

Monitoring natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor

Zandmotor evaluatie periode 2012-2020



Monitoring natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor

Zandmotor evaluatie periode 2012-2020

Auteur(s)

Stéphanie IJff
Bas Arens
de heer K. Vertegaal
Bas Huisman

Partners

Arens Bureau voor Strand en Duinonderzoek, Soest
Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek

Monitoring natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor

Zandmotor evaluatie periode 2012-2020




Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	mevrouw C. van Gelder-Maas
Referenties	
Trefwoorden	Zandmotor, Monitoring- en Evaluatie Programma, Natuur, Duinen, Recreatie, Beheer

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	05-11-2021
Projectnummer	11201431-003
Document ID	11201431-003-ZKS-0012
Pagina's	38
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Stéphanie IJff	
	Bas Arens	
	Kees Vertegaal	
	Bas Huisman	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Stéphanie IJff 	Marieke Eleveld 	Toon Segeren 	
	Bas Arens			
	Kees Vertegaal			
	Bas Huisman			

Samenvatting

In 2011 is de grootschalige suppletie 'De Zandmotor' aangelegd (21,5 miljoen m³) met als doel om kennis op te doen over innovatieve suppleties én om de recreatieve, natuur en kustonderhoudsfunctie van de Delflandse kust te versterken. Uniek aan de Zandmotor is dat dit 128 hectare grote gebied door de tijd heen mag veranderen door natuurlijke kustvormende processen. Golven, getijstromingen en wind verspreiden het zand langs de kust én landwaarts naar de duinen. De Zandmotor is een pilot, waarvan bij aanleg niet precies bekend was hoe het gebied zich zou gaan ontwikkelen. Om te weten wat de daadwerkelijke effecten zijn van de Zandmotor, is in de periode 2011-2021 het monitorings- en evaluatieprogramma (MEP) uitgevoerd. In 2021 zijn de resultaten in een overkoepelend Deltares rapport samengevat (Huisman et al. 2021a). De voorliggende rapportage is een aanvulling hierop en presenteert in detail de ontwikkeling van natuur op de Zandmotor en de invloed van de Zandmotor op het bestaande duingebied. De onderzoeksvragen zijn: *Zorgt de Zandmotor voor toevoeging van een aantrekkelijk natuurgebied op de Zandmotor zelf en in de jonge duinen tegen het bestaand duin?*; en *Kunnen (negatieve) invloeden van het nieuwe duingebied op natuurwaarden in het bestaande duingebied worden voorkomen?*

Om antwoord te kunnen geven op deze vragen zijn diverse analyses uitgevoerd. De geomorfologische ontwikkelingen op de Zandmotor zijn onderzocht door het karteren van erosie en accumulatie van zand. De vestiging van plantensoorten, de ontwikkeling van embryonale duinen en de aanwezigheid van (broed)vogels is onderzocht op basis van velddata en remote sensing-data. Voor het onderzoeken van mogelijke effecten van de Zandmotor op de duinen van Solleveld, zijn overstuiving van zand, inwaai van zout en vegetatie onderzocht. Daarbij zijn zout- en zandvangers gebruikt, hoogtekaarten, luchtfoto's en vegetatieopnamen.

De monitoring laat zien dat de windgedreven aanvoer van zand richting de duinen voor het grootste deel ingevangen is in de duinversterking (1^e duinrij). Een deel van dat zand wordt echter ingevangen in de lagune en het duinmeer, waardoor duingroei lokaal beperkt wordt. Vanaf 2015 zorgt de toevoer van zand en vestiging van vegetatie voor een grote toename in het areaal embryonale duinen op de Zandmotor, terwijl de toevoer van zand naar de duinversterking na 2016 juist afneemt. In de buitenduinen van Solleveld zijn zowel de zanddynamiek als de inwaai van zout sinds de aanleg van de Zandmotor afgenomen. Dit heeft hier geleid tot een verschuiving van meer dynamische vegetaties (witte duinen) naar meer stabiele vegetaties (grijze duinen en duindoorn).

Er komt een beperkt aantal plantensoorten voor op de Zandmotor. De vegetatie, het kale strand en het open water van de lagune en het duinmeer vormen aantrekkelijke habitats voor vogels. Vergeleken met het strand bij Noordwijk, waar al tientallen jaren vogeltellingen worden uitgevoerd, blijkt dat de Zandmotor een duidelijke meerwaarde heeft voor niet-broedvogels. Broedvogels komen op de Zandmotor vrijwel niet voor, ondanks de aanwezigheid van een geschikte habitat. Waarschijnlijk komt dit door de verstoring door recreanten (met honden).

De resultaten uit dit onderzoek zijn niet alleen van belang als verantwoording voor de vergunningverlening, hoewel dat wel de aanleiding was voor de monitoring. Meer dan dat, geven de resultaten in deze rapportage ons inzicht in de natuurlijke processen van duinvorming, en de invloed van recreatie en beheer hierop. Deze lessen kunnen worden gebruikt voor het ontwerp en de uitvoering van toekomstige strand- en duinsuppleties. De natuurwaarde van megasuppleties kan worden vergroot door in het ontwerp bewuste keuzes te maken in de aanleghoogte van de suppletie, de grootte van het duinmeer en lagune, het wel of niet aanplanten van helm en in de zonering van natuur en recreatie.

Inhoud

Samenvatting	4	
1	Inleiding	6
1.1	Achtergrond van de Zandmotor	6
1.2	Monitoring- en evaluatieprogramma	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Methode	9
2.3	Belangrijkste bevindingen	10
3	Natuurwaarde van het bestaande duingebied	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Methode	20
3.3	Belangrijkste bevindingen	21
4	Conclusies en aanbevelingen	31
4.1	Natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor	31
4.2	Natuurwaarde van het bestaande duingebied	32
4.3	Aanbevelingen	33
5	Lijst van deelrapportages en referenties	35
5.1	Deelrapporten MEP Zandmotor, natuur- en duinontwikkeling (ND)	35
5.2	Referenties	36

1 Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van de bevindingen uit het Monitoring- en Evaluatieprogramma Zandmotor (periode 2012-2020), met betrekking tot de natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor en in de bestaande duinen. Deze overkoepelende rapportage is opgesteld door Deltares samen met Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek.

1.1 Achtergrond van de Zandmotor

Tussen mei en juli 2011 is de grootschalige 'Zandmotor' suppletie aangelegd langs de Delflandse kust. In totaal is hier 21,5 miljoen m³ zand op de kust geplaatst, waarbij ook het zand van de aan de Zandmotor voorafgaande kustversterking 2008-2009 wordt meegenomen (i.e. circa 2,4 miljoen m³). Door de tijd heen wordt het zand van de Zandmotor langs de kust verspreid als gevolg van de werking van golven en stromingen, waardoor zowel de aanliggende kust als de duinen versterkt worden. Doel van deze maatregel is behalve het vergroten van kustlijnonderhoud, het stimuleren van natuurlijke duinaangroei, genereren van kennisontwikkeling en toevoegen van een aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied. Het extra verkregen oppervlak boven water, mede bestemd voor recreatie en natuur, was na aanleg van de Zandmotor circa 128 hectare. Aan de noordzijde van de Zandmotor is landwaarts van de 'haak' een lagune aanwezig, waar de beschutte ligging tegen golven en stroming zorgt dat er andere types ecologische habitat ontstaat dan op de onbeschermde kust.



Figuur 1.1 Zandmotor tijdens laag water kort na aanleg in 2011 (links) en veranderd door het proces van erosie in 2013 (rechts)

1.2 Monitoring- en evaluatieprogramma

De Zandmotor is een pilot, waarvan vooraf niet precies bekend was hoe de natuur zich zou ontwikkelen, en wat de gevolgen zouden zijn voor het achterliggend duingebied. Natuurlijk zijn hier wel verwachtingen en voorspellingen voor opgesteld in een milieu- en effectenrapportage (MER), maar om te weten wat de daadwerkelijke effecten zijn is het monitorings- en evaluatieprogramma (MEP) uitgevoerd. In 2016 is – 5 jaar na aanleg van de Zandmotor – een tussenevaluatie opgesteld, waarna de evaluatievragen licht zijn gewijzigd om ze beter toetsbaar te maken (Taal et al., 2017; Huisman, 2018). De evaluatievragen hebben betrekking op 4 thema's: 1) kustveiligheid, 2) fysische / ecologische kennisontwikkeling en innovatie, 3) het creëren van hoogwaardige natuur- en recreatiegebieden en 4) het beheer van het gebied (i.e. recreatieveiligheid, de natuurlijke omgeving, grondwater en infrastructuur).

Deze rapportage gaat over de ontwikkeling van natuur óp de Zandmotor (onderdeel thema 3) en de invloed van de Zandmotor op het bestaande duingebied (onderdeel thema 4). De monitoring en evaluaties die hiervoor zijn uitgevoerd worden toegelicht in dit rapport. Leidend hiervoor zijn de volgende evaluatievragen:

Evaluatievraag EF3-1a: Zorgt de Zandmotor voor toevoeging van een aantrekkelijk natuurgebied op de Zandmotor zelf en in de jonge duinen tegen het bestaand duin?

Deelvragen

EF3-1a1: In hoeverre ontwikkelen zich bredere, meer natuurlijke en dynamische duinen?

EF3-1a2: Wat is de invloed van dynamische wijze van aanleg en beheer op de kwaliteit?

EF3-1a3: Wat is de invloed van het recreatiebeheer ('flexibel zoneren')?

Evaluatievraag EF4-4: Kunnen (negatieve) invloeden van het nieuwe duingebied op natuurwaarden in het bestaande duingebied worden voorkomen?

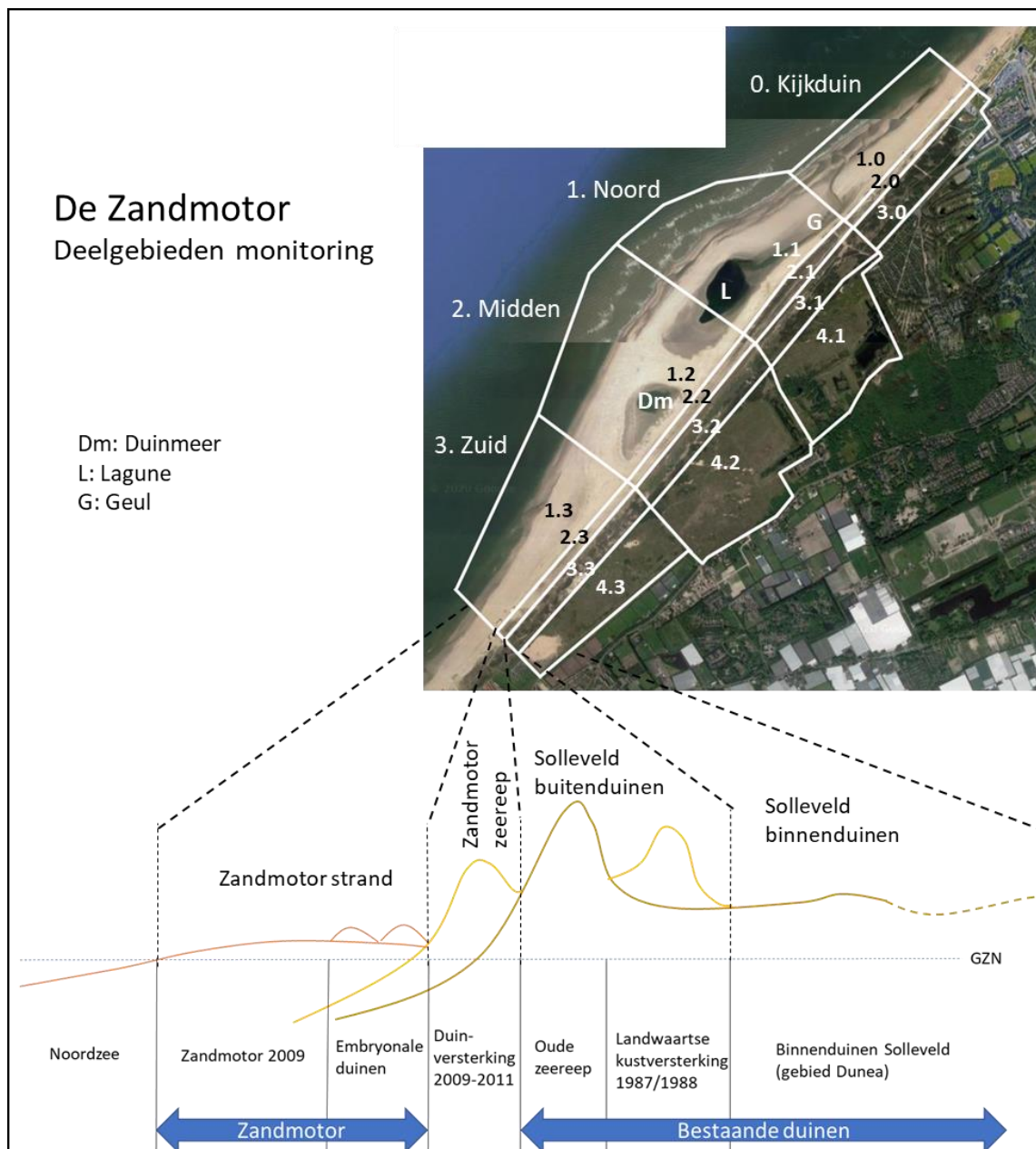
Deelvragen:

EF4-4a: Wat is de invloed van veranderingen in zandspray in de bestaande buitenduinen?

EF4-4b: Wat is de invloed van veranderingen in zoutspray in de bestaande buitenduinen en wat is de invloed van beheer (begrazing, maaien, verwijderen struwelen) hierop?

EF4-4c: Wat is de invloed van veranderingen in zand- en zoutspray in duingebied Dunea achter de huidige derde duinregel?

Verschillende deelgebieden zijn gemonitord (Figuur 1.2). Kustdwars is het gebied onderverdeeld in: 1. Zandmotor strand, 2. Zandmotor zeereep, 3. Solleveld buitenduinen en 4. Solleveld binnenduinen. De resultaten voor Zandmotor strand worden besproken in Hoofdstuk 2. Gebieden Solleveld buitenduinen en Solleveld binnenduinen komen aan de orde in Hoofdstuk 4. Deze gebieden zijn onderdeel van het Natura2000-gebied Solleveld- en Kapittelduinen. De Solleveld binnenduinen spelen daarnaast een rol in de drinkwaterproductie door Dunea. Het gebied Zandmotor zeereep heeft geen natuurdoelstelling en de ontwikkelingen in deze strook zijn niet opgenomen als onderzoeksvraag in het MEP. Omdat de zeereep een rol kan spelen in de effecten van de Zandmotor op de Binnenduinen en Buitenduinen van Solleveld, wordt het gebied wel meegenomen in het onderzoek en de interpretatie van de resultaten (met name in Hoofdstuk 3). Kustparallel is het onderzoeksgebied onderverdeeld in 0. Kijkduin, 1. Noord, 2. Midden en 3. Zuid. In de gebieden Noord en Midden steekt de Zandmotor het meeste uit richting zee, en deze gebieden zijn daardoor het meest erosief. In de gebieden Kijkduin en Zuid vindt meer aanzanding plaats.



Figuur 1.2 Weergave van de verschillende deelgebieden (ruimtelijk en als dwarsdoorsnede), die gebruikt zijn voor de monitoring van natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor en het achterliggend duingebied. De cijfers zijn in de deelonderzoeken gebruikt als codering voor de deelgebieden.

1.3 Leeswijzer

Het doel van dit rapport is om de verschillende deelonderzoeken naar natuur en duinontwikkeling op de Zandmotor (hoofdstuk 2) en de invloed van de Zandmotor op natuurwaarden in de bestaande duinen (hoofdstuk 3) op een integrale wijze weer te geven. Waarbij het voor de lezer duidelijk wordt hoe de processen van geomorfologie, vegetatie, habitats en het gebruik door vogels samenhangen op de Zandmotor en in het bestaande duingebied Solleveld. Dit rapport is daarin meer gedetailleerd dan de samenvattende rapportage van het gehele Monitoring- en Evaluatie Programma (Huisman et al. 2021a). De conclusies en beantwoording van de evaluatievragen staat in hoofdstuk 4. In de tekst wordt waar nodig verwezen naar de onderliggende rapportages, een overzicht daarvan is te vinden in hoofdstuk 5. De rapportages worden aangeduid als ND# (rapport Natuur-Duinen nummer #).

