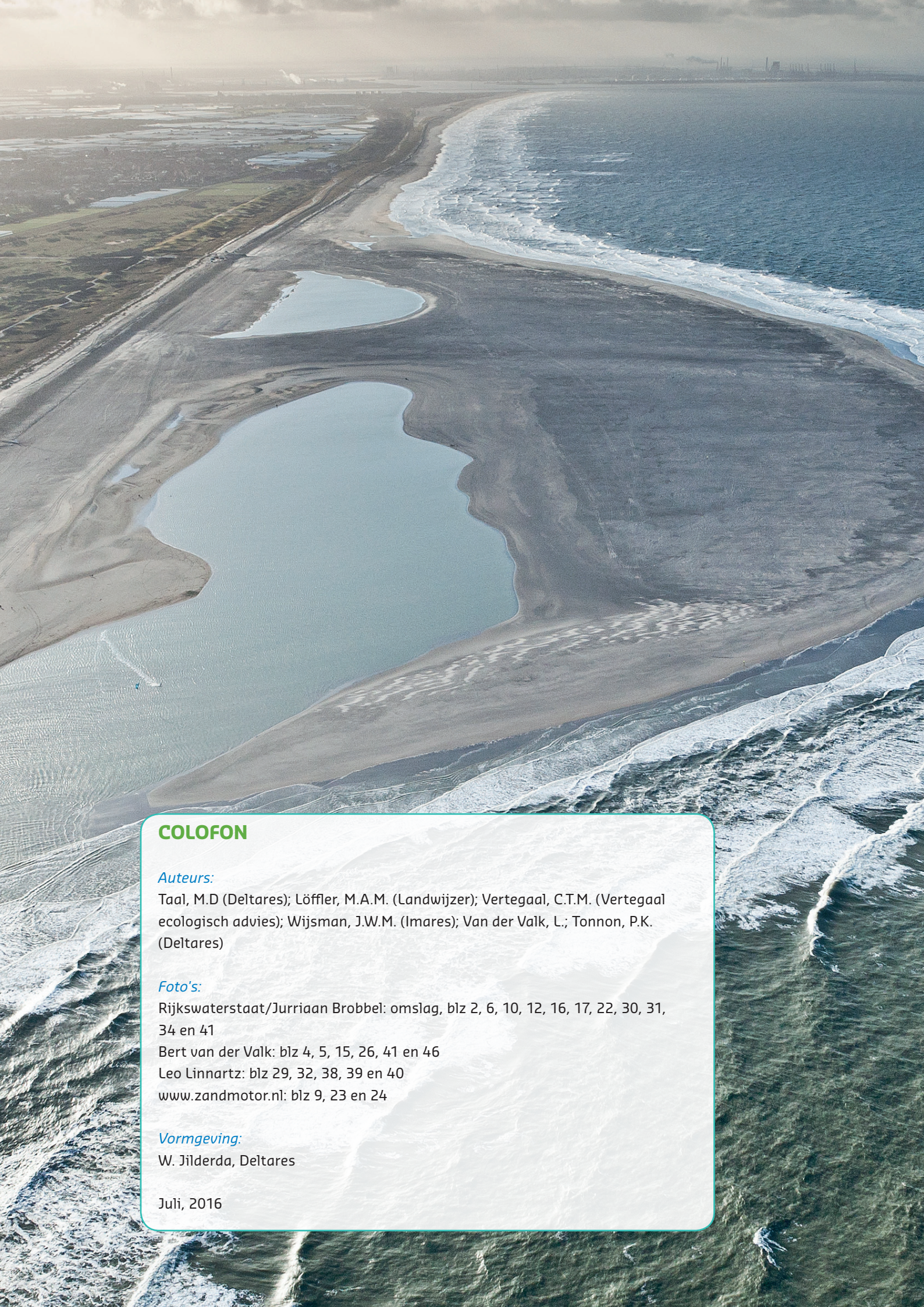
Ontwikkeling van de Zandmotor

Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP)

Deltares

Enabling Delta Life



COLOFON

Auteurs:
Taal, M.D (Deltares); Löffler, M.A.M. (Landwijzer); Vertegaal, C.T.M. (Vertegaal ecologisch advies); Wijsman, J.W.M. (Imares); Van der Valk, L.; Tonnon, P.K. (Deltares)

Foto's:
Rijkswaterstaat/Jurriaan Brobbel: omslag, blz 2, 6, 10, 12, 16, 17, 22, 30, 31, 34 en 41
Bert van der Valk: blz 4, 5, 15, 26, 41 en 46
Leo Linnartz: blz 29, 32, 38, 39 en 40
www.zandmotor.nl: blz 9, 23 en 24

Vormgeving:
W. Jilderda, Deltares

Juli, 2016

Ontwikkeling van de Zandmotor

Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP)

Deltares
Enabling Delta Life

Witteveen + Bos

Bureau Landwijzer
tekst - water - kust - landschap

IMARES
WAGENINGEN UR

Vertegaal
Ecologisch
Advies

Inhoud

Samenvatting 6

1 Inleiding 12

1.1 Achtergrond van de Zandmotor 12
1.2 Dit document 14
1.3 Leeswijzer 14

2 Achtergrond van de Zandmotor 16

2.1 ‘Zonder zand geen Nederland’ 16
2.2 Beleid voor de Nederlandse kust 17
2.3 Het suppleren van zand 18
2.4 De Delflandse kust 19
2.5 Ontwerp en uitvoering van de Zandmotor 21

3 De Zandmotor voor kustveiligheid 22

3.1 Verwachtingen 22
3.2 Ontwikkelingen 22
3.2.1 Inleiding 22
3.2.2 Landschapsvormen en processen op de Zandmotor 23
3.2.3 Ontwikkeling zandvoorraden 27
3.2.4 Effect op lange termijn kustveiligheid 30
3.3 Evaluatie en samenvatting 31

4 De zandmotor als aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied 32

4.1 Zandmotor als extra natuurgebied 32
4.1.1 Achtergrond 32
4.1.2 Verwachtingen 32
4.1.3 Opgetreden ontwikkelingen in de ondiepe kustzone en op het natte strand 33
4.1.4 Opgetreden ontwikkelingen strand en duinen 35
4.2 Recreatie 37
4.2.1 Achtergrond 37
4.2.2 Ontwikkelingen 37
4.3 Evaluatie en samenvatting 38

5 Het beheer van de Zandmotor 40

5.1 Beheerafspraken 40
5.2 Beheersen van de risico's voor recreanten 41
5.3 De invloed van de zandmotor op het duingebied Solleveld 42
5.3.1 Inleiding 42
5.3.2 Overstuiving en zandinwaai (sandspray) 42
5.3.3 Invloed van zoute zeewind (saltspray) 43
5.3.4 Veranderingen in vegetatie en broedvogels 44
5.3.5 Vernatting door grondwaterstandstijging 44
5.4 Evaluatie en Samenvatting 45

6 De Zandmotor: kennis en innovatie 46

6.1 Inleiding 46
6.2 Toepassing van de kennis 46
6.3 (profilering) Nederlands bedrijfsleven en instituten 47

Bijlage 1: Subdoelen, evaluatievragen, voorlopige antwoorden 48

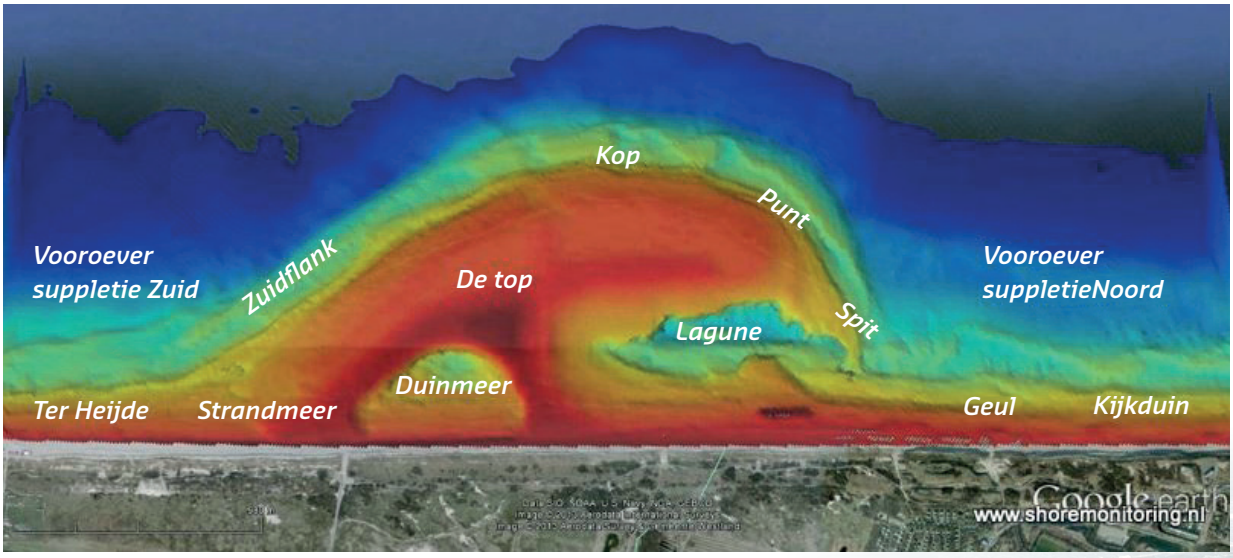
Bijlage 2: Onderdelen meetprogramma 60

Bijlage 3: Bronnen 61

Samenvatting

Inleiding

De Zandmotor voor de Delflandse kust is in 2011 als een schiereiland van 128 hectare aangelegd. Het is een innovatieve pilot voor het kustbeheer, bedoeld om op de lange termijn bij te dragen aan de kustveiligheid, een aantrekkelijk gebied voor natuur en recreatie toe te voegen aan de Delflandse kust en om een impuls te geven aan de kennis ten behoeve van het kustbeheer. Er is een monitoringsprogramma uitgevoerd ten behoeve van die kennisontwikkeling en om de doelstellingen te kunnen evalueren. Dit rapport is een samenvatting van de rapporten die zijn verschenen in het Monitorings- en Evaluatie Programma (MEP). Het beschrijft op hoofdlijnen de resultaten, vijf jaar na aanleg, op basis van vier jaar monitoring. De meer gedetailleerde informatie staat in de onderliggende en gedetailleerdere rapporten van het MEP. De MEP-rapporten geven de inhoudelijke onderbouwing voor twee gelijktijdig verschijnende andere (evaluatie)rapporten over de Zandmotor: de 'beleidsevaluatie' en de 'bruikbaarheidsstudie'.



Figuur 1: De Zandmotor met naamgeving en onderdelen, bron: *Shore, 2013.*

Verspreiding zand en toename kustveiligheid
In het eerste jaar na aanleg veranderde de vorm van de Zandmotor sneller dan gedacht, maar wel volgens het verwachte patroon op basis van modelberekeningen in de ontwerpfase. Daarna ging de verandering langzamer dan verwacht. Sinds de aanleg in 2011 steekt het aangelegde zandlichaam ongeveer 260 meter (bij de Kop van de Zandmotor maximaal 350 meter) minder ver de zee in. Tegelijkertijd werd het gebied waar de kustlijn zeewaarts verbreedde 2,2 kilometer langer. Na vier jaar ligt er in het meetgebied nog 95% van de hoeveelheid zand die voor de Zandmotor is aangebracht. Daarvan ligt 80% nog binnen de contouren van het in 2011 aangelegde zandlichaam. Op basis daarvan mag de conclusie worden getrokken dat de levensduur van de Zandmotor langer is dan 20 jaar.

Toename kustveiligheid

De Delflandse kust was veilig na voltooiing van de kustversterking in 2010. De Zandmotor geeft een extra positief effect. In de directe omgeving van de Zandmotor wordt de levensduur van de kustversterking verlengd. Dit zou zonder de aanwezigheid van een Zandmotor moeten gebeuren via het reguliere kustonderhoud. De behoefte aan reguliere suppleties voor kustonderhoud langs de Delflandse kust is de komende 20 jaar, maar waarschijnlijk nog langer, dan ook lager, uiteraard afhankelijk van de afstand tot de Zandmotor. Het via de Zandmotor aangebrachte volume komt bijna overeen met wat nodig is voor de instandhouding van het kustfundament tussen Hoek van Holland en Scheveningen, bij een zeespiegelstijging van 3 mm/jaar, voor 50 jaar (neergelegd is netto 18,7 miljoen m^3 tegenover benodigd 20 miljoen m^3). De daadwerkelijke (momentane) kustlijn is ter plekke van de Zandmotor en direct ten noorden en zuiden ervan zeewaarts verplaatst.

Hieronder volgt de beschrijving van trends in de omvang van de waterkerende duinen ná aanleg van de kustversterking. De aanleg van de kustversterking in 2010 gaf al het wettelijk noodzakelijke positieve effect op de veiligheid. De doelstelling veiligheid wordt in de morfologische evaluatie van de Zandmotor beschreven aan de hand van de variabelen ‘momentaan duinvolume’ en ‘positie van het afslagpunt’ (zie 0). Beide indicatoren ontwikkelen zich al decennia positief. De duinen tussen Hoek van Holland en

Scheveningen worden al decennia gestaag hoger en/of breder, voornamelijk dankzij het reguliere kustonderhoud. Dit zet zich na aanleg van de Zandmotor door, maar binnen het meetgebied minder snel dan voor de aanleg van de Zandmotor. Dit kan voor een belangrijk deel verklaard worden doordat het duinmeer en de lagune veel stuivend zand invangen. Beiden hebben een vertragend effect op de duinaangroei. Verwacht wordt dat de duinaangroei blijft doorgaan en in de toekomst sneller zal verlopen, zeker wanneer de lagune en het duinmeer zijn opgevuld met zand.

Nieuw dynamisch gebied voor 'natte' natuur

Het gebied van de Zandmotor, met landschapsvormen als de 'spit' (de langgerekte zandplaat aan de noordkant van de Zandmotor), sterk veranderende zandbanken en de lagune, is uniek langs de Hollandse kust. Voor de ecologie van de ondiepe zee en de intergetijdengebieden is het vooral van belang dat er nu veel meer 'beschutte ecotopen' zijn. Op die plaatsen ligt meer fijn en voedselrijk sediment, waardoor een rijker bodemleven mogelijk is. Dat heeft een positieve uitwerking op andere soorten, zoals vogels en vis.

Bij de dynamische brandingszone en de erosieve kop van de Zandmotor komen alleen soorten voor die aangepast zijn aan die dynamische omstandigheden. In dieper water, waar de golven minder effect hebben op de zeebodem, nemen de diversiteit en biomassa aan bodemdieren per jaar toe. Het beschutte, ondiepe deel van de lagune en de randen eromheen zijn momenteel de meest aantrekkelijke gebieden voor bodemdieren en vogels. Het diepe deel van de lagune kent na vier jaar, als gevolg van de beperkte wateruitwisseling met de Noordzee, beperkte ecologische waarden en heeft nauwelijks nog een functie voor jonge vis.

Natuur van duinen en droog strand

Het areaal nieuwe duinen neemt beperkt toe. Er is iets minder dan 1 hectare gevormd binnen het meetgebied. De nieuwe duintjes liggen vooral op de oostrand van de Zandmotor, tegen de voet van de eerder aangebrachte kustversterking. Daarnaast zijn er enkele primaire duintjes aan de zuidwestelijke zijde van de Zandmotor bij gekomen. Naast deze hectare nieuwe duinen is er ook extra duinvolume ontstaan door invang van zand en ophoging van het buitentalud van de duinen die aangelegd zijn voor de kustversterking. Dit is net landinwaarts van de eigenlijke Zandmotor. De nieuwe duinvormen zijn erg dynamisch en daardoor landschappelijk aantrekkelijk.
Dat zich nog maar op beperkte schaal nieuw duingebied ontwikkelt is waarschijnlijk een gevolg van:

- De startsituatie na de aanleg en de relatief korte periode van vier jaar die sindsdien zijn verstreken. Doordat er initieel geen duinvormen zijn aangelegd en geen helm is aangeplant wordt het proces van duinvorming geheel aan de natuur overgelaten. Het proces verloopt daardoor natuurlijker, maar wel trager.
- De keuzes in het beheer. De vorming van een nieuwe duinenrij voor de oude wordt afgeremd door het gemotoriseerd verkeer op de Zandmotor, vooral door toezichthouders en onderzoekers. Ook het schoonmaken van het strand door de gemeente Den Haag belemmert duinvorming.

Waar de Zandmotor begroeid is, gaat het om kenmerkende biestarwegras- en helmvegetaties. Dit zijn habitattypen waarvoor Nederland een internationale verplichting heeft. Op enkele plekken groeit de Rode Lijstsoort blauwe zeedistel. Tussen 2011 en 2015 zijn tegen de 40 vogelsoorten op meer dan incidentele basis waargenomen op en rond de Zandmotor. De kokmeeuw is verreweg de talrijkste vogelsoort. Andere soorten

Figuur 2: De Zandmotor op 16 februari 2016, met de dan 1 maand oude doorbraakgeul nabij de lagune.

die regelmatig worden waargenomen zijn stormmeeuw, zilvermeeuw, fuut en aalscholver. Er zijn vijf soorten steltlopers aangetroffen. Er broeden tot nu toe geen vogels op de Zandmotor. Door het geringe aantal tellingen is er weinig te zeggen over de betekenis van de Zandmotor voor zeezoogdieren zoals zeehonden.

Bij aanleg van de Zandmotor speelde de kennisvraag of een eenmalige grote suppletie beter is voor de ecologie dan meerdere, kleine suppleties. Die vraag kan nog niet beantwoord worden omdat de periode van vier jaar Zandmotor nog niet langer is dan wat in het reguliere suppletieprogramma gebeurt. In de komende monitoringperiode zal duidelijk worden of zich langer levende soorten kunnen gaan ontwikkelen in bodems waar door natuurlijke dynamiek regelmatig laagjes zand worden afgezet, maar die niet worden afgedekt door een dikke laag zoals bij suppleties.

Ruimte voor recreatie

De Zandmotor levert duidelijk een gebied met mogelijkheden voor recreatie die er voorheen niet waren aan de Hollandse kust. Uit het eerste recreatieonderzoek na aanleg van de Zandmotor blijkt dat de vier belangrijkste recreantengroepen badgasten, hondenuitlaters, wandelaars en (kite-, golf-, en wind)surfers zijn. Samen met uiteenlopende buitenactiviteiten zoals paardrijden, vissen en hardlopen geeft dit meer vormen van recreatie op het strand tussen Ter Heijde en Kijkduin dan voor aanleg van de Zandmotor het geval was.

Het bezoekende publiek raakt steeds meer bekend met de verschillende aspecten van de Zandmotor. Tijdens en direct na de aanleg van de Zandmotor werd er gematigd kritisch naar gekeken. Nu is een steeds grotere groep positief over de Zandmotor en ondervindt het project brede steun.

Veiligheid voor recreanten

Er zijn geen veiligheidsproblemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst. De reddingsbrigade maakt sinds 2013 gebruik van een smartphoneapplicatie die een beeld schetst van mogelijk gevaarlijke zwemsituaties (het zwemwaterveiligheidsmodel).

Het monitoringsprogramma levert de bodeminformatie, die essentiële input is voor dit model. De evaluatie van het strandseizoen 2014 zegt dat de organisatie van de strand- en zwemveiligheid van de Zandmotor goed verloopt, maar wel verder kan worden geoptimaliseerd. Deze optimalisatie wordt jaarlijks doorgevoerd naar aanleiding van de evaluatie van het verstreken jaar. De aanbevelingen van het team dat zich bezig houdt met de strand- en zwemveiligheid anticipeert hiermee op te verwachten veranderingen van de Zandmotor. Omdat de getijdegeul steeds meer bochten heeft gekregen is het gevaar voor het rechtstreeks wegdrijven van recreanten naar zee afgenomen.

Invloed op Solleveld

Door aanleg van de Zandmotor kwam er zeewaarts van het bestaande duingebied Solleveld een kale zandvlakte te liggen. Hierdoor waren er vooraf zorgen over een mogelijke negatieve ontwikkeling van de daar aanwezige natuurwaarden. De hoeveelheid zand die naar de buitenduinen van Solleveld waait lijkt licht toegenomen. In absolute zin stuift er echter nog altijd maar een beperkte hoeveel zand naar Solleveld. Veel zand komt terecht op het buitentalud van de kustversterking, waar de zanddynamiek wel flink is toegenomen. De hoeveelheid inwaaiend zout is afgenomen, maar lijkt vooralsnog geen effecten met zich mee te brengen. Er zijn geen aanwijzingen voor effecten op vogels. Uit de monitoring blijken geen gevolgen van grondwaterstandstijging ('vernatting') op de daarvoor gevoelige locaties.

