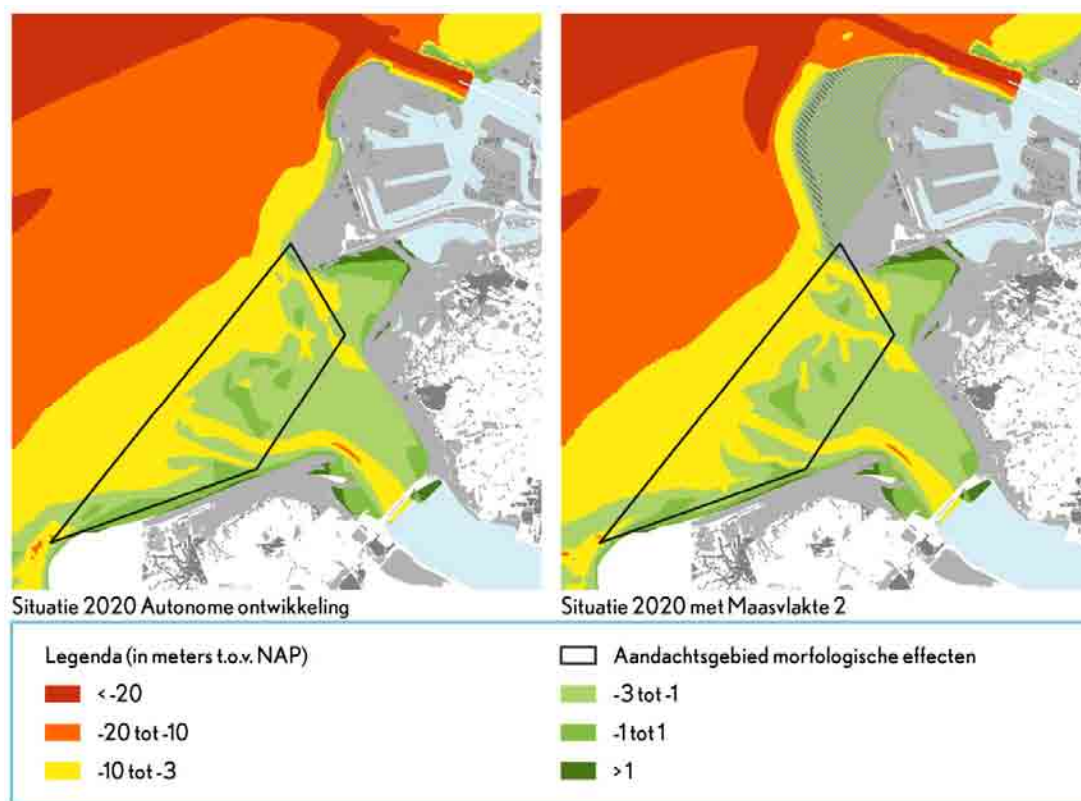
Diepteklasse	Huidige Situatie 2000 (ha)	Autonome ontwikkeling 2020 ¹	Basisalternatief 2020 (ha)
Zeer diepe zone (< 10m-NAP)	41.619	Geen effect	Geen effect ¹
Diepe zone (10m-NAP tot 3m-NAP)	1.092	Geen effect	1.045 – 1.080 (10 – 45 afname)
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	90	Geen effect	90 – 105 (0 – 15 toename)
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	63	Geen effect	70 – 80 (10 – 20 toename)
Droge gebieden (> 1m+NAP)	52	Geen effect	50 – 60 (0 – 10 toename)

¹De inschatting voor deze situatie c.q. zone is gemaakt op basis van expert judgement vanwege modelbeperkingen.

3. Haringvlietmonding

Figuur 11.5 geeft de morfologische ontwikkeling weer voor de autonome situatie en het Basisalternatief. Het **oostelijke** en **noordoostelijke** deel van de Haringvlietmonding kent een vrijwel gelijke morfologische ontwikkeling bij het Basisalternatief in vergelijking met de autonome ontwikkeling. De slikken bij het Brielse Gat breiden zich langzaam verder uit en er vindt ook aangroei van het droge strand plaats in de hoek van de Slufter. Ook het natte strand voor de kust van Voorne wordt groter. Rondom de Kwade Hoek nabij de Haringvlietsluizen vindt ook verdergaande uitbreiding plaats van het slikkengebied en de ondiepwaterzone. De nagenoeg identieke ontwikkelingen in de (noord-)oostelijke zone zijn aannemelijk aangezien dit deel van het systeem met name wordt gestuurd door de getijvolumes door het Hindergat en het Slikgat en **lokaal** opgewekte golven. Beide processen worden maar zeer beperkt beïnvloed door de landaanwinning.

Figuur 11.5: De voorspelde morfologische situatie in de Haringvlietmonding in 2020 met de autonome ontwikkeling (links) en het Basisalternatief (rechts).



Het Basisalternatief brengt een verandering in de morfologische ontwikkeling in het **westelijke** deel van de Haringvlietmonding rondom de Hinderplaat en de Garnalenplaat te weeg (Figuur 11.5). Dit komt omdat de landaanwinning de golfindringing vanaf de Noordzee vanuit het noorden en noordwesten deels afschermt. Hierdoor wordt onder meer het golfgedreven zandtransport vanaf het Slufterstrand afgezwakt. Per saldo levert dit op dat er minder aanvoer van zand is voor de ingezette morfologische ontwikkeling na afsluiting van het Haringvliet in deze zone van de monding. De berekende veranderingen bij Goeree zijn niet betrouwbaar vanwege het verschil in de toegepaste golfroosters [10]. Uit eerder onderzoek is gebleken dat het effect van diverse Maasvlakte 2 varianten op het kustvak van Goeree zeer beperkt is.

Het gevolg van de afscherming van de golfinvloed is dat de toename van het plaatareaal in de westelijke zone van de Haringvlietmonding trager verloopt dan in de autonome ontwikkeling in de periode 2000 – 2020. De tragere ontwikkeling van het plaatareaal bij de landaanwinning komt ten goede aan een snellere ontwikkeling van de ondiepe zone net onder de laagwaterlijn. Dat er sprake is van vertraging in de ontwikkeling en niet van een trendbreuk in de ontwikkeling blijkt ook uit modelberekeningen met een langere tijdshorizon (2040) [59]. Deze geven aan dat het totale oppervlak intergetijdengebied in de Haringvlietmonding naar hetzelfde oppervlak tendeert als in de autonome ontwikkeling. Een lange termijn tendens naar dezelfde geul/plaatverhouding lijkt aannemelijk aangezien het getijvolume in de Haringvlietmonding door de landaanwinning niet verandert.

De berekende effecten op de arealen van de diverse diepteklassen van de Haringvlietmonding zijn samengevat in Tabel 11.4. Tevens is in deze tabel de gehanteerde bandbreedte opgenomen. Deze bandbreedten zijn overgenomen uit [10]. Daarbij is voor de ondiepe zone (NAP -3 tot -1 m) en de geulen (NAP -3 tot -10 m) de bovengrens aangepast (0%). Uit de validatieperiode blijkt namelijk dat de effecten in deze dieptezones door het model systematisch overschat worden ten opzichte van de werkelijke veranderingen.

Tabel 11.5: Berekende areaalveranderingen op basis van morfologische berekeningen en gehanteerde bandbreedte voor de modeluitkomsten voor Haringvlietmonding

Diepteklasse	Areaal oppervlak Haringvlietmonding [ha]			Gehanteerde bandbreedte
	Huidige Situatie 2000	Autonome ontwikkeling 2020	Basisalternatief 2020	
Diepe geulen (20m-NAP tot 10m-NAP)	15	27	18	+/- 150%
Geulen (10m-NAP tot 3m-NAP)	1421	906	901	-60 tot 0%
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	2314	2689	2756	-110 tot 0%
Platen (1m-NAP tot 1m+NAP)	142	81	61	+/- 45%
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	254	370	353	+/- 45%
Slikken (1m-NAP tot 1m+NAP)	392	436	424	+/- 45%
Droge gebieden (> 1m+NAP)	802	Geen effect ¹	Geen effect ¹	-

¹De inschatting voor deze zone is vanwege modelbeperkingen gemaakt op basis van expert judgement.

Op basis van de gegevens in Tabel 11.5 is de bandbreedte bepaald van de voorspellingen in de arealen. Daarbij kan niet direct voor alle zones de gepresenteerde boven- of ondergrens uit Tabel 11.5 gehanteerd worden omdat het totaaloppervlak niet verandert. Om hieraan te voldoen is telkens de diepteklasse NAP -1 tot -3 m als sluitpost gehanteerd. Deze aanpak levert de gepresenteerde bandbreedten voor de verschillende dieptezones in Tabel 11.6.

Tabel 11.6: Areaaloppervlak Haringvlietmonding per diepteklasse voor huidige situatie, en voorspelde areaaloppervlak inclusief bandbreedte na 20 jaar voor de autonome ontwikkeling en het Basisalternatief (afgerond op 5 ha)

Diepteklasse	Areaal oppervlak Haringvlietmonding [ha]		
	Huidige Situatie 2000	Autonome ontwikkeling 2020	Basisalternatief 2020
Diepe geulen (20m-NAP tot 10m-NAP)	15	10 – 45	15 – 20 (-20 tot +5)
Geulen (10m-NAP tot 3m-NAP)	1421	905 – 1215	900 – 1210 (-5)
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	2314	2430 – 2690	2490 – 2765 (+60 tot +75)
Platen (1m-NAP tot 1m+NAP)	142	50 – 105	20 – 95 (-10 tot -30)
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	254	320 – 425	310 – 400 (-10 tot -25)
Slikken (1m-NAP tot 1m+NAP)	392	415 – 455	410 – 440 (-5 tot -15)
Droge gebieden (> 1m+NAP)	802	Geen effect	Geen effect

In het kader van MER PMR zijn ook de morfologische gevolgen van de uitbreiding van Maasvlakte 2 in kaart gebracht voor de Haringvlietmonding [62]. Uitgangspunt daarbij was het Getemd getij als autonome ontwikkeling en de morfologische effecten van de Referentieontwerpen I en II zijn gekwantificeerd. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat het areaal onder water (diepteklassen NAP -3 tot -1 m en NAP -10 tot -3 m) in de Haringvlietmonding een (beperkte) relatieve afname zou laten zien. Voor de zones boven de hoogwaterlijn (> +1 m NAP) was er juist sprake van een (beperkte) relatieve toename. Voor het intergetijdengebied (-1 m tot +1 m NAP) was het verschil niet significant. Relatief betekent in dit kader ten opzichte van de toentertijd vigerende autonome ontwikkeling ("getemd getij"). Ten slotte bleek dat de morfologische effecten ten gevolge van de Referentieontwerpen klein waren in vergelijking met de effecten als gevolg van de wijziging in het spui-beheer naar Getemd getij. Gelet op de modelverbeteringen worden de nieuwste berekeningen als state-of-the-art beschouwd.

De hiervoor geschetste morfologische gevolgen van het Basisalternatief zijn anders dan in het kader van MER PMR zijn voorspeld voor de Referentieontwerpen I en II. De verschillen zitten vooral in de voorspelde ontwikkeling van de ondiepe zones net boven (NAP -1 m tot +1 m) en net onder de laagwaterlijn (NAP -3 tot -1 m). De verschillen tussen de beide voorspellingen zijn het deels gevolg van voortschrijdend inzicht. Het toegepaste modelinstrumentarium voor de huidige effectvoorspelling is op een aantal essentiële punten verder doorontwikkeld. Uit de kalibratie van de periode 1986 – 2000 blijkt dat de modelvoorspelling van het intergetijdengebied (en de zones daarboven) met het nieuwe instrumentarium veel beter presteert dan het oude instrumentarium. Daarnaast speelt ook mee dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende autonome situaties (namelijk Getemd getij en Kierbeheer). Omdat het Getemd getij regime een forse invloed heeft op de ontwikkeling in de Haringvlietmonding en het Kierbeheer nauwelijks de ontwikkeling beïnvloedt, is het niet ondenkbaar dat het relatieve effect van Maasvlakte 2 voor deze spuieregimes anders uitpakt.

4. Noordelijke Voordelta

In de Noordelijke Voordelta is sprake van directe en indirecte effecten op de morfologie als gevolg van het Basisalternatief. Het directe effect betreft het ruimtebeslag van de landaanwinning. Het ruimtebeslag betreft 1958 ha. Hiervan ligt 104 ha in de zone tussen NAP 0 – -10 m en 1854 ha in de zone tussen NAP- 10-20 m. De indirecte effecten treden op op **diep water** net ten westen van de landaanwinning en **op ondiep water** in de zone net ten westen van de Hinderplaat.

Effect op diep water

Op diep water net ten westen van de landaanwinning ontstaat hier een nieuwe erosiekuil ten gevolge van de verhoogde stroomsnelheden en de daarmee gepaard gaande veranderingen in het zandtransport. Volgens modelberekeningen is de omvang van erosiekuil onder NAP- 20m circa 370 ha na 10 jaar [10]. Toepassen van een realistische bandbreedte levert een maximale omvang van de erosiekuil na 10 jaar van 470 ha [24].

Er zijn aanwijzingen dat het toegepaste model de grootte van de erosiekuil overschat en dat het werkelijke effect kleiner is [24]. Ook over de tijdschaal van de ontwikkeling zoals berekend bestaan twijfels. Dit wordt mede ingegeven door de ervaringen met de erosiekuil van de huidige Maasvlakte. Een mogelijke verklaring voor de afwijkingen in de bovengenoemde modelberekeningen is dat er geen rekening is gehouden met de gevolgen van afpleistering ('armouring') bij een gegradeerde bodemsamenstelling. Vanuit de natuur is bekend dat dit een belangrijke zelfstabiliserende factor is, omdat de grovere korrels de fijnere korrels tegen verdere erosie beschermen. Recente oriënterende berekeningen voor Maasvlakte 2 laten inderdaad zien dat de ontwikkeling van de diepte en de grootte van de erosiekuil gereduceerd wordt wanneer dit proces wel in rekening wordt gebracht [49].

Na 20 jaar voorspelt het model een omvang van de erosiekuil onder de NAP- 20m van 760 ha. Deze omvang wordt – gelet op de modelbeperkingen - als reële bovengrens beschouwd voor de uiteindelijke omvang van de erosiekuil. Verwacht wordt dat de werkelijke omvang niet veel verder zal toenemen. Over de termijn die gemoeid is met het bereiken van een evenwichtssituatie bestaat de nodige onzekerheid. De praktijk leert dat dit tenminste enkele decennia kan duren. Gezien de tijdschaal van het erosieproces is de ontwikkeling van de erosiekuil in de loop van de tijd goed te volgen en zijn aanvullende beheersmaatregelen mogelijk om een verdere vergroting van de erosiekuil tegen te gaan, zoals het bestorten van delen van de kuil met fijn zeegrind.

Gelet op de waarschijnlijke overschatting van de modelvoorspellingen, de onzekerheden ten aanzien van de tijdschaal van het proces en de mogelijkheden om dit effect te beheersen wordt uitgegaan van een maximale omvang van de erosiekuil van 470 ha onder NAP- 20m (op termijn van 10 jaar). Mocht na verloop van tijd blijken dat de erosiekuil groter wordt dan deze omvang, dan zal de verdere vergroting van de erosiekuil voorkomen worden met aanvullende beheersmaatregelen.

Effect op ondiep water

Naast het effect rondom de erosiekuil is volgens de modelberekeningen in de autonome ontwikkeling sprake van een forse toename van het ondiepe gebied in de Noordelijke Voordelta (diepteklasse NAP -3 tot -1 m en NAP -1 m tot +1m). Dit gaat ten koste van het gebied NAP+ 3 – 10 m. Deze ontwikkeling speelt zich af in het gebied rondom de Kop van Goeree en ten westen daarvan. Deze voorspelde ontwikkeling is de doorzetting van een trend die zichtbaar is in de metingen tussen 1986 – 2000.

Uit een vergelijking met metingen valt op dat het model de ontwikkeling in dit gebied overschat. Verder valt op dat er een groot verschil is tussen de autonome ontwikkeling en het Basisalternatief. Voor het intergetijdegebied is het verschil circa 300 ha. Dit wordt deels veroorzaakt door een andere ontwikkeling van het gebied ten westen van Goeree (Bollen van Goeree).

Het is niet aannemelijk dat Maasvlakte 2 op een dergelijke afstand een dergelijk groot effect tot gevolg heeft. Tevens is uit de modelberekeningen bekend dat er fouten zijn geïntroduceerd in deze zone ten gevolge van het golfrooster. Daarom zijn de berekende getallen gecorrigeerd door aan te nemen dat de ontwikkeling rondom de Bollen van Goeree identiek is met en zonder Maasvlakte 2. De gecorrigeerde getallen zijn gepresenteerd in de onderstaande tabel.

Tabel 11.7: Berekende areaalveranderingen op basis van morfologische berekeningen en gehanteerde bandbreedte voor de modeluitkomsten voor Noordelijke Voordelta

Diepteklasse	Areaal oppervlak Noordelijke Voordelta [ha]			Gehanteerde bandbreedte
	Huidige Situatie 2000	Autonome ontwikkeling 2020	Basisalternatief 2020	
Geulen (10m-NAP tot 3m-NAP)	8320	7199	7328	-60% tot 0%
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	1279	1790	1830	-110% tot 0%
Platen (1m-NAP tot 1m+NAP)	0	157	138	-45% tot 0%
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	157	664	570	-45% tot 0%
Droge gebieden (> 1m+NAP) ¹	125	Geen effect	Geen effect	-

¹De inschatting voor deze zone is gemaakt op basis van expert judgement vanwege modelbeperkingen.

Het gecorrigeerde verschil voor het intergetijdegebied (strand en platen) bedraagt circa 112 ha tussen de autonome ontwikkeling en Maasvlakte 2. Merk op dat het hier gaat om gebied langs de stranden van Goeree maar ook het plaatgebied in de monding dat naar het westen is verplaatst (en daarmee binnen de zone van de Noordelijke Voordelta ligt). Qua orde grootte is het ongeveer 30 ha voor het plaatgebied en ongeveer 80 ha voor het strand langs Goeree. Uit de berekeningen blijkt dat de verondieping van de monding trager verloopt met Maasvlakte 2, terwijl de trend in beide gevallen hetzelfde is, nl. uitbreiding van de ondiepere zones ten koste van diepere zones.

Om de bandbreedte voor verschillende diepteklassen van de Noordelijke Voordelta te bepalen zijn alleen de “negatieve” marges gehanteerd uit [10].

De berekende veranderingen zelf worden als bovengrens gezien. Argument hiervoor is dat uit de validatieperiode blijkt dat het model veel meer veranderingen laat zien dan in werkelijkheid zijn opgetreden. Het is dus niet realistisch om ervan uit te gaan dat de veranderingen in werkelijkheid groter zullen zijn dan volgens het model. De bovengrensmarge uit [10] is daarom op 0% gezet. Kleinere veranderingen lijken veel realistischer op basis van de validatieperiode. De diepteklasse 1 tot 3 m is als sluitpost gehanteerd.

Tabel 11.8: Areaaloppervlak Noordelijke Voordelta per diepteklasse voor huidige situatie, en voorspelde areaaloppervlak inclusief bandbreedte na 20 jaar voor de autonome ontwikkeling en het Basisalternatief (afgerond op 5 ha)

Diepteklasse	Areaal oppervlak Haringvlietmonding [ha]		
	Huidige Situatie 2000	Autonome ontwikkeling 2020	Basisalternatief 2020
Geulen (10m-NAP tot 3m-NAP)	8.320	7.200 – 7.870	7.330 – 7.920 (50 – 130 toename)
Ondiepe zone (3m-NAP tot 1m-NAP)	1279	1.365 – 1.795	1.345 – 1.805 (-20 tot +10)
Platen (1m-NAP tot 1m+NAP)	0	85 - 230	75 - 200 (10 – 30 afname)
Nat strand (1m-NAP tot 1m+NAP)	157	445 – 590	395 – 510 (50 – 80 afname)
Droge gebieden (> 1m+NAP)	125	Geen effect	Geen effect

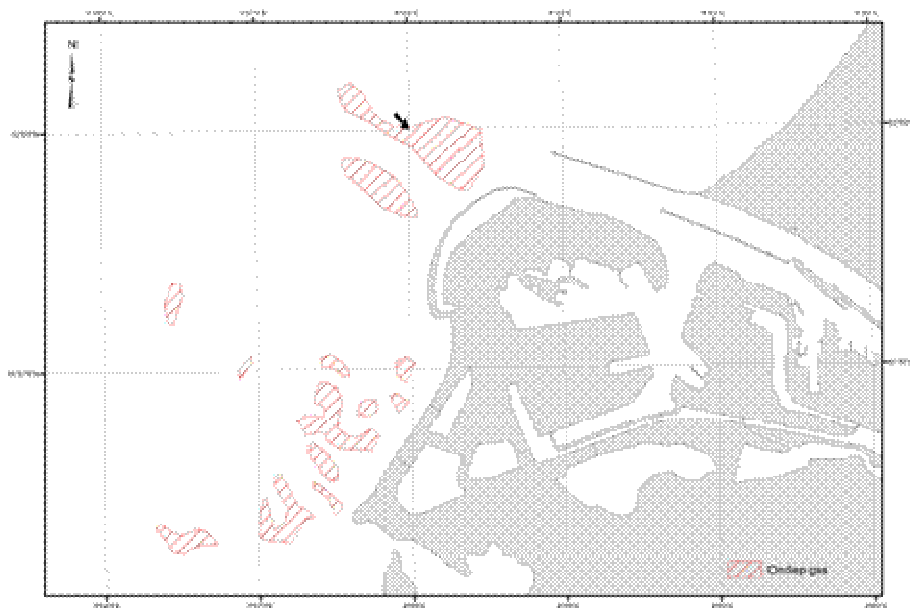
Aantasting van aardkundige waarden

De landaanwinning ligt buiten het gebied met zandgolven en zandbanken. Deze zandgolven of zandbanken worden door de landaanwinning dus niet aangetast.

Stabiliteit van de zeebodem

Op een aantal locaties nabij het aanleggebied van Maasvlakte 2 is ondiep gas aangetroffen. In het zuidelijk deel lijkt dit gas zich op te hopen in de vorm van gaspockets en dit leidt tot 'bright spots' in de seismische data. Het gas is hier zeer waarschijnlijk gegenereerd uit het veen dat zich hier aan de bovenkant van het Pleistoceen bevindt. De veenlaag wordt op veel plaatsen afgesloten door een kleilaag waaronder zich het gas kan ophopen. De gashoeveelheden in dergelijke lagen zijn over het algemeen niet zodanig groot dat er plotselinge ontsnaptingen plaats zullen vinden waardoor pockmarks ontstaan [15].

Figuur 11.6: Indicatie van de gebieden waar ondiep gas is waargenomen op de seismische opnamen [15]. De pijl geeft de positie van de pockmark weer



In het noordelijk deel lijkt het gas meer diffuus in het sediment voor te komen. Door de aard van het verwerkingsproces van de seismische gegevens (middeling van metingen over een zone van circa 100 m) moet hierbij echter een voorbehoud worden gemaakt. Het risico op gasexplosies ten gevolge van gasopeenhopingen onder kleilagen is op grond van de bestaande gegevens niet eenduidig. Zeer waarschijnlijk is het gas ontstaan door degeneratie van veen en ander organisch materiaal dat zich in het sediment bevindt en zijn er geen risico's voor plotselinge gasontsnappingen [15].

