



hoogheemraadschap  
**Hollands**  
Noorderkwartier

## **Prins Hendrikzanddijk**

Analyse zandverstuiving

**Auteur**

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.

**Corsa nummer**

PM

**Registratienummer**

EDM70-19-305/16-014.607

**Datum**

1 september 2016

**Versie**

01

**Status**

definitief

**Afdeling**

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
Bevelandseweg 1  
Postbus 250  
1700 AG Heerhugowaard



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verstuivingsprocessen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Inzicht verstuivingsprocessen Prins Hendrikzanddijk</b>	<b>6</b>
3.1	Toekomstige situatie: de Prins Hendrikzanddijk	6
3.2	Verstuivingsprocessen Prins Hendrikzanddijk	7
3.3	Netto verlies en aanzanding	10
3.4	Hinder in aanleg en gebruiksfase	11
3.5	Hinder bij storm	11
<b>4</b>	<b>Maatregelen in aanleg- en gebruiksfase</b>	<b>12</b>
4.1	Maatregelen in aanlegfase	12
4.2	Maatregelen in gebruiksfase	12
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>16</b>



## 1 Inleiding

Ter versterking van de Waddenzeedijk wordt in sectie 9, ter hoogte van de Prins Hendrikdijk, de waterkering versterkt door de realisatie van de Prins Hendrikzanddijk. De Prins Hendrikzanddijk is een integrale oplossing die de doelstelling voor hoogwaterveiligheid combineert met natuurontwikkeling. Door het aanbrengen van een natuurlijke gradiënt wordt invulling gegeven aan de veiligheidsopgave en worden bestaande natuurwaarden getransformeerd naar andere natuurwaarden.

Als zand droog is en voldoende wind aanwezig is, gaat verstuiving optreden. Deze verstuiving kan verlies van duinvolume veroorzaken en tevens kan verstuiving overlast geven voor de omgeving. In deze analyse wordt kwalitatief gekeken naar verwachte verstuivingsoverlast en verliezen door verstuiving tijdens de aanleg en gebruiksfase van de Prins Hendrikzanddijk.

Naast het behoud van de hoogwaterveiligheid is verstuiving ongewenst voor:

- de nabije landbouwgrond;
- de achterliggende weg 'De Rede';
- het beschermde natuurmonument Ceres;
- de nieuwe natuurontwikkeling in de Prins Hendrikzanddijk;
- beweiding dijkgrasland;
- bebouwing/bewoners.

### **Uitgangspunten**

Deze analyse is gebaseerd op het voorgenomen ontwerp in het projectplan Waterwet. Daarnaast zijn een aantal aanvullende referenties gebruikt die zijn opgenomen in hoofdstuk 6. Voor de analyse worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. vegetatie wordt niet aangelegd op de schorren en de strandhaak. Naar verwachting ontwikkelt vegetatie zich na verloop van tijd op de schorren;
2. de strandhaak krijgt een erosiebeschermende schelpenlaag;
3. de gebruikte winddata is van het weerstation Texelhors [Ref. 2].

### **Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 van voorliggende rapportage wordt ingegaan op verstuivingsprocessen van zand door de interactie van wind en zand. In hoofdstuk 3 wordt inzicht gegeven in de verstuivingsprocessen bij de Prins Hendrikzanddijk. Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op de maatregelen in de aanleg- en gebruiksfase.



## 2 Verstuivingsprocessen

Verstuiving van zand treedt op door de interactie van wind en zand. Fijne korrels kunnen reeds bij beperkte snelheden opwaaien en verplaatst worden door de wind. Hoeveel zand verplaatst wordt, hangt af van een aantal factoren:

- windrichting ten opzichte van kustoriëntatie;
- windsnelheid;
- sedimentkarakteristieken (diameter, vorm, samenstelling (kleihoudend, schelpenhoudend));
- vochtigheid;
- vegetatie en obstakels;
- strijklengte;
- kustontwikkelingsstadium.