Kennisontwikkeling en innovatie

Aan de Zandmotor is een omvangrijk en langlopend kennisontwikkelingsprogramma gekoppeld. Tientallen onderzoekers van verschillende universiteiten en kennisinstellingen volgen de ontwikkeling van de Zandmotor op de voet. Dit levert nieuwe kennis op die kan worden benut voor het kustbeheer, onder andere over de gevolgen van een grote suppletie op de morfologie, de recreatie en de ecologie. Een deel van de ontwikkelde kennis wordt al actief toegepast, zoals in de ontwikkelde applicatie voor zwemveiligheid.

Tenslotte is de pilot Zandmotor ook expliciet bedoeld om bedrijfsleven en kennisinstituten de mogelijkheid te bieden kennis en ervaring op te doen met innovatief kustonderhoud. De ontwikkelde kennis komt terecht bij instituten, overheden en bedrijven in de waterbouwsector en wordt al elders toegepast.

Invloed op natte infrastructuur

Uit de beschikbare monitoringsresultaten kunnen geen effecten worden afgeleid op de toegangsgeulen van de havens van Rotterdam en Scheveningen. Hetzelfde geldt voor een effect op de uitlaat van het J.J.J.M. van den Burg gemaal.

01. Inleiding

1.1 Achtergrond van de Zandmotor

Voor de kust van Ter Heijde en Den Haag is in 2011 een schiereiland van 128 hectare aangelegd: de Zandmotor Delflandse kust. Het zand werd neergelegd in de vorm van een haak, met een duinmeer aan de voet en een lagune tussen de uitloper en de bestaande kust. Gelijktijdig zijn twee vooroeversuppleties aan weerszijden van de Zandmotor aangelegd (zie figuur 1). De provincie Zuid-Holland en het Zuid-Hollands Landschap voeren samen het beheer.

De Zandmotor is een pilot voor een innovatieve manier van kustbescherming en kustonderhoud, waarbij de natuur helpt bij de bescherming tegen de zee en er tijdelijk extra gebied wordt gecreëerd voor natuur en recreatie. Wind, golven en stroming verspreiden het zand van de Zandmotor langs de Delflandse kust. Dat zand zorgt daar voor extra bescherming tegen de zee. Voor de Zandmotor werden de volgende drie doelen geformuleerd:

- Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied langs de Delflandse kust, tussen Hoek van Holland en Scheveningen. Deze duinaangroei dient veiligheid, natuur en recreatie.
- Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud en meerwaarde voor recreatie en natuur gezamenlijk te realiseren zijn.
- Het toevoegen van een aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse kust.

Het vierde doel dat geëvalueerd moet worden is 'het op een goede wijze beheren van de Zandmotor en omgeving'. Het gaat daarbij voornamelijk om recreatieveiligheid en om het voorkomen van ongewenste invloeden van de Zandmotor op natuurwaarden in het bestaande duingebied.

Monitoring

Megasuppleties, ook die waarbij tijdelijk land wordt aangelegd zoals deze Zandmotor, passen binnen het toekomstige kustbeheer. Om te toetsen of de vier genoemde doelen behaald worden en om de kennisontwikkeling mogelijk te maken is er in de voorbereiding van de aanleg van de Zandmotor

Voor u ligt de inhoudelijke evaluatie van de Zandmotor, gebaseerd op resultaten van het monitoring- en evaluatieprogramma (MEP) en andere waarnemingen.
De inleiding beschrijft de achtergrond van dit document, de relatie met andere evaluaties én de opzet van dit document.

een monitoring- en evaluatieplan opgesteld (MEP, zie bronnen, nr. 1). Hierin staan de volgende drie doelen voor de monitoring:

- Onderzoeken of de gestelde doelen uit de MER Aanleg Zandmotor Delflandse kust worden behaald. Daarvoor zijn ze in het MEP uitgewerkt in subdoelen (zie bijlage 1).
- Voldoende en adequate informatie vergaren om de Zandmotor op een goede wijze te kunnen beheren. Ook deze doelen zijn uitgewerkt in subdoelen (zie bijlage 1).
- Voldoen aan de vergunningsvoorwaarden betreffende het aanleveren van monitoring gegevens.

In 2011 is het MEP verder uitgewerkt tot een uitvoeringsprogramma (zie bronnen, nr. 2). Hierin zijn de abstracte doelen en beheersdoelstellingen vertaald in specifieke en concrete evaluatievragen (zie bijlage 1) en hypothesen. Er werden monitoringprogramma's vastgesteld voor de volgende thema's:

- Meteo en hydrodynamiek (o.a. golf- en stroommetingen). De verzamelde gegevens liggen ten grondslag aan andere studies en ondersteunen de zwemveiligheid.
- Morfologie van strand en vooroever (o.a. metingen van bodemligging en sedimentsamenstelling).
- Ecologie van strand en vooroever (o.a. samenstelling en aantallen bodemdieren, tellingen van vogels).
- Natuur en duinen (o.a. monitoring van zanddynamiek, geomorfologie, overstuiving, zoutspray, habitats, vegetatie en (broed)vogels).
- Recreatie (tellingen en enquêtes in opdracht van de provincie Zuid-Holland).
- Grondwater (in het kader van het convenant Pilot Zandmotor/Solleveld tussen de provincie Zuid-Holland en Dunea).

Het MEP kon worden uitgebreid qua ambitieniveau dankzij een subsidie van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO). Hierdoor kon het wetenschappelijk karakter worden vergroot. Een subsidie van Technologiestichting STW maakte een groep van 12 promovendi en 3 postdocs mogelijk in het project NatureCoast. Zij doen ook extra metingen, die wel buiten het MEP vallen, op de Zandmotor. Dit komt terug in hoofdstuk 6.
Inmiddels zijn er vele rapportages over de Zandmotor en de ontwikkelingen die er plaatsvinden verschenen. Deze kunnen worden gedownload via de website: *www.dezandmotor.nl*

1.2 Dit document

Dit MEP eindrapport is zowel een verhalende beschrijving van de werking van de Zandmotor als een inhoudelijke evaluatie van de Zandmotor. Het is gebaseerd op de monitoringresultaten die tot eind 2015 zijn verzameld en geeft waar mogelijk antwoorden op de evaluatievragen van het MEP. De opgetreden veranderingen worden op hoofdlijnen beschreven. Voor meer gedetailleerde informatie over gemeten parameters en resultaten wordt verwezen naar de onderliggende gedetailleerde monitoring- en evaluatierapporten (zie bijlage 3). Het gaat uitdrukkelijk om feitelijke informatie: er wordt niet beoordeeld of het totaal van de ontwikkelingen al dan niet 'goed' is.

Het rapport heeft relatie met drie andere (evaluatie)rapporten over de Zandmotor die in het voorjaar van 2016 verschijnen:

- De 'bruikbaarheidsstudie'; deze richt zich op het evalueren van de huidige pilot Zandmotor (en de bouwstenen ervan) in vergelijking tot reguliere kustlijnzorg. Daarnaast wordt een inventarisatie uitgevoerd van bestaande en gewenste functies langs de Nederlandse kust. Op basis daarvan worden kansen beschreven voor het toepassen van het concept zandmotor elders langs de Nederlandse kust (zie bronnen, nr. 4).

- De 'beleidsevaluatie'; hierin wordt wel een eindoordeel gegeven over de mate waarin de Zandmotor bijdraagt aan de gestelde beleidsdoelen: veiligheid tegen overstromen, meerwaarde voor natuur en recreatie en kennisontwikkeling op deze terreinen. Daarnaast richt de beleidsevaluatie zich op de samenwerking en het contextmanagement rondom de Zandmotor (zie bronnen, nr. 5).

- 'Raamwerk voor ontwikkeling van zandige strategieën' (zie bronnen, nr. 6). In deze studie, in opdracht van Ecoshape, is een raamwerk ontwikkeld voor het ontwikkelen van grootschalige zandige strategieën. Vervolgens is dit raamwerk getoetst op bruikbaarheid, door het (fictief) toe te passen op een situatie in Jamaica en op de Delflandse kust voordat de Zandmotor er kwam. Ecoshape is opgericht om het concept 'Building with Nature' verder te ontwikkelen en in de praktijk te brengen.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 behandelt de achtergrond van de Zandmotor.
- Hoofdstuk 3 bevat informatie over de betekenis van de Zandmotor voor kustveiligheid.
- In hoofdstuk 4 is te lezen wat de Zandmotor tot op heden betekent voor natuur en recreatie.
- Hoofdstuk 5 gaat in op het beheer van de Zandmotor. Ook de invloed van de Zandmotor op het bestaande duingebied Solleveld vormt hiervan een onderdeel.
- In hoofdstuk 6 staat de betekenis van de Zandmotor voor kennis en innovatie centraal.

02. Achtergrond van de Zandmotor

2.1 ‘Zonder zand geen Nederland’

De Nederlandse kust is opgebouwd uit sediment: vooral zand, maar ook klei en hier en daar veen. Groei of erosie van de kust wordt bepaald door de balans tussen de hoeveelheid sediment die beschikbaar is in de kustzone (het aanbod) en de hoeveelheid zand die nodig is om het systeem in evenwicht te houden (de vraag). Deze ‘vraag’ hangt af van de veranderingen in de zeespiegel en van plaatsen waar het zand kan bezinken. Indien het aanbod van sediment overheerst, groeit de kust aan; zandplaten breiden zich uit en de kustlijn beweegt zeewaarts. Als er minder zand beschikbaar is kunnen de kustlijn, buitendelta’s, zandplaten en/of geulen eroderen.

Meer dan duizend jaar geleden is de natuurlijke toevoer van zand aan onze kustzone tot stilstand gekomen. Dat komt onder meer doordat – onder invloed van allerlei menselijke ingrepen in het stroomgebied gedurende de afgelopen eeuwen – de rivieren nog maar weinig zand vanuit de bergen naar de Nederlandse kust voeren. Ook vanuit zee komt vrijwel geen extra zand meer naar de kust doordat als gevolg van de zeespiegelstijging de bodem relatief diep is komen te liggen en de transporterende kracht van de golven daardoor minder zand op kan pakken. Daar komt bij dat er extra zand nodig is om bodemdaling (bijvoorbeeld door gaswinning en inklinking van veen) te compenseren. Het zandige kustsysteem heeft bij een (relatief) stijgende zeespiegel dus een tekort aan sediment, waardoor de kustlijn van nature achteruitgaat.

In het Waddengebied en in de Oosterschelde is het zandig systeem bijvoorbeeld niet goed in evenwicht. Dat heeft te maken met de afsluiting van de Zuiderzee, de Lauwerszee en de gedeeltelijke afsluiting door de Oosterscheldekering. Daardoor nam de hoeveelheid water die per getijdecyclus in- en uitstroomt sterk af en kwamen de geulen als het ware in ‘een te ruime jas’ te zitten. Zoekend naar een nieuw evenwicht trekken de geulen zand aan: ze hebben ‘zandhonger’. Nabij de Waddenzee gaat dit ten koste van het zand langs de Noordzeekust, op de koppen en staarten van de nabijgelegen eilanden én van de buitendelta’s.

Het eerste deel van dit hoofdstuk gaat in op het beleid en beheer van de kust en op de rol van zand. Daarbij komen verschillende vormen van zandsuppleties aan bod, waaronder de Zandmotor, als pilot van een megasuppletie.
Het tweede deel van dit hoofdstuk zoomt in op de Delflandse kust en op de aanleg van de Zandmotor in dit kustdeel.

2.2 Beleid voor de Nederlandse kust

Het denken in sedimentvoorraden staat centraal in het beleid en beheer van de kust. Dit beleid staat verwoord in het Nationaal Waterplan (NWP), de Waterwet en de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR). De belangrijkste doelstelling van het rijksbeleid voor de kust is duurzame handhaving van de veiligheid van het achterland tegen overstromingen vanuit de zee. Hierbij worden drie sporen gevolgd, die elk op een andere tijdschaal het veiligheidsniveau in het achterland moeten waarborgen:

- De zorg voor veilige waterkeringen, om hoge waterstanden en golven tijdens stormen te weerstaan;
- Het handhaven van de kustlijn (met de basiskustlijn als norm);
- Het in evenwicht houden van het kustfundament met relatieve zeespiegelstijging. Het kustfundament is de zone waarbinnen het zand zich in ongeveer 200 jaar beweegt. De grenzen van het kustfundament zijn zeewaarts bepaald op de doorgaande NAP -20 m dieptelijn en aan de landzijde op de lijn waar de duinen overgaan in het achterland (de binnenduinrand).

De drie sporen hangen op de volgende wijze samen: om het achterland te beschermen tegen de zee moeten de duinen sterk genoeg zijn en voldoende zand bevatten. Daarvoor is het belangrijk dat er voldoende zand in de kustzone aanwezig is, dat door wind en zee wordt verdeeld tussen brandingszone, strand en duinen. Als er voldoende zand in de kustzone aanwezig is, wordt structurele erosie van de kust voorkomen. Het in evenwicht houden van het kustfundament zorgt ervoor dat de kustzone van Nederland (op de lange termijn bekeken) meegroeit met de stijgende zeespiegel. Hiervoor voert Rijkswaterstaat elk jaar zandsuppleties uit. Om het natuurlijke karakter te bevorderen worden kustdelen waar dit mogelijk is 'dynamisch beheerd'. De invloed van wind en zee wordt toegelaten of zelfs bevorderd.

Zorg voor veilige waterkeringen

Dammen, dijken en duinen langs de kust beschermen het achterland tegen overstromingen. In de Waterwet is vastgelegd aan welke veiligheids-normen de dijken en duinen (primaire keringen) moeten voldoen. Voor de zandige kust betekent dit dat er voldoende zand in de waterkerende duinen aanwezig moet zijn.

De keringen worden elke zes jaar beoordeeld. Wanneer blijkt dat een waterkering niet meer aan de veiligheidsnorm voldoet, worden maatregelen genomen. Uitgangspunt is dat deze zoveel mogelijk met zandige maatregelen worden gerealiseerd en zo min mogelijk met harde infrastructuur ('zacht waar het kan, hard waar het moet'). Zo zijn op de lange termijn de veiligheid van het achterland, de functies in de kust, de dynamiek en de natuurlijke processen in het kustsysteem het beste gediend. De afgelopen jaren zijn diverse waterkeringen langs de kust versterkt in het kader van het Hoogwaterbeschermings¬programma. Deze zogenaamde 'Zwakke Schakels' kwamen naar voren uit een extra keuring in 2003, waaruit bleek dat de kracht waarmee de golven op de kust slaan groter is dan werd aangenomen. Er waren versterkingen nodig om de keringen weer aan de normen te laten voldoen. Structurele erosie van de kust door zandtekorten is met het Zwakke Schakel-programma echter niet voorkomen. Daarvoor dient het programma 'Beheer en Onderhoud van de Kust' (zie hieronder).

Beheer en Onderhoud van de Kust

In 1990 besloot de regering dat de kusterosie niet langer acceptabel was en dat de kustlijn op zijn plek moest worden gehouden door het aanbrengen van zandsuppleties. Daarvoor werd de basiskustlijn (grofweg de kustlijn uit 1990) als norm vastgesteld. De ligging hiervan wordt uitgedrukt in een minimum volume zand dat in een bepaald stuk kust aanwezig moet zijn. Als de basiskustlijn structureel overschreden dreigt te worden, wordt bekeken of het nodig en wenselijk is zand te suppleren.

Het in evenwicht houden van het kustfundament

In 2001 is het beleid uit¬gebreid met de instand-houding van het kustfundament. Vanaf dat moment is het volume zand dat jaarlijks moet worden gesuppleerd vastgesteld op 12 miljoen m^3, de hoeveelheid die nodig is om heel het Nederlandse kustfundament te laten 'meegroeien' met de hoeveelheid zeespiegelstijging zoals deze gedurende de afgelopen eeuw optrad (18 cm / eeuw). Als in de toekomst de zeespiegel sneller blijkt te stijgen, kan het jaarlijks suppletievolume worden verhoogd.

2.3 Het suppleren van zand

Zandsuppleties vormen een belangrijk middel om invulling te geven aan het kustbeleid. Het zand hiervoor komt uit de diepere Noordzee (buiten het kustfundament, dus waar het dieper is dan 20 meter) en wordt zo aangebracht dat lokale kustlijn-erosie meteen wordt aangepakt. Daarna verdelen wind, golven en getij het zand verder over het kustfundament. Zand dat vanaf het strand naar de duinen stuift, draagt bij aan veiligheid van de duinen als waterkering. Een robuust zandig systeem is aldus een stabiele basis voor de waterkeringen op lange termijn.

Aanvankelijk werden zandsuppleties direct op het strand neergelegd. In de loop van de tijd kon het zand steeds vaker onder water, op de vooroever, worden aangebracht. Dat is veel goedkoper omdat de natuur (golven en stromingen) het zand zelf ging verspreiden richting strand. Het sedimentbeheer is ook uitgebreid met suppleties langs de wanden van geulen, om tegelijkertijd de zandvoorraden op peil te houden en te voorkomen dat de geulen

Figuur 3. De Zandmotor vanuit de lucht, situatie ca. 2013. Bron: Google Earth.

Figuur 4: Er worden meerdere typen van suppleties toegepast of verkend, waarbij de ruimteschaal varieert. Waar in 1990 vooral strandsuppleties werden toegepast, werd het zand in later jaren ook steeds vaker op de onderwateroever neergelegd. Later zijn ook geulwandsuppleties uitgevoerd. In 2011 werd de Zandmotor aangelegd, als pilot van een megasuppletie.Alle suppleties samen dragen bij aan het in evenwicht houden van het kustfundament

te ver landwaarts opdringen. De kracht van zulke innovaties is dat ingrijpen met steenbestortingen (die veel minder passen bij het zandige systeem) wordt vermeden.

Rijkswaterstaat zoekt aldus voortdurend naar de meest efficiënte methode om de kust te onderhouden. In dat kader wordt ook het concept van 'megasuppleties' verkend, waarbij in één keer een overmaat aan zand wordt aangebracht. Wind, golven en stroming verspreiden het zand vervolgens over langere tijd langs de kust. De Zandmotor is hiervoor een pilot (zie figuur 4).
De keuzes voor de timing en omvang van suppleties is een afweging van kosten en baten en de (morfologische) mogelijkheden van het gebied (zie figuur 4). De aanleg van een overmaat zand is enerzijds duurder dan 'just in time' suppleren omdat geld eerder moet worden uitgegeven. Anderzijds is een grote suppletie per m³ zand goedkoper omdat veel werk in één keer wordt uitgevoerd. Het eenmalig neerleggen van veel zand in plaats van frequenter uitvoeren van kleinere suppleties heeft als verwacht voordeel dat dit minder natuurverstoring geeft en dat er meer gebruikt kan worden gemaakt van de bouwkrachten van de natuur. Het kan ook tijdelijk een gebied creëren met ruimte voor andere doelen zoals natuur en recreatie. Dit past in het streven van het kabinet om met de beschikbare hoeveelheid geld voor kustsuppleties meer maatschappelijke doelen te dienen.

2.4 De Delflandse kust

Als locatie voor een pilot met een zandmotor is gekozen voor de Delflandse kust, tussen Ter Heijde

en Den Haag. Dit was een logische plek, omdat er zowel morfologische als bestuurlijke aanleidingen waren. Als gevolg van de zeespiegelstijging werd verwacht dat de hoeveelheid zand die nodig is voor het onderhoud van de kust in de toekomst sterk kan gaan toenemen. Daarnaast is geconstateerd dat er in de zuidelijke vleugel van de Randstad een groot tekort is aan recreatieruimte. Eén van de plaatsen waar de mogelijkheden voor recreatie konden worden versterkt, is de kust. De provincie Zuid-Holland had daarom al lang de wens om bij dit kustdeel een aantrekkelijk nieuw gebied te creëren.