Het lijkt waarschijnlijk dat aan de noordzijde van het gebied het aangetroffen gas vanuit het Maasgeulgasveld is gemigreerd langs de daar aanwezige breuklijnen naar geringere dieptes. Het Maasgeulgasveld bevindt zich op enkele honderden meters afstand ten noordoosten van de door RWS directie Noordzee op de multibeamopnamen aangetroffen pockmark. Op een afstand van enkele kms van deze locatie liggen de gasvelden Noorderdam en het 's Gravenzande. De breuklijn in het zuidelijk deel van het meetgebied lijkt niet door te lopen tot geringe diepte en hier is migratie van gas van grotere diepte minder waarschijnlijk. Ook zijn hier geen gasvelden op grotere diepte bekend. Het bovenstaande betekent dat de landaanwinning zeer waarschijnlijk geen risico's geeft voor plotselinge gasontsnappingen.

11.4 Effecten zandwinning

11.4.1 Overzicht effecten

De effecten op de morfologie in de gehele kustzone ten gevolge van de aanwezigheid van de zandwinputten zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Tabel 11.9 Overzicht effecten morfologie door aanwezigheid - zandwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's
Morfologie Zandwinning	Bodemreliëf: verandering in areaaloppervlak van verschillende diepteklassen	Doorgaande verondieping van de Haringvliet-monding ten gevolge van afsluiting Haringvliet	Beperkte effecten langs randen van de zandwinputten, langzame opvulling en migratie van zandwinputten S4: Relatief snelle opvulling van de zandwinputten ten opzichte van andere zandwinscenario's vanwege winddiepte
	Aardkundige waarden: bodemveranderingen in waardevolle gebieden met zandgolven en zandbanken	Geen veranderingen	Doorsnijding van zandbanken en/of zandgolven S1a/b: 6000 ha (met name zandgolven) S2: 6000 ha (zandgolven) S3: 4500 ha (met name zandbanken), 1500 ha (zandgolven) S4: 1500 ha (zandbanken), 1500 ha (zandgolven)
	Stabiliteit: bodemveranderingen in gebieden met pockmarks	Geen veranderingen	Geen effect

11.4.2 Toelichting op effecten

Bij morfologische effecten ten gevolge van de aanleg en aanwezigheid van de zandwinputten wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende zaken:

- verandering van arealen;
 - aantasting van bodemkundige waarden;
 - stabiliteit in verband met de aanwezigheid van pockmarks.
- Deze onderdelen worden hieronder afzonderlijk besproken. De effectbeschrijvingen zijn input voor het thema Natuur en Archeologie.

Verandering van arealen

In de **aanlegfase** is er sprake van verandering van de bodem als gevolg van de aanleg van de zandwinputten zelf. Voor de verschillende scenario's is het initiële areaal afhankelijk van de winddiepte. Bij de scenario's 1a tot 3 is de winddiepte 10 m en het areaal van de zandwinputten komt daarmee op circa 6000 ha. Voor scenario 4 is de winddiepte 20 m en het areaal dus ongeveer 3000 ha.

Naast de initiële verandering ten gevolge van de aanleg van de putten zullen tijdens de **aanwezigheidsfase** ook morfologische veranderingen optreden. Deze effecten zijn met behulp van een bureaustudie in kaart gebracht [41]. Daarbij is gebruik gemaakt van kennis uit nationaal en internationaal onderzoek [o.a. 31, 32, 56, 57, 60].

Uit de bureaustudie wordt geconcludeerd dat de morfologische ontwikkeling van de zandwinputten gedomineerd worden door migratie en sedimentatie [41]. Sturende parameter voor dit gedrag is de ratio tussen de putlengte (L_{bed}) en de lokale waterdiepte (h_0). Bij een relatief kleine verhouding van deze ratio is er sprake van sedimentatie in de put en nauwelijks migratie, terwijl een relatief grote verhouding van deze ratio duidt op sedimentatie en migratie. Met een putlengte in de orde van kms en een waterdiepte van circa 20 m is deze verhouding veel groter dan 1. Migratie en sedimentatie spelen dus beide een rol van betekenis.

De zandwinputten van de verschillende scenario's zullen migreren en de belangrijkste morfologische aanpassingen zich in eerste instantie zullen voordoen op de beneden- en bovenstroomse hellingen van de put [41]. De dominante richting van deze migratie is parallel aan de kust met een snelheid van circa 2 – 5 m/jaar. Daarnaast zal er ook zijwaartse migratie optreden met een snelheid van maximaal 1 m/jaar. Omdat de zandwinputten liggen in een gebied waar het sedimenttransport relatief uniform is, zijn de verschillende scenario's op dit aspect niet onderscheidend.

Tijdens de migratie zullen de zandwinputten langzamerhand opvullen met (voornamelijk) zand. In [41] wordt een millennium genoemd als tijdschaal voor de volledige opvulling van de zandwinputten uit scenario 1 - 3. Vanwege de grotere diepte en kleinere omvang zal de morfologische tijdschaal van de zandwinputten uit scenario 4 kleiner zijn, maar nog steeds liggen in de orde van eeuwen.

Naast het gedrag van de zandwinputten zelf is ook gekeken naar de mogelijkheid van morfologische resonantie [41]. Daarmee wordt bedoeld dat een morfologische ingreep (bijv. een zandwinput) op een bepaalde locatie kan leiden tot morfologische effecten in de nabijheid van de ingreep (bijv. vorming van bodemvormen). Dergelijke fenomenen zijn gevonden op basis van resultaten uit geïdealiseerde modellen [bijv. 57]. Op basis van een beperkte hoeveelheid veldmetingen (bijv. Kwintebank) blijkt echter dat een zandwinput de morfologie van de omgeving niet of nauwelijks beïnvloedt. Ook blijkt dat de bodemvormen in de zandwinputten kleiner zijn maar wel vergelijkbare karakteristieken hebben als bodemvormen in de omgeving. Gelet op de beperkte kennis van het morfologische gedrag van de putten en de langzame respons lijkt het goed monitoren van de zandwinputten een voor de hand liggende optie om de effecten van de putten te volgen.

Aantasting bodemkundige (aardkundige) waarden

De zandwinputten liggen op plekken in de Noordzee waar karakteristieke bodemvormen voorkomen [33]. Het gaat daarbij om zowel **zandgolven** als **zandbanken**. De karakteristieke lengteschaal van zandgolven is 10-100 m met een hoogte van 1-10 m. Zandbanken zijn een orde groter en hebben een karakteristieke lengteschaal van 1 - 10 km en een hoogte van 30 m.

Afhankelijk van het zandwinscenario wordt een gebied met zandbanken en/of zandgolven aangetast. De zandwinputten in vlek 1 liggen in een gebied met zandbanken en zandgolven. De zandbanken zijn uitlopers van een zandbankengebied voor de Zeeuwse kust. In vlek 2 en 3 is alleen sprake van zandgolven. De verstoring als gevolg van de verschillende scenario's is als volgt: 6000 ha zandbanken (S1a/b), 6000 ha zandgolven (S2), 4500 ha zandbanken en 1500 ha zandgolven (S3) en 3000 ha zandbanken en 3000 ha zandgolven (S4).

De bovenstaande arealen moet gezien worden in het perspectief van het totale areaal van dergelijke bodemvormen. Het gebied met zandbanken dat zich uitstrekt voor de Zuid-Hollandse en Zeeuwse delta beslaat in totaal circa 3×10^5 ha. Daarnaast bevinden deze zandbanken zich ook voor de kust van Noord-Holland en voor de Waddenkust. Gebieden met zandgolven beslaan een groot deel van de Zuidelijke Noordzeebodem.

Uit bovenstaande blijkt dat het verstoorde areaal bodemvormen zeer beperkt is in vergelijking met het totale areaal van deze bodemvormen op de Noordzee. Daarnaast is het de verwachting dat deze patronen zich weer zullen herstellen op zeer lange termijn. De aantasting van bodemvormen ten gevolge van de zandwinning wordt derhalve als verwaarloosbaar beschouwd. Daarnaast wordt nog opgemerkt dat voor alle verstoringen als gevolg van zandwinning zal moeten worden gewerkt conform de opgestelde Protocollen welke toevallige archeologische vondsten betreffen (zie thema Archeologie).

Stabiliteit in verband met pockmarks

De zandwinputten liggen ver buiten de zone waar ondiep gas is aangetroffen. De kans dat de aanleg en morfologische ontwikkeling van de zandwinputten leidt tot het vrijkomen van gas wordt derhalve verwaarloosbaar geacht. Er is dus geen effect te verwachten van de aanleg of aanwezigheid van de zandwinputten op de stabiliteit van de zeebodem.

12 GEOLOGIE EN BODEMOPBOUW

12.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een kwalitatieve vergelijking gemaakt van de beïnvloeding voor de geologische opbouw en bodemsamenstelling:

- Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.
- Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling door ontgronding en armouring effecten.

Bij deze aspecten is een onderscheid gemaakt naar relevante deelgebieden (bijv. Voordelta, kustzone van Goeree, Delfland, Maasvlakte). Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur.

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (12.2), en vervolgens de veranderingen van de landaanwinning (12.3) en de zandwinning (12.4) van de bovengenoemde aspecten.

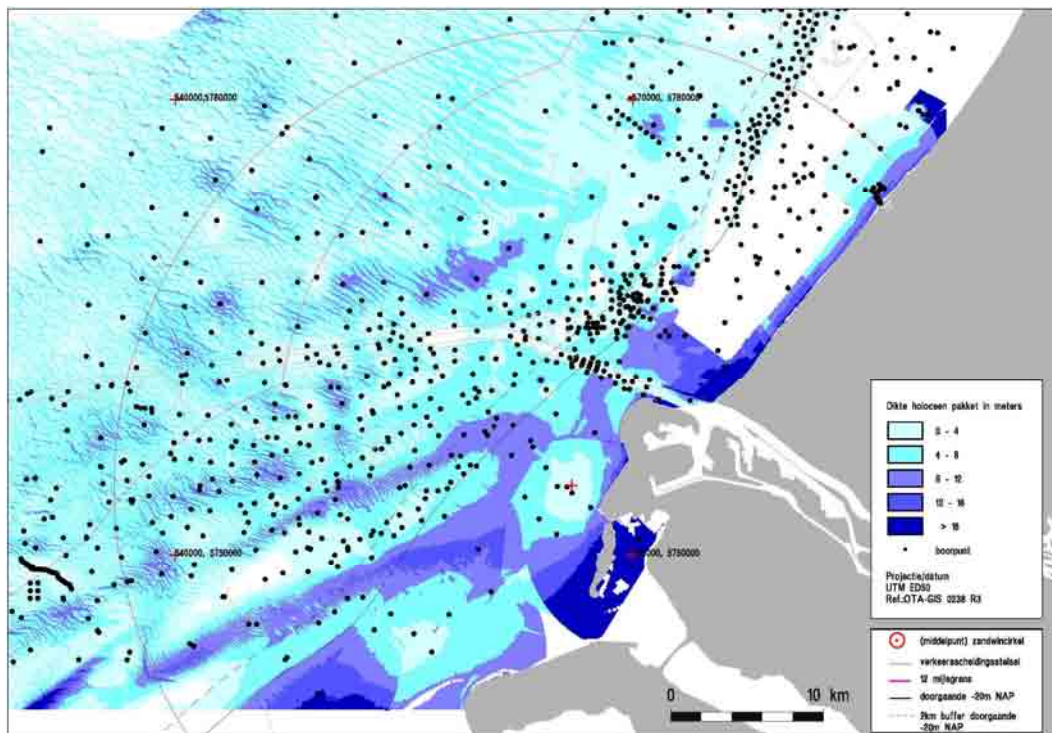
12.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

12.2.1 Huidige situatie

Algemeen

Bij de beschrijving van de geologie van de ondergrond van de Noordzee worden de aardlagen ingedeeld in formaties. Formaties zijn aardlagen die onderling bepaalde kenmerken vertonen met betrekking tot hun samenstelling of verbreiding. Door een uitgebreid bemonsteringsprogramma van Rijkswaterstaat en TNO-NITG is hiervan een goed beeld verkregen. Voor delfstoffenwinning in de Noordzee zijn de afzettingen uit de drie laatste perioden van het Pleistoceen van belang: de voorlaatste ijstijd (het Saaliën), het Eemiën (warmere periode) en het Weichseliën (ijstijd). Na het Pleistoceen volgde het Holoceen (warmere periode).

Figuur 12.1: Dikte van de Holocene laag rondom de Maasmonding [34]

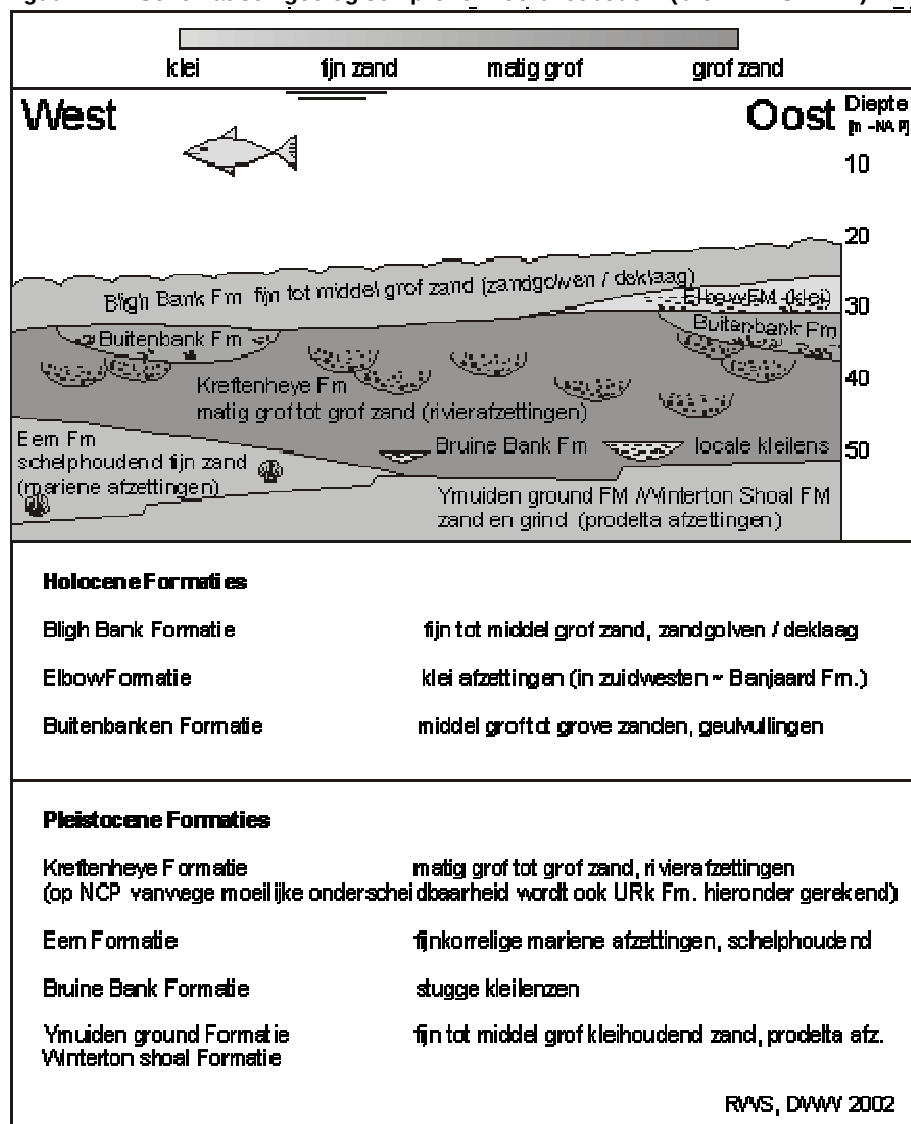


Analyse van circa 300 zeefcurven rondom de Rijn-Maasmonding in samenhang met de formatieomschrijving uitgevoerd door TNO-NITG heeft geleid tot de volgende conclusie [16]:

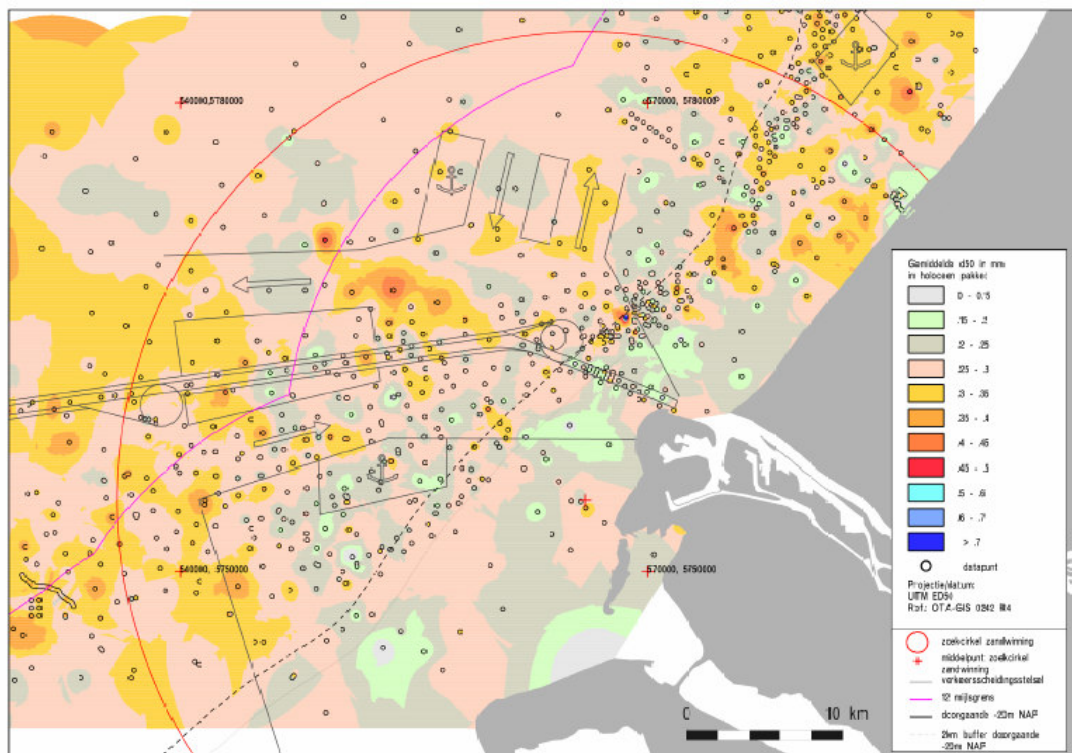
- De Holocene deklaag varieert in dikte van 2 tot meer dan 10 m onder het zeebodemniveau dichtbij de kust. De deklaag bestaat uit de formatie Blich en lokaal andere formaties (de Holocene deklaag). De d_{50} over de dikte van de afdeklaag varieert van 250 tot 350 μm met enige uitschieters naar 400 tot 450 μm .
- De basislaag varieert in dikte van 8 m tot einde boring (de boringen reiken meestal tot 20 à 24 m onder de zeebodem). De basislaag bestaat uit de formatie van Kreftenheye en enige daaraan verwante formaties. De d_{50} over de dikte van dit Pleistocene zandpakket varieert tussen 300 en 400 μm met een aantal gebieden binnen een oude stroomgeul met gemiddelden boven de 500 μm .

De onderkant van de in het Holocene gelegen formaties ligt, grofweg gezien, vlak onder de kust het diepst. De volgende figuren en tabel geven nadere informatie over de samenstelling en de ligging van de diverse lagen in het zoekgebied. Aan de hand van deze figuren wordt per deelgebied de bodemopbouw meer in detail beschreven.

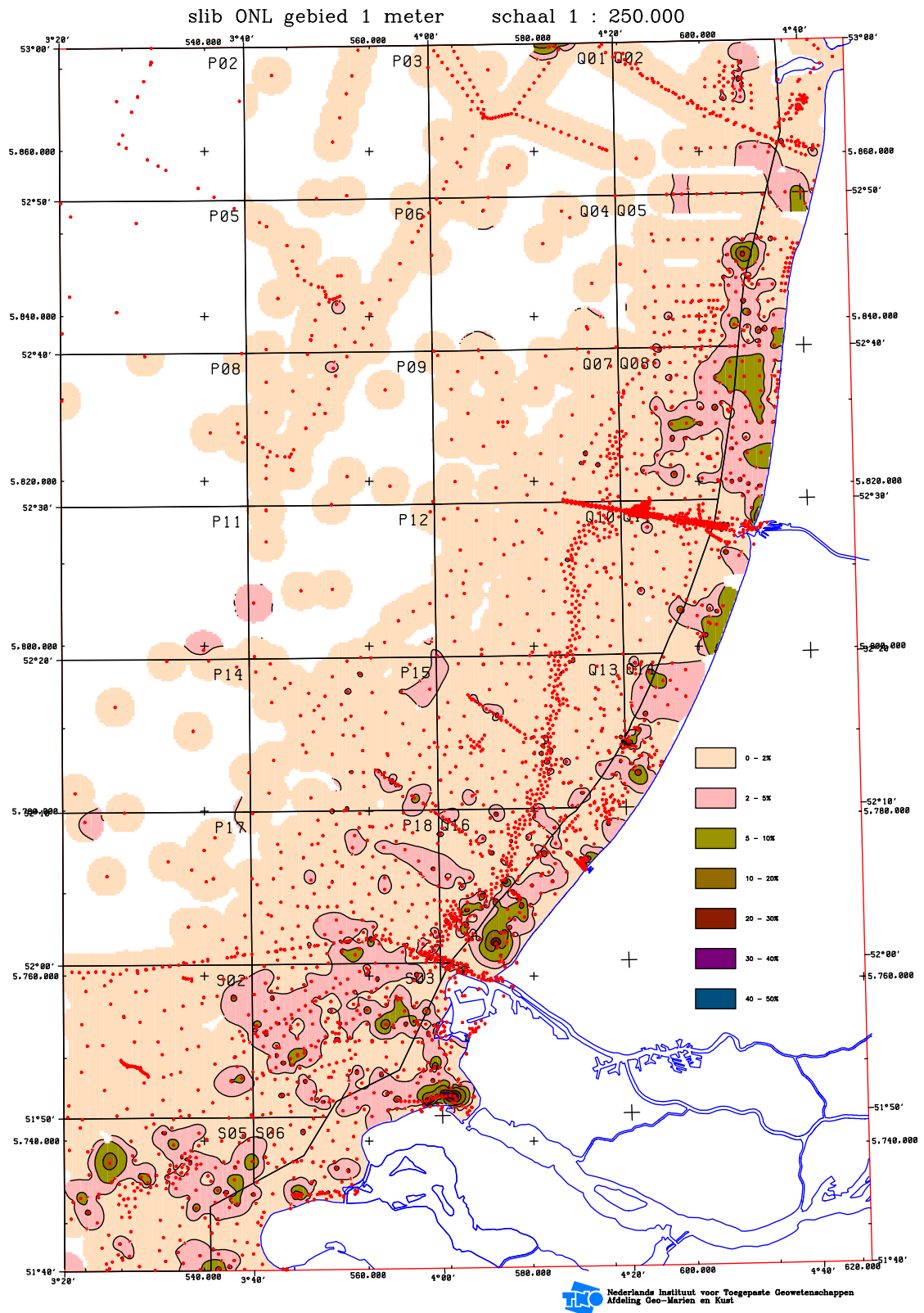
Figuur 12.2: Schematisch geologisch profiel Noordzeebodem (bron: RWS DWW)



Figuur 12.3: Voorkomens van verschillende typen zand rondom de Maasmonding [34]



Figuur 12.4: Slibpercentage in de bovenste 1 m van de bodem [68]



Bodemopbouw Voordelta

De bovenste meters van de bodem in de Voordelta bestaan, aan de kustzijde, uit fijn zand met hier en daar fijne tot middelmatige schelpfragmenten. Circa 1 à 2 m onder het bodemoppervlak wordt het bodemmateriaal soms omschreven als fijn, licht ziltig zand. Op een enkele locatie komen op enige meters diepte kleilaagjes voor. Aan de zeezijde van de Voordelta wordt het zand iets grover, namelijk fijn tot middelmatig fijn. Ook hier komen soms fijne tot middelmatige fijne schelpenresten voor.