2 Natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor

2.1 Inleiding

De Zandmotor biedt ruimte voor vestiging van de eerste pionierstadia van vegetaties van strand en duin, en mogelijk ook van kwelders/schorren. Na verloop van tijd zouden zich vanuit deze eerste pionierbegroeiingen de volgende successiestadia kunnen ontwikkelen, soortenrijke en meer stabiele natuurlijke vegetaties en habitats waaronder kalkrijke droge duingraslanden ('grijze duinen'). Het open strand en embryonale duinen vormen een habitat voor rustende, foeragerende en broedende vogels. Tegelijk is de Zandmotor ook een aantrekkelijk 'biotop' voor uiteenlopende typen recreatie die een versturende invloed zouden kunnen hebben op de zich ontwikkelende natuur. Een belangrijke vraag is daarom ook hoe de ontwikkeling van nieuwe natuur op de Zandmotor zich verhoudt tot het recreatief gebruik. Dit hoofdstuk beschrijft het onderzoek naar het (droge) strand en de (nieuwe) duinen op de Zandmotor, dus grofweg alles boven de hoogwaterlijn. De ontwikkelingen op het natte strand, in de lagune en het ondiepe kustwater - ofwel alles onder de hoogwaterlijn - zijn gemonitord door Deltares en WMR en worden apart gerapporteerd.

De evaluatievraag die hier wordt beantwoord, is:

EF3-1a: Zorgt de Zandmotor voor toevoeging van een aantrekkelijk natuurgebied op de Zandmotor zelf en in de jonge duinen tegen het bestaand duin?

Deelvragen:

EF3-1a1: In hoeverre ontwikkelen zich bredere, meer natuurlijke en dynamische duinen?

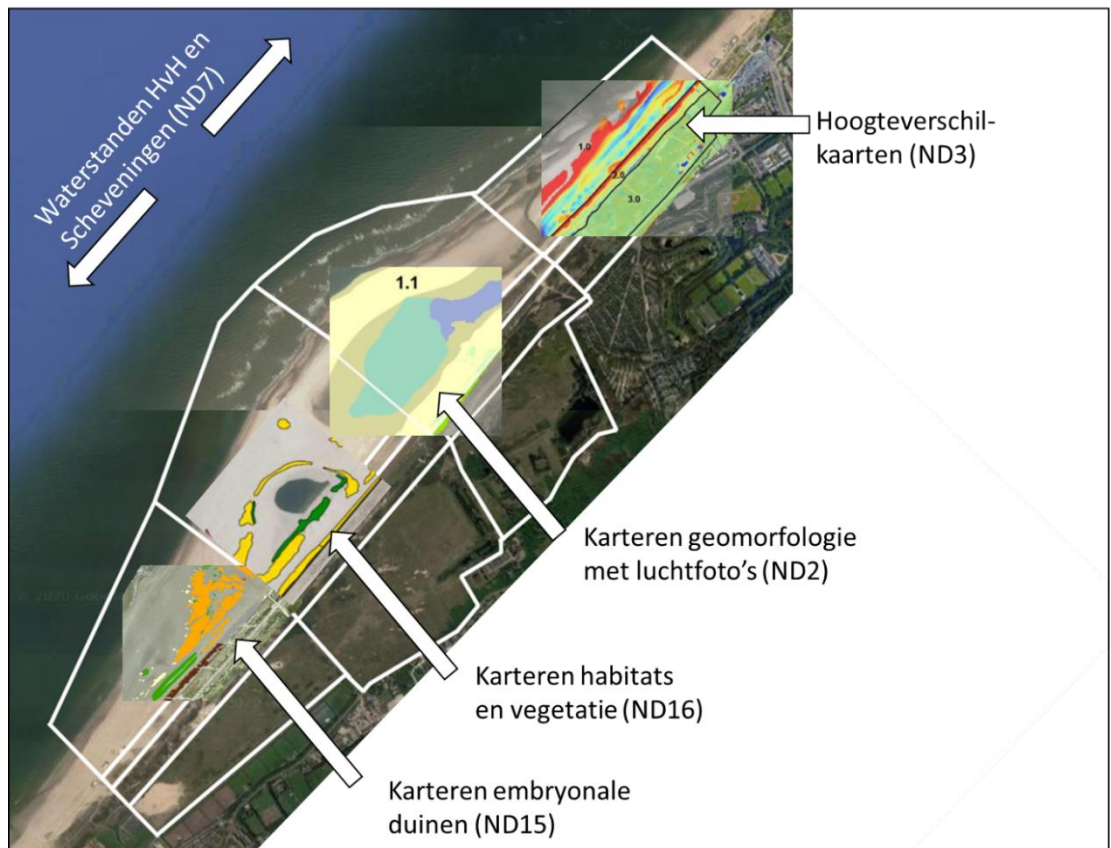
EF3-1a2: Wat is de invloed van dynamische wijze van aanleg en beheer op de kwaliteit?

EF3-1a3: Wat is de invloed van het recreatiebeheer ('flexibel zoneren')?

2.2 Methode

De bevindingen en beantwoording van de evaluatievraag zijn beschreven op basis van de onderzoeksrapportages die zijn uitgevoerd en opgesteld door Bas Arens en Kees Vertegaal. Een overzicht van deze rapportages is opgenomen in hoofdstuk 5. Om de natuurontwikkeling op de Zandmotor te monitoren, zijn veranderingen in geomorfologie (sedimentatie en erosie), het ontstaan van habitats en vegetatie en het gebruik door vogels op de zandmotor in kaart gebracht. Hieronder wordt per rapportage de meetmethode genoemd.

Geomorfologie	ND2 Dynamische geomorfologie Met behulp van jaarlijkse luchtfoto's zijn dynamische vormen op de Zandmotor, in de zeereep en in de achterliggende duinen gekarteerd (die in beweging zijn door erosie of accumulatie).	ND3 Hoogtemetingen Hoogteveranderingen zijn bepaald door het vergelijken van hoogtemetingen door laseraltimetrie die voor aanleg van de Zandmotor jaarlijks, en na aanleg halfjaarlijks worden opgenomen.	ND7 Waterstanden Voor de waterstanden is bestaande data gebruikt die door Rijkswaterstaat worden ingewonnen en verstrekt. Voor de Zandmotor zelf worden geen waterstanden gemeten. In plaats daarvan worden de data voor Hoek van Holland en Scheveningen gebruikt.
	ND15 Embryonale duinen Met een semi-automatische procedure (met luchtfoto's, Lidar en veldopnames) zijn karteringen gemaakt van de embryonale duinen op de Zandmotor in 2018, 2019 en 2020. In het veld zijn ook karteringen uitgevoerd, maar slechts voor (steeds kleiner wordende) proefgebieden.	ND16 Flora en vegetatie ZM Vegetatie en flora zijn gelijktijdig gekarteerd tijdens enkele veldbezoeken in de (late) zomer. Voor de vegetatiekaarten zijn luchtfoto's en vegetatie-opnames gebruikt. Voor de florakartering is het gebied stelselmatig doorkruist. Uitgevoerd door Ecoresult.	ND17 Vogels In 2011 en 2015 zijn in het voorjaar en winter (3 teldagen/jr) vogels op de ZM en in 2 referentiegebieden geteld. In 2013, 2014 en 2017-2020 maandtellingen op de ZM, onderscheid rustende, foeragerende en broedende vogels per deelgebied ZM. Tijdens broedtijd jaarlijks 3 extra tellingen.
	Habitats, vegetatie en vogels		



Figuur 2.1 Weergave van de monitorings- en analysetechnieken die zijn gebruikt voor de monitoring van de geomorfologie van de Zandmotor

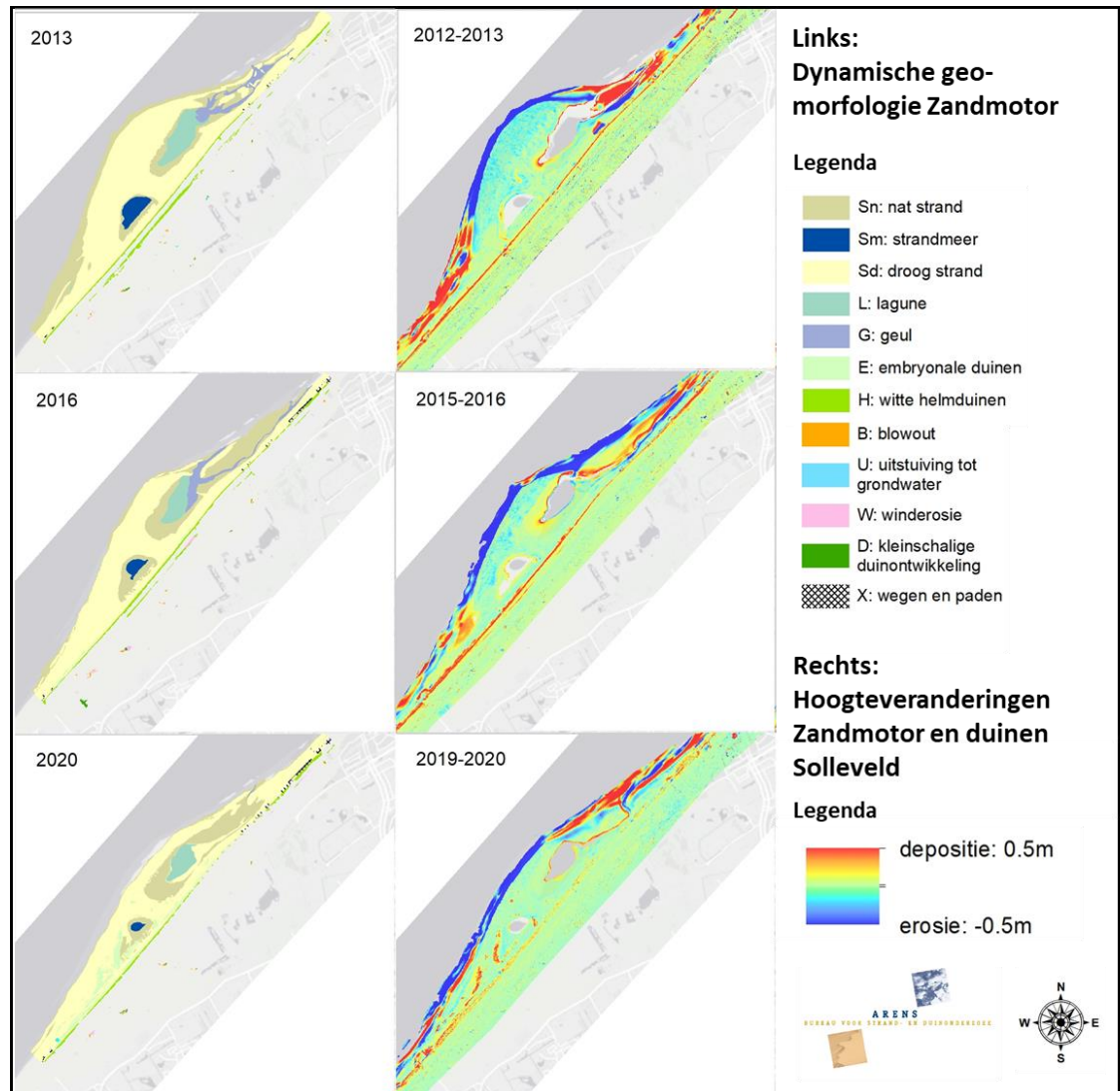
2.3 Belangrijkste bevindingen

Hieronder worden de resultaten m.b.t. de geomorfologie en ontwikkeling van habitats, vegetatie en gebruik door vogels beschreven. Het gaat daarbij uitdrukkelijk om het begrijpen van de processen die hebben plaats gevonden sinds de aanleg van de Zandmotor. Waar mogelijk is een vergelijking gemaakt met de situatie vóór de aanleg van de Zandmotor, en/of met referentiegebieden ten noorden en zuiden van de Zandmotor. Hoe de inzichten zich vertalen in het beantwoorden van de evaluatievragen, staat beschreven in hoofdstuk 4.

Geomorfologie

Uit het onderzoek naar geomorfologie blijkt dat het sediment van de Zandmotor zowel kustlangs wordt verspreid door golfgedreven stromingen als kustdwars door wind. De gevolgen hiervan op de geomorfologie en hoogteveranderingen van de Zandmotor is weergegeven in Figuur 2.2. De aanvoer van zand richting de duinen wordt beperkt door de lagune en het duinmeer. Hier wordt het stuivend zand ingevangen, daardoor is de aanvoer van zand richting de duinversterking in het centrale deel beperkter en groeit het duin hier minder hard. Door de instuiving van zand krimpt het duinmeer gestaag. De oppervlakte van de lagune neemt, afgezien van tijdelijke toename in 2018, constant af. De oppervlakte van de geul varieert, in 2016 ontstaat een splitsing van de geul. In 2020 lijkt de geul te verzanden. De Zandmotor ligt hoog; het centrale deel ligt ruim boven 2m NAP. Het strand van Zandmotor Noord (deelgebied 1.1) en Midden (1.2) namen tussen 2012 en 2020 gemiddeld 3 en 18 cm in hoogte af door de overheersende erosie. Daarentegen nam de hoogte van het strand Kijkduin (1.0) en Zandmotor Zuid (1.3) in hoogte toe met respectievelijk 15 en 9 cm, door aanzanding van het strand (Kijkduin) en de ontwikkeling van embryonale duinen en aanzanding tegen de Duinversterking (Zuid). Aan de rand van het strand vindt erosie vooral plaats door afslag, terwijl op de hogere

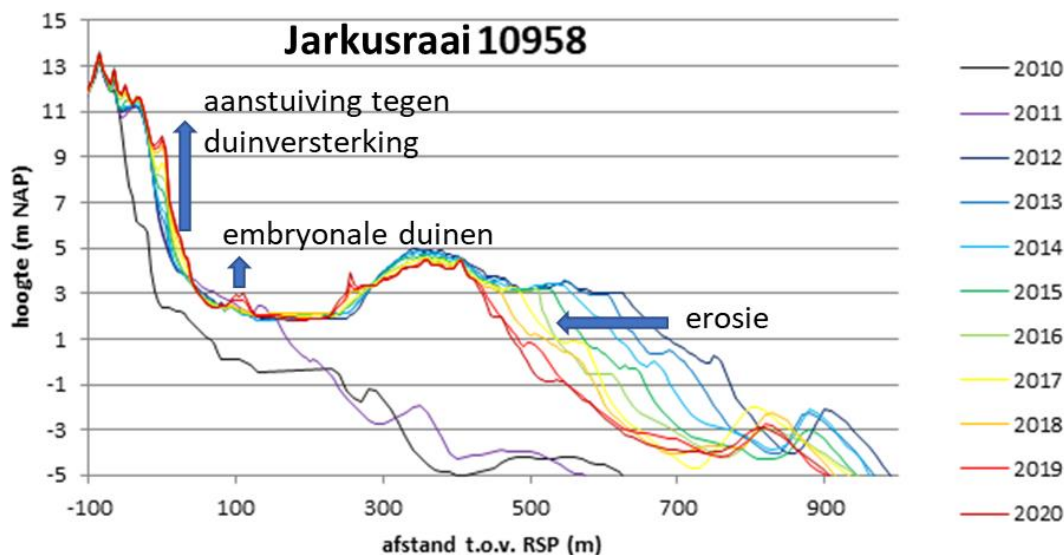
delen van het strand wind de grootste rol speelt. De waterstand is sinds de aanleg niet zo hoog geweest dat het gehele strand is overspoeld. Gedurende de onderzoeksperiode is alleen in 2013 (6 dec), 2014 (22 okt) en 2018 (3 jan) de waterstand hoger is geweest dan 2.5m NAP. Daardoor is er ook nauwelijks afslag van embryonale duinen, alleen bij de vloed van 6 december 2013 is een deel van de embryonale duinen weggespoeld. Als het strand zo hoog ligt dat het zelden of nooit wordt overspoeld, ontstaat er een schelpenvloertje en neemt de beschikbaarheid van goed verstufbaar zand af. Lees meer hierover in rapportages ND2, ND 3, ND 7, Hoonhout & De Vries (2017a en 2017b) en Huisman et al. (2021b).



Figuur 2.2 Ontwikkeling van de geomorfologie van de Zandmotor (links, uit ND2) en hoogteontwikkeling (rechts, uit ND3) voor de jaren 2013, 2016 en 2020

Door erosie van het centrale deel van de Zandmotor zelf bouwt de duinvoet/zeereep aan de noord- en zuidkant uit, er is hier meer zand beschikbaar voor de ontwikkeling van duinen tegen en op de duinversterking. Volumeveranderingen zijn berekend voor duinversterking en embryonale duinen op het strand. Gemiddeld over het gehele gebied en de periodes 2012-2016 en 2016-2020 gemeten blijft de volumeverandering ongeveer gelijk, met een toename van respectievelijk 10.8 en 11.3 m³/m/jaar, maar de verdeling binnen het gebied verandert. Aan de zuidkant, in deelgebieden 2.2 en 2.3 neemt het volume in de tweede periode sterker toe, in deelgebieden 2.0 en 2.1 neemt in de tweede periode het juist af. Tot 2018 zijn de volumetoenames in deelgebieden Zandmotor Centraal en Zuid op de duinversterking groter

dan in de embryonale duinen, daarna is het andersom. In deelgebied Zandmotor Noord is de toename op duinversterking en embryonale duinen vanaf 2017 klein en vergelijkbaar. Het oppervlakte van het strand neemt door de erosie in het deelgebied Zandmotor Centraal het sterkst af, in deelgebied Noord minder sterk. In de deelgebieden Kijkduin en Zandmotor zuid wordt het strand juist breder. Jarkusraaien geven in meer detail inzicht in de hoogteveranderingen kustdwars. Als voorbeeld wordt hier Jarkusraai 10958 getoond uit deelgebied Zandmotor Centraal (Figuur 2.3). De erosie aan de rand van het strand is duidelijk te zien, net als de aanstuiving tegen de nieuwe zeereep. Op verschillende plaatsen vóór de duinvoet komen embryonale duinen tot ontwikkeling. Lees meer hierover in de rapportages ND2 en ND3.