De pilotlocatie vormt onderdeel van de Delflandse kust, die van Wassenaar tot Hoek van Holland loopt en wordt beheerd door het Hoogheemraadschap van Delfland. Een groot deel van deze kust is van oudsher onderhevig aan kustachteruitgang. Al vanaf de 11e eeuw zorgden stormvloeden voor overstromingen van de toen nog lage dijkjes aan de noordkant van de toenmalige monding van de Maas. Na 1600 probeerde men de Westlandse kust te stabiliseren en verder landverlies te beperken, onder andere door de aanleg van de eerste Delflandse hoofden. In de volgende eeuwen werden er steeds meer aangelegd, totdat een aantal van 68 was bereikt.

Toch zette kusterosie door; het onderhoud van de zeewering vroeg voortdurend om aandacht en middelen. In de 19e eeuw werd de smalle duinenrij versterkt en verhoogd tot een zanddijk. De ontbrekende gedeelten werden aangevuld en lage delen opgehoogd. Maar bij stormvloeden had de kust keer op keer te lijden onder duinafslag en bij de stormvloed van 1 februari 1953 ontstond een kritieke situatie voor de kust van 's-Gravenzande, waarbij nèt geen doorbraak plaatsvond.

De zeewaartse ontwikkeling van de Rotterdamse haven en de verdiepingen van de toegangsgeul betekenden dat er zandige baggerspecie beschikbaar kwam. Men besloot dit niet zo maar in zee te storten, maar te gebruiken om de Delflandse kust ten noorden van de Noorderpier van Hoek van Holland te versterken. Zo werd in de jaren 1970 een gebied opgespoten wat later de "Van Dixhoorndriehoek" is gaan heten. Het huidige strand van Hoek van Holland ligt zeewaarts daarvan. Deze versterking had geen invloed op het noordelijk deel van de Westlandse kust. Daar trad nog steeds erosie op. Om die te bestrijden is daar vanaf begin jaren 1970 (en vanaf 1986 bij Ter Heijde) zand op het strand gespoten. De Van Dixhoorndriehoek en deze suppleties waren zo voorlopers op het kustonderhoud zoals dat vanaf 1990 voor heel Nederland werd uitgevoerd. De Westlandse kust kon de afgelopen decennia enkele tientallen meters uitbouwen, omdat een deel van het suppletiezand naar de buitenste, waterkerende, duinenrij stoof, waar het werd ingevangen door de ruim aangeplante en snel groeiende helm.

Figuur 5. Ligging van de Zandmotor aan de kust van Zuid-Holland. In rood de Zwakke Schakels, waarvan de Zwakke Schakel "Delflandse Kust" is uitgevoerd van 2008-2009. Bron: Vertegaal et al., 2016.

Begin deze eeuw werd de Delflandse kust aangemerkt als een van de "Zwakke Schakels" in de kustverdediging (figuur 5). De oorzaak daarvan was niet dat de duinen waren verzwakt, maar dat duidelijk was dat de stormen in de toekomst zwaarder konden worden. Daartoe versterkten

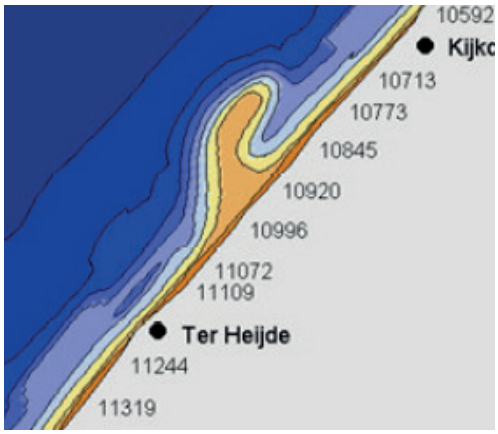
Rijkswaterstaat en het Hoogheemraadschap Delfland de kust. Dit is afgerond in 2011 met de Versterking Delflandse Kust, bestaande uit 17,6 miljoen m³ zand.
Langs de gehele Delflandse kust zijn het strand en de duinen belangrijk voor natuur en recreatie. Er liggen verschillende Natura 2000-gebieden, die conform de Europese Habitatrichtlijn en de Nederlandse Natuurbeschermingswet streng worden beschermd, niet alleen tegen ingrepen in het gebied zelf, maar ook tegen ongewenste invloeden van buitenaf. Dat geldt ook voor het landwaarts van de Zandmotor gelegen duingebied Solleveld. Dit bestaat voor een groot deel uit zogenaamde Oude Duinen, die als voorlopers van wat we nu meestal duinen noemen (de Jonge Duinen) vanaf 3.000 voor Chr. door de zee langs de Hollandse kust werden afgezet.

Aan de zeezijde van Solleveld ligt een relatief smalle strook van Jonge Duinen. Deze zone is enkele honderden meters breed, reliëfrijk, en heeft een kalkrijke bodem. Dit deel van Solleveld is sterk beïnvloed door kustversterkingen die hier in de afgelopen decennia zijn uitgevoerd. Het gaat om een dubbele zeereep uit eind jaren '80 (via een duinverzwaring, de 'Zeerepen 1987' genaamd) en de duinregel van ongeveer 60 m breed die onderdeel is van de hierboven genoemde versterking in het kader van de 'Zwakke Schakels'. Al dit gebied wordt ook tot Solleveld gerekend.

2.5 Ontwerp en uitvoering van de Zandmotor

Direct volgend op de Delflandse Kustversterking is in maart 2011 gestart met de aanleg van de Zandmotor, een schiereiland van 128 hectare groot. Het is aangelegd in de vorm van een haak, met een duinmeer aan de voet en een lagune tussen de uitloper aan de noordzijde en de bestaande kust. Tegelijkertijd werden twee vooroeversuppleties aan weerszijden ervan aangelegd. De laatste lading sediment voor de zandmotor is aangebracht op 29 juni.

De noordelijke (kleine) vooroeversuppletie is vrijwel gelijktijdig voltooid. De zuidelijke vooroeversuppletie is later voltooid, in november 2011. Deze suppletie ligt enkele kilometers ten zuiden van de zuidzijde van de Zandmotor.



Figuur 6. voorkeursalternatief uit de MER Zandmotor

Baggerschepen hebben het zand 10 kilometer uit de kust gehaald en in het projectgebied opgespoten, in totaal netto (de hoeveelheid zand die daadwerkelijk in de Zandmotor is aangebracht; want bij het baggeren treden altijd zandverliezen op) 18,7 miljoen m³. Hiervan was 1,7 en 0,4 miljoen m³ voor respectievelijk de zuidelijke en noordelijke vooroeversuppletie.

Het uiteindelijke ontwerp van de Zandmotor is een optimalisatie van het voorkeursalternatief uit de Milieueffectrapportage (zie figuur 6, uit bronnen nr. 3). Dit ontwerp voldeed het beste aan de drie doelstellingen: duinaangroei, uitbreiding van de mogelijkheden voor natuur en recreatie en kennisontwikkeling. De haakvorm biedt relatief veel variatie, waarbij de lagune een luwe zone vormt, maar de dynamiek bij de punt in zee juist hoog is. Aan de basis van de strandhaak is een nieuw duinmeer uitgespaard. Behalve extra landschappelijke variatie zorgt dit voor het voorkomen van negatieve effecten van de Zandmotor op de grondwaterstroming in het achterliggende drinkwatergebied Solleveld.

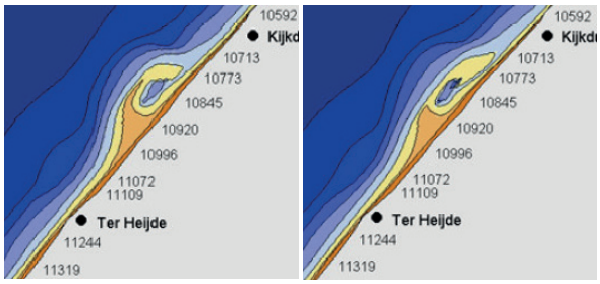
03. De Zandmotor voor kustveiligheid

3.1 Verwachtingen

De verwachting is dat de Zandmotor, door zijn grotere hoeveelheid zand, een positief effect heeft op de kustveiligheid tussen Hoek van Holland en Scheveningen, in vergelijking met de reguliere suppleties die vóór aanleg van de Zandmotor werden uitgevoerd. Ook is verondersteld dat er in 20 jaar totaal minder zand nodig zal zijn voor het handhaven van de basiskustlijn in dit kustdeel. Volgens een berekening is het zandvolume van de Zandmotor en de aanvullende vooroeversuppleties voldoende om de zandbalans van het kustfundament van de Delflandse kust voor circa 50 jaar te handhaven, uitgaand van een gemiddelde zeespiegelstijging van 3 mm per jaar.

Modelberekeningen voorspelden dat vooral de kop van de Zandmotor de eerste jaren na aanleg erg dynamisch zou zijn en erosief, waarbij het zand zich richting kust zou verplaatsen. Volgens de berekeningen zal het deel van de Haak dat bij aanleg aan de kust vast zit na 10 jaar waarschijnlijk nog steeds waarneembaar zijn. Voor de lange termijn werd verwacht dat er weer een min of meer gladde kustlijn ontstaat (zie Figuur 7, uit bronnen nr. 3).

Andere veronderstelling was dat de duinen langs de Delflandse kust door aanleg van de Zandmotor sterker gingen aangroeien dan bij reguliere suppleties het geval is.



Figuur 7. De verwachte morfologische ontwikkeling van de Zandmotor zoals berekend voor het MER. Links de berekende ontwikkeling na 5 jaar, rechts na 10 jaar. De voorspelde bodemontwikkelingen zijn ook daadwerkelijk opgetreden, maar de vormverandering ging sneller. Hierbij is niet sneller zand 'verloren' geraakt.

3.2 Ontwikkelingen

3.2.1 Inleiding

Sinds de aanleg van de Zandmotor in 2011 verspreidt het zand zich langs de kust. Zowel ten zuiden als ten noorden van de Zandmotor vindt aangroei plaats. Die verspreiding van het aangebrachte zand veranderde de vorm van de

De eerste doelstelling die in de MER werd geformuleerd voor de aanleg van de Zandmotor luidt: ''Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen. Deze duinaangroei dient verschillende functies: veiligheid, natuur en recreatie.'' Dit hoofdstuk zoomt in op het eerste subdoel: de betekenis van de Zandmotor voor kustveiligheid. De andere twee subdoelen, duinaangroei voor natuur en recreatie, komen aan bod in hoofdstuk 4.

Figuur 8: links: luchtfoto genomen in juli 2011; rechts: luchtfoto uit mei 2015.

Zandmotor van een bijna symmetrische klokvorm in een meer driehoekige vorm met holle kustbogen. Het zandlichaam steekt na vier jaar gemiddeld ongeveer 260 meter minder ver in zee (bij de punt van de Zandmotor is dit maximaal, circa 350 meter). Tegelijkertijd is de lengte van het gebied waar de kustlijn zeewaarts is gekomen 2,2 kilometer langer geworden. De vorm veranderde het meest in de eerste twee jaar na aanleg. De grootste dynamiek is er aan de noordzijde, waar ook de lagune en de geul liggen.

In december 2013 en juli 2015 zijn er stormen geweest waarvan de impact nauwkeurig is vastgelegd. Die metingen geven de mogelijkheid in detail te zien hoe de zandverplaatsing tijdens een storm is. Tijdens de decemberstorm van 2013 werd bijvoorbeeld in enkele stormdagen evenveel zand verplaatst als in de vier maanden ervoor. Zonder een dergelijke zware storm zou het zand waarschijnlijk langs vergelijkbare patronen verplaatst zijn, maar in een wat langzamer tempo.

3.2.2 Landschapsvormen en processen op de Zandmotor

Sinds de aanleg ontstaan er verschillende (tijdelijke) vormen, zoals de 'spit', de geul, de strandvlakte aan de zuidzijde van de Zandmotor

en allerlei patronen van zandbanken. Zie voor naamgeving en locatie Error! Reference source not found.1. Een deel van het zand stuift de lagune en het duinmeer in, die daardoor langzaam ondieper worden. Een ander deel van het zand stuift langs de lagune en het duinmeer naar de achterliggende duinen.

Vorming van een spit

De spit is een langgerekte zandplaat die zich al tijdens de aanleg begon te vormen aan de punt van de Zandmotor. Deze vorm is kenmerkend voor een zich snel uitbouwende kust. Door zandtransport in noordoostelijke richting breidde de spit zich in nog geen jaar tijd circa 750 meter uit langs het strand van Kijkduin. Eind 2015 is de spit ongeveer 2,5 kilometer lang en 350 meter breed. Het is een langgerekt gebied, waarvan een deel onder invloed staat van het getij (intergetijdengebied) en een deel boven het gemiddeld hoogwaterniveau ligt. Bij hoge waterstanden of hevige regenval kan ook dat deel onder water komen.

Ontwikkeling van de geul

Door de spit is een geul gevormd die de Noordzee met de lagune verbindt. Het eerste jaar na aanleg was deze geul smal, diep en vrij kort. Het water stroomde relatief snel. Met het uitbreiden van de spit werd de geul langer: van 1,2 kilometer in april 2012 tot 2,7 kilometer eind 2015. De geul ging meanderen en werd steeds ondieper. Ook namen de stroomsnelheden af en verminderde het getijverschil in de lagune.

Experts verwachtten toen dat bij een storm, wanneer de spit overstroomt, een nieuwe en veel kortere geul tussen zee en lagune zou gaan ontstaan, waardoor de oude geul definitief zou verlanden. Inderdaad is in januari 2016 een doorbraakgeul ontstaan na een nacht met NW storm en wateropzet tegen de kust. Deze doorbraak werd gevolgd door de snelle uitbouw van een nieuwe spit, terwijl de 'oude' geul zijn betekenis verloor en minder diep werd. Het lijkt waarschijnlijk dat hiermee een tijdelijk cyclisch

Luchtfoto van de Zandmotor met op de voorgrond het strandmeer

proces in gang is gezet, want ook de nieuwe spit en de nieuwe geul zullen respectievelijk gaan doorbreken en verlanden. De tijd van zo'n cyclus is niet bekend, maar waarschijnlijk veel korter dan de vier jaar van de eerste cyclus.

Duinmeer en Lagune

Er stuift veel zand het duinmeer in. In vier jaar tijd is er ongeveer 100.000 m³ zand in het meer gewaaid, vooral aan de westflank. Daardoor nam de 'natte omtrek' (omtrek van het water plus het natte strand eromheen) af.
Rondom het duinmeer is de dynamiek van zand en wind groot. Er heeft zich spaarzaam wat helmgras kunnen vestigen. Op enige afstand van de waterlijn is een lint van laagblijvende vegetatie (onder andere zeepostelein) waargenomen. In het duinmeer zelf groeit volop vegetatie onder water.

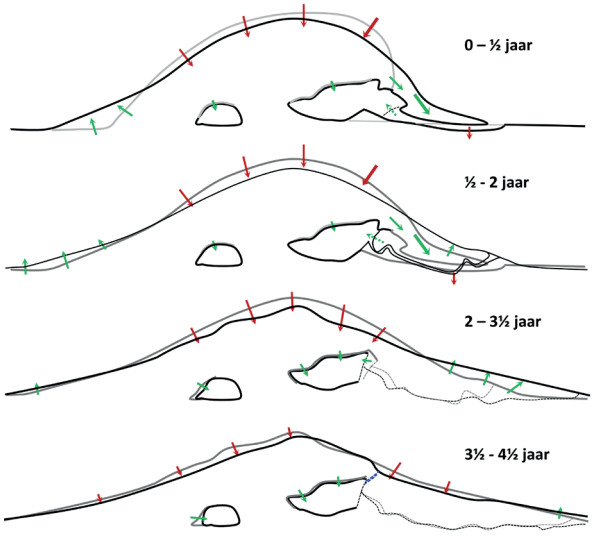
Ook de lagune wordt sinds de aanleg in 2011 gestaag kleiner. In de eerste vier jaar is er ongeveer 300.000 m³ zand in de lagune terechtgekomen. In tegenstelling tot bij het duinmeer wordt niet al het zand door de wind afgezet, maar kan ook zand via de geul in de lagune komen. Het diepste gedeelte van de lagune is nog steeds meer dan vier meter diep. Op de bodem verzamelt zich slib.

Strandvlakte en zwinnen aan de zuidflank

In het zuidelijke deel van het meetgebied is veel zand afgezet, vooral in de scherpe hoek die er net na aanleg was, tussen de Zandmotor en de oorspronkelijke kustlijn. De scherpe hoek werd al snel na aanleg 'afgeschermd' met zandbanken (ondieptes die door golfwerking ontstaan), die in de loop der tijd in landwaartse richting aan-groeiden en steeds hoger werden. Daardoor is een brede strandvlakte ontstaan, ontwaterd door ondiepe geultjes (zwinnen). Het reliëf verandert hier voortdurend, waarbij ook de wind een belangrijke rol speelt doordat het stuivende zand vastplakt op het natte oppervlak. Onder water liggen meerdere kleine zandbanken. Aan de duinzijde van de strandvlakte is een iets lager gelegen deel ontstaan dat bij hogere grondwaterstanden onder water staat. Vooral in de winters is er dan een strandmeer aanwezig ten zuiden van het duinmeer.

Vorming van kliffen aan de kop

Het middelste deel van de Zandmotor is onderhevig aan erosie. Ter hoogte van de punt van de Zandmotor is in de eerste vier jaar na aanleg een maximale erosie van circa 350 meter opgetreden. Vooral tijdens hoogwater met storm slaat er zand aan de zeezijde van de Zandmotor af op zo'n manier dat er 'kliffen' ontstaan. Zand dat van de kop van de Zandmotor erodeert komt terecht in de brandingszone en wordt door stroming langs de kust in noordelijke en/of zuidelijke richting gevoerd. Hierbij zijn enkele forse zandbanken dwars op de kust ontstaan.



Figuur 9 : De ontwikkeling van de Zandmotor in vier fasen: 1) vorming van de spit en de geul, 2) de uitbreiding van de geul en ontwikkeling van een symmetrische vorm, 3) de stabilisatie van de zuidzijde van het schiereiland en 4) de vorming van een driehoeksvorm. De doorlopende lichtgrijze lijn geeft de kustlijn tijdens de vorige fase weer, de donkere lijnen de nieuw gevormde kustlijn. De grootste ontwikkelingen van de Zandmotor zijn aangegeven met pijlen. Rode pijlen duiden op erosie, groene op sedimentatie. De (korte) blauwe lijn in de onderste figuur geeft de locatie aan waar in januari 2016 een nieuwe verbinding tussen zee en lagune is ontstaan

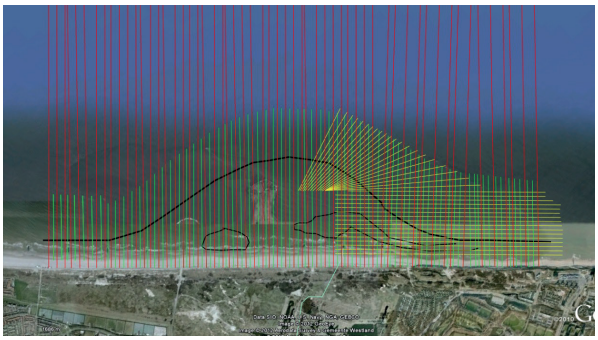
Vorming van zandbanken aan de noordzijde van de punt

Aan de noordzijde van de punt van de Zandmotor hebben zich zandbanken gevormd. Na de decemberstorm van 2013 zijn de onregelmatige bankpatronen glad getrokken tot een nagenoeg uniforme, langgerekte zandbank langs de kust. Hiermee lijkt aansluiting te zijn verkregen met het bankpatroon van de aangrenzende kust bij Kijkduin.

Stuivend zand en duinvorming

Op het droge deel van de Zandmotor zet de wind het zand in beweging. Er zijn drie vormen van windtransport op de Zandmotor:

- Verstuiving van silt, kleiachtig materiaal en fijn zand. Vooral net na de aanleg van de Zandmotor waaide dit hoog op en veroorzaakte klachten voor onder andere flatbewoners in Kijkduin. Op dit moment treedt dit proces nog maar zelden op, doordat het fijne materiaal uit de bovenste lagen van de Zandmotor is verdwenen. Bovendien beperkt de 'armorlaag' (harde bovenlaag van schelpen) het verstuiven van het zand.
- Verstuiving van iets minder fijn zand. Dit zand is vaak afkomstig van het natte deel van het strand en stuift laag over het strand heen. Dit proces van salterend transport vindt nog steeds plaats.
- Transport van het grovere zand, via ribbels die langzaam migreren. De wind neemt ook zand mee dat onder het schelpendek ligt.

