

BIJLAGEN BIJ JAARVERSLAG BEHEER SPANJAARDS DUIN 2017

Bijlage 1 Monitoringstabel

Bijlage 2 Geomorfologie

Bijlage 3 Ontwikkeling Grondwaterdynamiek

Bijlage 4 Vegetatiekaart en verspreidingskaarten

BIJLAGE 1: Monitoringstabel

Aanpassing op monitoringstabel uit Beheerovereenkomst "Overeenkomst inzake natuurontwikkeling in het duincompensatiegebied Delflandse Kust"

Er is besloten om de parameters te nummeren per (Duin)element en niet zoals nu in oplopende volgorde. Dus Morfologie duingebied wordt M1, M2, M3 etc. Hierdoor hoeft niet meteen de hele nummering te worden aangepast als je wat wilt toevoegen of afhalen (in Open Earth).

Profiel vooroever en strand (P)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Profiel vooroever en strand	P1.diepte	vooroever	Sonar	2009, 1x/jr	RWS	
	P2.ligging GHW	strand	Sonar	2009, 1x/jr		
	P3.hoogte strand	strand	Laseraltimetrie	2009, 2x/jr		
	P4.zandvolume strand	strand	Berekenen			

Profiel vooroever en strand (P)

- De parameters Diepte, Ligging GHW, Hoogte strand en Zandvolume zijn de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat.
- De monitoring van kustlijn en vooroever wordt door Rijkswaterstaat uitgevoerd door de Jaarlijkse Kustmeting (Jarkus: <http://opendap.deltares.nl/thredds/catalog/opendap/rijkswaterstaat/kustlidar/catalog.html>). Met een vliegtuig wordt jaarlijks van de Nederlandse kustlijn de maaiveldhoogte vastgelegd door laseraltimetrie metingen. Ten behoeve van het project Zandmotor wordt een extra laseraltimetrie meting uitgevoerd in oktober. Spanjaard Duin wordt ook meegenomen in deze vlucht: Parameters P1 t/m P3. In het kader van Building with Nature Zandmotor zijn tussen 2009 en 2013 maandelijkse metingen uitgevoerd op strand en vooroever van -9 tot +5 meter NAP over een kuststrook van 1750 meter ter hoogte van strand Vlughtenburg en wordt de sedimentuitwisseling tussen de verschillende compartimenten bestudeerd. De resultaten zijn door Sierd de Vries (TU Delft) gepubliceerd. In het kader van NEMO wordt via een iets andere opzet de sedimentuitwisseling doorgemeten: Parameter P4.
- Het onderdeel Morfologie duingebied (M) wordt op dezelfde manier opgenomen als het onderdeel Profiel vooroever en strand (P). Beide onderdelen liggen geografisch gezien in elkaars verlengde.

Morfologie duingebied (M)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Morfologie duingebied	M1.hoogteligging -vlakdekkend	totaal	Laseraltimetrie	2009, 1x/jr	RWS	Naar aanleiding van rietpotenexperiment wordt 1 keer per jaar heel Spanjaards Duin opgenomen.
	-transecten (n=16)	totaal	Drone opname DGPS	2016, 1x/jr 2010, 3x/jr 2015, 2x/jr	ZHL	
	M2.accumulatie en deflatie	totaal	verschillen van M1	2009, 1x/jr	RWS	
	M3.patroom maatregelen	totaal	op kaart zetten	bij uitvoering	ZHL	
	M4. Zandvolume, zandflux per tijdeenheid		Vergelijk laseraltimetrie kaarten: zgn. verschilkaarten.	2009, minimaal 1x/jr	RWS	Verschaft inzicht in hoeveel zand (m ³) die werkelijk geërodeerd/afgezet.
Morfologie rietpoten experiment	M5. Hoogtemodel	Gebied rond rietpoten experiment	Remotely Piloted Aerial System (RPAS)	2016 en 2017 2x/jr Daarna 1x/jr	RWS	

Morfologie duingebied (M) inclusief nieuwe en oude zeereep, plus een strook achter de oude zeereep

- Het onderdeel Morfologie duingebied (M) wordt op dezelfde manier opgenomen als het onderdeel Profiel vooroever en strand (P). Beide onderdelen liggen geografisch gezien in elkaars verlengde.
- De parameter Hoogteligging duin is de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat (RWS) en het Zuid-Hollands Landschap (ZHL). Bij de Jaarlijkse Kustmeting door RWS wordt het aangrenzende achterland vlakdekkend meegenomen (Zie parameter P). Daarnaast laat ZHL veldmetingen uitvoeren door met DGPS apparatuur profielopnames te maken langs raaien vanaf de RijksStrandPalen tot in de oude zeereep. De profielmetingen zijn nodig om het maaiveldniveau onder de vegetatie (o.a. Duindoorn) te bepalen. In de afgelopen jaren zijn 3x/jr transecten opgenomen. Vanaf 2015 worden 2x/jr transecten opgenomen. De morfologische veranderingen lopen langzamer dan in de eerste vijf jaar: Parameter M1.
- De beide genoemde metingen bij M1 gecombineerd met luchtfoto's van RWS geven informatie voor het patroon van de verstuingen. Tot op heden is deze analyse beperkter uitgevoerd, omdat de benodigde luchtfoto's ontbreken. Parameter M2.
- Het patroon van maatregelen (zoals bijvoorbeeld in 2013 en 2015 het verwijderen van duindoorn) zet ZHL voor het hele gebied op kaart: Parameter M3.
- Vergelijking van de laseraltimetrie kaarten geeft inzicht in het verschil tussen zomer- en winterstuiven t.b.v. verbetering inzicht seizoensstuiven. Deze analyse gebeurt in het kader van het jaarverslag. Parameter M4.
- Ten behoeve van het rietpoten experiment wordt een hoogtemodel opgenomen met een Drone (Remotely Piloted Aerial System (RPAS)) door Shore Monitoring. In 2016 zijn voor het gebied rond het rietpoten experiment 2 maal metingen uitgevoerd (X 2016 en Y 2016). Eenmaal voor het starten van het experiment en eenmaal voor het inplanten van het tweede plot met rietpoten. In X 2016 is gelijktijdig met de opname ten behoeve van het rietpotenexperiment ook een hoogtemodel opgenomen voor het hele duingebied Spanjaards Duin. Parameter M5.

Grondwater (G)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Grondwater	G1. Grondwaters t	G1a. 7 peilbuizen in 2 raaien, N-raai en Z-raai	opnemen	alles 1x/mnd	RWS	
		G1b. Va. aug 2012 16 extra tijdelijke peilbuizen in de vallei	peilbuizen (her)plaatsen en opnemen	aug 2012, mei en sept 2013, jan. en aug/sept 2014 en jan. 2015	RWS	Gestopt na januari 2015 n.a.v. constatering van Artesia, zie toelichting punt 3
Vervanging voor G1a tot G1b.		G1d. 10 peilbuizen in 2 raaien, N-raai en Z-raai	Automatische drukopnemers	vanaf december 2015, vaker dan 2* per dag, uitlezen begin januari	RWS	Opmerkingen AC en Artesia. Om betrouwbaardere metingen te verzamelen worden handmetingen in raaien en tijdelijke meetnet vervangen door 10 automatische drukopnemers.
	G2. zoet-zout grensvlak	Duinvallei	CVES-metingen	2014, 2015, 2017 minimaal eens in de 2 jaar tot 2019		Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de zoetwaterbel.
Voorlopig niet uitvoeren, wel als optie behouden in tabel.	G3. Grondwater-modellering	Geheel Spanjaards Duin en omgeving incl. De Banken	Grondwatermodel	nvt	Vastleggen wie de verantwoordelijke instanties zijn voor opname, verwerking en synthese	Opmerkingen AC en Artesia. Zie toelichting punt 5
	G4. Grondwater-kwaliteit	8 peilbuizen in 2 raaien	Lab analyse	2x/jr	RWS	Zie toelichting punt 6
Voorlopig niet uitvoeren, als optie behouden in tabel.	G5. Dynamiek zoet zout grensvlak	1 locatie (diepe peilbuis zie parameter B2)	elektromagnetische metingen met een EM39		RWS	Hiermee kan op efficiënte wijze de dynamiek van de ontwikkeling van het grensvlak worden gevolgd.

Grondwater (G)

- De maandelijkse handmetingen in de 10 peilbuizen worden vervangen door het installeren van 10 automatische drukopnemers. Deze drukopnemers worden minimaal elk jaar in januari uitgelezen door onderaannemer van RWS WNZ. Parameter G1d.
- Tot en met 2014 zijn maandelijks grondwaterstanden gemeten door het Hoogheemraadschap van Delfland aan de hand van 10 meetpunten. Per 2014 heeft Rijkswaterstaat deze verplichting overgenomen. Parameter G1a en G1c.
- Vanaf 2012 tot januari 2015 zijn in ca. 16 meetpunten 2 keer per jaar in de duinvallei grondwaterstanden opgenomen. Hierdoor is voldoende inzicht verkregen in de verdeling van de grondwaterstand in de vallei in een droge en natte situatie. De metingen zijn zeer waardevol gebleken voor het vaststellen van de ruimtelijke variatie van het grondwaterpeil in de vallei. Die blijkt minimaal: eigenlijk is bij alle opnamen een vrijwel horizontale grondwaterstand in de vallei vastgesteld evenwijdig aan de kust [Artesia, 2014]. Daarom zijn deze metingen na januari 2014 beëindigd. Parameter G1b.
- In januari 2014 en 2015 is er een CVES-meting gedaan door de VU en Artesia om de zoet-zoutverdeling in de ondergrond te bepalen. Dit geeft een beeld over de opbolling van de zoetwaterlens onder het maaiveld van de duinvallei. De volgende CVES-meting wordt voorzien voor 2017. Parameter G2.
- Voor het jaarverslag 2013 is door Artesia een grondwatermodel door middel van enkele dwarsdoorsneden gebouwd. Om een bruikbaar grondwatermodel te kunnen bouwen is het cruciaal om meer gegevens over het gebied te hebben [Artesia, 2014]. Daarom heeft het opstellen van een grondwatermodel een sterke relatie met parameter G1, G2, G5 en B2. Opstellen van een grondwatermodel wordt niet eerder uitgevoerd, dan dat er noodzaak is inzicht rond interactie Spanjaards Duin en De Banken te vergroten. Parameter G3.
- De grondwaterkwaliteit is gemeten aan de hand van een grondwaterbemonstering in de peilbuizen in het voor- en najaar; behalve pH en geleidingswaarden zijn relevante nutriëntengehaltes in het laboratorium geanalyseerd. Wens: Beschrijven chemie-gegevens van het grondwater en de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit in relatie tot de trofie-graad van de bodem (in de vallei). Waterkwaliteit meten van het grondwater op enkele meters diepte is niet zinvol voor de beoordeling van standplaatscondities: als je dat wil moet je bodemon monsters nemen. Deze aanbeveling is ook al eerder gegeven in samenhang met het uitdunnen van de huidige meetcampagne: Parameter G4.
- De ontwikkeling van een zoetwaterbel onder Spanjaards Duin leidt tot een secundaire stijging van de grondwaterstand. Begin 2014 en 2015 is in enkele CVES-raaien de diepte van de zoet-zout grensvlak bepaald. Het bleek dat dit grensvlak zich in grote lijnen horizontaal heeft ontwikkeld. Uiteindelijk komt dit proces tot evenwicht en dus tot stilstand, alleen de vraag is nog waar dit evenwicht ligt. Omdat de ontwikkeling zich voorlopig horizontaal manifesteert, is het in aanvulling op de CVES-metingen bijzonder zinvol om een extra grondwaterbuis te plaatsen tot grotere diepte (30 meter, liefst tot onder de verwachte kleilaag op circa 20 m-mv), met een grotere diameter (5 cm), waarin elektromagnetische metingen kunnen worden uitgevoerd (bv. met een EM39). Hiermee kan op efficiënte wijze de dynamiek van de ontwikkeling van het grensvlak worden gevolgd. [Artesia, 2014] Parameter G5.

Vegetatie en flora (V)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Vegetatie en flora	V1. structuur	totaal	Lufo analyse	2-3x/jr	ZHL	
Aangepast	V2. lokale ruigtes	totaal	Veldwerk. Ook ruigtesoorten opnemen en evt. verwijderen	1x/jr, vanaf 2013		Verruiging in de kiem smoren

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Aangepast	V3. vegetatietypen	totaal	Karteren met lufo-interpretatie en vegetatie-opnames.	1x/2jr in fase 2, m.i.v. 201?		Moment komt naderbij dat de zanddynamiek gaat afnemen en de doeltypen zich gaan vestigen. Ook algenmatten signaleren en mossen opnemen. Extra aandacht voor pioniersoorten van Vochtige duinvalleien; Grijze duinen ontwikkelt zich later
	V4. aandachtsoorten hogere planten en GK-orchis (in vallei)	totaal	Micro-kartering	1x/5jr in fase 2		
Toegevoegd	V5. PQ's	35 PQ's	Tansley of de Braun-Blanquet schaal	Vanaf 2017 1x/jaar	ZHL	

Vegetatie en flora (V)

- De vegetatiestructuur is door luchtfoto's en terreinbezoeken bepaald. Ook de lokale ruigten zijn hierbij vastgesteld (ZHL): Parameters V1 en V2. In 2013 is de vegetatiestructuur niet bepaald en heeft geen luchtfoto-analyse plaatsgevonden.
- De vegetaties en habitattypen zijn nu nog niet vast te stellen; er is een voorlopige 'pre-habitattypenkaart' opgesteld. In fase twee (vanaf 2014) worden deze gemonitord. Parameters V3 en V4.
- Opname van PQ's vanaf 2017. Zolang er weinig vegetatie is op te nemen zijn de 35 PQ's in een paar uur te doen. Later wordt dit bewerkelijker. Gestreefd zou moeten worden naar max 1-2 dag werk per keer. Parameter V5.

Broedvogels (BV)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Broedvogels (optioneel)	BV1. aantal territoria / broedparen	totaal	BMP	2010, 1x/jr	ZHL	

Broedvogels (BV)

- Het aantal territoria broedvogels wordt jaarlijks door vrijwillige vogelaars in het hele gebied vastgesteld: Parameter BV1.

Recreatie (R)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Recreatie	R1.recreatiedruk / betreding	totaal	Vastleggen overtredingen	permanent	ZHL	

Recreatie (R)

- De recreatiedruk en betreding wordt door ZHL zeer regelmatig gevolgd; hierbij is rekening gehouden met een intensiever toezicht tijdens 'strand'dagen: Parameter R1.

Zoogdieren (Z)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Zoogdieren	Z1. Voorkomen van zoogdieren	totaal	Vrijwillige waarnemingen	2010, jaarlijks	Stichting Duinbehoud	
Toevoegen gezamenlijk met PQ vegetatie opname	Z2. Hoeveelheid konijnenkeutels	Per PQ	Kwantitatieve beschrijving van aantal	Start PQ opname	RWS	Konijnen hebben een rol bij de begrazing

Zoogdieren (Z)

- Vrijwillige opname door Stichting Duinbehoud. Parameter Z1.

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Bodem Overwegen in relatie tot PQ's	B1 onderzoek naar initiële bodemvorming	Raai door het gebied of in enkele PQ's	Slijpplaten of steek-kernen	Eenmalig, evy na 5 jaar nog eens.	RWS als OG	Verschaft inzicht in de juiste condities voor vestiging van de habitattypen
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B2a. Bodemopbouw (geohydrologische opbouw), doorlatendheid, boorbeschrijving	1 locatie (diepe peilbuis zie parameter G5)	Boorbeschrijving tijdens plaatsen diepe peilbuis tot minimaal 5 m onder scheidende laag. Waarbij korrelgrootte verdeling van relevante lagen wordt bepaald.	Eenmalig	RWS als OG	Bodemopbouw is o.a. benodigd voor grondwatermodellering
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B2b. Bodemopbouw, sonderingen	raai van 3 sonderingen tussen oude duinvoet en nieuwe duinvoet; 1 sondering onder het oude duin en 1 sondering tussen De Banken en de polder	geleidbaarheidsonderingen, inclusief dissipatie testen	Eenmalig	RWS als OG	Onzekerheid bestaat over de bodemopbouw aan zee-zijde en onder het nieuwe basisduin [Artesia, 2014].
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B3. Doorlatendheid, Bodemopbouw ondiep	in 10 peilbuizen (zie parameter G1a)	doorlatendheidsmetingen d.m.v. falling head methode	Eenmalig	RWS als OG	Bodemopbouw is o.a. benodigd voor grondwatermodellering [Artesia, 2014].

Bodem (diep en ondiep) (B)

Bodem (diep en ondiep) (B)

- De beschikbare boringen geven een voldoende beeld van de situatie aan de binnenduintrand en verder landinwaarts. Onzekerheid bestaat er echter over de bodemopbouw aan zee-zijde en onder het nieuwe basisduin. T.b.v. een bruikbaar grondwatermodel is meer inzicht in de huidige bodemopbouw noodzakelijk. Door het uitvoeren van 3 sonderingen in een raai tussen oude duinvoet en nieuwe duinvoet (1 sondering onder het oude duin en 1 sondering tussen De Banken en de polder) [Artesia, 2014]. Parameter B2b.

Dataopslag (D)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Method e	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Data opslag, versiebeheer-analyse en -evaluatie	D1. Data opslag	totaal		vanaf 2014, jaarlijks	ZHL RWS, Borgen in Open Earth / repository en bij de instanties die data opnemen en verzamelen	Een gestroomlijnde procedure voor productie van geïntegreerd jaarverslag
	D2. Data verwerking en -synthese					

Dataopslag (D)

- In dit monitoringsprotocol staat aangegeven welke gegevens worden verzameld. Deze gegevens worden met regelmaat (afhankelijk van de parameter) op een vergelijkbare wijze verzameld. Het is geen homogene set van gegevens. Rijkswaterstaat is eigenaar van alle monitoringsgegevens. Een deel van de data wordt verzameld met behulp van excel-tabellen (bijvoorbeeld: Grondwaterstand), die per organisatie op een gestructureerde, maar van elkaar afwijkende manier zijn opgebouwd. Ter bevordering van het eenvoudiger centraliseren en harmoniseren van de gegevens is het mogelijk gewenst om voor de verschillende parameters een uniform verzamelbestand te gebruiken wat voldoet aan de wensen voor het invoeren in het databeheersysteem. De gegevens zijn sinds de invoer van een repository in Open Earth beschikbaar voor alle leden van de CDBD. Parameter D1.

Aanvullend op de te monitoren parameters zijn regelmatig door Deltares veldbezoeken afgelegd (met verslaglegging) om een (aanvullend) kwalitatief beeld van de ontwikkeling te krijgen en eventueel ongewenste ontwikkelingen tijdig te signaleren, maar ook om goede ontwikkelingen snel te registreren. Deze verslagen zijn ook beschikbaar via Open Earth.

Literatuurlijst:

- [Artesia, 2014]: Spanjaards Duin, begroting onderdelen hydrologische monitoring, Artesia, concept, april 2014.

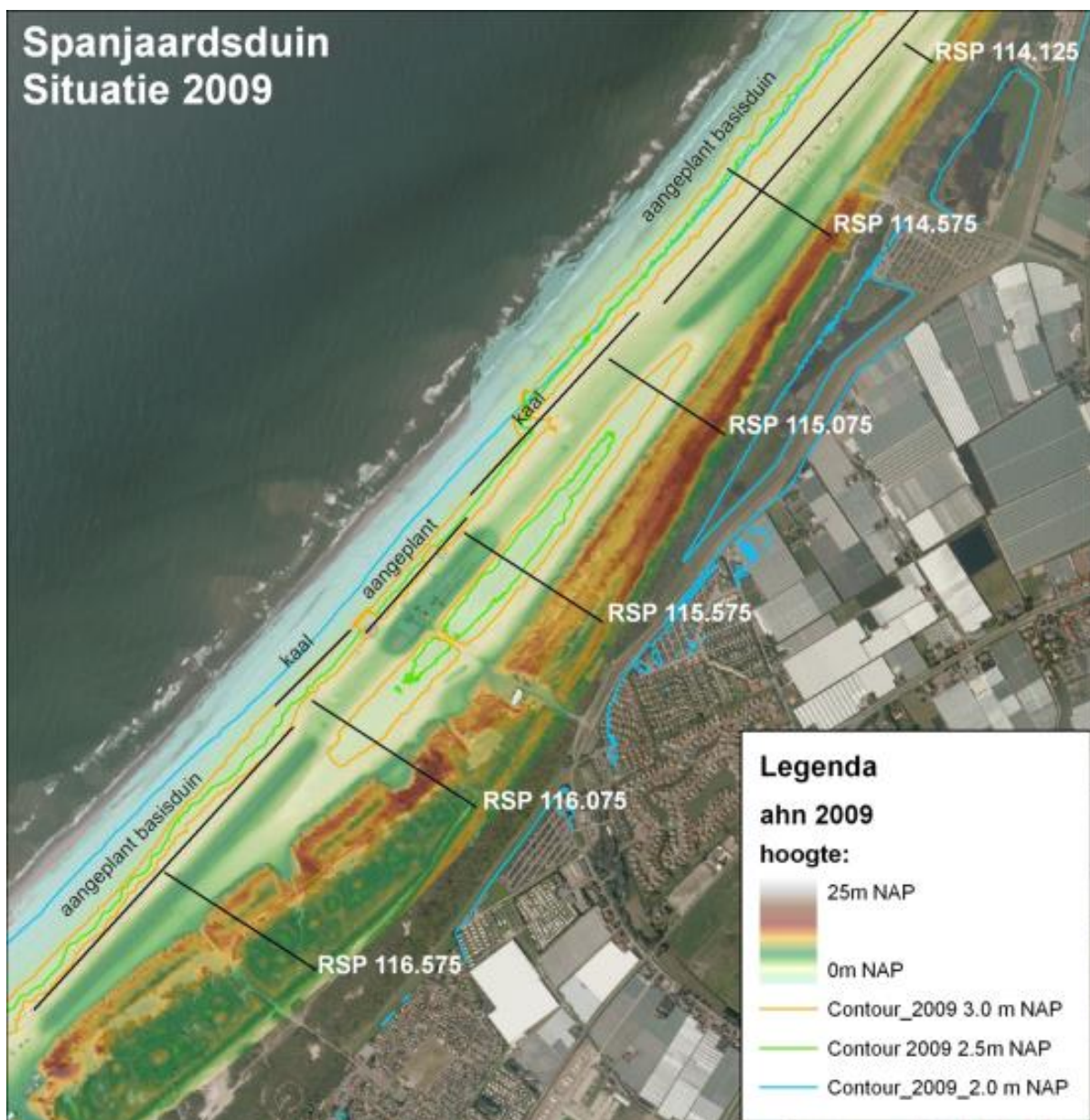
Bijlage 2: Geomorphologie

INHOUD

1	AANLEIDING	1
2	METHODEN	3
2.1	Profielmetingen	3
2.2	Laseraltimetrie en overige hoogte	3
2.2.1	Contourlijnen	4
2.2.2	verschilkaarten	4
2.2.3	Hoogte ten opzichte van het grondwater	4
2.3	Potentiële habitatkaart	5
3	ONTWIKKELING 2016-2017	7
3.1	Verschilkaart 2014-2017; erosie en depositie	11
3.2	Ontwikkeling vallei	15
3.3	Effect strandhuisjes	17
3.4	Overige waarnemingen	17
4	INTERPRETATIE EN VERWACHTINGEN MET BETREKKING TOT DE NABIJE TOEKOMST	21
4.1	Potentiële habitattypen	21
4.2	Verwachte ontwikkeling en aanbevelingen	24
5	CONCLUSIES	27
6	REFERENTIES	XXIX

1 AANLEIDING

De abiotische ontwikkeling wordt onderzocht met als doel een goed (en kwantitatief onderbouwd) inzicht in de ontwikkeling van het gebied te krijgen. Uiteindelijk moet deze ontwikkeling leiden tot de juiste randvoorwaarden voor de gewenste biotische ontwikkeling. Dit onderzoek dient a) om een vinger aan de pols te houden en b) goed onderbouwde beslissingen te kunnen nemen om bij te sturen indien nodig.