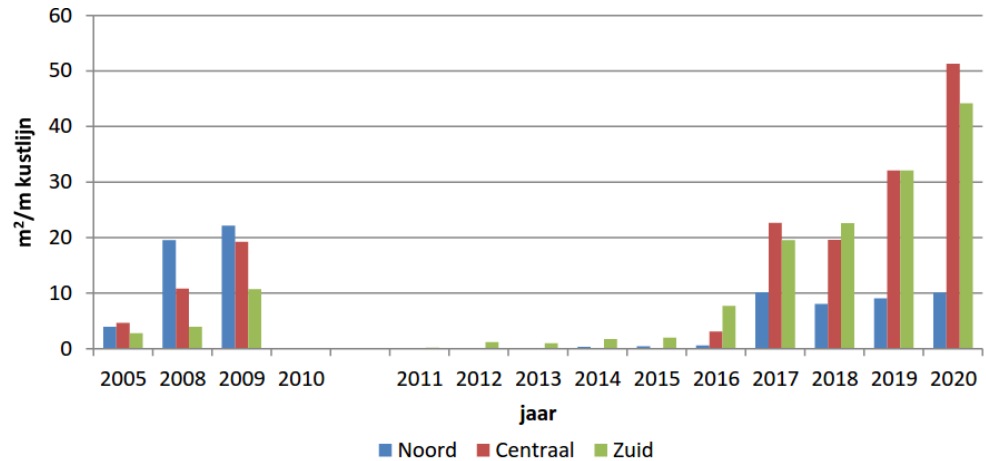
Figuur 2.3 Voorbeeld van een jarkustranssect in deelgebied Zandmotor Centraal, waarin de kusterosie en duinontwikkeling op de strandvlakte duidelijk worden (uit rapportage ND3)

Habitats en vegetatie

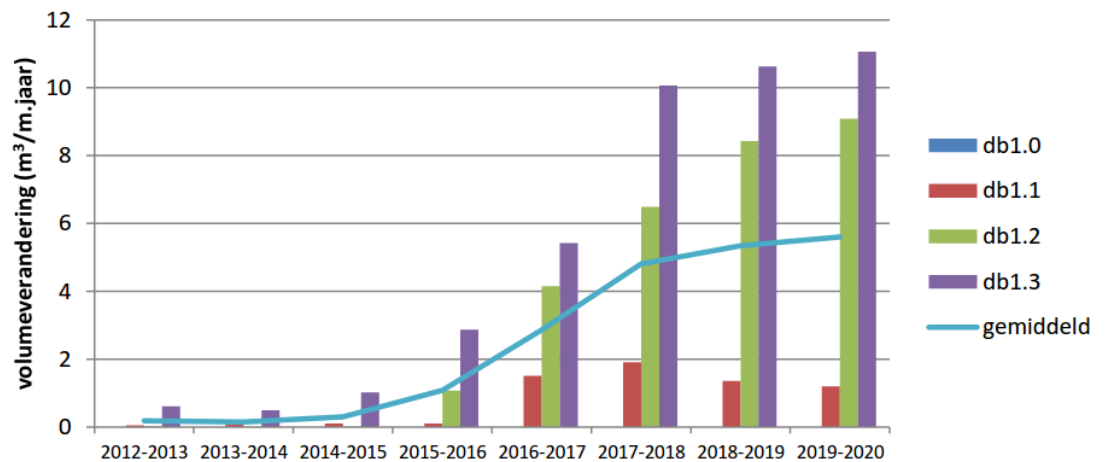
De aanwezigheid van de Zandmotor is inmiddels, anders dan geconcludeerd werd in 2015, wel een meerwaarde gebleken voor de ontwikkeling van een nieuw duingebied. Ook vóór aanleg van de Zandmotor was er sprake van de ontwikkeling van embryonale duinen¹ vóór de zeereep, met een jaarlijkse toename van 2005 tot 2010. In 2010 verdwijnen deze duintjes onder de Duinversterking (Figuur 2.4). Na 2011 komt ontwikkeling embryonale duinen in deelgebied Zuid opnieuw op gang, vanaf 2015 is er een grote toename. In 2017 wordt het oppervlak embryonale duinen van vóór de aanleg van de Zandmotor overtroffen. Vanaf 2018 lijkt de curve weer af te vlakken, vooral als je kijkt naar de volume-toename van embryonale duinen (Figuur 2.5). Het grootste deel van de embryonale duinen ligt aan de voorzijde van de duinversterking, op het strand ter hoogte van het Schelpenpad, en rondom het duinmeer, in deelgebieden centraal en zuid (Figuur 2.6). Lees meer hierover in de rapportages ND2, ND3 en (vooral) ND15.

¹ Embryonale duinen worden in dit onderzoek geclassificeerd volgens de morfologische definitie: kleine duintjes die op de strandvlakte ontstaan door vegetatie dat zand invangt. Dit in tegenstelling tot de definitie uit de habitatrictlijn, waarbij het habitatype 'Embryonale duinen' alleen betrekking heeft op vegetaties van biestarwegras en vloedmerkgemeenschappen; jonge duintjes met helm worden gerekend tot een apart habitatype 'Witte duinen'.

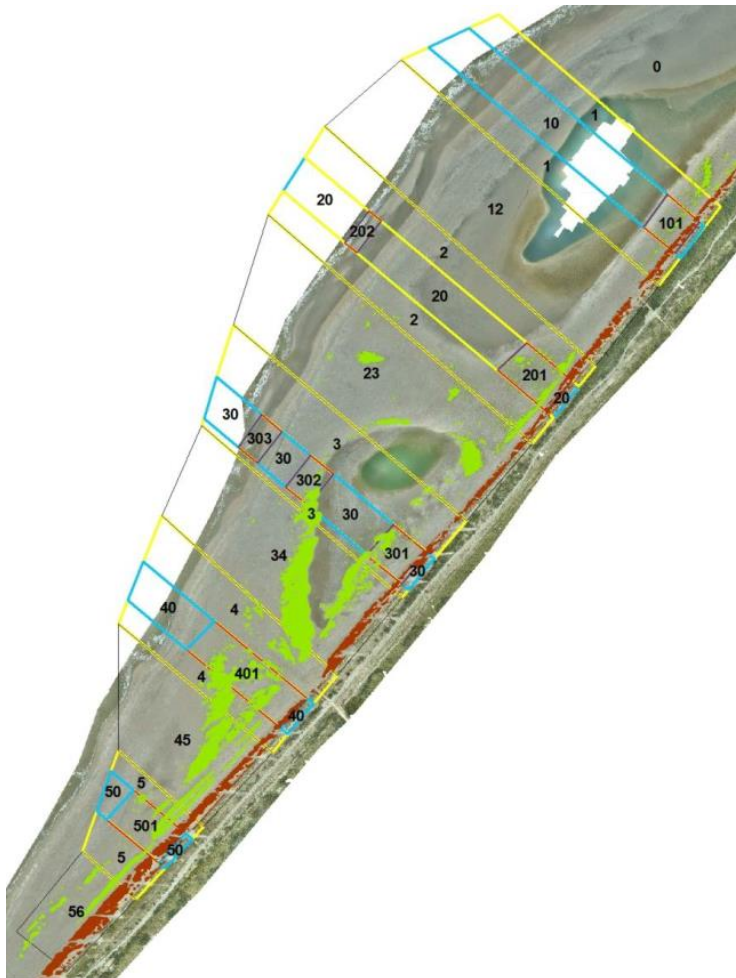
Er is geen effect van hoge waterstanden gevonden op de ontwikkeling van embryonale duinen en afslag van de duinversterking. Het enige effect wat mogelijk van belang is geweest voor duinontwikkeling is overspoeling van het lagere strand, waardoor het oppervlak weer van vers zand is voorzien, wat de aanvoer van verstufbaar zand gestimuleerd kan hebben. Dit is niet wezenlijk anders dan op “gewone” stranden, waarbij het verschil is dat op de Zandmotor een groot deel zo hoog ligt dat een normale stormvloed er niet overheen gaat. Er is daardoor geen sprake van vers zand of hernieuwde sortering. Lees meer hierover in de rapportages ND7 en ND15.



Figuur 2.4 Oppervlak embryonale duinen op de Zandmotor per jaar (uit rapportage ND2)

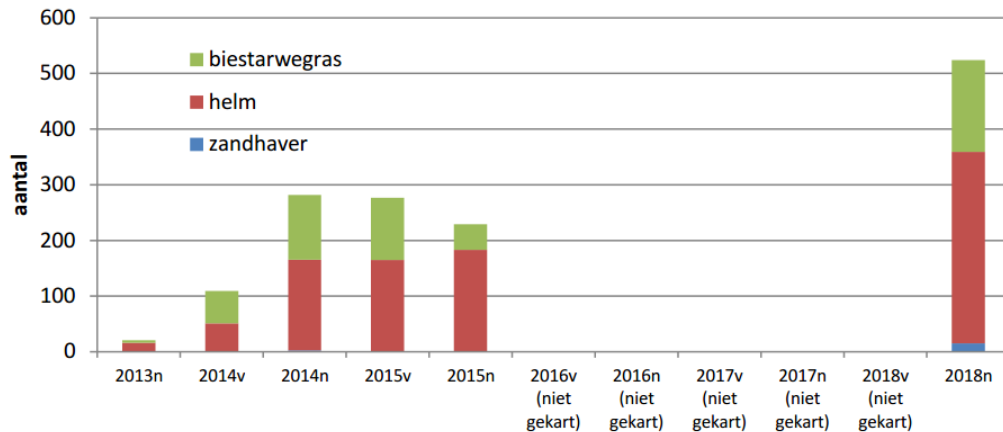


Figuur 2.5 Volumetoename embryonale duinen op de Zandmotor per jaar; deelgebieden Kijkduin (1.0), Zandmotor Noord (1.1), Centraal (1.2) en Zuid (1.3) (uit rapportage ND3)



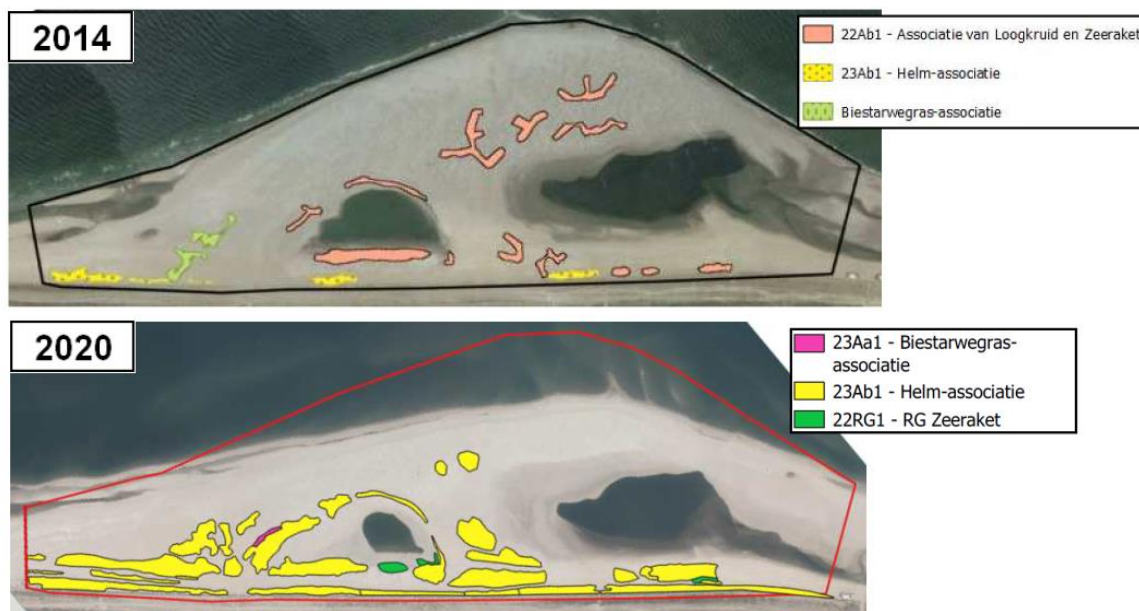
Figuur 2.6 Embryonale duinen op de Zandmotor in 2020 en nummering proefgebieden. De bruine vlakken geven de embryonale duinen tegen de Duinversterking weer, de groene vlakken de embryonale duinen op de Zandmotor, die los van de Duinversterking liggen. (uit rapportage ND15)

Uit het onderzoek blijkt dat de ontwikkeling van embryonale duinen grotendeels wordt bepaald door aanwezigheid van helm als duinvormende planten, en in kleinere mate door biestarwegras (Figuur 2.7). Dat de ontwikkeling van embryonale duinen zowel optreedt vanuit biestarwegras als eerste gevestigde pionierplant als vanuit helm als eerste plant, wijkt af van de gangbare theorie waarbij biestarwegras als eerste pionier optreedt (vanwege de hogere zouttolerantie van deze soort), daarna gevolgd door vestiging (en uitgroeï) van helm. De rol van zandhaver en duinzwenkgras is in de eerste fasen van duinontwikkeling marginaal. Zeeraket kan in jaren met gunstig weer op grote schaal aanwezig zijn en dan ook tot ontwikkeling van lage (enkele dm's) duintjes leiden, maar deze ontwikkeling zet niet door als in de winter de (eenjarige) planten weer afsterven. Biestarwegras is de belangrijkste pioniersoort in de meer zeewaartse delen van de Zandmotor, vooral in het zuidelijk deel c.q. direct ten zuiden van de Zandmotor; helm is de belangrijkste pionier in de meer landwaartse delen. Lees meer hierover in ND15, Nolet et al. (2018) en Puijenbroek et al. (2017).

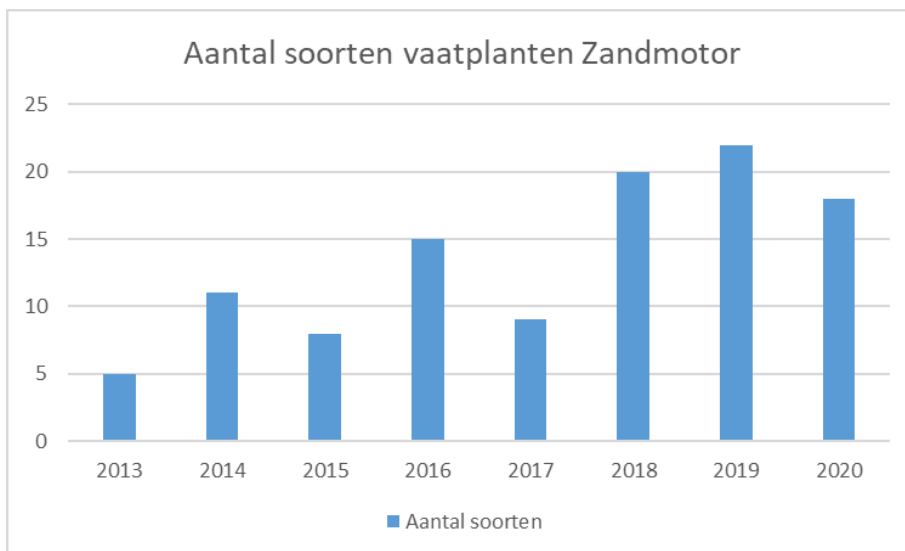


Figuur 2.7 Aantal individuele planten duinvormende grassen in vak 201 t/m 501, 2013-2018 (uit rapportage ND15)

Ten opzichte van andere gebieden biedt de Zandmotor nog weinig differentiatie in biotopen en bijbehorende vegetaties (Figuur 2.8). Er zijn ook weinig bijzondere plantensoorten aanwezig. Het aantal plantensoorten schommelt van jaar tot jaar, maar neemt over het algemeen genomen toe (Figuur 2.9). De droogte in de jaren 2018, 2019 en 2020 heeft er waarschijnlijk voor gezorgd dat de toename na 2018 is gestagneerd, waar onder 'normale' omstandigheden een flinke toename te verwachten zou zijn. De Zandmotor is relatief jong waardoor landschaps- en vegetatieontwikkeling nog in een zeer jong stadium verkeren. Er zijn initieel weinig structuren zijn aangelegd en de vegetatieontwikkeling niet is getriggerd door aanplant van helm of andere soorten. Zo hebben zich op de (zilte) stranden rond de lagune en de (brakke) oevers van het duinmeer tot op heden (2020) geen vegetaties gevestigd (Figuur 2.8). Deze biotopen lijken in principe geschikt voor ontwikkeling van pioniervegetatie van schorren resp. vochtige duinvalleien, maar waarschijnlijk is de hoge zanddynamiek een belemmering voor de vestiging van de eerste individuele planten. Lees meer hierover in de rapportage ND16.