Een bepaalde afstand is nodig om verstuiving volledig op gang te doen komen. Dit wordt de kritische strijklengte genoemd. Op een strand wordt de strijklengte voor de aanlandig van zandtransport bepaald door de breedte van het strand tussen de waterlijn, de duinvoet en de windrichting. Bij wind loodrecht op het strand is de strijklengte korter dan bij schuinaanlandige wind.

Het eolisch transport hangt ook af van het kustontwikkelingsstadium. Er is een verschil tussen sedimenttransport bij een volledig ontwikkeld kustprofiel, en een kustprofiel dat recentelijk (voor een deel) gesuppleerd is. Uit de literatuur blijkt dat verstuiving bij een volledig ontwikkeld kustprofiel voornamelijk plaatsvindt in het inter-getijdengebied (zone tussen hoogwater en laagwater) en de 'swash-zone' (zone van golfploop en golfafloop). Dit wordt veroorzaakt door de omwoeling van zand door golven tijdens hoogwater.

Boven het inter-getijdengebied en de 'swash-zone' wordt de toplaag alleen incidenteel omgewoeld. De fractie verstuiikbaar materiaal in de toplaag is na enige tijd reeds verstoven, waardoor de toplaag alleen nog bestaat uit moeilijk verstuiikbaar materiaal. Alleen bij stormopzet of door menselijke activiteiten (bijvoorbeeld activiteiten op het strand) wordt deze laag opnieuw omgewoeld en komt weer sediment beschikbaar voor verstuiving.

Van der Wal (2004, [Ref 3.]) toont aan dat het eerste jaar na een suppletie de hoeveelheid zand die richting een duin verstuift beduidend hoger is dan gemiddeld. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de nog aanwezige fijne fractie in het recent gesuppleerde materiaal. Volgens Van der Wal [Ref. 3] leiden strandsuppleties tot een tijdelijke verhoging van de aanvoer van stuifzand vanaf het strand naar de duinen met circa 40 %. In het 4<sup>e</sup> jaar na de suppletie zijn de hoeveelheden weer gelijk aan de gemiddelde waarden voor een ontwikkelde kust.

### **Kwantificeren verstuiving langs de Hollandse Kust**

Volumeveranderingen in duinen langs de Hollandse kust zijn geanalyseerd middels Jarkusraaien door ondermeer Van der Wal [Ref. 3] en De Vries et al. [Ref. 4]. De potentiële groei van een duin door alleen wind is ongeveer 30 m<sup>3</sup> /m/jaar op basis van maximale transportcapaciteit en de gemiddelde netto groei van het duin door eolisch transport (inclusief effect van duinafslag) is voor de gehele Noord-Hollandse kust 8,7 m<sup>3</sup>/m/jaar.



Gebruikmakend van deze studies, lokale Jarkusraaien en ervaring bij Vlugtenburg, Maasvlakte II en de zandmotor is voor het project 'Kust op Kracht', de zandige kustversterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (afgekort KHPZ), de langjarige netto duinaangroei op circa 10 m<sup>3</sup>/m/jaar geschat. In de eerste jaren na aanleg wordt meer verwacht. Het zand wat richting het duin van de KHPZ stuift wordt op die locatie pas gezien als verlies, wanneer het landwaarts waait van het duin. Hierbij wordt uit gegaan dat het stuifverlies substantieel kan worden beperkt na volledige ontwikkeling van de begroeiing. Alleen de eerste drie jaren na aanleg wordt rekening gehouden met een groter verlies, doordat de begroeiing nog niet volledig ontwikkeld is en omdat een grote fractie fijn zand beschikbaar is.



### **3 Inzicht verstuivingsprocessen Prins Hendrikzanddijk**

Voor het inschatten van de verstuivingsprocessen bij de Prins Hendrikzanddijk dient rekening te worden gehouden met de specifieke kenmerken van deze locatie. De oriëntatie van de kust ten opzichte van de Waddenzee is anders dan de oriëntatie van de Hollandse kust ten opzichte van de Noordzee.

#### **3.1 Toekomstige situatie: de Prins Hendrikzanddijk**

Het plangebied van sectie 9 maakt voor het grootste deel onderdeel uit van het Natura 2000-gebied Waddenzee. Het plan voorziet in de aanleg van een veiligheidsduin, een strandhaak met schelpenrijk strand en laag dynamische lagunes (luwe zones). Deze zones worden afgeschermd door de strandhaak en de NIOZ havendam.