Figuur 1.1. Overzicht van het Spanjaards Duin na aanleg in 2009. De 2.0 m contour is in 2009 nog niet bereikt binnen de vallei. [Bron: luchtfoto's en laseraltimetrie RWS].

Figuur 1.1 geeft een overzicht van de uitgangssituatie in 2009, direct na aanleg, met de ligging van kaal en aangeplant basisduin. Het kale basisduin is inmiddels ook voorzien van twee stroken helm en wordt daarom verder aangeduid als het voorheen niet beplante basisduin.

Veldmetingen in de vorm van profielmetingen met GPS worden uitgevoerd om ook op korte termijn belangrijke veranderingen te kunnen signaleren zo nodig snel bij te kunnen sturen. De eerste jaren zijn de profielmetingen drie keer per jaar uitgevoerd, daarna is dit teruggebracht tot twee keer per jaar vanwege een afname in de snelheid van (geomorfologische) ontwikkeling. In 2017 zijn de metingen niet uitgevoerd. Een globalere, maar ook gebiedsdekkende monitoring wordt aan de hand van luchtfoto's en laseraltimetrie uitgevoerd. Er is geen luchtfoto-interpretatie van de ontwikkeling van het gebied uitgevoerd, met uitzondering van een interpretatie voor het in kaart brengen van de potentiële habitattypen (Hoofdstuk 2.3). De kaart met potentiële habitattypen is conform de nieuwe criteria afgeleid. Voor de volledigheid zijn de kaarten van 2014 t/m 2016 toegevoegd.

2 METHODEN

Deze rapportage is gebaseerd op verschillende aangeleverde gegevens: bestaande gegevens van Rijkswaterstaat, speciaal voor dit project ingewonnen gegevens en modelresultaten van Artesia met betrekking tot de grondwaterstand. Hoogtegegevens worden zowel in het veld ingewonnen als via laseraltimetrie en sinds kort ook fotogrammetrisch. Verder wordt gebruik gemaakt van veldnotities van Deltares (van der Meulen et al., 2017 en van der Meulen & van der Valk 2017).

2.1 Profielmetingen

Er zijn geen profielmetingen uitgevoerd in 2017. Het is niet bekend waarom niet.

2.2 Laseraltimetrie en overige hoogte

Voor het berekenen van hoogteverschillen is gebruik gemaakt van laseraltimetriedata van Rijkswaterstaat die ten behoeve van de jaarlijkse kustmetingen (Jarkus) en de monitoring van de zandmotor worden ingewonnen (Tabel 1.2). Vanwege de monitoring van de zandmotor, waarvoor extra laseraltimetrievluchten worden uitgevoerd, zijn sinds 2011 twee opnamen per jaar beschikbaar, waardoor een vergelijking mogelijk is tussen (grofweg) het winterseizoen en het zomerseizoen. De laseraltimetriegegevens zijn over het algemeen niet binnen een half jaar na inwinning beschikbaar.

Voor 2017 zijn verschillende hoogte-opnamen beschikbaar. De reguliere Jarkusopname dateert van 21-01-2017. Dit is een opname met laseraltimetrie. De Zandmotoropname van najaar 2017 is nog niet beschikbaar (eind april 2018) en is voor deze rapportage dan ook niet gebruikt.

Door Shore (metingen t.b.v. monitoring rietpootexperiment) zijn verschillende hoogteopnames gemaakt (De Weger, 2017). Voor deze rapportage is gebruik gemaakt van T0 van mei 2016, T1 van september 2016 en T2 van april 2017. Deze zijn gebaseerd op een fotogrammetrische methode.

Tabel 2-1. Beschikbare laseraltimetrie Rijkswaterstaat.

Opname	Detail	Bron
2009	2x2 m ²	Jarkus
2010	1x1 m ²	Jarkus
2011 voorjaar	1x1 m ²	Jarkus
2011 najaar	1x1 m ²	Zandmotor
2012 voorjaar	1x1 m ²	Jarkus
2012 najaar	2x2 m ²	Zandmotor
2013 voorjaar	2x2 m ²	Jarkus
2013 najaar	2x2 m ²	Zandmotor
2014 voorjaar	2x2 m ²	Jarkus
2014 najaar	2x2 m ²	Zandmotor
2015 voorjaar	2x2 m ²	Jarkus
2015 najaar	2x2 m ²	Zandmotor
2016 voorjaar	2x2 m ²	Jarkus
2016 najaar	2x2 m ²	Zandmotor
2017 voorjaar	2x2 m ²	Jarkus

De laseraltimetriegegevens geven zelf hoogte-informatie en geven dus inzicht in de hoogteligging en oppervlakte van de vallei. Voor zinnige analyses aan de laseraltimetriegegevens, worden verschillende bewerkingen uitgevoerd.

2.2.1 Contourlijnen

Om de ontwikkeling van de valleibodem te kunnen volgen worden jaarlijks contourlijnen gemaakt, met behulp van een standaard tool in ArcGis. De volgende contourlijnen worden bepaald:

- 1 m NAP
- 1.5 m NAP
- 1.75 m NAP
- 2.0 m NAP
- 2.5 m NAP
- 3.0 m NAP
- 4.0 m NAP
- 5.0 m NAP

Met de contourlijnen wordt een kaart gemaakt, waarmee vervolgens de oppervlaktes van de valleiden tussen bepaalde contouren kan worden bepaald. Omdat deze informatie van jaar tot jaar beschikbaar is, ontstaat een goed inzicht in eventuele trendmatige ontwikkelingen in bijvoorbeeld de verdieping van de vallei.

Hoogtelijnen zijn gemaakt aan de hand van de laseraltimetrieopname van voorjaar 2017 (zm_2017a).

2.2.2 verschilkaarten

Door hoogte-informatie van verschillende momenten van elkaar af te trekken worden hoogte-verschilkaarten gemaakt. De verschilkaart geeft een vlakdekkend inzicht in de hoogteveranderingen en geeft daarmee in ruimtelijk opzicht meer detail dan de profielmetingen. Omdat per jaar voor twee tijdstippen laseraltimetriegegevens beschikbaar zijn (grootweg eind winter en eind zomer), zijn ook binnen een jaar hoogteveranderingen te bepalen. Voor begroeide delen wordt hierbij echter een forse fout gemaakt, omdat de begroeiing na de zomer dichter is dan in de winter of in het blad zit. Het blijkt dat met name in oppervlakken met Duindoorn de fout groot is, maar ook in met Helm begroeide delen is de fout niet verwaarloosbaar. Dit uit zich in een forse hoogtetoename in de zomer en een even forse afname in de winter. Hoogteverschillen binnen het jaar zijn daarom alleen betrouwbaar op kale delen, zoals in de vallei, op het strand en op het nog deels kale basisduin. Aan de textuur van de verschilkaart is meestal goed te zien of de hoogteverschillen echt zijn of het gevolg van vegetatie.

Voor de hoogteverschilkaart is het verschil tussen de rasters van voorjaar 2017 en voorjaar 2016 van de reguliere Jarkusopnames berekend.

De T2 – T0 meting van Shore geven ongeveer dezelfde resultaten.

2.2.3 Hoogte ten opzichte van het grondwater

Met behulp van de hoogtekaart en de door Artesia aangeleverde grondwaterkaarten worden kaarten vervaardigd van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld. Hiermee kunnen uiteindelijk de arealen vochtig oppervlak worden bepaald (afhankelijk van de gekozen criteria), die weer gebruikt worden voor het produceren van de potentiële habitattypenkaart. De grondwaterkaarten worden afgeleid voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG).

2.3 Potentiële habitatkaart

Op grond van een discussie tijdens een workshop over het handelingsperspectief Spanjaardsduin (IJff et al., 2017) zijn de criteria voor het onderscheiden van potentiële habitattypen aangepast. Onderstaande criteria zijn uitgewerkt door Kees Vertegaal in samenspraak met Stéphanie IJff en Frank van der Meulen en met behulp van een webapplicatie voor ecologische vereisten van habitattypen in Solleveld en Kapittelduinen. Wat de betekenis hiervan is voor de onderscheiden oppervlaktes van Grijze duinen en Natte duinvalleien in eerdere situaties is onderzocht.

Tabel 2-2. Ecologische criteria voor onderscheid habitattypen 2130A (Grijze Duinen kalkrijk) en 2190B (Natte duinvalleien).

Habitatype	Vochtklasse(n)	GVG	GLG
H2130A	10 (droog)	>40 cm -MV	>130 cm -MV
tussenzone		>40 cm -MV	<130 cm -MV
H2190B	5 t/m 7 (zeer nat tot zeer vochtig)	5 cm + mv tot 40 cm -MV	nvt

Voor het onderscheid van Natte duinvalleien wordt in het vervolg uitgegaan van de GVG. De zone waar de GVG voldoet aan de voorwaarde $+5\text{cm} > \text{GVG} > -40\text{cm mv}$ wordt gerekend tot potentieel habitat 2190B. Daarbij wordt er nog een onderscheid gemaakt tussen zeer vochtig, met een GVG tussen -40cm en -25cm MV en nat tot zeer nat, met een GVG ondieper dan -25cm MV , om ook de verschillende vochtklassen te kunnen volgen. Voor het onderscheid van Grijze duinen wordt gebruik gemaakt van de GLG. De zone met $\text{GLG} > -130\text{cm MV}$ wordt gerekend tot potentieel habitat 2130A, overigens afhankelijk van de positie. Voor de zeereep wordt geen potentieel habitat 2130A onderscheiden, hoewel dat hier wel zou kunnen ontwikkelen. Er bestaat dan een tussenzone waar GLG ondieper ligt dan 130cm -MV en GVG dieper dan 40cm -MV . Deze zone zal wisselend tot H2190B en H2130A kunnen behoren, en wordt apart aangegeven in de analyses. Ook deze wordt weer onderverdeeld in een drogere zone waar de GVG dieper ligt dan -75cm MV maar de GLG ondieper dan -130cm MV en een vochtigere zone waar de GVG tussen -45cm en -75cm MV ligt. De laatste zone zal eerder tot habitat 2190 behoren, de eerste tot habitat 2130. Blijkens de grondwaterkaarten van Artesia bedraagt in het Spanjaardsduin het verschil tussen GLG en GVG voor de situatie van 2017 circa 35cm . Dat is iets minder dan vorig jaar (toen 41cm). De overige potentiële habitattypen worden onderscheiden op grond van luchtfoto's, opname datum 17 mei 2017. De verschillende eenheden zijn weergegeven in Tabel 2.3.

De toedeling van de tussenzone aan een van beide habitattypen is een discussiepunt. In werkelijkheid zal hier een mengvorm van vegetaties uit habitatype H2130 en H2190 bestaan, zal de vochtige kant vaker tot H2190 behoren, de droge kant tot H2130 en zal in droge jaren de zone meer richting H2130 ontwikkelen en in natte jaren meer richting H2190. Waarschijnlijk wordt in de praktijk de zone voor 50% aan H2130 en voor 50% aan H2190 toebedeeld, er zijn immers geen habitatkaarten waar Grijze duinen en Duinvalleien van elkaar gescheiden zijn door een witte strook waar geen habitatype aan is toegekend. Omdat het in het geval van deze rapportage gaat over het al dan niet bereiken van een bepaald doel (een oppervlakte Grijze duinen van 9.8 ha en een oppervlakte Duinvalleien van 6.1 ha) zou conservatief gerekend moeten worden. Als beide

habitattypen in hun zuiverste vorm aanwezig zijn, dan is in ieder geval aan de doelstelling voldaan.

Potentiële habitattypen 2110 en 2120 worden onderscheiden op grond van positie en mate van dynamiek. Dit betreft vlakken op de grens van strand en zeereep, met verse overstuiving en overstoven begroeiing, hoogstwaarschijnlijk Helm en/of Biestarwegras. Er is geen aanplant patroon in herkenbaar. Eenheden 2120a en 2120p zijn respectievelijk potentiële habitattypen 2120, waarbij bij 2120a nog een duidelijk patroon van helmaanplant herkenbaar is, en bij 2120p dit patroon door overstuiving niet meer herkenbaar is en de begroeiing zodanig is begraven dat deze niet meer herkenbaar is, of waarbij geheel geen vegetatie aanwezig is. Eenheden 2120/60 a en p komen aan de lijzijde van de zeereep voor, potentieel de locatie waar Duindoorn zich vestigt (en in een aantal gevallen al heeft gevestigd), al (a) dan niet (p) met een nog herkenbaar patroon van helmaanplant. Overigens kan op de zeereep ook habitatype 2130 tot ontwikkeling komen, op plaatsen waar de dynamiek stagneert en waar geen duindoornstruweel tot ontwikkeling komt. Hier is geen rekening mee gehouden. Tot slot is er voor wat betreft potentieel Grijze duinen in de vallei nog onderscheid gemaakt tussen laaggelegen zones, beneden 4m NAP en hoger gelegen zones, boven 4m NAP.

Tabel 2-3. Legendaeenheden potentiële habitatkaart.

code	omschrijving
0000	bebouwing, strandslag
2110/2120	vers ingestoven, natuurlijk ogend reliëf, geen aanplant patroon herkenbaar
2120 a	oorspronkelijk patroon van aanplant herkenbaar
2120 p	oorspronkelijk patroon van aanplant niet meer herkenbaar, kaal
2120/60 a	lijzijde zeereep, aanplant patroon herkenbaar
2120/60 p	lijzijde zeereep, aanplant patroon niet meer herkenbaar
2130 l	potentieel Grijs duin, GLG lager dan 1.30m -mv, hoogte lager dan 4.0m NAP
2130 p	potentieel Grijs duin, GLG lager dan 1.30m -mv, hoogte hoger dan 4.0m NAP
tussenzone droog	tussen zone met grondwater GLG ondieper dan 1.30m -mv en GVG dieper dan 0.75m -MV
tussenzone vochtig	tussen zone met grondwater GLG tussen 0.40m en 0.75m -MV
2190 zeer vochtig	potentieel natte duinvallei met GVG tussen 0.25 en 0.40m -MV
2190 nat tot zeer nat	potentieel natte duinvallei met GVG ondieper dan 0.25 -MV
2190 A/D	duinmeer, grondwater boven het oppervlak

Voor het afleiden van de GVG wordt verwezen naar de bijlage over hydrologie (deelrapport Artesia). Hier is van belang dat de GVG beschouwd wordt als een gemiddelde. Voor deze rapportage is de ontwikkeling van de vallei onderzocht door de meest recente en nauwkeurige GVG te gebruiken in combinatie met de bodemligging in 2014-2017. De GVG wordt daarmee dus als een constante beschouwd.

3 ONTWIKKELING 2016-2017

De meest opvallende ontwikkeling in het gebied is de vestiging van Helmpollen in de vallei en de vorming van kleine duintjes, doordat zand in de Helmpollen wordt vastgehouden. Deze ontwikkeling is al eerder gestart (voorjaar 2015) maar zet steeds verder door en gaat inmiddels duidelijk ten koste van het potentieel natte valleioppervlak. De Helmpollen vangen zand in, waardoor het laagste deel van de vallei plaatselijk weer verhoogt. In een deel van de vallei is Helm weggehaald en is de vallei gevlakt (Figuur 3.1). Daarnaast is een explosie van duindoorn op de zeereep waargenomen, met name in het zuidelijk deel.

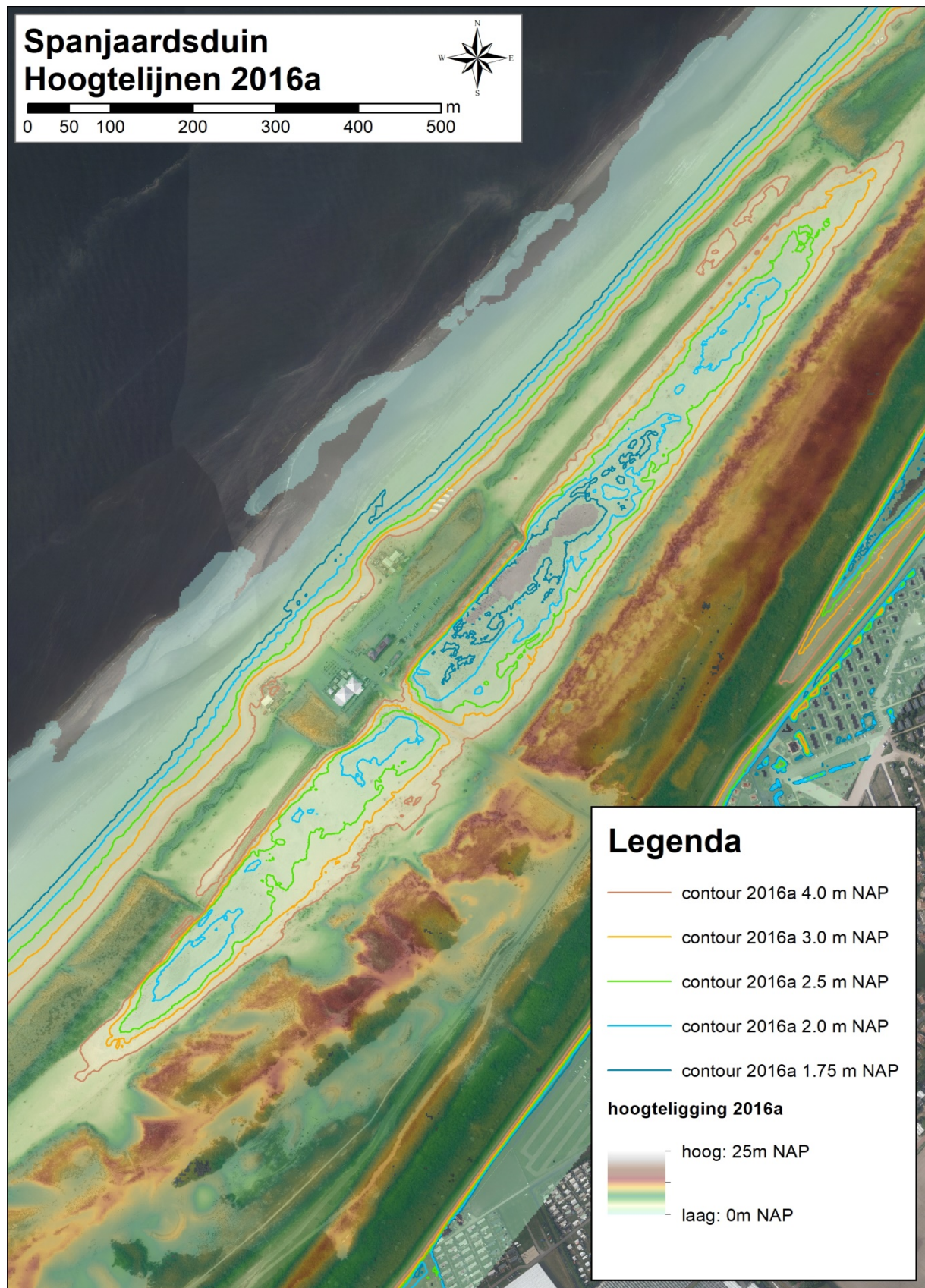


Figuur 3.1. Sporen van het verwijderen van helmpollen, 15 maart 2017.

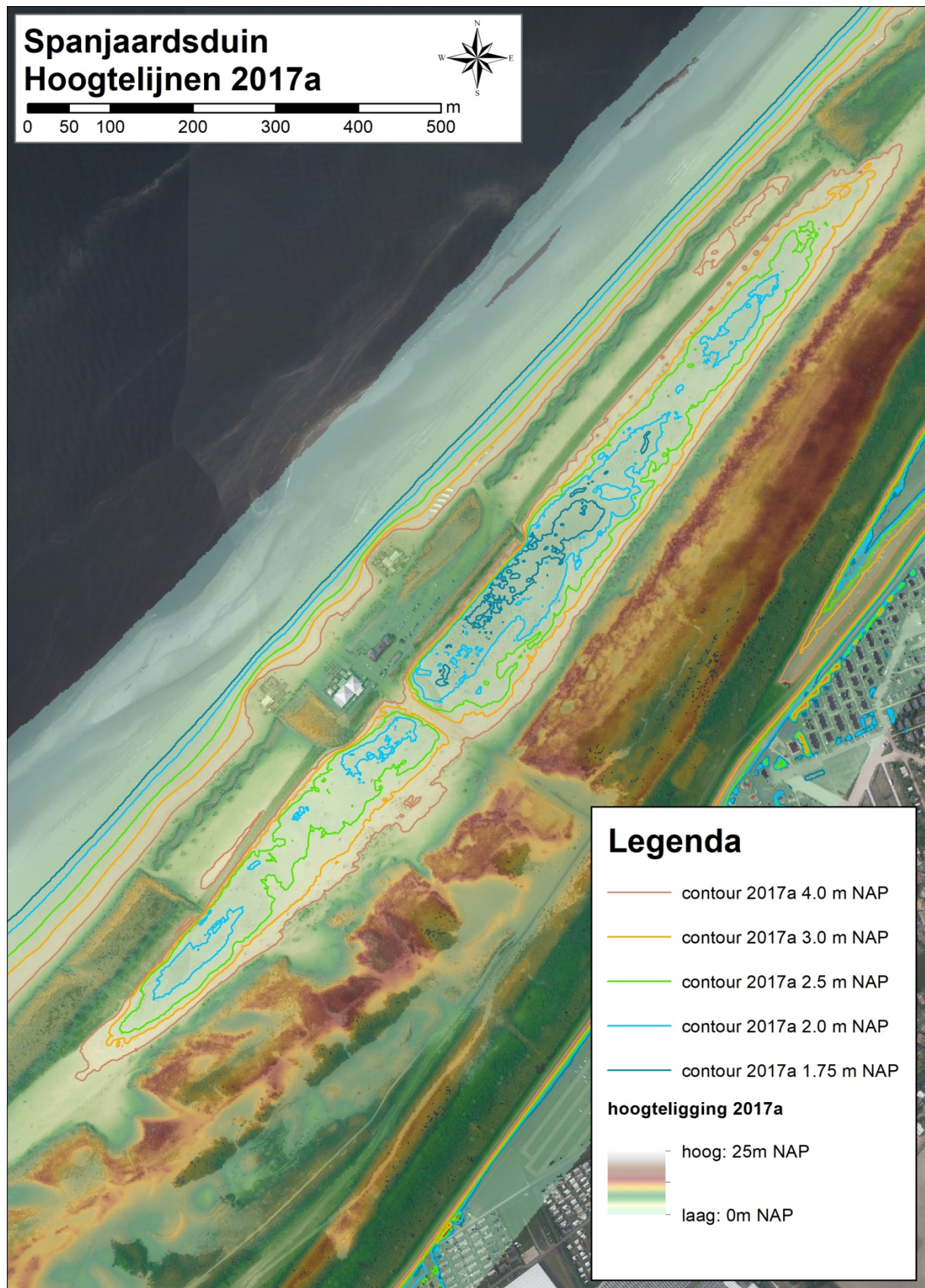
De analyse van de ontwikkeling aan de hand van de laseraltimetrie en luchtfoto's heeft slechts betrekking op een klein deel van 2017, omdat zowel laseraltimetrie als luchtfoto's vroeg in het jaar worden gevlogen. De najaarsopname van de laseraltimetrie van 2017 is op het moment van schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar. De ontwikkeling die gesignaleerd wordt aan de hand van de laseraltimetrie loopt daarom enigszins achter bij de ontwikkeling die blijkt uit veldbezoeken en profielanalyse.