Slibgehalten in de bovenlaag van de bodem zijn van groot belang voor de ecologische waarde van de bodem. Vanuit ecologisch oogpunt wordt de bodem als slibrijk gekenmerkt als het slibgehalte hoger is dan 2%. De slibgehalten in de toplaag van de bodem zijn in het noordelijk en in het oostelijk deel van de Haringvlietmond hoger dan 2%. Op de Hinderplaat en ten westen van de Garnalenplaat zijn de gehalten lager dan 2%, en op de Garnalenplaat liggen ze rond de 2%. In het Rak van Scheelhoek en voor de Haringvlietdam komen zeer hoge slibgehalten voor (40 tot 60%). Doordat de stroomsnelheden na aanleg van de Haringvlietstuiven sterk zijn afgenomen heeft hier een sterke aanslibbing plaatsgevonden. Na verloop van tijd zullen de bodems met zeer hoge slibgehalten ten gevolge van consolidatie overgaan in kleilagen.

Bodemopbouw Ondiepe Kustzone

In de kustzone bestaat de toplaag van het bodemmateriaal voornamelijk uit middelmatig fijn zand (circa 100 – 200 µm) met af en toe fijne tot middelmatige fijne schelpenresten. Op zo'n 3 à 4 m diepte komen ook gebieden voor met fijn tot middelmatig fijn zand. De slibpercentages in de kustzone zijn over het algemeen laag (< 2%).

Bodemopbouw Noordzeebodem

Het sediment van de zeebodem in het studiegebied rondom de Rijn-Maasmonding bestaat voornamelijk uit fijn tot middelgrof zand met incidenteel schelpen. Megaribbels zijn aanwezig in dalen van de zandgolven en de amplitude van de megaribbels neemt toe naar het westen. Het sediment bestaat voornamelijk uit zand (200 – 400 µm) met schelpen en incidenteel pakketjes klei.

Uit diverse metingen blijkt dat het slibpercentage in de Noordzeebodem ligt in de orde van enkele procenten. In Flyland-kader is op basis van metingen uitgegaan van 1.5% - 3.4% voor de Noordzeebodem voor de gesloten Hollandse kust [17]. RIKZ hanteert als ondergrens 2% en als bovengrens 5% voor zandwingebieden tussen Schouwen en IJmuiden [18].

Metingen in het zoekgebied voor zandwinning Maasvlakte 2 laten vergelijkbare percentages zien [19, 68, 69]. In de zoekcirkel van de zandwinning neemt het slibpercentage in westwaartse richting af. Nabij de 20m-contour is het slibpercentage in de toplaag gemiddeld circa 2 - 3%. Op sommige plaatsen is sprake van uitschieters tot meer dan 10%. In het westen van de zoekcirkel is het slibpercentage lager dan aan de oostelijke kant. Gemiddeld is het slibpercentage circa 0 – 2%. Uit metingen blijkt dat er sprake is van verticale variatie in het slibpercentage in de bovenste 10 – 20 m van de bodem in de zoekcirkel [68, 69]. Er is echter geen sprake van een duidelijke tendens bij toenemende diepte.

Omdat de percentages slib in de Noordzeebodem klein zijn, kan ervan uitgegaan worden dat het poriëngehalte van de bodem beperkt varieert rond het natuurlijke poriëngehalte van een zandige bodem (circa 35 - 45%). Dit poriënvolume wordt slechts beperkt opgevuld door het aanwezige slib in de Noordzeebodem.

12.2.2 Autonome ontwikkelingen

De samenstelling van de vlakke Noordzeebodem in het studiegebied zal niet beïnvloed worden door de wijziging in het spuibeheer van de Haringvlietsluizen. Het openzetten van de Haringvlietsluizen bij vloed zal beperkte consequenties hebben voor de samenstelling in de Haringvlietmonding. Bij het Kierbeheer zal er nog steeds sprake zijn van netto sedimentatie in de geulen. Vanwege de toename van de stroomsnelheden in de geulen zal de toplaag van bodem zeer waarschijnlijk iets zandiger van karakter worden omdat het fijne slib moeilijker kan neerslaan.

12.3 Effecten landaanwinning

12.3.1 Overzicht effecten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten door geologie en bodemopbouw. De verwachte veranderingen in de geologie en de bodemopbouw ten gevolge van het Basisalternatief zijn beperkt. Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur en Recreatie.

Tabel 12.1: Overzicht effecten geologie en bodemopbouw tijdens aanwezigheid - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Geologie en bodemopbouw	Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.	Geen wijzigingen ten opzichte van huidige situatie	Idem	Idem
	Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling (korrelgrootte, percentage slib).	Haringvlietmonding: mogelijk iets zandiger worden van de geulen ten gevolge van Kierbeheer	Haringvlietmonding: mogelijk beperkte veranderingen in het ruimtelijke patroon van zand en slib aan oppervlak Ter plaatse van de erosiekuil zal de zeebodem op termijn uit grover zand en minder slib bestaan	Idem

12.3.2 Toelichting op effecten

Het Basisalternatief van de landaanwinning heeft geen veranderingen tot gevolg met betrekking tot de depositiegebieden van zand en slib. Zoals al vermeld in hoofdstuk 11 geldt voor de Haringvlietmonding dat de netto sedimentatie op vergelijkbare wijze zal doorzetten als in de autonome ontwikkeling. Ook de sedimentatie in de Euro-Maasgeul zal op een vergelijkbare wijze plaatsvinden. Wel zal de sedimentatie meer buitengaats plaatsvinden vanwege de verlegging van de stroming.

Qua bodemsamenstelling zal mogelijkserwijs de ruimtelijke afwisseling van zand en slib in de Haringvlietmonding beperkt wijzigen door een ruimtelijke verandering in het slibaanbod. De modelberekeningen wijzen erop dat de slibconcentratie aan de zuidzijde wat toeneemt en aan de noordzijde wat afneemt, zie ook Hoofdstuk 10. Dit zal op termijn wellicht betekenen dat het slibpercentage in de bodem ook wijzigt.

Ook worden veranderingen in de bodemsamenstelling verwacht in de erosiekuil. Deze veranderingen worden veroorzaakt door twee fenomenen. Enerzijds zal in de erosiekuil uitzeeving van fijn zandig en ook slibrijk materiaal plaatsvinden vanwege de verhoogde stroomsnelheid ter plaatse (ook wel "armouring" genoemd). Hierdoor zal het zand in de toplaag van de bodem grover worden en ook minder slibrijk. Anderzijds is het – vanwege de verwachte ontgrondingsdiepte (zie ook hoofdstuk 11) – zeer waarschijnlijk dat de Holocene laag volledig erodeert ter plaatse van de erosiekuil, waardoor de Kreftenheye formatie aan het oppervlak komt. Deze formatie heeft een iets grovere zandkorreldiameter (300 – 400 µm) dan de Holocene deklaag (250 – 350 µm).

De hierboven geschetste ontwikkelingen zijn identiek bij het MMA omdat de morfologische ontwikkeling van de Haringvlietmonding en de vorming van de erosiekuil niet anders zijn bij het MMA.

12.4 Effecten zandwinning

12.4.1 Overzicht effecten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten voor geologie en bodemopbouw. De verwachte veranderingen in de geologie en de bodemopbouw ten gevolge van het Basisalternatief zijn beperkt en vooral geconcentreerd rondom de zandwinputten. Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur.

Tabel 12.2 Overzicht effecten geologie en bodemopbouw tijdens aanleg en aanwezigheid - zandwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Scenario's 1 – 4
Geologie en bodemopbouw	Geologische opbouw: veranderingen in depositiegebieden van zand en slib.	Geen wijzigingen ten opzichte van huidige situatie	Tijdens in en rondom zandwinputten depositie van fijn zand (63 – 150 µm) en (beperkte) slibsedimentatie in de zandwinputten voor alle scenario's. Tijdens aanwezigheid zullen de zandwinputten hoofdzakelijk zand invangen, slibsedimentatie zal beperkt zijn in de putten voor alle scenario's.
	Bodemsamenstelling: veranderingen in de bodemsamenstelling (korrelgrootte, percentage slib).	Haringvlietmonding: mogelijk iets zandiger worden van de geulen ten gevolge van Kierbeheer	Samenstelling van bodem in zandwinput zal direct na aanleg bestaan uit fijn zand met 5-10% slib voor alle scenario's. Toename van slibpercentage (max. enkele procenten) in wijdere omgeving op Noordzeebodem tijdens aanlegfase, bij aanwezigheid weer langzame terugkeer naar oorspronkelijke samenstelling (ongeveer 10 – 20 jaar) voor alle scenario's. Na verloop van tijd zal samenstelling in en rondom de put weer terugkeren naar oorspronkelijke situatie.

12.4.2 Toelichting op effecten

Geologische opbouw

Uit hoofdstuk 9 is gebleken dat de aanleg van de zandwinputten van het Basisalternatief vooral lokale effecten heeft op de waterbeweging. Omdat als gevolg van de zandwinning geen wijzigingen optreden in de grootschalige waterbeweging voor de kust zal er ook geen wijziging optreden in de huidige depositiegebieden van zand en slib in de Nederlandse kustzone.

Lokaal in en rondom de zandwinputten zal er wel erosie en sedimentatie optreden. Zoals gesteld in hoofdstuk 11 zal de erosie en sedimentatie zich in eerste instantie vooral concentreren langs de randen van de put. Na verloop van tijd zullen de zandwinputten gaan migreren en verondiepen. Deze veranderingen zullen hoofdzakelijk het gevolg zijn van erosie en sedimentatie van zand. Slibsedimentatie in de putten lijkt niet waarschijnlijk zolang de stroomsnelheid in de put beperkt afneemt. Het morfologische aanpassingsproces van de zandwinputten verloopt heel traag; de opvulling van de zandwinputten heeft een tijdschaal van een millennium [41].

Bodemsamenstelling

Bij de **aanleg** van de zandwinputten in het Basisalternatief wordt lokaal de bodem verlaagd met circa 10 m.

Uit Figuur 12.1 blijkt dat op de locaties van de zandwinputten de dikte van het Holocene pakket circa 4 – 8 m is. De korreldiameter in deze laag is circa 250 – 350 μm en het slibpercentage bedraagt enkele procenten. Onder dit pakket is de Kreftenheye formatie aanwezig. De korreldiameter van dit pakket is iets grover (300 – 400 μm). Op basis van het bovenstaande mag verwacht worden dat de Kreftenheye formatie aangesneden zal worden bij de aanleg van de zandwinputten.

Na afloop van de zandwinning zal de toplaag van de bodem gevormd worden door het materiaal dat is vrijgekomen tijdens de zandwinning. Tijdens de winning komt relatief fijn zand en slib vrij tengevolge van het overvloedig proces. Het zand zal grotendeels neerslaan in en rondom de zandwinputten, zie ook Hoofdstuk 10. Dit zand heeft een korreldiameter tussen 63 – 125 μm (fijn zand). De toplaag van de bodem zal deels het vrijgekomen slib invangen, waardoor het slibpercentage in de toplaag toeneemt. Op basis van berekeningen wordt geschat dat het slibpercentage in de nieuwe toplaag 5 – 10% bedraagt.

Vanwege de lagere stroomsnelheden in de zandwinput zal de zandwinput tijdens de **aanwezigheid** gaan fungeren als zandvang. Na verloop van tijd zal zand uit de omgeving (dus van het Holocene pakket) in de zandwinput terechtkomen. Op de lange termijn zal hierdoor weer een vergroving plaatsvinden (orde decaden). Naast de veranderingen in de put zelf zal ook in de wijde omgeving de samenstelling van de bovenste decimeters van de bodem veranderen tijdens de aanleg [44]. Op basis van modelberekeningen wordt verwacht dat het slibpercentage van de Noordzeebodem in de omgeving van de zandwinput licht zal toenemen. Modelberekeningen geven aan dat de toename van het slibpercentage in de orde van enkele procenten ligt. Deze verandering treedt op gedurende de aanlegfase. In de aanwezigheidsfase zal de samenstelling langzaam terugkeren naar de oorspronkelijke samenstelling (orde jaren).

Naar verwachting zal in de put zelf – net als in de omgeving van de zandwinputten – na verloop van tijd een patroon van zandgolven ontstaan door interactie tussen de getijbeweging en de zeebodem. Vanwege de lagere stroomsnelheden in de put zullen de zandgolven in de put qua hoogte en lengte kleiner zijn dan de zandgolven uit de omgeving. Het ontstaan van zandgolven zal lokaal leiden tot een beperkte verdieping van de put ten opzichte van de situatie direct na aanleg. De diepere ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit matig grof tot grof zand (300 – 400 μm). Dit grovere sediment kan ten gevolge van de aanwezigheid van zandgolven aan de oppervlakte komen te liggen,

Slibsedimentatie wordt nauwelijks verwacht in de zandwinputten. Dit komt omdat de stroomsnelheid in de zandwinputten vrij hoog is. In hoofdstuk 9 is gebleken dat de stroomsnelheid ongeveer reduceert met 25% (scenario 1 – 3) of 50% (scenario 4). Uitgaande van een maximale stroomsnelheid gedurende het getij van ongeveer 1 m/s betekent dit dat de maximale stroomsnelheid in de put altijd groter dan 0,5 m/s blijft. Bij een dergelijke stroomsnelheid zal het slib dat sedimenteert tijdens de kentering gemakkelijk weer opgewerveld en meegevoerd worden. De geringe kans op slibsedimentatie wordt ook bevestigd door waarnemingen in een proefput met een windiepte van 10 m op de Noordzee [32] en door waarnemingen in de Euro-geul. In deze verdiepte plekken op de Noordzee is geen aanslibbing geconstateerd en is het slibpercentage in de bodem laag.

De verschillende scenario's zijn voor wat betreft het aspect geologie en bodemopbouw weinig onderscheidend. Bij scenario 4 zullen diepere lagen aangesneden worden

vanwege de grotere winddiepte van 20 m. Echter, de initiële sedimentsamenstelling aan het bodemoppervlak in de zandwininput zal voor de verschillende scenario's vergelijkbaar zijn omdat deze bepaald wordt door het overvloeimateriaal (slib en fijn zand). Na verloop van tijd zullen de putten opvullen en heel langzaam terugkeren naar het oorspronkelijke niveau en samenstelling.

13 ANTROPOGENE BODEMEROERING

13.1 Inleiding

Antropogene bodemeroering is de verstoring van de natuurlijke bodem door middel van menselijk handelen. Voorbeelden van antropogene bodemeroering zijn o.a. baggeren, bodemvisserij en zandwinning.

In dit hoofdstuk wordt een kwantitatieve vergelijking van de bodemeroering gedaan op basis van de volgende criteria:

- Landaanwinning: bodemoppervlak (ha).
- Zandwinning: bodemoppervlak (ha) en volume baggeren (m³).

Daarnaast wordt een kwantitatieve vergelijking gemaakt van de verandering in de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk. Het gaat zowel om baggerwerkzaamheden in de Euro-Maasgeul als baggerwerkzaamheden in het Maasmond/Europoortgebied en de oostelijke havenbekkens.

Dit hoofdstuk beschrijft eerst de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (13.2). Vervolgens komen de veranderingen aan bod die veroorzaakt worden door de landaanwinning (13.3) en de zandwinning (13.4).

13.2 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

13.2.1 Huidige situatie

De zeebodem wordt regelmatig verstoord door verschillende menselijke activiteiten:

- Bodemvisserij.
- Zandwinning & schelpenwinning.
- Bagger- en stortwerkzaamheden.

Bodemvisserij

In de kustzone en op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) zijn verschillende vormen van visserij aanwezig. Binnen de 12 mijlszone mag alleen door schepen kleiner dan 301 pk worden gevestigd. In deze zone vindt de boomkorvisserij op platvissen (voornamelijk schol en tong) en garnalenvisserij plaats. In de kustzone vindt tot een diepte van NAP -15 m ook schelpdierversierij plaats op voornamelijk *Spisula* en *Ensis* [21]. In het gebied buiten de 12-mijlszone zijn de grotere schepen van meer dan 300 pk actief. De meest voorkomende visserij buiten de 12-mijlszone bestaat uit boomkorvisserij. Deze richt zich vooral op platvissoorten [21].

Het vistuig dat wordt gebruikt op het Nederlandse deel van de Noordzee kan globaal in twee types worden onderverdeeld: vistuig dat over de zeebodem wordt getrokken en tuig dat in de diepzee wordt gebruikt. Bij de zeebodemvisserij worden netten gebruikt die over de bodem worden gesleept. Sommige netten zijn aan de voorzijde voorzien van kettingen die de platvissen van de bodem opjagen, het net in. Deze zware kettingen (wekkers) schrapen over de zeebodem en woelen daarbij de bovenste zachte bodemlaag (tot 30 cm diepte) om.

Zandwinning en schelpenwinning

Bij zandwinning wordt met een zuiger bodemmateriaal opgezogen. Hierdoor wordt de bodem verlaagd. Ten gevolge van het vigerende beleid wordt zand en grind tot op heden gewonnen tot een diepte van circa 2 m onder de zeebodem. Het RON2 staat diepere winning onder bepaalde voorwaarden toe. De ondiepe winning heeft als nadeel dat een relatief groot deel van de zeebodem wordt aangetast, om de benodigde hoeveelheden te kunnen winnen. In de ondiepe lagen komt bovendien alleen ophoogzand en geen beton- en metselzand voor. In de toekomst wordt daarom waarschijnlijk overgaan op diepere winning.

Naast zandwinning, vindt er op de Noordzee ook schelpenwinning plaats. Schelpen mogen worden gewonnen in gebieden waar het dieper is dan NAP -5 m, mits niet verder dan 50 km uit de kust. Voor de schelpenwinning bestaan maxima aan de jaarlijks te winnen hoeveelheden in bepaalde gebieden. In de Voordelta mag maximaal 40.000 m³ worden gewonnen.

Bagger- en stortwerkzaamheden

Om de Rotterdamse havenbekkens toegankelijk te houden voor de scheepvaart, wordt jaarlijks ongeveer 16 miljoen m³ zand en slib gebaggerd in de havenmond, in de havenbekkens, op riviertakken en in de Euro-Maasgeul op zee. Het grootste deel van deze hoeveelheid wordt gebaggerd in het Maasmond/Europoortgebied, ongeveer 10 miljoen m³. Van deze hoeveelheid is circa 90 à 95% afkomstig van zee, het resterende deel is afkomstig van de rivier. Verder landinwaarts wordt het percentage afkomstig van de rivier hoger. De totale baggerhoeveelheid is als volgt verdeeld [22]:

- Euro-Maasgeul (= vaargeul op zee): circa 2,5 miljoen m³ zand.
- Maasmond/Europoort: circa 10 miljoen m³ voornamelijk slib.
- Oostelijke havenbekkens (Botlek en stadhavens): circa 3,5 miljoen m³ slib.

De aangegeven baggerhoeveelheid bestaat in de Maasgeul voornamelijk uit zand (aanzanding), in de Maasmond/Europoort voor het grootste gedeelte uit slib en in de oostelijke havenbekkens voornamelijk uit slib (aanslibbing).

De aanzanding in de Maasgeul is 1,7 miljoen m³/jaar en betreft het onderhoudsbaggerwerk in de eerste 5 km gemeten vanaf de haveningang. Bijna de helft van deze aanzanding treedt op in de eerste km. Het gebaggerde zand wordt vermarkt, het gebaggerde slib (indien niet of licht verontreinigd, klasse 0, 1 en 2) wordt op een loswal op zee gestort. De verontreinigde baggerspecie (klasse 3/4) uit de havenbekkens wordt opgeslagen in de grootschalige bergingslocatie de Slufter op de zuidwesthoek van de huidige Maasvlakte.

Tot 1996 werd de 'schone' baggerspecie gestort op Loswal Noord, die ongeveer 5 km uit de kust ter hoogte van Ter Heijde ligt (Figuur 13.1). Omdat een deel van het op Loswal Noord gestorte slib weer terugstroomde naar de havenmond is, in de zomer van 1996, de loswal verplaatst naar Loswal Noordwest. Deze loswal bevindt zich ongeveer 10 km ten noorden van Loswal Noord. Verder is er een locatie ongeveer 5 km ten noordwesten van de Maasmond aangewezen waar baggerspecie wordt gestort in Verdiepte Loswallen. Sinds 2000 wordt hier ook baggerspecie gestort.

In de afgelopen jaren hebben twee belangrijke ingrepen plaatsgevonden, die de hoeveelheid baggerwerk hebben beïnvloed. Dit betreft de al genoemde verplaatsing van de loswal op zee en de doorgraving van de Beerdam (tussen het Beerkanaal en het Hartelkanaal) in 1997. Door de verplaatsing van de loswal is na 1996 waarschijnlijk (vrijwel) geen retourstroming van slib naar de havenmond meer opgetreden.

Hierdoor is de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk afgenomen. De doorgraving van de Beerdam heeft echter de totale hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk waarschijnlijk doen toenemen met ongeveer 10%. Een definitief oordeel over de effecten van de genoemde ingrepen kan nog niet worden gegeven omdat er grote natuurlijke fluctuaties optreden in de jaarlijkse aanslibbinghoeveelheid.

Figuur 13.1: Locaties loswallen op de Noordzee [14]



13.2.2 Autonome ontwikkelingen

(Bodem)visserij

De autonome ontwikkeling van de visserij in de kustzone en op het NCP is sterk afhankelijk van het te voeren visserijbeleid in de komende jaren. Het doel van de Europese Unie is om op middellange termijn een vermindering van de visserijdruk te realiseren op de soorten die zich thans in een situatie van overbevissing bevinden. Op basis van internationale verdragen is Europa eveneens gehouden om een meer ecologisch verantwoorde visserij te ontwikkelen. Hierbij wordt gestreefd naar de ontwikkeling van meer selectieve vistuigen en vistuigen die minder bodemverstoring veroorzaken.

Zandwinning

Anno 2005 komt een aanzienlijk deel van de zandbehoefte (ophoogzand) uit de Noordzee. Het zand voor de kustsuppleties komt per definitie uit de Noordzee. De verwachting is dat in de nabije toekomst de behoefte aan zand uit de Noordzee zal toenemen o.a. ten gevolge van zeespiegelstijging en zandverliezen op dieper water. Uitgaande van de huidige situatie gaat het jaarlijks om ruim 14 miljoen m³ voor kustonderhoud en ongeveer 20 miljoen m³ voor ophoogzand (IDON, 2005). Totaal gaat het dus om bijna 35 miljoen m³ per jaar.

Bij een toegestane winddiepte van twee m betekent dat een gezamenlijke ruimtebehoefte van ongeveer 17,5 km² per jaar. Tussen de doorgaande NAP –20 m lijn en de 12-mijlszone (winning vlak bij de kust heeft op economische gronden immers de voorkeur) is een oppervlakte van 5.134 km² voorhanden. Dit is ruim voldoende voor de planperiode van het Integraal Beheersplan Noordzee 2015 [5]. Dit sluit gebruik van deze zone voor ander gebruik dan winning van oppervlaktedelfstoffen echter niet uit.