Figuur 2.8 Vegetatietypen op de Zandmotor in 2014 (boven) en 2020 (onder). Het oppervlak aan helm is toegenomen. Zilte pionier-associaties hebben zich niet weten te vestigen. (uit rapportage ND16)



Figuur 2.9 Aantal aangetroffen soorten vaatplanten per jaar 2013-2020 (aangepast, uit rapportage ND16)

Hoewel recreatiebeheer niet is gemonitord, kunnen wel effecten van recreatie onderscheiden worden in de ontwikkeling van embryonale duinen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen invloed van rijden met voertuigen, betreding door bezoekers, strandbebouwing en schoonmaken van het strand. Door het rijden met voertuigen (vooral door handhavers, voor een deel ook onderzoekers) zijn parallel aan de duinvoet brede onbegroeide rijstroken ontstaan. De duinvegetaties ter hoogte van het Schelpenpad (aan de zuidzijde van de Zandmotor) hebben een waaiervorm, een evident gevolg van betreding door bezoekers en mogelijk ook auto's die vanaf het Schelpenpad de Zandmotor op gaan. Langs de Zandmotor is nog weinig strandbebouwing. Het neemt geleidelijk toe maar blijft laag vergeleken met Kijkduin. Bij Kijkduin vormt strandbebouwing en strand schoonmaken belemmering voor de ontwikkeling van embryonale duinen. Lees meer hierover in de rapportages van ND15.



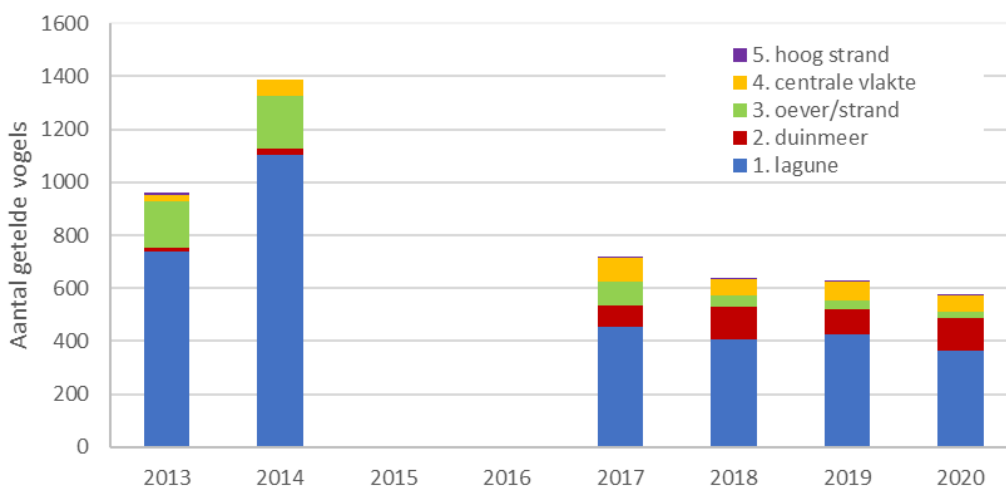
Figuur 2.10 Rijsporen bij de strandopgang van het Schelpenpad.

Concluderend kan gesteld worden dat alle vegetaties die tot nu toe op de Zandmotor zijn ontstaan, behoren tot de EU-habitattypen H2110 Embryonale duinen en H2120 Witte duinen. Ze vertegenwoordigen daarmee nationaal en internationaal belangrijke natuurwaarden. Het totaal areaal is inmiddels substantieel en zal naar verwachting nog verder toenemen. Hoewel de duinontwikkeling beïnvloed is door de manier waarop de Zandmotor (hoogte, ligging duinmeer en lagune) is aangelegd en door betreding en rijden met voertuigen, hebben deze vegetaties een hoge graad van natuurlijkheid.

Vogels

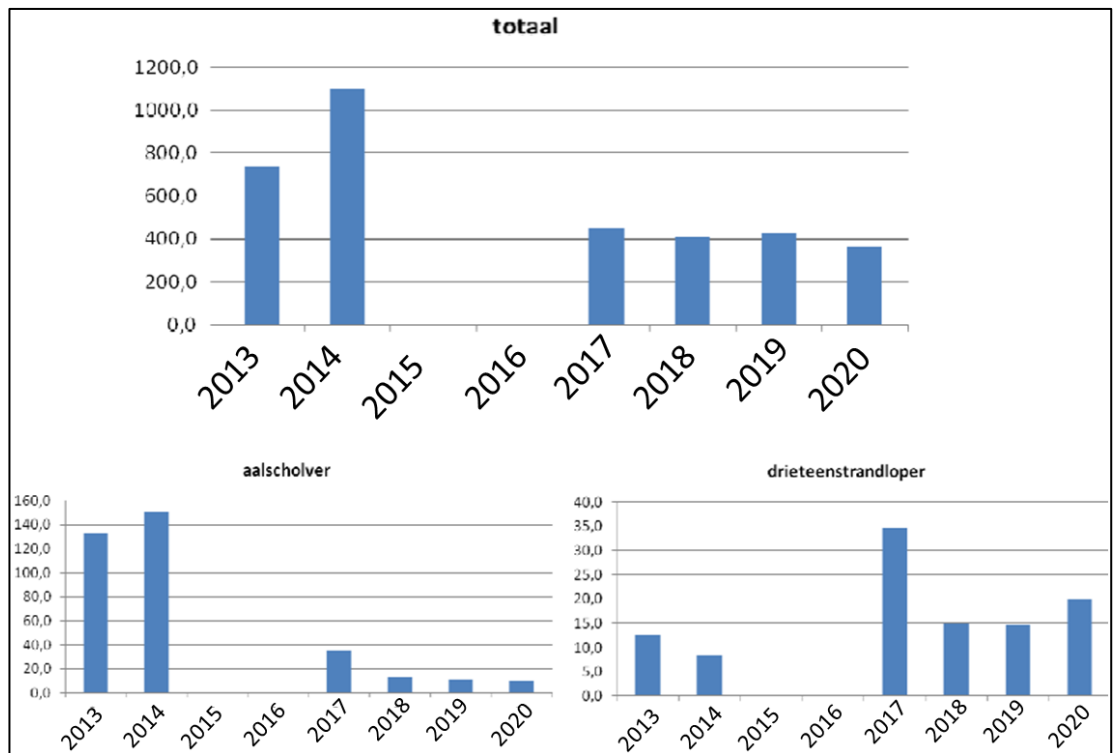
In totaal zijn tijdens de tellingen in de periode 2013-2020 ca. 80 soorten vogels vastgesteld die foeragerend, rustend of als broedvogel gebruik maakten van de Zandmotor; (trek)vogels die over- of langsvliegend zijn waargenomen zijn niet meegerekend. De meeste van deze soorten zijn min of meer typische kustvogels; meeuwen, sterns, enkele steltlopersoorten, aalscholver, zwarte kraai en fuut zijn het meest talrijk. De lagune en omgeving en het duinmeer en omgeving waren over de gehele telperiode de belangrijkste deelgebieden voor niet-broedvogels (Figuur 2.11). In de tweede periode verschoven de aantallen van lagune naar het duinmeer, mogelijk als gevolg van erosie en/of relatief drukker worden van gebied rondom de lagune. Uit vergelijking met strandtellingen bij Noordwijk² blijkt dat de Zandmotor een duidelijke meerwaarde voor niet-broedvogels heeft; de aantallen van de meeste andere vogelsoorten liggen op de Zandmotor duidelijk hoger dan op het strand van Noordwijk. Dit geldt het sterkst voor aalscholver, grote mantelmeeuw, grote stern en visdief. Waarschijnlijk bieden de brede stranden met relatief geïsoleerd gelegen zandbanken meer mogelijkheden om te rusten dan het relatief smalle strand bij Noordwijk. Bij de grote mantelmeeuw speelt mogelijk ook de positieve landelijke trend een rol. De hogere aantallen fuut zijn zeer waarschijnlijk een gevolg van de aanwezigheid van biotopen (lagune en - in mindere mate - het duinmeer) die op het strand van Noordwijk ontbreken. De hogere aantallen bontbekplevier zijn waarschijnlijk een gevolg van de grotere schaal (breedte) van de Zandmotor en de ontwikkeling van jonge duintjes waardoor het geschikter is geworden, ook voor broedende bontbekplevieren (deze zijn bij maantellingen in de broedperiode meegeteld).

Wel is het totaal aantal getelde niet-broedvogels op de Zandmotor in de periode 2017-2020 fors afgenomen ten opzichte van de periode 2013-2014 (Figuur 2.12). Dit is vooral een gevolg van sterke afname van kokmeeuw en aalscholver. De hoge aantallen kokmeeuw in de eerst telperiode worden bepaald door slechts enkele tellingen met zeer hoge aantallen; de ecologische betekenis hiervan is waarschijnlijk gering. De afname van het aantal aalscholvers is wel reëel en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door extra verstoring in de terreingedeelten waar de aalscholvers rusten. Door afname van het totaal oppervlak van de Zandmotor is de dichtheid aan bezoekers sterker toegenomen. Ook de visdief nam af, waarschijnlijk eveneens door toegenomen verstoring. De drieteenstrandloper nam toe, waarschijnlijk door verbetering van de voedselsituatie. Door het 'ouder' worden van de Zandmotor heeft het bodemleven zich kunnen ontwikkelen.



Figuur 2.11 Aantal getelde vogels op de Zandmotor (alle soorten) per jaar, waarbij per staaf de verdeling over de deelgebieden met kleuren is aangegeven

² Omdat er geen nulmeting is uitgevoerd vóór de aanleg van de Zandmotor, wordt een vergelijking gemaakt met het strand van Noordwijk. Daar wordt tussen paal 71 en 81 al tientallen jaren volgens een vaste methode strandtellingen uitgevoerd.



Figuur 2.12 Aantalontwikkeling (maandgemiddelde) 2013-2020 alle soorten vogels (boven), aalscholver (links) en de drieteenstrandloper (rechts). Over 2015 en 2016 zijn geen gegevens beschikbaar. (uit rapportage ND17)

De betekenis van de Zandmotor voor broedvogels is gering. In de periode 2013-2014 waren er geen broedvogels op de Zandmotor, in de periode 2017-2020 broedden enkele paren bontbekplevieren (Tabel 2.1). De bontbekplevier komt als broedvogel niet voor op andere stranden van de Zuid-Hollandse kust tussen Hoek van Holland en Noordwijk. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de ontwikkeling van duintjes op de Zandmotor waardoor de vogels meer schuilmogelijkheden hebben. Als de duintjes groter worden en meer begroeid raken wordt het gebied echter weer minder geschikt voor strandbroedvogels als bontbekplevier. Wel zullen dan (buiten)duinsoorten als graspieper zich kunnen vestigen; in 2019 was er al eerste waarnemingen van deze soort als broedvogel. Hoewel het biotoop op de Zandmotor geschikt lijkt, ontbreken broedende paartjes van andere typische strandbroedvogels als strandplevier, dwergstern en scholekster. Waarschijnlijk speelt verstoring door bezoekers (met honden) hierbij een belangrijke rol. Lees meer hierover in de rapportage van ND17.

Tabel 2.1 Broedende vogels op de Zandmotor 2013 – 2020 (uit rapportage ND17)

soort	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
bontbekplevier	-	-	?	?	1	2	2-4	2-4
graspieper	-	-	?	?	-	-	0-1	-

3 Natuurwaarde van het bestaande duingebied

3.1 Inleiding

Naast de ontwikkelingen op de Zandmotor zelf, zijn in de periode 2013-2020 ook mogelijke invloeden van de aanleg en aanwezigheid van de Zandmotor op het landwaarts gelegen duingebied Solleveld gemonitord. De reden hiervoor is dat bij de vergunning voor de aanleg van de Zandmotor door de provincie Zuid-Holland, de eis is gesteld dat een aantal van de mogelijke effecten op de duinen zoals deze in de passende beoordeling zijn benoemd worden gemonitord.

Habitattypen in duinen Solleveld

H2120 Witte duinen



Voorbeeld wit duin. Foto: Stephanie IJff

H2130 Grijs duinen (kalkrijk en kalkarm)



Grijs duin kalkarm in het meetgebied, hier met een hoge bedekking zomersneeuw (typische soort voor dit habitat) Foto: Gerlof Hoefsloot

H2160 Duindoornstruwelen



Jong duindoornstruweel achter de eerste duinenrij in 2020. Foto uit rapport ZM 10/11

Deze effecten kunnen doorwerken in het oppervlak en de kwaliteit van habitattypen waarvoor in dit Natura 2000-gebied instandhoudingsdoelstellingen gelden, zoals H2120 Witte duinen, H2130A Grijs duinen kalkrijk, H2130B Grijs duinen kalkarm en H2160 Duindoornstruwelen. Juridisch gezien zijn oppervlak en kwaliteit van deze habitats de belangrijkste parameters omdat de instandhoudingsverplichting hierop is toespitst. Vanwege mogelijke effecten van de Zandmotor op deze habitats is in de natuurbeschermingswetvergunning uit 2010 de verplichting opgenomen deze te monitoren.

De evaluatievraag die hier wordt beantwoord, is:

EF4-4: Kunnen (negatieve) invloeden van het nieuwe duingebied op natuurwaarden in het bestaande duingebied worden voorkomen?

Deelvragen:

EF4-4a: Wat is de invloed van veranderingen in zandspray in de bestaande buitenduinen?

EF4-4b: Wat is de invloed van veranderingen in zoutspray in de bestaande buitenduinen en wat is de invloed van beheer (begrazing, maaien, verwijderen struwelen) hierop?

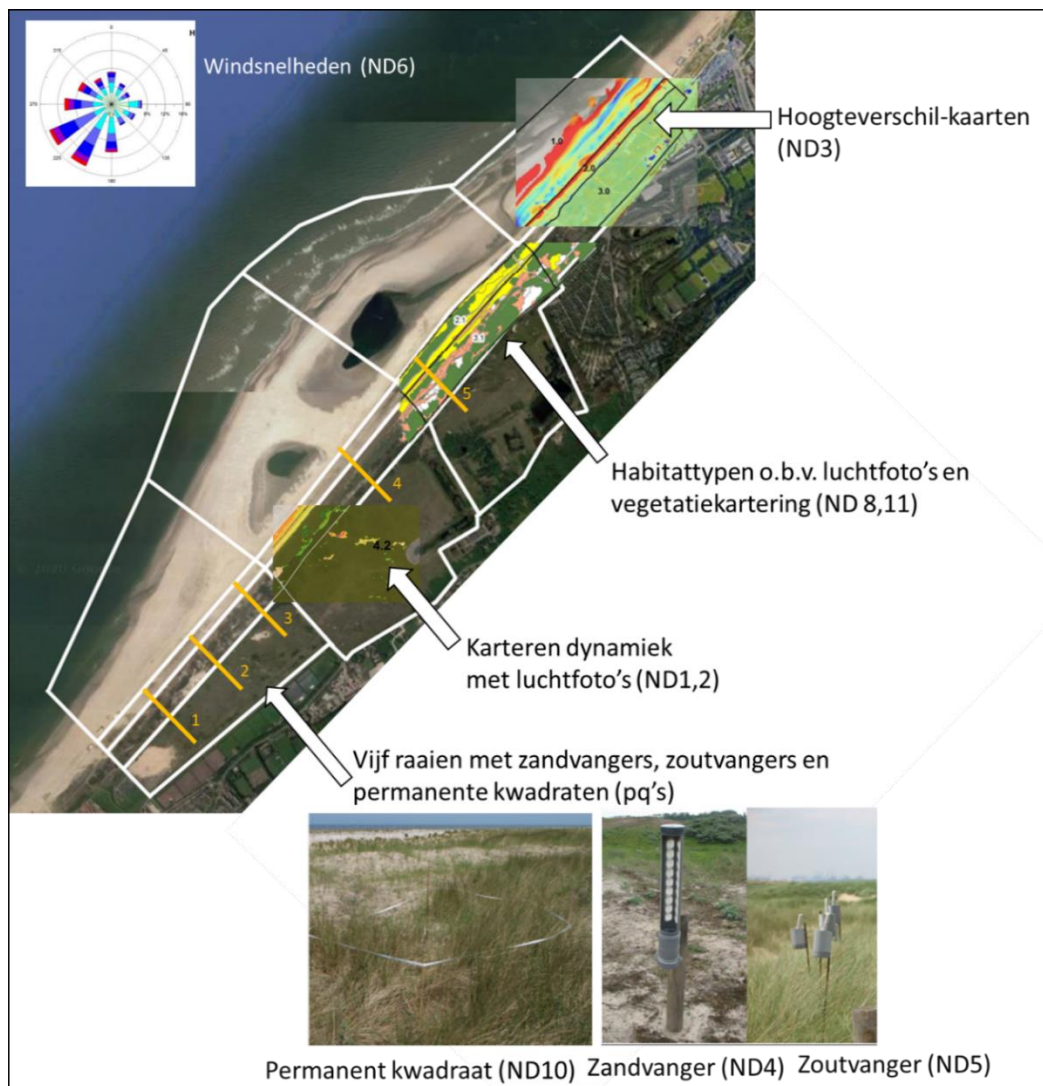
EF4-4c: Wat is de invloed van veranderingen in zand- en zoutspray in duingebied Dunea achter de huidige derde duinregel?