Figuur 3.2 geeft de hoogteligging van het gebied met de relevante hoogtelijnen voor 2013-2016, Figuur 3.3 geeft de nieuwste situatie van voorjaar 2017. Het gat in de data in de vallei in Figuur 3.2 geeft aan dat ten tijde van de laseraltimetrieopname hier water boven het oppervlak stond. Hoewel de

veranderingen in het gebied moeilijk zijn af te lezen uit deze figuren, is wel duidelijk dat de laagste contourlijn van 1.75m NAP in 2017 een geringer oppervlak omgrent dan in 2016. De hoogteverschilkaarten geven meer duidelijkheid over de verschillen in de periode, en de patronen van erosie en depositie in de vallei en op de zeereep.



Figuur 3.2. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2013-2016. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 3.3. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2017. [Bron: Laseraltimetrie RWS]

3.1 Verschilkaart 2014-2017; erosie en depositie

Met behulp van de laseraltimetrie van voorjaar en najaar 2014 t/m 2017 is een aantal verschilkaarten berekend. Figuur 3.4 en Figuur 3.5 geven de jaarlijkse hoogteverschillen die zijn ontstaan tussen voorjaar 2015-2016 en voorjaar 2016-2017, voor eerdere periodes wordt verwezen naar de vorige jaarverslagen. Wanneer de kaarten van 2015-2016 en 2016-2017 worden vergeleken valt een aantal zaken op. De overstuiving van de zeereep is van 2016-2017 veel geringer, te zien aan de minder opvallende rode band, maar ook aan de beide helmrijen die veel minder zand hebben ingevangen. Aan de zuidkant, ter hoogte van de strandhuisjes, is er nauwelijks overstuiving van de zeereep. De vallei erodeert minder. Alleen aan de uiterste noordkant is nog een lichtblauwe vlek zichtbaar, die wijst op lichte erosie. Voor de rest wijst de lichtgele kleur op een zeer beperkte hoogteverandering. Ook waar de vallei wel erodeert is dit minder dan in het jaar er voor. Op het strand vindt meer depositie plaats dan tussen 2015-2016, behalve ter hoogte van slag Vlugtenburg, waar het erosief is. Rondom de slag is een bont patroon van blauwe en rode kleuren, waarschijnlijk wordt hier veel zand heen en weer geschoven. Dit zou mee kunnen spelen in het volstuiven van de vallei vanuit de slag, omdat door het vele schuiven het zand hier continu mobiel wordt gehouden. Achter de meest zeewaartse helmstrook op het voorheen niet beplante basisduin zijn kleine erosieve vlekken zichtbaar. Aan de zuidkant, tussen slag Vlugtenburg en de strandhuisjes, ontstaan in het wel beplante basisduin kleine kerfjes. Aan de noordkant zijn er wel kleine kale, erosieve plekken, maar deze zijn niet of nauwelijks ontwikkeld tot kerfjes. De dynamiek in de oude zeereep is ook verminderd ten opzichte van vorig jaar. Ten zuiden van Slag Vlugtenburg is de dynamiek in de oude zeereep en landwaarts daarvan het gevolg van de ingrepen t.b.v. de herinrichting van de van Dixhoorndriehoek.

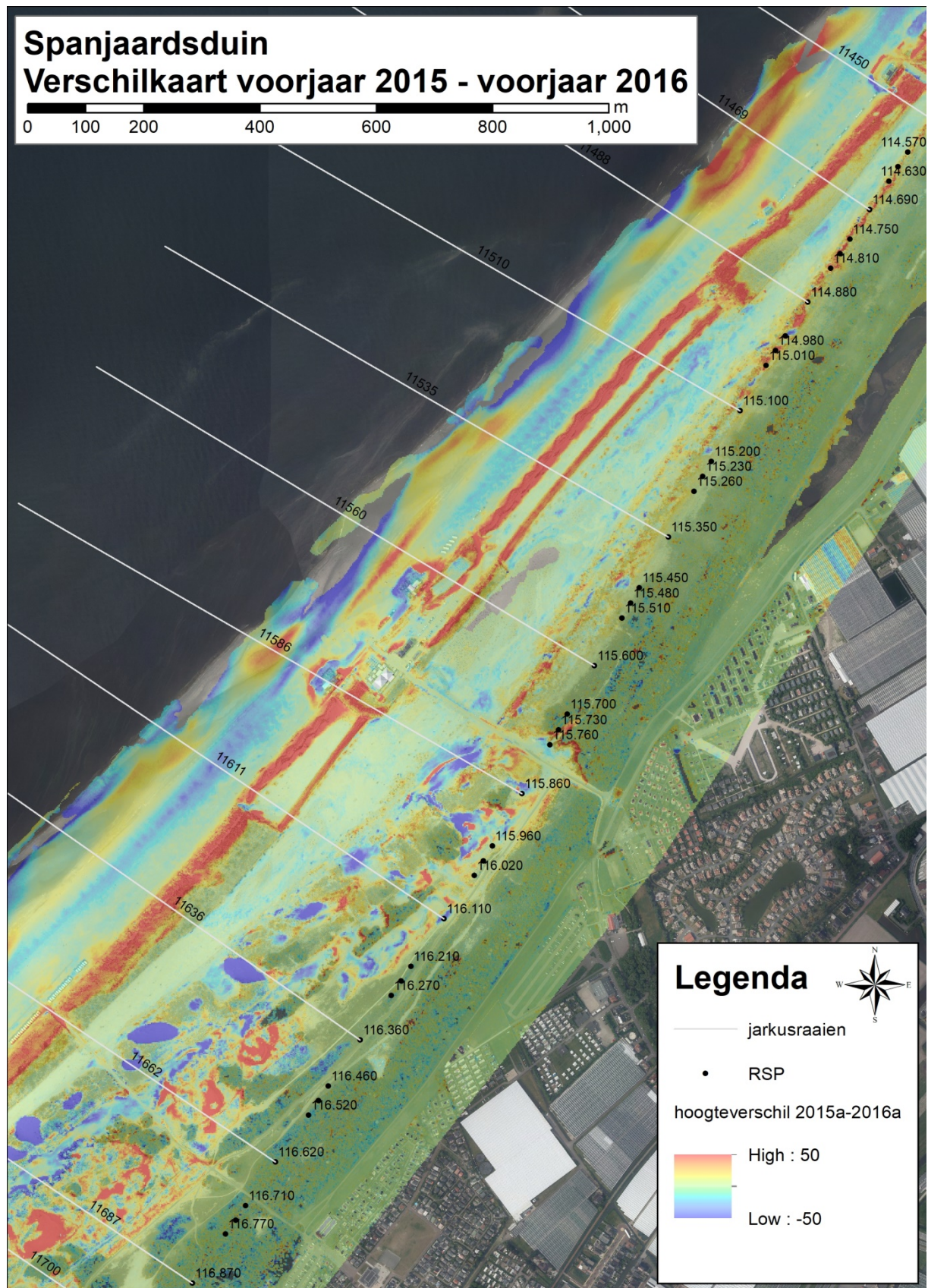
Het weghalen van de Helm in de vallei (1^e tranche) is na de laseraltimetrieopname van voorjaar 2017 uitgevoerd. Het effect van deze maatregel is nog niet zichtbaar in de verschilkaart.

Hoewel op grond van de verschilkaarten de indruk bestaat dat de aanstuiving van de zeereep minder is dan vorig jaar, blijkt dit niet helemaal uit de volumeberekeningen. Berekeningen voor het hoogheemraadschap Delfland (Arens, 2018) wijzen uit dat voor het Spanjaardsduin de aanwas boven de 3m NAP lijn tussen 2016 en 2017 28 m³/m.jaar bedroeg, slechts 1 m³/m.jaar minder dan vorig jaar. Het verschil zit hem in het feit dat in 2015-2016 het grootste deel van de aanwas echt op de zeereep terecht kwam, terwijl dit tussen 2016 en 2017 veel meer op het hoge strand is afgezet. De overgang van kaal zand naar begroeide zeereep ligt in Delfland vrij hoog, boven de 4.2 m NAP.

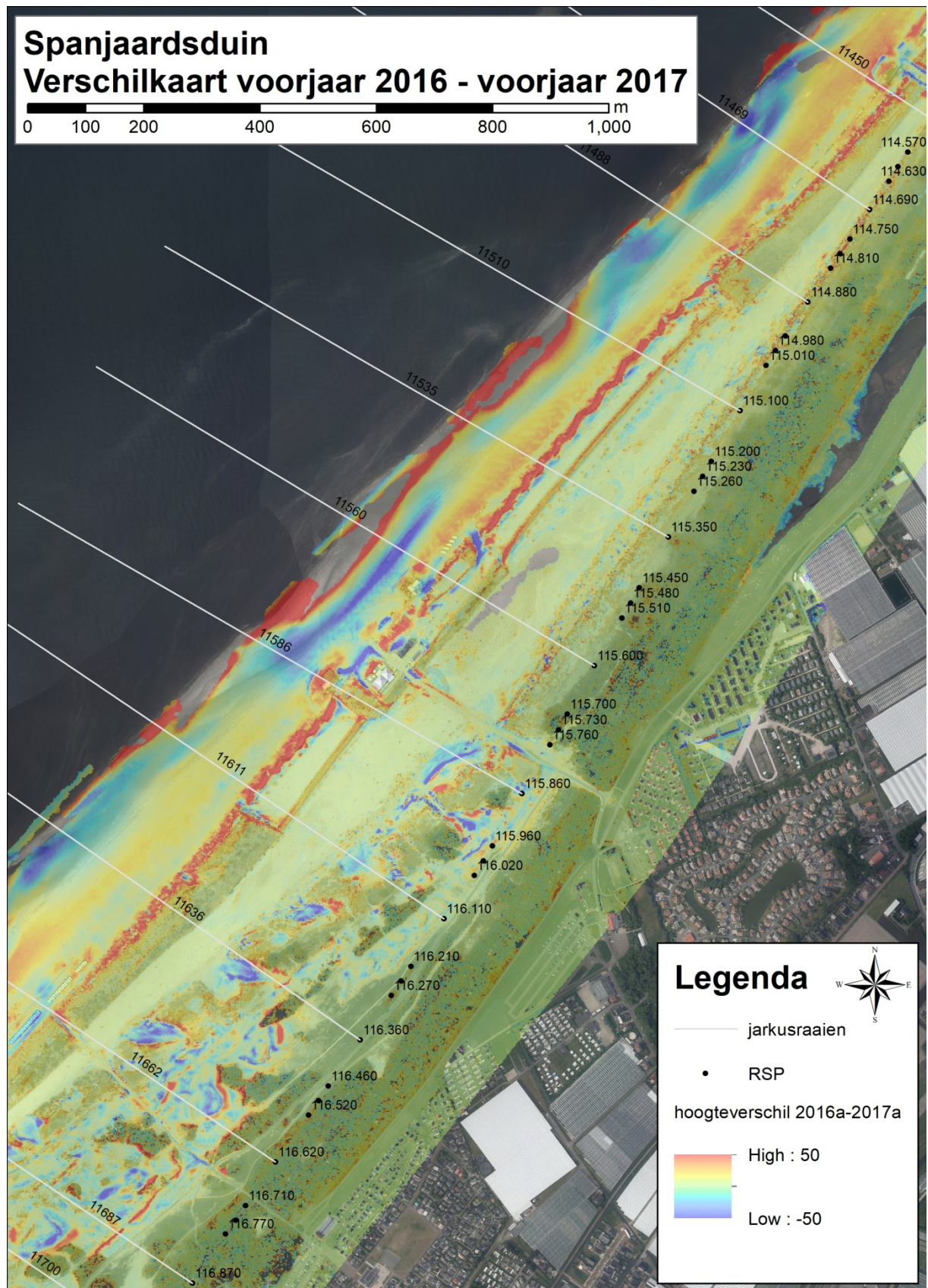
Noordelijk deel beplant (raaien 114.225 t/m 114.875): Ten noorden hiervan wordt het rietpotenexperiment uitgevoerd. Op het strand veel accumulatie van zand. Dit was vorig jaar erosief. De zeereep hoogt op, maar minder extreem dan vorig jaar. Hoewel de hoogtetoename vergelijkbaar is, soms meer dan 1m, is de breedte van de depositiezone geringer. De depositie is ook minder egaal en neemt naar het zuiden toe iets af. Tussen de depositie liggen kleinschalige plekjes die erosief zijn; dit heeft nog niet tot duidelijk erosieve vormen geleid. De vallei is stabiel tot zeer licht erosief, met plaatselijk niet meer dan enkele cm's erosie. Hier is nog niet of nauwelijks helm gevestigd. In oude zeereep zit nog wel enige

dynamiek, toenemend van noord naar zuid, maar dit is gering en aanmerkelijk minder dan vorig jaar. Er bevinden zich hier enkele kleine erosieve plekken, lokaal ontwikkeld tot stuifkuil.

Noordelijk deel half beplant (114.975 t/m 115.475): De voorste helmstrook vangt het meeste zand in, met hoogtetoeenames van 0.7- 1m. In deze helmstrook is de depositie veel egaler dan in de oudere aanplant van het beplante basisduin. Opvallend is dat nu direct achter de eerste helmstrook erosieve vlekken voorkomen in een patroon dat het golvende patroon van de helmstrook volgt. In de tweede helmstrook is de accumulatie veel geringer dan vorig jaar. In de kale tussenstrook gebeurt afgezien van de erosieve vlekken weinig. In de vallei vindt nog enige erosie plaats, tot een tiental cm's, in een zone direct achter het basisduin.



Figuur 3.4. Hoogteverschillen periode voorjaar 2015 tot voorjaar 2016. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 3.5. Hoogteverschillen periode voorjaar 2016 tot voorjaar 2017. [Bron: Laseraltimetrie RWS]

Naar het zuiden toe begint invang van zand in inmiddels gevestigde helm een steeds belangrijkere rol te spelen. Op de oude zeereep is nog sprake van een zeer lichte dynamiek, met enige depositie en enige erosie, in een zeer kleinschalig patroon.

Middendeel beplant (raaien 115.575 t/m 115.875): Hier wordt aan de strandkant en rondom de bebouwing zeer veel geschoven. Het patroon van erosie en depositie is daardoor chaotisch. Via de strandslag stuift zand de vallei in. Hiertegen zijn inmiddels maatregelen getroffen. Het lagere strand voor dit deel is sterk erosief. Op de oude zeereep is nog enige dynamiek te vinden, maar ook hier afgenomen t.o.v. vorig jaar. In de vallei is het belangrijkste proces het invangen van zand in de inmiddels gevestigde helm, plaatselijk met een ophoging van meer dan 0.3m.

Zuidelijk deel half beplant (raaien 115.975 t/m 116.075): Ook hier vangt weer de voorste helmstrook het meeste zand in met plaatselijk 1m verhoging tot gevolg. De ophoging is van dezelfde orde als vorig jaar, alleen is de depositiezone smaller. Net als aan de noordkant vindt direct achter de helmstrook erosie plaats, maar hier gelijkmatiger. Direct achter de eerste helmstrook liggen nog een aantal bultjes die ophogen. De tweede helmstrook vangt zand in, maar veel minder dan vorig jaar, met een hoogtetoename van circa 0.2m, vorig jaar was dat bijna het dubbele. In de tussenzone gebeurt weinig, net als in de vallei. In de oude zeereep is de dynamiek flink toegenomen als gevolg van de ingrepen.

Zuidelijk deel beplant (raaien 116.175 t/m 116.475): Van noord naar zuid neemt de depositie aan de voorzijde van de zeereep snel af. Achter de strandhuisjes is de depositie veel geringer dan vorig jaar, enkele cm's in plaats van enkele tientallen cm's. Aan de noordkant is de depositie van een zelfde orde maar veel minder egaal en in een smallere zone. Er zijn inmiddels enkele erosieve plekken ontstaan, die zich ontwikkelen tot kleine kerfjes. In de vallei is weinig veranderd, met nauwelijks hoogte veranderingen, slechts hier en daar lichte erosie van enkele cm's. In de oude zeereep is de dynamiek flink toegenomen als gevolg van de ingrepen.

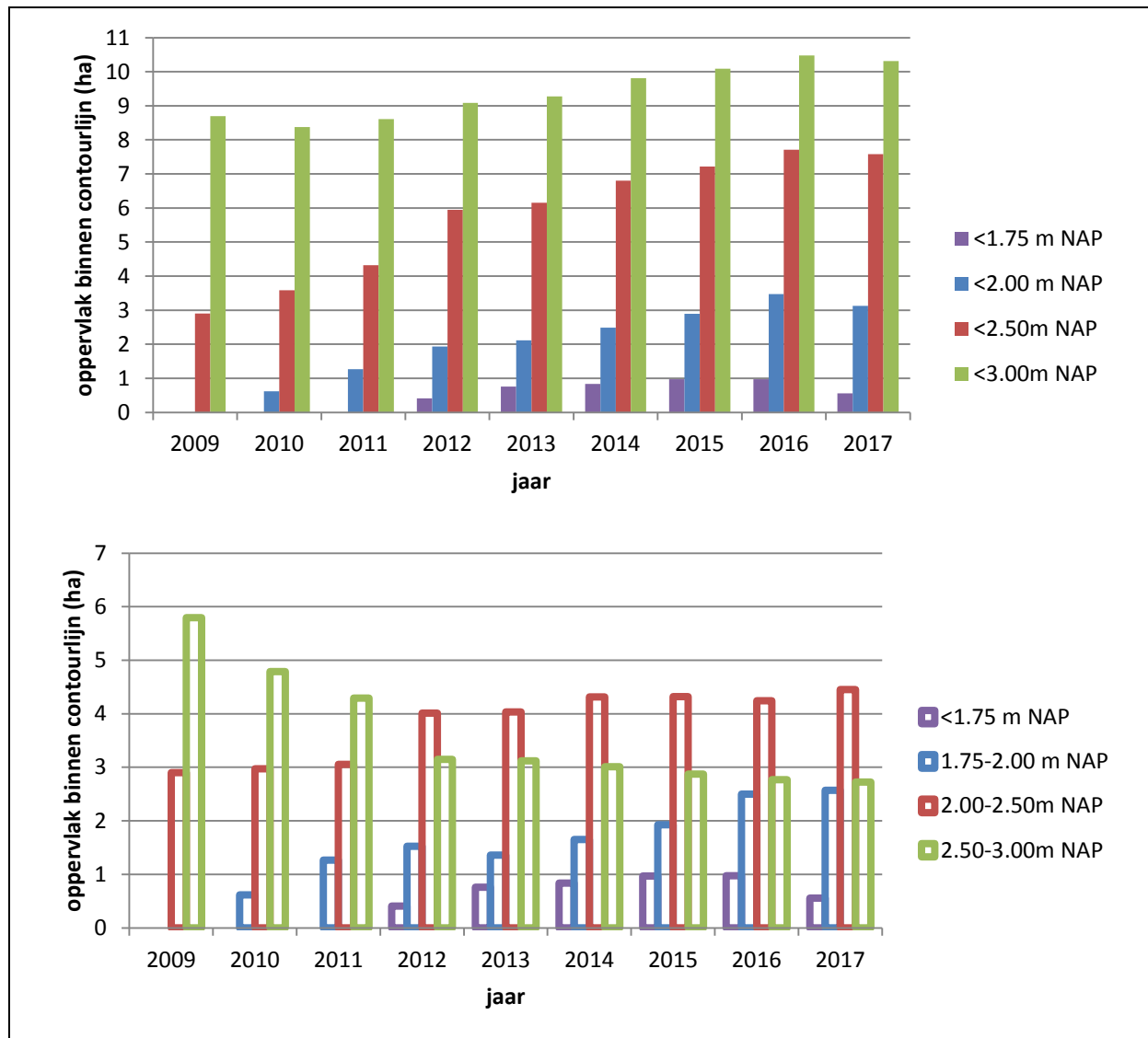
3.2 Ontwikkeling vallei

Figuur 3.2 en Figuur 3.3 geven voor de jaren 2016-2017 de ligging van de contourlijnen en de hoogte. Hoewel de verschillen op deze manier gepresenteerd niet heel uitgesproken zijn, is wel te zien dat de laagste delen van de vallei nu in omvang afnemen. Een duidelijker beeld geeft Figuur 3.6. Het bovenste deel van de figuur geeft de totale oppervlakte beneden de verschillende contourlijnen.

Tot en met 2016 bleek uit Figuur 3.6 een duidelijke trend van uitbreiding van het oppervlak voor alle contourlijnen, behalve de laagste van 1.75m NAP. Met de nieuwe opname is er sprake van een trendbreuk. Alle oppervlaktes zijn afgenomen, het oppervlak beneden 1.75m NAP het sterkste.

Wanneer de oppervlakte per laag wordt berekend (onderste grafiek in Figuur 3.6) dan blijkt dat de verandering per laag verschilt. Het oppervlak dat ligt tussen de contourlijnen 1.75 en 2.0m NAP is iets toegenomen, met 0.07 ha tot 2.57 ha. Het oppervlak tussen 2.0 en 2.5m NAP is iets sterker toegenomen, met 0.21 ha tot 4.45 ha. De overige oppervlakken zijn licht afgenomen. Het oppervlak beneden 1.75m

NAP is fors afgenomen, met 0.41 ha tot 0.56 ha. En ook het oppervlak tussen 2.5 en 3.0m NAP is licht afgenomen, waardoor het totale oppervlak in de vallei wat lager ligt dan 3.0m NAP is afgenomen met 0.17 ha tot 10.31 ha. Het hangt van de diepte van het grondwater en de ecologische criteria af wat dit betekent voor de potentiële habitattypen. Dit komt in hoofdstuk 4 aan bod.