Eventuele winning op zee van beton- en metselzand is niet op korte termijn te verwachten. Dit zand bevindt zich in diepere lagen in de bodem en is alleen rendabel te winnen in combinatie met de winning c.q. verwijdering van daarboven aanwezige zandlagen. Bovendien bestaat beton- en metselzand als natuurlijk product niet. Beton- en metselzand is een gradatie van korrels die binnen een gedefinieerde klasse moeten vallen. Deze gradering wordt veelal bereikt door zeven en bijmenging met andere zandsoorten. Van winning is alleen sprake voor zover deze lagen geschikt zijn als bron van ophoog- of suppletiezand.

Baggerwerkzaamheden [22]

Als gevolg van de Kier worden geen veranderingen voorzien op het onderhoudsbaggerwerk. Wel blijven baggerwerkzaamheden in het Slikgat noodzakelijk. Deze geul moet opgehouden worden als toegangsroute voor de haven van Stellendam en ook richting het Haringvliet.

13.3 Effecten landaanwinning

13.3.1 Overzicht effecten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten door antropogene bodemberoering (baggerwerkzaamheden) tijdens de landaanwinning. Ten gevolge van het Basisalternatief is er sprake van een toename van de aanzanding in de Euro-Maasgeul ten gevolge van het verlies van zand tijdens de aanlegactiviteiten. Daarentegen is er sprake van een afname van de aanslibbing in de havenmonding. Vanwege de vergelijkbare hoeveelheden kunnen de effecten van beide deelgebieden van gelijk gewicht beschouwd worden.

Tabel 13.1: Overzicht effecten door antropogene bodemberoering tijdens aanleg - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Antropogene bodemberoering	Areaal (ha)	Geen veranderingen	Landaanwinning op zeebodem circa 1960 ha (exclusief erosiekuil, zie 6.4.6)	Idem
	Toe/afname hoeveelheid baggeronderhoudswerk (%)	Euro-Maasgeul: geen veranderingen. Huidige situatie: 2,5 miljoen m ³ /jaar	Toename van circa 140% / +3,5x10 ⁶ m ³ /jaar	Idem
		Maasmonding: geen veranderingen. Huidige situatie: 10 miljoen m ³ /jaar	Geen effect	Idem
		Oostelijke havenbekkens: geen veranderingen. Huidige situatie: 3,5 miljoen m ³ /jaar	Geen effect	Idem

Tabel 13.2: Overzicht effecten door antropogene bodemberoering tijdens aanwezigheid - landaanwinning

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief	MMA
Antropogene bodemberoering	Areaal (ha)	Geen veranderingen	Landaanwinning op zeebodem circa 1960 ha	Idem
	Toe/afname hoeveelheid baggeronderhoudswerk (%)	Euro-Maasgeul: geen veranderingen. Huidige situatie: 2,5 miljoen m ³ /jaar	Toename van circa 50% / +1,2x10 ⁶ m ³ /jaar	Idem
		Maasmonding: geen veranderingen. Huidige situatie: 10 miljoen m ³ /jaar	Afname van 6 – 22% / 0,6 – 2,2x10 ⁶ m ³ per jaar	Idem
		Oostelijke havenbekkens: geen veranderingen. Huidige situatie: 3,5 miljoen m ³ /jaar	Afname 3 – 6% / 0,1 – 0,2x10 ⁶ m ³ per jaar	Idem

13.3.2 Toelichting op effecten

Het onderhoudsbaggerwerk voor de Rotterdamse haven kan globaal opgesplitst worden in drie deelgebieden:

- Euro-Maasgeul.
- Maasmonding/Europoort.
- Oostelijke havenbekkens.

In de Maasgeul is aanzanding dominant, en in de oostelijke havenbekkens is aanslibbing dominant. In de Maasmonding/Europoort is zowel slib als zand van belang. De effecten op de aanzanding en aanslibbing worden hieronder apart besproken.

Aanzanding Euro-Maasgeul en Maasmonding

Bij de **aanleg** van de primaire zeewering ter plaatse van de landaanwinning gaat hoofdzakelijk zand verloren. Dit zand kan bezinken in de Euro-Maasgeul en Maasmonding, wat kan leiden tot extra baggeronderhoud [67]⁵. Er is sprake van een direct verlies van zand bij de aanleg van de primaire zeewering als gevolg van de meevoering van zand tijdens het storten op de stortlocatie. Geschat wordt dat ongeveer 10 miljoen m³ tijdens de aanlegperiode van de zeewering (4 jaar) verloren gaat. De bandbreedte van deze hoeveelheid wordt geschat op een factor 2.

Daarnaast is er sprake van indirect verlies van zand. Dit indirecte verlies treedt op door de geleidelijke morfologische veranderingen. In de fase dat de primaire zeewering bijna gesloten is, treedt relatief veel zandverlies op. Dit komt door de combinatie van hoge stroomsnelheden in het sluitgat en hoge sedimentconcentraties door golfopwoeling.

⁵ Daarnaast is er ook sprake van een beperkte hoeveelheid slibverlies bij de landaanwinning. Het overgrote deel van het slibverlies komt echter vrij bij de zandwinning op zee. Het effect van dit slibverlies op het onderhoudsbaggerwerk wordt besproken in paragraaf 13.4.

Geschat wordt dat het indirecte verlies circa 8 miljoen m³ bedraagt tijdens de aanlegfase (4 jaar). De bandbreedte van deze hoeveelheid wordt geschat op een factor 2.

De gevolgen van bovenstaande verliezen voor het onderhoudsbaggerwerk in de Euro-Maasgeul zijn als volgt. Voor het directe verlies wordt aangehouden dat 60% daarvan in de Maasgeul tot bezinking komt. Op jaarbasis bedraagt de extra aanzanding circa 1,5 miljoen m³/jaar als gevolg van het directe verlies. Van het indirecte verlies van 2 miljoen m³/jaar is niet helemaal duidelijk of dit bovenop de huidige aanzanding komt van circa 2,5 miljoen m³/jaar. Hier wordt – mede gelet op de grote onzekerheden – aangehouden dat dit voor 100% bovenop de huidige hoeveelheid aanzanding komt. In totaal wordt rekening gehouden met een extra aanzanding van +3,5 miljoen m³/jaar (1,5 miljoen m³/jaar direct en 2 miljoen m³/jaar indirect) tijdens de aanlegfase (een toename met 140% t.o.v. huidige situatie met 2,5 miljoen m³/jaar).

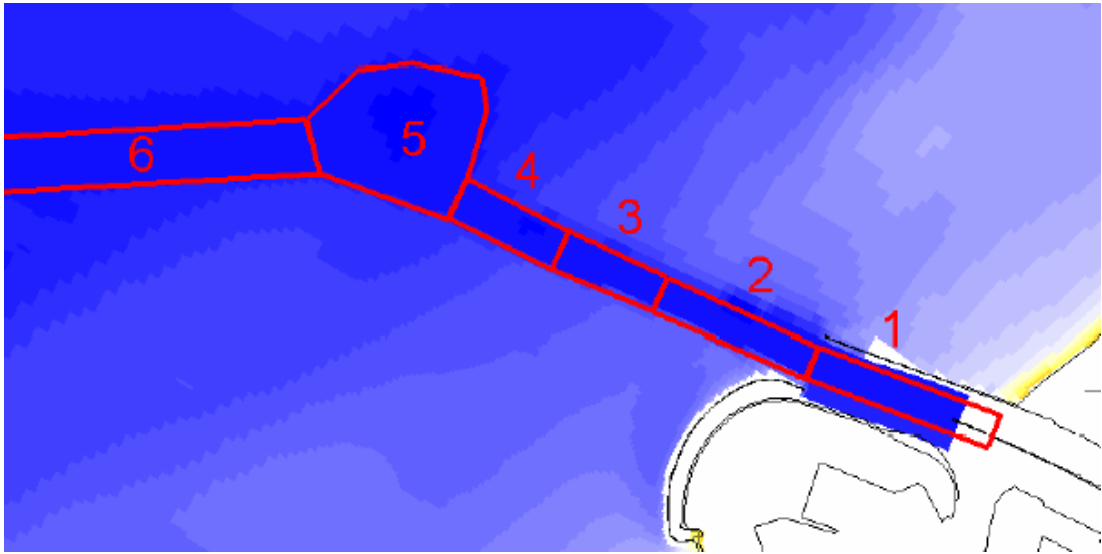
De effecten van de **aanwezigheid** van de landaanwinning op het baggerwerk in de Euro-Maasgeul zijn bepaald met een 2D morfologisch model [10]. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor een periode van 20 jaar voor de Noordzeekust tussen de kop van Goeree en Scheveningen. In deze berekeningen zijn de veranderingen van de bodem in de loop van de tijd en in de ruimte gekwantificeerd. Op basis van deze resultaten is bepaald hoeveel erosie en aanzanding plaatsvindt in de diverse vakken van de Euro-Maasgeul in de komende 20 jaar. De gemiddelde aanzanding over deze periode is samengevat in tabel 13.3, zie voor de ligging van deze vakken Figuur 13.2. Uit de resultaten blijkt dat deze aanzanding niet sterk varieert in de loop van de tijd.

Tabel 13.3: Aanzanding in Euro-Maasgeul voor huidige situatie, autonome ontwikkeling en ten gevolge van aanwezigheid landaanwinning in miljoen m³/jaar (met tussen haakjes de richting van de verandering). De ligging van deze vakken is weergegeven in Figuur 13.2

Baggervak vanaf Hoek van Holland	Huidige situatie	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief
Vak 1 (km 0 – 3.4)	0.06	0.06	0.06 (-)
Vak 2 (km 3.4 – 6.4)	1.2	1.2	0.23 (↓)
Vak 3 (km 7.4 – 8.4)	0.40	0.40	1.85 (↑)
Vak 4 (km 8.4 – 10.4)	0.30	0.30	0.93 (↑)
Vak 5 (km 10.4 – 12.8) (=draaicirkel)	0.25	0.25	0.41 (↑)
Vak 6 (km 12.8 – 18.5)	0.24	0.24	0.24 (-)
Totaal	2.5	2.5	3.7 (↑)

Uit metingen blijkt dat in de huidige situatie de aanzanding in de eerste vijf km van de Euro-Maasgeul vanaf de haveningang circa 1,7 miljoen m³/jaar bedraagt. Verder is bekend dat bijna de helft van deze aanzanding plaatsvindt in de eerste km vanaf de ingang. De vijf km vanaf de haveningang betreft de vakken 2 en 3 in tabel 13.3. Voor de huidige situatie geeft het model een aanzanding van 1,2 + 0,4 = 1,6 miljoen m³/jaar. Door afregeling van het model op de gemeten veranderingen komen de modelresultaten goed overeen met de metingen.

Figuur 13.2 Overzicht baggervakken Euro-Maasgeul



De modelresultaten in Tabel 13.3 laten verder zien dat de autonome ontwikkeling geen effect heeft op de aanzanding in de Euro-Maasgeul. Ten gevolge van de aanwezigheid van de landaanwinning neemt het totale onderhoud aan de Euro-Maasgeul wel toe. De toename over de gehele geul is circa 1,25 miljoen m³ per jaar (circa 50%). Uit de verdeling over de Euro-Maasgeul blijkt dat de toename vooral plaatsvindt in de vakken 3 en 4 (circa +2 miljoen m³/jaar). In vak 2 is juist sprake van een afname (circa -1 miljoen m³/jaar). In het meest kustwaarts gelegen vak 1 en het meest zeewaarts gelegen vak 6 treden geen veranderingen op.

De berekende veranderingen in de aanzanding zijn logisch in het licht van de landaanwinning. De stroming en het zandtransport rond de Maasmonding nemen door de landaanwinning toe en worden zeewaarts verlegd. Het baggerbezwaar in de vakken 3 en 4 stijgt hierdoor. Daarentegen wordt het huidige mondingsgebied van de haven sterker afgeschermd van het noordwaarts gerichte zandtransport langs de kust. Hierdoor neemt de aanzanding in vak 2 af.

Aanslibbing Maasmonding en oostelijke havenbekkens

De effecten van de **aanwezigheid** van het Basisalternatief op de aanslibbing in de Maasmonding en de oostelijke havenbekkens is beoordeeld op basis van eerder onderzoek [28, 29, 30]. In deze onderzoeken zijn een groot aantal Maasvlakte 2 varianten onderzocht met het SLIB3D model van RIKZ en het Delft3D model van WL|Delft Hydraulics. Deze berekeningen zijn uitgevoerd op het zogenaamde RIJMAMO rooster van RIKZ. Dit is een gedetailleerd rekenrooster voor de Rijn-Maasmonding. Bij de berekeningen is zowel gekeken naar de situatie met het huidige sluisbeheer (LPH'84) als met Getemd Getij. Voor de beoordeling van de aanslibbing ten gevolge van de landaanwinning zijn de berekeningsresultaten gebruikt van Referentieontwerp I uit de voorgaande studies [29, 30]. Dit ontwerp lijkt qua geometrie sterk op het Basisalternatief. Het Basisalternatief is aan de zuidwestelijke kant iets kleiner door de afgeknotte vorm.

Daarnaast is gebruik gemaakt van het recente onderzoek in het kader van MER Aanleg [26]. In dit onderzoek zijn de grootschalige effecten op het slibtransport bepaald met Delft3D [26]. Daarbij is gebruik gemaakt van het Zuidelijke Noordzee model. Het

bijbehorende rekenrooster is verfijnd in de omgeving van de Rijn-Maasmonding. Echter, het rooster is een stuk grover dan het RIJMAMO-model. Er zijn effectberekeningen uitgevoerd voor verschillende spuiregimes (LPH'84, Kier en Getemd Getij) en verschillende Maasvlakte 2 varianten (Basisalternatief en Referentieontwerp II). De resultaten van bovengenoemde studies zijn gebruikt om de effecten op de aanslibbing in de Maasmonding en de oostelijke havenbekkens te beoordelen. Daarbij zijn de resultaten ook vergeleken om te zien of de resultaten consistent zijn.

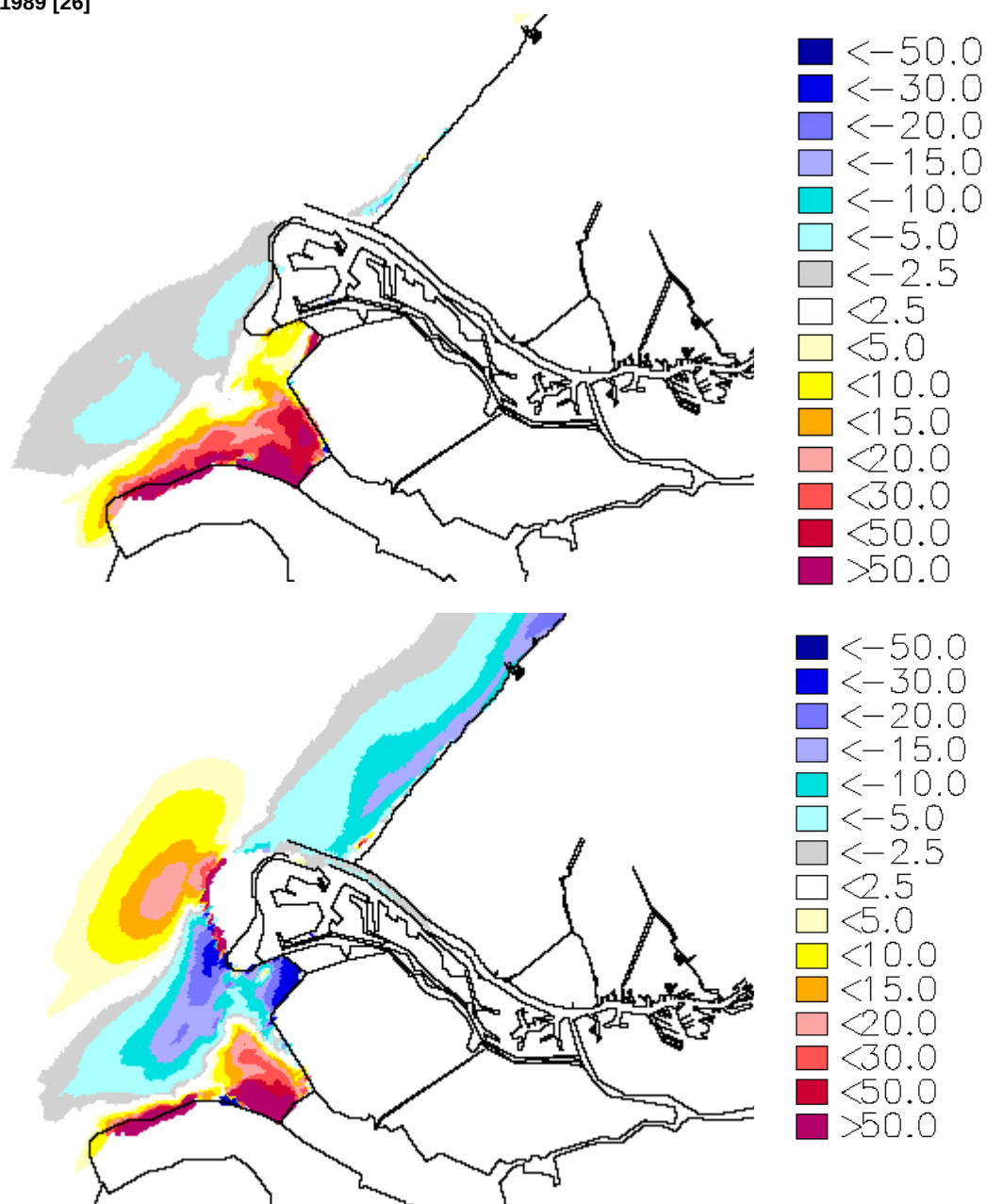
In Figuur 13.3 is het berekende effect van het gewijzigde spui-beheer op de slibconcentratie rondom de Maasmonding en in de havenbekkens weergegeven [26]. De figuur heeft betrekking op de effecten ten aanzien van "jaargemiddelde" slibconcentratie. Uit deze resultaten volgt dat het effect van een wijziging in het spui-beheer op de slibconcentratie voor en in de Maasmonding verwaarloosbaar is. Dit is in lijn met de verwachting en met de uitgangspunten van eerder onderzoek [28]. De afvoerverdeling tussen Nieuwe Waterweg en Haringvliet verandert niet ten gevolge van het gewijzigde spui-beheer. Wel is er bij de Haringvlietsluizen sprake van een sterke toename van de vloed- en ebvolumina.

Deze wijziging in de waterbeweging veroorzaakt veranderingen in de slibconcentratie in de Haringvlietmonding, terwijl de slibconcentratie in de Maasmonding en de havenbekkens niet wijzigt.

Figuur 13.3 geeft ook het berekende effect van het Basisalternatief op de (jaargemiddelde) slibconcentratie rondom de Maasmonding [26]. Hieruit blijkt dat er in de Maasmonding en ook in de Nieuwe Waterweg sprake is van een afname van de slibconcentratie (5 - 10 mg/l). Procentueel gezien is deze afname circa 20 – 30% ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Deze afname is consistent met eerder onderzoek voor Referentieontwerp I [29]. Voor dat ontwerp is een afname van de slibconcentratie net voor de Maasmonding berekend van circa 50%. Omdat het Basisalternatief iets kleiner is dan Referentieontwerp I is het logisch dat het Basisalternatief een minder grote reductie in de slibconcentratie oplevert.

Merk op dat het resultaat in Figuur 13.3 geldt voor een specifiek meteorologisch jaar (1988/1989). Uit berekeningen blijkt dat bij gebruikmaking van andere jaren (1996, 2000) de resultaten anders zijn voor de Rijn-Maasmonding, zie ook hoofdstuk 11. Er lijkt altijd sprake van een afname van de slibconcentratie voor de Rijn-Maasmonding, maar het effect is minder groot in de andere jaren. De afname van 20 – 30% voor het jaar 1988/1989 is hierdoor een overschatting van de langjarig gemiddelde afname.

Figuur 13.3: Effect op jaargemiddelde slibconcentratie in mg/l ten gevolge van de autonome ontwikkeling (boven) en ten gevolge van Basisalternatief Maasvlakte 2 (onder) op basis van jaar 1988/1989 [26]



Met het gedetailleerde RIJMAMO-model is berekend hoe de aanslibbing verandert als gevolg van het Referentieontwerp I [29]. Hieruit bleek dat er sprake is van een verminderde aanslibbing (-43%). De berekeningsresultaten zijn vervolgens gebruikt om een inschatting te maken van het effect op het totale onderhoudsbaggerwerk [28]. Dit is nodig omdat het onderhoudsbaggerwerk naast slib ook voor circa 25% uit fijn zand bestaat in de Maasmonding en de havenbekkens. In het gebruikte slibmodel wordt deze sedimentfractie niet verdisconteerd. Tevens is bij deze vertaling, gelet op de onzekerheden in de modelberekeningen, een onder- en bovengrens bepaald. Uit deze analyse is geconcludeerd dat Referentieontwerp I leidt tot een vermindering van het onderhoudsbaggerwerk van 10 – 30% in de Maasmonding en

een vermindering van 5-10% in de oostelijke havens [28]. De resultaten van Referentieontwerp I zijn samengevat in Tabel 13.4.

Tabel 13.4: Overzicht effecten baggeronderhoudswerk voor Referentieontwerp I

	Huidige situatie (10 ⁶ m ³ /jaar)			Referentieontwerp I							
				T.o.v. huidige situatie		Totaal (10 ⁶ m ³ /jaar)		Zand (10 ⁶ m ³ /jaar)		Slib (10 ⁶ m ³ /jaar)	
	totaal	zand	slib	min	max	min	max	min	max	min	max
Maasmonding	10.0	2.5	7.5	- 35%	-10%	6.5	9.0	1.6	2.3	4.9	6.8
Oostelijke havenbekkens	3.5	0.9	2.6	- 10%	-5%	3.2	3.3	0.8	0.8	2.4	2.5
Totaal	13.5	3.4	10.1	- 30%	-10%	9.7	12.3	2.4	3.1	7.2	9.2

Het effect op het onderhoudsbaggerwerk voor het Basisalternatief is bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- Het onderhoudsbaggerwerk van fijn zand voor de Maasmonding en de oostelijke havenbekkens is gelijk voor Referentieontwerp I en het Basisalternatief. Dit is aannemelijk aangezien het zandtransport vooral bepaald wordt door de maximale vloed- en ebsnelheden. Aangezien de vormgeving van beide ontwerpen zeer sterk op elkaar lijkt nabij de Maasmonding, zullen beide ontwerpen dezelfde verandering qua sedimentatie van fijn zand opleveren.
- Het effect van het Basisalternatief op de aanslibbing in de Maasmonding en de oostelijke havenbekkens is 50% van de aanslibbing ten gevolge van Referentieontwerp I. Dit uitgangspunt is gebaseerd op het feit dat de verandering in het onderhoudsbaggerwerk van slib evenredig is met de afname in de slibconcentratie bij de havenmonding. Deze evenredigheid blijkt uit de resultaten van Referentieontwerp I. Voor dit ontwerp is berekend dat bij een afname van de slibconcentratie met circa 50% de aanslibbing met circa 43% afneemt [29]. Een dergelijke relatie is logisch aangezien de watertransporten in de Maasmonding zelf niet of nauwelijks veranderen. De sturende parameter voor de aanslibbing bij Maasvlakte 2 zonder eigen haveningang is de verandering van de slibconcentratie nabij de havenmonding. De afname van de slibconcentratie bij de havenmonding in geval van het Basisalternatief is 20 – 30% (zie boven). De afname is dus ongeveer de helft van de reductie van de slibconcentratie bij Referentieontwerp I.