De mogelijke effecten op het bestaande duingebied zijn: een toename van overstuiving en zandinwaai (zandspray); afname van de invloed van zoute zeewind (zoutspray); en vernatting door grondwaterstandstijging. De grondwaterstandstijging is apart gemonitord en is geen onderdeel van deze rapportage. Een toename van overstuiving en zandinwaai kan leiden tot een teruggang in de successie en kan voor de vegetatie en flora de volgende gevolgen hebben: meer kaal zand; toename van witte duinen (ten koste van andere habitattypen); toename pionier- en/of kalkminnende planten; en een toename oppervlakte habitattypen Grijze duinen kalkrijk ten koste van Grijze duinen kalkarm. (Lichte) overpoedering kan echter ook bijdragen aan het behoud van grijze duinen, zeker in het kalkrijke subtype. Een afname van zoutinwaai kan leiden tot een versnelling van de successie en kan voor de vegetatie en flora de volgende gevolgen hebben: (Versnelde) toename van duinstruwelen ten koste van witte en grijze duinen (omdat duinstruwelen minder zouttolerant zijn dan witte en grijze duinen); en een afname van zouttolerante plantensoorten.

3.2 Methode

Om de evaluatievragen rond deze mogelijke negatieve effecten in de duinen van Solleveld i.r.t. overstuiving van zand en inwaai van zout te kunnen beantwoorden zijn zowel abiotische parameters (dynamiek, zandspray, zoutspray) als beschermde natuurwaarden (vegetatie/habitats) gemonitord. De bevindingen en beantwoording van de evaluatievraag zijn opgesteld o.b.v. de onderzoeksrapportages die zijn opgesteld door Bas Arens en Kees Vertegaal. Hieronder worden per rapportage kort de gebruikte (meet)methode genoemd.

Zanddynamiek	<p>ND1 Zanddynamiek</p> <p>De mate van overstuiving is onderzocht aan de hand van veranderingen in de dynamiek van stuivend zand in het gebied van Duinversterking tot en met Duinen van Solleveld. Hiervoor zijn karteringen gemaakt van dynamiek op verschillende tijdstippen, gebaseerd op luchtfoto's.</p>	<p>ND2 Dynamische geomorfologie</p> <p>Met behulp van jaarlijkse luchtfoto's zijn dynamische vormen op de Zandmotor, in de zeereep en in de achterliggende duinen gekarteerd (die in beweging zijn door erosie of accumulatie).</p>	<p>ND3 Hoogtemetingen</p> <p>Hoogteveranderingen zijn bepaald door het vergelijken van hoogtemetingen door laseraltimetrie die voor aanleg van de Zandmotor jaarlijks, en na aanleg halfjaarlijks worden opgenomen.</p>
Sand & Salt spray	<p>ND4 Sand Spray</p> <p>Sand spray wordt gemeten met behulp van zandvangers, om inzicht te geven in fijne overstuiving (kleine hoeveelheden die niet kunnen worden aangetoond met dynamiekartering). Tweewekelijkse opnamen in vijf transecten dwars op de kust en vijf locaties per transect.</p>	<p>ND5 Salt Spray</p> <p>Salt spray wordt gemeten met behulp van zoutvangers. De zoutvangers zijn opgesteld in vijf transecten, met zoutvangers op de Oude zeereep, achter de zeereep en verder landwaarts in de duinen van Solleveld.</p>	<p>ND6 Windsnelheden</p> <p>Wind is één van de belangrijkste drijvende krachten achter zand- en zouttransport en dynamiek van duinen. Daarom zijn voor de analyses van zand- en zouttransport windsnelheden en -richtingen gebruikt, die gemeten zijn bij Hoek van Holland.</p>
Habitats en vegetatie	<p>ND8 Vegetatie en habitats</p> <p>Habitatkaarten zijn gemaakt o.b.v. luchtfoto's uit 2012 en 2019, in combinatie met vegetatiekartering van het terrein in 2020. Verschilkaarten geven inzicht in de ontwikkelingen per habitattypen. Uitgevoerd door Bureau Waardenburg.</p>	<p>ND10 Vegetatieopnamen</p> <p>Monitoring van permanente kwadraten (pq's) in de buitenduinen van Solleveld, meetpunten in vijf transecten in de (vroegere) buitenduinen van Solleveld. Locaties gelijk aan meetpunten Sand spray (ND4). Uitgevoerd door Bureau Waardenburg.</p>	<p>ND11 Hogere planten</p> <p>De aanwezigheid en abundantie van hogere planten in de vier vakken van het onderzoeksgebied is per jaar bepaald tijdens twee inventarisatieronden, één in de voor- en één in de nazomer. Uitgevoerd door Bureau Waardenburg.</p>



Figuur 3.1 Overzicht meettechnieken ter beantwoording van de evaluatievraag

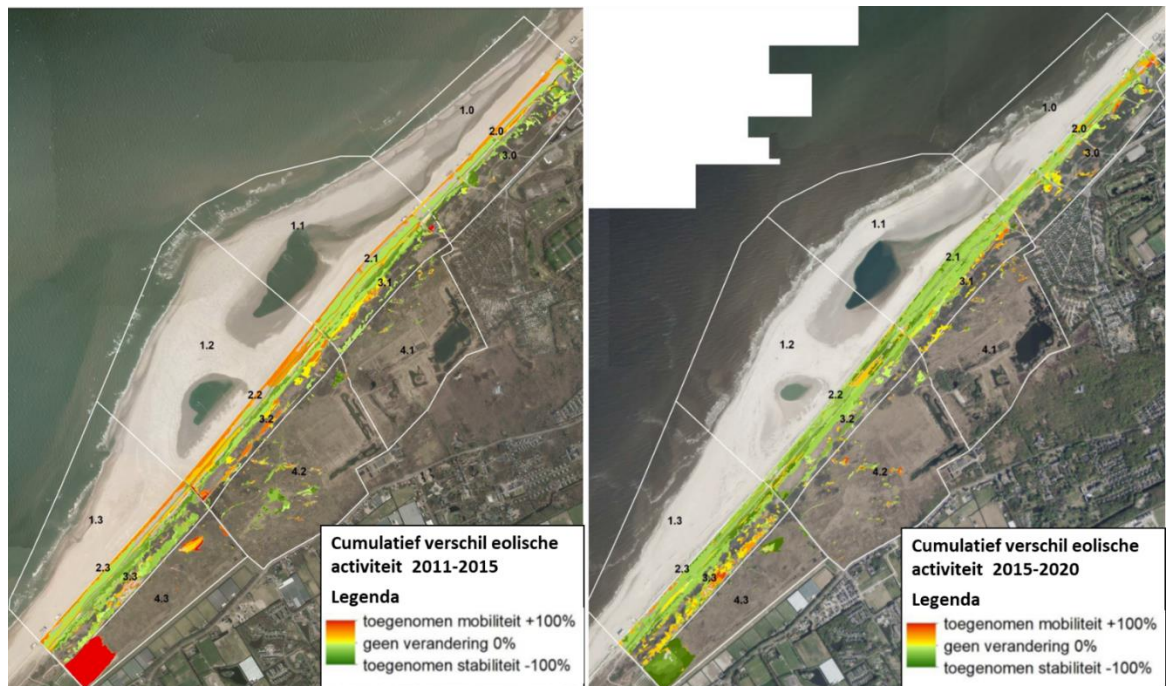
3.3 Belangrijkste bevindingen

Hieronder worden de belangrijkste bevindingen genoemd, gebaseerd op de analyse van de monitoringsgegevens. Eerst worden de resultaten besproken van zanddynamiek, overstuiving van zand, inwaai van zout en veranderingen in vegetatie en bijbehorende habitats. Daarna wordt de invloed van de abiotische factoren (zand en zout) en beheer op de ontwikkelingen in vegetatie besproken. Het gaat daarbij uitdrukkelijk om het begrijpen van de processen die hebben plaats gevonden sinds de aanleg van de Zandmotor. Hoe de inzichten zich vertalen in het beantwoorden van de evaluatievragen, staat beschreven in hoofdstuk 4.

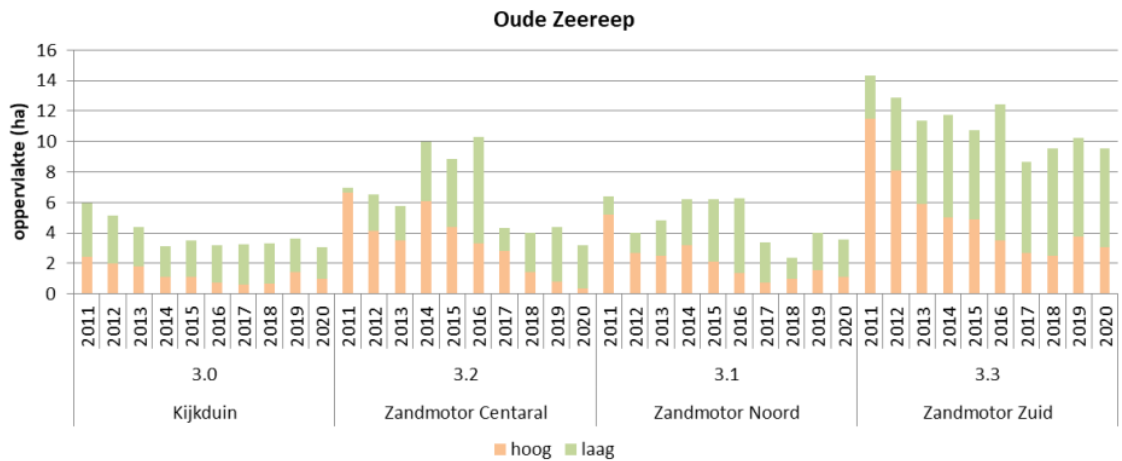
Zanddynamiek

Het effect van de Zandmotor op zanddynamiek in de duinen heeft vooral gevolgen voor de duinversterking. Met zanddynamiek wordt de dynamiek van overstuivend zand bedoeld, zoals bijvoorbeeld in kerven en stuifkuilen, maar ook in de vorm van zand wat vanaf het strand over de zeereep richting achterliggende duinen stuift. Tot 2016 is er een duidelijke toename van overstuiving in en aanstuiving tegen de duinversterking (Figuur 3.2). Na 2016 neemt de dynamiek van de duinversterking af, waarschijnlijk door de vestiging van embryonale duinen op de Zandmotor. Hierdoor wordt het zand dat richting duinversterking wordt aangevoerd al daarvoor in de embryonale duinen ingevangen. De aanstuiving en vorming van embryonale duinen tegen en op de duinversterking is dan ook fors.

De duinversterking heeft ertoe geleid dat de zanddynamiek in de achterliggende oude zeereep en mogelijk ook op de binnenduinen is afgenomen (Figuur 3.3). Wat overblijft is de lokale dynamiek van kleinschalige verstuingen en stuifkuiltjes (alleen lokaal effect) en incidenteel, tijdens extreme gebeurtenissen, een lichte tot zeer lichte overstuiving ver de binnenduinen in. De aanstuiving over de oude zeereep is sterk afgenomen, dit gebied is volledig gestabiliseerd, het “verstart”. De doorstuiving richting binnenduinen is zeer beperkt, het is de vraag of dit echt afgenomen is, omdat de extreme gebeurtenissen bepalend zijn. In 2018 was er één extreme storm die tot behoorlijke overstuiving van de binnenduinen heeft geleid. Gezien de zeldzaamheid van dit soort gebeurtenissen is op een tijdreeks van 10 jaar niet vast te stellen of dit toe of afgenomen is, en of het effect van zo een storm anders zou zijn geweest als de zandmotor er niet was geweest. Lees meer hierover in ND 1, Aggenbach et al. (2020) en Arens et al. (2020).

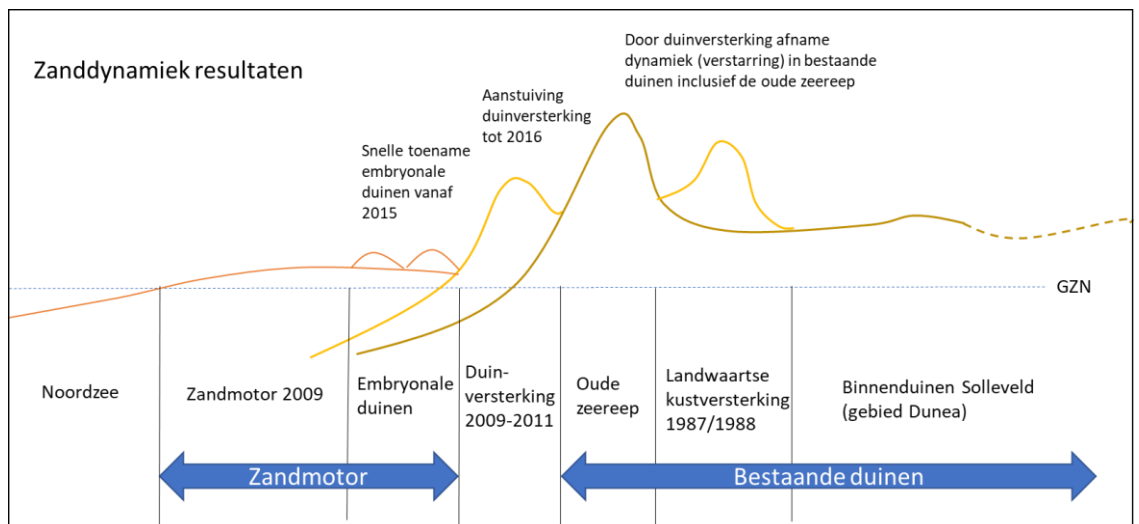


Figuur 3.2 De kaart toont de toename (rood) en afname (groen) van dynamiek in het duingebied voor de periode 2011-2015 (links) en 2015-2020 (rechts). In de eerste periode is sprake van een toename van dynamiek in een deel van de oude zeereep (te zien als oranje vlekken in deelgebieden 3.1 t/m 3.3), terwijl in de tweede periode vooral verstarring optreedt (groen). Het rode (links) en groene (rechts) vlak in deelgebied 4.3 is de voormalige camping Molenslag die is gestabiliseerd door het insteken van maaisel). (uit rapportage ND1)



Figuur 3.3 Verandering in oppervlakte oude zeereep waar een hoge (oranje) of lage (groen) mate van dynamiek is gemeten. De dynamiek op de oude zeereep neemt af, wat grotendeels het effect is van de duinversterking. (uit rapportage ND1)

De resultaten worden bevestigd door analyse van winddynamiek: er is wel een relatie tussen wind en volumeveranderingen op de Zandmotor/duinversterking gevonden, maar geen relatie tussen wind en overstuiving op de oude zeereep en overstuiving in de duinen Solleveld. Dit geeft aan dat de dynamiek in oude zeereep en binnenduinen Solleveld grotendeels onafhankelijk is van de hoeveelheid aanstuiving tegen en op de duinversterking, dus onafhankelijk is van de hoeveelheid zand die vanaf de Zandmotor verstuift, maar veel meer afhangt is van het voorkomen van extreme gebeurtenissen.