Figuur 3.6. Oppervlakte binnen contourlijnen in 2009 t/m 2017. In de bovenste grafiek is het totale oppervlak beneden een contourlijn weergegeven. In de onderste grafiek is het oppervlak tussen twee opeenvolgende contourlijnen weergegeven. (paars <1.75, blauw is 1.75 tot 2.0m NAP enz.).

Ruimtelijk gezien heeft de vallei zich vrijwel niet uitgebreid. De 3.0m NAP contourlijn van 2017 ligt vrijwel exact gelijk aan die van 2016. Binnen deze contourlijn hebben zich de veranderingen voltrokken; door instuiven in de helm in de laagste delen is het lagere deel opgehoogd, waardoor de lagen tussen 1.75-2.0 en 2.0-2.5m NAP enigszins zijn uitgebreid.

3.3 Effect strandhuisjes

Het effect van de strandhuisjes op de ontwikkeling van het gebied wordt goed geïllustreerd door Figuur 3.4 en Figuur 3.5. In 2016 uit het verschil zich vooral in de vorm van de depositiezone in de zeereep direct achter de strandhuisjes. Deze is dan homogeen en afwijkend van de vorm op andere plaatsen. In 2017 uit het verschil zich in een duidelijke trend, van hogere accumulatie ten noorden van de strandhuisjes, en geringe accumulatie ter hoogte van de strandhuisjes. Op de ontwikkeling van de vallei heeft dit waarschijnlijk geen invloed.

Inmiddels is een meetprogramma gestart om de mate van doorstuiving en zoutspray achter de strandhuisjes te vergelijken met een zone zonder strandhuisjes ten noorden. Om dit te bepalen zijn in verschillende transecten zand- en zoutvangers geplaatst, die tweewekelijks geleegd worden. De eerste resultaten zijn beschreven door Arcadis (2017). Een effect op de valleien is waarschijnlijk afwezig.

3.4 Overige waarnemingen

Overige waarnemingen zijn gebaseerd op een veldbezoek in maart 2015, de veldverslagen van Deltares (Van der Meulen & Van der Valk 2017 en Van der Meulen et al., 2017).

In het noorden van de vallei is gestart met een rietpotenexperiment (Figuur 3.7). In maart 2017 zijn al kiemplantjes waargenomen tussen de rietpoten (Figuur 3.8). De kiemplantjes breiden zich uit, maar het betreft geen soorten van duingrasland, maar vooral ruderaal soorten en soorten van vloedmerkassociatie (Van der Meulen & Van der Valk, 2017). Soms gaat de accumulatie tussen de poten zo snel dat kiemplantjes het niet redden.

Er is een begin gemaakt van het verwijderen van Helm in de vallei (Figuur 3.1) en van Duindoorn op de zeereep. Op de luchtfoto's van 2017 is goed te zien hoe sterk Duindoorn zich met name aan de zuidkant van het gebied heeft uitgebreid. Ook wordt duidelijk wat de omvang is van de helmvestiging in de vallei.

De Helm die uit de vallei is gehaald, is in een baanvorm direct ten noorden van Slag Vlugtenburg gelegd om de doorstuiving daar vanuit de slag richting vallei te stoppen (Van der Meulen & Van der Valk 2017). Dit werkt op zich goed, maar nog niet al het instuivende zand wordt tegen gehouden.



Figuur 3.7. Overzicht plots met rietpoten. 15 maart 2017.



Figuur 3.8. Kiemplantjes tussen de rietpoten. 15 maart 2017.

Van der Meulen et al. (2017) onderscheiden in de vallei drie typen oppervlak.

- Type A: gevestigde duintjes met Helm, maar ook Zwenkgras en Zandzegge. Hier is een irreversibel geacht proces van hoogtetoename aan de gang.
- Type B: type met schilduintjes met Zwenkgras, grijskleurig substraat en veel kleine kiemplantjes, waarschijnlijk ook met algenlaagjes.
- Type C: hoger gelegen, onregelmatig reliëf en schelpenvloertjes, praktisch zonder enige vegetatie.

Van deze drie typen lijkt type B het meest kansrijk om tot een “interessante” ontwikkeling te komen. Type C lijkt gezien het vrijwel afwezig blijven van vegetatie niet tot veel te leiden. Enig ingrijpen door hetzij rietpoten te plaatsen en zo accumulatie te forceren, hetzij afgraven om het reliëf te verlagen zal hier weinig schade opleveren (Van der Meulen et al., 2017).

4 INTERPRETATIE EN VERWACHTINGEN MET BETREKKING TOT DE NABIJE TOEKOMST

4.1 Potentiële habitattypen

Zoals uitgelegd in paragraaf 2.3 is de kaart met potentiële habitattypen voor 2017 afgeleid van de in 2017 vastgestelde GVG en de bodemhoogtekaarten van 2017. De GVG van 2017 is de meest nauwkeurige, omdat die gebaseerd is op de langste meetreeks en dus het beste tijdreeksmodel. Zie verder over de afleiding van de GVG de bijlage over hydrologie. Aangezien ieder jaar nieuwe metingen beschikbaar komen zal het tijdreeksmodel en daarmee de GVG ieder jaar iets nauwkeuriger worden. Wanneer zich geen veranderingen in omstandigheden voordoen (vergroten zoetwaterbel, zeespiegelstijging), zou de GVG echter een constante moeten zijn, het is immers een gemiddelde voor een lange meteorologische periode.

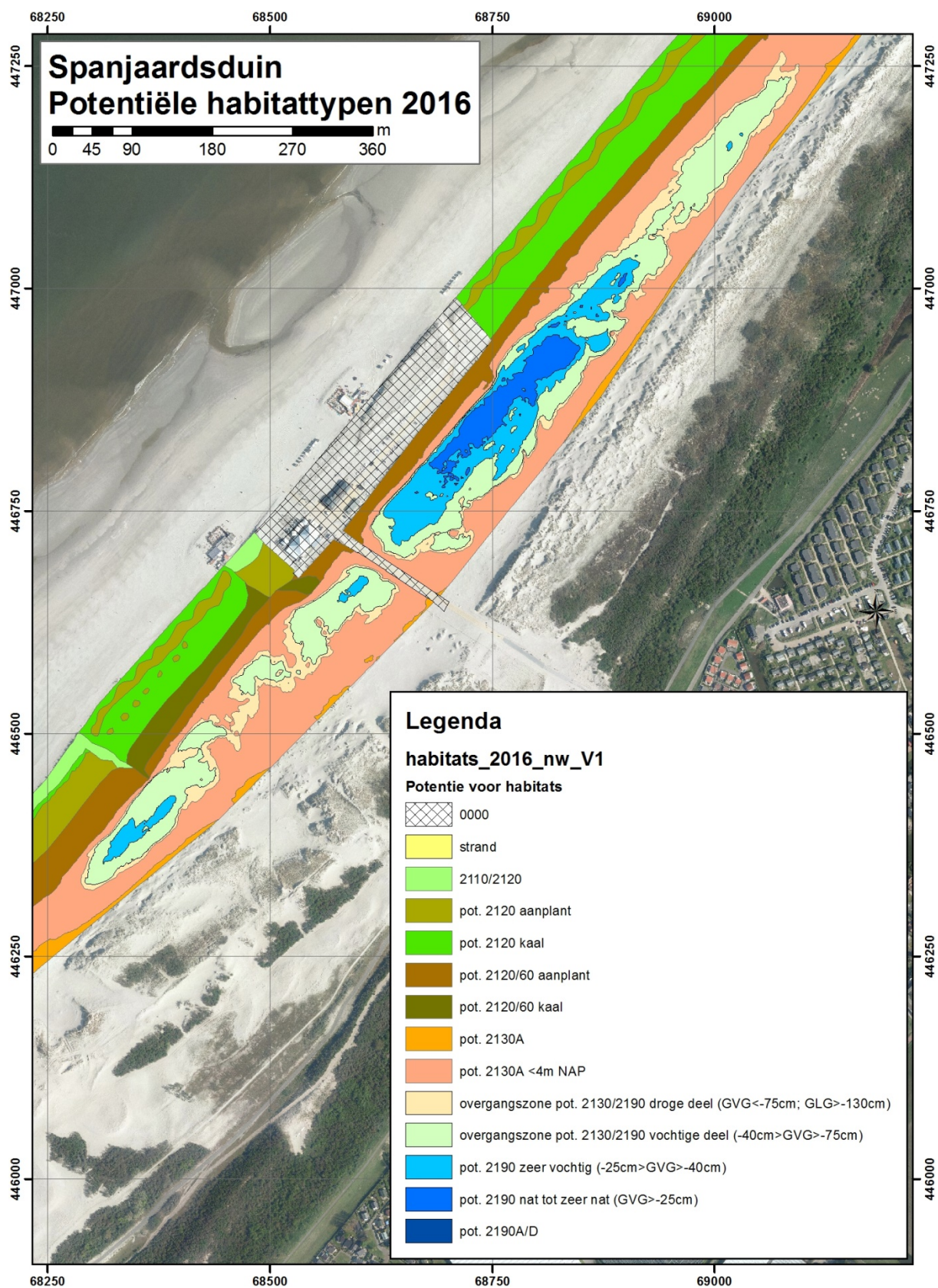
Volgens de nieuw vastgestelde criteria, besproken in paragraaf 2.3, is de kaart met potentiële habitattypen voor 2017 afgeleid. De kaarten van 2016 en 2017 zijn weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. De veranderingen zijn goed zichtbaar, vooral in het krimpen van de blauwe vlakken en de onregelmatigheden hierin door de vestiging van Helm en het ontstaan van kleine duintjes. De oppervlaktes per potentieel habitatype zijn opgenomen in Tabel 4.1 en voor de belangrijkste habitattypen samengevat in Tabel 4.2. Dezelfde gegevens zijn in grafiekvorm weergegeven in Figuur 4.3.

Tabel 4-1. Oppervlaktes potentiële habitattypen en tussenzones in hectares.

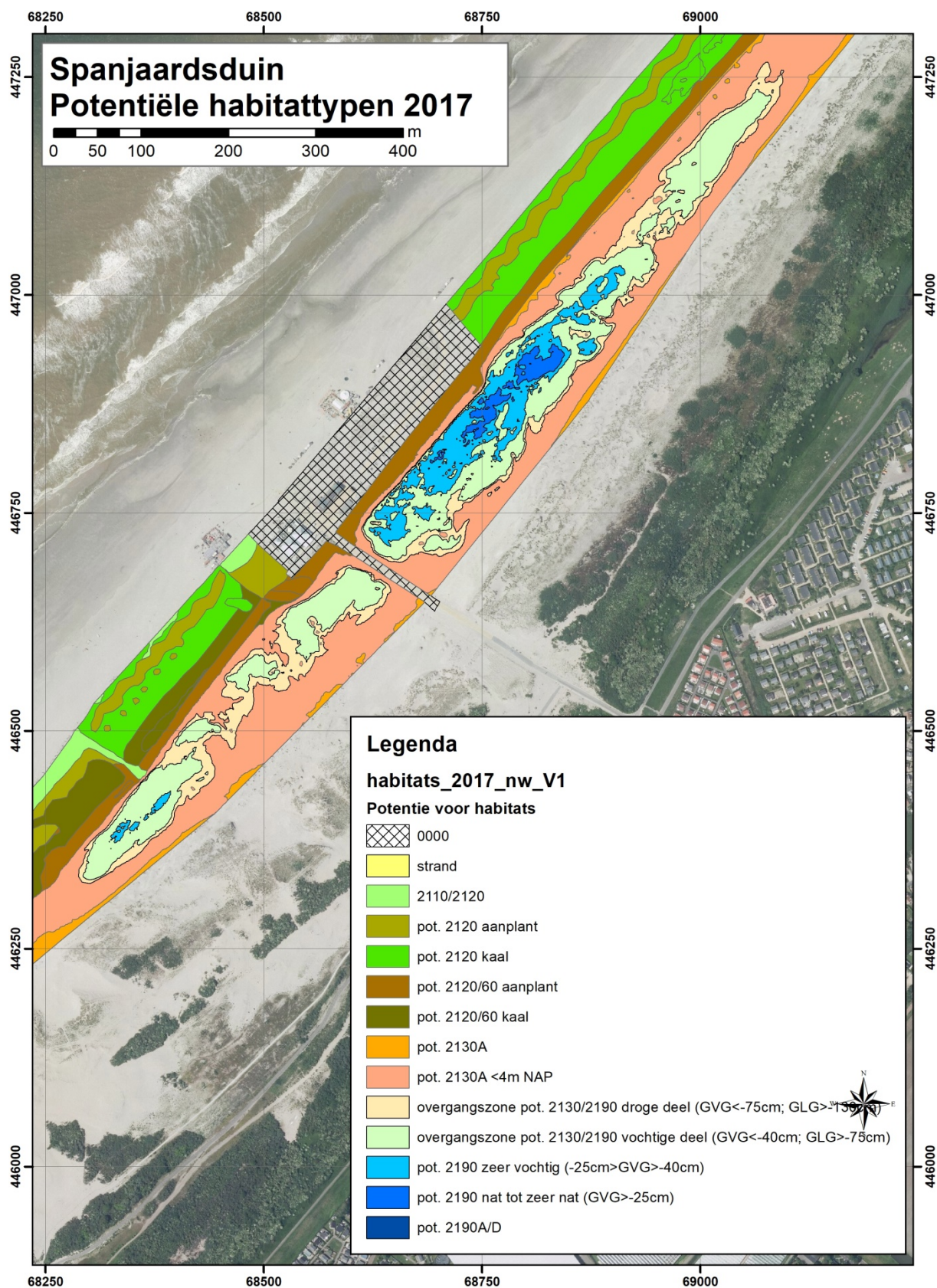
omschrijving	code	2014	2015	2016	2017
antropogeen	0	2.67	2.67	2.67	2.67
H2110/H2120	2110/2120	2.30	2.30	2.46	4.10
H2120 aanplant	2120 a	8.27	8.27	8.03	6.00
H2120 spontaan	2120 p	3.84	3.84	3.92	3.18
H2120/H2160 aanplant	2120/60 a	6.00	6.01	6.03	4.66
H2120/H2160 spontaan	2120/60 p	0.47	0.47	0.54	2.88
Potentieel H2130 Grijze duinen					
H2130 >4.0m NAP	2130 l	8.69	8.23	7.66	7.36
H2130 <4m NAP	2130 p	4.98	4.98	4.96	5.24
Overgangszone					
overgangszone droog	75V130L	1.62	1.45	1.38	1.83
overgangszone nat	40V75V	2.43	2.86	3.18	3.52
Potentieel H2190 Duinvalleien					
H2190 zeer vochtig	25V40V	1.15	1.24	1.49	1.23
H2190 nat tot zeer nat	<25V	0.48	0.59	0.61	0.25
H2190A/D		0	0	0	0
totaal		42.92	42.92	42.94	42.92

Tabel 4-2. Samenvatting oppervlaktes potentieel H2130, H2190 en tussenzone.

	2014	2015	2016	2017
pot. H2130	13.68	13.21	12.63	12.60
overgang droog	1.62	1.45	1.38	1.83
overgang nat	2.43	2.86	3.18	3.52
pot. H2190	1.63	1.84	2.11	1.48
pot. H2190 incl. overgangszone	4.06	4.70	5.29	5.00



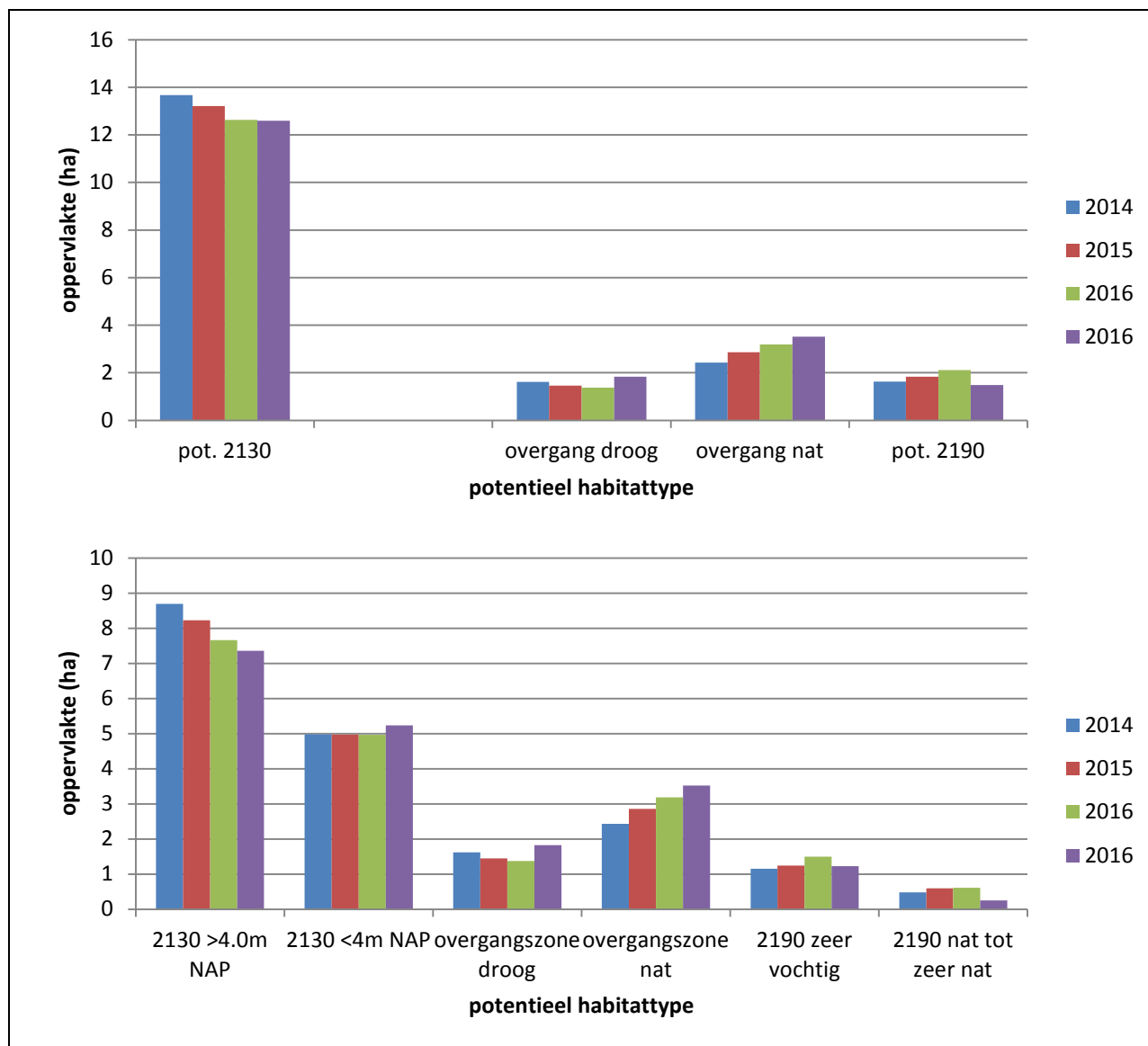
Figuur 4.1. Potentiële habitatkaart 2016.



Figuur 4.2. Potentiële habitatkaart 2017.

Het areaal aan potentieel vochtige duinvallei is afgenomen van 2.11 naar 1.48 ha, wat procentueel gezien een zeer forse afname genoemd mag worden. De overgangszones “vochtig” en “nat” zijn beide toegenomen in oppervlak. Met de huidige ontwikkelingen valt er op korte termijn geen autonome ontwikkeling richting verdieping en vernatting te verwachten, integendeel. Een stijging van de

grondwaterstand is niet waarschijnlijk en door de steeds uitgebreidere vestiging van Helm in de vallei is het risico groot dat op meer plaatsen de bodem gaat verhogen omdat Helm zand invangt. Alleen in een zeer nat jaar zou het kunnen gebeuren dat het grondwater zo lang aan het oppervlak staat, dat Helm verdrinkt en op die manier wordt terug gedrongen. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat dit dan zal leiden tot een nieuwe fase met uitstuiving en verdieping.



Figuur 4.3. Veranderingen van oppervlaktas potentiële habitattypen.

4.2 Verwachte ontwikkeling en aanbevelingen

Door instuiven in de begroeiing is er inmiddels op uitgebreide schaal een microreliëf in een deel van de vallei ontstaan, waardoor de hoogte op veel plaatsen weer toeneemt. De verwachting is dat dit bij ongewijzigd beheer door zal gaan. In de nog kale delen van de vallei zou uitstuiving nog tot een verdere vergroting van het valleiooppervlak kunnen leiden. In de beschouwde periode 2016-2017 is dit echter niet gebeurd, mogelijk omdat de kale delen inmiddels te dicht met schelpenvloertjes zijn bedekt.

Door aanstuiving zal het basisduin verder verhogen en natuurlijker worden. Door de aanplant met stroken helm op het voorheen niet beplante basisduin wordt ook dit

hoger en wordt daarmee de kans dat de zee hier doorheen breekt kleiner. Dit lijkt een continu proces, waarvan verwacht wordt dat het de komende jaren verder doorzet. De zones tussen de helmstroken blijven kaal. Hier verandert niet veel, maar hier zou in de toekomst wel zand uit kunnen stuiven richting vallei. Omdat deze zone min of meer in de richting van de meest actieve, zuidwestenwind ligt, zouden dwars hierop enige stuifbeperkende maatregelen genomen kunnen worden, waarna vestiging van Helm mogelijk wordt.

Op de zeereep is de ontwikkeling van Duindoorn dusdanig dat deze zonder rigoureuze ingrijpen niet meer terug te dringen is. Structureel bestrijden van Duindoorn kan de ruimte voor een potentiële ontwikkeling van Grijze duinen vergroten.

Op het oppervlak waar grijze duinen moeten gaan ontwikkelen overheersen de schelpenvloertjes. Enige depositie hier overheen van stuifzand zou de grijze duinontwikkeling ten goede komen. Het is niet de verwachting dat dit vanzelf gebeurt. Binnen deze oppervlakken is voornamelijk weinig vestiging van vegetatie, waarschijnlijk omdat het oppervlak veel gezandstraald wordt. Binnen een beperkt oppervlak aan de noordkant is een proef uitgevoerd met rietpoten, om depositie te stimuleren en zo een “natuurlijke” bodemopbouw te forceren. Over de resultaten wordt separaat gerapporteerd.

Het is duidelijk dat met de huidige processen niet verwacht kan worden dat in de lage delen van de vallei het benodigde oppervlak voor natte duinvalleien gehaald zal worden. In de hogere delen belemmeren schelpenvloertjes de vestiging van vegetatie. Voor het verbeteren van de ontwikkeling zouden verschillende beheersmaatregelen overwogen kunnen worden:

- Helm zou op veel grotere schaal in de vallei verwijderd moeten worden (inmiddels is een 2^e tranche uitgevoerd in de zuidelijke vallei – pv)
- Over een deel van de vallei zou het oppervlak mechanisch verlaagd kunnen worden. Dit kan deels in combinatie met de vorige ingreep uitgevoerd kunnen worden.
- In de delen waar schelpenvloertjes domineren zouden deze weggehaald kunnen worden. In combinatie met enige verdieping zou dit gelijk tot een vergroting van het laag gelegen areaal kunnen leiden. Ingrijpen hier zal hoogstwaarschijnlijk alleen maar tot verbetering kunnen leiden (zie Van der Meulen et al., 2017).