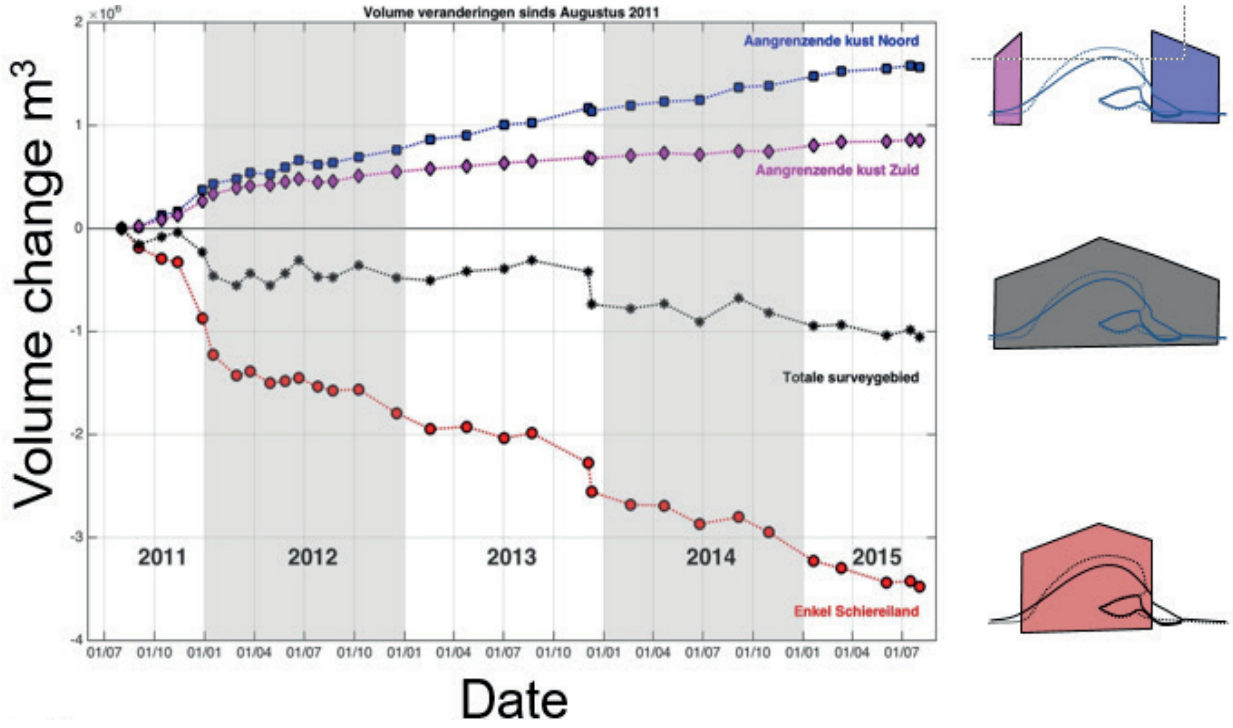


Figuur 10: Meetgebied Zandmotor, waar zandvolumes zijn bepaald

Van een volledig schelpenpantser is dus nog geen sprake. Hoogtemetingen geven aan dat het droge deel van de Zandmotor in vier jaar tijd zo'n 50 centimeter lager is geworden.

De wind brengt het zand in netto noordoostelijke richting. Een flink deel hiervan komt terecht in de lagune of het duinmeer (zie onder kopje 'duinmeer en lagune'). Op hoogteverschilkaarten is te zien dat er ook vrij veel zand belandt in de luwte tussen de hoge ruggen aan de westkant en het duinmeer/de lagune aan de oostkant. Het zand dat 'geen water tegenkomt' kan de duinen voeden. Er zijn ook nieuwe primaire duinen ontstaan, ongeveer een hectare in totaal. Dit is minder dan verwacht. In paragraaf 3.2.3 worden de oorzaken hiervan besproken. De nieuwe duintjes zijn in vier jaar tijd tot ruim twee meter hoog geworden.

Ook in de in 2011 voltooide kustversterking, net buiten de Zandmotor, komt veel zand terecht. Hier is in de afgelopen vier jaar de duinregel over een breedte van 20-40 m zo'n 2-3 meter omhoog gekomen. De ontwikkeling van nieuwe duinen gaat hier het snelst (zie verder hoofdstuk 5). De duinaangroei op de kustversterking is dus geen areaalvergroting, maar wel een belangrijke verbetering in kwaliteit en volume.



Figuur 11: Veranderingen in het volume zand, in de eerste vier jaar na aanleg van de Zandmotor (tussen augustus 2011 en augustus 2015). Bron: Shore, 2016.

3.2.3 Ontwikkeling zandvoorraden

Zandvoorraden op en rondom Zandmotor

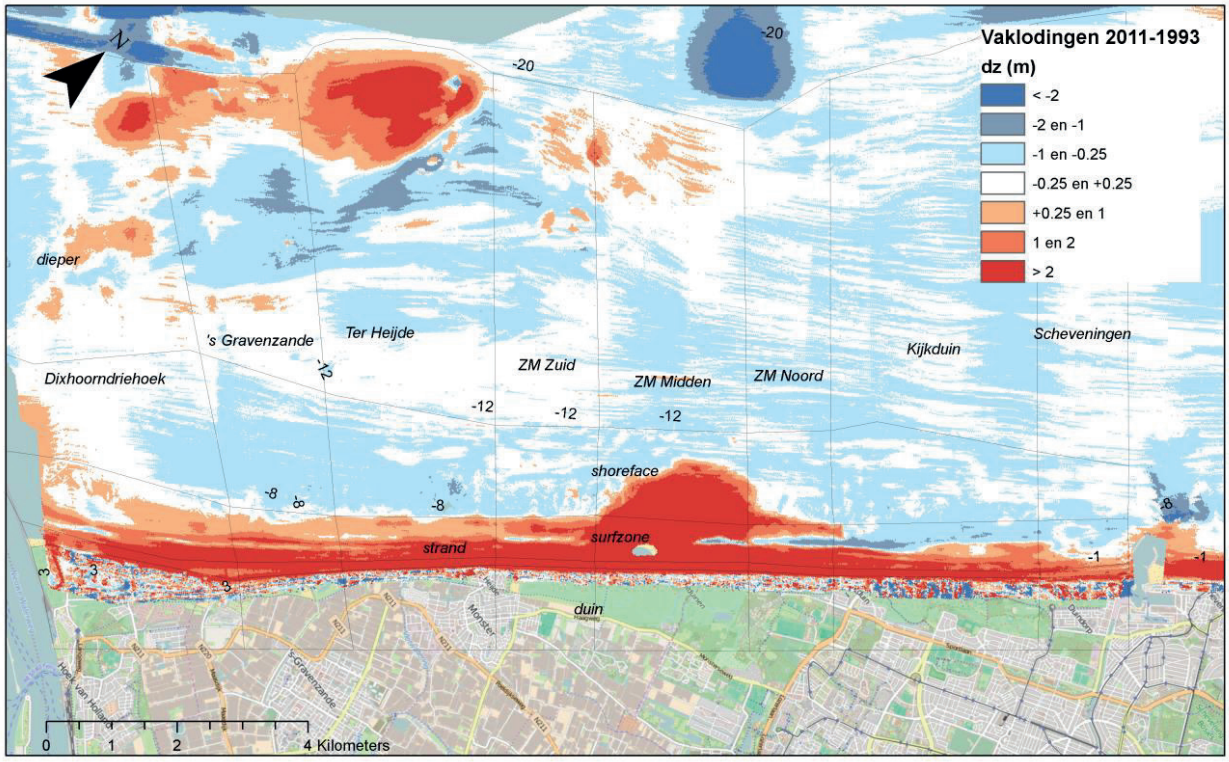
Rond de Zandmotor wordt nauwlettend gevolgd hoeveel zand zich waar bevindt. Daarvoor wordt gekeken naar een 'meetgebied' tussen de -10 m NAP dieptelijn en de afrastering op de grens van duin en strand (waar deze in augustus 2011 lag).

De metingen laten zien dat in het meetgebied, in vergelijking met de situatie voor aanleg van de Zandmotor, een extra zandhoeveelheid ter grootte van ongeveer 95% van het via de Zandmotor aangebrachte volume zand nog steeds aanwezig is (zie figuur 11). Dit is zeker niet allemaal hetzelfde zand als dat bij de suppleties is aangebracht. De Delflandse kust is immers een 'open systeem', waarin zand wordt uitgewisseld met aangrenzende gebieden. Een overheersende stroming voert zand langs de kust in noordelijke richting. Merk ook op dat er ten zuiden van de Zandmotor, ongeveer ter hoogte van 's-Gravenzande, in 2013 een onderwatersuppletie is uitgevoerd van 1,5 miljoen m³. Deze was al gepland voordat de Zandmotor werd aangelegd.

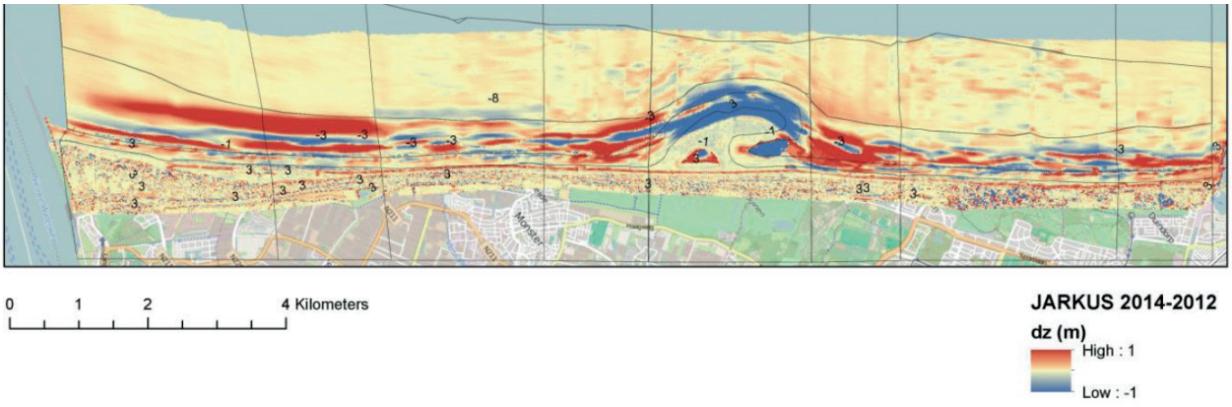
De 5% zandvolume die niet meer in het meetgebied aanwezig is, is waarschijnlijk voor een belangrijk deel net daarbuiten terug te vinden, zowel in de duinen als in dieper water. Ook daar is dit zand deel van het kustfundament en zal op lange termijn 'meehelpen' aan het bestrijden van erosie.

Zandvoorraden tussen Hoek van Holland en Scheveningen

Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het kustfundament voor de Delflandse kust, zijn de zesjaarlijkse metingen (de zogenaamde vaklodingen) van Rijkswaterstaat nodig.



Figuur 12A: Zandvolumes tussen Hoek van Holland en Scheveningen in de periode tot juist na aanleg van de Zandmotor, gebaseerd op de 6-jaarlijkse metingen van Rijkswaterstaat van het gehele kustfundament. Rood is hoogtetoename, blauw is hoogteafname. Behalve de groei van de kustzone door achtereenvolgens reguliere zandsuppleties, kustversterking en Zandmotor, zien we de winput voor de zandmotor (blauw, midden-boven, juist buiten de -20 meterlijn) en de plaatsen waar gebaggerd sediment uit de toegangsgeul voor de Rotterdamse haven is gelost (rood, linksboven, juist binnen de -20 meterlijn).



Figuur 12B: Ontwikkeling van zandvolumes tussen Hoek van Holland en Scheveningen na de aanleg van de Zandmotor. Rood is hoogtetoename, blauw is hoogteafname. Duidelijk te zien is de erosie op de kop van de Zandmotor en de aangroei ten noorden (rechts) en zuiden (links) daarvan. Ook is de onderwatersuppletie uit 2013 ter hoogte van 's-Gravenzande aan de linkerkant van de figuur goed zichtbaar.

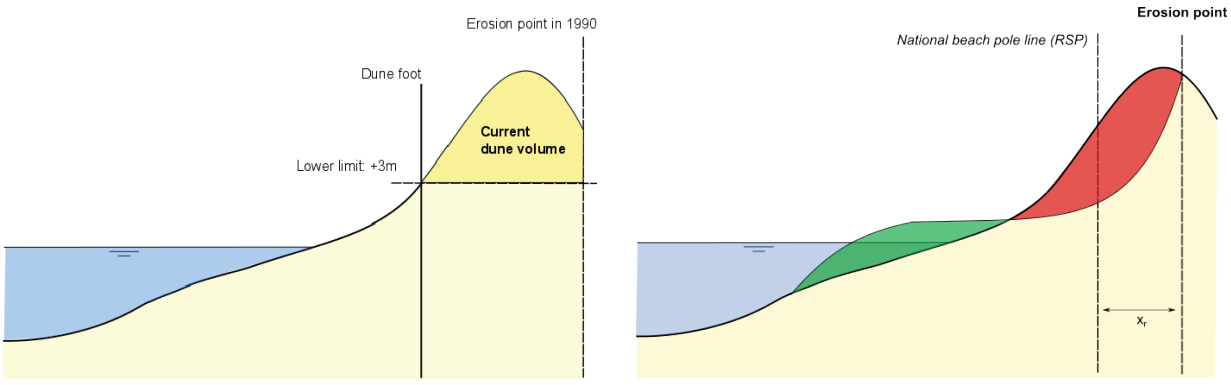
Figuur 12A laat de laatste metingen zien (uit 2011), in vergelijking met de metingen van 18 jaar eerder. Een goed beeld van de ontwikkeling van het kustfundament na aanleg van de Zandmotor ontstaat pas na de volgende meting, in 2017.

Om wel een beeld te hebben van de ontwikkeling van de gehele Delflandse kust na aanleg van Zandmotor is Figuur 12B toegevoegd. Deze is gebaseerd op de jaarlijkse metingen van het ondiepere deel van het kustfundament (tot -8 meter). Deze figuur suggereert dat er rondom de Zandmotor enige toename is van zand in wat dieper water (buiten het meetgebied van Figuur 10).

Duinaangroei

De aangroei van duinen wordt onder meer bepaald aan de hand van het 'momentane duinvolume' en de 'positie van het afslagpunt' (zie figuur 13). Het momentane duinvolume is een maat voor het volume zand dat in de waterkerende duinen ligt, boven de 3 m + NAP. Het zand dat op het strand ligt (lager dan 3 meter + NAP) hoort niet bij dit volume. Het 'momentane duinvolume' vertelt ons dat de duinen tussen Hoek van Holland en Scheveningen al decennia gestaag hoger en/of breder worden. Aanvankelijk kwam dit vooral door het uitvoeren van strand- en duinsuppleties en door de aanleg van de van Dixhoorndriehoek. Vanaf 1990 dragen reguliere suppleties daaraan bij.
Na aanleg van eerst de kustversterking en daarna de Zandmotor is de trend van het 'momentane duinvolume', waarschijnlijk tijdelijk, anders geworden. De duinvoet, de 3-meter-lijn, schuift bijvoorbeeld landwaarts. Dat betekent echter niet dat de feitelijke grens van de duinen achteruit gaat. De grens van 3 meter hoogte lag na de aanleg van kustversterking en Zandmotor op het hogere deel van het strand en niet langer bij de 'knik' in het profiel die de echte duinvoet is en waar de vegetatie begint. Het gaat dus niet om een feitelijke achteruitgang, maar om een herverdeling van het zand op het hogere strand.

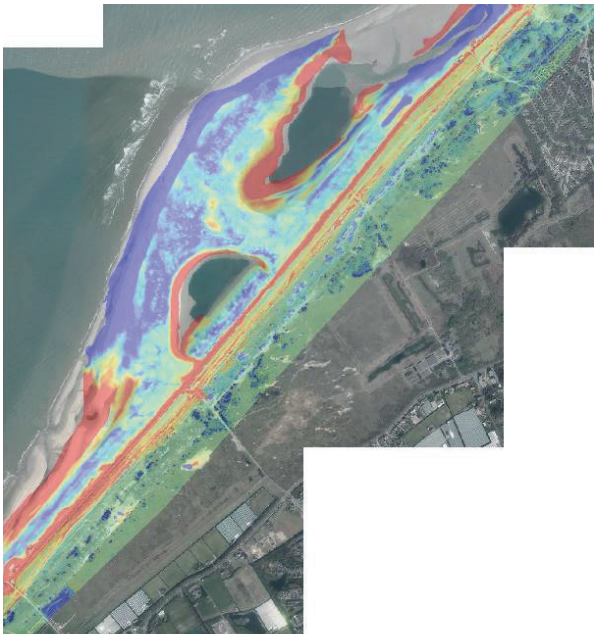
De positie van het afslagpunt ontwikkelt zich ook positief en verplaatst zich zeewaarts. Dit verloopt in enkele kustvakken in een iets lager tempo dan in de periode vóór aanleg van de Zandmotor.



Figuur 13: Rekenmethodiek voor bepaling van momentaan duinvolume en 'positie van het afslagpunt'. Het afslagpunt uit 1990 is de plaats tot waar in 1990 bij een maatgevende storm afslag plaats kon vinden.

Het duinvolume zelf neemt toe, maar wat minder snel dan voor de aanleg van de Zandmotor. Dat lijkt vreemd omdat er feitelijk nu meer zand voor aangroei beschikbaar is. Dit kan voor het midden van de Zandmotor verklaard worden doordat het duinmeer en de lagune veel stuivend zand invangen, waardoor er minder zand naar de achterliggende duinen stuift dan eerder.

Op basis van de waarnemingen en de bestaande kennis van de Hollandse kust mag verwacht worden dat het zand van de Zandmotor zich de komende jaren verder langs de kust verspreidt, waardoor er ten zuiden en ten noorden bredere stranden ontstaan, die op termijn de duinaangroei doen toenemen. De duinen direct achter het duinmeer en de lagune zullen waarschijnlijk pas sneller in volume toenemen als het duinmeer en de lagune zijn opgevuld met zand. Dit laatste is voor de kustveiligheid overigens geen probleem.



Figuur 14: Hoogteveranderingen september 2011 - maart 2015. In rood: ophoging van 0,5 m en meer, in blauw: erosie van 0,5 m en meer. Bron: Witteveen en Bos et al, 2016.

3.2.4 Effect op lange termijn kustveiligheid

Voor het bepalen van het effect van de Zandmotor op de lange termijn kustveiligheid tussen Hoek van Holland en Scheveningen is de dataset van vier jaar relatief kort. Er zijn alleen uitspraken te doen over de initiële invloed van de aanleg van de kustversterking en de Zandmotor samen. De effecten van beide ingrepen en de natuurlijke aanpassing daarop zijn niet van elkaar te onderscheiden.

De resultaten tot nog toe wijzen op een positieve initiële ontwikkeling van de kustveiligheid, vooral nabij de Zandmotor. Dat is niet verwonderlijk, want er is ook veel meer zand aangebracht dan benodigd zou zijn geweest voor reguliere suppleties in de afgelopen vier jaar. Het is daarentegen ook evident dat over een periode van 20 jaar (de initieel verwachte levensduur van de Zandmotor) er voor het handhaven van de basiskustlijn via reguliere suppleties in totaal minder zand nodig zou zijn geweest dan door aanleg van de Zandmotor is aangebracht. Het zand zou dan op precies de juiste tijd, op precies de juiste plek zijn aangebracht. Het via de Zandmotor extra aangebrachte volume draagt echter in zijn geheel wel bij aan de instandhouding van het kustfundament tussen Hoek van Holland en Scheveningen. De kustlijn is ter plekke van de Zandmotor en direct ten noorden en zuiden ervan zeewaarts verplaatst en ligt voorlopig zeewaarts van de basiskustlijn.

3.3 Evaluatie en samenvatting

De grote hoeveelheid zand van de Zandmotor heeft een positief effect op de veiligheid van de kust, vooral nabij de Zandmotor. Dat is niet verwonderlijk, want er is veel meer zand aangebracht dan benodigd zou zijn geweest voor reguliere suppleties in de afgelopen vier jaar. De kustlijn is zeewaarts van de basiskustlijn komen te liggen.

Sinds 2011 zijn de contouren van de Zandmotor sterk veranderd. De waargenomen ontwikkelingen passen bij de verwachtingen.