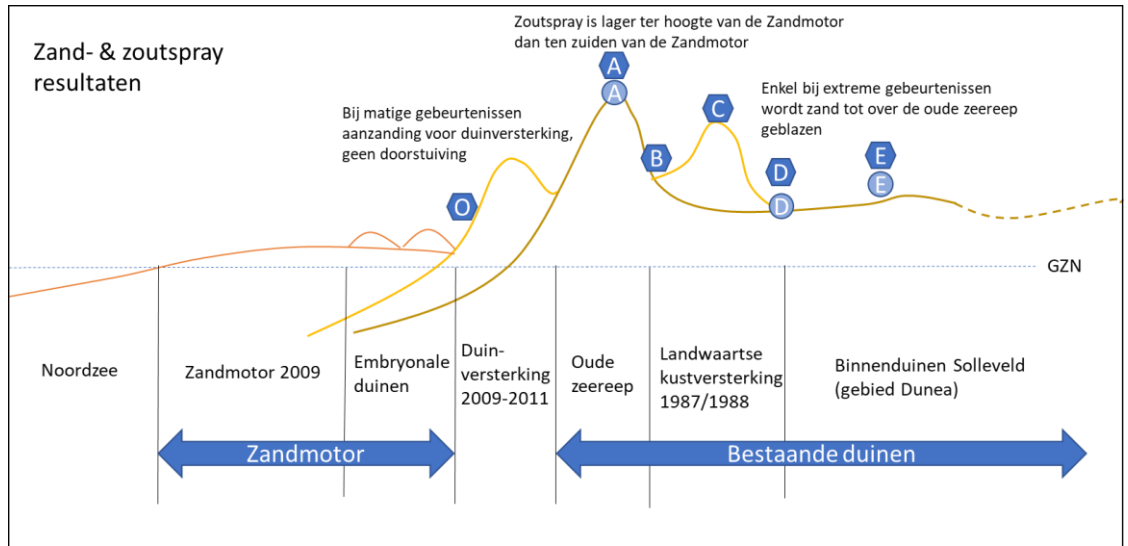


Figuur 3.4 Samenvatting resultaten zanddynamiek

Overstuiving van zand en inwaai van zout

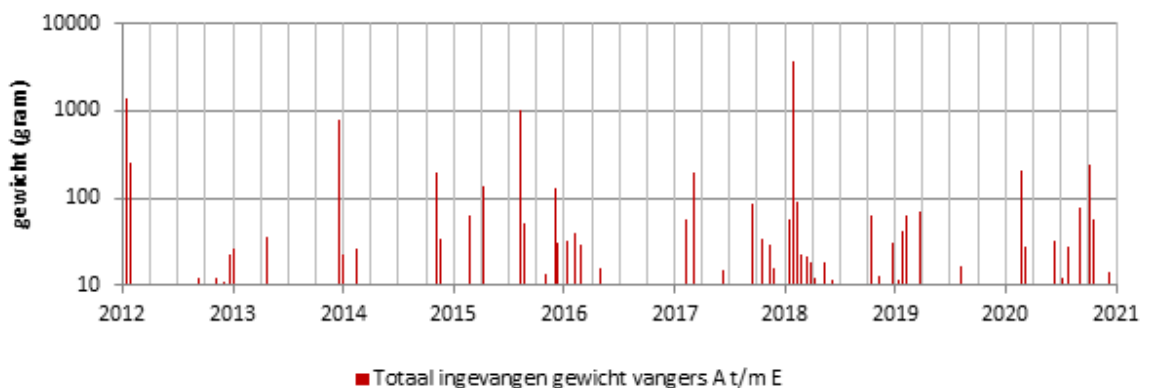
Bij de analyse van overstuiving van zand door wind wordt onderscheid gemaakt tussen 'matige gebeurtenissen', waarbij vooral zandtransport richting Duinversterking optreedt, zonder dat dit tot duidelijke doorstuiving leidt, en 'extreme gebeurtenissen', waarbij er extreem transport richting Duinversterking optreedt, maar ook een goed meetbare hoeveelheid zand verder landwaarts stuift. De matige gebeurtenissen zorgen vooral voor duinaangroei en veroorzaken daarmee veranderingen in het landschap, doordat de duinen hoger en/of breder worden. De extreme events zorgen vooral voor een fijne overstuiving over het achterliggend landschap en

zijn daarmee voor de ecologie aldaar belangrijker. Het aantal van deze matige en extreme gebeurtenissen is beperkt, er zijn veel periodes waarin niets of bijna niets is ingevangen. Tussen 2012 en 2021 zijn 59 maal matige gebeurtenissen voorgekomen, en 12 maal extreme gebeurtenissen (Figuur 3.6). De meeste overstuiving vond plaats tijdens de storm van 18 januari 2018 (Figuur 3.7). De matige gebeurtenissen zorgen vooral voor duinaangroei van het gebied vóór de oude zeereep, met name embryonale duinen en de duinversterking, en niet in de bestaande duinen. De extreme gebeurtenissen zorgen vooral voor een fijne overstuiving over het achterliggend landschap en zijn daarmee voor de ecologie aldaar belangrijker. De doorstuiving richting binnenduinen is dus zeer beperkt. De locaties van de zand- en zoutvangers en een samenvatting van de resultaten staan in Figuur 3.5. Lees meer hierover in ND4.

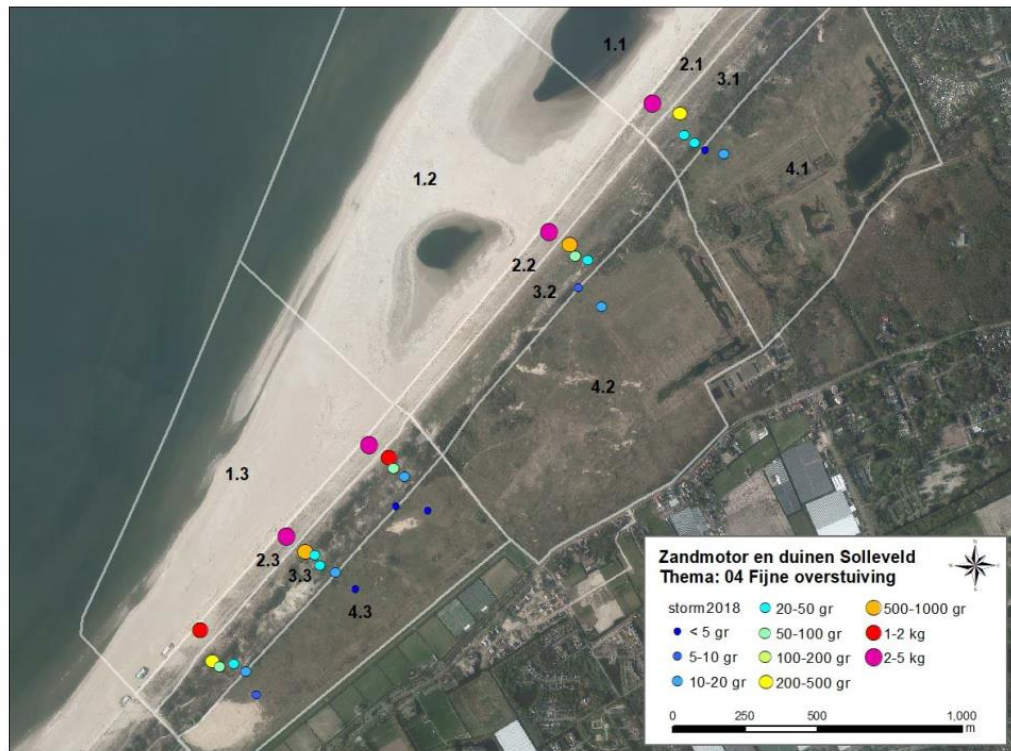


- A Locatie zandvangers
- A Locatie zoutvangers

Figuur 3.5 Locaties van zand- en zoutvangers, en samenvatting resultaten overstuiving van zand (zandspray) en inwaai van zout (zoutspray)

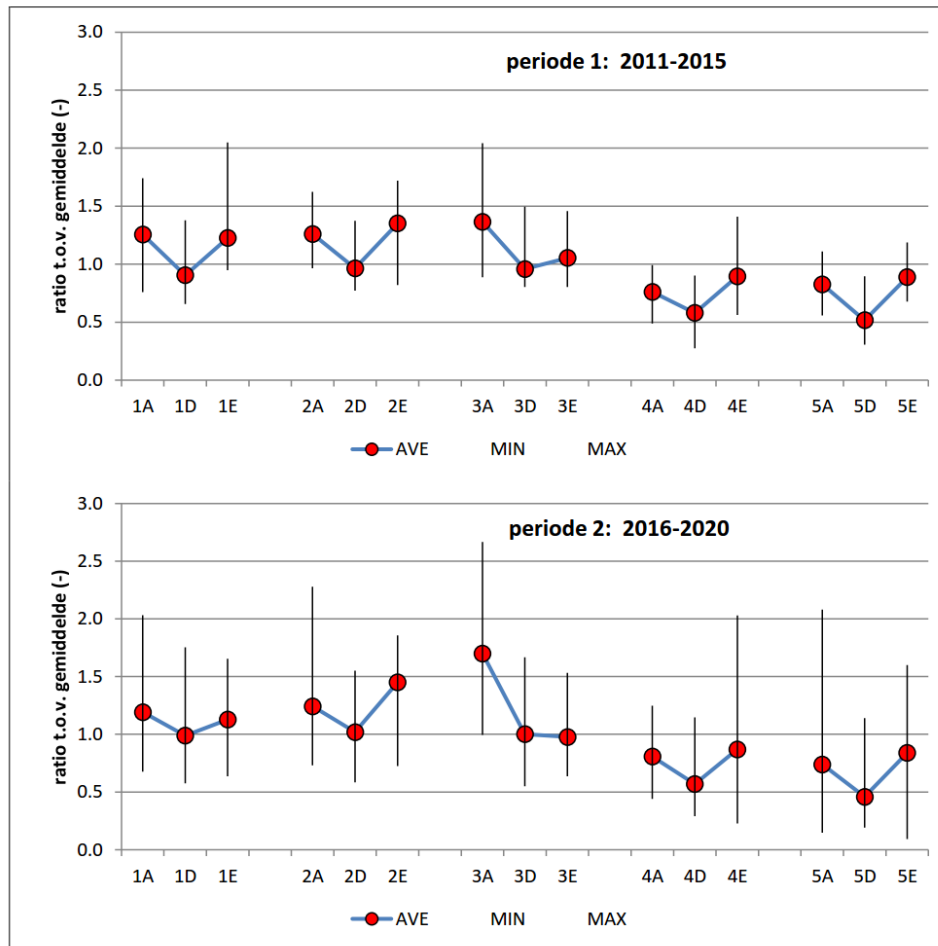


Figuur 3.6 Gebeurtenissen waarbij het totale gewicht van alle A t/m E vangsten meer dan 10 gram bedraagt (uit rapportage ND4)



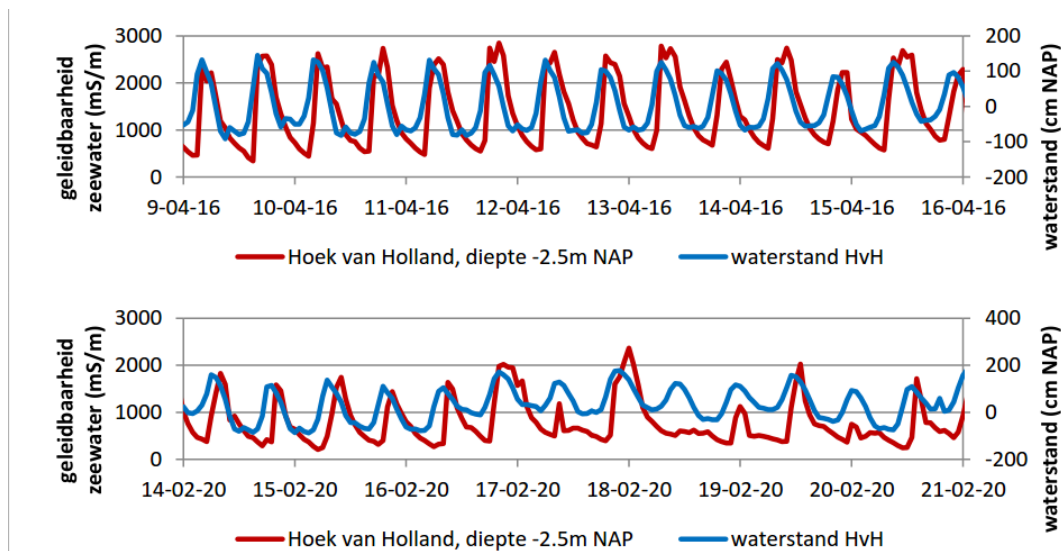
Figuur 3.7 Totaal ingevangen gewicht na de storm van 18 januari 2018 (uit rapportage ND4)

De metingen van de zoutvangers geven een goed beeld van de temporele en ruimtelijke variatie van inwaai van zout (Figuur 3.8). Er is sprake van een grote temporele variatie, waarbij na enkele events een veel hogere inwaai van zout wordt gemeten. Er is een duidelijk kustdwars patroon te zien, waarin de hoeveelheid zout afneemt van locatie A naar D, maar weer toeneemt bij de E-vangers. Dit kan verklaard worden door het feit dat de D-vangers in de luwte liggen van een duinrug waar de zoutwolk waarschijnlijk grotendeels overheen waait, terwijl de E-vangers op het vlakke duinterrein liggen waar de zoutwolk is gedaald en het oppervlak weer kan bereiken. Een belangrijk resultaat is dat er kust-longs een effect van de Zandmotor te ontwaren. De gemiddelde inwaai van zout is in de transecten 4 en 5 (ter hoogte van de Zandmotor) namelijk lager dan in de overige transecten. Lees meer hierover in ND5 en Du & Hesp (2020).



Figuur 3.8 Gemiddelde, minima en maxima van de ratio's inwaai van zout per locatie (gemeten als geleidbaarheid). De ratio is berekend als de meting voor een locatie gedeeld door het gemiddelde van alle andere metingen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor alle opnames waarbij de geleidbaarheid in vanger 3A tenminste $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ was. (uit rapportage ND5)

Het zoutgehalte van het zeewater is niet constant, maar hangt af van de afstand tot de Rijnmond (waar zoet water het zeewater verdunt), het getij (zoutgehalte is hoger met vloed, zie Figuur 3.9), en een cyclische variatie door het jaar heen, waarvan de oorzaak niet bekend is. Wanneer het zoutgehalte in de Noordzee laag is, kan het dus zo zijn dat bij een storm met aanlandige wind de inwaai van zout in de duinen toch laag is. Voor het effect van dit zout op de vegetatie is het seizoen van belang; in de lente, wanneer het blad net uitloopt, kan het effect van een hoge inwaai van zout groot zijn. In de winter is het effect veel kleiner of misschien zelfs afwezig.



Figuur 3.9 Geleidbaarheid (linker as) en waterstand (rechteras) voor Hoek van Holland, voor twee periodes. (uit rapportage ND5)

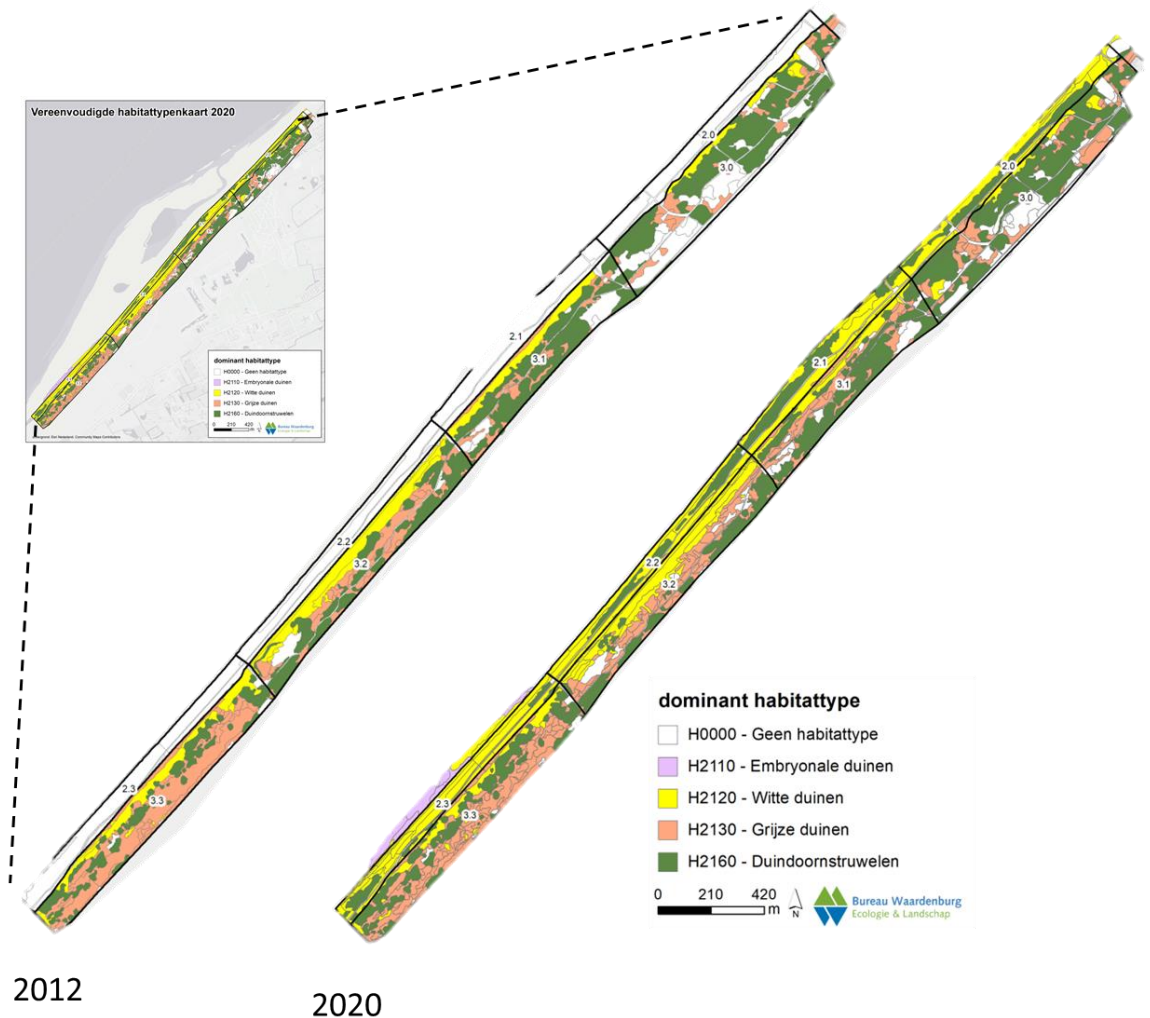
Stormen hebben niet altijd een effect op eolisch transport en inwaai van zout. Ze zorgen vaak wel voor grote veranderingen door kustafslag, maar niet per se voor een grote eolische dynamiek. Dat hangt ook af van de windrichting en of de storm gepaard gaat met regen. Opvallend is dat de Sinterklaasstorm van 2013 een redelijk grote vangst veroorzaakte in de zandvangsters, maar een bijzonder lage gemeten inwaai van zout, ondanks dat de wind bijna recht aanlandig was en er een forse branding gestaan zal hebben. De storm van 18 januari 2018 valt op door zowel maximale waarden voor zand als voor zout. Uit het onderzoek naar windklimaat kwam naar voren dat sinds 1990 de gemiddelde windsnelheid is afgenomen, alsook de frequentie van aanlandige wind en van hoge windsnelheden. Het aantal stormen (windkracht 9 of hoger) in de periode 2011-2020 was vergelijkbaar met eerdere decennia. Wel is opvallend dat tussen 2007 en 2013 geheel geen stormen zijn langs gekomen.