Op basis van deze uitgangspunten is in Tabel 13.5 het effect getoond voor de aanwezigheid van het Basisalternatief. Als voorbeeld is hier uitgelegd hoe de minimale hoeveelheid in de Maasmonding is bepaald. De minimale aanslibbing van het Referentieontwerp I in de Maasmonding is 4.9×10^6 m³/jaar (Tabel 13.4). Ten opzichte van de huidige situatie is dit dus een afname van $4.9 - 7.5 = -2.6$ miljoen m³/jaar. De afname ten gevolge van de aanwezigheid van het Basisalternatief is $2.6 \times 50\% = 1.3$ miljoen m³/jaar. De aanslibbing ten gevolge van de aanwezigheid van het Basisalternatief bedraagt dus $7.5 - 1.3 = 6.2$ m³/jaar (zie Tabel 13.5). De minimale aanzanding in de Maasmonding bij de aanwezigheid van het Basisalternatief is identiek aan die van Referentieontwerp I en dus gelijk aan 1.6×10^6 m³/jaar (Tabel 13.5). Samen levert dit een totale onderhoudsbaggerwerkhoeveelheid van $1.6 + 6.2 = 7.8 \times 10^6$ m³/jaar. Ten opzichte van de totale hoeveelheid in de huidige situatie (10×10^6 m³/jaar) is dit een reductie van circa 22%.

Tabel 13.5: Overzicht effecten baggeronderhoudswerk voor Basisalternatief

	Huidige situatie (10 ⁶ m ³ /jaar)			Basisalternatief							
				T.o.v. huidige situatie		Totaal (10 ⁶ m ³ /jaar)		Zand (10 ⁶ m ³ /jaar)		Slib (10 ⁶ m ³ /jaar)	
	totaal	zand	slib	min	max	min	max	min	max	min	max
Maasmonding	10.0	2.5	7.5	-22%	-6%	7.8	9.4	1.6	2.3	6.2	7.1
Oostelijke havenbekkens	3.5	0.9	2.6	-6%	-3%	3.3	3.4	0.8	0.8	2.5	2.6
Totaal	13.5	3.4	10.1	-18%	-5%	11.1	12.8	2.4	3.1	8.7	9.7

De veranderingen in het onderhoudsbaggerwerk voor de verschillende deelgebieden is samengevat in Tabel 13.6. Hierin is opgenomen de aanslibbing voor de huidige situatie, voor de autonome ontwikkeling en voor het Basisalternatief. De hoeveelheden van de Euro-Maasgeul zijn afkomstig uit Tabel 13.3 en voor de hoeveelheid in de Maasmonding en de oostelijke havenbekkens wordt verwezen naar Tabel 13.5.

Tabel 13.6: Geschatte effecten van landaanwinning op aanslibbing in Maasmonding en oostelijk havengebied in procenten en in miljoen m³/jaar

Gebied	Huidige situatie	Autonome ontwikkeling	Basisalternatief
Euro-Maasgeul	2,5	2,5	3,7 (+50%)
Maasmonding	10,0	10,0	7,8 – 9,4 (-22 tot -6%)
Oostelijk havengebied	3,5	3,5	3,3 – 3,4 (-6 tot -3%)

In de tabel 13.1 en 13.2 is voor de verschillende deelgebieden de beoordeling gegeven voor het aspect onderhoudsbaggerwerk. Enerzijds is er sprake van een toename van het baggerwerk in de Euro-Maasgeul, maar anderzijds is er sprake van een afname van het onderhoud in de Maasmonding. Voor de oostelijke havenbekkens is er weinig verandering. In termen van hoeveelheden is de toename van het baggerwerk in de Euro-Maasgeul (1,2x10⁶ m³ per jaar) van dezelfde orde van grootte als de afname in de Maasmonding (0,6 – 2,2x10⁶ m³ per jaar).

13.4 Effecten zandwinning

13.4.1 Overzicht effecten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten door antropogene bodemberoering.

Tabel 13.7 Overzicht effecten antropogene bodemberoering zandwinning – aanleg

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Zandwinscenario's
Antropogene bodemberoering	Bodemoppervlak en volume baggeren	Geen wijzigingen	Aanlegfase: Volume baggeren circa 320x10 ⁶ m ³ (1 ^e fase) 80x10 ⁶ m ³ (2 ^e + 3 ^e fase) Aanwezigheidsfase: S1 – S3: 6000 ha S4: 3000 ha
			Maasgeul: toename aanzanding tijdens aanlegfase S1a: circa 3 miljoen m ³ (2 jaar) S1b: circa 1,2 miljoen m ³ (5 jaar) S3: circa 3 miljoen m ³ (2 jaar) S4: circa 0,6 miljoen m ³ (5 jaar)
	Toe/afname hoeveelheid baggeronderhoudswerk (%)	Euro-Maasgeul: geen veranderingen. Huidige situatie: circa 2,5 miljoen m ³ /jaar	Scenario S2: geen effect
			Maasmonding: toename aanslibbing van 15 – 26% (1,1 – 2,0 miljoen m ³ /jaar) voor scenario S1a, S1b, S3, S4 over periode 2008 – 2015
		Maasmonding: geen veranderingen. Huidige situatie: circa 10 miljoen m ³ /jaar	Scenario S2: toename aanslibbing van circa 9% (0,9 miljoen m ³ /jaar) over periode 2008 - 2015
			Oostelijke havenbekkens: toename aanslibbing van 15 – 26% (0,4 – 0,7 miljoen m ³ /jaar) voor scenario S1a, S1b, S3, S4 over periode 2008 - 2015 Scenario S2: toename aanslibbing circa 9% (0,3 miljoen m ³ /jaar) over periode 2008 - 2015

13.4.2 Toelichting op effecten

Bij antropogene bodemberoering gaat het om de effecten op:

- Bodemoppervlak en volume bij de zandwinning.
- Onderhoudsbaggerwerk elders.

Het eerste aspect betreft ontwerpvariabelen van de zandwinscenario's. Bij de aanleg van de zandwinputten wordt in totaal 6000 ha van de Noordzeebodem verstoord (Scenario 1 - 3). Bij scenario 4 is dit 3000 ha. Het totale sedimentvolume dat vanaf de Noordzeebodem gewonnen zal worden bedraagt circa 320 miljoen m³ in de eerste fase van de landaanwinning en 80 miljoen m³ in de tweede + derde fase.

Bij het onderhoudsbaggerwerk dient onderscheid te worden gemaakt tussen de effecten ten gevolge van de zandhoeveelheid en van de slibhoeveelheid op de omgeving van de zandwinputten (Euro-Maasgeul, Maasmonding of oostelijke havenbekkens) en tussen de aanleg- en de aanwezigheidsfase.

Aanzanding

In de **aanlegfase** komt fijn zand vrij tijdens het winproces. De hoeveelheid fijn zand tijdens de eerste fase van winning wordt geschat op circa 60 miljoen m³. Vanwege de relatief grote valsnelheid zal het fijne zand grotendeels bezinken in de zandwininput zelf. Verwacht mag worden dat bij zandwinning net ten zuiden van de Euro-Maasgeul (vlek 1 en 3) een beperkt deel hiervan terecht komt in de geul en zal leiden tot extra aanzanding. Hier wordt aangehouden dat dit ongeveer 10% zal zijn van de totale hoeveelheid fijn zand die vrijkomt tijdens de winning.

De zandwinputten in vlek 2 liggen ten noorden van de Euro-Maasgeul en dermate ver van de geul dat extra aanzanding in de geul uitgesloten lijkt. Gelet op de lokale effecten van de zandwinputten op de stroming en de morfologie zullen er tijdens de **aanwezigheidsfase** geen effecten optreden op het onderhoudsbaggerwerk van zand.

Voor de scenario's (S1a, S1b, S3) wordt daarom uitgegaan van een extra aanzanding van circa 6 miljoen m³ (= 60 miljoen m³ x 10% = 6 miljoen m³). Afhankelijk van de winperiode is dat 3 miljoen m³/jaar gedurende 2 jaar (S1a, S3) en 1,2 miljoen m³/jaar gedurende circa 5 jaar (S1b). In scenario S4 vindt 50% van de winning plaats in vlek 1 en 50% in vlek 2. Daarom wordt voor dit scenario rekening gehouden met een totale extra aanzanding van circa 3 miljoen m³ (of 0,6 miljoen m³/jaar gedurende circa 5 jaar). De zandwinning voor scenario S2 vindt volledig plaats in vlek 2. Bij dit scenario zal de extra aanzanding in de Euro-Maasgeul verwaarloosbaar zijn.

Aanslibbing

Het slib dat vrijkomt bij de zandwinning verspreidt zich over grotere afstanden door de getijbeweging en kan tot extra onderhoud leiden in de toegangsgeul en de haven van Rotterdam. De maximale toename van de **aanslibbing** in de Euro-Maasgeul tijdens de **aanlegfase** wordt geschat op orde grootte 30.000 m³/jaar (droge stof). Deze toename is slechts enkele procenten in het licht van het bestaande jaarlijkse onderhoud van de geul (circa 2,5 miljoen m³/jaar). Daarnaast wordt een toename van de **aanslibbing** in de Maasmonding en de Oostelijke havenbekkens tijdens de aanlegfase verwacht. De grootte en duur van deze extra aanslibbing is afhankelijk van het zandwinscenario.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de gemiddelde relatieve verhoging van de slibconcentratie voor de havenmonding van de Rotterdamse haven gedurende de periode 2008 – 2015 als volgt is:

- Scenario 1a: +26%.
- Scenario 1b: +22%.
- Scenario 2: +9%.
- Scenario 3: +22%.
- Scenario 4: +15%.

Deze verhogingen zijn doorvertaald naar het onderhoudsbaggerwerk. Daarbij is – net als bij de landaanwinning – aangenomen dat deze tijdelijke verhoging in de slibconcentratie zich lineair doorvertaald in een verhoging van de onderhoudsbehoefte voor slib in de haven.

Ten gevolge van de **aanwezigheid** van de zandwinputten wordt er geen verandering verwacht in de aanslibbing in havens en in het onderhoudsbaggerwerk.

Overzicht effecten

De onderhoudsbehoefte voor de huidige situatie en tijdens de aanlegfase van de zandwinputten is samengevat in Tabel 13.8 en 13.9. De effectbeoordeling vindt plaats door de onderhoudsbehoefte op jaarbasis met elkaar te vergelijken. Het wintempo verschilt echter per scenario (en dus de duur van het effect). Om een goede vergelijking mogelijk te maken is de extra aanzanding gemiddeld over een periode van 4 jaar voor alle scenario's. Voor de aanslibbing is een vergelijkbare procedure gehanteerd maar is gemiddeld over een langere periode (2008 - 2015) vanwege het naijleffect.

Uit de tabellen volgt dat Scenario 1a leidt tot de grootste toename van het onderhoud (circa +26%). Scenario 2 heeft daarentegen het minst grote effect, (+5%). Tijdens de aanwezigheidsfase van de zandwinputten zal de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk van slib weer terugkeren naar het oude niveau. Naar verwachting heeft deze terugkeer een tijdschaal van orde jaren. Dit betekent dat de aanslibbing na die periode ook weer op het oorspronkelijke niveau zal liggen.

Tabel 13.8: Onderhoudsbaggerwerk in miljoen m³/jaar ten gevolge van de zandwinning – aanlegfase (huidige situatie en scenario 1a en 1b). De gele kleur geeft aan als er sprake is van een toename van meer dan 10% ten opzichte van de huidige situatie

	Huidige situatie			Scenario 1a			Scenario 1b		
	totaal	zand	slib	totaal	zand	slib	Totaal	zand	Slib
Euro-Maasgeul	2.5	2.5	0	4.0	4.0	0.03	4.0	4.0	0.03
Maasmonding	10.0	2.5	7.5	12.0	2.5	9.5	11.7	2.5	9.2
Oostelijke havenbekkens	3.5	0.9	2.6	4.2	0.9	3.3	4.1	0.9	3.2
Totaal	16.0	5.9	10.1	20.2 (+26%)	7.4	12.8	19.8 (+24%)	7.4	12.4

Tabel 13.9: Onderhoudsbaggerwerk in miljoen m³/jaar ten gevolge van de zandwinning – aanlegfase (scenario 2 – 4). De gele kleur geeft aan als er sprake is van een toename van meer dan 10% ten opzichte van de huidige situatie

	Scenario 2			Scenario 3			Scenario 4		
	totaal	zand	slib	totaal	zand	slib	Totaal	zand	Slib
Euro-Maasgeul	2.5	2.5	0.03	4.0	4.0	0.03	3.3	3.3	0.03
Maasmonding	10.7	2.5	8.2	11.7	2.5	9.2	11.1	2.5	8.6
Oostelijke havenbekkens	3.7	0.9	2.9	4.1	0.9	3.2	3.9	0.9	3.0
Totaal	16.9 (+5%)	5.9	11.1	19.8 (+24%)	7.4	12.4	18.3 (+15%)	6.6	11.7

Op basis van de gepresenteerde getallen in de Tabellen 13.8 en 13.9 is de eindbeoordeling gemaakt. Deze is samengevat in Tabel 13.7 aan het begin van deze paragraaf. Deze beoordeling is uitgevoerd voor de verschillende deelgebieden. Voor de Euro-Maasgeul, de Maasmonding en de Oostelijke havenbekkens geldt dat de onderhoudsbehoefte gedurende de aanlegfase negatief wordt beoordeeld voor alle zandwinstscenario's met uitzondering van scenario 2. Hoewel dit scenario ook extra aanslibbing veroorzaakt, is de toename dermate gering dat deze neutraal scoort.

Wanneer naar de totale onderhoudsbehoefte tijdens de aanlegfase wordt gekeken in de Rotterdamse haven is de beoordeling als volgt. Scenario 1, 3 en 4 leiden tot een toename van de totale onderhoudsbehoefte van 15 – 26% en scoren daarmee negatief. Scenario 2 scoort beduidend beter qua onderhoudsbehoefte. De toename in de totale onderhoudsbehoefte wordt geschat op circa +5%. Daarmee scoort dit scenario neutraal voor het aspect onderhoudsbaggerwerk tijdens de aanlegfase. Na afloop van de zandwinning zal de onderhoudsbehoefte weer langzaam (orde jaren) terugkeren naar het oude niveau vanwege de nalevering van slib uit de Noordzeebodem ('naijleffect').

De effecten van zandwinning op aanslibbing in de havens van Scheveningen en IJmuiden is niet weergegeven in voorgaande tabellen. Bij deze havens treedt echter ook een verhoogde slibconcentratie op. De zandwinning zal hierdoor waarschijnlijk leiden tot een toename van de onderhoudsbehoefte. Deze toename wordt geschat op +17% voor Scheveningen en +12% voor IJmuiden in scenario S1a gedurende de periode 2008 – 2015. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de vermindering van de aanslibbing ten gevolge van de aanwezigheid van de landaanwinning en hierdoor het verplaatsen van de slibpluim langs de kust in meer zeewaartse richting. De verschuiving van de slibpluim heeft een afname van 10 – 20% van het slibgehalte in de kustzone tot gevolg. Aangezien de huidige totale onderhoudsbehoefte in de havens kleiner is dan de onderhoudsbehoefte in de Rotterdamse haven en aangezien de toename van aanslibbing ten gevolge van de zandwinning niet veel groter is dan de afname van de slibconcentratie ten gevolge van de aanwezigheid van de landaanwinning, zullen de effecten niet groot zijn.

14 EFFECTBESCHRIJVING SCENARIO S1C

14.1 Inleiding

Zoals is aangegeven in Hoofdstuk 4 van het hoofdrapport is er een extra scenario toegevoegd, scenario S1c. Met de al eerder beschreven scenario's S1a en S1b zijn de bandbreedtes van de effecten van de zandwinning verkend. Hierna is besloten nog een gemiddeld scenario uit te voeren. Scenario S1c houdt het midden tussen S1a en S1b, waardoor de drie scenario's samen een goed overzicht geven van de mogelijke effecten. Scenario S1c gaat uit van zandwinning in vlek 1, met een zandwintempo van 100 miljoen kubieke m/jaar. De keuzes met betrekking tot de vorm en oriëntatie zijn identiek voor alle zandwinscenario's. Dit hoofdstuk beschrijft de effecten van scenario S1c.

Voor een aantal aspecten bij het thema Kust en Zee is de beschrijving van de effecten van scenario S1c analoog aan alle andere scenario's. Deze worden hieronder kort toegelicht:

- **Kustlijnhandhaving:** Er is geconcludeerd dat er geen sprake is van beïnvloeding van de kustlijnhandhaving mits de zandwinning plaats vindt buiten de 20m-NAP contour. Dit geldt ook voor scenario S1c, en de beoordeling voor dit aspect is daarom ook neutraal.
- **Kustveiligheid:** Analoog aan kustlijnhandhaving geldt dat de kustveiligheid niet in het geding is, mits de afstand tot de kust groot genoeg. Scenario S1c scoort – net als alle andere scenario's - op dit aspect neutraal.
- **Zoutniveau:** Omdat de zandwinlokaties dermate ver van de kust afliggen is er geen sprake van beïnvloeding van de morfologie vlak voor de kust. Net als bij alle andere zandwinscenario's zal de zoutniveau derhalve niet wijzigen als gevolg van scenario S1c.
- **Waterbeweging:** Rondom de zandwinputten zal de stroomsnelheid beïnvloed worden als gevolg van de aanleg van de zandwinputten. Dit effect is vooral gerelateerd aan de diepte van de ontgraving. Scenario S1c geeft dus een afname van de lokale (diepte-gemiddelde) stroomsnelheid van 25 – 50%. De effecten op de andere karakteristieken van de waterbeweging zijn verwaarloosbaar (waterstanden, zout) of beperkt (golfkarakteristieken).
- **Geomorfologie:** De effecten van scenario S1c zijn in grote mate vergelijkbaar met scenario S1a en S1b vanwege dezelfde winlokatie. Er zullen beperkte effecten optreden langs randen van de zandwinputten. Tevens zal langzame opvulling en migratie van zandwinputten optreden. Het herstel van de zeebodem ter plaatse van de zandwinputten zal naar verwachting eeuwen duren.
- **Bodemopbouw:** Scenario S1c heeft vergelijkbare gevolgen als de effecten ten gevolge van de andere zandwinscenario's. Binnen scenario S1c kunnen diepere lagen aangesneden worden vanwege de maximale windiepte van 20 m. Echter, de initiële samenstelling aan het bodemoppervlak in de zandwinput na afloop van de zandwinning zal vergelijkbaar zijn voor de verschillende scenario's omdat deze bepaald wordt door het overvloeimateriaal (slib en fijn zand). Na verloop van tijd zullen de putten opvullen en heel langzaam weer terugkeren naar het oorspronkelijke niveau en samenstelling.

Voor twee aspecten heeft scenario S1c, vanwege het lagere wintempo, andere effecten tot gevolg dan de eerder beschreven scenario's. Het gaat daarbij om het slibtransport en het onderhoudsbaggerwerk. De volgende paragrafen beschrijven voor elk van deze aspecten het effect van de zandwinning voor Maasvlakte 2 in het geval van scenario

S1c. Voor de beschrijving van de huidige toestand en de autonome ontwikkeling wordt verwezen naar hoofdstuk 10 en 13. Ten slotte vindt, conform de waarderingssystematiek, een waardering van het effect plaats.

14.2 Transportprocessen

14.2.1 Overzicht effecten transportprocessen

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de zandwinning op het transport van sediment samengevat voor scenario S1c. De effecten van de andere zandwinscenario's zijn ter vergelijking ook opgenomen. Voor scenario S1c geldt dat de effecten weinig verschillen van die van Scenario 1a. Deze veranderingen vormen input voor het thema Natuur.

Tabel 14.1 Overzicht effecten transportprocessen zandwinning – aanleg en aanwezigheid

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Zandwinscenario's en scenario S1c
Sediment transport Zandwinning	Beïnvloeding van zandtransport	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer	Bij aanleg vrijkomen van circa 50 – 60 miljoen m³ relatief fijn zand voor alle scenario's en scenario S1c Tijdens aanwezigheid alleen lokale beïnvloeding van sedimenttransport in en rondom de zandwinputten. Bij diepere putten (S4) is het effect op het lokale zandtransport groter, maar het areaal van deze verstoring kleiner. Voor scenario S1c gelden dezelfde effecten afhankelijk van de uiteindelijke keuze van de windiepte. Geen effect op zandtransport langs Hollandse kust voor alle scenario's en scenario S1c.
	Beïnvloeding van slibconcentratie en slibfluxen langs de Nederlandse kust in mg/l en Mton/jaar	Beperkte wijzigingen in Haringvlietmonding ten gevolge van Kierbeheer Effect van zandwinning Delfland lokaal en beperkt (< 2 - 3 mg/l)	Bij aanleg vrijkomen van slib (1^e fase): S1a/b, S3: circa 11 - 12 miljoen ton S2: circa 6 miljoen ton S4: circa 9 miljoen ton S1c: circa 11 – 12 miljoen ton (vgl. S1a/b, S3) Beïnvloedingsgebied van de slibconcentratie in Voordelta en Hollandse kustzone aan het einde van zandwinperiode, verwaarloosbare effecten in Waddenzee voor alle scenario's en scenario S1c. Maximaal jaargemiddeld effecten op slibconcentratie Voordelta (inclusief jaar): S1a: +26% (2009) S1b: +17% (2012) S2: +6% (2009) S3: +22% (2009) S4: +10% (2012) S1c: +24% (2010)

Criterion	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Zandwinscenario's en scenario S1c
			Na stopzetting zandwinning langzame terugkeer naar huidige situatie (orde jaren).

14.2.2 Effecten

Zandtransport

Tijdens de **aanlegfase** wordt de hoeveelheid fijn zand die in suspensie wordt gebracht tijdens de eerste fase van de zandwinning geschat op circa 50 – 60 miljoen m³. Door de dominante reststroming zal het fijne sediment dat rondom de putten tot bezinking komt in noordwaartse richting meegevoerd worden. Tegelijkertijd zal menging optreden van dit fijne zand met de bestaande zandige Noordzeebodem. Dit proces zal voor alle zandwinscenario's en scenario S1c min of meer identiek zijn.

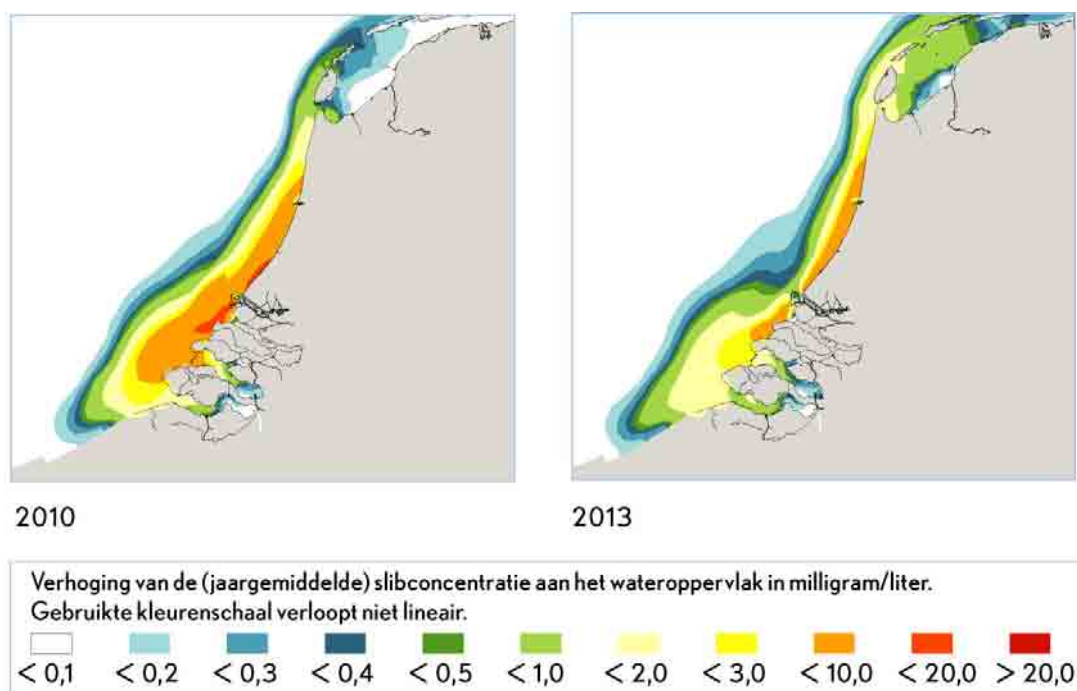
Voor scenario S1c geldt dat het effect op het zandtransport in de **aanwezigheidsfase** zal liggen tussen de effecten van scenario S1a/b en S3 enerzijds en S4 anderzijds. Afhankelijk van de winddiepte wordt de reductie van het zandtransport in de putten geschat op 50 – 100%. Het gebied waarin het zandtransport wijzigt wordt geschat op 3000 - 6000 ha.