Dankzij de Zandmotor is er een dynamisch gebied gevormd waar zee, zand en water vrij spel hebben, op een wijze die past bij het Nederlandse kustbeleid.

Golven en stroming verplaatsen zand van de Zandmotor naar de onderwateroever en naar de aangrenzende stranden aan de noordoost- en de zuidwestkant. Daar is het strand breder geworden. Het zandlichaam werd in vier jaar ongeveer 260 meter smaller en 2,2 kilometer langer. Op sommige plaatsen is de waterlijn nog sterker teruggeweken, bij de punt van de Zandmotor bijvoorbeeld met circa 350 meter. In het meetgebied is na vier jaar nog een extra zandhoeveelheid ter grootte van 95% van het aangebrachte zand terug te vinden.

04. De zandmotor als aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied

4.1 Zandmotor als extra natuurgebied

4.1.1 Achtergrond

De kustzone is het leefgebied van een groot aantal soorten planten en dieren. Met de aanleg van de Zandmotor is beoogd een aantrekkelijk nieuw gebied te scheppen hiervoor, via een nieuw stukje dynamische kust. Door het achterwege laten van beheermaatregelen krijgen golven, stromingen en wind vrij spel om de overvloed aan zand te verspreiden en de basis te leggen voor nieuwe natuur in de ondiepe zee (de vooroever), op het strand en in de duinen.

De biodiversiteit van de ondiepe kustzone (de vooroever) en het natte strand wordt sterk bepaald door factoren zoals voedselrijkdom, mate van dynamiek (bodemveranderingen, stroomsnelheden) en de samenstelling van het sediment. Veel van deze factoren hangen af van bodemvorm en waterdiepte.

De belangrijkste soortgroepen die in deze zone voorkomen zijn bodemdieren (in en op de bodem), vissen, vogels en zoogdieren. Deze groepen zijn via de 'voedselketen' met elkaar verbonden. Bodemdieren zijn bijvoorbeeld voedsel voor vogels en vissen en (indirect) voor zeezoogdieren. Effecten op bodemdieren hebben dus invloed op andere soortgroepen.

Op het droge strand wordt het leefmilieu voor flora en fauna bepaald door dynamiek (vooral verstuiving, overstuiving en periodieke overstroming), bodemligging, vochthuishouding, zoutgehalte, voedselrijkdom en menselijke activiteiten. Voor nieuwe duinvorming is de mogelijkheid van het groeien van helmgras een belangrijke voorwaarde. Het gras blijft door instuivend zand in goede conditie en kan nog meer zand invangen.

4.1.2 Verwachtingen

Bij de aanleg van de Zandmotor werd verwacht dat de variatie in leefgebieden ging toenemen, door grotere verschillen in dynamiek en sedimentsamenstelling. De diversiteit aan soorten kon daardoor toenemen. Voor bodemdieren werd verwacht dat de aanleg van de Zandmotor meer kansen zou bieden aan lang levende soorten omdat er niet 3-5-jaarlijks gesuppleerd meer hoeft te worden. Bodemdieren worden bij reguliere vooroever- en strandsuppleties steeds onder een

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de natuur – zowel levend als niet-levend – zoals deze zich in de afgelopen jaren op de Zandmotor heeft ontwikkeld en van de ontwikkeling van de recreatie. Deze informatie draagt bij aan het beantwoorden van de vraag in hoeverre er door aanleg van de Zandmotor 'aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied is toegevoegd aan de Delflandse kust'.

laag sediment begraven. Weliswaar verspreidt het zand zich ook na de aanleg en over een groter gebied uit, het meest in het gebied ten noorden van de Zandmotor. De intensiteit van de bedekking door zand is echter van een andere orde. De bodemdieren in de dynamische vooroever zijn daaraan in principe al aangepast (het bedekt worden met een laagje zand via de natuurlijke zandtransporten bij de kust).

Verder was het de verwachting dat de grillige morfologie van de vooroever en de beschutte ligging van de lagune een positief effect zouden hebben op de aanwezigheid en de ontwikkeling van juveniele vis. Vis in de kustzone bestaat voor een groot deel uit juveniele vis, zeker dichtbij het strand. Een deel van deze juveniele vis nestelt zich in het voorjaar/begin zomer in de kustzone, waar ze de hele zomer groeien. De lagune zou ook steltlopers en zeevogels aantrekken en bovendien een aantrekkelijk foerageer- en rustgebied kunnen vormen voor zeezoogdieren.

4.1.3 Opgetreden ontwikkelingen in de ondiepe kustzone en op het natte strand

Het blijkt dat de Zandmotor effect heeft op de sortering van het sediment. Hierdoor is de variatie in de bodemsamenstelling toegenomen. Er zijn bijvoorbeeld gebieden met relatief fijne sediment ontstaan in de diepere vooroever, net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor. Op de kop van de Zandmotor ligt veel grover zand.

De lagune kenmerkt zich door relatief fijn sediment, dat afwijkt van het materiaal dat op het strand en de vooroevers wordt aangetroffen. De randen rond de lagune lijken op een wadplaat en zijn rijk aan bodemdieren en foeragerende vogels.

Bodemdieren en juveniele vis

De variatie in bodemdiergemeenschappen is groot. Zoals gebruikelijk in dit soort systemen varieert de samenstelling van jaar tot jaar. De dominante factor in de samenstelling van de gemeenschap is de waterdiepte. Doordat er rondom de Zandmotor sediment ligt van verschillende korrelgrootten, bestaan er lokale patronen in de bodemdiergemeenschap. De gebieden met relatief fijn sediment, net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor, zijn relatief soortenrijk en hebben een hoge biomassa. Bij de Zandmotor zelf, waar grover zand ligt, is het relatief arm aan bodemdieren. Er zijn geen aanwijzingen dat het gebied ten noorden van de Zandmotor, waar een deel van het zand

van de Zandmotor wordt afgezet, zich als geheel anders ontwikkelt dan vergelijkbare gebieden langs de Hollandse kust.

De randen van de lagune zijn rijk aan soorten. Vlak na aanleg van de Zandmotor kwamen er ook veel bodemdieren voor in het diepere water van de lagune. Daarna zijn er zuurstofproblemen ontstaan, zeer waarschijnlijk als gevolg van accumulatie van organische stof en een beperkte wateruitwisseling met de Noordzee. Daardoor komen in het diepe deel op dit moment nog maar weinig soorten voor en zijn de aantallen laag. Deze soorten hebben wel een meerwaarde, omdat ze niet vaak worden aangetroffen bij de Hollandse kust. De beschutte lagune was in het begin een geschikte plek voor vooral juveniele schol. Maar omdat de waterkwaliteit daar achteruit is gegaan is dit nu niet langer het geval.

Er zijn nog geen conclusies mogelijk over het effect van de Zandmotor op de ontwikkeling van langer levende soorten bodemdieren ten opzichte van een regulier suppletieprogramma. De Zandmotor ligt er nu vijf jaar, een periode die net zo lang is als de periode tussen reguliere suppleties. De bodemdiergemeenschappen zitten dus nog in eenzelfde fase van herstel. Of zich in het dynamische milieu van de Delflandse kust langer levende soorten zich überhaupt kunnen gaan ontwikkelen is niet zeker.

Vogels

Tussen 2011 en 2015 zijn tegen de 40 vogelsoorten op meer dan incidentele basis waargenomen op en rond de Zandmotor. Met incidentele waarnemingen erbij zijn dit er meer dan 50. De verdeling van het aantal individuen per soort verschilt enorm. De kokmeeuw is verreweg de talrijkste vogelsoort.

Ook andere meeuwensoorten zoals stormmeeuw en zilvermeeuw maken een relatief groot deel uit van de waarnemingen. Bovendien zijn fuut en aalscholver veel waargenomen.
Er zijn 5 soorten steltlopers aangetroffen. De aantallen zijn echter relatief laag, met uitzondering van de scholekster. In het middelste deel van de Zandmotor, dat vooral uit strand bestaat, komen meer drieteenstrandlopers en rosse grutto's voor dan in vergelijkbare referentiegebieden.

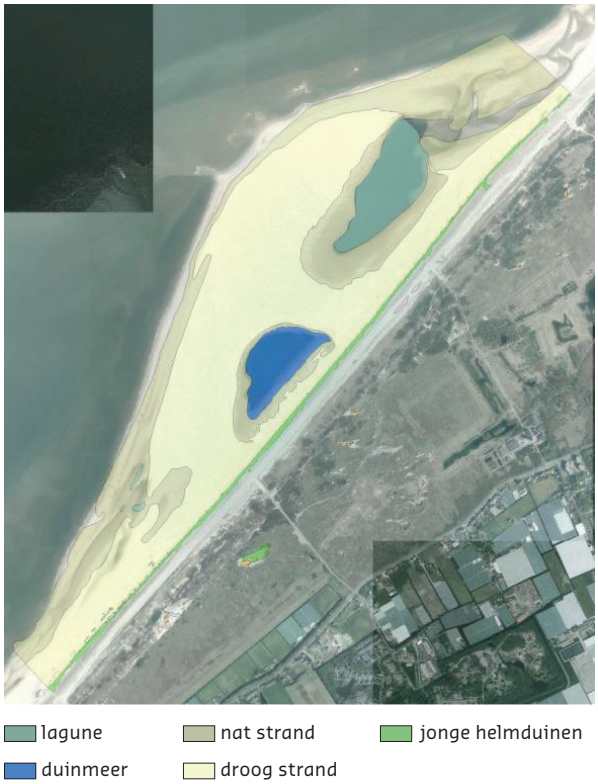
Op basis van het aantal waargenomen vogels in de lagune, wordt vermoed dat de lagune geschikt is voor circa 13 vogelsoorten. Dat geldt vooral voor de steltlopers, enkele meeuwensoorten en de aalscholver.

Van de meeste vogelsoorten worden de grootste aantallen waargenomen boven zee. Voor een redelijk aantal soorten is zowel het strand als de zee van belang, terwijl er maar weinig soorten voornamelijk op het strand worden gezien. Er zijn vrijwel geen vogels in het duinmeer aangetroffen.

Er broeden tot nu toe geen vogels op de Zandmotor. Er zijn wel aanwijzingen voor broedpogingen van bontbek- en strandplevier. Qua biotoop lijkt de Zandmotor goed geschikt te zijn voor kustbroedvogels, zoals strand- en bontbekplevier. Ook voor scholekster, visdief en dwergstern lijkt geschikt broedgebied aanwezig. Hoewel geen causaal onderzoek is gedaan, kan worden aangenomen dat het relatief intensieve gebruik van het gebied door uiteenlopende groepen bezoekers en de vele honden de belangrijkste oorzaken zijn van het (vrijwel) ontbreken van deze verstoringsgevoelige kustbroedvogels.

Zeezoogdieren
Door het geringe aantal tellingen en waargenomen zeezoogdieren is er geen conclusie te trekken over het effect van de Zandmotor op de gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis in het gebied. Wel zijn er meldingen van zeehonden op verschillende publieksfora. Het lijkt evident dat de Zandmotor overdag nauwelijks wordt gebruikt door zeehonden, hoogstwaarschijnlijk door de recreatiedruk.

4.1.4 Opgetreden ontwikkelingen strand en duinen



Figuur 15: Dynamische geomorfologische structuren op de Zandmotor.

Algemeen beeld
Het zandlichaam van de Zandmotor bestaat overwegend uit breed, relatief vlak en zeer dynamisch strand. Sinds de aanleg is het areaal droog strand met ongeveer 40 hectare afgenomen, ten gunste van het oppervlak nat strand. Rondom het duinmeer breidde het oppervlak nat strand zich uit van minder dan 1 hectare in 2011 tot ruim 5 hectare in 2014. Ook de uitbreidingen van de Zandmotor aan de noord- en de zuidzijde bestaan

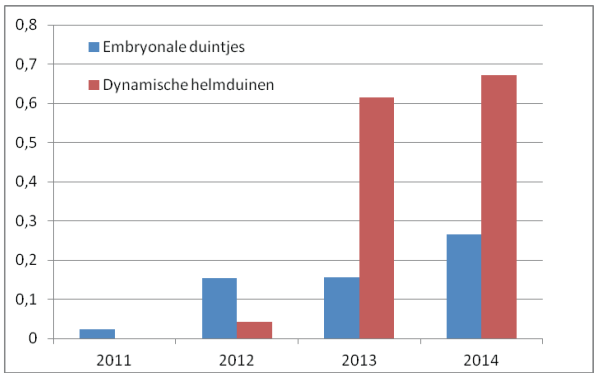
overwegend uit nat strand. Het droge strand is hier niet of nauwelijks groter geworden (zie figuur 15). Het landschap oogt nu veel natuurlijker dan kort na aanleg, waardoor het gebied is gaan lijken op de zeer dynamische open kustnatuur die we kennen van de koppen van de Waddeneilanden.

Duinaangroei

In hoofdstuk drie stond al dat de ontwikkeling van nieuw duingebied op de Zandmotor traag verloopt, zeker in vergelijking met de situatie vóór aanleg van de Zandmotor en de kustversterking. Op de Zandmotor zijn op bescheiden schaal nieuwe duintjes ontstaan, ongeveer één hectare in totaal. Ongeveer 30% hiervan bestaat uit losse duinvormen (embryonale duinen van helm of biestarwegras) die verspreid op de Zandmotor liggen. De andere 70 % wordt gevormd door helmduinen aan de oostrand van de Zandmotor, tegen de zeereep aan (zie figuur 16). Vooral de laatste hebben een sterke hoogtetoename, met een groei in vier jaar tijd tot ruim twee meter.

De ontwikkeling van duintjes blijkt in het noordelijk en het middendeel van de Zandmotor vooral op gang te komen door de vestiging van helm; in het zuiden is dat vooral biestarwegras. Beide grassen kunnen ontkiemen op het strand. Zodra de duintjes zich uitbreiden is helm bijna altijd de dominante soort. Helmgras vangt met zijn stugge bladeren veel zand in en kan met verticale en horizontale wortelstokken snel uitgroeien. Op plaatsen met flinke aanstuiving, is de helm vitaal, bloeit de plant volop en vangt vervolgens nog meer zand in.

De sterkste duingroei vindt plaats op het buitentalud van de kustversterking, dus net buiten de eigenlijke Zandmotor. In vier jaar groeide het talud omhoog van 1 tot ruim 3 meter, over een totale oppervlakte van bijna 4 hectare. Dat de duinontwikkeling hier zo snel gaat, komt zeer waarschijnlijk omdat daar al helmgras was ingeplant, waardoor effectief zand wordt ingevangen. Hierbij wordt ecologisch minder



Figuur 16: Oppervlakte embryonale duinen en jonge helmduinen (in hectare). Bron: Vertegaal et al., 2016.

waardevolle ingeplante helm vervangen door het habitattype 'Witte duinen'

Eén van de redenen dat de duinaangroei achterblijft bij de verwachtingen is het invangen van zand door het duinmeer en de lagune. De duinen die in de 'windschaduw' hiervan liggen groeien daarom minder sterk aan dan in de aangrenzende kustgedeelten. Waarschijnlijke andere oorzaken zijn:

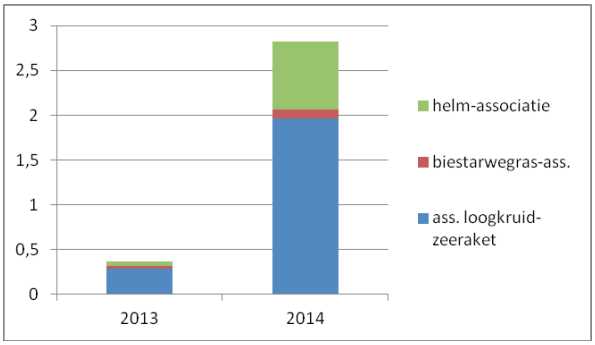
- Het verwijderen van afval van het strand van de gemeente Den Haag, terwijl juist afval een aanzet kan geven tot nieuwe duinvorming;
- Het berijden van het strand, dat duinvorming onderdrukt / onmogelijk maakt;
- Betreding, wat de ontwikkeling van nieuwe duinen belemmert. Om dit effect te beperken is inmiddels een aantal terreindelen afgezet met rasters. Dit is echter nauwelijks effectief omdat de invloed het grootst is in de eerste fasen van duinvorming, als de duintjes nog klein zijn (tot enkele decimeters). Deze miniduinen worden niet uitgerasterd.

Vegetatie

De droge schrale bodem, de zoute zeewind en het hard rondstuivende zand vormen voor planten een extreem milieu. De vestiging van vegetatie verloopt daar traag. De planten die zich weten te vestigen staan vaak ver uit elkaar of vormen hooguit ijle vegetaties. Door de hoge dynamiek

Figuur 17: Twee stroken rijsporen met een 'middenberm' van duintjes. Bron: Vertegaal et al., 2016.

verdwijnt een deel van de plantengroei weer binnen één of twee jaar. Alleen op de hoge landwaartse rand van de Zandmotor zijn inmiddels wat meer stabiele en gesloten vegetaties met helmgras ontstaan.



Figuur 18: Gekarteerd oppervlak vegetatietypen in 2013 en 2014 (in ha). Bron: Vertegaal et al., 2016.

Vanwege het nog vrijwel ontbreken van plantengroei is de vegetatie in 2011 en 2012 niet gemonitord. De eerste integrale karteringen zijn uitgevoerd in 2013 en 2014. In die twee jaar nam het aantal individuele planten flink toe. Het gaat absoluut gezien nog om kleine aantallen. In 2014 werden 11 soorten aangetroffen, waaronder de rode lijst soort 'blauwe zeedistel'.

4.2 Recreatie

4.2.1 Achtergrond

Veel Nederlanders waarderen het open landschap van strand en duinen en gaan graag naar de kust voor het beleven van leegte, duisternis, water, wind, storm, zon, getijden, seizoenen, zichtbare gradiënten in het landschap en de contrasten met het drukke achterland. Vanuit die achtergrond, was de provincie Zuid-Holland al langer op zoek naar mogelijkheden om voor de Delflandse kust een aantrekkelijk nieuw gebied te creëren. Verwachting was dat aanleg van de Zandmotor meer ruimte zou bieden aan recreatie.

4.2.2 Ontwikkelingen

Uit recreatie-onderzoek blijkt dat de vier belangrijkste recreantengroepen badgasten, hondenuitlaters, wandelaars en (kite-, golf-, en wind) surfers zijn. Vooral voor kitesurfers is de Zandmotor een 'hotspot' geworden. In de lagune vinden zij zowel de benodigde zeewind, als wat veiligere, rustigere golfcondities. Samen met uiteenlopende buitenactiviteiten zoals paardrijden, vissen en hardlopen vinden er nu meer vormen van recreatie plaats op het strand tussen Ter Heijde en Kijkduin dan voorheen.

Recente tellingen en enquêtes laten zien dat de meeste recreatie 'aan de randen' van de Zandmotor plaatsvindt. De helft van de mensen blijft op het doorgaande strand. Enkele verschuivingen ten opzichte van eerder onderzoek zijn:

- minder badgasten
- meer mensen die een dagje (met de auto) naar het strand komen
- meer bezoekers met een hond
- meer kitesurfers
- meer avondbezoek

Uit de enquêtes blijkt dat het bezoekende publiek steeds meer bekend raakt met de verschillende aspecten van de Zandmotor. Tijdens en direct na

de aanleg van de Zandmotor werd er gematigd kritisch naar gekeken. Nu is een steeds grotere groep positief over de Zandmotor en ondervindt het project brede steun.

4.3 Evaluatie en samenvatting

Door de Zandmotor is er een extra gebied aan de kust toegevoegd, met mogelijkheden voor natuur en recreatie die voorheen niet beschikbaar waren aan de Hollandse kust (zoals wadachtige milieus, een beschutte lagune en grote strandvlakten).

Over het geheel gezien namen de natuurwaarden door aanleg van de Zandmotor toe. De spit, de sterk veranderende zandbanken en de lagune zijn landschapsvormen die verder nauwelijks aanwezig zijn langs de Hollandse kust. Door de vorm van de Zandmotor is het aantal verschillende habitats voor bodemdieren, vogels en vis toegenomen. Vooral het beschutte, ondiepe deel van de lagune en de randen eromheen zijn aantrekkelijke gebieden voor bodemdieren en vogels. Het diepe deel van de lagune kende in 2015 weinig ecologische waarden, als gevolg van de beperkte wateruitwisseling met de Noordzee en de afname van het zuurstofgehalte. Hierdoor is de functie voor jonge vis nu beperkt.