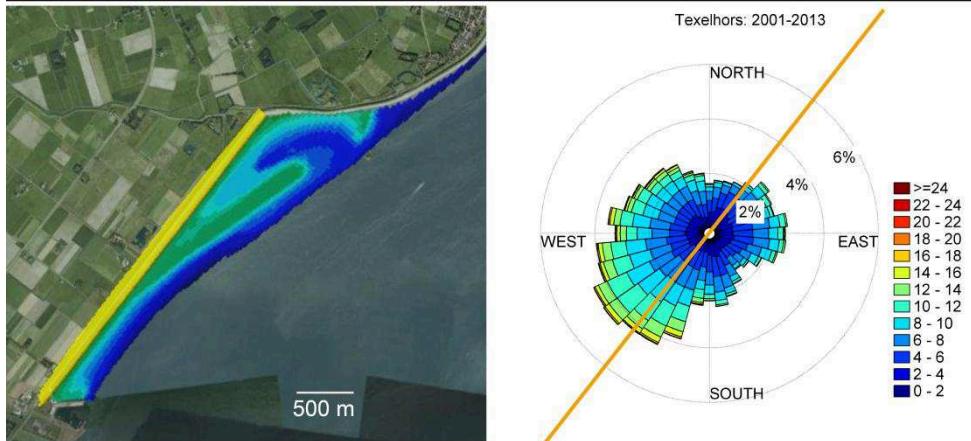
Het veiligheidsduin is een duingebied dat tevens de kern van de nieuwe zandige zeewering vormt. Het veiligheidsduin komt direct zeewaarts van de bestaande Prins Hendrikdijk te liggen. Het veiligheidsduin sluit in het noorden aan op de versterkte waterkering van sectie 8 en in het zuiden wordt aangesloten op de voorlandkering, die weer aansluit op de versterkte waterkering van sectie 10. Hierdoor wordt het veiligheidsduin een doorlopende en op zichzelf functionerende zandige waterkering tussen sectie 8 en 10 ingepast.

In sectie 9 worden de natuurwaarden vergroot door transformatie van de huidige habitattypen (natuurwaarden) naar andere, op deze locatie hoogwaardigere, habitattypen en leefgebieden van soorten waarvoor een behoud- of uitbreidingsdoelstelling geldt en het vormen van een meer natuurlijke gradiënt van water naar land. De hogere natuurwaarden en de natuurlijke gradiënt worden gecreëerd met droogvallende platen, slikken, schorren, stranden en jonge duinen die op een logische manier op elkaar aansluiten en in elkaar grijpen. Dit leidt tot hoogwaardigere natuur binnen het plangebied en levert een impuls aan de natuurwaarden in de Waddenzee. Daarnaast draagt de Prins Hendrikzanddijk bij aan de ontstening van de Waddenzee-kust door de aanleg van een zachte overgang van eiland naar zee.

Afbeelding 3.1 geeft tevens de locatie van de Prins Hendrikzanddijk en de windcondities van weerstation Texelhors weer.



**Afbeelding 3.1 Locatie Prins Hendrikzanddijk en windcondities**



links, witte lijn is 500 m ([Ref. 1], Google Earth), windroos KNMI weerstation Texelhors (rechts, [Ref. 2]), oranje lijn is kustoriëntatie

Over het algemeen treedt op Texel frequente harde wind op uit het zuidwesten (afbeelding 3.1, KNMI weerstation Texelhors, [Ref. 2]). Voor de Prins Hendrikzanddijk betekent dit overwegend (ongeveer 54 % van de tijd) wind kustlangs en aflandig, gericht naar de Waddenzee. De aflandige wind is gemiddeld sterker dan de aanlandige wind.

### 3.2 Verstuivingsprocessen Prins Hendrikzanddijk

De verstuivingskennis die is opgedaan op locaties langs de Hollandse kust kan niet direct doorvertaald worden voor de Prins Hendrikzanddijk. Voor de Prins Hendrikzanddijk is de oriëntatie anders en daarmee de absolute oriëntatie van de windrichting ten opzichte van de waterlijn en duinenrij.