Slibtransport

Bij scenario S1c vindt zandwinning plaats in vlek 1. Dit betekent dat de slibhoeveelheid die vrijkomt bij de winning vergelijkbaar is met scenario S1a/b: circa 12 Mton (2008 – 2010).

De effecten van scenario S1c op de slibconcentratie zijn in kaart gebracht met een geavanceerd proces-gebaseerd model [ref. 6.27]. Daarbij zijn identieke uitgangspunten gehanteerd als bij de in paragraaf 10.3.2 gepresenteerde modelberekeningen.

In Figuur 14.1 is het jaargemiddelde effect op de slibconcentratie bij het wateroppervlak weergegeven in 2010 en in 2013 voor scenario S1c. Een vergelijking met Figuur 10.9 en 10.10 laat zien dat scenario S1c op de schaal van de Hollandse kustzone vergelijkbare effecten laat zien als Scenario S1a. De reden dat deze scenario's zo dicht bij elkaar in de buurt liggen is dat de totale hoeveelheid slib die in het water terecht komt, hetzelfde is. In 2010 is een groot deel van het zand voor scenario S1c al gewonnen en al het zand voor S1a. In 2013 heeft voor beide scenario's alle zandwinning al plaatsgevonden. Ten gevolge van de bufferwerking van de bodem is de hoeveelheid slib in het systeem ongeveer hetzelfde voor beide scenario's. Hierdoor zullen de effecten niet veel van elkaar verschillen. De verlaging van het wintempo in scenario S1c reduceert wel de effecten dichtbij de zandwinlokatie ten opzichte van Scenario S1a. Net als bij alle andere scenario's nemen de effecten na stopzetting van de zandwinning bij scenario S1c langzaam af (najleffect door bufferwerking bodem).

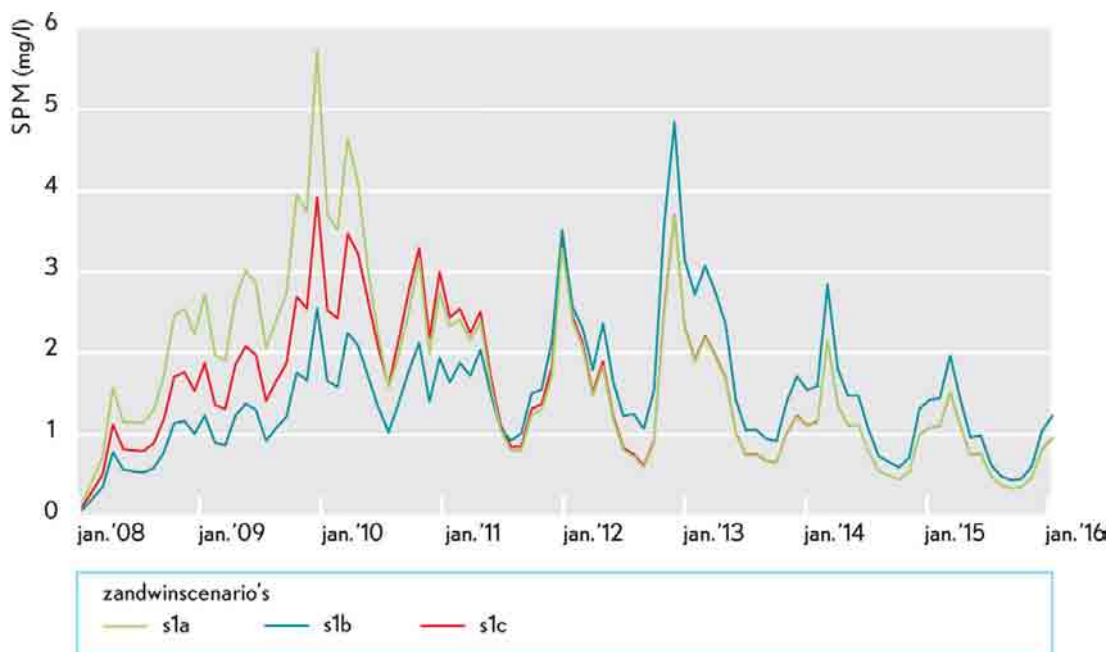


In Tabel 14.1 zijn de veranderingen op basis van modelberekeningen samengevat voor de scenario's uit het Basisalternatief en scenario S1c voor de Voordelta. Voor andere gebieden wordt verwezen naar hoofdstuk 10. De berekende maximale verhoging in de Voordelta bij scenario S1c (+24%) is enigszins lager dan bij scenario S1a (+26%). Merk op dat dichtbij de zandwinning de effecten van scenario S1c wel minder groot zijn als gevolg van een lager wintempo.

In eerste instantie zou verwacht worden dat de effecten ten gevolge van scenario S1c tussen de effecten van S1a en S1b zouden inliggen. De winsnelheid ligt hier namelijk ook tussenin. Er is echter maar een klein verschil in het maximale slibpercentage ten gevolge van scenario S1a en S1c, terwijl het percentage bij scenario S1b duidelijk lager ligt. Het kleine verschil in de maximale effecten van scenario S1c en S1a is een gevolg van de gehanteerde berekeningsmethode (bufferwerking bodem) en het gebruik van verschillende meteorologische jaren. Dit kan verduidelijkt worden aan de hand van figuur 14.2. In deze figuur is de verhoging van de slibconcentratie in de Voordelta ten gevolge van scenario S1a, S1b en S1c weergegeven. In het begin van 2010 is een duidelijke piek zichtbaar. Deze piek wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de meteorologische omstandigheden die in dit jaar extremer zijn. Hieruit blijkt dat de effecten niet alleen worden bepaald door de hoeveelheid zand die wordt gewonnen, maar vooral ook door de weersomstandigheden. In deze periode is de zandwinning volgens scenario S1a al voltooid, maar dit brengt niet direct een verlaging van het effect teweeg. Dit is een gevolg van de bufferwerking van de bodem, waardoor al het slib in principe nog beschikbaar is. In jaren met veel stormen kan dit dus gewoon weer in het water terecht komen. Vanaf ongeveer 2012 is de concentratieverhoging bij scenario S1b continu hoger dan bij de andere scenario's. Dit is een gevolg van de langere winningsduur van scenario S1b. Ook rond het begin van 2013 treedt weer een duidelijke piek op. Ook dit is een periode met meer stormen dan gemiddeld. Dit verklaart meteen waarom de piek in deze maanden hoger is dan in de maanden ervoor. Al het slib dat tijdens de zandwinning is vrijgekomen is in de bodem beland en kan tijdens ruw weer in suspensie komen. Aangezien er voor elk jaar is gerekend met een ander

meteorologisch achtergrondjaar worden extremere jaren afgewisseld met rustigere jaren. Dit is terug te zien in de variabiliteit van de pieken.

Bij de interpretatie van de getallen moet rekening gehouden worden met de natuurlijke variatie in slibgehalten. De jaarlijks gemiddelde concentratie in de Voordelta bedraagt ongeveer 20 – 30 mg/l, met uitschieters naar 70 - 80 mg/l in de winterperiode.



Figuur 14.2 De verhoging van de slibconcentratie in de Voordelta voor scenario S1a, b en c.

De hier gepresenteerde gegevens vormen input voor het thema Natuur.

14.3 Onderhoudsbaggerwerk

14.3.1 Overzicht effecten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten ten gevolge van antropogene bodemberoering voor scenario S1c. Ter vergelijking zijn ook de resultaten van de andere zandwinstscenario's opgenomen. De resultaten van scenario S1c zijn vergelijkbaar met Scenario S1a.

Tabel 14.2 Overzicht effecten antropogene bodemberoering zandwinning – aanleg

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Zandwinstscenario's
Antropogene bodemberoering	Bodemoppervlak en volume baggeren	Geen wijzigingen	Aanlegfase: Volume baggeren circa 320 miljoen m ³ (fase 1) 80 miljoen m ³ (fase 2) Aanwezigheidsfase: S1 – S3: 6.000 ha S4: 3.000 ha S1c: 3.000 – 6.000 ha
			Euro-Maasgeul: toename aanzanding tijdens aanlegfase S1a: circa 3 miljoen m ³ (2 jaar) S1b: circa 1,2 miljoen m ³ (5 jaar) S3: circa 3 miljoen m ³ (2 jaar) S4: circa 0,6 miljoen m ³ (5 jaar) S1c: circa +2 miljoen m ³ (3 jaar)
	Toe/afname hoeveelheid baggeronderhoudswerk (%)	Euro-Maasgeul: geen veranderingen (2,5 miljoen kubieke m/jaar)	Scenario S2: geen effect
			Maasmonding: toename aanslibbing van 15 – 26% (+1,1 – 2,0 miljoen m ³ /jaar) voor scenario S1a, S1b, S3, S4 over periode 2008 – 2015 S1c: 24% (+1,9 miljoen m ³ /jaar) over de periode 2008 - 2015
		Maasmonding: geen veranderingen (10 miljoen kubieke m/jaar)	Scenario S2: toename aanslibbing van circa 9% (0,9 miljoen m ³ /jaar) over periode 2008 - 2015
			Oostelijke havenbekkens: toename aanslibbing van 15 – 26% (+0,4 – 0,7 miljoen m ³ /jaar) voor scenario S1a, S1b, S3, S4 over periode 2008 – 2015 S1c: 24% (+0,6 miljoen m ³ /jaar) over de periode 2008 - 2015

Criterium	Meeteenheid	Autonome ontwikkeling	Zandwinscenario's
			Scenario S2: toename aanslibbing circa 9% (+0,3 miljoen m ³ /jaar) over periode 2008 - 2015

Effecten

Afhankelijk van de uiteindelijke winddiepte bedraagt het verstoorde areaal bij scenario S1c circa 3.000 – 6.000 ha. De hoeveelheid fijn zand die vrijkomt tijdens de eerste fase van de winning is voor alle scenario's circa 50 – 60 miljoen m³. Net als bij scenario's S1a en S1b mag verwacht worden dat in scenario S1c, vanwege zandwinning net ten zuiden van de Euro-Maasgeul, een beperkt deel hiervan in de geul terecht komt. Voor scenario S1c wordt uitgegaan van een extra aanzanding van circa 2 miljoen m³/jaar gedurende de winperiode van circa 3 jaar.

Het slib dat vrijkomt bij de zandwinning verspreidt zich over grotere afstanden door de getijbeweging en kan tijdens de aanlegfase leiden tot extra onderhoud in de Maasmonding en de Oostelijke havenbekkens. Op basis van de modelberekeningen wordt bij scenario S1c verwacht dat deze toename gemiddeld circa 24% is gedurende de periode 2008 - 2015. De toename in het onderhoudsbaggerwerk bij scenario S1c is sterk vergelijkbaar met scenario S1a en wordt als negatief beoordeeld.

Tijdens de aanwezigheidsfase van de zandwinputten zal de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk van slib weer langzaam terugkeren naar het oude niveau. Deze terugkeer heeft een tijdschaal van orde jaren. Dit betekent dat de aanslibbing na die periode ook weer op het oorspronkelijke niveau zal liggen. Het onderhoudsbaggerwerk in de aanwezigheidsfase wordt na deze periode als neutraal beoordeeld voor scenario S1c.

14.4 Effectbepaling Fase 2

In de periode ná 2013 is de resterende 20% van de zandwinning aan de orde. Dit betreft een te winnen volume - uitgaande van het Basisalternatief voor de landaanwinning - van circa 80 miljoen m³.

Voor de effectberekening is het uitgangspunt geweest de zandwinning voor fase 2 rond 2015 van start zal gaan en er vervolgens in een aaneengesloten periode van maximaal 4 jaar wordt gewerkt, met de inzet van een beperkt aantal hopperzuigers (2 tot 3) en een jaarlijks gemiddeld te winnen volume van ongeveer 20 miljoen m³.

Als startjaar is gekozen voor 2015 omdat dan de effecten van de eerste fase nog niet volledig uitgewerkt zijn. Hierdoor is de gekozen aanpak een worst-case aanpak. De hoeveelheid zand die per jaar zal worden gewonnen is klein in vergelijking tot de hoeveelheid die tijdens de eerste fase gewonnen wordt en de verwachting is dan ook dat de effecten van de tweede fase niet groot zijn. Om een idee te krijgen van de grootte van de effecten is een modelberekening uitgevoerd. De modelberekening betreft een doorstart van scenario S1c, omdat dit scenario, in ieder geval qua winsnelheid, als een gemiddeld scenario kan worden gezien.

De maximale verhoging van het slibpercentage in de Voordelta is 10%. Dit maximum treedt op in het derde jaar van de zandwinning (2017). In absolute zin bedraagt de maximale toename van de slibconcentratie in 2017 ongeveer 2,7 mg/l. De jaargemiddelde achtergrondconcentratie ligt tussen de 20 en 30 mg/l. Na 2017 nemen de effecten geleidelijk af. De gemiddelde toename van het slibpercentage in de Voordelta in de jaren 2015 – 2022 is 7%. Vanwege de bufferwerking van de bodem werken de effecten van de eerste fase nog door tijdens de tweede fase. Hierdoor is meer dan driekwart van de toename van het slibpercentage een gevolg van zandwinning in de eerste fase. Vooral tijdens meteorologisch gezien extremere jaren zal relatief veel slib dat afkomstig is uit de eerste fase opgewerveld worden uit de bodem. Een berekening waarin alleen de effecten van fase 2 zijn meegenomen geeft aan dat fase 2 zorgt voor een toename van het slibpercentage van ongeveer 2 – 3%. Bij de doorvertaling van slibgehalten naar Chlorofyll-A gehalten (Thema Natuur) ten gevolge van fase 2 moet dan ook goed rekening gehouden worden met bovenstaande.

De toename van het onderhoudsbaggerwerk tengevolge van de zandwinning tweede fase zal niet groot zijn. In totaal komt er ongeveer 3 miljoen ton slib vrij tijdens de baggerwerkzaamheden. Dit is weinig in vergelijking met de 11 – 12 miljoen ton slib die vrijkomt tijdens fase 1. Bij de haven van Rotterdam is de toename van de aanslibbing in het eerste jaar van fase 2 (2015) circa 10 – 18%. Hiervan is maximaal 6 – 8% een gevolg van de zandwinning tweede fase. Bij Scheveningen en IJmuiden bedraagt de toename in 2015 ongeveer 14 -15%. Maximaal 3 – 4% is het gevolg van de tweede fase. Zoals al wordt aangegeven zijn de percentages ten gevolge van fase 2 maximale percentages. De werkelijke procentuele toename ten gevolge van fase 2 zal lager liggen maar is moeilijk exact te geven in verband met de doorwerking van fase 1 en de verwevenheid van de resultaten. In vergelijking tot de effecten van de eerste fase zijn de effecten van de tweede fase klein.

15 TOETSING

15.1 Toetsing aan wet- en regelgeving en beleid

In deze paragraaf wordt het Basisalternatief getoetst aan de bestaande wet- en regelgeving en het beleid:

Nota Ruimte 2004 en RON 2

Uit voorgaand hoofdstukken is duidelijk geworden dat als gevolg van Basisalternatief voor de landaanwinning of de zandwinning geen extra versterkingswerken noodzakelijk zijn om de veiligheid langs de bestaande kustvakken te waarborgen. De maatgevende waterstanden en golfcondities worden niet negatief beïnvloed door het Basisalternatief van de landaanwinning en de verschillende scenario's van de zandwinning.

Daarnaast veranderen het grootschalige zandtransport en de morfologische processen niet noemenswaardig met uitzondering van de zone voor de landaanwinning en lokaal ter plaatse van de zandwinputten. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat het dynamische karakter van de kustzone in grote mate behouden blijft.

Voor de landaanwinning zelf geldt dat het ontwerp van de harde en zachte deel van de zeewering moet voldoen aan de vigerende normen. Bij de landaanwinning is de verwachting dat de suppletiebehoefte om de kustlijn te handhaven significant toeneemt. Daarbij moet wel worden aangetekend dat ook in de huidige situatie er sprake is van een aanzienlijke onderhoudsbehoefte ter plaatse van de huidige Maasvlakte. Desondanks wordt de veerkracht van de kust ter plaatse van de landaanwinning verder teruggebracht door de uitbouw van Maasvlakte 2 en de intensivering van het kustonderhoud ter plaatse.

De zandwinputten veranderen lokaal het zandtransport en de morfologie van de zeebodem. Deze ingrepen op diep water verstoren het natuurlijke evenwicht ter plaatse. Echter, het systeem is zodanig vrij ter plaatse van de zandwinputten dat het systeem dit evenwicht zelf weer kan herstellen. Dit proces verloopt zeer traag en zal geen gevaar vormen voor de aangrenzende kustzone. Er is daarom geen reden om te veronderstellen dat de zandwinputten de veerkracht en de natuurlijke dynamiek van de kustzone negatief beïnvloeden.

Nota's Waterhuishouding

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat het Basisalternatief vrijwel verwaarloosbare effecten heeft op de zout-zoetpatronen in de Rijn-Maasmonding. De zandwinputten hebben sowieso geen effect op de zoet-zoutpatronen. Bij de landaanwinning treedt een heel lichte verandering op van het zoet-zoutpatroon in de kustzone rondom de Rijn-Maasmonding. In de Nieuwe Waterweg en de Haringvlietmonding zijn de veranderingen marginaal. Geconcludeerd kan worden dat het Basisalternatief van de landaanwinning en de verschillende scenario's van de zandwinning de zoutindringing niet vergroten.

Wet verontreiniging zeewater

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat er een beperkt effect op het gebied van de waterkwaliteit wordt verwacht als gevolg van de landaanwinning en zandwinning ten opzichte van de huidige situatie en autonome ontwikkeling.

Stappenplan Noordzee

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat de zandwinning en de landaanwinning hoofdzakelijk lokaal een verstoring hebben op de natuurlijke processen. Daarmee wordt bedoeld dat de effecten optreden bij en rondom de locatie van de ingreep zelf. De lokale verstoring betreft voornamelijk de stroomsnelheden van het getij, het zand- en slibtransport en de bodemligging bij de landaanwinning en de zandwinning. De verstoring van de overige processen (waterstanden, golfkarakteristieken, zoet-zoutpatroon, bodemsamenstelling) is beperkt.

De slibhuishouding is het enige proces dat ten gevolge van de landaanwinning en zandwinning ook in globale zin (d.w.z. op afstanden van tientallen kilometers van de landaanwinning/zandwinning) aan verandering onderhevig is. Afhankelijk van de precieze winperiode duurt de verstoring ten gevolge van de zandwinning circa 5 -15 jaar. Door de aanwezigheid van de landaanwinning is er sprake van een definitieve wijziging in slibhuishouding. Modelberekeningen geven aan dat er in de kustzone sprake is van een verlaging van de slibconcentratie (orde 5 - 10%) langs de Hollandse kust en in de westelijke Waddenzee. Wel moet daarbij opgemerkt worden dat de modelresultaten met veel onzekerheden omgeven zijn. Ook is er sprake van een grote natuurlijke dynamiek in de slibhuishouding. Het is te betwijfelen of dergelijke veranderingen meetbaar zijn gelet op de natuurlijke variaties in het systeem.

Samengevat: de landaanwinning en de zandwinning verstoren hoofdzakelijk de natuurlijke processen in en direct rondom de locaties van de ingrepen (zandwinputten/landaanwinning). Voor de landaanwinning is er sprake van een definitieve verstoring, terwijl er bij de zandwinning sprake is van een tijdelijke verstoring over een periode van maximaal 5 jaar (1^e fase). Alleen de slibhuishouding (fluxen, concentraties) langs de Nederlandse kust wordt in globale zin beïnvloed tijdens de aanleg (met name zandwinning) en tijdens de aanwezigheid van de landaanwinning. In het licht van de natuurlijke variabiliteit en de ruimteschaal van het omliggende natuurlijke systeem zijn de verstoringen van de natuurlijke processen ten gevolge van aanleg en aanwezigheid van Maasvlakte 2 beperkt.

15.2 Toetsing aan MER PMR

In het PKB Mainport ontwikkeling Rotterdam is als beleidsbeslissing opgenomen dat het van wezenlijk belang is dat de negatieve milieueffecten van het uiteindelijke ontwerp voortvloeiend uit het projectenspoor kleiner moeten zijn dan (of gelijk zijn aan) de milieueffecten van de twee referentieontwerpen, zoals geïntervariseerd in het MER [19]. Dit betekent dat de effecten worden vergeleken met de effecten zoals ze bepaald zijn in het MER PMR (zie vergelijkingskader voor een uitwerking van de criteria en meeteenheden waarmee de effecten zijn bepaald).

In het MER PMR zijn de effecten op de kustlijnhandhaving, kustveiligheid en onderhoudsbaggerwerk beoordeeld (aanwezigheidsfase). De beoordeling uit MER PMR is weergegeven in tabel 14.1. Tevens is de beoordeling van het Basisalternatief van de landaanwinning weergegeven voor de aanwezigheidsfase.

Tabel 15.1: Effecten Kust en Zee uit MER PMR en Basisalternatief landaanwinning (aanwezigheid)

Aspecten	Referentieontwerp I	Referentieontwerp II	Basisalternatief
Kustlijnhandhaving	-	-	-
Kustveiligheid	0	0	0
Onderhoudsbaggerwerk	+	-	0

De beoordeling voor kusthandhaving en kustveiligheid zijn identiek aan de beoordeling in de MER PMR. Ten aanzien van de beoordeling van kustlijnhandhaving dient wel de opmerking te worden gemaakt dat volgens de modelberekeningen de Doorsteekvariant meer kustonderhoud voor de zachte zeewering zal vergen dan Referentieontwerp I. Daarbij wordt wel aangetekend dat de onzekerheden in deze modelresultaten groot zijn (zie hoofdstuk 5).

Voor wat betreft onderhoudsbaggerwerk zorgt Referentieontwerp I voor een zeewaartse afbuiging van het slibtransport uit het zuiden waardoor de aanslibbing, en daarmee het onderhoudsbaggerwerk in de Rotterdamse haven, afneemt ten opzichte van de huidige situatie. Het onderhoudsbaggerwerk in de Euro-Maasgeul neemt bij Referentieontwerp I wel toe. Samen is er nog steeds sprake van een positief effect op de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk.