Qua bodemdieren was er in 2015, 4 jaar na de aanleg van de Zandmotor, nog geen duidelijke verschuiving naar langer levende bodemdiersoorten te zien in vergelijking met de reguliere suppleties. Of zich in het dynamische milieu van de Delflandse kust langer levende soorten kunnen gaan ontwikkelen, is nog de vraag.

Het areaal nieuw gevormde duinen is met minder dan 1 hectare in absolute zin nog zeer bescheiden. De nieuwe duintjes liggen vooral op de oostrand van de Zandmotor, tegen de voet van de kustversterking, en ook ten zuidwesten van de zandmotor. Op het buitentalud van de kustversterking vindt de meeste duinvorming plaats, waarbij ecologisch minder waardevolle ingeplante helm is vervangen door het habitattype 'Witte duinen'. De nieuwe duintjes zijn erg dynamisch en daardoor landschappelijk aantrekkelijk.

Dat zich nog maar op beperkte schaal duintjes ontwikkelen is waarschijnlijk een gevolg van:

- Zandinvang door de lagune en het duinmeer.
- Het feit dat de Zandmotor er nog vrij kort ligt en er initieel geen duinvormen zijn aangelegd en geen helm is aangeplant. Het proces van duinvorming wordt daardoor geheel aan de natuur overgelaten en verloopt weliswaar natuurlijk maar ook relatief traag.
- De keuzes in het beheer: het is evident dat het gemotoriseerde verkeer op de Zandmotor de duinontwikkeling afremt.

Het aantal plantensoorten en het aantal groeiplaatsen neemt toe, maar als geheel is de Zandmotor mondjesmaat begroeid. Het gaat om kenmerkende biestarwegras- en helmvegetaties, habitattypen waarvoor Nederland een internationale verplichting heeft. Op enkele plekken groeit de Rode Lijstsoort blauwe zeedistel. Tussen 2011 en 2015 zijn tegen de 40 vogelsoorten op meer dan incidentele basis waargenomen op en rond de Zandmotor. De kokmeeuw is verreweg de talrijkste vogelsoort. Andere soorten die regelmatig worden waargenomen zijn stormmeeuw, zilvermeeuw, fuut en aalscholver. Er zijn 5 soorten steltlopers aangetroffen. Er broeden tot nu toe geen vogels op de Zandmotor. Door het geringe aantal officiële tellingen is er weinig te zeggen over de betekenis van de Zandmotor van zeezoogdieren zoals de zeehond.

De Zandmotor ligt er nu bijna vijf jaar en onderscheidt zich qua frequentie van zand aanbrengen nog nauwelijks van reguliere suppleties. Daardoor kunnen beide vormen van suppleties nog niet goed met elkaar worden vergeleken. Daarvoor is meer tijd nodig.

De vier belangrijkste recreantengroepen zijn tegenwoordig badgasten (hoewel relatief minder dan voorheen), hondenuitlaters, wandelaars en (kite-, golf-, en wind)surfers. Het aantal vormen van recreatie op het strand tussen Ter Heijde en Kijkduin is groter dan voor de aanleg van de Zandmotor. De aanwezige recreanten waarderen de Zandmotor hoog.

05. Het beheer van de Zandmotor

5.1 Beheerafspraken

In de beheerovereenkomst pilot Zandmotor (juni 2010) is afgesproken dat de provincie Zuid-Holland primair verantwoordelijk is voor het dagelijks beheer op de Zandmotor. Het beheer van de Zandmotor is opgesplitst in drie delen:

1 Toezicht en strandbewaking (inclusief zoneringen door bijvoorbeeld zwemverbod). Hierover zijn afspraken gemaakt tussen provincie Zuid-Holland, Veiligheidsregio Haaglanden, gemeente Westland, gemeente Den Haag en de vrijwillige reddingsbrigades van 's-Gravenzande, Monster en Den Haag. Deze afspraken zijn opgenomen in de samenwerkingsovereenkomst Strand- en zwemveiligheid pilot Zandmotor.

2 Natuur- en recreatiebeheer op de Zandmotor. Het Zuid-Hollands Landschap levert hier ook een bijdrage aan. Het beheer bestaat uit activiteiten met verschillende frequenties:
   - Dagelijkse beheeractiviteiten zoals toezicht op recreanten en informatievoorziening;
   - Periodieke beheeractiviteiten zoals schoonmaken en monitoring van flora en fauna;
   - Bijzondere beheermaatregelen, indien dit nodig is, bijvoorbeeld in het geval van de vorming van steile geulranden door de dynamiek van de Zandmotor.

3 Beheer van de natuur buiten de Zandmotor. De aanleg van de Zandmotor heeft invloed op het achterliggende Natura 2000-gebied Solleveld. De provincie Zuid-Holland en Dunea hebben een convenant ondertekend waarin is vastgelegd welke maatregelen uitgevoerd worden om eventuele negatieve effecten van de Zandmotor op de natuur en drinkwaterwinning in Solleveld te mitigeren.

Door de dynamiek en het pilotkarakter van de Zandmotor moet het beheer inspelen op nieuwe en onverwachte ontwikkelingen. Over eventuele maatregelen wordt besloten in een beheerders-overleg dat eens per halfjaar plaats vindt.

Bij de aanleg van de Zandmotor is er bewust voor gekozen om het gebied in principe niet te 'zoneren'. Dat wil zeggen: geen specifieke zones aan te wijzen waar recreatie toelaatbaar is en waar niet. Alleen als de veiligheid dat vereiste, zouden bepaalde gebieden worden afgesloten.

Bij aanleg van de Zandmotor is gesteld dat er ' voldoende en adequate informatie moet worden vergaard om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren'.
Dit hoofdstuk gaat dieper in op het beheersen van de risico's van de Zandmotor voor recreanten en het voorkómen van ongewenste invloeden op het grondwater en op de natuurwaarden van bestaande duinen.

Het is bekend dat de ontwikkeling van bepaalde natuurwaarden, zoals prille duinvorming of de vestiging van broedvogels, kan worden beïnvloed door recreatie. Tegelijkertijd kan de ontwikkeling van een aantrekkelijk landschap tot op zekere hoogte wel samengaan met het bezoek van recreanten.

5.2 Beheersen van de risico's voor recreanten

Bij het beheer van de Zandmotor speelt de veiligheid van wandelaars en zwemmers een belangrijke rol. Immers: door het dynamische karakter van de Zandmotor zouden onveilige of ongewenste situaties kunnen ontstaan zoals muien en stromingen, de ontwikkeling van kliffen en de afzetting van slib op plaatsen waar dat voor de strandrecreatie niet gewenst is.

Verschillende keren is er sprake geweest van drijfzand. Dat was onder andere direct na de aanleg het geval, maar ook recenter ontstond er langs de randen van de lagune en het duinmeer drijfzand door instuivend zand. Daarop is snel ingespeeld met waarschuwingsborden (zie figuur 19). Verder gold er tijdens en direct na aanleg voor de hele Zandmotor een zwemverbod. Inmiddels is dit opgeheven. Ook in het duinmeer mag men zwemmen.

Figuur 19: Waarschuwingsborden voor zachte bodem zijn op verschillende lokaties en tijdstippen geplaatst ter bescherming van recreanten.

In het eerste jaar na aanleg zijn incidenteel wandelaars verdwaald (eenmaal een hele schoolklas) doordat ze de afbuigende kustlijn vanuit het zuiden volgden en niet de opening van de lagune konden oversteken om hun weg over het strand noordwaarts te kunnen vervolgen. Naar aanleiding hiervan zijn er bij elke strandopgang borden geplaatst met daarop foto's van hoog- en laagwater en een geschikte wandelroute.

Behalve voorlichting is de inzet van toezichthouders en een goed opgeleide reddingsbrigade belangrijk. De reddingsbrigade maakt sinds 2013 gebruik van een applicatie die een beeld schetst van stromingspatronen en mogelijk gevaarlijke zwemsituaties. De basis voor deze applicatie bestaat uit een speciaal ontwikkeld en goed bruikbaar zwemwaterveiligheidsmodel. Het is gebaseerd op bodemmetingen, die worden gebruikt om stromingen met de computer te simuleren. Als gevolg van de vele zandbanken rondom de Zandmotor is de reddingsbrigade uitgerust met waterscooters naast de traditionele reddingsboten om zodoende het hele beheergebied te kunnen bereiken.

Uit de in 2015 uitgevoerde evaluatie van het strandseizoen 2014 blijkt dat de organisatie van de strand- en zwemveiligheid van de Zandmotor redelijk soepel verloopt. Het kan wel verder worden geoptimaliseerd door een betere uitwisseling van ervaringen en gezamenlijke oefeningen. De reddingsbrigades en toezichthouders zijn steeds beter bekend met de Zandmotor en weten wanneer er gevaarlijke situaties kunnen plaatsvinden. De reddingsbrigades zijn enthousiast over de genoemde app met voorspellingen rondom de strand- en zwemveiligheid. Deze wordt doorontwikkeld.

Omdat de getijdegeul steeds meer bochten heeft gekregen is het gevaar voor het rechtstreeks wegdrijven van recreanten naar zee verder afgenomen. Daarnaast krijgen recreanten ook zelf meer kennis en ervaring van de Zandmotor, waardoor de sociale controle op de Zandmotor toeneemt.

De Zandmotor breidt zich zowel naar het zuiden als het noorden uit. Hierdoor wordt het gebied waarop toezicht gehouden dient te worden groter. Daarnaast is er meer tijd nodig om een surveillanceronde uit te voeren.

Partijen zijn het er over eens dat het huidige niveau van toezicht en strandbewaking op de Zandmotor gehandhaafd moet blijven. Door de morfologische ontwikkelingen, vooral de zandbankvorming ten noorden van de Zandmotor, is het niet wenselijk om het veiligheidsniveau af te bouwen. De Zandmotor verandert immers continu.

5.3 De invloed van de zandmotor op het duingebied Solleveld

5.3.1 Inleiding

De Zandmotor ligt zeewaarts van Solleveld, het duingebied tussen Kijkduin en Ter Heijde en onderdeel van Natura 2000-gebied 'Solleveld & Kapittelduinen'. Dergelijke gebieden zijn streng beschermd, niet alleen tegen ingrepen in het gebied zelf, maar ook tegen ongewenste invloeden van buitenaf. Voorafgaand aan de aanleg van de Zandmotor is daarom een 'passende beoordeling' opgesteld om eventuele effecten in beeld te brengen. Hierin is geconcludeerd dat de Zandmotor geen significante effecten zou hebben op beschermde natuurwaarden (zgn. 'instandhoudingsdoelen') als beheer in de buitenduinen van Solleveld zou worden geïntensiveerd (als mitigerende maatregel). Bij de verlening van de vergunning voor aanleg is de eis gesteld dat er goed zou worden gemonitord op mogelijke effecten van vooral:

- overstuiving en zandinwaai (sandspray);
- invloed van zoute zeewind (saltspray);
- veranderingen in vegetatie en broedvogels;
- vernatting door grondwaterstandstijging.

5.3.2 Overstuiving en zandinwaai (sandspray)

Door de aanleg van de Zandmotor kwam er zeewaarts van Solleveld een grote zandvlakte te liggen, waarop de wind vat kon krijgen. Daardoor zou er meer (kalkrijk) zand kunnen gaan stuiven naar Solleveld.

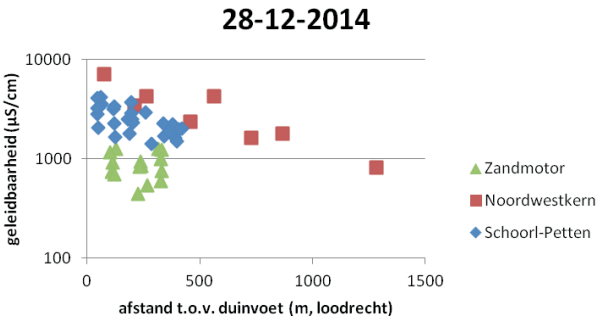
Sterkere verstuiving kan zowel positieve als negatieve effecten hebben. Enerzijds profiteert het habitattype 'Witte duinen', waar helmgras dominant is, van instuivend zand. Ook het habitattype Grijze duinen heeft baat bij enige overstuiving. Maar teveel zand, waarbij de vegetatie bedekt raakt, is nadelig voor de Grijze duinen. Als er zoveel zand in verstuiving raakt dat er grotere oppervlakken kaal zand ontstaan, is dat vanuit elk perspectief ongunstig, want die plaatsen worden niet tot een habitattype gerekend. Behalve de aanleg van de Zandmotor zijn er meer factoren die de zanddynamiek in dit gebied beïnvloeden, zoals de kustversterking, de aanleg van een fietspad, veegwerkzaamheden om het fietspad vrij te maken van zand, het jaarlijks steken van helm en begrazing in het deel van de duinen dat vóór de versterking nog aan zee grensde.

Het blijkt dat het totale dynamische oppervlak in Solleveld in de periode 2011-2014 ongeveer gelijk is gebleven. Duidelijke veranderingen in de kwaliteit van de habitats in Solleveld komen uit de resultaten niet naar voren. Een aantal waargenomen verschillen zijn desalniettemin het vermelden waard:

- Net buiten de Zandmotor, op de in 2010 aangelegde kustversterking, is de zanddynamiek flink toegenomen. Vanuit de Zandmotor stuift er veel zand landinwaarts naar de kustversterking. Hierdoor zijn op het kunstmatige aangelegde reliëf van de kustversterking, waar al veel helm door inplant aanwezig was, meer natuurlijke duinvormen ontstaan, met kale plekken en veel vitale helm. Dit is vergelijkbaar met een sterk aangroeiende zeereep. De kunstmatige helmaanplant (geen habitattype) verandert hierdoor in habitattype 'Witte duinen'.
- De verder landinwaarts gelegen zone (Zeerepen 1987) is sinds de aanleg van de Zandmotor juist minder dynamisch geworden. Daar namen de kale oppervlakken en de plekken met sterke overstuiving af. Waarschijnlijk is de kustversterking, dus niet de zandmotor, de oorzaak voor deze afname aan zanddynamiek. Deze vangt immers vrijwel al het zand in dat vanaf de Zandmotor stuift. Die afname in dynamiek is deels gecompenseerd door beheer, vooral door ingrepen om verstruiking tegen te gaan, zoals het verwijderen van duindoornstruwelen.
- In de nog verder landinwaarts gelegen duinen is de dynamiek net als voorheen gering. In grote lijnen stabiliseert het landschap zich verder, hoewel lokaal sommige stuifkuilen in omvang toenemen. Waarschijnlijk is dit geen gevolg van aanleg van de Zandmotor of de kustversterking.

Metingen met zandvangers leren dat vooral bij grotere windkrachten zand naar binnen stuift. Sinds de aanleg van de Zandmotor is de jaarlijkse hoeveelheid zand die naar de buitenduinen van Solleveld waait licht toegenomen. In absolute zin stuift er echter maar een beperkte hoeveel zand naar Solleveld; veel zand komt terecht op het buitentalud van de kustversterking. Het is goed mogelijk dat de hoeveelheid sandspray in de toekomst toeneemt, als de kustversterking in zijn geheel meer dynamisch wordt.

5.3.3 *Invloed van zoute zeewind (saltspray)*



Figuur 20: Saltspray in alle meetpunten bij de Zandmotor vergeleken met saltspraymetingen in dezelfde periode elders langs de Nederlandse kust. Bron: Vertegaal et al., 2016.

Saltspray is het proces waarbij de wind zoutdeeltjes naar de buitenduinen transporteert. Deze deeltjes gaan de ontwikkeling van struiken tegen. Saltspray is daarmee een belangrijke factor voor het behoud van het habitattype Grijze duinen. Zonder saltspray komen er meer houtige gewassen, die minder zouttolerant zijn dan de planten die karakteristiek zijn voor de (duin) graslanden die bij dit habitattype horen.
De branding is de belangrijkste bron voor het zout. Daarbij bepaalt de afstand tussen branding en buitenduin hoeveel deeltjes de duinen bereiken. De aanleg van de Zandmotor verplaatste de brandingszone zeewaarts en daarom werd verwacht dat de saltspray afnam.

Uit metingen blijkt dat de saltspray in het buitenduin van Solleveld al voor aanleg relatief laag is in vergelijking tot andere meetsites langs de Nederlandse kust (Schoorl-Petten en bij Bloemendaal) (zie figuur 20). Verder blijkt dat de Zandmotor in de afgelopen periode een duidelijk, statistisch significant, effect heeft gehad op de saltspray, met een afname van 26-33%. In welke mate dit negatief doorwerkt in de vegetatie (en daarmee ook op het biotoop van duinvogels) is nog niet te zeggen. Hiervoor ontbreken resultaten van ecologisch onderzoek omdat de data van de belangrijkste parameter (vegetatiestructuur) te laat zijn geleverd.
Het is mogelijk dat het effect van de Zandmotor op de afname in de saltspray in de duinen al weer vermindert. De Zandmotor is immers aan de zeezijde geërodeerd en de branding is weer dichter naar de kust geschoven.

5.3.4 Veranderingen in vegetatie en broedvogels

Vegetatie
Tussen 2011 en 2015 zijn de habitattypen in de buitenduinen - op relatief korte afstand van de Zandmotor - vrijwel niet veranderd. Op meer landinwaarts gelegen locaties zijn wel enige veranderingen te zien. Het gaat om veranderingen in habitattypes met nauw verwante vegetaties. De habitats kunnen daarom in allerlei overgangsvormen voorkomen en relatief kleine veranderingen in soortsamenstelling leiden dan al tot een andere toedeling.
Duidelijke veranderingen in de kwaliteit van de habitats komen niet naar voren. Of het totaal oppervlak van beschermde habitats is veranderd is (nog) niet bekend. Daarom wordt de ontwikkeling van vegetatie gevolgd via de analyse van luchtfoto's, waarbij de situatie uit 2009 wordt vergeleken met die uit 2015. De resultaten van die analyse zullen in de loop van 2016 beschikbaar zijn.

Broedvogels
In de duinen van Solleveld broeden tal van bijzondere en kenmerkende vogels van open duinen, duinmeren en -moerassen, -struwelen en -bossen. De aanleg van de Zandmotor kan invloed hebben op de broedvogelbevolking van Solleveld door veranderingen in de vegetatie.

De resultaten van de broedvogelmonitoring over de periode 2010-2013 leert dat de aantalsontwikkeling van sommige soorten in Solleveld afwijkt van de landelijke trends. Sommige soorten doen het beter dan de landelijke trend, andere juist slechter. Het lijkt er niet op dat de Zandmotor dit negatief beïnvloedt.
In het middenduin neemt de aalscholver significant toe. Deze soort foerageert op zee en gebruikt de Zandmotor om te rusten en de vleugels te drogen. De toename kan door de aanleg van de Zandmotor komen, maar de soort neemt in meer duingebieden toe.

5.3.5 Vernatting door grondwaterstandstijging

Veel neerslag die op de Zandmotor terecht komt zal in het zand wegzakken richting grondwater. Omdat zoet water lichter is dan het zoute grondwater, vormt zich een zoete regenwaterlens die op het zoute grondwater drijft. Als deze zoetwaterlens dikker wordt stijgt de grondwaterstand. Dit gebeurt

in principe in alle duingebieden en aangrenzende stranden. De Zandmotor vergroot het gebied waar zich een zoetwaterlens kan vormen en verandert de stromingen van het grondwater. Dit kan risico's voor de drinkwaterproductie opleveren. Hierom zijn kort na aanleg van de Zandmotor in de nieuwe duinregel van de Kustversterking 2010 pompputten geplaatst. De veranderingen kunnen leiden tot een stijging van het grondwaterpeil in Solleveld. Daardoor kan de bodem op relatief laag gelegen plekken natter worden, met gevolgen voor de aanwezige vegetaties en beschermde habitats van droge omstandigheden. Op vier plaatsen die gevoelig zijn voor vernatting wordt de vegetatie daarom gemonitord. Hieruit blijkt dat tussen 2012 en 2015 geen veranderingen zijn opgetreden in het aantal soorten dat duidt op veranderingen in droge en vochtige omstandigheden. Hiermee staat echter nog niet vast dat vernattingseffecten ook op langere termijn uitblijven. Dit type veranderingen in de grondwaterstand verloopt traag en kan bovendien worden 'gecamoufleerd' door jaarlijkse variatie in de drinkwaterproductie of de neerslag. Het onderzoek geeft geen indicaties van effecten van grondwaterstandstijging op broedvogels.