5 CONCLUSIES

- In tegenstelling tot vorig jaar is het valleioppervlak beneden 3m NAP niet uitgebreid, maar vrijwel gelijk gebleven. De uitbreiding in noordelijke en zuidelijke richting die vorig jaar nog werd waargenomen heeft dit jaar niet plaats gevonden.
- De helmstroken op het voorheen niet beplante basisduin blijven zand invangen. De hoogtetoename is vergelijkbaar met vorig jaar, de accumulatiezone is echter smaller.
- De erosie in de vallei is zeer beperkt en heeft niet geleid tot een uitbreiding. Dit is mogelijk een effect van de ontstane schelpenvloertjes, maar ook van vocht nabij het oppervlak.
- De dynamiek in de oude zeereep is nog verder afgenomen. In het zuidelijk deel is er echter sprake van een forse opleving als gevolg van soms vrij forse ingrepen die gepleegd zijn ten behoeve van het dynamiseren, in het kader van een herinrichting van de van Dixhoorndriehoek.
- Het microreliëf in de vallei door vestiging van Helm gevolgd door instuiven van zand wordt steeds uitgebreider en de hoogte van de ontstane duintjes worden steeds hoger. (Inmiddels zijn helmduintjes verwijderd – pv)
- Het instuiven van zand in de vallei vanuit Slag Vlugtenburg is enigszins beteugeld doordat een zone door de beheerder met Helmpollen is bedekt. Deze pollen zijn afkomstig van delen waar Helm uit de lage vallei is weggehaald. (Deze “zandvang” is in tweede instantie verder versterkt.
- Opnieuw is het effect van de strandhuisjes duidelijk. Was het vorig jaar vooral zichtbaar in een ander, veel homogener patroon van depositie achter de huisjes, dit jaar is vooral de hoeveelheid instuiving in de zeereep achter de strandhuisjes geringer.
- Het oppervlak potentieel natte duinvallei is afgenomen van 2.11 naar 1.48 ha, een zeer forse afname.
- De afname is het gevolg van vestiging van Helm en instuiven van zand. Gevolg is eveneens dat de overgangszone tussen potentieel H2190 en H2130 in oppervlakte toegenomen. Het droge deel is toegenomen van 1.38 naar 1.83 ha, het natte deel van 3.18 naar 3.52 ha.
- Door de massale vestiging van Duindoorn is het oppervlak met potentieel habitatype 2160 Duindoornstruweel explosief toegenomen van 0.54 naar 2.88 ha.
- Door de voortdurende aanstuiving van het basisduin wordt met name de voorzijde steeds natuurlijker. Het oppervlak dat mogelijk nu al kwalificeert als H2110 Embryonale Duinen of H2120 Witte Duinen is daardoor fors toegenomen van 2.46 naar 4.10 ha. Deze habitats vormen evenals H 2160 geen onderdeel van de doelstelling van Spanjaardsduin.

6 REFERENTIES

- Arcadis, 2017. Resultaten monitoring strandhuisjes Spanjaardsduin; Tussentijds verslag. Rapport Arcadis B.V. in opdracht van Westland Strandhuisjes. 22 december 2017.
- Arens, S.M., 2018. Monitoring van verstuingen in de zeereep van het Hoogheemraadschap van Delfland. Situatie 2016. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2018.02 in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland.
- Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2016. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin, dinsdag 8 maart 2016. Memo Deltares 1209885-000-ZKS-0027, 7-12-2016.
- Meulen, F. van der, B. van der Valk, S. IJff en M. Eleveld, 2017. Concept-verslag veldbezoek Spanjaardsduin. Memo Deltares 4 mei 2017.
- Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2017. Veldnotitie bezoek Spanjaards Duin 14 november 2017. Memo Deltares 23 november 2017.
- IJff, S, B. van der Valk & F. van der Meulen, 2017. Leidraad beheer Spanjaards Duin. Rapport Deltares 1230642-002-ZKS-0001, versie 1.0, mei 2017, in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Vertegaal, C.T.M., 2017. Interne memo Ecologische vereisten Habitattypen.
- De Weger, R. Ph., 2017. RPAS Monitoring Spanjaards Duin, 's-Gravezande. T2 april 2017 Veldrapportage. Shore Monitoring & Research BV, in opdracht van RWS-WVL.

CONCEPT

Bijlage 3: Ontwikkeling Grondwater Dynamiek



Ontwikkeling Grondwaterdynamiek

[Subject]

Opdrachtgever: Zuid-Hollands
Landschap
Projectnummer: 18002106
Datum:
Auteurs: Wouter Beekman & Ruben
Caljé
Borging:

© 2018 Artesia B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

1	ONTWIKKELING GRONDWATERDYNAMIEK	1
1.1	Hydrologische karakterisering van het jaar	1
1.2	Tijdreeksanalyse op meetreeksen	3
1.3	Ruimtelijke interpolatie van de GxG	4
2	MODELLERING STROMINGSBEELD	7
2.1	De uitgangssituatie vóór aanleg Spanjaardsduin	8
2.2	Ontwikkeling na aanleg Spanjaardsduin tot de huidige situatie	9
2.3	De getijdedynamiek	10
2.4	Invloed verdieping duinvallei	11
3	CONCLUSIES	13
	BIJLAGE 1 PROFIELEN GRONDWATERSTAND	15
	BIJLAGE 2 INVOER TIJDREEKSMODELLEN	17
	BIJLAGE 3 RESULTATEN TIJDREEKSMODELLEN	19
	BIJLAGE 4 OPZET MODELLERING SPANJAARDSDUIN	23

1 ONTWIKKELING GRONDWATERDYNAMIEK

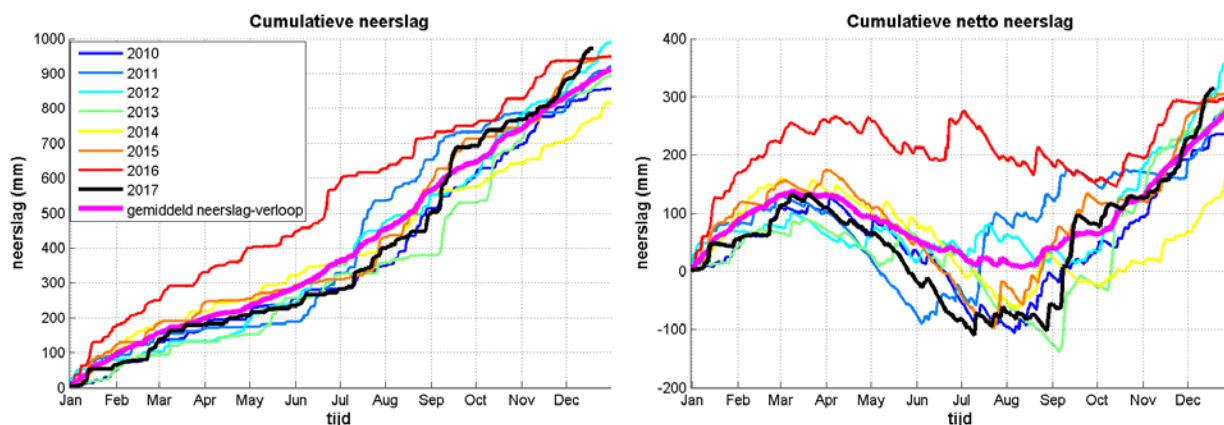
In 2017 is de grondwatermonitoring in het permanente meetnet van Spanjaardsduin voortgezet met de inzet van automatische drukopnemers. Eén meetpunt (Z1) is defect geraakt, maar in de overige 9 peilbuizen (verdeeld over 2 raaien) zijn de meetreeksen zonder hapering gecontinueerd. Daarnaast zijn in principe maandelijks handpeilingen uitgevoerd. Bij veel meetpunten is dit in de praktijk niet gelukt, wegens begroeiing rond het meetpunt, of door problemen met de ontsluiting van het slot van de peilbuis. Bovendien zijn tijdens de handmetingen in een aantal gevallen de drukopnemers verstoord, waardoor de deel-reeksen opnieuw getuned moeten worden. Het beheer en de uitlezing van de dataloggers is uitgevoerd door Royal Haskoning. De verkregen meetreeksen zijn gevalideerd (zorgen voor een continu verloop van de reeksen en passend bij de handpeilingen) en vervolgens onderworpen aan tijdreeksanalyse, met een driedelig doel:

- het duiden van de kwaliteit van de meetreeksen;
- het kwantificeren van de invloeden op de grondwaterdynamiek (neerslag, verdamping en getijdeverloop);
- het detecteren van eventuele trends in de grondwaterstand.

De meetreeksen en de ruimtelijke interpolaties van de grondwaterstand worden daarnaast gepresenteerd als basis voor de ecologische ontwikkelingspotentie.

1.1 Hydrologische karakterisering van het jaar

Het jaar 2017 week meteorologisch af van het gemiddelde verloop, met een droger eerste halfjaar en een nattere tweede helft. In figuur 13 is de ontwikkeling van resp. de neerslag en de netto neerslag (neerslag – potentiële verdamping) weergegevens in vergelijking met voorgaande jaren en met het gemiddelde verloop.



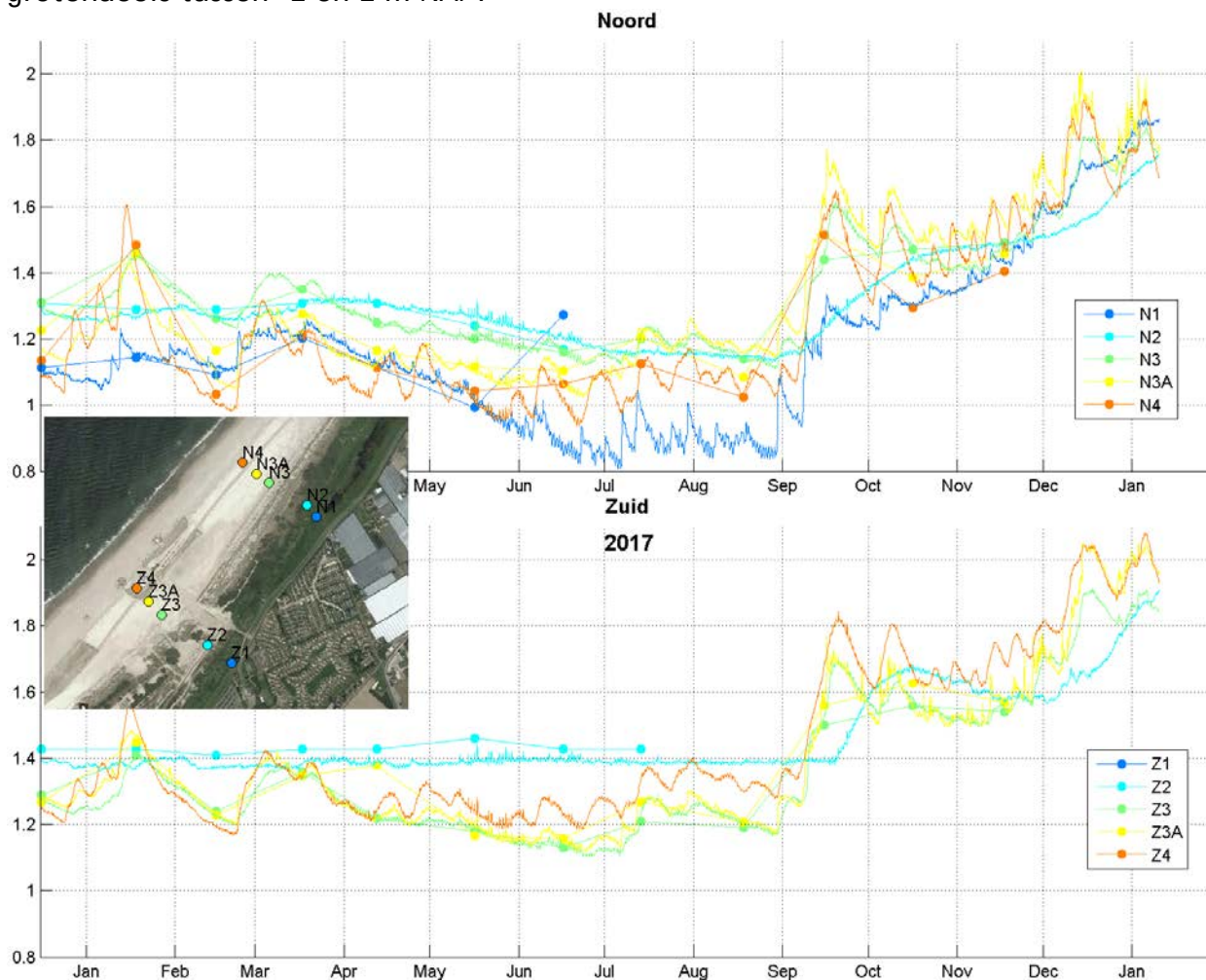
Figuur 4: cumulatieve neerslag van 2016 in relatie tot voorgaande jaren en afgezet tegen een gemiddeld verloop.

Uit figuur 13 blijkt dat de winter van 16/17 droog was en relatief droog bleef tot halverwege juli 2017, terwijl de nazomer tot half september relatief nat verliep. Het jaar eindigde (vanaf half september) tamelijk nat. De jaarsom van de neerslag kwam uiteindelijk boven het langjarig gemiddelde uit.

Dit verloop had een echo in de grondwaterstand, zoals weergegeven in figuur 14. De normale winterpiek van de grondwaterstanden bleef begin 2017 uit. Het natte najaar resulteerde eind 2017 alsnog in relatief hoge grondwaterstanden.

Naast het weer vormt de zee een randvoorwaarde voor de gemeten grondwaterstanden in Spanjaardsduin. De dynamiek in deze rand blijkt van ondergeschikt belang te zijn. Het hoogste zee-peil in 2017 is op 8 december gemeten

tijdens springtij met aanlandige wind met een piek van 2.38 m NAP. Springtij plus de storm op 3 januari 2018 leidde tot een peil van 2.50 NAP. Beide situaties leidden niet tot overslag van zeewater in het Spanjaardsduin en hebben slechts zeer kortstondige en beperkte effecten op de stijghoogte gehad. Het gemiddeld zeepeil (station Hoek van Holland 2013 t/m 2017) bedraagt 0.12 m NAP en de eb- en vloed-standen liggen grotendeels tussen -1 en 1 m NAP.



Figuur 5: Samenvatting van het verloop van de grondwaterstand in 2017 op basis van handpeilingen (bolletjes) en diver-registratie.

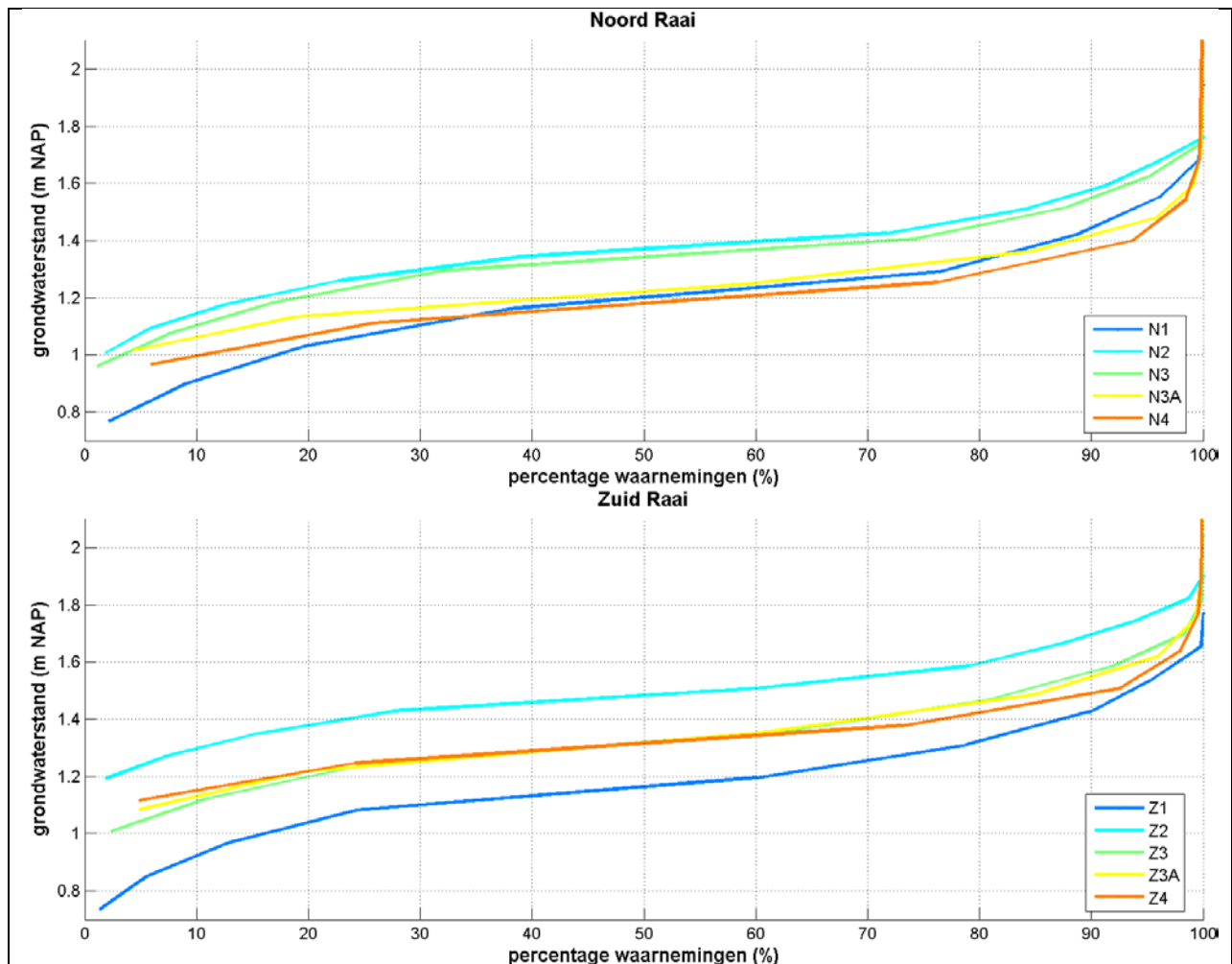
De grondwaterreeksen zijn in figuur 15 weergegeven in ruimtelijke samenhang. In bijlage 1 zijn dwarsprofielen van de grondwaterstand over de beide raaien weergegeven voor respectievelijk een zomersituatie en een wintersituatie. Uit deze profielen blijkt dat het gehele duingebied een redelijke vlakke grondwaterstandsverhoging kent, die fluctueert tussen de 1 m NAP (in droge jaren in de zomer) en de 1.8 m NAP (in natte jaren in de winter). De grootste stijghoogtegradiënt aan de zee-kant ligt buiten de buitenste peilbuizen, onder het strand.



Figuur 6: *Stijghoogte-grafieken, in meter t.o.v. NAP, getekend bij de meetpunten. De kleur geeft als extra visuele hulp ook de stijghoogte aan.*

1.2 Tijdreeksanalyse op meetreeksen

Alle meteorologische karakteristieken hebben visueel een duidelijk zichtbare respons in de grondwaterstanden. Het blijkt dat op alle punten de volledige reeksen goed verklaard kunnen worden met een lineaire respons uit de meteorologische omstandigheden. De tijdreeksanalyse is uitgevoerd op basis van uurwaarden van (geïnterpoleerde) neerslag- en verdamping en zeepeil. De invloed van het zeepeil blijkt alleen in de meest zeewaarts gelegen peilpunten significant (punten N4, N3A, Z4 en Z3A). Het resultaat van het tijdreeksmodel (voor de weerscondities van de afgelopen 8 jaar) vertaald naar duurlijnen is weergegeven in figuur 16. De details van de tijdreeks-resultaten zijn verder opgenomen in Bijlage 3: en Bijlage 4:.



Figuur 7: range/duurlijnen van de grondwaterstanden volgens het tijdreeksmodel.

Uit figuur 16 blijkt dat de grondwaterstand in Spanjaardsduin fluctueert tussen de 1 en 1.6 m NAP. De GxG waarden zijn uit respectievelijk de metingen (op basis van de volledige meetreeksen) en het tijdreeksmodel (op basis van de afgelopen 8 weerjaren) per meetpunt afgeleid en samengevat in tabel 6. De verschillen tussen de gemeten- en gesimuleerde reeksen worden vooral veroorzaakt door de verschillen in de dichtheid van de beschouwde reeksen (ontbrekende metingen) en in de lengte van de beschouwde reeksen.

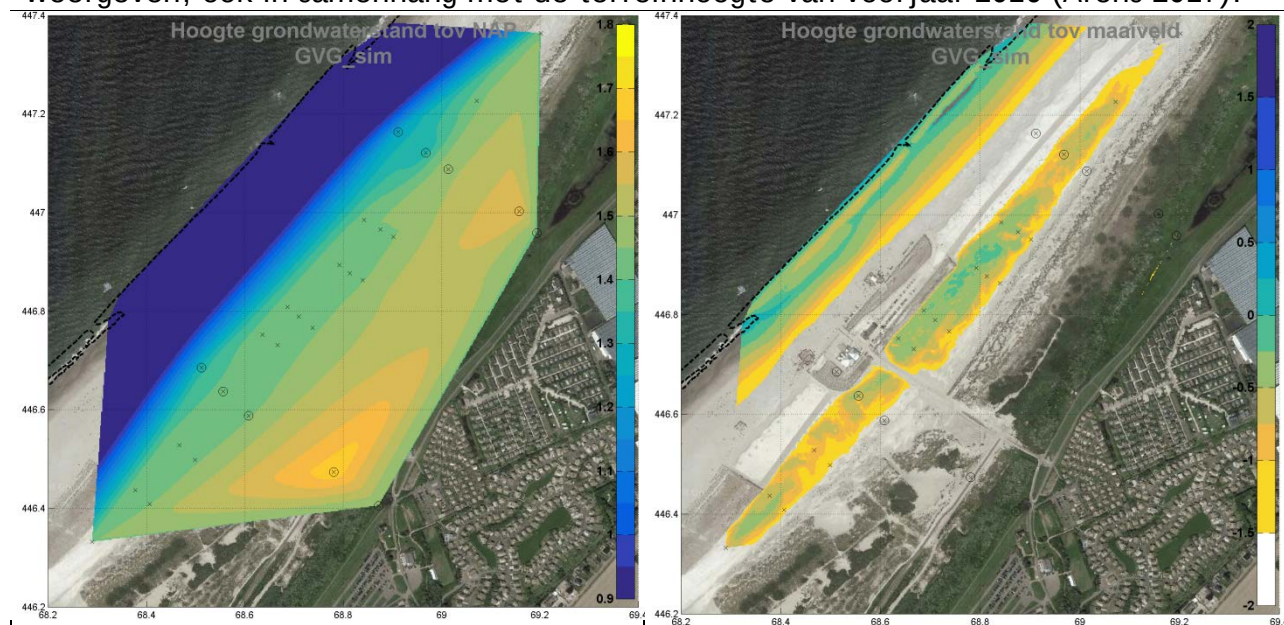
Tabel 1-1: Berekende GxG-waarden (m NAP) op de vaste meetpunten.