Het Basisalternatief lijkt qua vorm sterk op Referentieontwerp I, maar heeft een minder grote zeewaartse afbuiging van de slibstromen tot gevolg vanwege de afgeknotte zuidwestelijke punt van de landaanwinning. Hierdoor is de afname van de aanslibbing in de Rotterdamse haven minder groot dan bij Referentieontwerp I. Daarnaast is het onderhoudsbaggerwerk aan de Euro-Maasgeul bij het Basisalternatief groter dan bij Referentieontwerp I. Dit komt omdat de erosiekuil zich bij het Basisalternatief meer noordelijk ontwikkelt, waardoor initieel meer zand in de Euro-Maasgeul terecht komt. Na verloop van tijd zal dit zich stabiliseren (orde decaden). Het samengestelde effect van het Basisalternatief op het onderhoudsbaggerwerk is neutraal.

Referentieontwerp II zal naar verwachting een flinke toename van het onderhoudsbaggerwerk in de haven van Rotterdam met zich meebrengen. Dit komt doordat het waterbekken wordt vergroot door de uitgebouwde havenmond en door een veranderd patroon van in- en uitstromend zout en zoet water, toegenomen slibconcentraties en een hoger bezinkingspercentage. Ook het onderhoudsbaggerwerk in de Euro-Maasgeul neemt bij Referentieontwerp II toe. De eindbeoordeling voor het aspect onderhoudsbaggerwerk bij dit alternatief is dan ook negatief.

Dit hoofdstuk gaat in op de combinatie van effecten tussen de landaanwinning en de zandwinning. Daartoe is in de onderstaande tabel per aspect aangegeven of de landaanwinning c.q. de zandwinning een effect veroorzaakt tijdens aanleg- en aanwezigheidsfase. Indien er effecten zijn, worden alleen die gebieden waarin die effecten optreden genoemd. Geconcludeerd kan worden dat er voor de meeste aspecten geen sprake is van een accumulatief effect tussen landaanwinning en zandwinning. Dit komt omdat de ruimteschaal van veel effecten beperkt is en er dus geen overlap is tussen de effecten van de landaanwinning dichtbij de kust, en de effecten van de zandwinning op diep water.

De verandering in het slibtransport en het onderhoudsbaggerwerk tijdens de aanlegfase zijn de enige aspecten die in aanmerking komen voor accumulatie bij het thema Kust en Zee. Deze accumulatieve effecten worden hieronder toegelicht:

Slibtransport

Tijdens de aanlegfase zal er sprake zijn van slibverspreiding ten gevolge van de zandwinning. Daarnaast zal het slibtransport ook langzaam wijzigen ten gevolge van de aanleg van de buitencontour. Beide effecten zullen met elkaar interfereren. Afhankelijk van de plaats zal er sprake zijn van opheffing dan wel versterking van beide effecten.

Langs de Hollandse kustzone veroorzaakt de landaanwinning een afname van de slibconcentraties. De zandwinning daarentegen heeft een verhogende werking tot gevolg tijdens de aanlegfase. Deze effecten werken tegen elkaar in en zullen elkaar dus deels opheffen.

Voorlopig lijkt de toename van de slibconcentratie net ten westen van de landaanwinning in de aanlegfase een accumulatief effect. De landaanwinning veroorzaakt hier lokaal een jaargemiddelde verhoging van circa +10 – 20 mg/l, en ook de zandwinning heeft een verhoging van de slibconcentratie tot gevolg. De verhoging hangt af van het scenario. De verhoging is maximaal +10 – 20 mg/l bij het scenario 1a, maar is lager bij de andere scenario's. Daarbij wordt wel aangetekend dat dit effect maar tijdelijk van aard zal zijn. Alleen wanneer de landaanwinning vrijwel klaar is, en de zandwinning nog aan de gang is, zal er een periode van 1 à 2 jaar zijn waarbij deze accumulatie van effecten optreedt. Tevens wordt erop gewezen dat de grootte van deze effecten nog vallen binnen de natuurlijke jaarlijkse variabiliteit (circa 100%).

Tabel 16.1: Overzicht onderzochte aspecten bij Kust en Zee

Thema	Aspect	Parameter	Landaanwinning	Zandwinning	Accumulatie
Kust	Kustlijnhandhaving	Kustonderhoud	Ja, bij landaanwinning	Nee	Nee
	Kustveiligheid	Veiligheid primaire zeewering	Nee	Nee	Nee
		Inundatierisico havengebied	Nee	Nee	Nee
		Invloed op seiches in havenbekkens	Nee	Nee	Nee
	Zoutnevel	Depositieflux zoutnevel	Ja, in de Haringvlietmonding	Nee	Nee
Zee	Waterbeweging	Waterstanden	Ja, rondom de landaanwinning	Ja, lokaal rondom de putten	Nee
		Stroming	Ja, alleen lokaal rondom landaanwinning	Alleen lokaal rondom put	Nee
		Golven	Idem	Idem	Nee
		Zout/zoetgehalte	Nee	Nee	Nee
	Transportprocessen	Zandtransport	Alleen lokaal rondom landaanwinning	Alleen lokaal rondom put	Nee
		Slibtransport	Hollandse kustzone en Waddenzee	Zeeuwse en Hollandse kustzone	Ja, in aanlegfase
	Geomorfologie	Bodemreliëf	Ja, vooroever landaanwinning, Haringvlietmonding en Delfland	Ja, alleen lokaal rondom put	Nee
		Aardkundige waarden	Nee	Nee	Nee
		Stabiliteit	Nee	Nee	Nee
	Geologie en bodemopbouw	Geologische opbouw	Vooroever landaanwinning	Alleen lokaal rondom putten	Nee
		Bodemsamenstelling	Idem	Idem	Nee
	Antropogene bodemberoering	Verstoord bodemoppervlak	Ja, bij landaanwinning	Ja, bij zandwinputten	Nee
		Onderhoudsbaggerwerk	Euro-Maasgeul, Maasmonding, Oostelijke havenbekkens	Maasmonding, Oostelijke havenbekkens	Ja, in aanlegfase

Onderhoudsbaggerwerk

Het onderhoudsbaggerwerk wordt gestuurd door de veranderingen in het slibtransport en het zandtransport. Tijdens de aanleg neemt het onderhoudsbaggerwerk toe in de Euro-Maasgeul als gevolg van zandverliezen bij de landaanwinning.

Tevens neemt onderhoudsbaggerwerk toe als gevolg van het vrijkomen van slib en fijn zand bij de zandwinning. Het huidige onderhoudsbaggerwerk bedraagt circa 16 miljoen m³/jaar voor de Maasgeul, de Maasmonding en de Oostelijke havenbekkens. Tijdens de aanlegfase wordt geschat dat er sprake is van een toename als gevolg van het zandverlies bij de landaanwinning van +3,5 miljoen m³/jaar en het verlies van fijn zand tijdens de zandwinning van +1,5 miljoen m³/jaar. Tevens dient ten gevolge van de zandwinning rekening gehouden te worden met extra aanslibbing als gevolg van de verhoogde slibconcentraties in de Noordzee (+1,5 – 2,5 miljoen m³/jaar). Het accumulatieve effect van de landaanwinning en de zandwinning gedurende de aanlegfase is dus circa +7,5 miljoen m³/jaar (circa +45%).

Annex 1

Literatuurlijst

1) Mede ten behoeve van dit MER uitgevoerde onderzoeken

- [1] ***niet gebruikt***
- [10] WL|Delft Hydraulics, 2005. Onderbouwend onderzoek MER Aanleg Maasvlakte 2, Onderdeel Morfologie. In opdracht van: Havenbedrijf Rotterdam.
- [15] TNO-NITG, 2005. Onderzoek voorkomen ondiep gas in het zoek en aanleggebied Maasvlakte 2.
- [24] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Ontwikkeling Ontgrondingskuil bij Maasvlakte 2 ten behoeve van de vaststelling bijdrage compensatie zeereservaat.
- [25] Royal Haskoning, WL|Delft Hydraulics and RIVO, 2005. Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone, Track 1: Detailed modelling research, Part I: Hydrodynamics.
- [26] Royal Haskoning, WL|Delft Hydraulics and RIVO, 2005. Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone, Track 1: Detailed modelling research, Part II: Silt transport.
- [27] Royal Haskoning, WL|Delft Hydraulics and RIVO, 2005. Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone, Track 1: Detailed modelling research, Part III: Nutrients and primary production.
- [34] DEMAS, 2005. Inventarisatie zandwingebieden. In opdracht van Havenbedrijf Rotterdam.
- [41] WL|Delft Hydraulics, 2005. Onderbouwend onderzoek MER Aanleg Maasvlakte 2, Bureau studie Zandwinputten. In opdracht van: Havenbedrijf Rotterdam.
- [43] Svašek Hydraulics, 2005. Waterbeweging & Overflow (middle field) t.b.v. MER Aanleg Maasvlakte 2, MB/05162/1318.
- [44] Royal Haskoning, Svašek Hydraulics and WL|Delft Hydraulics, 2005. Impact sand mining. Effects on silt transport, nutrients and primary production. Prepared for: Port of Rotterdam.
- [46] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Kustonderhoud zachte zeewering Maasvlakte 2. Ten behoeve van de vaststelling opgave natuurcompensatie. Projectorganisatie Maasvlakte 2.
- [48] Royal Haskoning, 2005. Verslag expert workshop Maasvlakte 2 van 20 januari 2006. In opdracht van Havenbedrijf Rotterdam.
- [49] WL|Delft Hydraulics, 2005. Armouring effecten Maasvlakte 2. Z4114.00. In opdracht van: Havenbedrijf Rotterdam.
- [51] WL|Delft Hydraulics, 2005. Invloed van de zandkorreldiameter op het zandtransport in de kustzone ter plaatse van Maasvlakte 2. In opdracht van: Havenbedrijf Rotterdam.
- [52] Divitec BV, 2005. Seicheberekeningen Maasvlakte, De invloed van seiches op de uitbreiding van Maasvlakte 2. Documentnr. RAP_MV2_GI001.
- [55] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Veiligheid tegen overstroming van Maasvlakte 2. Overstromingseis en ontwerpnorm waterkerende constructies. Projectorganisatie Maasvlakte 2.
- [58] WL|Delft Hydraulics, 2006. Additionele scenario's impact sand mining Maasvlakte 2. Mud transport, nutrients and primary production, In preparation.
- [59] WL|Delft Hydraulics, 2006. Memo Aanvullende berekeningen Maasvlakte 2. In opdracht van: Havenbedrijf Rotterdam.
- [61] WL|Delft Hydraulics, 2005. Onderbouwend onderzoek 'Saltspray' ten behoeve van MER Aanleg Maasvlakte 2. In opdracht van Havenbedrijf Rotterdam.

- [65] WL|Delft Hydraulics, 2006. Year simulations with ZUNO-DD on the impact of Maasvlakte 2 on large-scale silt transport. A comparison with 14-day simulations.
- [66] WL|Delft Hydraulics, 2006. Notitie Slibinvang in beun bij hopperbelading. Maasvlakte 2 varianten (21 juli 2006) Z4250.
- [67] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Zandverliezen tijdens aanleg van de Zachte Zeewering. Interne notitie Projectorganisatie Maasvlakte 2, S. Boer en D. Roukema.
- [69] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Resultaten meetcampagne boringen in de zoekcirkel van de zandwinning Maasvlakte 2.

2) Geraadpleegde literatuur gebruikt voor dit MER

- [2] Grontmij Advies en Techniek, 2003. Inrichtings-milieueffectrapport Near Shore Windpark.
- [3] E-Connection, 2001. Milieueffectrapport offshore Windpark Q7-WP.
- [4] Ministerie van verkeer en Waterstaat, 2000. 3^e Kustnota; Traditie, trends en toekomst.
- [5] Ministerie van VenW, LNV, EZ en VROM, 2005. Integraal Beheerplan Noordzee. Interdepartementaal Directeuren Overleg Noordzee (IDON).
- [6] Winterwerp, J.C., 2002. Near-field behaviour of dredging spill in shallow water. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 128(2), 96-98.
- [7] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), 2001. Hydraulisch randvoorwaardenboek 2001 voor het toetsen van primaire keringen.
- [8] TAW, 2002. Leidraad Zandige Kust.
- [9] RIKZ, 2002. Haringvlietmonding: reconstructie van een afsluiting. Beschrijving, verklaring en modelaanpak van de effecten van de sluiting van de Haringvlietmonding 1970-2000. RIKZ/2002.028.
- [11] Royal Haskoning, 2005. MER BritNed-verbinding. In opdracht van BritNed Development Limited.
- [12] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004. Noordzee-atlas. Op initiatief van het Interdepartementaal Directeuren Overleg Noordzee (IDON) en in samenwerking met het Ministerie van Defensie, Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- [13] RIZA, 2005. Bodem Nederlandse kustzone schoner! Ten behoeve van trends in Water (16 augustus 2005) door Remi Laane, Wim Hegeman.
- [14] RIKZ, 2002. Atlas of near-surface total Suspended Matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea. Report RIKZ/2002.059.
- [16] Rijkswaterstaat Zuid Holland, 1999. Werkgroep Zandwinning, Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 varianten, 1999. Bijlage Zandwinning bij de Integratie projectnota Landaanwinning.
- [17] WL|Delft Hydraulics, DHV and Netherlands Institute of Applied Geoscience, 2003. Impact of sand mining, Release of fines during construction of an artificial island in the North Sea.
- [18] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, 2005. Werkdocument Grootschalige Diepe Zandwinning.

- [19] Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, 1999. Werkgroep Zandwinning, Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Bijlage Zandwinning bij de Integratie projectnota Landaanwinning.
- [20] Van Ledden, M. 2003. The Netherlands. Sand-mud segregation in estuaries and tidal basins. Delft University of Technology, Delft.
- [21] CBS, 2005. Visserij gegevens CBS.
- [22] Ministeries van Verkeer en Waterstaat, VROM, LNV en EZ, 2001. Milieu-Effectrapport Project Mainportontwikkeling Rotterdam, deelnota Landaanwinning.
- [23] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004. Regionaal Ontgrondingen Plan (RON).
- [28] Expertisecentrum PMR, 2003. Landaanwinning Onderhoudsbaggerwerk in havenmond en havenbekkens (Eindversie definitief). Verkenning ontwerpruimte – Set 1 alternatieven.
- [29] WL|Delft Hydraulics, 2002. Effects of land reclamation on silt transport and siltation. Phase 4: Local effects on siltation in Rotterdam harbour. T van Kessel and L. Merkelbach. Z2874.A0.
- [31] RIKZ, 2005. Werkdocument Grootschalige Diepe Zandwinning. RIKZ/KW/2005.104W.
- [32] RIKZ, 2005. Effects of a deep sand extraction pit. Final report of the PUTMOR measurements at the Lowered Dump Site. RIKZ/2005.001 (ISBN90-369-3498-2).
- [30] RIKZ, 1999. Effecten van de aanleg van een Maasvlakte 2 op de aanslibbing in het Maasmondgebied. Resultaten van het Maasmondingsgebied. RIKZ/99.013.
- [33] Nemeth, A.A., 2005. Modelling offshore sand waves. PhD thesis, University of Twente, The Netherlands.
- [35] RIKZ, 1998. MER Beheer Haringvlietssluisen. Over de grens van zout naar zoet. Deelrapport Morfologie en kwaliteit. RWS apv98/100. ISBN 903694891.
- [36] WL|Delft Hydraulics, 1996. Invloed van de vormgeving van Maasvlakte-2 op de grootschalige morfodynamica van de Nederlandse kust. WL-rapport 3059.
- [37] Alkyon, 1997. Kustonderhoud Delfland en Goeree. A168.
- [38] EC-PMR, 2003. Kustonderhoud en aanzanding Euro-Maasgeul. AAN-02-375.
- [39] INFRAM, 2004. Landaanwinning t.b.v. Maasvlakte 2. Doorsteekalternatief (tussenfase). Morfologische berekeningen t.b.v. kustonderhoud zachte zeewering, ontgroning vooroevers en aanzanding Euro-Maasgeul.
- [40] Winterwerp, J.C., 1999. On the dynamics of high-concentrated mud suspensions., Delft University of Technology, 1999.
- [42] KNMI, 2004. Veranderingen in het klimaat. Antwoorden op veelgestelde vragen over natuurwetenschappelijke aspecten van klimaatverandering. Paul Crutzen e.a.
- [45] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996. 2^e Kustnota, Den Haag.
- [47] WL|Delft Hydraulics, 1999. Veranderingen in de zoutniveau ten gevolge van een gewijzigd golfklimaat in de monding van het Haringvliet. In opdracht van het Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten.
- [50] RIKZ, 2004. Slibtransport langs de Nederlandse kust. Bronnen, fluxen en concentraties. RIKZ/OS/2004/148w.
- [53] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990. Eerste Kustnota, 's-Gravenhage.
- [54] Van Rijn, L.C., 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas, Aqua Publications.
- [56] RIKZ, 2001. Fysische effecten van zeezandwinning. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ 2001.050.

- [57] Roos, P.C., 2005. Seabed pattern dynamics and offshore sand extraction. PhD thesis, University of Twente, Enschede.
- [60] Van Rijn, L.C., Soulsby, R.L., Hoekstra, P., Davies, A.G., 2005. Sand transport and morphology of offshore mining pits. Process knowledge and guidelines for coastal management. End document May 2005. EC Framework V Project No. EVK3-2001-00056.
- [62] Alkyon, WL|Delft Hydraulics, TU Delft, 2001. Bandbreedte morfologische Effectvoorspelling – MV2. Een onderzoek ten behoeve van natuurtypering. Opdrachtgever: Expertisecentrum EC-PMR.
- [63] RIKZ, 1997. Veiligheid van de waterkeringen in relatie tot Maasvlakte 2. Basispeilen. Werkdocument RIKZ/AB97.103X. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- [64] RIKZ, 1997. Veiligheid van de waterkeringen in relatie tot Maasvlakte 2. Extreme golfklimaat. Werkdocument RIKZ/AB97.102X. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- [68] TNO-NiTG, 2000. Resultaten zandwinning ONL 2000, Utrecht.
- [70] Dankers, P.J.T., 2002. The behaviour of fines released due to dredging. A literature review. P.J.T. Dankers, Delft University of Technology, 2002.

Annex 2

Begrippenlijst

A

Achtergrondconcentratie

Het concentratieniveau van een verontreiniging in een gebied, zonder dat daar de voorgenomen activiteit plaatsvindt.

Afsnuiten

Verwijderen van de scherpe kanten van een ontwerp.

Antropogene bodemberoering

Door de mens veroorzaakte veranderingen van de bodem in het watersysteem.

Archeologie

Kennis en studie van de culturele overblijfselen uit oude tijden. Veelal bevinden deze overblijfselen zich in de bodem.

Autonome ontwikkeling

De ontwikkeling die het studiegebied zal doormaken, wanneer er geen landaanwinning komt.

B

Basisalternatief (BA)

Een van de alternatieven die in het kader van de m.e.r. is opgesteld; dit betreft een vertaling van het beleid in een ruimtelijk beeld.

Basiskustlijn (BKL)

Ligging van de kust van 1990.

Basispeilen

Zie *maatgevende hoogwaterstanden*.

Bathymetrisch onderzoek

Meting van de diepte van zeeën en andere wateren met behulp van verschillende technieken.

Bevi

Besluit externe veiligheid inrichtingen.

Binnencontour

Hieronder verstaat met het gehele nieuwe haventerrein.

Brandingszone

Locatie waar de golven breken op de stranden of zandplaten en waarbij veel golfenergie vrijkomt.

Buitencontour

De buitencontour omsluit het gehele nieuwe haventerrein.

Businesscase

Een businesscase is een bedrijfseconomische analyse, die de effecten van verschillende ontwikkelingen op het bedrijf, de 'business' beschrijft. De businesscase bevat naast de financiële gegevens ook inzicht in risico's, aanpak, planning, etc.

C

Categorie I, II, III

De drie voor dit studiegebied onderscheiden categorieën archeologische waarden.

Cbb

Concrete beleidsbeslissing.

Compensatie

Het creëren van nieuwe waarden die vergelijkbaar zijn met verloren gegane waarden.

Compensatiebeginsel

Het uitgangspunt, dat voor ruimtelijke ingrepen met negatieve effecten op natuur- en landschapswaarden **mitigerende** en compenserende maatregelen moeten worden genomen om de oorspronkelijke waarde zoveel mogelijk te behouden of te herstellen.

Cultuurhistorie

Beschavingsgeschiedenis.

Cumulatieve effecten

Gezamenlijke effecten van verschillende activiteiten op het milieu, waarbij het effect van een enkele activiteit niet schadelijk hoeft te zijn, maar het gezamenlijk effect van de activiteiten tezamen wel.

D

DAS

Days at Sea.

dB(A)

Decibel; geluidniveau waarbij de A-weging is toegepast. A-weging betekent het toepassen van een filter dat de geluidfrequentie ongeveer zo waardeert als het gehoor van een mens doet.

Depositie

De hoeveelheid van een stof die neerslaat per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid.

Donkrestant

Restant van een rivierduin. In het studiegebied van de Maasvlakte betreft het mogelijk een bedekt oud rivierduin, waar jongere afzettingen bovenop liggen.

Doorsteekalternatief

Geoptimaliseerd ontwerp van het **referentieontwerp** uit de **PKB**. Het doorsteekalternatief beoogt een zo compact mogelijke landaanwinning die 1000 ha uitgeefbaar terrein oplevert.

Downtime

Percentage van de tijd dat de haven niet toegankelijk is door stroming en golven.

Dwarsstroomgradient

De verandering van stroomsnelheid over een afstand. Deze wordt uitgedrukt in m/s/km.

Dwingende reden van groot openbaar belang

In de activiteiten horende bij het bepalen van dit belang dient het bevoegd gezag de instandhoudingsdoelstellingen van de relevante gebieden af te wegen tegen dit groot openbaar belang. Twee elementen moeten hierbij worden overwogen: 1) De dwingendheid van dit openbare belang –niet ieder openbaar belang van sociale of economische aard is te beschouwen als een afdoende rechtvaardiging- het dient een echt dwingend openbaar belang te zijn, 2) het moet gaan om op lange termijn persistente openbare belangen; korte termijn economische belangen kunnen niet opwegen tegen lange termijn instandhoudingsdoelstellingen van beschermde natuurlijke waarden.

E**Emissie**

De uitstoot of uitwerp van stoffen naar lucht door bepaalde bronnen.

Erosie

Het opwervelen van sedimentdeeltjes vanaf de bodem.

Etmaalwaarde

De hoogste van de volgende drie waarden van het equivalente geluidsniveau:

- de waarde over de periode 07.00-19.00 uur (dag);
- de met 5 dB(A) verhoogde waarde over de periode 19.00-23.00 uur (avond);
- de met 10 dB(A) verhoogde waarde over de periode 23.00-07.00 uur (nacht).

G**Geluidsniveau**

Het gemeten of berekende momentane geluidsniveau, uitgedrukt in dB(A).

Golfkarakteristieken

Kentallen voor het beschrijven van de golven (bijv. golfhoogte, golfperiode).

Golfoverslag

Water dat (bij harde wind) over de zeewering slaat.

Grijze milieueffecten

Effecten voor lucht, geluid en externe veiligheid.

Groepsrisico (GR)

De kans per jaar dat in één keer een groep van 10 of meer personen in de omgeving van een risicovolle inrichting of transportroute (dodelijk) getroffen wordt door een ongeval.

GCN

Grootschalige Concentraties Nederland.

H

Habitat Richtlijn

Europese maatregel ter bescherming van (half-)natuurlijke landschappen en soorten van Europees belang.

Habitattoets

Deze komt voort uit de Habitat Richtlijn, en bestaat uit een voortoets, waaruit blijkt of de kans bestaat dat een plan of project schade veroorzaakt aan de beschermde soorten en habitats uit de Vogel of Habitat Richtlijn, en een **'passende beoordeling'**.