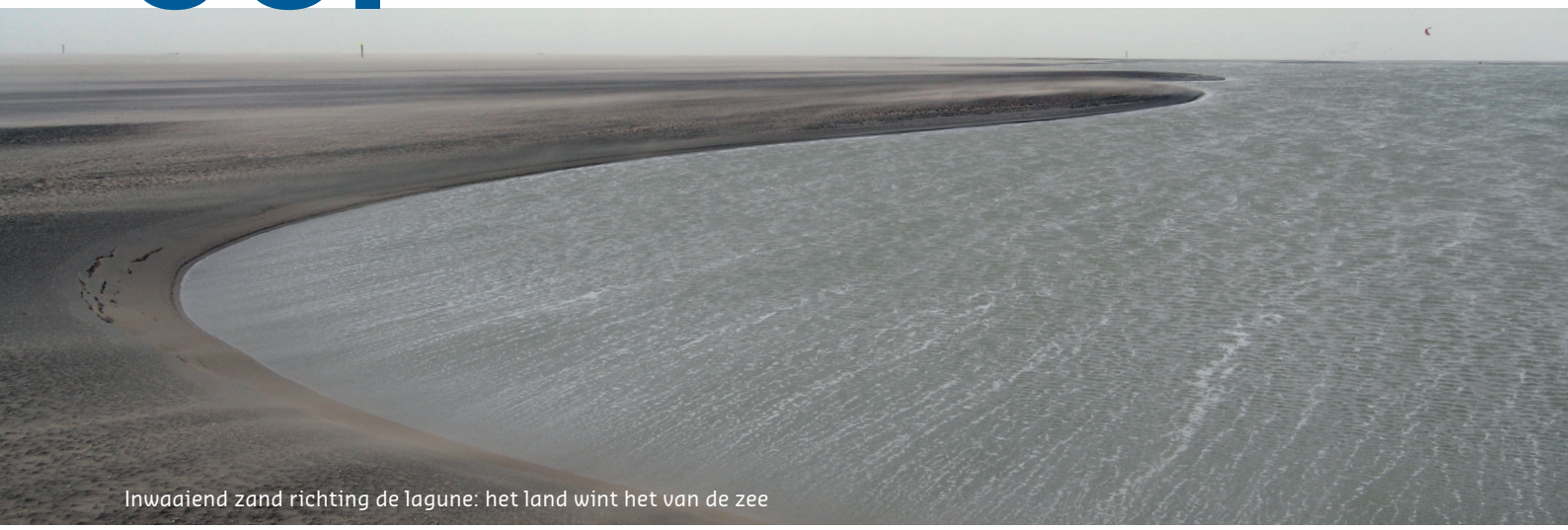
Voor deze rapportage waren geen data of rapporten over de ontwikkelingen van de grondwaterstanden beschikbaar zoals ze worden verzameld door het duinwaterbedrijf Dunea. De samenwerking tussen beheerders was op dit punt nog niet optimaal. Aanbevolen wordt dit te verbeteren zodat bij de finale MEP-rapportage (na 10 jaar Zandmotor) dit in orde is.

5.4 Evaluatie en Samenvatting

Er zijn geen veiligheidsproblemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst. De reddingsbrigade maakt sinds 2013 gebruik van een telefoonapplicatie, die in het kader van het monitoring- en evaluatieprogramma is ontwikkeld. Deze applicatie schetst een beeld van mogelijk gevaarlijke zwemsituaties (zwemwaterveiligheidsmodel). De monitoring levert input voor dit model. De organisatie van de strand- en zwemveiligheid van de Zandmotor verloopt goed. De gevaren voor zwemmers nemen af door het afnemen van de stroomsnelheden in de getijdegeul.

Mede dankzij het verzamelen van gegevens met behulp van Argus, radar, meetboeien, luchtfoto's etc. kan de Zandmotor goed beheerd worden en zijn grote incidenten uitgebleven.
Er zijn kleine effecten op de bestaande natuurwaarden in Solleveld waargenomen. Er is een lichte toename van de hoeveelheid inwaaiend zand (sandspray) in de buitenduinen. De hoeveelheid saltspray is landinwaarts van de Zandmotor afgenomen. Effecten van beide veranderingen op de vegetatie zijn zeer beperkt waargenomen.
Er zijn geen aanwijzingen voor effecten van veranderende zand- en zoutspray op broedvogels. Uit de korte meetreeks blijken nog geen effecten van grondwaterstandstijging ('vernatting'), maar het optreden van vernatting kan nog niet worden uitgesloten.
De effecten op beschermde duinhabitats kunnen nog onvoldoende worden beoordeeld, omdat een integrale kartering van duinvegetaties c.q. -habitats niet op tijd voor deze evaluatie beschikbaar was. Hierom is het nog niet mogelijk om definitief te stellen dat (negatieve) invloeden van de Zandmotor op Solleveld zijn voorkomen.

06. De Zandmotor: kennis en innovatie



Inwaaiend zand richting de lagune: het land wint het van de zee

6.1 Inleiding

Het kustonderzoek in Nederland heeft een lange geschiedenis. Uniek voor Nederland is dat er langdurige reeksen van meetgegevens beschikbaar zijn. Sinds 1965 wordt elk jaar de hoogteligging gemeten van transecten dwars op de kust (JARKUS raaien) en al sinds het midden van de 19e eeuw meet Rijkswaterstaat ook de ligging van de laag- en hoogwaterlijn en de duinvoet.
Het kustonderzoek kreeg een impuls door het project Kustgenese, dat de basis vormde voor het besluit in 1990 om de kustlijn te handhaven. Hierna volgden onderzoeksprogramma's met vergelijkbare doelstellingen. In Nederland is er een grote wisselwerking tussen het onderzoek, het kustbeheer en het kustbeleid. Dat blijkt bijvoorbeeld in het gebruik van kennis om zandsuppleties te optimaliseren, in hoeveelheid en vorm. Met de Zandmotor wordt deze traditie voortgezet, want er is een omvangrijk en langlopend kennisontwikkelingsprogramma aan gekoppeld. Het blijkt een uniek 'laboratorium' voor kustonderhoud. De belangrijke onderzoeksvragen betreffen bodemontwikkeling van strand en brandingszone, zandtransport door de wind, inzicht in de ecologie van de ondiepe zee en brandingszone en de ecologische effecten van grote suppleties.

De drie belangrijkste sporen waarin de kennisontwikkeling plaatsvindt zijn:

- het Monitoring en evaluatieprogramma Zandmotor (MEP), waarvan dit het eindrapport is na de eerste vier jaar monitoring;
- NatureCoast, een interdisciplinair onderzoeksprogramma van STW met drie Postdocs en twaalf PhD's;
- NEMO (Nearshore Monitoring and Modelling), een Europees onderzoeksproject met drie PhD's om inzicht te krijgen in de interactie tussen duinen, strand en het kustfundament.

6.2 Toepassing van de kennis

De Zandmotor levert veel kennis op, die kan worden gebruikt bij het Nederlandse kustbeheer. Er ontstaan vooral belangrijke nieuwe inzichten over het aanbrengen van een megasuppletie en over de effecten van suppleties op ecologie en duinontwikkeling. Het nauwgezet volgen van de effecten van de Zandmotor geeft een grote impuls aan de kennis over de sedimentsamenstelling en ecologie in de brandingszone en over het gebied waar zand wordt gesuppleerd. Onderzoek naar de ecologische effecten van zandsuppleties wordt nog niet zo lang uitgevoerd.

Een belangrijk doel van de Zandmotor is het genereren van kennis-ontwikkeling en innovatie, om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud en meerwaarde voor recreatie en natuur gezamenlijk te realiseren zijn. Dit hoofdstuk gaat hierop in.

Dankzij de Zandmotor komen uitvoerige en lange meetreeksen beschikbaar en is er ruimte om die data te analyseren en te vertalen in het ontwerp van andere suppleties. Voorbeelden van andere nieuwe kennis en middelen die worden ontwikkeld en toepasbaar zijn bij kustonderhoud zijn:

- Kennis over meetmethoden (innovaties in de Argus en de radarpost bij Kijkduin);
- De applicatie die inzicht geeft in de zwemveiligheid (zie hoofdstuk 5);
- De rol van een duinmeer/lagune als zand invang;
- Het effect van stormen op de morfologische ontwikkeling van strand en brandingszone;
- Governance: welke bestuurlijke arrangementen passen bij een dergelijke vorm van kustonderhoud.

Gezien de uitvoerige opzet van de eerdergenoemde kennissporen mag verondersteld worden dat het doel 'kennisontwikkeling' wordt gerealiseerd. De vraag 'in welke mate kustonderhoud, meerwaarde voor recreatie en natuur gezamenlijk te realiseren zijn' is lastiger te beantwoorden. Conclusie uit dit MEP is dat er zeker gezamenlijke meerwaarde gecreëerd kan worden, maar dat de, vaak meest waardevolle, verstoringsgevoelige, natuur niet kan ontstaan zonder de recreatie te zoneren.

6.3 (profilering) Nederlands bedrijfsleven en instituten

De Nederlandse aanpak van het kustonderhoud heeft een internationale reputatie en is daarmee een belangrijk 'exportproduct' voor het bedrijfsleven. In dat kader is er ook veel (internationale) belangstelling voor de Zandmotor. De pilot Zandmotor is ook bedoeld om bedrijfsleven en kennisinstituten de mogelijkheid te bieden kennis en ervaring op te doen met innovatief kustonderhoud. 'Building with Nature', waar de Zandmotor op is gebaseerd, is een speerpunt van de waterbouwsector en wordt onder meer via Ecoshape, een samenwerkingsverband van bedrijfsleven, kenniswereld en overheid uitgedragen. De waterbouwsector kan de Zandmotor als voorbeeld gebruiken om in het buitenland aan te tonen dat waterbouw en ecologie hand in hand kunnen gaan ten dienste van veiligheid, economische ontwikkeling en leefomgeving. Er zijn meerdere plekken in het buitenland waar zandmotorachtige oplossingen in beeld zijn, zowel in Europa (Zweden, Verenigd Koninkrijk, België) als daarbuiten (Verenigde Staten, Mexico).

Bijlage 1 Subdoelen, evaluatievragen, voorlopige antwoorden

FACTSHEET 1.1

Beleidsdoel 1: Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie

Subdoel: kustveiligheid

Evaluatievraag	*Antwoord op evaluatievraag*
Zorgt de Zandmotor door natuurlijke duinaangroei voor een verhoogde kustveiligheid in het kustgebied van Hoek van Holland tot Scheveningen?	*Door toegenomen zandvoorraden zijn alle belangrijke variabelen waarmee de veiligheid kan worden uitgedrukt extra verbeterd. Zonder Zandmotor was het gebied echter ook al voldoende veilig en zou veilig blijven via het normale kustonderhoud met zandsuppleties.*
Hypothese EF1-1a De Zandmotor en aanvullende suppleties garanderen de veiligheid in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen gedurende 50 jaar en zorgen door duinaangroei voor een verhoogde veiligheid in vergelijking met het reguliere suppletieprogramma tussen 1990 en 2010.	**Toets hypothese** Het duinvolume is toegenomen. Met de kustversterking was het duinvolume al voor 50 jaar voldoende tegen afslag. Die periode zal langer worden. De hoogwaterveiligheid ontwikkelt zich vooralsnog vooral lokaal bij de Zandmotor sterker vergeleken met het reguliere suppletieprogramma.
Hypothese EF1-1b Door de Zandmotor is er in vergelijking met regulier suppletieprogramma in totaal minder zand nodig voor onderhoud aan de BasisKustLijn (BKL) in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen over een periode van 20 jaar.	**Toets hypothese** Het totaal gesuppleerde volume voor de Zandmotor (18,7 miljoen m^3) en de suppletie van 2013 (1,5 miljoen m^3) bij Vlugtenburg zijn al ruimschoots meer dan 20 maal het jaarlijkse suppletievolume gedurende het reguliere suppletieprogramma tussen 1990 en 2007 (15,6 miljoen m^3).
Hypothese EF1-1c Met de Zandmotor en aanvullende suppleties wordt de zandbalans van het kustfundament gehandhaafd in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor minimaal 50 jaar bij een zeespiegelstijging van 3 mm per jaar.	**Toets hypothese** De hoeveelheid gesuppleerd zand is in omvang bijna voldoende voor 50 jaar meegroeien bij een zeespiegelstijging van 3 mm per jaar (neergelegd is 18,7 miljoen m^3 tegenover benodigd 20 miljoen m^3).

FACTSHEET 1.2

Beleidsdoel 1: Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie

Subdoel: natuur

Evaluatievraag	*Overall ontwikkeling subdoel*
Er is geen aparte evaluatievraag opgesteld voor dit subdoel. Er zijn daarom ook geen hypothesen. Nieuwe natuurwaarden door jonge duinvorming worden beschouwd onder doel 3, factsheet 3.1. De effecten in het bestaand duin worden beschouwd onder doel 4 (beheer, subdoel natuurbeheer, factsheet 4.2.)	*Er is meer ruimte voor dynamisch beheer gekomen en er vindt duinaangroei plaats. Met het reguliere beheer (suppleties) werd dit echter ook bereikt.*

FACTSHEET 1.3

Beleidsdoel 1: Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie

Subdoel: recreatie

Evaluatievraag	*Overall ontwikkeling subdoel*
Er is geen aparte evaluatievraag opgesteld voor dit subdoel. Er zijn daarom ook geen hypothesen. De invloed op de recreatie wordt geëvalueerd in factsheet 3.2.	*Er is droog en droogvallend gebied bijgekomen en dit kan vrijwel geheel door recreanten worden bezocht. Dit gebeurt echter niet in 'bredere en robuustere duinen', wat voor dit subdoel was gesteld.*

FACTSHEET 2.1

Beleidsdoel 2: Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren

Subdoel: fysische kennisontwikkeling

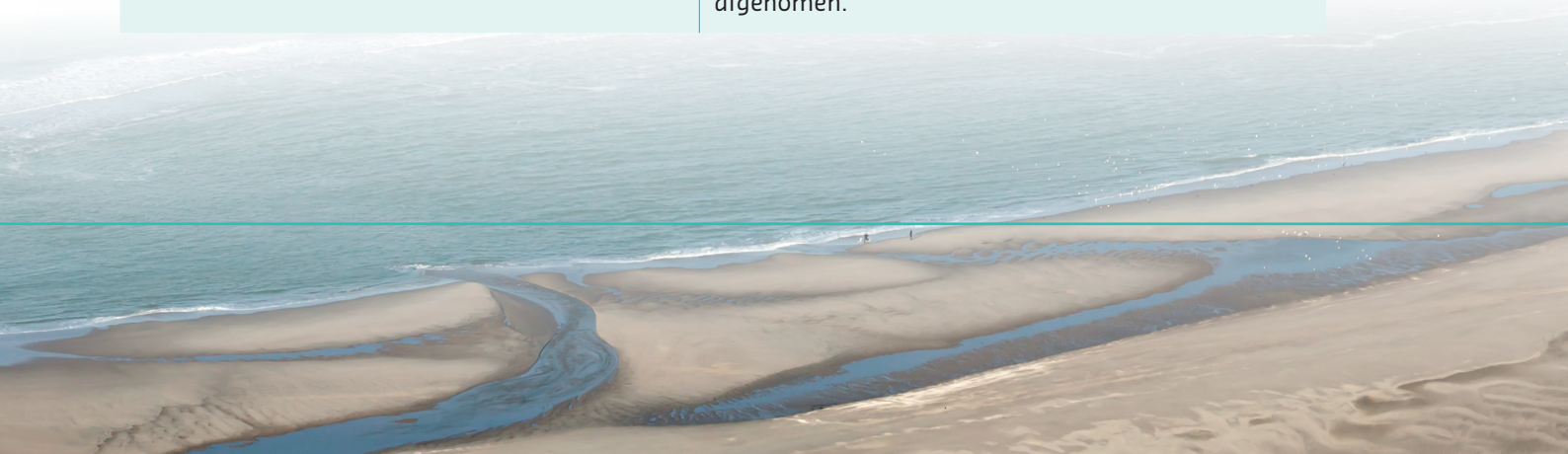
Evaluatievraag *Levert de Zandmotor nieuwe fysische kennis op waarmee kustonderhoud en een meerwaarde voor natuur en recreatie gezamenlijk te combineren zijn?*	***Antwoord op evaluatievraag*** *Er is via de trajecten MEP, NatureCoast en NeMo veel nieuwe fysische kennis in ontwikkeling. Deze kan bij ontwerp van ingrepen aan de kust worden ingezet om een meerwaarde voor natuur en recreatie te bewerkstelligen. Er is weinig specifiek onderzoek verricht naar 'de meerwaarde voor natuur en recreatie gezamenlijk'. Wel kunnen er belangrijke lessen getrokken worden. Deze zijn beschreven in de bruikbaarheidsstudie (zie bronnen nr. 4).*
Hypothese EF 2-1a De Zandmotor levert (fysische) kennis op waarmee de opgetreden morfologische veranderingen te verklaren zijn uit sturende processen en efficiënter kustbeheer mogelijk wordt.	**Toets hypothese** Zie het antwoord op de evaluatievraag hierboven
Hypothese EF 2-1b De Zandmotor pilot draagt bij aan het beter voorspellen van gevaarlijke zwemsituaties waarmee effectiever toezicht op de zwemveiligheid kan plaatsvinden.	**Toets hypothese** Zie de antwoorden op factsheet 4.1

FACTSHEET 2.2

Beleidsdoel 2: Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren

Subdoel: ecologische kennisontwikkeling

Evaluatievraag	*Antwoord op evaluatievraag*
Welke kennis is nodig om te bepalen in welke mate een Zandmotor een meerwaarde heeft voor de natuurwaarde ten opzichte van de reguliere suppleties?	*Zie voor beantwoording van deze vraag de getoetste hypothesen hieronder.*
Hypothese EF 2-2a De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een verandering in de gradiënten in sedimentsamenstelling.	**Toets hypothese** Het is duidelijk dat de ligging van de Zandmotor invloed heeft op de herverdeling van het sediment in het gebied nabij de Zandmotor.
Hypothese EF 2-2b Het eenmalig neerleggen van een grote hoeveelheid zand leidt tot een andere bodemdiersamenstelling in de ondiepe kustzone die wordt gekarakteriseerd door langer levende soorten.	**Toets hypothese** Het is de verwachting dat eventuele effecten op de ontwikkeling van langer levende soorten zich pas na een langere periode (komende 5 a 10 jaar) zal gaan openbaren.
Hypothese EF 2-2c De relatieve beschutte ligging van het gebied aan de noordrand van de Zandmotor heeft een positief effect op juveniele vis en epibenthos.	**Toets hypothese** Binnen de grenzen van het statistische onderscheidingsvermogen kan er niet worden geconcludeerd dat er een positief effect is van het beschutte noordelijke gebied op populatie juveniele vis.
Hypothese EF 2-2d Als gevolg van het positieve effect van de Zandmotor op benthos en jonge vis heeft het een positief effect op zeevogels die foerageren op schelpdieren en vis in de ondiepe kustzone.	**Toets hypothese** Er zijn indicaties dat het Zandmotor gebied door sommige vogelsoorten meer bezocht wordt en kan worden. De lagune heeft bijvoorbeeld een positief effect op enkele soorten steltlopers, meeuwen en aalscholvers.
Hypothese EF 2-2e De Zandmotor heeft een positief effect op zeezoogdieren in het gebied.	**Toets hypothese** De indicaties die er zijn bevestigen de hypothese niet. Zoogdieren kwamen al eerder voor in dit kustgedeelte. Hun frequentie is niet meetbaar toe- of afgenomen.