	N1	N2	N3	N3A	N4	Z1	Z2	Z3	Z3A	Z4
GHG-gemeten	1,63	1,79	1,72	1,67	1,61	1,56	1,86	1,73	1,78	1,60
GHG-tijdreeksmodel	1,68	1,74	1,75	1,66	1,70	1,64	1,84	1,78	1,81	1,78
GLG-gemeten	0,95	1,22	1,14	1,06	0,95	1,03	1,31	1,13	1,14	1,10
GLG-tijdreeksmodel	0,96	1,19	1,14	1,06	0,97	0,96	1,33	1,19	1,13	1,12

1.3 Ruimtelijke interpolatie van de GxG

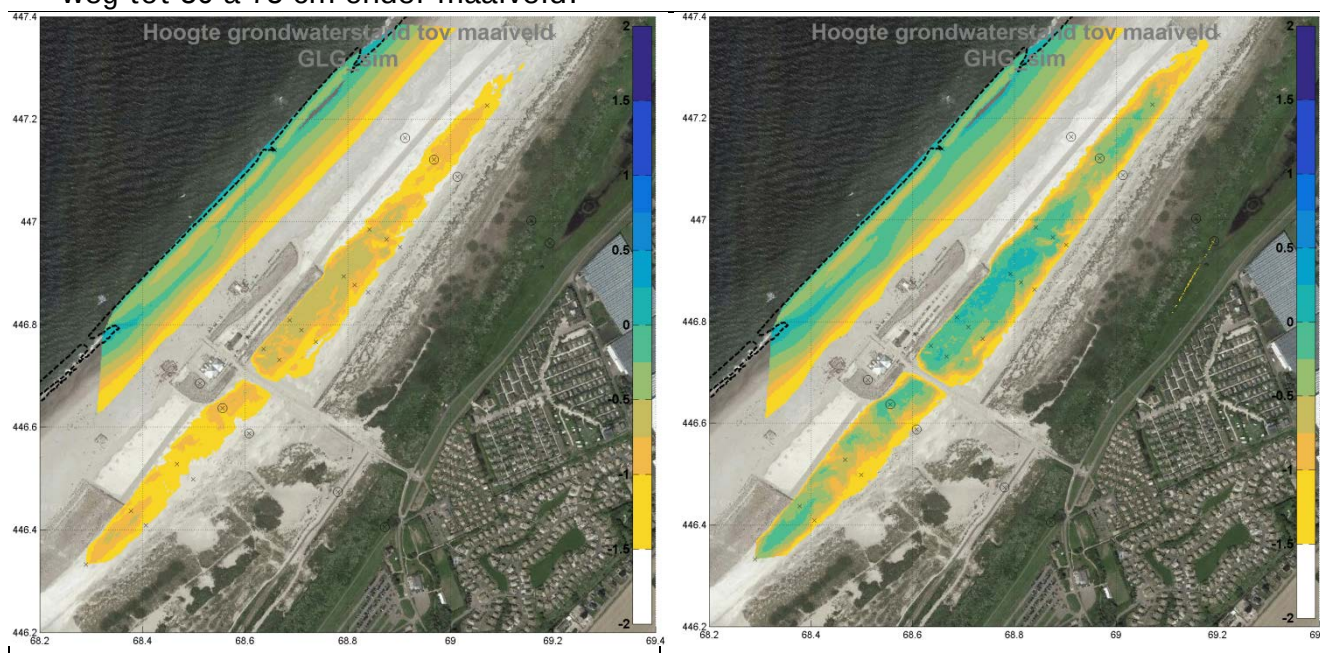
Op basis van de meetpunten kan voor de gehele vallei (en de aangrenzende duinen) een GxG geschat worden. De situatie in het voorjaar (GVG) wordt als gevoelig beschouwd, omdat deze situatie de kiemingscondities voor de vegetatie globaal

weergeeft. De geïnterpoleerde grondwaterstanden zijn voor deze situatie in figuur 17 weergegeven, ook in samenhang met de terreinhoogte van voorjaar 2016 (Arens 2017).



Figuur 8: Geïnterpoleerde GLG.

Op vergelijkbare wijze geeft figuur 18 de ontwateringsdiepte onder respectievelijk de GLG- en de GHG-condities (figuur 18). Het blijkt dat de GHG in het centrum van de vallei tussen 0 en 25 cm onder maaiveld blijft. De GLG zakt onder de gehele vallei weg tot 50 a 75 cm onder maaiveld.



Figuur 9: de gesimuleerde dynamiek-range in Spanjaardsduim weergegeven t.o.v. maaiveld.

2 MODELLERING STROMINGSBEELD

In een grondwatermodel zijn de hydrologische principes van de aanleg van Spanjaardsduin op de ontwikkeling van de grondwaterdynamiek en de ontwikkeling van de zoetwaterbel inzichtelijk te maken, alsmede de gevolgen van ingrepen in de morfologie. In groter detail kan ook de doorwerking van getijden in beeld worden gebracht, onder meer om de factoren die daar invloed op hebben te identificeren. Voor dit doel is een profielmodel opgesteld, waarvan de ligging is weergegeven in figuur 7. De opgenomen modelconcepten zijn beschreven in Bijlage 5:.. Dit model wordt over drie perioden doorgerekend:

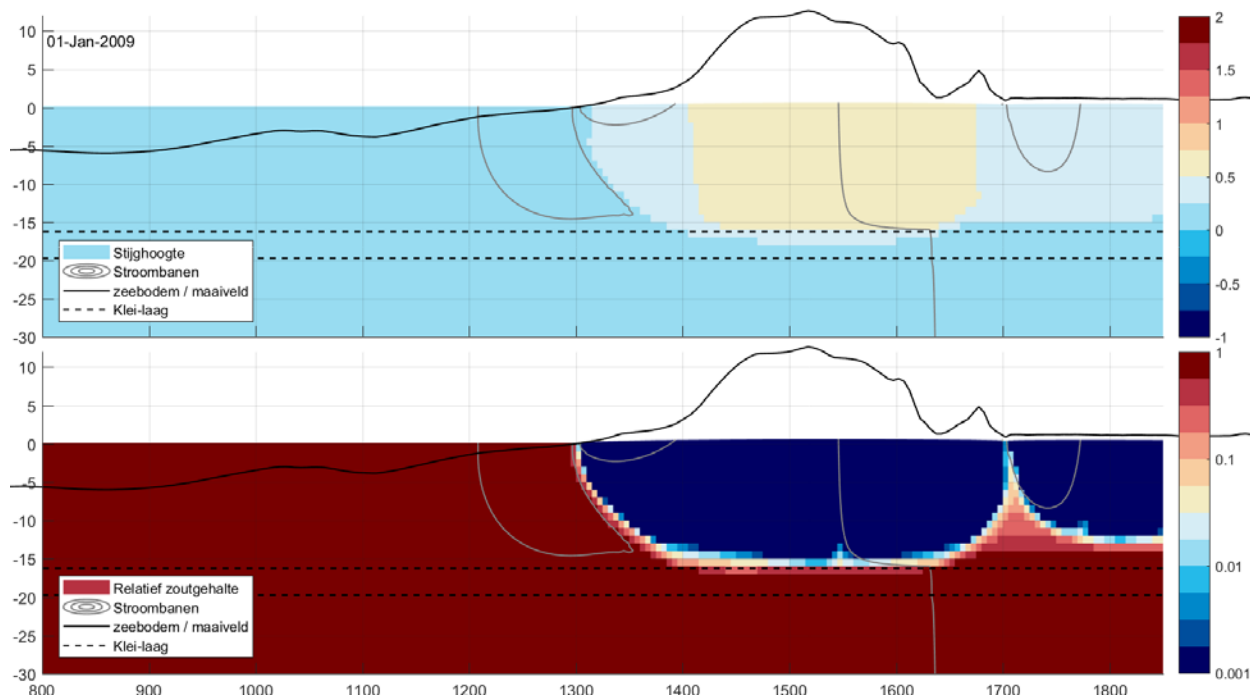
1. 100 jaar constante randvoorwaarden en een volledig zoute initiële situatie om de uitgangssituatie voor de aanleg van Spanjaardsduin te schatten.
2. Het berekenen van de 9 jaar na aanleg, in maandelijkse tijdstappen met variërende randvoorwaarden.
3. Het berekenen van de eerste 4 dagen van 2018, met tijdstappen van een uur, om de invloed van eb en vloed uit te rekenen. Deze periode bevat de hoogste waterstand sinds 22 oktober 2014: 2,51 m NAP rond 15:00 op 3 januari 2018.



Figuur 19: ligging doorsnedemodel.

2.1 De uitgangssituatie vóór aanleg Spanjaardsduin

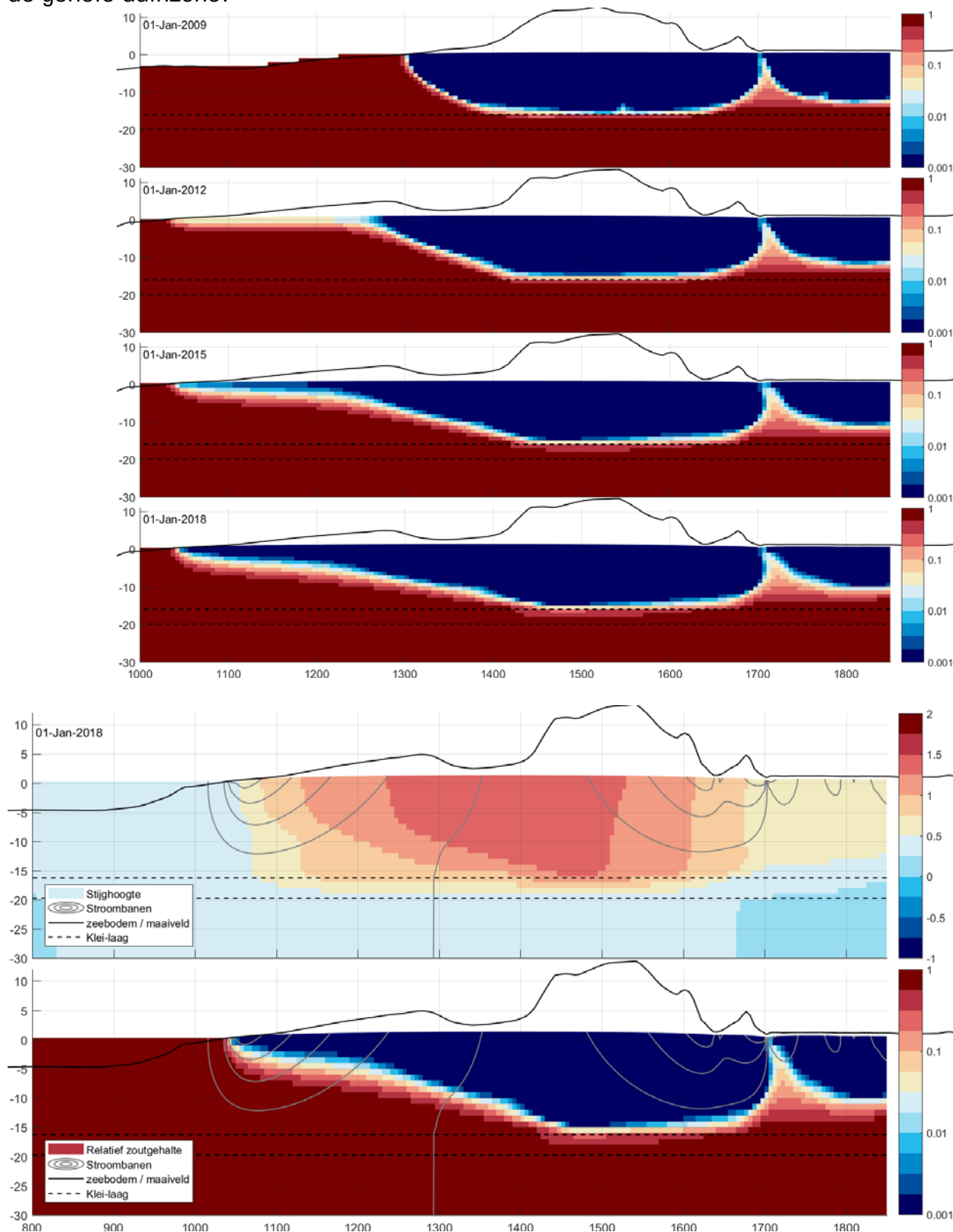
Vóór de aanleg van Spanjaardsduin zien we een verzoet duinsysteem, met aan de polderzijde een brak kwelvenster en verder ook een verzoet poldersysteem. De stroombanen in het berekende evenwicht in zoet en zout grondwater laat een waterscheiding in het landinwaarts gelegen deel van het duin zien (figuur 20) en op het strand uittredend zoet/water uit het duinsysteem.



Figuur 11: De situatie (stijghoogte boven en genormaliseerde zoutconcentratie (fractie zeewater in log-schaal) onder) na 100 jaar op weg naar een evenwicht: de startsituatie voor aanleg van het Spanjaardsduin.

2.2 Ontwikkeling na aanleg Spanjaardsduin tot de huidige situatie

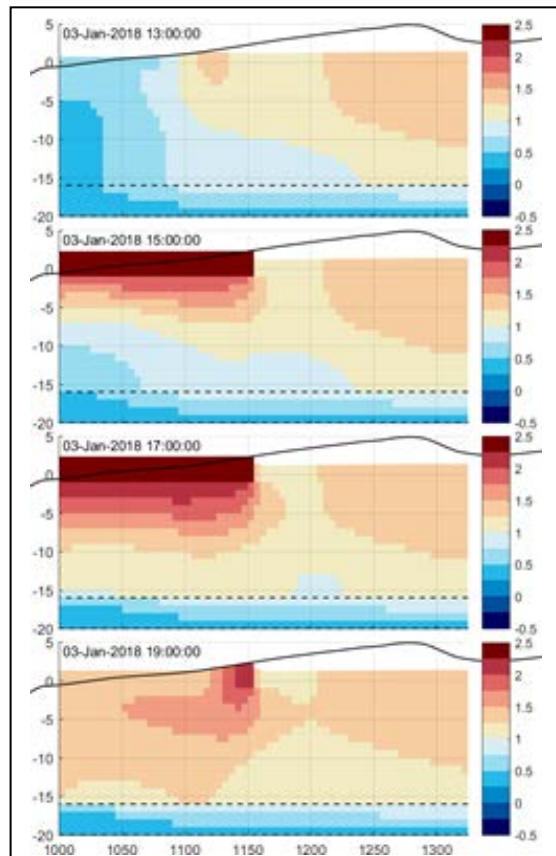
Na aanleg van het Spanjaard Duin verzoet het ondiepe gedeelte van het opgespoten stuk duin, vooral in de winter. Doordat het duin breder is geworden, is de stijghoogte onder het duin ook hoger geworden, en de waterscheiding is richting het westen (links) opgeschoven (figuur 21). De verzoeting van de teen van het systeem (zeezijde) is in eerste instantie vooral autonoom (infiltrerend neerslagwater), terwijl de verzoeting onder de vallei ook lateraal geholpen wordt door het neerslagoverschot in de gehele duinzone.



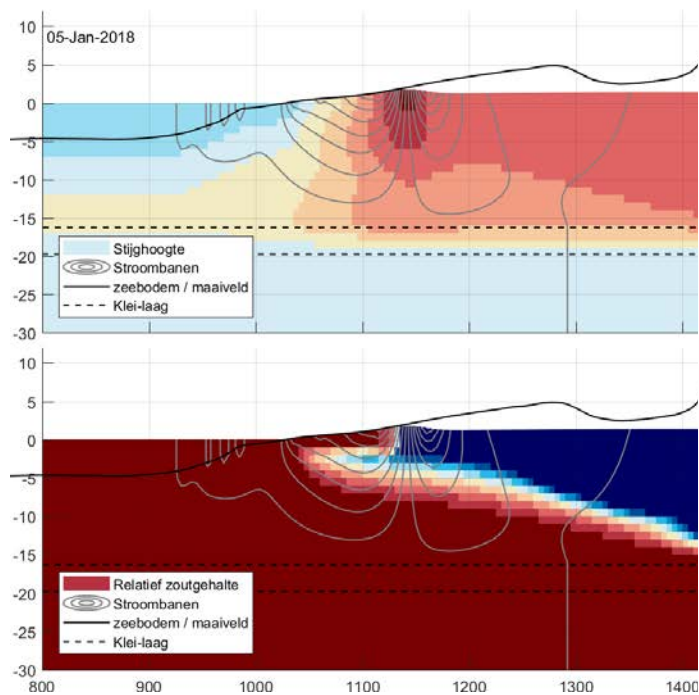
Figuur 12: De situatie 9 jaar na aanleg van het Spanjaards Duin.

2.3 De getijdedynamiek

De getijdedynamiek heeft een sterk invloed op de uitstroming van zoet duinwater in zee (figuur 10). Bij vloed loopt het strand onder water, wat zorgt voor een stijging van de grondwaterstand en het ontstaan van een lokaal flux-systeem. Bij eb zakt de grondwaterstand wel iets, maar dit proces is door de weerstand van de ondergrond nog niet voltooid bij de volgende vloed. Netto zorgt het getijde dan voor een zoutwaterbergje, boven gemiddeld zeeniveau, waar de netto uitstroming vanaf het duinsysteem dus onderdoor moet. Bij een vlak strand, zoals voor Spanjaardsduin, treedt dit zoete water dan bij eb uit, ergens midden op het strand (figuur 23).



Figuur 22: De stijghoogte tijdens een getijdebeweging.



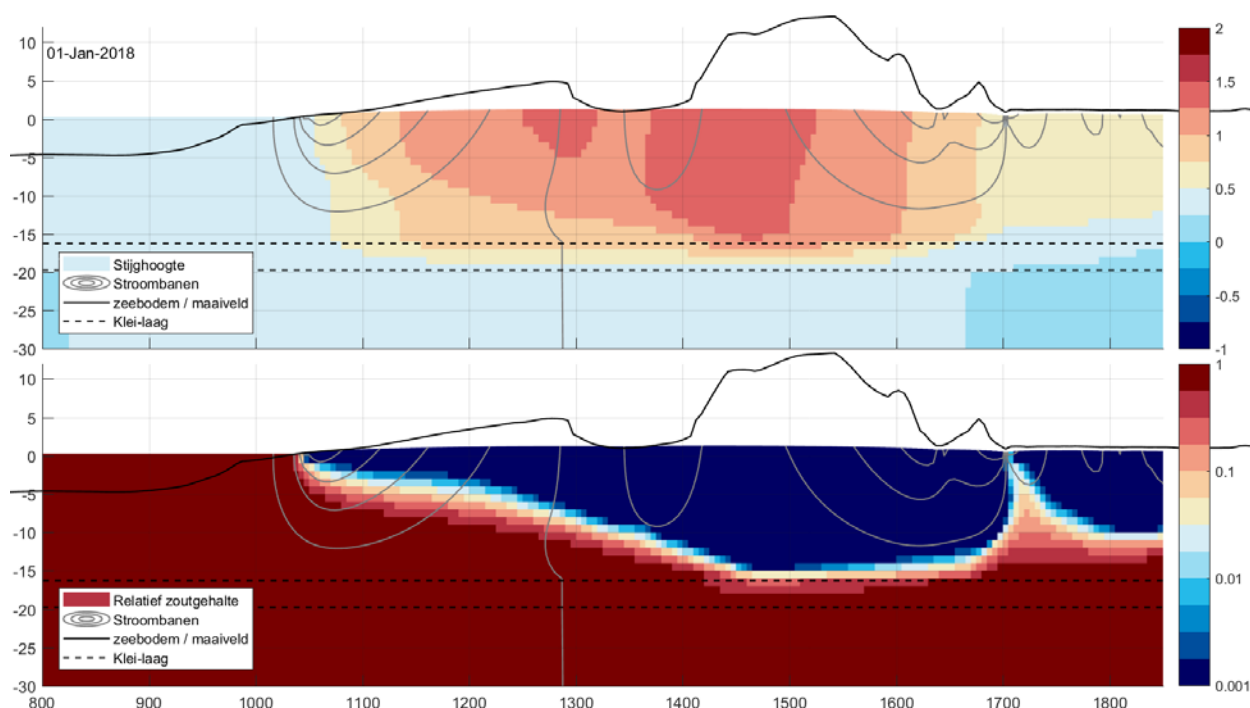
Figuur 14: De situatie na het doorrekenen van 4 dagen eb en vloed.

2.4 Invloed verdieping duinvallei

De verdieping van de duinvallei zal leiden tot meer en vaker water boven maaiveld. Hydrologisch impliceert water op maaiveld een grotere berging en een snellere nivellering van de grondwaterstand rond het uittredende water. Dit zal zich vertalen in een constanter niveau van de grondwaterstand rond de duinvallei. Om dit effect te kwantificeren in samenhang met tijdelijke droogval van de duinvallei, is dit effect met het model doorgerekend.

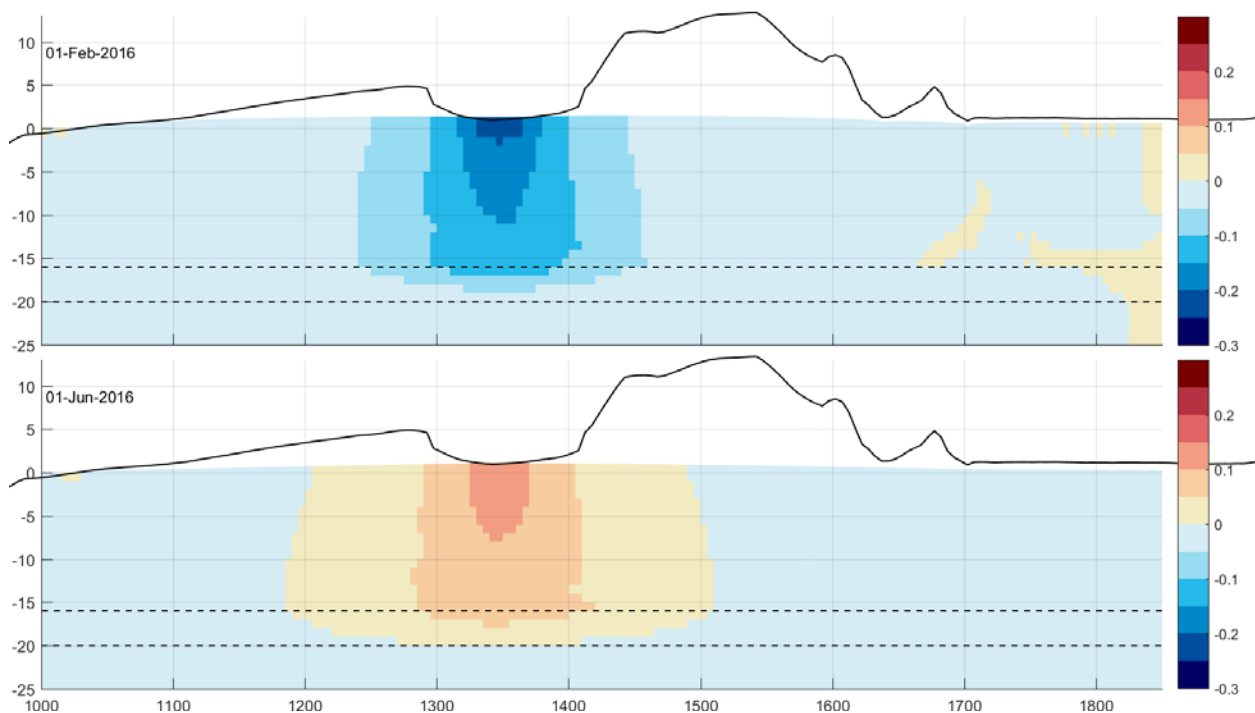
De duinvallei is in het model opgenomen door de freatische laag een berging van 1 (-) te geven op het moment dat de grondwaterstand zich boven maaiveld bevindt, waar voor grondwater een berging van 0.25 (-) is aangehouden.