I

ICES blok

International Council for Exploration of the Seas; deze blokken verdeeld worden gebruikt om aan te geven hoeveel er gevist mag worden in een bepaald gebied.

Immissie

De bijdrage aan de concentratie van luchtverontreinigende stoffen in de lucht als gevolg van de **emissie** van deze stoffen.

Inspanningsverplichting

De inspanningsverplichting komt voort uit de natuurbeschermingswet en stelt dat alvorens overgaan wordt tot compensatie, al het mogelijk in het werk moet worden gesteld om significante negatieve te voorkomen / **mitigeren**.

K

Kierbeheer

Het nieuwe beheer van de Haringvlietsluizen vanaf 2008 waarbij de sluizen op een kier gezet worden bij vloed.

Kustvakken

Onderdeel van de kustlijn dat als een samenhangend geheel beschouwd kan worden.

L

Lagunegebied

Rustig gebied in zee, beschermd achter een vooroever van een rif of strandwallen.

Landschap

Het zintuiglijk waarneembare oppervlak van de aarde, bestaande uit land, water en gegroeide of gebouwde ruimtelijke elementen, inclusief de vormende processen en het menselijke gebruik.

Langtransport

Het transport van zand langs de kust dat wordt veroorzaakt door golven en stroming.

Loswallen

Locaties op de Noordzee waar slib vanuit de Rotterdamse haven gedumpt wordt.

M

12 mijls zone

Denkbeeldige gebied langs de kust op zee.

Maatgevende hoogwaterstanden

Extreme hoogwaterstand met een bepaalde overschrijdingsfrequentie (bijv. 1/10.000 per jaar).

Mainport Rotterdam

De haven van Rotterdam en daaraan functioneel verbonden locaties, die samen de aan- en afvoer van goederenstromen verwerken en waar de daaraan verwante handels-, logistieke en industriële activiteiten plaatsvinden.

MMA

Meest Milieuvriendelijke Alternatief. Het planalternatief waarbij de nadelige gevolgen voor het milieu zoveel mogelijk worden voorkomen. In dit geval betreft het de maatregelen die specifiek genomen kunnen worden door het Havenbedrijf.

MER

Milieu-effectrapport, rapport waarin de milieueffecten van meerdere varianten van een voorgenomen activiteit onderzocht, vergeleken en beoordeeld worden.

m.e.r.

Milieu-effectrapportage, procedure zoals vastgelegd in de Wet Milieubeheer.

Mitigerende maatregel

Maatregel om de nadelige invloed van de voorgenomen activiteit op te heffen of te verminderen.

Morfodynamische veranderingen

Doorgaande veranderingen van de vormen en structuren van de waterbodem in de tijd. Voorbeelden van veranderingen zijn het verschuiven van geulpatronen, zandbanken en zandgolven.

Morfologie

Leer en beschrijving van de vormen van het aardoppervlak.

N

Natura 2000

Een samenhangend Europees Netwerk van gebieden die van belang zijn voor de instandhouding van natuurlijke habitats en natuurlijk flora en fauna. Natura 2000 is gebaseerd op de Europese Vogel Richtlijn en Habitat Richtlijn.

NCP

Nederlands Continentaal Plat.

NISA

Nederlands Instituut voor Scheeps- en onderwater Archeologie.

O

Offshore

Onder offshore (techniek) verstaat men het ontwerpen, construeren en plaatsen van kunstwerken die dienst doen bij industriële processen of publieke voorzieningen op zee.

P

Passende beoordeling

Een 'passende beoordeling' komt voort uit de Habitat Richtlijn. Een 'passende beoordeling' moet plaatsvinden wanneer de kans bestaat dat een plan of project schade veroorzaakt aan de beschermde soorten en habitats uit de Vogel of Habitat Richtlijn; dit blijkt uit een zogenaamde 'voortoets'. De passende beoordeling moet uitwijzen of de gevolgen dusdanig groot zijn dat de natuurlijke kenmerken van deze gebieden daardoor kunnen worden aangetast.

Platen

Tijdens eb droogvallende ondiepten in een **estuarium** of getijdengebied.

Plaatsgebonden risico (PR)

De kans dat een persoon die een jaar lang permanent op een plaats aanwezig is, overlijdt als gevolg van een rechtstreeks gevolg van een **calamiteit** met een gevaarlijke stof.

PKB

Planologische Kernbeslissing.

Pockmarks

Kraters aan het zeebodemoppervlak die ontstaan door explosief ontsnappend gas.

Pollenanalyse

Analyse van stuifmeel en sporen (in historische grondlagen) om de soortensamenstelling van de historische vegetatie te achterhalen.

Primaire zeewering

Waterkering (duinen, dijken) die het achterland beschermt tegen overstromingen.

Prioritaire soorten

Door de Europese Commissie, in het kader van de Habitat Richtlijn aangewezen soorten. De afweging over een plan is voor deze soorten aan striktere regels gebonden.

PMR

Project Mainportontwikkeling Rotterdam.

PvE

Programma van Eisen. Voor Maasvlakte 2 is een Programma van Eisen opgesteld. Deze dient o.a. als vertrekpunt voor de analyse van de variatiemogelijkheden in het kader van de m.e.r.

R**Randvoorwaarden**

Aannames voor de mogelijke inrichting van het gebied, welke veelal van buitenaf zijn opgelegd. (zie ook **uitgangspunten**).

Recreatief medegebruik

Hieronder verstaat men verschillende vormen van vrijetijdsbesteding. Het gaat daarbij niet alleen om gebieden 'bestemd' met een recreatieve functie, maar ook om gebieden die worden benut door recreanten. Omdat industrie de hoofdactiviteit vormt is echter sprake van recreatief medegebruik in het havengebied.

Referentieontwerpen

De ontwerpen die gepresenteerd zijn in het MER PMR. In de PKB PMR is vastgesteld dat de negatieve effecten van de alternatieven voor Maasvlakte 2 niet groter mag zijn dan deze ontwerpen.

Rijkshavenmeester

De Rijkshavenmeester is het bevoegd gezag van een scheepvaartweg.

RNVGS

Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen.

ROB

Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek.

S

Saliniteit

Zoutgehalte van het water.

Saltspray

Zout dat in de brandingszone is verneveld, meegevoerd wordt door de wind, en neerslaat in de kustzone.

SBZ

Speciale beschermingszone; Natura 2000 gebieden worden in Nederland als zodanig vastgelegd.

Seiches

Onregelmatige schommelingen in de waterspiegel ten gevolge van de atmosfeer tijdens storm.

Side scan sonar onderzoek

Onderzoek met een apparaat waarmee objecten die zich op de bodem van de zee bevinden in beeld gebracht kunnen worden. Hierbij wordt aan twee zijden van het schip zijwaarts gescand, door uitzending van sonarsignalen waarvan de echo wordt opgevangen. Het teruggekaatste signaal of echo draagt de informatie waarmee een beeld van gevonden objecten gegenereerd kan worden. De methode van onderzoek is ongeschikt voor het detecteren van objecten die geheel begraven zijn in de bodem.

Slib

Sedimentdeeltjes met een korrelgrootte kleiner dan 63 µm.

Sonderingsonderzoek

Veel gebruikte methode van grondonderzoek waarbij de wrijvings- en indringingsweerstand van de ondergrond gemeten kan worden door het indrukken van een standaard sonde (sondeerconus) met een standaardsnelheid in de grond.

Stiltegebied

Het begrip stiltegebied vindt zijn oorsprong in de Wet geluidhinder. Stiltegebieden zijn daarin gedefinieerd als gebieden waarin de geluidbelasting door toedoen van menselijke activiteiten zo laag is, dat de in dat gebied heersende natuurlijke geluiden niet of nauwelijks worden gestoord.

Structuur

Zodanige visueel-ruimtelijke samenhang, ordening en geleding van elementen in de ruimte, zodat de waarnemers weten waar ze zijn en verwarring over plaats in de ruimte en tijd van aanleg zoveel mogelijk wordt voorkomen; anders gezegd: de waarnemer kan zich in zijn geheugen een mentale kaart van de landaanwinning vormen die zo helder is dat de weg van en naar haven en achterland valt te vinden zonder te verdwalen.

Suppletie

Kunstmatige aanvulling van het zand in een kustvak door toevoeging van buiten het kustvak afkomstig zand.

T

Talud

Het schuine vlak langs een weg, watergang of van een dijk.

V

Vooroever

Gedeelte van de kuststrook zeewaarts van de laagwaterlijn tot de zeebodem; ook wel onderwateroever.

Vogel Richtlijn

Europese maatregel ter bescherming van vogels van Europees belang.

Z

Zand

Sedimentdeeltjes met een korrelgrootte groter dan 63 µm en kleiner dan 2 mm.

Zandgolf

Dit zijn een soort onderzeese duinen met een (golf-)lengte van 100-800m en een karakteristieke hoogte (top-dal) van 5-10m. De toppen van de zandgolven liggen op een gemiddelde afstand van 200-350 m met variaties tussen de 100 en 500 m. De zandgolven bevinden zich in dieper water vanaf circa 20m - NAP.

Zandopduiking

Een plaatselijk hogere ligging van een zandlaag in de ondergrond.

Zeewering

Een barrière die belet dat de zee het binnenland overstroomt.

1. Harde Zeewering: Deze zeewering bevindt zich aan de noordzijde van het plangebied langs de vaargeul en bestaat uit harde materialen.
2. Zachte Zeewering bestaat uit zachte materialen, zoals zand.

Zoutnevel

Zie ***Saltspray***.

Annex 3

Uitgangspunten Modellerings Zandwinning

Deze bijlage geeft een overzicht van de uitgangspunten en overwegingen die ten grondslag liggen aan de effectberekeningen voor de zandwinning van Maasvlakte 2. De bijlage is opgebouwd aan de hand van een aantal vragen rondom de zandwinning.

1. **Wat is de samenstelling van de Noordzeebodem ter plaatse van de zandwinputten?**

De Noordzeebodem bevat voornamelijk zand en een beetje slib [74, 31, 17]. Met slib wordt bedoeld alle sedimentdeeltjes met een diameter kleiner dan $63\ \mu\text{m}$. De slibfractie kan onderverdeeld worden in silt ($2 - 63\ \mu\text{m}$) en lutum ($< 2\ \mu\text{m}$). De lutumfractie is verantwoordelijk voor de cohesieve eigenschappen van slib. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee soorten slib in de Noordzeebodem: slib tussen de zandporiën (orde procenten), en slib als aparte sedimentlaag (orde tientallen procenten, ook wel kleilagen genoemd). Het typische verschil tussen deze twee soorten slib is een zandlaag met een klein beetje slib zich als loskorrelig materiaal (niet-cohesief) gedraagt. Bij de kleilagen daarentegen zijn er grote cohesieve krachten tussen de deeltjes en deze lagen gedragen zich als een. Normaliter zullen zandwinputten gelokaliseerd worden op plaatsen zonder of weinig kleilagen in de bodem.

Uit diverse metingen blijkt dat het slibpercentage in de Noordzeebodem ligt in de orde van enkele procenten. In Flyland-kader is op basis van metingen uitgegaan van 1.5% - 3.4% voor de Noordzeebodem rondom de beoogde locatie van toekomstige vliegveld in zee [17]. RIKZ hanteert als ondergrens 2% en als bovengrens 5% voor zandwingebieden tussen Schouwen en IJmuiden [31]. Metingen in het zoekgebied voor zandwinning Maasvlakte 2 laten vergelijkbare percentages zien [16]. In de zoekcirkel van de zandwinning neemt het slibpercentage in westwaartse richting af. Nabij de 20m-contour is het slibpercentage in de toplaag gemiddeld circa 2 - 3%. Op sommige plaatsen is sprake van uitschieters tot meer dan 10%. In het westen van de zoekcirkel is het slibpercentage lager dan aan de oostelijke kant. Gemiddeld is het slibpercentage circa 0 - 2%. Uit metingen blijkt dat er sprake is van verticale variatie in het slibpercentage in de bovenste 10 - 20 m van de bodem in de zoekcirkel [68, 69]. Er is echter geen sprake van een duidelijke tendens bij toenemende diepte.

De verdeling tussen de silt- en lutumfractie in de Noordzeebodem is op basis van metingen 1:2 à 1:3 [17]. Daarbij dient wel te worden opgemerkt dat niet altijd consequent de gangbare grens van $2\ \mu\text{m}$, maar $8\ \mu\text{m}$ is gehanteerd. Uit diverse datasets van de Westerschelde en de diverse bekkens van de Waddenzee blijkt dat er sprake is van een vrijwel constante verdeling tussen de lutum- en siltfractie voor deze systemen van 1:4 à 1:6 wanneer wordt uitgegaan $2\ \mu\text{m}$ als grens tussen lutum en silt [20]. Er is niet direct om aan te nemen dat dit anders zou zijn voor de Noordzeebodem.

Uitgangspunt: Ter plaatse van de zandwinputten wordt uitgegaan van de aanwezigheid van slib tussen de poriën van het zandskelet. Als slibpercentage wordt uitgegaan van 2,5% langs de 20m-contour (vlek 1) en 1,25% voor het westelijke deel (vlek 2 en 3). Voor de verhouding lutum:silt wordt aangenomen 1:5. Het aandeel lutum ($< 2\ \mu\text{m}$) bedraagt daarmee circa 15% van de totale slibfractie. Voor het poriëngehalte van de Noordzeebodem wordt aangenomen 40%.

2. Hoeveel slib komt vrij bij de zandwinning?

Het zandwinproces kan op verschillende manieren plaatsvinden [31]. Operationele methoden voor de zandige Noordzeebodem zijn varende zuigen en stationair opzuigen van de zeebodem. Bij de winning wordt een zand-water-slibmengsel opgezogen en met grote snelheid (4 à 6 m/s) in het beun gespoten. Vanwege de hoge turbulentiegraad en stroomsnelheden bij het opzuigen lijkt het zeer aannemelijk dat de slibfractie in het mengsel uit elkaar valt in verschillende deelfracties met eigen karakteristieken [70]. Uit de geraadpleegde literatuur is echter onduidelijk in welke mate dit optreedt.

Eenmaal in de beun wordt het gedrag van de sedimentfracties sterk bepaald door de verschillen in valsnelheid. Qua orde van grootte is de valsnelheid voor de diverse sedimentfracties [54]:

- Noordzeezand (100 – 500 μm): 10 – 70 mm/s;
- silt (2 – 63 μm): 0.004 – 4 mm/s;
- lutum (< 2 μm): < 0.004 mm/s.

Uitgaande van een laadtijd van circa 1 uur en een waterdiepte in de beun van 5 m zijn de valtijden van deze sedimentfracties van de waterspiegel tot de bodem ongeveer 1 minuut (zand), 40 minuten (silt) en 20000 minuten (lutum). Daaruit blijkt dat de silt- en lutumfractie voor groot deel in suspensie zullen blijven, terwijl de zandfractie voor het overgrote deel zal bezinken in de beun.

In [17] zijn diverse resultaten gepresenteerd met betrekking tot de vraag hoeveel sediment via overvloei vrijkomt bij de zandwinning. Deze resultaten zijn gebaseerd op basis van een beperkt aantal metingen en modelresultaten. Hier wordt in eerste instantie alleen ingegaan op zandwinning zonder maatregelen om overvloei te beperken. Het verlies van materiaal ten gevolge van overvloei wordt geschat op 8%. Dit percentage sluit aan bij de genoemde range van het overvloeiverlies van 5 – 30% zoals genoemd in [Havenbedrijf Rotterdam/PMV2/TUD, niet openbaar]. Uit dit onderzoek blijkt dat de variatie in het overvloeiverlies vooral wordt bepaald door de korrelverdeling (D_{60}/D_{10}) en de korrelgrootte (D_{50}). Bij relatief grof zand ($D_{50} > 200 \mu\text{m}$) is een reële bovengrens van de overvloei 15%.

Over de samenstelling van het materiaal dat via overvloei overboord gaat is niets bekend op basis van veldgegevens. Op basis van expert kennis en ervaring wordt geschat dat circa 30% van de opgezogen hoeveelheid silt en 50% van de opgezogen hoeveelheid lutum daadwerkelijk via overvloei overboord gaat bij de standaard baggermethoden. De rest wordt tussen het zand in de beun gevangen. Resultaten van multiple-fractiemodellen geven echter aan dat het overgrote deel (90 – 100%) van de opgebaggerde silt- en lutumfractie via overvloei overboord gaat en er nauwelijks iets achterblijft in de beun. Een bovengrens van 100% voor het slib wordt ook als uitgangspunt gehanteerd in [31]. Hoewel overvloei beperkende maatregelen mogelijk zijn, heeft dit ook een kostenaspect. Vooralsnog wordt in dit project uitgegaan van geen overvloei beperkende maatregelen. Daarom wordt hier 100% overvloei van silt en lutum als uitgangspunt gehanteerd.

Uitgangspunt: De slibfractie valt bij het zandwinning volledig uit elkaar in afzonderlijke fracties. Zonder extra maatregelen gaat via overvloed circa 30% – 100% (silt) en 50 – 100% (lutum) van het opgebaggerde silt en lutum overboord. Daarnaast zal ook een gedeelte van het fijne zand via overvloed overboord gaan. Als bovengrens wordt hier 100% vrijkomen van materiaal gehanteerd. In totaal wordt het overvloediverlies geschat op maximaal 15%.

3. Hoe gedraagt het slib zich in het water?

Eenmaal in het water kan bij het gedrag van de overvloed onderscheid gemaakt worden tussen een dynamische en een passieve pluim [17]. Bij hoge sedimentconcentraties en relatief rustige stromingscondities is er sprake van een dichtheidsgedreven stroming richting de bodem met vervolgens een radiale spreiding langs de bodem (zgn. dynamische pluim). Een deel van het materiaal zal bezinken op de bodem in de directe omgeving van de winlocatie en vervolgens onder invloed van de getijdebeweging en/of golven gaandeweg eroderen. Het andere deel van de overvloed blijft in suspensie door directe, sterke menging met het water (zgn. passieve pluim). Het materiaal wordt zo gemengd over de gehele waterkolom en door de getijbeweging horizontaal verplaatst.

Hoeveel materiaal in de dynamische pluim naar de bodem gaat, en hoeveel materiaal in de passieve pluim wordt getransporteerd hangt sterk af van de dichtheidsverschillen en snelheidsverschillen tussen de overvloed en het omringende water [6]. In het algemeen kan gesteld worden dat bij relatief hoge sedimentconcentraties en relatief rustig stromingscondities meer sediment via de dynamische pluim direct naar de bodem naar gaan en vice versa. In [17] zijn diverse modelberekeningen uitgevoerd om te beoordelen welke situatie optreedt. Op basis van deze berekeningen lijkt het meest aannemelijk dat het grootste deel van de overvloed zich zal gedragen als een “passieve pluim” voor de hydrodynamische condities op de Noordzee.

Door hun eigen gewicht zullen de zand-, silt- en lutumdeeltjes naar de bodem zakken in de passieve pluim. De fijne zandfractie zal relatief snel bezinken vanwege de relatief hoge valsnelheid (orde 1 cm/s) en onderdeel uitmaken van de nieuwe sedimentbodem en de daarbij optredende morfologische ontwikkeling. De siltfractie zal deels bezinken, maar ook weer gemakkelijk in suspensie gebracht worden ten gevolge van de getij- en golfbeweging. Een bepaald percentage van de siltfractie zal in de sedimentbodem opgenomen worden. Aangezien de valsnelheid van lutum uiterst laag is, zal deze fractie niet afzonderlijk bezinken.

Vanwege de verschillen in bezinksnelheid zal de concentratieverticaal van deze fracties ook verschillen. Een maat hiervoor is de verhouding tussen de schuifspanningsnelheid u_* en de valsnelheid w_s . In geval dat $u_*/w_s \gg 1$ is er sprake van een uniforme verticale verdeling, voor $u_*/w_s \ll 1$ is de concentratie nabij de bodem veel hoger dan bij het wateroppervlak. Uitgaande van een maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid van 1 m/s tijdens de getijperiode en een Chezy-coëfficiënt van $50 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ varieert de schuifspanningsnelheid op de Noordzeebodem tussen 0 – 5 cm/s. Voor lutum betekent dit dat de concentratie in de waterkolom als uniform beschouwd kan worden gedurende de gehele getijperiode, terwijl voor zand een sterk niet-uniform concentratieprofiel zal optreden. Voor silt zal er een bepaalde periode zijn rondom kentering waarin het concentratieprofiel niet uniform is.

De silt- en lutumdeeltjes zullen door onderlinge wisselwerking weer slibvlokken vormen vanwege flocculatie [40]. De tijdschaal waarop dit proces zich afspeelt, hangt af van de concentratie van beide fracties en de turbulentiegraad in het water. In geval van Noordzeecondities en hoge concentraties t.g.v. de overvloed (bijv. 1 gram/liter) is deze tijdschaal beperkt (orde uren). Dit betekent dat in vrij korte tijd na het vrijkomen van de silt- en lutumfractie er weer sprake is van slibvlokken in de waterkolom. Aangenomen wordt dat dit slib weer dezelfde eigenschappen heeft als het achtergrondslib op de Noordzee.

Uitgangspunt: Als bovengrensbenadering wordt aangenomen dat het slibdeel ($\% < 63 \mu\text{m}$, i.e. silt + lutum) van het overvloedmateriaal zich als een passieve pluim verspreidt. Tijdelijke buffering van sediment via een dynamische pluim op de Noordzeebodem wordt verwaarloosd. Voor het zanddeel ($\% < 63 \mu\text{m}$) wordt ervan uitgegaan dat dit deel direct in de omgeving van de zandwinning bezinkt en deel uitmaakt van de Noordzeebodem. Tevens wordt ervan uitgegaan dat al het silt en lutum dat via overvloed overboord gaat via flocculatie binnen korte tijd slibvlokken vormen die dezelfde eigenschappen (valsnelheid, verhouding silt:lutum) hebben als het achtergrondslib op de Noordzee.

4. Hoeveel slib komt vrij bij de landaanwinning?

Bij het deponeren van het materiaal ter plaatse van de landaanwinning zou ook slib kunnen vrijkomen. Er bestaan drie technieken: klappen, rainbowen en persen [31]. De hoeveelheid slib die maximaal (theoretisch) kan vrijkomen bij de landaanwinning is de hoeveelheid slib die achterblijft in de beun bij het zandwinproces op zee.

Uitgaande van geen overvloedbeperkingen op zee zal het overgrote deel van het silt en lutum op zee overboord gaan. Op basis van ervaring van Havenbedrijf Rotterdam wordt ingeschat dat de verhouding tussen de overvloed van silt/lutum bij de zandwinning en de landaanwinning 90:10 zal zijn met als bovengrens 85:15.

In werkelijkheid zal een deel van dit silt en lutum gevangen worden in het gedumpte materiaal en dus niet vrijkomen. De mate van trapping efficiency zal afhangen van de techniek bij de dumpsite. Uit de literatuur zijn geen gegevens bekend over de mate van trapping.

Uitgangspunt: Uitgaande van geen overvloedbeperkingen bij de winning zal het overgrote deel van het silt en lutum bij de zandwinning overboord gaan. Een realistische verhouding tussen de overvloed bij de zandwinning en de landaanwinning is 90:10 op basis van expert judgement van Havenbedrijf Rotterdam.

Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Projectorganisatie Maasvlakte 2

Postbus 6622
3002 AP Rotterdam
Nederland

T +31 (0)10 252 1111
F +31 (0)10 252 1100
E infomv2@portofrotterdam.com
W www.portofrotterdam.com
W www.maasvlakte2.com