FACTSHEET 2.3

Beleidsdoel 2: Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren

Subdoel: spin-off van kennis en innovatie
(dit doel is geformuleerd voor de Beleidsevaluatie, in aanvulling op het Uitvoeringsprogramma MEP)

Evaluatievraag *In hoeverre is de ontwikkelde kennis en methodologie breder toepasbaar voor het ontwikkelen van zandige strategieën?*	***Antwoord op evaluatievraag*** *De kennis en methodologie zijn toepasbaar, bijvoorbeeld in het programma kustgenese. De toepasbaarheid geldt vooral voor het plannen en ontwerpen van toekomstige zandmotorachtige suppleties (als morfologische respons, ecologische effecten, volumetoename duingebied etc. criteria hiervoor zijn.) De kennis en methodologie zijn ook bruikbaar voor het 'exporteren' van de Nederlandse kennis over zandige strategieën.* *Er is inzicht in de werking en succesfactoren van de Zandmotor op technisch, ecologisch, beheersmatig, organisatorisch en maatschappelijk vlak. Hiermee kan in de toekomst de kansrijkheid van megasuppleties langs de Nederlandse kust beter (modelmatig) worden voorspeld. Deze kennis groeit voortdurend en deze groei is eind 2015 aanzienlijk, zeker omdat de universitaire trajecten (NeMo, NatureCoast) goed op gang zijn gekomen. Kwantificering hiervan is zeer lastig.* *Er is slechts beperkt onderzoek geweest naar de succesfactoren van de Zandmotor m.b.t. de organisatie. In het Monitoring- en evaluatieplan is gesuggereerd na de voorbereidingsfase via een bestuurlijke enquête/interviews meer inzicht te krijgen over de kwaliteit van de samenwerking. Dit is voor het eerst structureel gebeurd in de beleidsevaluatie (zie bronnen nr. 5). Een evaluerend rapport over de wijze van aanbesteding van de aanleg is niet bekend.*
Evaluatievraag *In hoeverre wordt de ontwikkelde kennis toegepast bij innovatieve aanpakken in binnen- en buitenland.*	***Antwoord op evaluatievraag*** *Zie het antwoord op de vorige evaluatievraag*
Evaluatievraag *In hoeverre heeft kennisverspreiding plaatsgevonden, zowel nationaal als internationaal.*	***Antwoord op evaluatievraag*** *Het MEP geeft geen input voor deze vraag*

FACTSHEET 3.1

Beleidsdoel 3: Het toevoegen van aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse kust

Subdoel: toevoegen natuurgebied

Evaluatievraag	*Antwoord op evaluatievraag*
Zorgt de Zandmotor voor toevoeging van een aantrekkelijk natuurgebied op de Zandmotor zelf en in de jonge duinen tegen het bestaand duin?	*Deze vraag wordt beantwoord via subvragen (in plaats van toetsing van hypothesen)*
Subvraag ND1-01 In hoeverre ontwikkelen zich bredere, meer natuurlijke en dynamische duinen?	**Antwoord op subvraag** Het duingebied is in vier jaar nog nauwelijks verbreed. Wel is de zone met ingeplante helm op de kustversterking hoger en natuurlijker geworden. Hier zijn duinen van het habitattype 'witte duinen' gekomen. De 'bredere en robuustere duinen' zijn dus nu nog niet aanwezig. Van een 'hoogwaardig nieuw duinhabitat' is alleen substantieel sprake op het voormalig talud van de kustversterking.
Subvraag ND1-02 Wat is de invloed van dynamische wijze van aanleg en beheer op de kwaliteit?.	**Antwoord op subvraag** Deze vraag is niet goed te beantwoorden op basis van monitoring. Bovendien kent het Nederlandse kustbeheer al jaren een dynamische wijze van aanleg en beheer. Het is duidelijk dat het ontwerp heeft bijgedragen aan diversiteit in natte milieus. Natuurwaarden van strand en duinen hebben zich alleen op kleine schaal ontwikkeld. Met een meer toegespitst ontwerp en gericht beheer zouden zeer waarschijnlijk meer natuurwaarden kunnen zijn gerealiseerd.
Subvraag ND1-03 Wat is de invloed van het recreatiebeheer ('flexibel zoneren')?	**Antwoord op subvraag** De volledige openstelling betekent dat verstoringsgevoelige natuur vrijwel niet voorkomt op de Zandmotor. Er is niet (flexibel) gezoneerd.

Evaluatievraag *Hoe ontwikkelt de tijdelijke nieuwe natuur zich in het intergetijdengebied en de lagune van de Zandmotor?*	*Antwoord op evaluatievraag* *Zie voor beantwoording van deze vraag de getoetste hypothesen hieronder.*
Hypothese EF3-1b1 Als gevolg van de aanwezigheid van luwe (lagune) en geëxponeerde gebieden (zeezijde) zal de zandhaak zich karakteriseren door een diversiteit in sedimentsamenstelling.	**Toets hypothese** Hypothese lijkt te worden ondersteund door de gegevens.
Hypothese EF3-1b2 De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een hogere natuurwaarden in het inter-getijdengebied en de ondiepe kustzone als gevolg van nieuwe en variatie in habitats.	**Toets hypothese** De lagune heeft vooral in het eerste jaar geleid tot hogere natuurwaarden (specifieke habitats). Daarna zijn de natuurwaarden in de diepere delen van de lagune sterk afgenomen door de verminderde waterkwaliteit. De natuurwaarden van de ondiepe randen van de lagune zijn in stand gebleven.
Hypothese EF3-1b3 De sterke gradiënten (geëxponeerd strand en luwe lagune) als gevolg van de aanleg van de Zandmotor zal zich vertalen in een andere en meer diverse bodemdiergemeenschap.	**Toets hypothese** Er is een duidelijk verschil in bodemdiergemeenschap in de beschutte lagune en de geëxponeerde zijde van de Zandmotor. De diversiteit in het gebied als geheel is toegenomen
Hypothese EF3-1b4 De relatief beschutte ligging van de lagune en de hoge voedselbeschikbaarheid zal de kinderkamerfunctie van het gebied doen toenemen.	**Toets hypothese** Het mogelijk positieve effect lijkt maar van korte duur te zijn geweest.
Hypothese EF3-1b5 De lagune zal leiden tot een toename van steltlopers en zeevogels in het gebied.	**Toets hypothese** Een aantal vogelsoorten profiteerde van de aan-wezigheid van de lagune (steltlopers, meeuwen, aalscholvers).
Hypothese EF3-1b6 De zandhaak zal leiden tot een foerageer en rustgebied voor zeezoogdieren	**Toets hypothese** De indicaties die er zijn bevestigen de hypothese niet.

FACTSHEET 3.2

Beleidsdoel 3: Het toevoegen van aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse kust.

Subdoel: toevoegen recreatiegebied

Evaluatievraag	*Antwoord op evaluatievraag*
Draagt de Zandmotor bij aan het realiseren van meer ruimte voor (extensieve) recreatie?	*Er is droog en droogvallend gebied bijgekomen en dit kan vrijwel geheel door recreanten worden bezocht. De ruimte voor (extensieve) recreatie is echter niet het resultaat van de aangroei van duinen.* *Voor beantwoording van deze vraag zijn ook hypothesen opgesteld. In het MEP is niet apart hierover gerapporteerd, maar er kunnen wel uitspraken worden gedaan.*
Hypothese EF3-2a Op de haak van de Zandmotor is direct bij oplevering ruimte voor (extensieve) recreatie.	**Toets hypothese** Dat is inderdaad het geval geweest. Het gebied is vrij toegankelijk.
Hypothese EF3-2b De dynamiek van de Zandmotor zal zich uiten in een veranderend patroon van recreatief gebruik.	**Toets hypothese** Er is toename van extensieve recreatie en kitesurfen op de Zandmotor zelf. Langs dit stuk van de kust is het aantal badgasten afgenomen.
Hypothese EF3-2c Het nieuwe areaal van de Zandmotor nodigt uit tot (extensief) recreatief gebruik	**Toets hypothese** Dat is inderdaad het geval, zie ook hypothese 3-2b.
Hypothese EF3-2d DDoor aangroei van duinen ontstaat meer ruimte voor (extensieve) recreatie.	**Toets hypothese** De duinen op de Zandmotor zijn nog nauwelijks aangegroeid.

FACTSHEET 4.1

Doel 4 (beheer): Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

Subdoel: beheersen recreatieveiligheid

Evaluatievraag	*Antwoord op evaluatievraag*
Zijn er negatieve effecten van de Zandmotor voor de recreatieveiligheid en kunnen deze worden voorkomen met beheersmaatregelen?	*De organisatie van de strand- en zwemveiligheid van de Zandmotor verloopt goed. Voor beantwoording van deze vraag zijn ook hypothesen opgesteld. In het MEP is niet apart hierover gerapporteerd, maar er kunnen wel uitspraken worden gedaan:*
Hypothese EF4-1a De Zandmotor en aanvullende suppleties De zwemveiligheid rondom de Zandmotor is beheersbaar door de aanwezigheid reddingsbrigade, zonering en informatievoorzieningen.	**Toets hypothese** Er zijn geen veiligheidsproblemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst. De gevaren voor zwemmers nemen af door het afnemen van de stroomsnelheden in de getijdegeul. De reddingsbrigade maakt sinds 2013 gebruik van een telefoonapplicatie, die in het kader van het monitoring- en evaluatieprogramma is ontwikkeld. Deze applicatie schetst een beeld van mogelijk gevaarlijke zwemsituaties (zwemwaterveiligheids-model). De monitoring levert input voor dit model.
Hypothese EF4-1b Risico's voor de gezondheid door verslechterde zwemwaterkwaliteit in de lagune en/of het duinmeer worden voorkomen door beheers-maatregelen in de vorm van waarschuwingen en zwemverboden.	**Toets hypothese** Er zijn geen problemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst.
Hypothese EF4-1c De recreatieveiligheid m.b.t. drijfzand wordt gegarandeerd door beheersmaatregelen in de vorm van monitoring, opruiming en eventuele toegangsverboden.	**Toets hypothese** Er zijn geen problemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst.
Hypothese EF4-1d De recreatieveiligheid m.b.t. kliffen en/of steilranden wordt gegarandeerd door beheers-maatregelen in de vorm van monitoring, afrijden en eventuele toegangsverboden	**Toets hypothese** Er zijn geen problemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst.
Hypothese EF4-1e Er kan aanslibbing in de lagune plaatsvinden en zich van daaruit een groen strand ontwikkelen, maar de aantrekkelijkheid voor recreanten wordt gegarandeerd door beheersmaatregelen.	**Toets hypothese** Er zijn geen problemen voor de recreatie ontstaan die niet konden worden beheerst.

FACTSHEET 4.2

Doel 4 (beheer): Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

Subdoel: inrichting

Evaluatievraag *In welke mate zijn recreatie- en natuurdoel-stellingen op en rond de Zandmotor te verenigen*	***Antwoord op evaluatievraag*** *Er kon zeker gezamenlijke meerwaarde gecreëerd worden. Feit is wel dat waardevolle en verstoringsgevoelige, natuur niet kan ontstaan zonder de recreatie te zoneren. Deze zonering heeft niet plaatsgevonden.*
Hypothese EF4-2a Door dynamische zonering van recreatie- en natuur op de Zandmotor kunnen deze twee bestemmingen optimaal naast elkaar bestaan.	**Toets hypothese** Er kon zeker gezamenlijke meerwaarde gecreëerd worden. Feit is wel dat waardevolle en verstoringsgevoelige, natuur niet kan ontstaan zonder de recreatie te zoneren. Deze zonering heeft niet plaatsgevonden.
Hypothese EF4-2b Het valt nauwelijks te verwachten dat ten gevolge van de Zandmotor de "illegale betreding" van Solleveld toeneemt, met als gevolg verstoring van doelsoorten.	**Toets hypothese** Het lijkt dat deze hypothese kan worden aangenomen. Er lijkt wel sprake van extra verstoringseffect op de broedvogels in het buitenduin van Solleveld, maar dit is waarschijnlijk het gevolg van aanleg van het fietspad in de kustversterking. In hoeverre het aantal gebruikers van dat fietspad mede wordt bepaald door aanwezigheid van de Zandmotor is niet onderzocht.

FACTSHEET 4.3

Doel 4 (beheer): Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

Subdoel grondwater

Evaluatievraag *Kunnen ongewenste invloeden van de Zandmotor op het grondwater worden voorkomen?*	***Antwoord op evaluatievraag*** *De voor dit beheerdoel opgestelde hypothesen kunnen niet in het juiste detail behandeld worden met de rapporten die voor het MEP beschikbaar zijn gesteld. Tot op heden zijn er echter geen effecten op de vegetatie gemeten.* *In algemene zin kan het volgende worden gesteld: Het aangelegde duinmeer is mede gericht het voorkomen van negatieve effecten van de zandmotor op de grondwaterstroming in het achterliggende drinkwatergebied Solleveld. Hiervoor werkt dit. Bovendien is een drainage- en monitoringssysteem langs het fietspad aangelegd dat een verregaand regulerend effect op de grondwaterstand heeft. Eventuele effecten van grondwaterstandstijging ('vernatting') in daarvoor gevoelige locaties blijken niet, ook omdat de meetreeks nog kort is.*

FACTSHEET 4.4

Doel 4 (beheer): Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

Subdoel: natuurbeheer

Evaluatievraag *Kunnen (negatieve) invloeden van het nieuwe duingebied op natuurwaarden in het bestaande duingebied worden voorkomen?*	*Antwoord op evaluatievraag* *Beantwoording via subvragen (in plaats van hypothesen) van deze evaluatievraag:*
Subvraag ND2-01 Wat is de invloed van veranderingen in sandspray in de bestaande buitenduinen?	**Antwoord op subvraag** Er is meer inwaaiend zand (sandspray) in de buitenduinen ter hoogte van de Zandmotor, met kleine effecten op de bestaande natuurwaarden in Solleveld. Het is niet duidelijk of sprake is van een toename ten opzichte van de situatie voor 2010, omdat de in 2010/2011 aangelegde kustversterking hierbij ook een rol speelt.
Subvraag ND2-02a Wat is de invloed van veranderingen in saltspray in de bestaande buitenduinen?	**Antwoord op subvraag** De hoeveelheid saltspray is landinwaarts van de Zandmotor afgenomen, met mogelijk kleine effecten op de bestaande natuurwaarden in Solleveld. Om negatieve effecten te voorkomen zijn met terreinbeheerders afspraken gemaakt en is het beheer in de buitenduinen van Solleveld geïntensiveerd.
Subvraag ND2-02b Wat is de invloed van beheer (begrazing) hierop?	**Antwoord op subvraag** Begrazing is een van de beheerinstrumenten om de negatieve effecten van veranderde salt- en sandspray aan te pakken, vooral het dichtgroeien en 'verstruwelen' van gebieden. Het effect op vegetatiestructuur (verstruiking) is nog niet onderzocht door niet tijdige levering van (vegetatie)gegevens. De begrazing in deelgebied 'Zeerepen 1987' is nog niet goed gedocumenteerd, maar dat is hierbij geen (groot) probleem.
Subvraag ND2-03 Wat is de invloed van veranderingen in sand- en saltspray in duingebied Dunea achter de huidige derde duinregel?	**Antwoord op subvraag** Zie antwoorden ND2-01 en ND-02a voor de buitenduinen. In deze vraag wordt echter gedoeld op de 'middenduinen', welke niet of nauwelijks zijn onderzocht.
Subvraag ND2-04 Wat is de invloed van veranderingen in (grond) waterstanden in duingebied Dunea achter de derde duinregel?	**Antwoord op subvraag** Zie de opmerkingen gemaakt bij beheerdoel 3

FACTSHEET 4.5

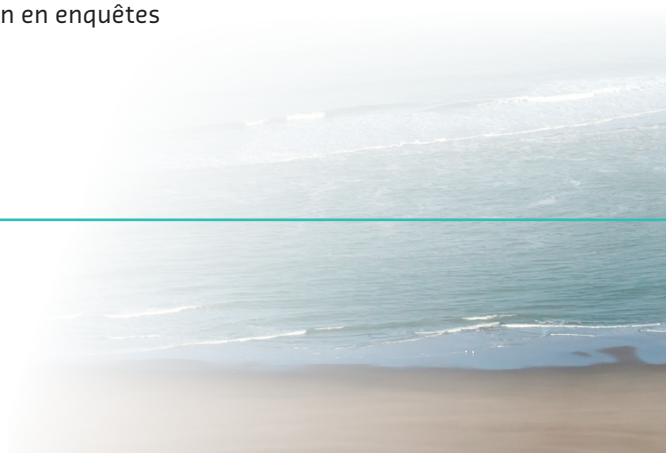
Doel 4 (beheer): Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

Subdoel: natte infrastructuur

Evaluatievraag *Zijn er ongewenste effecten van de Zandmotor voor de natte infrastructuur en kunnen deze worden voorkomen met beheersmaatregelen?*	***Antwoord op evaluatievraag*** *Zie voor beantwoording van deze vraag de hypothesen hieronder.*
Hypothese EF4-5a De Zandmotor leidt niet tot extra aanzanding van de toegangsgeulen van de havens van Rotterdam en Scheveningen.	**Toets hypothese** Hierover zijn geen effecten bekend vanuit de beschikbare monitoringsresultaten..
Hypothese EF4-5b De Zandmotor leidt niet tot verzanding van de uitlaat van het J.J.J.M. van den Burg gemaal.	**Toets hypothese** Hierover zijn geen effecten bekend vanuit de beschikbare monitoringsresultaten.

Bijlage 2 Onderdelen meetprogramma

Thema	Wat
Meteo- en hydrodynamiek	Golven en stroming Zwemwaterkwaliteits¬metingen Muien en reddingsacties
Strand en vooroever; morfologie	Hoogteligging achterland Hoogteligging duinen en strand Hoogteligging kust Suppletiegegevens Bagger- en stortgegevens Sedimentsamenstelling Golf- en brekerbankgegevens Hoogteligging vooroever
Strand en vooroever; ecologie	Benthos kustzone Benthos strand Juveniele vis en epibenthos Zeevogels Zeezoogdieren Ecotopen
Natuur/duinen (rapportage Witteveen en Bos)	Zanddynamiek Dynamische geomorfologie Hoogteveranderingen Fijne overstuiving Saltspray Windsnelheden Waterstanden Vegetatie/habitats in bestaand duingebied Vegetatie/habitats vernattingsgevoelige locaties Vegetatieopname sandspray Hogere planten Solleveld Broedvogels Solleveld Embryonale duinen Zandmotor Vegetatie op de Zandmotor Broedvogels Zandmotor
Recreatie	Tellingen en enquêtes



Bijlage 3 Bronnen

In tekst aangehaalde rapporten:

1 DHV. Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor, 2010.
2 Tonnon et al., Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. Deltares, 2011.
3 DHV. Projectnota/ MER. Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust, 2010.

Andere evaluatierapporten gepubliceerd begin 2016:

4 Oost et al., in prep. Bruikbaarheidsstudie zandmotor. Deltares, 2016.
5 Buitenkamp et al., in prep. Beleidsevaluatie zandmotor. Anantis en RHDHV, 2016.
6 De Boer et al., 'A framework for sandy strategy development - with a quick scan for (co-)financing potential', Ecoshape, 2015.

Basisrapporten MEP:

- Shore, Morfologische ontwikkeling van de Zandmotor pilot in de periode 2 tot 4,5 jaar na aanleg, 2016.
- Tonnon en Nederhoff, Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor, eindevaluatie onderdeel morfologie 2015. Deltares, 2016.
- Wijsman et al., Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2; evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010-2014. Imares en Deltares, 2015.
- Witteveen en Bos et al., Monitoring Pilot Zandmotor, onderdeel duinen. Evaluatierapport 2011-2015, 2016.
- Witteveen en Bos, Notitie Rapportage recreatiemonitor Zandmotor 2015.
- RHDHV. Evaluatie strand- en zwemveiligheid Pilot Zandmotor, 2015.

Belangrijkste overige rapporten:

- Boon, Tonnon, Swinkels en Stolte, Pilot Monitoring en Evaluatie-programma Zandmotor - fase 2. Analyses, Hypothesen en Evaluatie, Werkdocument
- DHV, Passende Beoordeling Zandmotor Delflandse Kust – Effecten aanleg Zandmotor, WA-WN20100017. 2010.
- Dulfer et al., Hoe bruikbaar is de Zandmotor? Eerste tussentijdse verkenning naar de haalbaarheid en bruikbaarheid van de pilot Zandmotor 2011-2013. Uitgegeven door Rijkswaterstaat, 2014.
- Ebbens, E. en Fiselier J., Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor. DHV, Rapport, 38 pagina's. 2010
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, Nationaal Waterplan 2016-2021.
- Royal Haskoning, Beleidsevaluatie Zandmotor 2013. Uitgegeven door Rijkswaterstaat, 2014.

IMARES WAGENINGEN UR

Witteveen+Bos

Vertegaal Ecologisch Advies

Bureau Landwijzer
tekst - water - kust - landschap