Langs de Hollandse kust is netto kustwaarts gericht transport door verstuiving. Voor de situatie bij Prins Hendrikzanddijk worden hieronder de processen voor zowel aanlandige, aflandige als kustlangse wind beschreven om een geheel overzicht te krijgen van de risico's en locaties waar hinder en verlies kan optreden. Daarbij wordt de vergelijking met de KHPZ gemaakt, omdat dit gerealiseerde project vergelijkbaar is met de realisatie van de Prins Hendrikzanddijk.

#### Aanlandige wind

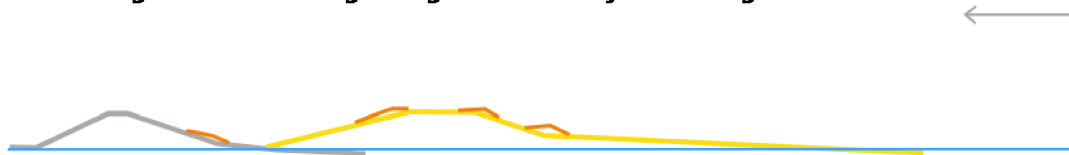
Bij aanlandige wind (minder dan 50 % van de tijd het geval), verstuift zand van het strand richting het veiligheidsduin. Het zand accumuleert zich vooral aan de voet en zeewaartse zijde van het veiligheidsduin. Een deel kan over het veiligheidsduin heen waaien, waarbij het grootste deel voor de bestaande dijk wordt opgevangen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Bij de KHPZ is maar zeer beperkt doorwaaien van zand richting bestaande dijk waargenomen. Het duin bij KHPZ is breder, dus dat zorgt ook reeds voor beperken van doorwaaien. Bij de Prins Hendrikzanddijk is minder aanvoer van zand, omdat de wind hoofdzakelijk aflandig is, en is de windsnelheid van aanlandige wind lager.

In afbeelding 3.2 zijn de locaties aangegeven waarbij een aanlandige wind de aanzanding plaatsvindt. Hierbij is uitgegaan dat het veiligheidsduin voor de bestaande dijk ligt. Wanneer het veiligheidsduin tegen de bestaande dijk wordt aangelegd, dan kan iets meer zand doorwaaien, daar



de luwte beperkter is om het zand in te vangen. Slechts een deel van het zand wordt op de landwaartse zijde van het talud van het veiligheidsduin afgezet. Bij een goed begroeid veiligheidsduin is na aanleg bij gemiddelde condities nauwelijks stuifhinder landwaarts van de dijk te verwachten.

### Afbeelding 3.2 Verstuiving veiligheidsduin bij aanlandige wind



Toelichting: bestaande dijk (grijs), Prins Hendrikzanddijk (geel), aanzanding (oranje), NAP (blauw)

Bij stormen zou fijn zand door opwerveling hoger in de lucht kunnen worden getransporteerd en over de bestaande dijk naar het achtergelegen land kunnen worden verplaatst, wat lokaal hinder kan geven. Bij de aanleg in 2012 en 2013 van de verhoogde delen op de plaat voor de Oosterschelde, is ervaren dat droog, niet ingeplant zand in een intergetijdegebied verstuift. Hier is dan ook hinder geweest op het aangrenzende fietspad en daarnaast betekende het een verlies van zand van de hogere delen van de aangebrachte haak. Bij de strandhaak van de Prins Hendrikzanddijk verstuift zand van de strandhaak kustwaarts en kustlangs. Dit kan, met name in combinatie met de verwachte sedimentatie door golfwerking, bijdragen aan volstuiven van de geul tussen de strandhaak en het veiligheidsduin.