In de doorgerekende doorsnede wordt de duinvallei (het gedeelte onder 4 m NAP) met 1 m verdiept om een duidelijke principe-respons te creëren. Ook dan valt de duinvallei nog jaarlijks droog over de doorgerekende afgelopen 9 jaar. In figuur 24 is de situatie aan het einde van deze simulatie weergegeven, op 1 januari 2018. De duinvallei staat dan deels onder water. Het omliggende grondwater heeft een hoger peil, en stroomt richting het duinmeertje.



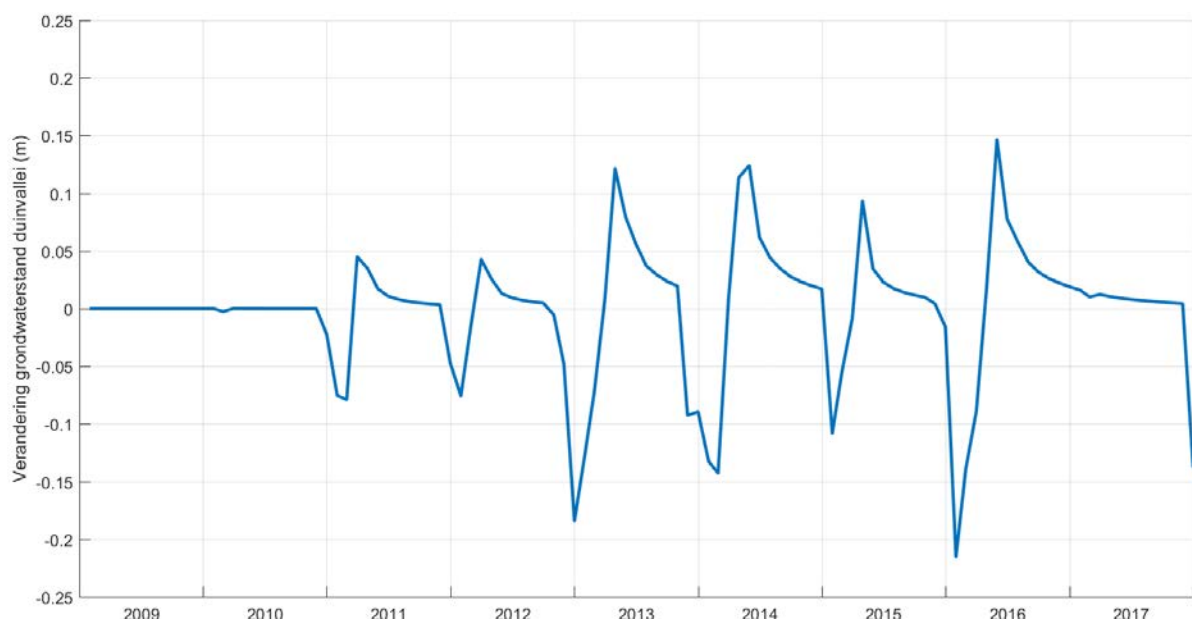
Figuur 15: De situatie 9 jaar na aanleg van het Spanjaards Duin, bij een verdieping van de duinvallei met 1 meter (ter vergelijking van figuur 23).

In de gemiddelde winter ontstaat dus bij verdieping van de vallei een duinmeer. Dit duinmeer wordt gevoed uit neerslag en toestromend grondwater uit de omgeving. Na een droge periode zakt het grondwaterpeil, en zal het duinmeer in eerste instantie infiltreren. Die fase dooft overigens snel uit, want de doorlatendheid van het zandpakket is vrij groot. In figuur 25 zijn de verschillen tussen de situatie zonder en met verdieping van de duinvallei weergegeven voor respectievelijk de winter- en de zomersituatie.



Figuur 16: Het effect van het uitdiepen van de duinvallei op de stijghoogte op twee verschillende (extreme) momenten.

In figuur 26 is dit virtuele dempende effect weergegeven, zoals berekend over de afgelopen jaren. Er treden aanzienlijke verschillen op tussen de jaren, sterk afhankelijk van het neerslagpatroon. In de zomer zou de grondwaterstand 5 tot 15 cm hoger uitkomen en in de winter 10 tot 20 cm lager. In een winter als 2016/2017 zou er geen effect optreden: die winter was dermate droog dat er geen water aan maaiveld zou zijn ontstaan. Gemiddeld neem de dynamiek van het freatische peil verkleind, terwijl het gemiddelde niveau niet veel veranderd. In deze berekening is geen rekening gehouden met een mogelijk verdampingseffect, dat de damping in de dynamiek weer in eniger mate te niet zal doen. In de praktijk zal de verlaging naar verwachting ook minder drastisch uitpakken, zodat er minder plasvorming zal optreden en er dus ook minder effect op de freatische dynamiek is te verwachten.



Figuur 17: Het berekende verschil in grondwaterdynamiek in het midden van de vallei tussen de huidige situatie en een situatie waarin de valleibodem van het Spanjaardsduin een meter verlaagd is.

3 Conclusies

Uit de aanvullende metingen in het jaar 2017 blijkt het volgende:

- De peilregistratie in het vaste meetnet is in 2017 voortgezet. Punt Z1 is uitgevallen. In de andere punten treden regelmatig verstoringen op, door het ophalen en terughangen van de drukopnemers, al dan niet tijdens handpeilingen. Deze verstoringen zijn achteraf te detecteren en te corrigeren, maar introduceren toch onnodige ruis. Het verdient aanbeveling om een registratiesysteem te kiezen, waarbij de drukopnemers kunnen blijven hangen (telemetrisch, of lokaal via bluetooth of vergelijkbaar) tijdens handpeilingen. Daarnaast konden veel handpeilingen niet worden uitgevoerd door problemen met de afsluiting van de peilbuizen. Het verdient aanbeveling om de afwerking van de peilbuizen op een robuuste wijze te renoveren.
- Tijdreeksanalyse op de metingen geeft aan dat de peildynamiek goed kan worden verklaard op basis van neerslag en verdamping. De invloed van het zeepeil is in de meest zeewaarts gelegen peilbuizen significant, maar niet groot.
- De grondwaterstanden zijn in de winter van 2016/2017 op een laag niveau gebleven, wegens de toen optredende relatieve droogte. In de winter van 2017/2018 lopen de peilen juist zeer hoog op, door de aanhoudende overvloedige neerslag.

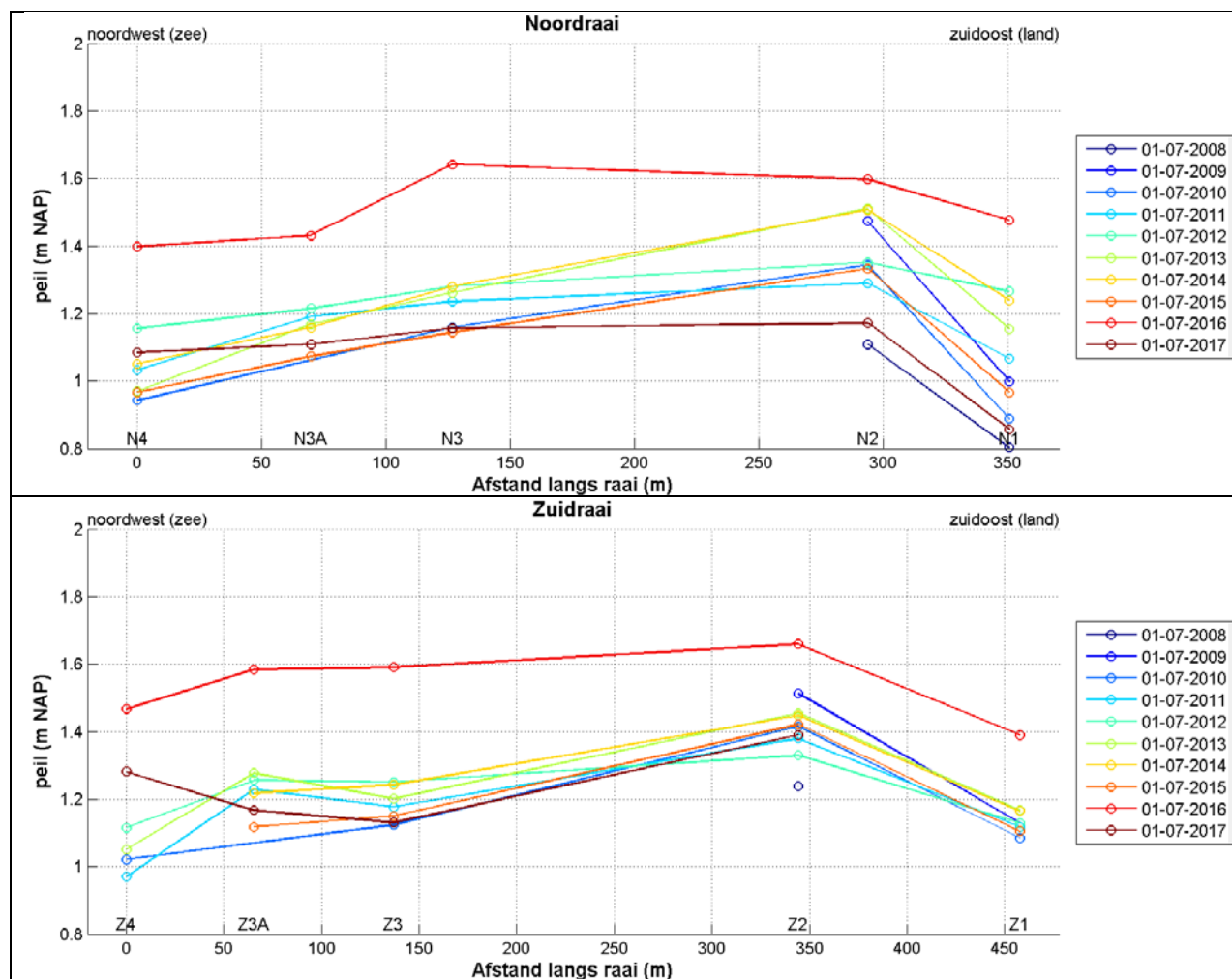
Uit de modelering van het Spanjaardsduin in een dwarsprofiel is inzichtelijk gemaakt hoe eb en vloed invloed hebben op de verzoeting aan de strandvoet. Uit de modellering blijkt ook dat indien een significante vernatting in Spanjaardsduin gerealiseerd wordt door verdieping van de vallei, dat dan de grondwaterdynamiek gedempt kan worden met maximaal 20 cm. De gemiddelde grondwaterstand zal er nauwelijks door veranderen. In de praktijk zal het effect bovendien geringer zijn, als de omvang van de plasvorming kleinschalig blijft.

De volgende aanbevelingen uit eerdere jaren, blijven van kracht:

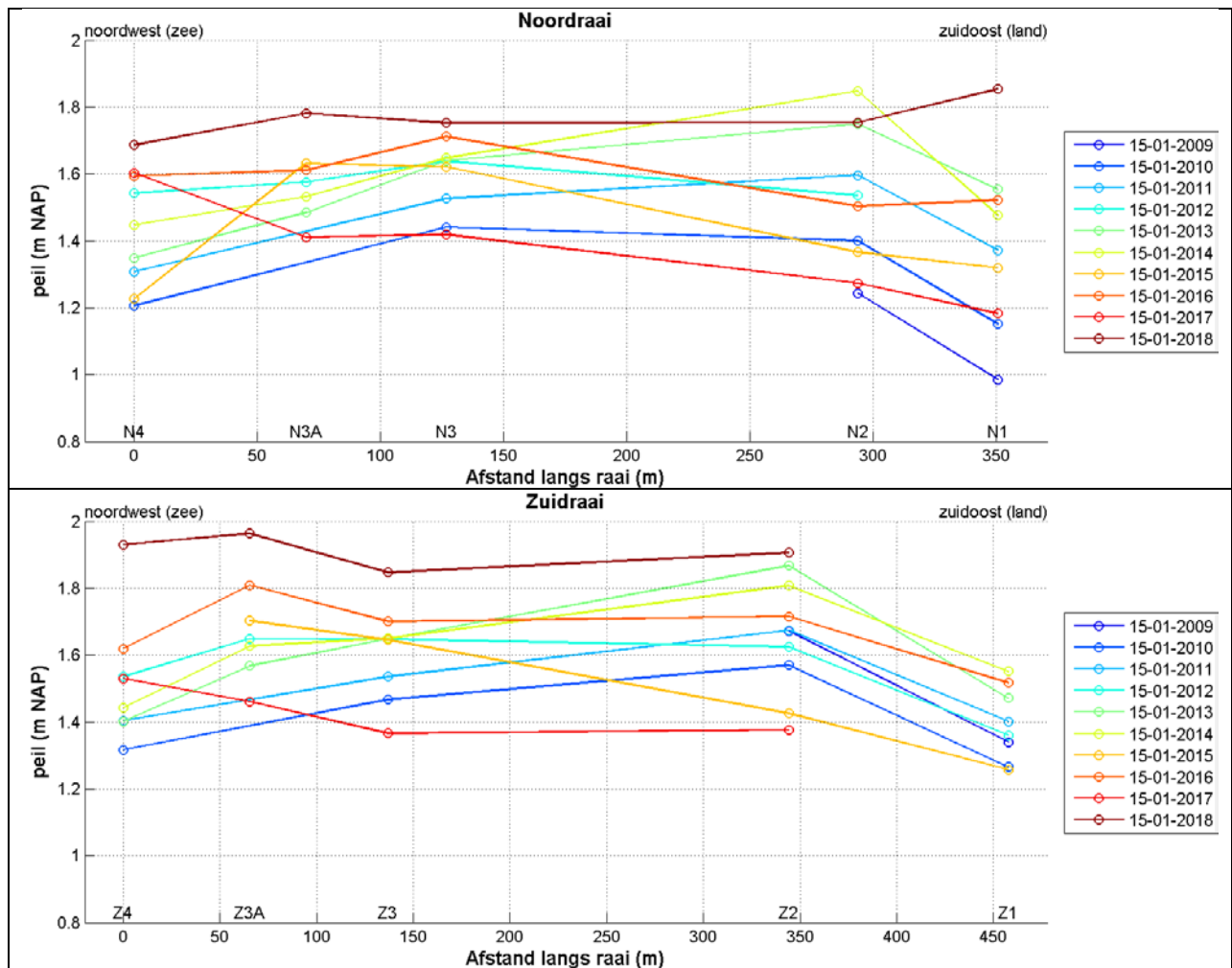
- De invloed van de Banken op de ligging van de waterscheiding in de duinen, ter hoogte van het noordelijk deel van de duinvallei van Spanjaardsduin is nog onduidelijk. Indien peilingrepen in deze binnen-duinrandvallei worden gepland, dan is nader onderzoek wenselijk naar het uitstralingseffect in het Spanjaardsduin.

Herhaal CVES-metingen direct na mogelijke aanvullende ingrepen in de vallei, om te checken hoe veranderingen in de duinvallei doorwerken op de verspreiding van de zoetwaterbel. Vul deze metingen aan met een meetopstelling van 400 meter in de lengte van de noord-vallei langs de zeereep, om een beeld van de verschillen in verzoetingsnelheid te krijgen.

Bijlage 3.1: Profielen grondwaterstand

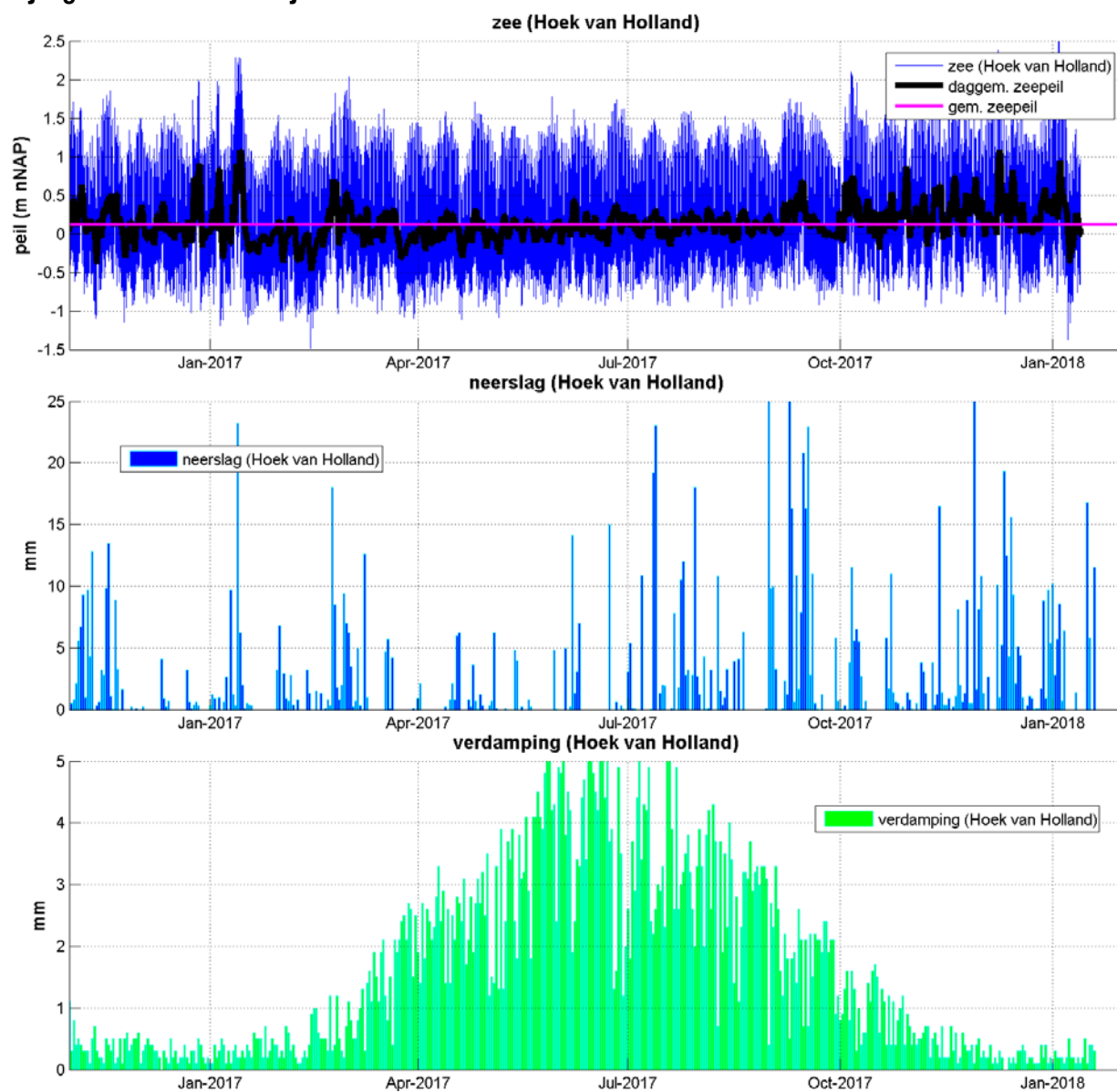


Figuur 18: gemeten stijghoogte verbanden in de zomersituatie (1 juli).



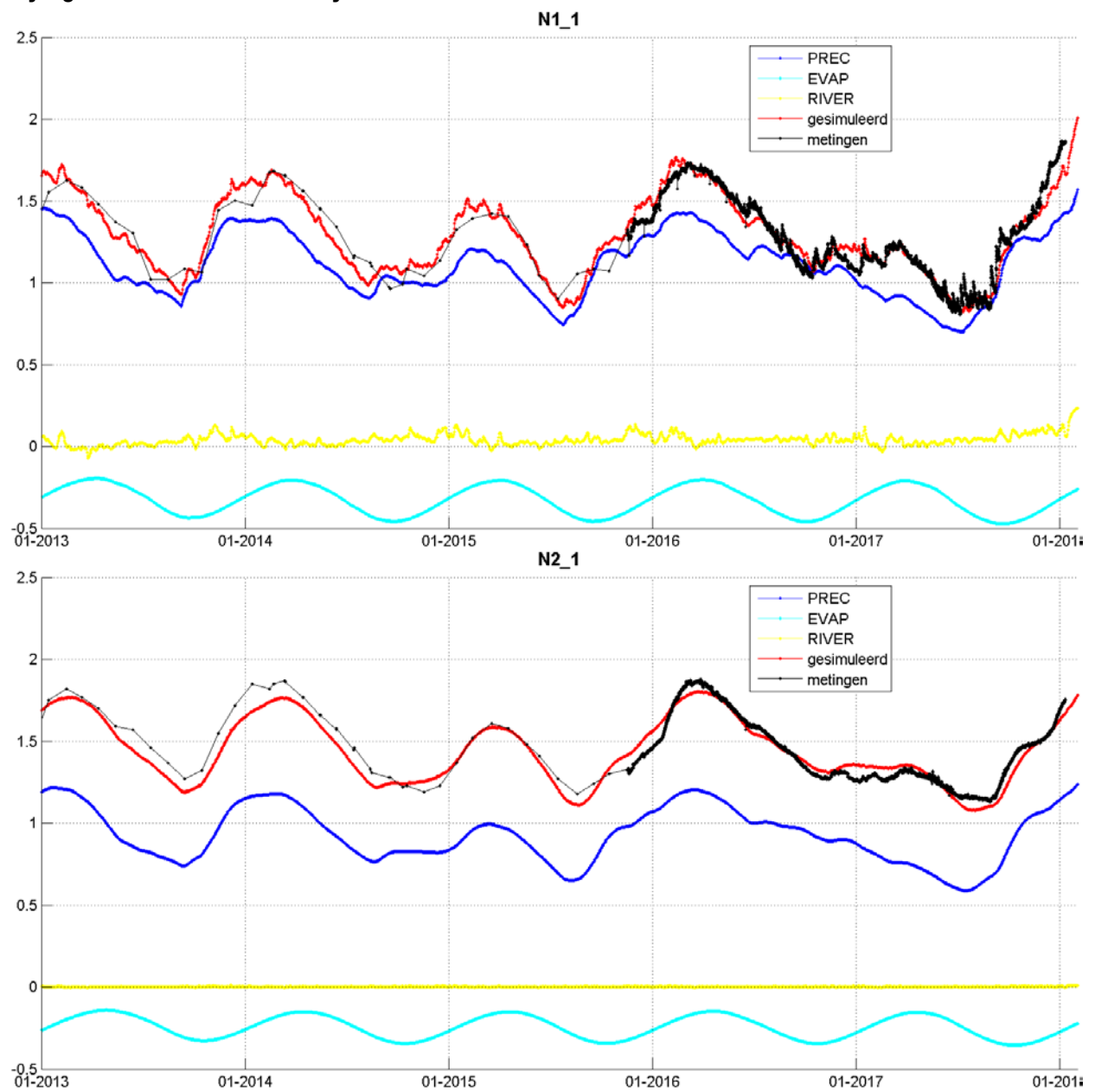
Figuur 19: gemeten stijghoogte verbanden in de wintersituatie (15 januari).