De algehele trend in afnemende dynamiek in de duinen van Solleveld zou samen kunnen hangen met de afnemende wind, maar ook met een afname van de frequentie van aanlandige wind. Gezien de afname van de frequentie van hoge windsnelheden tussen 1991-2020 en de verschuiving en dominantie van veel voorkomende west-zuidwesten naar zuid-zuidwesten wind is het waarschijnlijk dat de inwaai van zout in het gebied over de periode 2011-2020 lager is dan in de periode daarvoor. Hier zijn helaas geen meetgegevens van, maar de analyse van windsnelheden en -richting maakt dit wel aannemelijk. Deze verlaging komt bovenop het beperkende effect dat het gevolg is van aanleg van de Zandmotor.

Habitats en vegetatie

Op de buitenduinen van Solleveld (dat is de oude zeereep en de landwaardse kustversterking uit 1987/88) is een verschuiving opgetreden van habitat Witte duinen (H2120) naar habitats Grijze duinen (H2130) en Duindoornstruwelen (H2160) (Figuur 3.10). Voor de meer landinwaarts gelegen meetlocaties zijn geen trendmatige veranderingen in ecologische indicaties geconstateerd; er zijn ook geen duidelijke verschillen tussen de effectraaien en de referentieraaien. Voor de binnenduinen zijn echter beperkte gegevens beschikbaar (pq's Dunea, maar na de T0 meting is geen vlakdekkende vegetatie-opnamen meer gemaakt) en er kunnen daar geen conclusies aan verbonden worden. Uit de habitatkartering en vegetatiekartering blijkt dat het oppervlak Witte duinen met 4-12% afnam in het grootste deel van de buitenduinen van Solleveld. De afname wordt veroorzaakt door het vastleggen van het stuivende zand door mossen en grassen (overgang naar Grijze duinen H2130), het dichtgroeien met duindoornstruweel (H2160) en hier en daar doordat duinriet, dauwbraam of

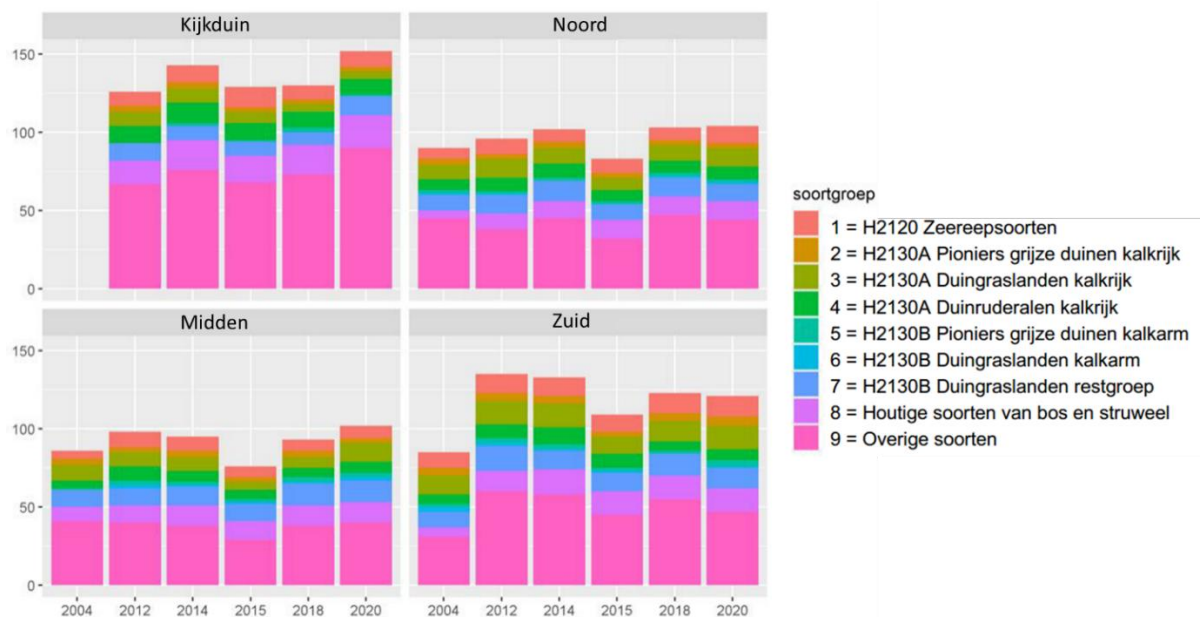
zandzegge het overnemen (H0000). Het oppervlak grijze duinen neemt in het grootste deel van het duingebied toe met 15-35%. In het centrale deel is na 2012 op diverse locaties doornstruweel verwijderd. Op veel van deze locaties heeft zich grijs duin kunnen ontwikkelen, dankzij het nieuw gecreëerd, geschikte biotoop. In 2012 was de duinversterking nog begroeid met pas aangeplante helm, en kon (conform het Natura 2000 profielfocument) niet tot witte duinen worden gerekend. In 2020 is hier meer structuur in ontstaan waardoor ze wel als natuurlijke witte duinen zijn gerekend. Ook is een deel van de duinversterking begroeid met duindoornstruwelen (Figuur 3.10).



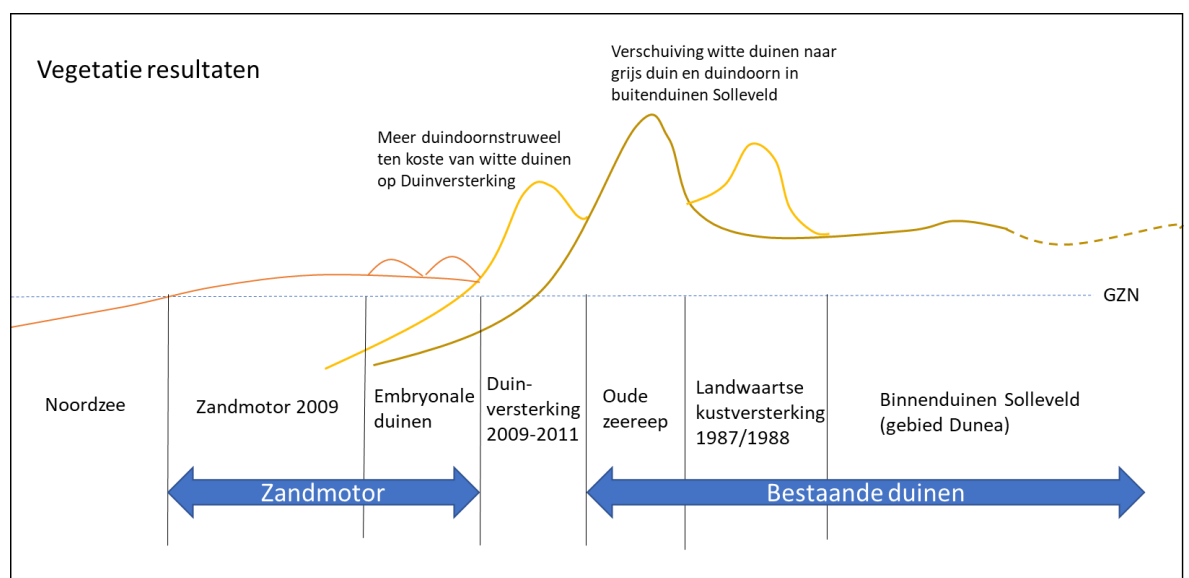
Figuur 3.10 Vereenvoudigde habitattypen kaart duinversterking, oude zeereep en landwaartse kustversterking in 2012 (links) en 2020 (rechts). De aangeplante helm op de duinversterking kon in 2012 nog niet als habitattypen worden gerekend, daarom zijn die deelgebieden aangeduid als H0000 (wit). (aangepast, uit rapportage ND8)

Ook de veranderingen in de pq's bij de zandvangers in de vijf raaien in de buitenduinen van Solleveld duiden op een verschuiving van vegetaties van Witte duinen naar Griuze duinen en Duindoornstruwelen. Dit geldt zowel voor de vegetatie/habitattypen als voor het percentage kaal zand en de indicaties aan de hand van ecologische soortgroepen. Uit de florakaractering blijkt dat het voorkomen van typische soorten van beschermde habitats en van Rode lijstsoorten weinig zijn veranderd (dus niet verslechterd) (Figuur 3.11). In totaal zijn vijftien 'typische soorten' van duinhabitattypen gevonden, waarvan drie van H2120 Witte duinen en twaalf van H2130 Griuze duinen. Wat betreft het aantal typische soorten per habitattypen is de situatie voor H2120 Witte duinen en H2130B Griuze duinen kalkarm constant te noemen, bij

H2130A Grijze duinen kalkrijk lijkt er voor de drie deelgebieden ter hoogte van de Zandmotor de laatste meetjaren sprake te zijn van een lichte toename. Wat betreft de cumulatieve abundantie van de typische soorten is het beeld iets gevarieerder, maar lijkt voor zowel H2130B Grijze duinen kalkarm als H2130A Grijze duinen kalkrijk sprake te zijn van een lichte afname van de bedekking door typische soorten in de vakken 3.1, 3.2 en 3.3, vooral voor habitattype H2130A ten opzichte van 2004. De verschillen zijn echter klein en kunnen zijn veroorzaakt door afwijkende meetmethoden (in 2004) of door variatie in weersomstandigheden (droogte in laatste meetjaren). Kijkend naar trends per soort, dan is de conclusie dat er geen sprake is van duidelijke verschuivingen. Alleen in deelgebied Zuid is sprake van een negatieve trend bij twee soorten van grijs duin (duinviooltje en ruw vergeet-mij-nietje).



Figuur 3.11 Aantal soorten per ecologische groep per deelgebied in Solleveld buitenduinen, per jaar (uit rapportage ND 11)



Figuur 3.12 Samenvatting resultaten vegetatie en habitats

Invloed van abiotische processen en beheer op veranderingen in vegetatie

De afname van dynamiek en fijne overstuiving heeft vooral in de vroegere buitenste duinenrij van de 'bestaande duinen' tot effecten op de vegetatie geleid: er is sprake van een verschuiving van meer dynamische vegetaties van witte duinen naar meer stabiele vegetaties van grijze duinen; mogelijk is ook de ontwikkeling van duindoornstruwelen erdoor versterkt. Zoals gezegd zijn dit primair effecten van aanleg van de Duinversterking; de aanleg van de Zandmotor draagt hier alleen in lichte, niet goed meetbare mate aan bij. De afname van inwaai van zout heeft in het bestaande duingebied waarschijnlijk geleid tot uitbreiding van duindoornstruwelen. Dit zal ook deels een gevolg zijn van autonome ontwikkeling (vegetatiesuccessie) en aanleg van de Duinversterking 2010. De afname van inwaai van zout is niet terug te zien in de presentie en abundantie van de ecologische groep van zeereepsoorten; deze is juist toegenomen, ook in de effectvakken ter hoogte van de Zandmotor. Ook in de ecologische groepen van droge duingraslanden/grijze duinen is dit niet terug te zien. De vegetatiekartering laat zien dat er netto geen grote veranderingen zijn ontstaan in de arealen van de verschillende habitattypen. Er zijn veel maatregelen genomen om 'verstruweling' tegen te gaan, zoals het ruimen van duindoorn en begrazing. Gesteld kan worden dat het met behulp van actief beheer mogelijk is om de natuurwaarden te behouden in de duinen van Solleveld.

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt het onderzoek naar natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor, en effecten op de natuurwaarde van het bestaande duingebied samengevat. Tevens worden de evaluatievragen beantwoord op basis van de monitoringsresultaten. De antwoorden kunnen gebruikt worden om de effecten van de zandmotor te kunnen toetsen, een eis die is gesteld bij de vergunningverlening. Tenslotte worden er aanbevelingen gegeven voor vervolgmonitoring en ontwerp van megasuppleties.

4.1 Natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor

De geomorfologische ontwikkelingen op de Zandmotor zijn bepalend voor de natuur- en duinontwikkeling, aangezien de bron van zand voor duingroei ligt in (aanzanding van) het intergetijdengebied. Om deze reden is een kartering gemaakt van de erosie en sedimentatie van de strandzone van de Zandmotor en ontwikkeling van bodemhoogte op het strand en in de bestaande duinen. De natuur- en duinontwikkeling zelf is in beeld gebracht door het karteren van de ontwikkeling van embryonale duinen in relatie tot de vestiging van plantensoorten. Ook is het gebruik van de Zandmotor door (broed)vogels onderzocht.

Uit de analyse van de geomorfologie blijkt dat de strandzone van de zeewaarts uitstekende haak (deelgebied Centraal en deels deelgebied Noord) van de Zandmotor het sterkst erodeert, terwijl het strand noordelijk en zuidelijk van de Zandmotor (i.e. in de deelgebieden Kijkduin en Zandmotor Zuid) juist breder wordt. Zand wordt vanaf het droge strand richting de nieuw aangelegde duinversterking getransporteerd. In de deelgebieden Noord en Centraal wordt deze aanvoer van zand naar de duinen echter beperkt door de lagune en het duinmeer. De aanleg van een duinmeer of lagune heeft daarom een grote impact op duinvorming.

De toevoer van zand en vestiging van vegetatie zorgt vanaf 2015 voor een grote toename in het areaal embryonale duinen. Deze ontstaan voornamelijk rondom helmpollen, in mindere mate door de vestiging van biestarwegras en incidenteel door zandhaver en duinzwenkgras. De groei van vegetatie heeft gezorgd voor een verschuiving van de duingroei van de bestaande duinen (eerste duinenrij) naar de embryonale duinen op het strand. Er komen relatief weinig plantensoorten voor op de Zandmotor en het aantal soorten schommelt van jaar tot jaar. Gemiddeld genomen is er tussen 2012 en 2020 wel een toename te zien.

De vegetatie, het kale strand en het open water van de lagune en het duinmeer vormen een aantrekkelijk habitat voor vogels. Uit vergelijking met strandtellingen bij Noordwijk blijkt dat de Zandmotor een duidelijke meerwaarde heeft voor de niet-broedvogels, waarschijnlijk als gevolg van rustmogelijkheden die de brede stranden met relatief geïsoleerd gelegen zandbanken bieden en de aanwezigheid van de lagune en het duinmeer. Broedvogels komen op de Zandmotor vrijwel niet voor, ondanks de aanwezigheid van geschikt habitat. Waarschijnlijk komt dit door de verstoring door recreanten (met honden).

Deze resultaten kunnen worden gebruikt voor het beantwoorden van de evaluatievraag *EF3-1a: Zorgt de Zandmotor voor toevoeging van een aantrekkelijk natuurgebied op de Zandmotor zelf en in de jonge duinen tegen het bestaand duin?*

EF3-1a1: In hoeverre ontwikkelen zich bredere, meer natuurlijke en dynamische duinen?