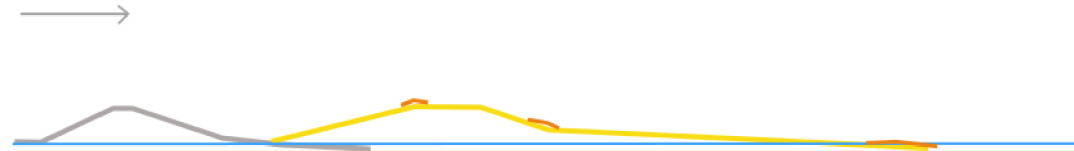
### Aflandige wind

Bij aflandige wind (uit het westen, noordwesten en noorden), wat op deze locatie beduidend vaker voorkomt dan langs de Hollandse kust door de oriëntatie van de kust, ziet de verstuiving er anders uit. Zand kan afwaaien van de bovenkant van het veiligheidsduin en van het strand richting Waddenzee transporteren (afbeelding 3.3). Dit treedt vooral direct na suppletie op. Wanneer de fijne laag eenmaal is uitgestoven en de vegetatie op het veiligheidsduin goed aanslaat, gaat minder zand van het duin stuiven. Het zand wat op deze manier richting Waddenzee waait, komt daar direct in het water terecht. Nabij de kust is de stroming zeer beperkt (afbeelding 3.4), waardoor het zand tijd heeft om te sedimenteren. Dit zand gaat daarmee niet verloren uit het profiel. Het zand wat op de strandhaak verder zeewaarts richting Waddenzee verstuift, heeft tijdens maximale getij stroming, door de hogere snelheden (afbeelding 3.4) mogelijk niet de gelegenheid te sedimenteren en kan meestromen naar diepere delen van de geulen en gaat dan verloren uit het kustsysteem bij de Prins Hendrikzanddijk. De verwachting is dat verliezen ten gevolge van hydrodynamische processen groter zijn.



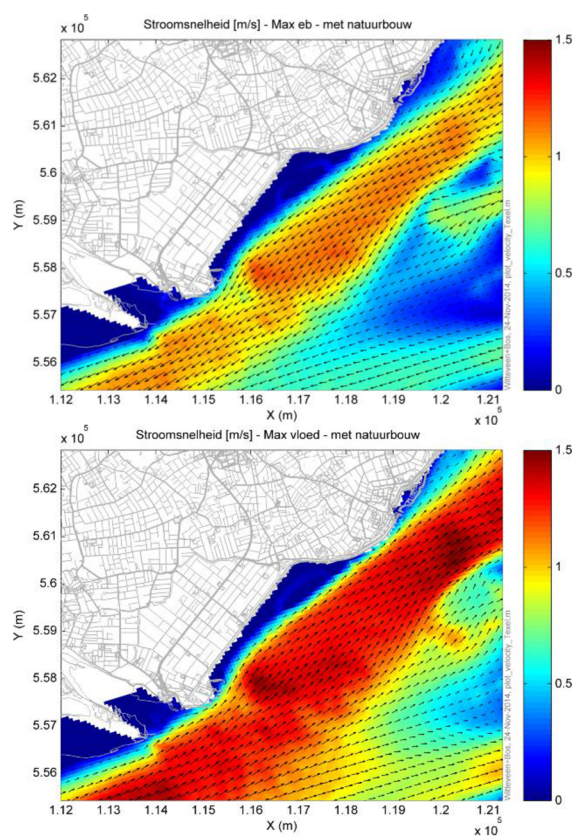


**Afbeelding 3.3 Verstuiving veiligheidsduin bij aflandige wind**



Toelichting: bestaande dijk (grijs), duin en strand (geel), aanzanding (oranje), NAP (blauw)

**Afbeelding 3.4 Stroombeeld rond Prins Hendrikpolder**



Toelichting: uit Delft3D simulaties voor eb en vloed met natuurbouw (uit afbeelding 5.1 uit [Ref. 2])

### Kustlangse wind

Met de gemiddelde frequente en sterke wind uit het zuidwesten, is overwegend kustlangs gericht transport naar het noordoosten. In dit deel kan accumulatie van zand verwacht worden op de natuurontwikkeling in het noorden van de Prins Hendrikzanddijk tegen de bestaande dijk aan ter plaatse van sectie 8. Dit biedt kansen aan vegetatie die inzanding nodig heeft.



Gemaal de Schans heeft een open uitstroomconstructie die uitmond in de lagune van de Prins Hendrikzanddijk. Enige aanzanding door eolisch transport in de open uitstroomconstructie wordt verwacht maar deze is vermoedelijk beperkt, omdat de uitstroomconstructie hoger is dan de naastgelegen natuurontwikkeling. Daarnaast is het hydraulisch transport door het spuien in de uitstroomconstructie maatgevend.

### Conclusie effecten

Het effect van de aanlandige, afluiddige en kustlangse wind geeft een totaalbeeld van verstuvings-effecten bij de Prins Hendrikzanddijk. Onderstaande afbeelding geeft aan waar aanzanding, verlies en hinder optreden. Onderstaande paragrafen geven per onderdeel het effect weer.

### Afbeelding 3.5 Locaties aanzanding, verlies van zand en kans op hinder



### 3.3 Netto verlies en aanzanding

Het verlies richting het achterland en overlast voor het achterland is beperkt. Een groot gedeelte van het zand wordt vastgehouden door begroeiing en een deel komt in de luwte tussen veiligheidsduin en bestaande dijk terecht. In het noordelijk deel van de Prins Hendrikzanddijk ter hoogte van sectie 8 is geen luwte tussen aanwezig en is de kans op verlies en overlast het grootst. Dit geldt als verlies uit het veiligheidsprofiel wanneer het landwaarts van het grensprofiel terechtkomt. Richting de Waddenzee komt het zand op de schorren en zilte graslanden terecht bij afluiddige wind, slechts een deel wordt naar dieper water vervoerd en gaat verloren.

Het doorstuiven van zand, zoals bij de Oesterdam (paragraaf 0) kan ook optreden bij de strandhaak en zou zonder maatregelen kunnen leiden tot verlies van zand. Verlies van zand van de strandhaak leidt tot een beperkte toename van de aanzanding van de luwe zone achter de strandhaak. Dit is naast de aanzanding ten gevolge van golfwerking. De combinatie met het effect van de verstuving zou kunnen leiden tot dichtslibben van de luwe zone en waardoor maatregelen benodigd zijn.



### 3.4 Hinder in aanleg en gebruiksfase

Hinder in de aanlegfase komt met name door de beschikbaarheid van fijn zand en afwezigheid van permanente maatregelen als vegetatie. Hierdoor kan verstuiving richting het achterland optreden. Na aanleg is de verstuiving richting het achterland beperkt door de luwte tussen bestaande dijk en het veiligheidsduin en door het plaatsen van maatregelen als het aanplanten van begroeiing en plaatsen van andere anti-stuif maatregelen. De eerste jaren is de verstuiving het grootst.

Beperkte hinder door stuifzand is te verwachten voor het gebied direct achter de bestaande dijk vanwege de overheersende afluiddige windrichting en configuratie van het plan. Voor het gebied achter de dijk ter plaatse van sectie 8 bestaat het risico voor meer overlast (met name tijdens en direct na aanleg).

### 3.5 Hinder bij storm

Het is bij storm onvermijdelijk dat veel zand opwarrelt. De zwaarste stormen hebben een afluiddige windrichting, waardoor hinder landwaarts van de Prins Hendrikzanddijk beperkt is. Als de storm continu gepaard gaat met neerslag, dan wordt het zand ook vastgelegd.



## **4 Maatregelen in aanleg- en gebruiksfase**

### **4.1 Maatregelen in aanlegfase**

Tijdens de aanlegfase kunnen verschillende maatregelen genomen worden. Welke maatregelen exact genomen worden, is aan de aannemer die het werk gaat uitvoeren. Afhankelijk van de exacte wijze van uitvoering, het weer, de uitvoeringsduur en de periode dat het werk wordt uitgevoerd, moet de aannemer maatregelen nemen om de verstuiving te beheersen. De aannemer stelt, voor aanvang van de werkzaamheden, een hinderplan op waaronder een antistuiwplan. Maatregelen die de aannemer kan nemen, betreffen:

- plaatsen van vegetatie, rijshouten schermen en anti-stuifschermen;
- het sproeien van papierpulp, zoals Stesam. Papierpulp heeft geen negatieve invloed op de aanwas van begroeiing. Papierpulp is tevens bij aanleg van de KHPZ gebruikt en wordt ook incidenteel extra ingezet wanneer harde stormwind verwacht werd. Wanneer de aangebrachte laag beschadigd raakt, kan onderliggend zand alsnog gaan verstuiven; Het sproeien van water om het zand nat te houden;
- het zand mengen met klei.

Het is van belang deze maatregelen zo snel mogelijk tijdens of na aanleg te plaatsen, zowel op het veiligheidsduin als op de strandhaak.

### **4.2 Maatregelen in gebruiksfase**

De maatregelen die in de gebruiksfase worden genomen hebben als doel:

1. het voorkomen van verstuivingsoverlast in het achterland;
2. het voorkomen van volumeverlies uit het veiligheidsduin;
3. het voorkomen van het 'verdwijnen' strandhaak.

Hieronder worden de maatregelen per onderdeel van de Prins Hendrikzanddijk weergegeven.

#### **Veiligheidsduin en schorren en zilte graslanden**

Vegetatie houdt het zand vast. Helm kan op de open delen worden geplaatst, juist waar zand inwaait en waar eventueel zoutspray komt. Struwelen als duindoorn, vlier dienen kunnen op luvere delen geplaatst worden, omdat deze vegetatie minder goed tegen zand en zout kan.

Direct na aanleg vangt de vegetatie het stuivend zand deels in en het zand ter plaatse deels vasthouden. De vegetatie is initieel nog niet aansluitend, waardoor zand toch de gelegenheid heeft om te stuiven. Om deze reden zijn aanvullende maatregelen nodig, met name tijdens de aanlegfase en de eerste jaren van de gebruiksfase. Hiervoor kan aan de voet en op de kruin van het veiligheidsduin extra rijshouten schermen of riet worden aangebracht. Verder kan op de bestaande dijk een antistuiw scherm worden geplaatst, indien verstuiving tot overlast aan de binnenzijde van de dijk blijkt te leiden.

Op de KHPZ zijn op de kruin van het duin een combinatie van lokale verdiepingen en verhogingen toegepast. Deze lijken lokaal het zand goed in te vangen, waardoor minder zand doorstuift. De werking van deze laagtes wordt momenteel onderzocht binnen het Ecoshape HPZ innovatieproject. Bevindingen hiervan komen in de komende tijd beschikbaar en kunnen worden toegepast in het ontwerp van de aannemer.



#### **Afbeelding 4.1 Voorbeeld maatregelen op KHPZ**



Toelichting: antistuiwingscherm op dijk, rijshouten scherm voor duin, luwe laagtes en verhogingen  
Bron foto's M.W.J. Smit

#### **Strandhaak**

Door verstuiving wordt zand van de strandhaak richting de geul achter de strandhaak verplaatst en mogelijk daarna afgevoerd naar de Texelstroom. Wanneer de strandhaak volledig onbeplant wordt gelaten kan ook hoogteverlies optreden. Hoogteverlies betekent een hogere frequentie van overstroming en daarmee ook frequenter optreden van golfwerking op de nabije beoogde luwe zones. Dit beperkt de natuurontwikkeling in deze gebieden. De aannemer kan, om binnen de gestelde randvoorwaarden van het voorgenomen plan het werk uit te voeren, een schelpenlaag op de kruin van de strandhaak als langs de randen daarvan aanleggen. Daarnaast kan op de kruin van de strandhaak rijshouten schermen in zigzag patroon worden geplaatst.

#### **Storm**

Het zand kan bij stormen tijdelijk extra worden 'vastgelegd' middels het sproeien met water of papierpulp. Hiermee wordt doorstuiving en daarmee hinder naar het achterland beperkt. Bij storm kan zand hoog worden opgewerveld in de lucht, dit wordt met de reguliere maatregelen niet tegengehouden.



## 5 Conclusie

Deze rapportage geeft een kwalitatieve beschrijving van de verwachte verstuivingseffecten bij de Prins Hendrikzanddijk.

### **Landinwaartse effecten**

Bij aanlandige wind komt het meeste zand aan de zeewaartse zijde van het duin terecht, een deel waait door naar de luwte tussen veiligheidsduin en bestaande dijk. Beperkte hinder is te verwachten voor het gebied direct achter de Prins Hendrikdijk en er is kans op enige hinder achter de dijk ter plaatse van sectie 8. Verwacht wordt dat met beheersmaatregelen de overlast kan worden beheerst.

### **Zeewaartse effecten**

Door verstuiving kan zand in de Waddenzee waaien hetgeen verlies van duinvolume zou betekenen. Bij goede preventieve mitigerende maatregelen is hinder en verlies van het veiligheidsduin en strand door eolisch transport beperkt. Het grootste deel van het zand waait ofwel richting dijk ofwel komt in het water en sedimenteert op de vooroever. Over het algemeen is dit verlies vele malen kleiner dan het verlies door mariene processen.

### **Verstuiving strandhaak**

Van de strandhaak stuift zonder maatregelen zand af. Verlies van zand van de strandhaak leidt tot een beperkte toename van de aanzanding van de geul tussen de strandhaak en het vaste land. Dit is aanvullend op de aanzanding door golfwerking. De combinatie met het effect van de verstuiving zou kunnen leiden tot dichtslibben van de geul en daarom zijn maatregelen benodigd.

### **Maatregelen aanlegfase**

Direct na het aanbrengen van het zand kan de situatie ontstaan dat het zand gaat verstuiven, waardoor stuifhinder kan optreden. Deze stuifhinder wordt met behulp van door de aannemer te nemen maatregelen beperkt. De aannemer stelt, voor aanvang van de werkzaamheden, een hinderplan op waaronder een antistuiplan. De maatregelen tijdens de aanlegfase kunnen bijvoorbeeld bestaan uit:

- het aanbrengen van papierpulp (zoals Stesam), nathouden van zand direct na het aanbrengen van het zand of zand mengen met klei;
- het situeren van (ongebruikte) stalen buizen, zodat luwten ontstaan waardoor zand wordt afgevangen;
- plaatsen van vegetatie, rijshouten schermen en anti-stuifschermen.

### **Maatregelen gebruiksfase**

De maatregelen die in de gebruiksfase worden genomen hebben als doel:

1. het voorkomen van verstuivingsoverlast in het achterland;
2. het voorkomen van volumeverlies uit het veiligheidsduin;
3. het voorkomen van het 'verdwijnen' strandhaak.



Op het moment dat het zand is geprofileerd wordt het plangebied definitief voorzien van antistuiwmaatregelen. Deze kunnen bestaan uit onder andere:

- het aanbrengen van helmplanten op open delen en struwelen als duindoorn en vlier op luwere delen van het veiligheidsduin en schorren en zilte graslanden;
- het aanbrengen van extra rijshoutschermen of riet aan de voet en op de kruin van het veiligheidsduin;
- het aanbrengen van een antistuiw scherm op de bestaande dijk;
- het aanbrengen van luwten in het veiligheidsduin, waardoor zand wordt afgevangen;
- het aanbrengen van een schelpenlaag op de kruin en randen van de strandhaak en/of het plaatsen van rijshouten schermen in zigzag patroon op de strandhaak;
- bij storm kan zand extra worden vastgelegd door sproeien met water of papierpulp.

In het monitoringsplan (onderdeel van het projectplan) is opgenomen op welke wijze onder andere zandverstuiving wordt gemonitord.



## 6 Referenties

1. Witteveen+Bos, 'Prins Hendrikzanddijk Morfologische studie'. EDM70-19-140/16-014.609 d.d. 1 september 2016.
2. [http://projects.knmi.nl/klimatologie/onderzoeksgegevens/potentiele\\_wind/](http://projects.knmi.nl/klimatologie/onderzoeksgegevens/potentiele_wind/).
3. Van Der Wal 2004. Beach-Dune interactions in nourishment areas along the Dutch coast, D. van der Wal, Journal of coastal research, vol. 20 1, p317-325, 2004.
4. S. de Vries, H.N. Southgate, W. Kanning en R. Ranasinghe, 2012, Dune behaviour and aeolian transport on decadal time scales, Coastal Engineering, vol 67, p 41-53, 2012.