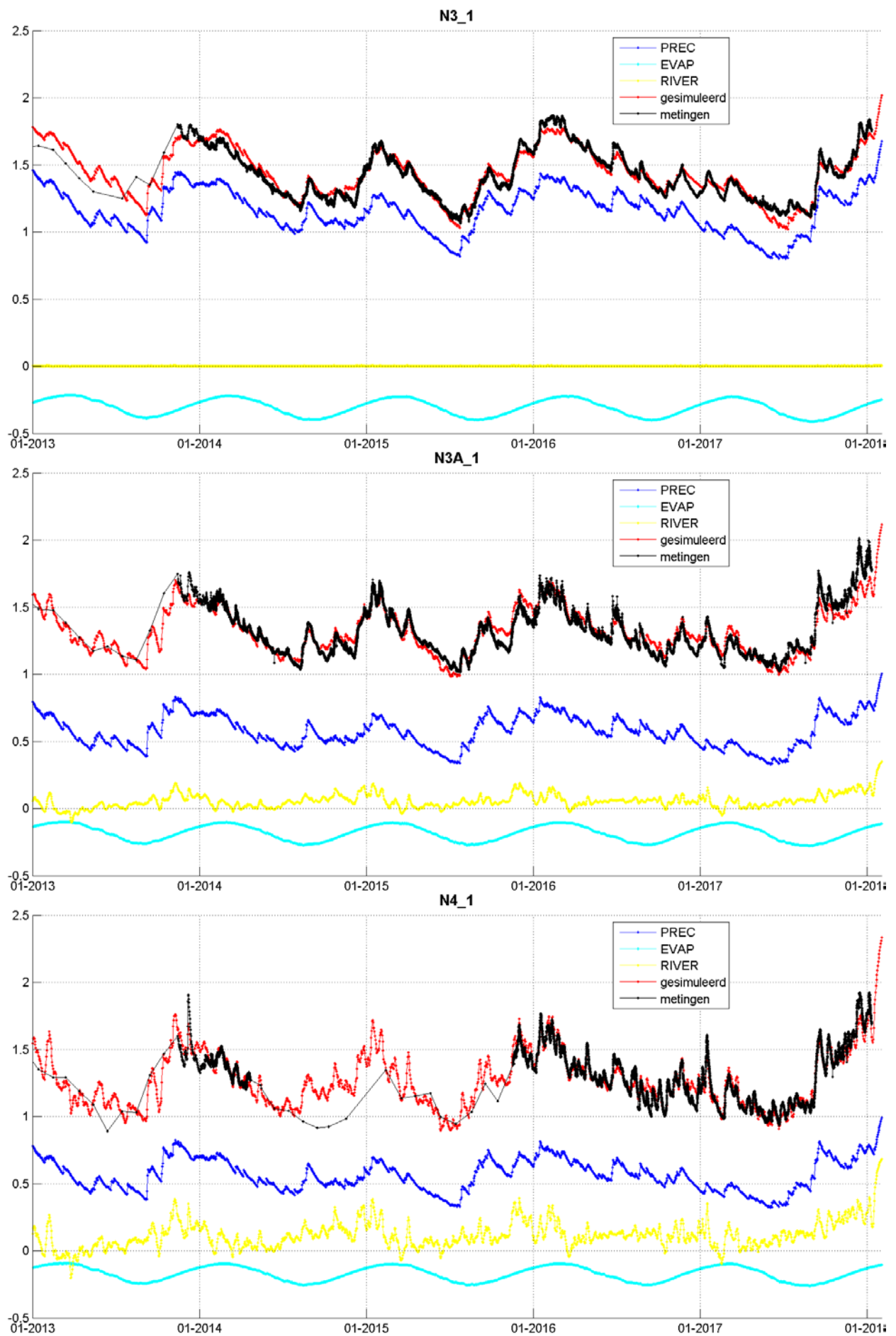
Bijlage 3.2: Invoer tijdreeksmodellen

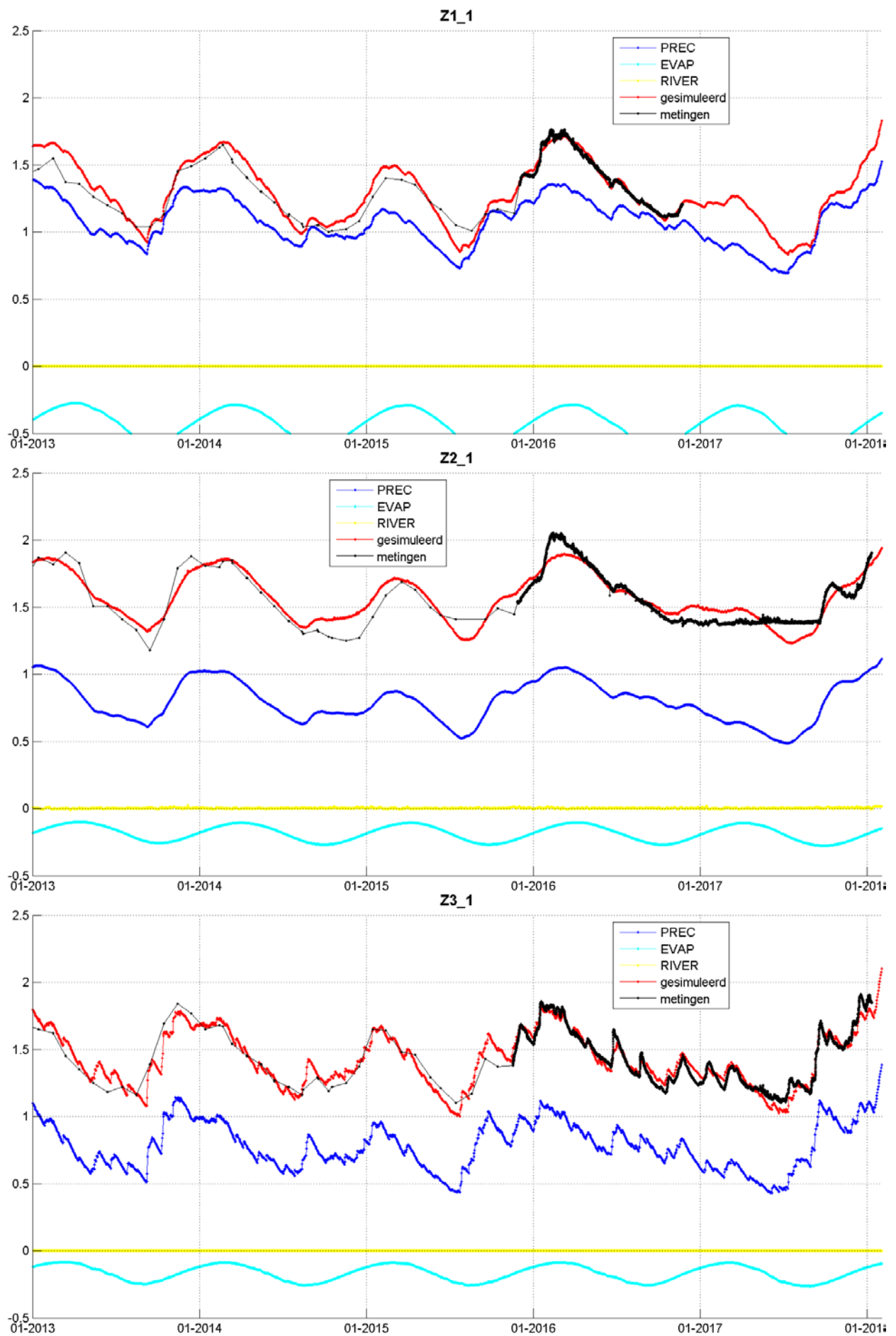


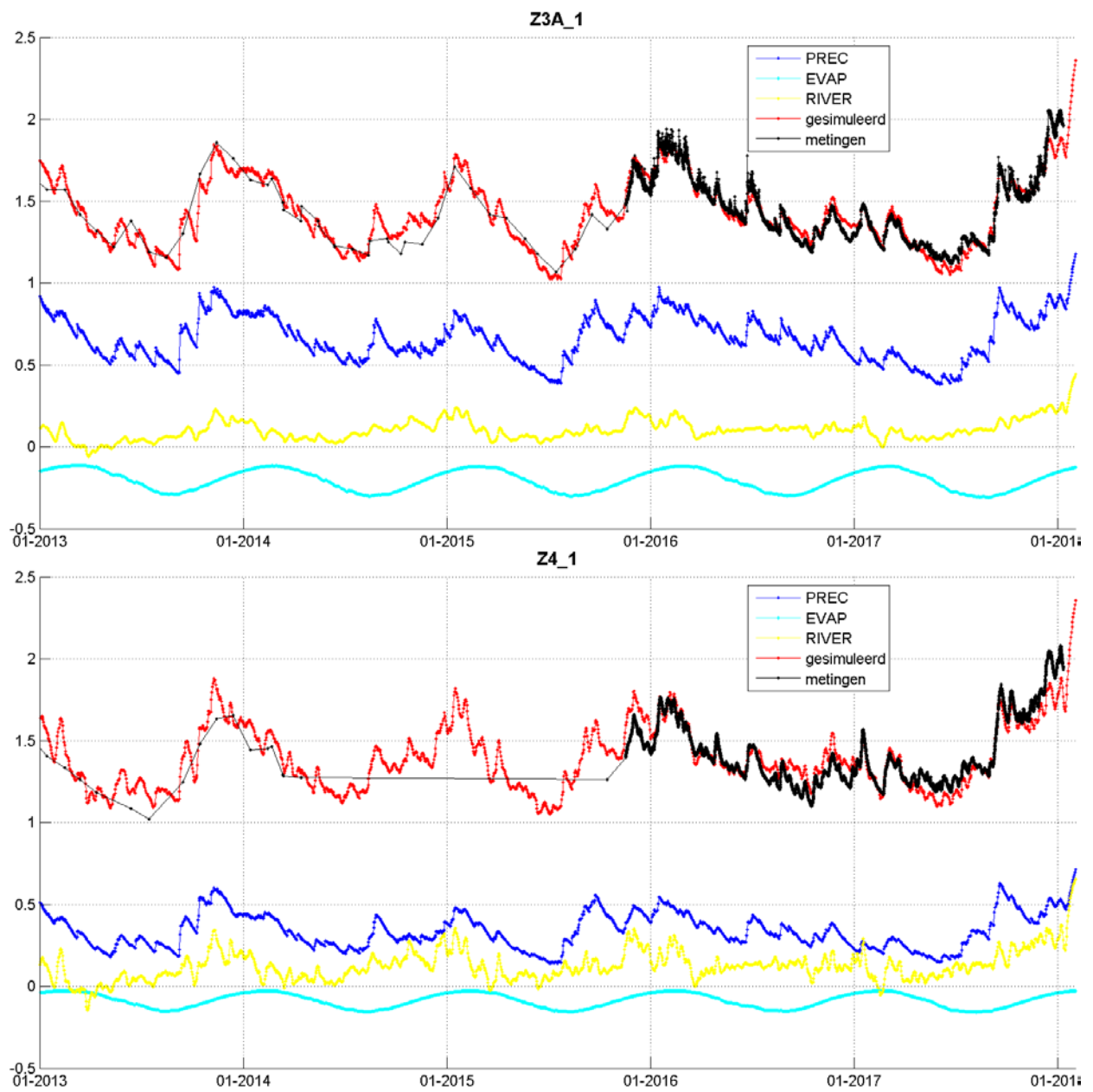
Figuur 20: Verklarende reeksen in de tijdreeksanalyse: zeepeil, neerslag en verdamping.

Bijlage 3.3: Resultaten tijdreeksmodellen





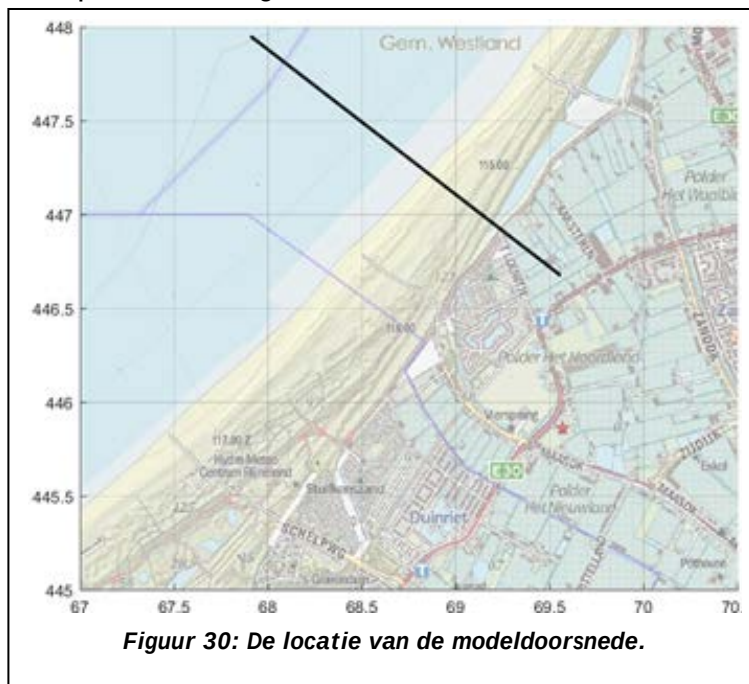




Bijlage 3.4: Opzet modellering Spanjaardsduin

Het model is een doorsnede-model haaks op de kust. De ligging van het model is weergegeven in figuur 18: de bovenkant van het model is ontleend aan het maaiveld over deze as. Het model maakt gebruik van de rekencode SEAWAT (een combinatie van MODFLOW en MT3D), om het transport van zout grondwater en het dichtheidsafhankelijke effect daarvan op de stroming te kunnen berekenen.

Het model is 2090 meter lang en bestaat uit cellen van 10 meter breed en 1 meter dik. De bovenste laag is freatisch en loopt van -1 m NAP tot aan maaiveld. De ondergrond bestaat uit een homogeen pakket zand van 50 m dik, op een weerstandbiedende laag tussen -16 en -20 m NAP na ($c = 1000$ d). De doorlatendheid van dit zandpakket is op basis van een grove vergelijking tussen het model en metingen gesteld op $k_h = 4$ m/d, met een anisotropie van 10 ($k_v = 0.4$ m/d). De freatische berging is gesteld op 0.25 en de gespannen bergingscoëfficiënt is 10^{-4} m⁻¹, gelijk aan veelgebruikte waarden in de literatuur.



Figuur 30: De locatie van de modeldoorsnede.

De randvoorwaarden van het model bestaan uit de zee (en het strand) aan de linkerzijde van de doorsnede, en de polder aan de rechterzijde van de doorsnede.

De zee wordt in het model verrekend door de zogenaamde General Head Boundary (GHB) package, die de grondwaterstand in de cellen waar de zeebodem invalt op zeeniveau zet. De locatie van deze randvoorwaarde varieert met het zeeniveau. Bij hoog water wordt de grondwaterstand in een groot deel van het strand opgelegd. De zee snijdt in de verschillende lagen van het model. Waar de zee dieper is, bevindt de randvoorwaarde zich dan ook dieper. De weerstandbiedende laag tussen -16 en -20 m NAP wordt binnen het modeldomein niet doorsneden.

Op het gedeelte van het strand boven het zeeniveau is de drain (DRN) package actief. Deze zorgt ervoor dat bij een dalend zeeniveau het water boven maaiveld dat richting zee stroomt ook in het model wordt afgevoerd.

De polder is opgenomen door een gemiddelde drooglegging van 0.5 meter, door middel van de drain (DRN) package. In de zomer vindt hier in het model dus geen infiltratie plaats, en kan de grondwaterstand wegzakken.

BIJLAGE 4: Vegetatiekaart en verspreidingskaarten

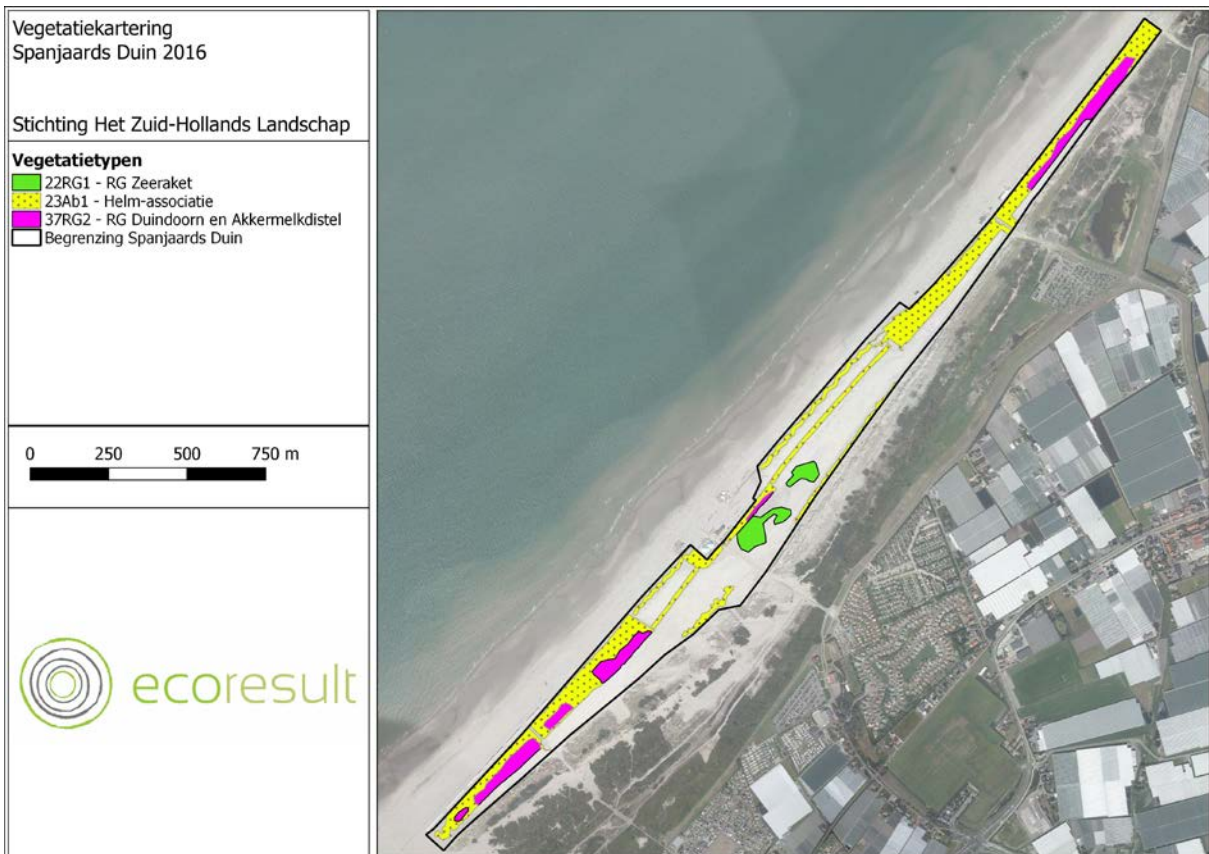
Planteninventarisatie

De planteninventarisatie voor zowel Spanjaards Duin als De Zandmotor omvat Rode Lijstsoorten en – indien van belang – aandachtsoorten die de processen indiceren zoals overstuiving, verruiging en vernatting, (akkerdistel, strandkweek, helm, duindoorn, bezemkruiskruid, grijs kronkelsteeltje, enz.). De verspreiding van hogere planten wordt door middel van een microkartering uitgevoerd, waarbij de vindplaatsen met behulp van GPS op individu niveau worden vastgelegd. Aandachtssoorten die (zeer) algemeen voorkomen (waardoor vastleggen van alle groeiplaatsen te bewerkelijk is) worden gekarteerd en op de vegetatiekaart aangegeven (zie hieronder). De abundantie wordt per vlak vastgelegd. Het gehele terrein wordt verspreid over het groeiseizoen tweemaal geheel doorkruist. Ronde 1 is tussen 15 juni en 15 juli en ronde 2 is tussen 15 augustus en 15 september.

Vegetatiekartering

De vegetatiekartering voor Spanjaards Duin betreft het vastleggen van de vegetaties die relevant zijn voor de geomorfologische ontwikkelingen: door welk type begroeiing wordt het stuivend zand vastgelegd zoals helm, biestarwegras en pioniersvegetaties. Om deze vegetatietypen te omschrijven worden voldoende vegetatieopnames gemaakt volgens de Braun-Blanquetmethode. De locaties van de opnames worden met GPS vastgelegd. Deze vegetatieopnames worden ook digitaal aangeleverd (Turboveg). De vegetatietypen worden, indien mogelijk, toegekend aan Natura 2000 habitattypen, om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de beoogde natuurcompensatie.

Beide methodieken zijn in 2016 toegepast, wat heeft geleid tot de hieronder weergegeven kaarten.















PQ's het Spanjaards Duin jaarverslag 2017.

Datum (jaar/maand/dag)	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170717	20170718	20170718	20170718	20170718
Jaar	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017
Maand	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
Dag	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
X-coördinaat (x 1000)	68333.000	68782.000	68820.000	68820.000	68840.000	68801.000	68778.000	69139.000	69100.000	69233.000	69280.000	69190.000	69218.000	69251.000	69174.000	68551.000	68395.000	68219.000	68208.000	68186.000	68152.000	68166.000
Y-coördinaat (y 1000)	44637.000	44689.000	44691.000	44693.000	44694.000	44703.000	44702.000	44730.000	44735.000	44740.000	44743.000	44742.000	44745.000	44741.000	44663.000	44668.000	44629.000	44629.000	44632.000	44611.000	44604.000	447863.000
Bloknummer	37124433	37124479	37124489	37124489	37124489	37123480	37123470	37123513	37123513	37123524	37123524	37123514	37123524	37123514	37124456	37124444	37124422	37124423	37124413	37124412	37124411	37124390
Lengte proefvlak (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Breedte proefvlak (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Opp. proefvlak (m²)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Bedekking totaal (%)	30	20	20	30	5	0	35	0	0	0	0	50	20	20	25	0	0	75	85	0	35	40
Bedekking boomlaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bedekking struiklaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	65	80	0	20	5
Bedekking kruidlaag (%)	5	20	10	0	5	0	35	0	0	0	0	30	20	20	25	0	0	10	5	0	15	40
Bedekking moslaag (%)	30	15	20	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Bedekking algenlaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bedekking strooisellaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoogte (hoge) boomlaag (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoogte lage boomlaag (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoogte (hoge) struiklaag (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hoogte lage struiklaag (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	