Op de Zandmotor heeft de groei van vegetatie en embryonale duinen gezorgd voor een landschap met een grote mate van natuurlijkheid, wat elders niet voorkomt langs de Hollandse kust. Verwacht mag worden dat deze ontwikkeling zich zal doorzetten en dat de duinen

uiteindelijk verhelen met de buitenste duinenrij van Solleveld. Hierdoor ontstaat een breder en robuuster complex van buitenduinen. Ook de duinversterking heeft door de tijd heen een natuurlijker karakter gekregen met meer ruimtelijke variatie in de bodemhoogte en vegetatie.

EF3-1a2: Wat is de invloed van dynamische wijze van aanleg en beheer op de kwaliteit?

De dynamische wijze van aanleg pakt vooral ten zuiden van de Zandmotor goed uit. Hier is een groot areaal embryonale duinen ontstaan (H2110). Op sommige plaatsen zijn al duincomplexen ontstaan die als witte duinen (H2120) aangemerkt kunnen worden. De vegetatieontwikkeling kwam wel pas na 2016 echt op gang, wat trager is dan verwacht. Daarna was sprake van een snelle groei van vegetatie en duinen. In het centrale en noordelijke deel van de Zandmotor hebben het duinmeer en de lagune echter een remmend effect gehad op de natuurlijke duinaangroei. Op de haak van de Zandmotor is het strand zo hoog dat er geen golfwerking of golfoploop is in dit gebied. Gevolg is een oppervlak met grof zand en schelpen, waar de noodzakelijke dynamiek voor omwoelen en sorteren van zand ontbreekt.

EF3-1a3: Wat is de invloed van het recreatiebeheer ('flexibel zoneren')?

Van recreatiebeheer is nauwelijks sprake geweest. Dit leidde ertoe dat duinontwikkeling niet ongestoord kon verlopen. Het effect van rijroutes van voertuigen is in het bijzonder goed te zien. Er is zijn aaneengesloten zones nieuwe duinen ontstaan die door rijbanen worden gescheiden. Dit geldt in het bijzonder voor het strand bij de strandopgang van het Schelpenpad. De verwachting is dat er beduidend meer oppervlak jonge duintjes zouden zijn ontstaan als er maatregelen waren ingesteld zoals het beperken van de rijroutes van voertuigen (met rasters of via bebording) of het geleiden van bezoekers vanaf het Schelpenpad naar het strand met afgerasterde looproutes.

4.2 Natuurwaarde van het bestaande duingebied

Voor het onderzoeken van mogelijke negatieve effecten van de Zandmotor op de habitats en vegetatie in de duinen van Solleveld is onderzoek gedaan naar de zanddynamiek en de verandering in overstuiving van zand en inwaai van zout.

Als gevolg van de aanleg van de Zandmotor is de zanddynamiek in de duinen tussen 2011 en 2020 afgenomen. Dit had vooral gevolgen voor de duinversterking, maar ook de zanddynamiek in de achterliggende oude zeereep en mogelijk ook op de binnenduinen is afgenomen. Wel is er sprake van overstuiving van zand en inwaai van zout in de buitenduinen van Solleveld. Fijne overstuiving achter de duinversterking, in de buitenduinen van Solleveld, vindt nog wel plaats, maar alleen tijdens 'extreme gebeurtenissen' (i.e. 12x gedurende de onderzoeksperiode). Er is sprake van een afname van de hoeveelheid ingewaaid zout in de transecten ter hoogte van de Zandmotor dan in de overige transecten.

De afname van dynamiek en fijne overstuiving heeft vooral in de vroegere buitenste duinenrij van de 'bestaande duinen' tot effecten op de vegetatie geleid: er is sprake van een verschuiving van meer dynamische vegetaties van witte duinen naar meer stabiele vegetaties van grijze duinen. Mogelijk is ook de ontwikkeling van duindoornstruwelen in de buitenste duinenrij hierdoor versterkt. In de meer landwaarts gelegen buitenduinen van Solleveld is het oppervlak Witte duinen met 4 tot 12% afgenomen. De afname wordt veroorzaakt door het vastleggen van het stuivende zand door mossen en grassen (overgang naar Grijze duinen H2130), het dichtgroeien met duindoornstruweel (H2160) en hier en daar doordat duinriet, dauwbraam of zandzegge het overnemen (H0000). Zoals gezegd zijn dit primair effecten van aanleg van de Duinversterking; de aanleg van de Zandmotor draagt hier alleen in lichte, niet goed meetbare mate aan bij. De afname van inwaai van zout door de duinversterking en de Zandmotor heeft in het bestaande duingebied waarschijnlijk geleid tot uitbreiding van duindoornstruwelen.

Deze resultaten kunnen worden gebruikt voor het beantwoorden van de evaluatievraag
EF4-4: Kunnen (negatieve) invloeden van het nieuwe duingebied op natuurwaarden in het bestaande duingebied worden voorkomen?

EF4-4a: Wat is de invloed van veranderingen in zandspray in de bestaande buitenduinen?

De zanddynamiek is voor alle meetlocaties in de duinen van Solleveld relatief laag. De dichte aanplanting van de Duinversterking vangt het grootste deel van het aanstuivende zand vanaf de Zandmotor in. Alleen tijdens stormen lijkt er nog zand over te stuiven naar de duinen van Solleveld. Om deze reden is extra beheer nodig via het verwijderen van duindoorn, weghalen/steken van helm en de aanleg van kerven. Deze beheermaatregelen zorgen voor een tijdelijke verhoging van de dynamiek voor de duur van enkele maanden.

EF4-4b: Wat is de invloed van veranderingen in zoutspray in de bestaande buitenduinen en wat is de invloed van beheer (begrazing, maaien, verwijderen struwelen) hierop?

Deze invloed is niet waarneembaar in de vegetatie van de duinen van Solleveld, mede omdat er veel beheersmaatregelen zijn genomen die een eventueel effect teniet doen. De zoutinwaai was al veranderd door de aanleg van de kustversterking in 2010. De Zandmotor heeft echter effect op de eerste duinenrij. Er werd daarom meer verstruweling waargenomen in het deel van de duinversterking dat achter de Zandmotor ligt. Net noordelijk en zuidelijk van de Zandmotor was er duidelijk minder successie.

EF4-4c: Wat is de invloed van veranderingen in zand- en zoutspray in duingebied Dunea achter de huidige derde duinregel?

Achter het breedste deel van de Zandmotor is minder invang van zand en zout dan bij het smallere deel. Deze veranderingen zijn niet zodanig dat ze tot verschuivingen in de vegetatie hebben geleid in het duingebied achter de derde duinregel.

4.3 Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek hebben we aanbevelingen opgesteld over monitoring, ontwerp en beheer van megasuppleties.

Zet de monitoring nog 10 jaar voort

De natuur op de Zandmotor is nog volop in ontwikkeling. Daarom raden wij aan om de monitoring van bodemhoogte, vegetatie en vogels de komende 10 jaar voort te zetten, aangezien er nog sprake is van sterke duin- en vegetatieontwikkeling in het gebied én er bij aanleg een levensduur van 20 jaar werd voorzien voor de Zandmotor. Ook wordt aanbevolen om het recreatief gebruik te monitoren én om de resultaten op een integrale wijze te analyseren (i.e. rekening houdend met de landschap, recreatie en natuur ontwikkeling). Door de bodemhoogte en vegetatie te monitoren wordt inzicht verkregen in de groei van de duinen, de successie van vegetatie en de ecologische waarde. De bodemhoogte dient tenminste tweemaal per jaar gemeten te worden, terwijl voor het monitoren van de vegetatie eens per twee tot vijf jaar voldoende is. Het tellen van vogels is van belang voor het inschatten van de lange termijn effecten van een megasuppletie op de vogelpopulatie. Vogels dienen maandelijks geteld te worden, maar dit kan om de 2 of 3 jaar gebeuren. Door recreatie op te nemen in het monitoringsplan kunnen de effecten van recreatie op natuurontwikkeling beter worden gemeten. Integrale analyse van de resultaten geomorfologie, hydrologie, vegetatie en recreatie draagt bij aan begrip van effect megasuppletie op natuurontwikkeling.

Vergroot de natuurwaarde door aanpassingen in het ontwerp

De natuurwaarde van een toekomstige megasuppletie kan worden vergroot door in het ontwerp rekening te houden met zandtransport richting de duinen en door zonering toe te passen voor natuur- en recreatiedoelen. We onderscheiden vier ontwerpkeuzes die bijdragen aan de

natuurwaarde. Daarin moet soms een afweging worden gemaakt tussen verschillende natuurdoelen (i.e. duinvorming versus onderwaternatuur).

Ontwerpkeuze 1) Aanleghoogte van de megasuppletie

Een eerste ontwerpaspect dat een grote invloed heeft op de natuur- en duinontwikkeling is de hoogte van de megasuppletie. Op een lager strand zorgt omwoeling bij hoog water voor sortering van het zand waardoor meer zand beschikbaar is voor zandtransport naar de duinen. Ook zal er minder snel een gebied ontstaan met een grote mate van bedekking van schelpen, zoals nu op de hogere delen van de haak van de Zandmotor het geval kan zijn.

Ontwerpkeuze 2) Grootte van het duinmeer en lagune

Ook een kleiner duinmeer en/of lagune zal leiden tot meer zandtransport richting de duinen. Een duinmeer en lagune hebben op zichzelf een belangrijke natuurwaarde, maar beperken duinvorming omdat ze een aanzienlijk deel van het door de wind aangevoerde zand invangen. In het ontwerp zal daarom een afweging moeten worden gemaakt tussen natuurdoelen gekoppeld aan het duinmeer en lagune en de natuurdoelen gekoppeld aan duinvorming.

Ontwerpkeuze 3) Wel of geen helmaanplant

Als natuurontwikkeling van embryonale duinen het doel is, dan is het ook te overwegen om aanplant van helm al in het ontwerp mee te nemen, waardoor een grote versnelling zal optreden in de ontwikkeling van nieuwe duintjes op het strand. Overigens wordt er door de embryonale duinen (en een eventuele lagune of duinmeer) zand ingevangen wat anders ten goede zou komen aan de waterkerende duinen. Wat betreft duingroei komt er daardoor nog een extra afweging bij met betrekking tot kustveiligheid (i.e. groeien van de bestaande waterkerende duinenrij) en natuur op het strand (embryonale duinen).

Ontwerpkeuze 4) Zonering natuur en recreatie

De natuurwaarde van megasuppleties kan tevens vergroot worden door onderscheid te maken tussen natuur- en recreatiedoelen, waarbij ruimtelijke zonering wordt toegepast in het ontwerp, waarbij recreatie ook wordt opgenomen in het monitoringsplan. Natuur- en recreatiedoelen vragen om een andere inrichting. Er kan bijvoorbeeld ruimtelijke zonering worden toegepast in het ontwerp, waarbij een deel van het gebied bestemd is voor recreatie en een ander deel voor natuurontwikkeling. Dit biedt kansen voor broedvogels en embryonale duinen zullen (bij voldoende zandtoevoer) beter tot ontwikkeling komen.

Pas het beheer aan om natuurontwikkeling te faciliteren

Na het aanleggen van een megasuppletie kunnen wijzigingen in het beheer van de bestaande duinen en van het strand nodig zijn om natuurontwikkeling te faciliteren. In de bestaande duinen kan afname van inwaai van zout door aanleg van een megasuppletie betekenen dat intensiever beheer nodig is voor het verwijderen van duindoornstruweel. Op het strand kan er, indien gewenst, handhaving worden ingesteld van de zonering waarbij recreatie beperkt of niet wordt toegestaan in gebieden die zijn aangewezen als natuurzone.

5 Lijst van deelrapportages en referenties

5.1 Deelrapporten MEP Zandmotor, natuur- en duinontwikkeling (ND)

ND1. Rapportage meetplan 01, Dynamiek

Notitie 16 november 2020, NOT_ZM_01_2020.03, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND2. Rapportage meetplan 02, Dynamische geomorfologie

Notitie 26 oktober 2020, NOT_ZM_02_2020.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND3. Rapportage meetplan 03, Hoogteveranderingen

Notitie 12 januari 2021, NOT_ZM_03_2021.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND4. Rapportage meetplan 04, Fijne overstuiving

Notitie 12 januari 2021, NOT_ZM_04_2020.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND5. Rapportage meetplan 05, Zoutspray

Notitie 19 januari 2021, NOT_ZM_05_2020.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND6. Rapportage meetplan 06 Windsnelheden

Notitie 4 januari 2021, NOT_ZM_06_2020.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND7. Rapportage meetplan 07, Waterstanden

Notitie 7 januari 2021, NOT_ZM_07_2020.01, definitief, 18 mei 2021
Bas Arens, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

ND8,10,11,16 en 17. Evaluatie Pilot Zandmotor Onderdeel natuur/duin en strand. Eindevaluatie 2012-2020.

Rapportage juni 2021

Kees Vertegaal, Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek

m.m.v. J.M. Reitsma, M. Japink, J. de Jong L. Leusink en J.H.T. Loermans, Bureau Waardenburg

ND15a. Rapportage meetplan 15, Semi-automatische kartering embryonale duinen Zandmotor, Resultaten 2018-2020

Notitie 21 januari 2021, NOT_ZM_15_2020.01, definitieve versie, 24 februari 2021

Bas Arens & Kees Vertegaal

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek

ND15b. Meetplan 15, Embryonale duinen. Ontwikkeling embryonale duinen Zandmotor: DGPS-kartering van proefvakken 2013-2018

Notitie 25 februari 2021, NOT_ZM_15_2020.02, definitieve versie, 2 juni 2021

Bas Arens & Kees Vertegaal

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek

ND 15c. Rapportage meetplan 15, Procedure semi-automatische kartering embryonale duinen Zandmotor

Notitie NOT2020.02.13, definitieve versie, 24 februari 2021

Bas Arens & Kees Vertegaal

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek

5.2 Referenties

Aggenbach, C., Nijssen, M., Kooijman, A., Arens, B., Fujita, Y. en van Til, M. (2020). Kleinschalige verstuingen in kustduinen (1). Effecten op vegetatie en fauna van duingraslanden. *De Levende Natuur* 121, 2, pp. 54-58.

Arens, B., Aggenbach, C., Kooijman, A., Nijssen, M. en van Til, M. (2020). Kleinschalige verstuingen in kustduinen (2). Sturende factoren, maatregelen en herstelstrategieën voor dynamiek. *De Levende Natuur* 121, 2, pp. 48-53.

Du, J., & Hesp, P. A. (2020). Salt Spray Distribution and Its Impact on Vegetation Zonation on Coastal Dunes: a Review. *Estuaries and Coasts*, pp.1-23.

Hoonhout, B. en De Vries, S. (2017a). Aeolian sediment supply at a mega nourishment. *Coastal Engineering* 123, pp. 11–20.

Hoonhout, B. en De Vries, S. (2017b). Field measurements on spatial variations in aeolian sediment availability at the Sand Motor mega nourishment. *Aeolian Research* 24, pp. 93-104

Huisman, B.J.A. (2018). Herziening evaluatievragen Zandmotor monitoring 2017-2021. Deltares Memo 11201431-001-ZKS-0004, In opdracht van Rijkswaterstaat-WVL.

Huisman, B.J.A., Wijsman, J.W.M., Arens, S.M., Vertegaal, C.T.M., van der Valk, L., van Donk, S.C., Vreugdenhil, H.S.I. en Taal, M.C. (2021a). Zandmotor in perspectief. Samenvattende rapportage van het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP). Deltares rapport 11201431-003-ZKS-0010, pp. 80

Huisman, B.J.A., Quataert, E. en Alvarez Antolinez, J.A. (2021b). Sedimentbalans Delflandse kust 2011-2021. Analyse van morfologische verandering en sedimenttransport rond de Zandmotor in de periode 2011 tot 2021. Deltares rapport 11201431-001-ZKS-0008.

Nolet, C., van Puijenbroek, M., Suomalainen, J., Limpens, J., & Riksen, M. (2018). UAV-imaging to model growth response of marram grass to sand burial: Implications for coastal dune development. *Aeolian Research* 31, pp. 50-61.

Rijnsburger, S. (2021). On the dynamics of tidal plume fronts in the Rhine Region of Freshwater Influence. PhD thesis TU Delft. <https://doi.org/10.4233/uuid:279260a6-b79e-4334-9040-e130e54b9360>

Taal, M.D., Arens, B., Kuijper, K., Tonnon, P.K., van der Valk, L., Vertegaal, C.T.M. en Wijsman, J.W.M. 2017. Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor, Fase 3: periode 2017 t/m 2021.

Van Puijenbroek, M.E.B., Limpens, J., De Groot, A.V., Riksen, M.J.P.M., Gleichman, M., Slim, P.A., Van Dobben, H.F. en Berendse, F. (2017). Embryo dune development drivers: beach morphology, growing season precipitation, and storms. *Earth surface processes and landforms* 42(11), pp. 1733-1744

Wijsman, J.W.M., van Hal R. en Jongbloed, R.H. (2015), Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2; evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010-2014. Imares C125/15 en Deltares rapport 1205045-000-ZKS-0107.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl