

Project Noordvoort

Monitoring Geomorfologie 2015

Bas Arens & Tessa Neijmeijer



water**net**

A R E N S
BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK



Project Noordvoort
Monitoring Geomorfologie 2015
Bas Arens & Tessa Neijmeijer

ARENS BSDO
RAPPORTNUMMER RAP2016.05
In opdracht van Waternet
Juni 2016

COLOFON

Project

Monitoring van ingrepen in de zeereep bij Noordvoort

Opdrachtgever

Waternet

Uitvoering

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Waternet

Samenstelling rapport

Bas Arens & Tessa Neijmeijer

Projectbegeleiding

Maaïke Veer, Waternet

Projectleiding landmeten

Leo Harren, Waternet

Landmeter

Arjan Plaisier, Waternet

Versie

Definitief, 25 augustus 2016

Rapportnummer

Arens BSDO RAP2016.05

Foto omslag

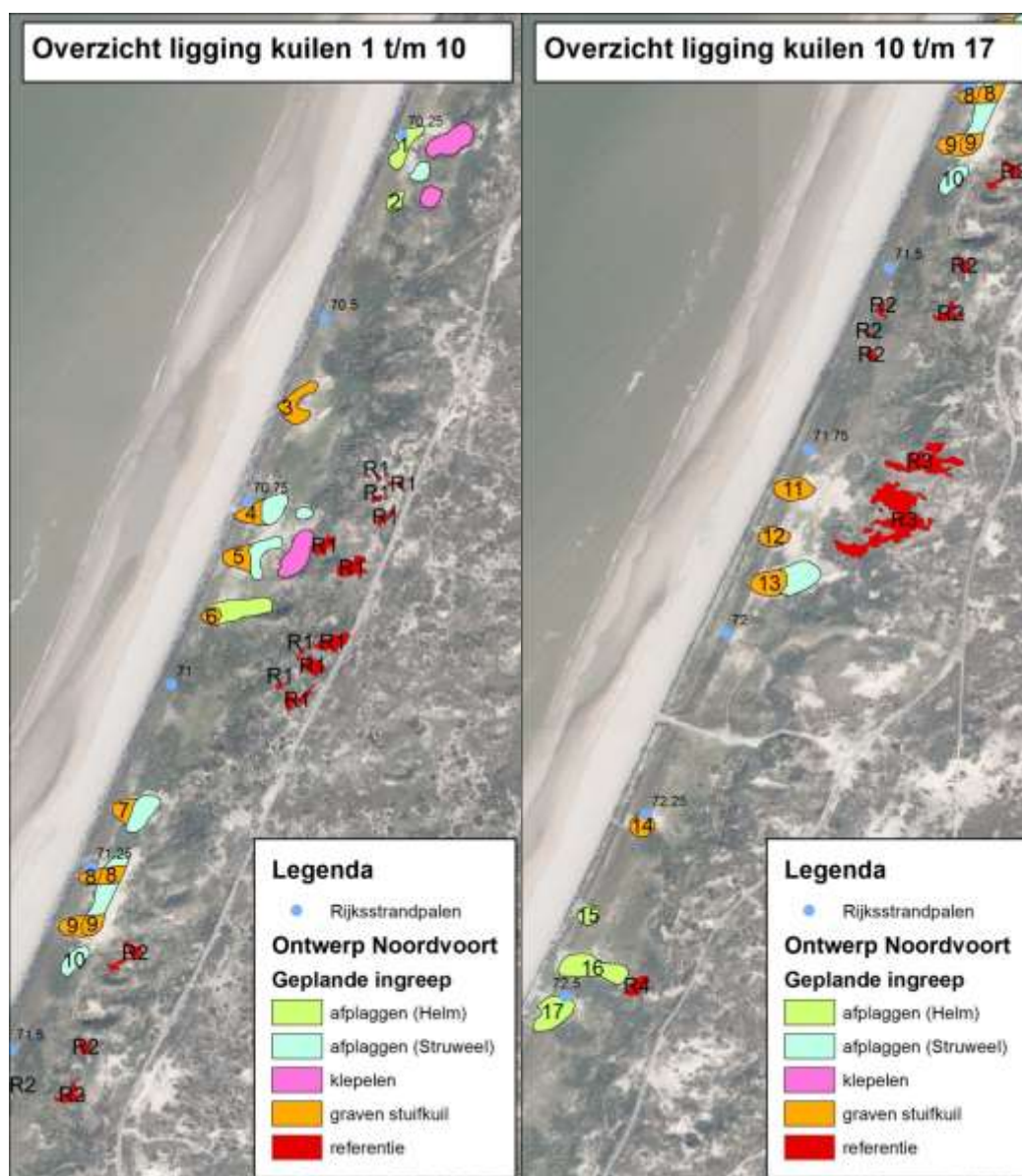
Stuifkuilen in ontwikkeling, 20 april 2015. Foto Tessa Neijmeijer.

INHOUD

COLOFON	II
INHOUD	III
1 INLEIDING	1
2 METHODEN	3
2.1 Luchtfoto's	3
2.2 Kartering dynamiek	3
2.3 Veldkartering overstuiving	4
2.4 Laseraltimetrie	5
2.5 Hoogtemetingen veld	5
2.6 Kartering bedekking	6
3 RESULTATEN METINGEN 2015	9
3.1 Luchtfoto's	9
3.2 Kartering dynamiek	10
3.3 Veldkartering overstuiving	12
3.4 Hoogtemetingen veld	13
3.5 Veranderingen per kuil of cluster van kuilen	14
3.6 Hoogtemetingen laseraltimetrie	22
3.7 Kartering bedekking	23
4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN	25
5 NABEHEER	29
6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	31
7 REFERENTIES	33
BIJLAGEN	35
BIJLAGE A: Dynamiekkarteringen	
BIJLAGE B: Veldkarteringen overstuiving	
BIJLAGE C: Veldkartering overstuiving per kuil	
BIJLAGE D: Verschilkaarten laseraltimetrie	
BIJLAGE E: Veldkarteringen bedekking	
BIJLAGE F: Profielen	

1 INLEIDING

Met het project Noordvoort streeft Waternet naar een verbetering en herstel van natuur- en belevingswaarden in het plangebied tussen Rijksstrandpalen 70 en 73. De zeereep in dit gebied was weinig dynamisch en morfologisch sterk beïnvloed door voormalig zeereeponderhoud. Onderdeel van de planvorming is het natuurlijker maken van de zeereep en herstellen van dynamische processen middels enkele ingrepen.



Figuur 1.1. Overzicht ligging kuilen Noordvoort.

Het doel van het experiment wordt hier gedefinieerd als: door middel van gerichte ingrepen te komen tot een verbetering van de landschappelijke diversiteit, de geomorfologische vormen en processen in de zeereep en de ecologische waarden van zeereep en direct achterliggende duinen. Door Alkyon (2009) zijn veiligheidsberekeningen uitgevoerd, waaruit is gebleken dat kleinschalige ingrepen geen effect op de veiligheid hebben. De ingrepen zijn in maart 2013 uitgevoerd en opgeleverd. De ingrepen betroffen het verwijderen van vegetatie, het afplaggen van de bodem, + aanzet stuifkuil(en) en lokaal het klepelen van vegetatie om de verspreiding van stuifzand te

bevorderen. In de zomer van 2014 is een aantal kuilen opnieuw opengemaakt met verschillende beheertechnieken. In een aantal kuilen is intensief (machinaal) ingegrepen. Bij een aantal andere kuilen was geen nabeheer nodig en gaat de ontwikkeling van de ingreep voorspoedig. In de overige kuilen is met behulp van paarden geploegd en hebben vrijwilligers vegetatie en wortels verwijderd. De effecten van de ingrepen worden gemonitord. In deze rapportage worden de resultaten van de geomorfologische monitoring gepresenteerd voor 2015.

Figuur 1.1 geeft een overzicht van de ligging van de kuilen met kuilnummering en de initiële ingrepen die hebben plaatsgevonden. In de figuur zijn ook enkele referentiekuiten aangegeven waarvan de ontwikkeling tegelijkertijd wordt onderzocht.

2 METHODEN

Voor de monitoring wordt gebruik gemaakt van verschillende gegevens. Deels worden deze betrokken uit standaardmonitoringsprogramma, zoals het Jarkus-programma van Rijkswaterstaat. Deels worden deze in het kader van het project vergaard. Het betreft dan metingen via Remote Sensing en directe veldmetingen.

2.1 Luchtfoto's

Luchtfoto's worden jaarlijks gevlogen, zo mogelijk aan het eind van het stormseizoen, om de maximale impact van dynamiek vast te kunnen stellen. Detail van de luchtfoto's moet zodanig zijn dat tenminste op schaal 1:1500 gekarteerd kan worden. Zowel false colour als full colour beelden zijn geschikt voor de monitoring. In 2013 is een eigen fotovlucht voor het project uitgevoerd, vliegdatum was 1 april 2013. In 2014 en 2015 is gebruik gemaakt van landelijk beschikbare luchtfoto's. Voor 2014 was de vliegdatum 29 maart 2014. Voor 2015 zijn twee vluchten beschikbaar. De eerste, met hoge resolutie is gevlogen in het vroege voorjaar van 2015. De tweede, met lage resolutie is gevlogen in de zomer van 2015. Helaas was voor het onderzoek alleen de lage resolutie-foto's met het zomerbeeld beschikbaar. Op deze foto's is de overstuiving uit de winterperiode al minder goed herkenbaar, en is de vegetatieontwikkeling al ver op gang gekomen. Een beperkte vergelijking van zomerbeelden met die van het vroege voorjaar laat inderdaad zien dat de vegetatiebedekking op de zomerbeelden groter is dan op de voorjaarsbeelden. De beschikbaarheid van luchtfoto's is een aandachtspunt binnen het project.

2.2 Kartering dynamiek

Aan de hand van de luchtfoto's wordt de mate van dynamiek en/of stabilisatie in kaart gebracht. Hiermee wordt onderzocht hoe het landschap door de ingrepen verandert, wat het effect is op de overstuiving en winderosie en in hoeverre er sprake is van stabilisatie en, meer algemeen, wat het succes is van de ingrepen. Gekarteerd wordt met een uitgebreide legenda die ook in andere projecten wordt toegepast (o.a. bij de monitoring van de van Limburgstirumduinen). De legenda is weergegeven in Tabel 2.1. Opeenvolgende karteringen worden vergeleken, waarbij veranderingen in oppervlaktes worden gekwantificeerd. Voor de kartering van 2015 zijn enkele eenheden toegevoegd. Deze zijn in Tabel 2.1 blauw gemarkeerd. In de Tabel is tevens een kolom toegevoegd met het aantal voorkomens van iedere legenda-eenheid. Daaruit blijkt dat niet alle in de tabel opgenomen eenheden voorkomen. De eenheid O/S0 is toegevoegd voor die delen waar het oppervlak net niet meer 100% kaal is, maar waar te weinig vegetatie op staat om van beginnende duinvorming te spreken. Eenheid S2/A is toegevoegd voor eenheden die al in meerdere mate gestabiliseerd waren, maar opnieuw zijn overstoven (vergelijk S1/A).

Tabel 2.1. Legenda Dynamiekkartering.

Label	Omschrijving	Generalisatie	Aantal voorkomens
A1	actieve overstuiving, vegetatie niet meer herkenbaar	Aa	6
A1/2	complex van A1 en A2	Aa	19
A2	actieve overstuiving, vegetatie herkenbaar	Aa	53
A2/3	complex van A2 en A3	Ab	35
A3	geringe overstuiving, strooizone	Ac	28
B	stuifkuil	O	25
O	onbegroeid, actief, overwegend erosief	O	38
O2	onbegroeid, beperkte activiteit	Sb	4
O/S0	bijna onbegroeid, actief	O	2
S0	actieve duinvorming in pioniervegetatie	Sa	-

S0/1	complex van S0 en S1	Sa	5
OX	menselijk beïnvloed kaal zand	O	-
S1	beginnende stabilisatie	Sb	5
S1/2	Complex van S1 en S2	Sb	5
S1/A	beginnende stabilisatie en opnieuw (licht) overstoven	Ac	3
S2	grotendeels gestabiliseerd, nog niet volledig begroeid	Sc	4
S2/A	Grotendeels gestabiliseerd, opnieuw overstoven	Sb	2
S3	volledig gestabiliseerd en begroeid	Sc	1
V1	uitgestoven tot op het grondwater, vochtig, geen vegetatie	V	-
W1	open water, geen vegetatie	V	-
X	infrastructuur, paden, strandslagen etc.	X	1

De detailkartering wordt gegeneraliseerd tot een aantal algemenere klassen van dynamiek volgens Tabel 2.2. Ook hieraan worden oppervlakteveranderingen bepaald. Oppervlakteveranderingen kunnen in perspectief geplaatst worden door de resultaten te vergelijken met resultaten van andere gebieden waar is ingegrepen (bijvoorbeeld het van Limburg-Stirumgebied en de PWN projecten in Zuid-Kennemerland).

Tabel 2.2. Generalisatie van dynamiekeenheden tot dynamiekklassen.

code	omschrijving
Aa	sterke overstuiving
Ab	matige overstuiving
O	kaal zand (vaak erosief)
Sa	embryonale duinen / nebkha's
Sb	beginnende stabilisatie, nog niet geheel begroeid
Sc	gestabiliseerd, geheel dichtgegroeid
V	vochtig of nat, niet begroeid
X	antropogeen beïnvloed

De effectiviteit van de ingrepen wordt in verder detail bestudeerd met een veldkartering. Op 20 april 2015 zijn de overstuivingszones met behulp van een gps in het veld gekarteerd. In oktober 2015 is per kuil de mate van begroeiing en bedekking met wortels gekarteerd. De eerste kartering dient vooral om de mate van dynamiek te documenteren, de tweede om per kuil de behoefte aan nabeheer te inventariseren.

2.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de verschillende ingrepen zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd, op 20 april 2015. In het veld zijn met behulp van een GPS met GIS de voor het oog zichtbare overstuivingszones afgegrensd. Voor het karteren van het gebied is alleen gebruik gemaakt van de overstuivingseenheden met verschillende mate van overstuiving. De ingrepen zijn aangegeven als O (Kaal oppervlak), hoewel deze oppervlakken in veel gevallen al gedeeltelijk of geheel begroeid zijn. In Tabel 2.3 staat de legenda van de eenheden die gebruikt zijn bij de kartering van de overstuivingszones. De kartering is niet geheel gebaseerd op het GPS omdat de batterij voortijdig leeg was, waarna de kartering visueel is afgemaakt.

Tabel 2.3. Legenda voor de eenheden gebruikt in de overstuivingskartering.

Label	Omschrijving
A1	Actieve overstuiving, vegetatie niet meer herkenbaar
A1/2	Complex van A1 en A2
A2	Actieve overstuiving, vegetatie herkenbaar
A2/3	Complex van A2 en A3
A3	Geringe overstuiving
O	Kaal oppervlak
OX	Kaal oppervlak door uitschuiven vanuit kuil

Ook in het voorjaar van (25 april 2016) 2016 is een veldkartering overstuiving uitgevoerd. Hoewel deze formeel geen deel uitmaakt van het huidige rapport zijn wel enige resultaten toegevoegd, om een actueel overzicht te krijgen met betrekking tot het benodigde nabeheer.

2.4 Laseraltimetrie

Met behulp van de jaarlijks gevlogen laseraltimetriegegevens (Jarkus) van Rijkswaterstaat kan de hoogteontwikkeling binnen het landschap worden gevolgd. De data van Rijkswaterstaat zijn standaard beschikbaar in een 5x5m² grid, wat redelijk grof is om bijvoorbeeld de ontwikkeling van stuifkuilen te volgen. De ruwe gegevens van de laseraltimetrie zijn echter ook beschikbaar in een punt dichtheid die varieert van 0 tot 14 punten per m². De puntgegevens van 2012 zijn door Waternet geïnterpoleerd tot een DTM met een gridgrootte van 1x1m². De opnames vanaf 2013 zijn beschikbaar in een 2x2 m² grid. Behalve deze gegevens zijn ook het AHN2 en AHN3 beschikbaar, met een gridgrootte van 0.5x0.5m², opgenomen in 2008 en circa 2014. Van de verschillende grids zijn drie verschaarten gemaakt die inzicht geven in de hoogteveranderingen in het gebied van 2008 tot 2012, 2012-2013, 2013-2014 en 2014-2015. De data van AHN3 zijn nog niet gebruikt.

In kaal zand, zoals op het strand, maar ook in stuifkuilen, levert laseraltimetrie de meest nauwkeurige resultaten en zijn hoogteverschillen vanaf circa 10cm toe te schrijven aan werkelijke veranderingen. Op begroeide delen wordt de methode minder nauwkeurig en zijn hoogteverschillen van tenminste 20cm nodig om betrouwbare uitspraken te doen. Alleen bij duidelijke trends in ontwikkelingen zijn kleinere hoogteverschillen af te leiden. Wanneer bijvoorbeeld een zone door overstuiving ieder jaar enkele cm's ophooft, dan zijn hier na verloop van een aantal jaren betrouwbaardere uitspraken over te doen.

Met behulp van de laseraltimetriegegevens van opeenvolgende jaren wordt een hoogteveranderingen-kaart afgeleid. Op basis van vergelijking met luchtfoto en kartering worden fouten zoveel mogelijk verwijderd. Uit de hoogteveranderingenkaart wordt dan een geïnterpreteerde hoogteveranderingen-kaart afgeleid waarin erosie en accumulatie zijn aangegeven. De mate van erosie en accumulatie worden bepaald en voor de verschillende ingrepen vergeleken. Hiermee worden veranderingen gekwantificeerd en kunnen ze ook vergeleken worden met andere projecten.

2.5 Hoogtemetingen veld

Enerzijds als controlemiddel voor de laseraltimetriegegevens, anderzijds als extra detailmeting om de ontwikkelingen in het terrein te volgen wordt een groot aantal profielen in het veld opgemeten. Het inmeten gebeurt door landmeters van Waternet (begeleiding Leo Harren). De landmeters kunnen op hun display zien waar zij zich ten opzichte van het te meten profiel bevinden. Hiermee kan jaarlijks dezelfde lijn worden opgemeten, waarna de profielontwikkeling geanalyseerd kan worden.

2.6 Kartering bedekking

Om de mate van succes van de ingrepen te bepalen, maar ook om richtlijnen op te stellen voor nabehoor wordt in het veld een kartering gemaakt van de bedekking binnen de kaal gemaakte locaties. Het gaat dan om bedekking van wortels en vegetatie. Wortels kunnen zowel dood als levend zijn. Dode wortels bedekken in de loop van de tijd door uitsterving een steeds groter deel van het oppervlak en hebben daarmee een negatieve invloed op versterving. Levende wortels kunnen uitlopen en een kaal gemaakte oppervlak weer snel stabiliseren. Ook de nieuwe vestiging van vegetatie kan leiden tot stabilisatie. Voor de kartering van de bedekking is gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.4. In oktober 2015 is de kartering uitgevoerd.

Tabel 2.4. Legenda kartering bedekking.

code	omschrijving	mate van bedekking
0	Kaal	<1%
1	Beginnende bedekking met Dauwbraam	1-5%
2	Matige bedekking met Dauwbraam	5-15%
3	Dichte bedekking met Dauwbraam	>15%
4	Lichte wortelbedekking	1-5%
5	Matige wortelbedekking	5-15%
6	Beginnende bedekking met Helm	1-5%
7	Matige bedekking met Helm	5-15%
8	Dichte bedekking met Helm	>15%
9	Begroeid met overige vegetatie	specificeren

De behoefte bestaat om deze bedekkingsklassen beter te kwantificeren. Een voorstel is gedaan in de meest rechtse kolom van Tabel 2.4. De klasse-indeling is gebaseerd op het effect op zandtransport. Beneden 1% is er geen negatief effect, tussen 1 en 5% gaat de bedekking een rol spelen, tussen 5 en 15% is er een stabiliserend effect door serieuze belemmering van de versterving en boven 15% is de bedekking zodanig dat er nog nauwelijks versterving mogelijk is.

Tabel 2.5 geeft een overzicht van alle belangrijke data voor de monitoring.

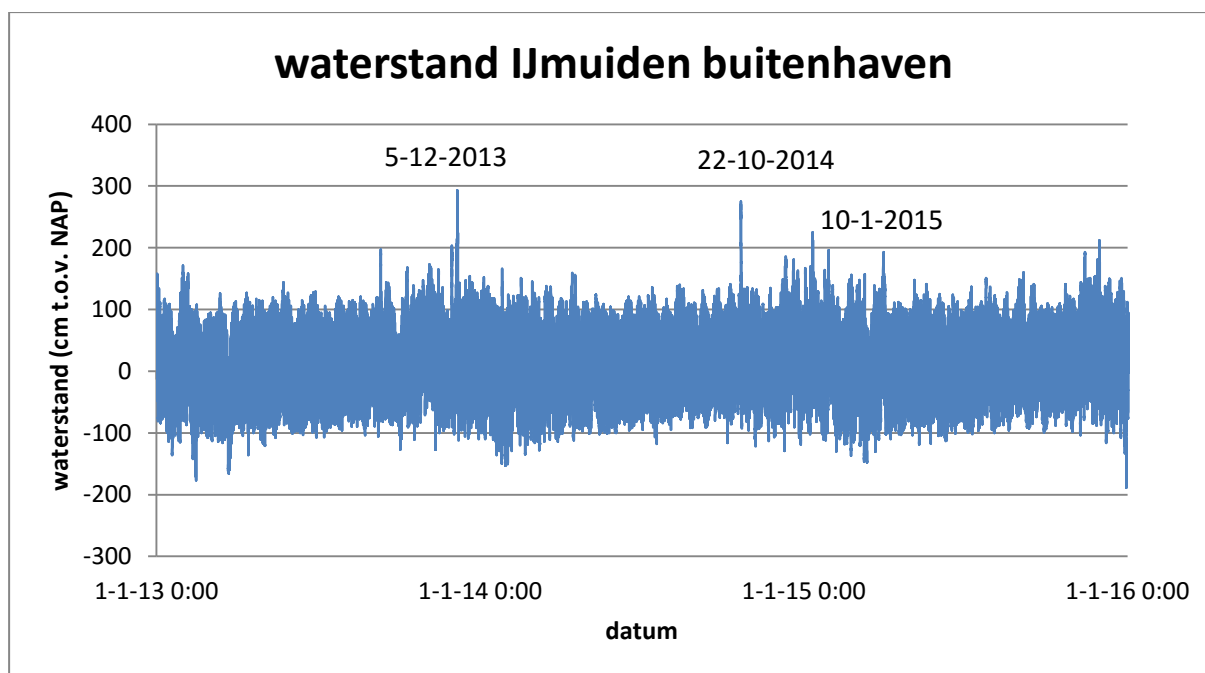
Tabel 2.5. Tijdlijn gebeurtenissen, ingrepen en metingen.

datum	Omschrijving
2008	Opname laseraltimetrie AHN2
mrt-13	Initiële ingreep
14-1-13	Opname laseraltimetrie Jarkus 2013
1-4-13	Opname luchtfoto 2013
5-9-13	Hoogtemetingen 2013
5-9-13	Kartering bedekking 2013
5-12-13	Stormschade
18-1-14	Opname laseraltimetrie Jarkus 2014
29-3-14	Opname luchtfoto 2014
28-4-14	Kartering oversterving 2014

jul-14	Nabeheer met paard en ploeg, 1 t/m 10
2014	Opname laseraltimetrie AHN3
30-9-14	Tweede ingreep, graven 14 t/m 17
okt-14	Hoogtemetingen 2014
14-10-14	Kartering bedekking 2014
22-10-14	Stormschade
10-1-15	Stormschade
mrt-15	Opname luchtfoto 2015-1
8-3-15	Opname laseraltimetrie Jarkus 2015
20-4-15	Kartering overstuiving 2015
jun-15	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 7 t/m 13
jul-15	Opname luchtfoto 2015-2
jul-15	nabeheer vrijwilligers, kuilen 1, 3, 6, 7, 18 (deel van R1)
okt-15	Hoogtemetingen 2015
okt-15	Kartering bedekking 2015
nov-15	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 11, 12 en 13
30-11-15	Stormschade
25-4-16	Kartering overstuiving 2016

3 RESULTATEN METINGEN 2015

In dit hoofdstuk komen de resultaten van de monitoringsactiviteiten aan bod. Een bespreking van monitorings- en evaluatievragen volgt in hoofdstuk 4. In 2014 zijn opnieuw enkele ingrepen uitgevoerd, waardoor voor enkele kuilen een nieuwe nul-situatie ontstaan. Dit betreft kuilen 14 t/m 17, die opnieuw zijn uitgegraven. Kuilen 1 t/m 10 zijn wel behandeld, maar hier is de bodem los gemaakt met paard en ploeg en is vegetatie en wortels verwijderd. In feite is hier dus geen sprake van een nieuwe nulsituatie, maar van een “opschoning” van de bestaande situatie. De ingrepen zijn wel van invloed geweest op de ontwikkeling van de kuilen. In de in dit rapport beschreven periode is opnieuw afslag opgetreden, zichtbaar aan een vers klif in de zeereep. Bij het Hoogheemraadschap van Rijnland is helaas geen informatie aanwezig over de mate van afslag en de precieze data. Uit waterstandsgegevens van Rijkswaterstaat (Figuur 3.1) is wel een en ander af te leiden. Bij een waterstand voor IJmuiden buitenhaven van boven de 2.5m NAP is in ieder geval afslag opgetreden. Deze waterstanden zijn bereikt bij de Sinterklaasstorm van 2013 en de storm van 22 oktober 2014. Op 10 januari 2015 is de waterstand ruim boven 2.0m NAP geweest, en waarschijnlijk heeft dit voor enige afslag in het gebied gezorgd. Uit de profielmetingen blijkt dat ten noorden van profiel A15 (kuil 1 t/m 5) het profiel door afslag iets is teruggeweken. Ten zuiden van profiel A15 is het afslagklif dat tussen 2013 en 2014 is gevormd juist opgevuld. Na de periode van de metingen (luchtfoto's, profielen) heeft zich op 30 november 2015 nog een gebeurtenis met een waterstand hoger dan 2.0m NAP voorgedaan.



Figuur 3.1. Waterstanden voor IJmuiden buitenhaven (gegevens RWS).

3.1 Luchtfoto's

De foto's zijn aangeleverd in full colour, met een variërende pixelgrootte van 0.1x0.1m² tot 0.25x0.25m². Met de hoogste resolutie is een zeer gedetailleerde kartering mogelijk, met een schaal van circa 1:800. De lagere resolutie geeft vanzelfsprekend minder detail. Een kartering op schaal 1:1.500 is hiermee nog mogelijk. Een overzicht van de gebruikte luchtfoto's en de opnamedata staan in Tabel 3.1.

De luchtfoto's van 2013 geven een goed beeld van de nul-situatie, direct na oplevering van het project. Alle ingrepen zijn goed zichtbaar, de oppervlakken zijn nog volledig onbegroeid. Ook de sporen van het werk zijn nog duidelijk zichtbaar. Daarnaast is in de winter van 2013, tijdens en vlak na de uitvoering, vooral onder invloed van oostenwind veel zand uit de kaal gemaakte oppervlakken gestoven. Ook dit is goed zichtbaar op de luchtfoto's.

De luchtfoto's van 2014 geven de situatie een jaar na de ingreep. Na deze opname is in 2014 nabeheer uitgevoerd, waarbij in enkele kuilen opnieuw is ingegrepen.

Voor 2015 zijn twee vluchten beschikbaar. De eerste, met hoge resolutie is gevlogen in het vroege voorjaar van 2015. De tweede, met lage resolutie is gevlogen in de zomer van 2015. Helaas waren voor het onderzoek alleen de lage resolutie-foto's met het zomerbeeld ter beschikbaar. Op deze foto's is de overstuiving uit de winterperiode al minder goed herkenbaar, en is de vegetatie-ontwikkeling al ver op gang gekomen. Van de voorjaarsbeelden zijn screenshots beschikbaar gesteld. Een beperkte vergelijking van zomerbeelden met die van het vroege voorjaar laat zien dat de vegetatiebedekking op de zomerbeelden groter is dan op de voorjaarsbeelden en de mate van overstuiving in de voorjaars beelden veel groter is. Het op tijd beschikbaar komen van luchtfoto's is een aandachtspunt binnen het project.

Tabel 3.1. Overzicht gebruikte luchtfoto's

Type	Bron	datum	Detail
Full colour	Waternet	1-4-2013	10x10 cm ²
Full colour	RWS	29-3-2014	10x10 cm ²
Full colour	Waternet	Juli 2015	25x25 cm ²
Full colour	Waternet	Voorjaar 2015	screenshots

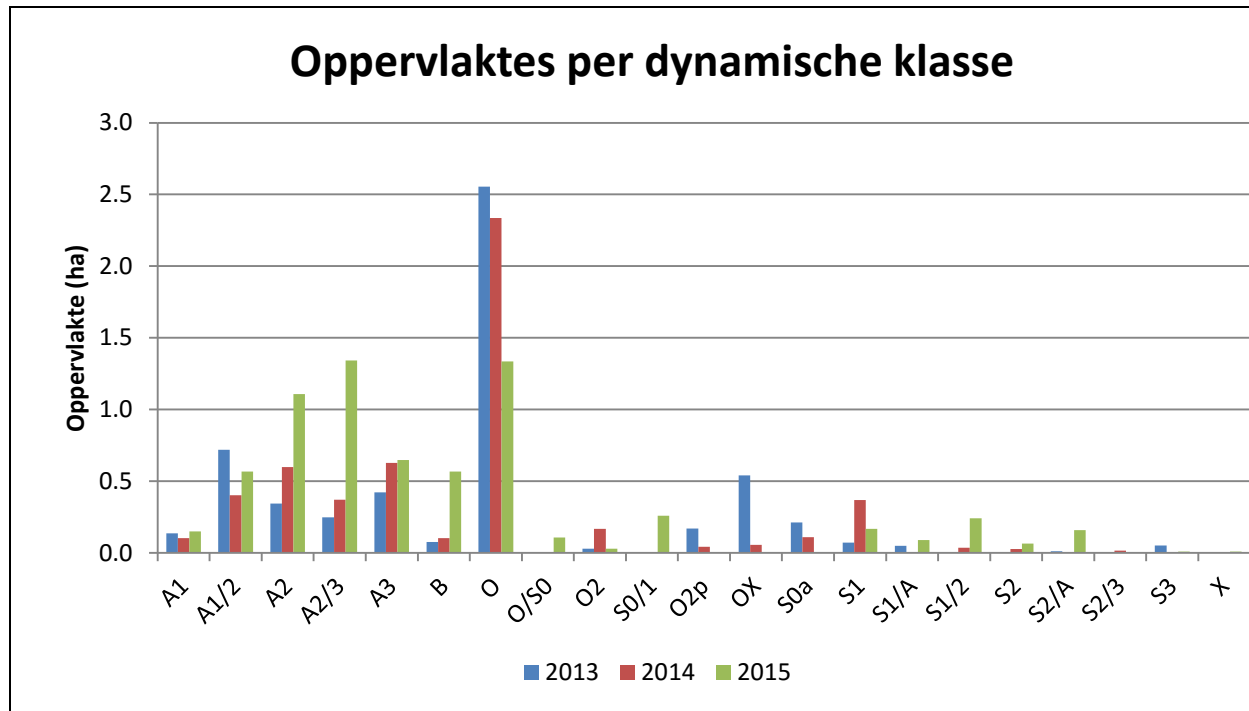
3.2 Kartering dynamiek

Met behulp van de luchtfoto's is een dynamiekkartering voor 2015 gemaakt. Daarbij is gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.1. De karteringen 2013-2015 zijn opgenomen in Bijlage 1. Behalve de oppervlakken van de ingrepen zijn ook verschillende autonome stuifplekken gekarteerd ter vergelijking (referentie). Voor 2015 waren alleen de zomerbeelden beschikbaar in GIS. Deze zijn gebruikt voor de dynamiekkartering. De voorjaarsbeelden zijn beschikbaar in screenshots met lagere resolutie, hoewel deze niet veel afwijkt van de resolutie van de zomerbeelden. Omdat bleek dat er per kuil soms grote verschillen in overstuiving zichtbaar waren tussen voorjaars- en zomerbeelden, is per kuil een beschrijving toegevoegd van de situatie op de voorjaarsbeelden. Omdat in 2013 en 2014 wel gekarteerd is van voorjaarsbeelden (respectievelijk 1 april en 29 maart) zal de mate van overstuiving op de kartering van 2015 relatief onderschat zijn. D.w.z. als de overstuiving op de voorjaarsbeelden was gekarteerd zou de kartering in een groter oppervlak aan (sterke) overstuiving hebben geresulteerd.

In deze paragraaf worden alleen de algemene resultaten besproken. In paragraaf 3.5 wordt per kuil een overzicht gegeven van de resultaten van dynamiekkartering, veldkartering en profielmetingen. NB deze ontwikkelingen zijn gebaseerd op de luchtfoto van juli 2015. Na de luchtfoto-opname van 2014 is nabeheer uitgevoerd. Verschillen die in 2015 worden gesignaleerd zullen het gevolg van dit nabeheer zijn en van de events die tussen maart 2014 en juli 2015 zijn opgetreden.

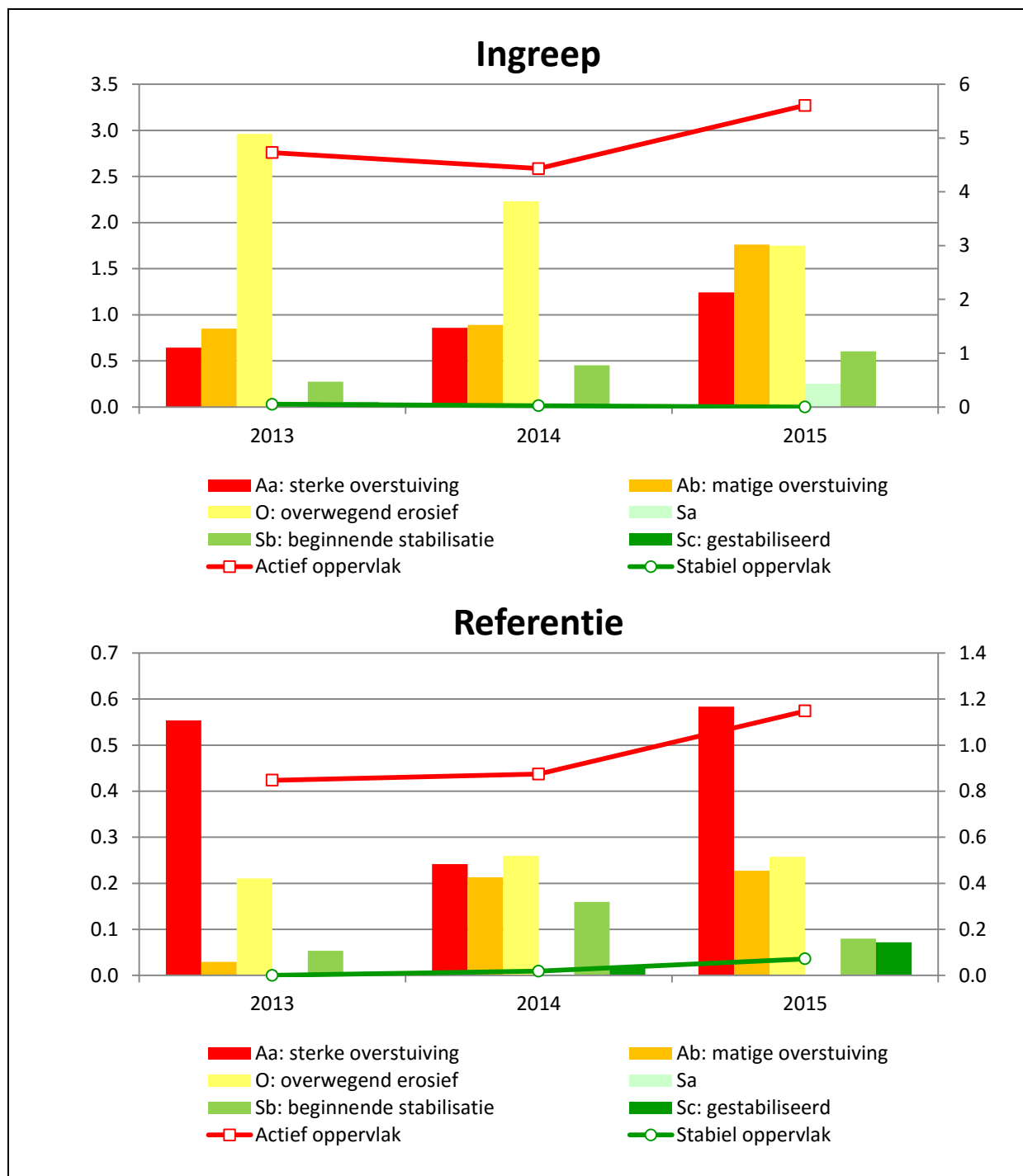
In Figuur 3.2 zijn de resultaten van de dynamiekkartering weergegeven in een staafdiagram. De referenties zijn hieruit weggelaten. Over het algemeen neemt het totale overstoven oppervlak toe sinds 2013. In aanmerking nemende dat de kartering van 2015 gebaseerd is op de zomerbeelden, en

de voorjaarsbeelden een sterkere overstuiving laten zien, is de conclusie overduidelijk dat de overstuiving in zijn totaal is toegenomen. Op veel plekken is nu wel vegetatie zichtbaar, die in 2013 nog niet te zien was. Eenheid O (kaal oppervlak) neemt af, omdat in sommige stuifkuilen een deel van het oppervlak weer stabiliseert door uitlopende vegetatie (overgang naar eenheden O/S0, S0/1, S1, S1/A, S1/2, S2, S2/A), maar ook deels omdat een groot deel van de kale oppervlakken zich nu tot stuifkuil ontwikkelt, en dus overgaat naar eenheid B.



Figuur 3.2. Staafdiagram met oppervlaktes dynamiekeenheden in 2013 t/m 2015.

In Figuur 3.3 zijn de gegeneraliseerde dynamiekklassen weergegeven voor de behandelde kuilen en de referenties. In de figuur zijn alle klassen waar van enige dynamiek sprake is samengevoegd tot “actief oppervlak”. In feite is dit het totaal van alle eenheden met uitzondering van Sc, het stabiele oppervlak. De vergelijking tussen de behandelde kuilen en de referenties geeft enkele opvallende verschillen. Bij de behandelde kuilen is het totale dynamische oppervlak flink toegenomen, na de initiële, kleine afname in 2014. Het totale dynamische oppervlak bestaat nu 5.61 ha. Voor de referenties is er ook sprake van een flinke toename ten opzichte van 2014 van 0.87 tot 1.15 ha. In beide gevallen is dat een toename van meer dan 25% t.o.v. 2014. Opvallend is dat bij de referenties de sterke overstuiving na de sterke afname in 2014 weer sterk is toegenomen, tot een niveau zelfs boven dat van 2013. Het kale oppervlak is gelijk gebleven. Bij de behandelde kuilen neemt het oppervlak met overstuiving ieder jaar toe, maar het kale oppervlak af. De toename van overstoven oppervlak is groter dan de afname van kaal oppervlak, zodat het netto effect voor de dynamiek positief is, het dynamische oppervlak neemt immers toe. Overigens moet ook hier weer opgemerkt worden dat de kartering van 2015 gebaseerd is op de zomerbeelden, en dat de toename van dynamiek nog groter zou zijn als vanaf de voorjaarsbeelden gekarteerd zou zijn. Het verschil in verandering van kaal oppervlak tussen behandelde en referentiekuiten is goed te verklaren aan de hand van achtergebleven wortels. In de referentiekuiten is het kale oppervlak ook werkelijk kaal, zijn geen wortels aanwezig, en zal een afname alleen plaats vinden door vestiging van vegetatie, terwijl in het kale oppervlak van de behandelde kuilen achtergebleven wortels kunnen uitgroeien en uitgestoven wortels de verstuiwing zullen belemmeren.



Figuur 3.3. Gegeneraliseerde klassen van dynamiek voor behandelde kuilen (boven) en referenties (onder).

3.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de verschillende ingrepen zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd. In het veld zijn met behulp van een GPS met GIS de voor het oog zichtbare overstuivingszones afgegrensd. Voor het karteren van het gebied is alleen gebruik gemaakt van de overstuivingseenheden met verschillende mate van overstuiving. De ingrepen zijn aangegeven als O (Kaal oppervlak), hoewel deze oppervlakken in veel gevallen al gedeeltelijk of geheel begroeid zijn.

De kartering van 2015 (datum 20 april 2015) is opgenomen in Bijlage B.2. Van deze kartering zijn detailkaarten per kuil of per cluster van kuilen opgenomen in Bijlage C. De kartering van 2016 (datum 25-04-2016) is opgenomen in Bijlage B.3.

Tabel 3.2. Oppervlakte per eenheid en het aantal eenheden uit de veldkartering overstuiving. NB de veldkartering 2016 maakt officieel geen deel uit van deze rapportage, maar omdat deze gegevens al beschikbaar zijn, zijn ze toegevoegd.

Labels	Opp. veld 2014	Aantal 2014	Opp. Luchtfoto 2014	Aantal 2014	Opp. Veld 2015	Aantal 2015	Opp. Veld 2016	Aantal 2016
A1	0.11	10	0.10	7	0.84	35	0.91	31
A1/2	0.25	18	0.36	26	1.24	33	0.78	24
A2	0.25	22	0.39	43	0.58	35	0.84	23
A2/3	0.35	13	0.23	24	0.21	10	0.33	8
A3	0.06	5	0.54	40	0.59	21	0.25	13
Totaal sterke overstuiving	0.61	50	0.85	76	2.66	103	2.53	78
Totaal matige overstuiving	0.41	18	0.77	64	0.80	31	0.55	21
O	2.42	18	2.18	20	2.31	21	2.34	20
OX			0.06	2	0.21	7	0.04	3
Eindtotaal	3.44	86	3.86	162	5.97	162	5.49	122

Sterke overstuiving: totaal van A1, A1/2 en A2

Matige overstuiving: totaal van A2/3 en A3.

Voor 2014 en 2015 is een beknopte vergelijking gemaakt tussen de overstuivingszones die in het veld zijn gekarteerd, en de mate van overstuiving die vanaf de luchtfoto's is gekarteerd. In 2014 zijn de omgrenzingen van de veldkartering minder ruim dan die van de luchtfoto, en is de intensiteit ook vaak minder. In 2015 is het juist andersom. De intensiteit van de overstuiving van de veldkartering is dan aanmerkelijk groter dan die op grond van de luchtfoto 2015 wordt bepaald. De omgrenzingen wisselen meer, soms ruimer op de luchtfoto, soms in de veldkartering. Dit geeft wel aan hoe belangrijk het opnametijdstip van de luchtfoto is. In 2014 is de foto één maand voor de veldkartering genomen, en is de foto bovendien helder en scherp (overstuiving goed zichtbaar). In 2015 is de foto drie maanden na de veldkartering genomen en is de foto veel vager en minder scherp (ook vanwege een lagere resolutie).

Van 2014 naar 2015 neemt het oppervlak wat door overstuiving wordt beïnvloed toe van 1.02 ha naar 3.46 ha (som van sterke en matige overstuiving). In 2016 neemt dat oppervlak iets af naar 3.06 ha. Er is wel nabehoer gevoerd in 2015, maar dit is pas uitgevoerd na de veldkartering en heeft dus geen invloed op deze resultaten.

De resultaten per kuil worden besproken in paragraaf 3.5 en in detail in Bijlage G.

3.4 Hoogtemetingen veld

In september 2013, oktober 2014 en oktober 2015 zijn hoogtemetingen uitgevoerd in het veld. Door jaarlijks exact dezelfde lijn tussen 2 vastgesteld profielpunten te meten kan de verandering in reliëf als gevolg van de ingrepen worden gemonitord. De ingemeten profielen zijn opgenomen in Bijlage F en worden besproken in Bijlage G. In de volgende paragraaf worden bij de resultaten per kuil besproken ook de conclusies op basis van profielveranderingen behandeld.

3.5 Veranderingen per kuil of cluster van kuilen

In deze paragraaf worden per kuil of cluster van kuilen de resultaten samengevat. Een meer gedetailleerde beschrijving op basis van luchtfotokartering, veldkartering en profielmetingen is opgenomen in Bijlage G. De resultaten van de dynamiekkartering worden zowel in grafiek als in tabelvorm weergegeven. Tabel 3.3 geeft per kuil de oppervlaktes van de gegeneraliseerde dynamiekklassen, voor 2013, 2014 en 2015. Met een rode arcering is in de tabel voor de dynamische klassen aangegeven of het oppervlak in 2015 is toegenomen.

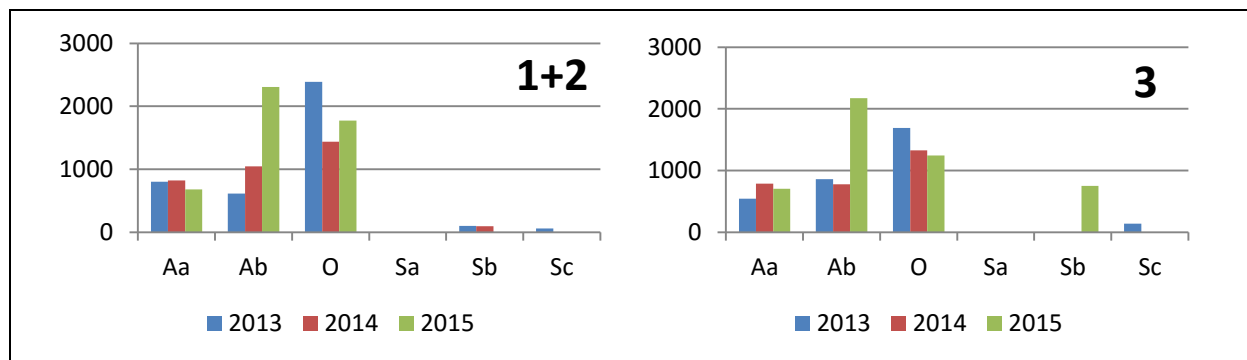
Tabel 3.3. Verandering in oppervlakte per dynamische klasse en per kuil of cluster van kuilen, inclusief referenties. Oppervlaktes in m². Rood gearceerd geeft een toename van dynamisch oppervlak. Oranje gearceerd: kuilen uitgegraven; groen gearceerd: kuilen afgeplagd; niet gearceerd: referenties.

	1+2	3	4+5+6	R4+5+6	7+8+9+10	R7+8+9+10
Aa 2013	804	545	1255	1545	564	693
Aa 2014	824	789	1046	1140	1158	574
Aa 2015	680	701	2892	1792	2264	857
Ab 2013	613	860	1974	49	1825	246
Ab 2014	1045	778	1090	640	1403	357
Ab 2015	2305	2172	4500	601	2151	29
O 2013	2389	1688	6659	790	7199	506
O 2014	1438	1329	5463	1090	6568	647
O 2015	1772	1245	3702	991	5890	625
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015			603			
Sb 2013	101		222	523	807	11
Sb 2014	95		365	80	480	21
Sb 2015		753	817		1187	4
Sc 2013	59	140	135		9	
Sc 2014			45		164	
Sc 2015						

	11+12+13	R11+12+13	14	15	16+17	R16+17
Aa 2013	1681	3301	288	173	518	237
Aa 2014	3369	704	579		588	194
Aa 2015	4523	3107	429		768	160
Ab 2013	504		232		321	
Ab 2014	1571	1132	684	47	394	67
Ab 2015	3320	1642	1207	210	1520	234
O 2013	4847	810	819	503	5172	57
O 2014	4416	859	842	516	1649	101
O 2015	3908	910	629		248	97
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015	210				1694	
Sb 2013	850		46			
Sb 2014	517	1494			3071	
Sb 2015	390			575	2303	
Sc 2013						
Sc 2014		182		40		
Sc 2015		79				

Van de kaal gemaakte oppervlakken stabiliseert wel een deel, vooral die vlakken die alleen geplagd zijn. Maar er is ook vaak sprake van sterke erosie. Kuilen 4, 5, 8, 9, 11, 12 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot een klassieke stuifkuilvorm. Kuilen 1, 3, 4, 5 en 8 liggen het dichtst tegen de afslagzone aan, hebben verbinding met het afslagklif en hebben het meest baat bij de opgetreden afslag. Voor kuilen 4, 5 en 8 is er een daadwerkelijke verbinding ontstaan tussen strand en stuifkuil via het klif.

Er is een gradiënt in afslagschade, met een maximale achteruitgang aan de noordkant, tot kuil 6. Bij deze kuilen vindt nu actieve winderosie op het afslagklif plaats, waardoor de zeewaartse helling verder uitholt. Vanaf kuil 7 zuidwaarts is de afslagschade kleiner en vindt inmiddels weer invulling van het klif plaats door aanstuiving. Hier is ook nauwelijks sprake van winderosie op het afslagklif, de winderosie beperkt zich hier echt tot de stuifkuilen.



Figuur 3.4. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 1 en 2

Deze kuilen liggen naast elkaar waarbij de overstuivingszones overlappen. Beide kuilen zijn in 2015 door afslag aangetast. In beide kuilen is in 2014 nabehoer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De dynamiek van kuil 1 is groter dan die van kuil 2.

Kuil 1 (profielen A01 t/m A04)

De westelijke grens van de kuil ligt tegen het afslagklif aan. De erosie in de kuil varieert tussen 0.3 en 0.5m (laseraltimetrie) en leidt tot uitholling van het deel wat bij de ingreep geplagd is. Uit de profielen blijkt een maximale erosie aan de noordkant van 1m. De overstuivingszone aan de noordoostzijde van de kuil heeft zich over een groot oppervlak uitgebreid over een afstand van ±25m. De overstuiving aan de oostzijde van de zuidelijke helft van de kuil is ook verder uitgebreid. De noordelijkste van de twee lobben is het grootst en loopt aan de oostzijde door in een storthelling. Dit wordt nu als kaal oppervlak gekarteerd. In vergelijking tot de aanleg is van het geplagde oppervlak nog circa de helft geheel kaal, de andere helft licht bedekt. De overstuiving reikt tot maximaal 30m vanaf de grens van de ingreep.

Kuil 2 (profielen A05 t/m A06)

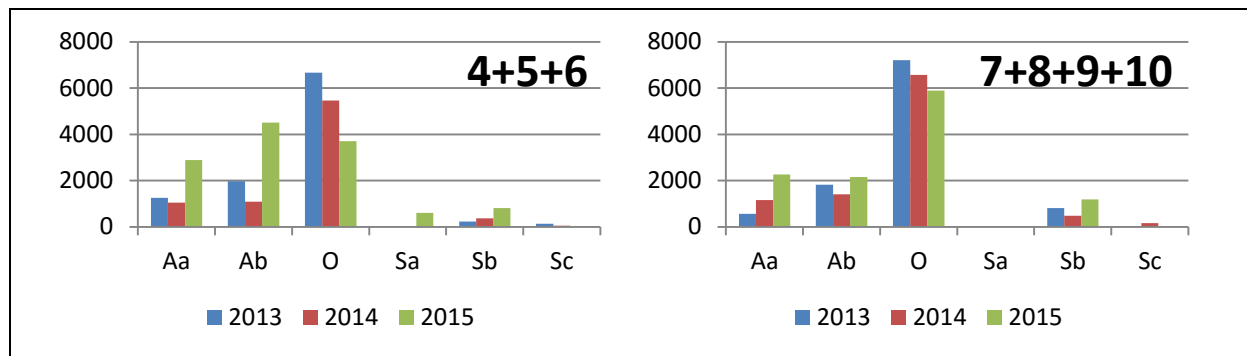
Afslag. Deze kuil ligt hoger op de zeereep en daardoor op grotere afstand van het afslagklif. In de kuil is wel sprake van overstuiving langs de randen, maar nauwelijks van erosie. In vergelijking tot de aanleg is van het geplagde oppervlak niets meer geheel kaal, maar is dit gehele oppervlak bedekt met zeer lichte tot soms dichtere vegetatie.

Kuil 3 (profielen A07 t/m A09)

Afslag. Deze kuil ligt geïsoleerd van de andere kuilen, tegen het afslagklif aan. De zeereep is hier flink aangetast door afslag wat doorloopt tot aan de voet van de kuil. In 2014 is nabehoor uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De erosie in de kuil bedraagt tussen de 0.7 en 1m (laseraltimetrie), uit de profielmetingen blijkt een erosie van maximaal 1.5m. De overstuivingszone heeft zich in 2015 fors uitgebreid aan de oostzijde en met name in het verlengde van de twee uitlopers in de kuil, het totale oppervlak is niet veel groter geworden.

Ook de veldkartering van 2016 geeft een flinke overstuiving. De kuil bestaat uit 2 armen waarbij achter elke arm een forse overstuivingslob is ontstaan. De overstuiving loopt door tot de rand van de Duindoorn. In tussenliggende zones vindt ook forse overstuiving plaats, maar hier is de vegetatie nog zichtbaar. Aan de achterzijde van de zuidelijke arm is ook een kleine storthelling ontstaan.

In vergelijking tot de aanleg is het gegraven deel voor de helft geheel kaal, voor de andere helft licht bedekt met wortels, een heel klein deel dichter begroeid met Helm. De overstuiving strekt zich uit tot maximaal circa 35m vanaf de randen van de ingreep.



Figuur 3.5. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 4, 5 en 6

Deze kuilen vormen een cluster waarbij de overstuivingszones overlappen. Van noord naar zuid liggen de kuilen hoger op de zeereep, waarbij kuil 4, aan de noordkant, doorloopt tot in het afslagklif, kuil 5 het klif raakt en kuil 6 geen direct contact heeft met het klif. De erosie in de kuil neemt van noord naar zuid af. In alle kuilen is in 2014 nabehoor uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. Aangrenzend aan de landwaartse zijde van de kuilen liggen enkele referentiekuiten, behorende tot complex R1.

Kuil 4 (profielen A10 t/m A12 en D01)

Afslag. In deze kuil is met laseraltimetrie maximale erosie gemeten van 1-1.5m. De verdieping die uit de profielen volgt is zelfs ruim 2m. Een deel van de overstuiving ontwikkelt zich tot storthelling. Achter kuil 4 is in een kleine kuil struweel afgeplagd, hier omheen is nu enige activiteit zichtbaar, maar beperkt, hoewel ook hier een kleine storthelling is ontstaan.

In vergelijking tot de aanleg zijn de geplagde (struweel) en gegraven stukken voor ongeveer de helft kaal, voor de rest bedekt met lichte wortel bedekking, en aan de oostrand een matige Helmbedekking. Binnen het gegraven deel ontwikkelt zich de stuifkuil. De overstuiving reikt tot 50-60m landwaarts vanaf de omgrenzing van de ingreep.

Kuil 5 (profielen A13 t/m A15 en D02)

Uitstuiving aan de voorzijde van deze stuifkuil geeft de kuil een trogvormig karakter. De uitstuiving is fors, met een maximale hoogteafname van 1.5m. Aan de noordoostzijde is een lob met sterke overstuiving zichtbaar. Langs vrijwel alle randen is een beperkte zone met sterke overstuiving zichtbaar. De mate van overstuiving aan de oostzijde is in 2015 fors toegenomen, in 2016 iets afgenomen.

In vergelijking tot de aanleg is in kuil 5 circa een derde deel van het gegraven en geplagde oppervlak nog geheel kaal, de rest is licht of matig bedekt met wortels, en een kleine rand is bedekt met matige helm. Binnen het gegraven deel ontwikkelt zich een stuifkuil. De overstuiving strekt zich tot circa 50m vanaf de kuil uit, en bedekt voor een groot deel de achterliggende strook die gekleemd is. A

Kuil 6 (profielen A16 t/m A18 D03)

Afslag. Erosie in de kuil is bescheiden, <0.5m. Nadat in 2015 de overstuiving bij deze kuil aan noord- en zuidzijde flink was toegenomen is de mate van overstuiving in 2016 weer iets teruggelopen. De oostelijke helft van de stuifkuil is volledig stabiel. Overstuiving vindt alleen plaats aan de noord en zuidkant van de stuifkuil zelf. Aan de zuidkant van de stuifkuil is forse overstuiving in Duindoorn zichtbaar. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is aan de noordoostkant reeds enige begroeiing zichtbaar, op het zomerbeeld is de oostelijke helft al grotendeels begroeid geraakt.

In vergelijking tot de aanleg is het grootste deel van het gegraven oppervlak kaal, terwijl het grootste deel van het geplagde (Helm) oppervlak al in meerdere of mindere mate gestabiliseerd is door Dauwbraam of Helm. Er is nauwelijks sprake van overstuiving buiten de grenzen van de ingreep

Referentie 1

In 2014 is hier minder sterke overstuiving dan in 2013, wat vergelijkbaar is met de veranderingen in dynamiek bij de ingreep. De overstuivingszones zijn wel gelijk gebleven qua oppervlak. In 2015 neemt de dynamiek toe, met een vergroten van de uitstuivingen en iets ruimere overstuivingszones.

Omdat deze referentiekuiten landwaarts van kuilen 4 t/m 6 liggen is hier ook sprake van afslag van de zeereep. De afstand tot het afslagklif is echter groot, 135-185m.

Kuil 7, 8, 9 en 10

Deze kuilen vormen een cluster, waarbij de overstuivingszone van kuil 7 los ligt van die van 8, 9 en 10. Kuilen 8 en 9 ondergaan de grootste dynamiek, met de sterkste erosie en de duidelijkste overstuivingszones. Afslag hier is beduidend minder dan bij de noordelijke kuilen. In alle kuilen is met paard en ploeg nabeheerd.

Kuil 7 (profielen A19 t/m A20 en D04)

Beperkte afslag en alweer aanzanding bij de duinvoet. De erosie is matig, tot 0.5m. De activiteit is fors toegenomen. Aan de noordoostzijde van de kuil is een kleine overstuivingszone verder uitgebreid en deels actiever geworden. De open zone als gevolg van de ingreep is net als bij eerdere kuilen dichtgegroeid, maar ook deels weggeslagen door kustafslag. De overstuivingszone aan de noord- en oostzijde van de stuifkuil is in 2015 veel actiever dan in 2014, en blijft dat in 2016. In het centrale gedeelte van de overstuivingszone groeit nu Helm. Aan de achterzijde is een storthelling zichtbaar die doorloopt in de Duindoorn.

De kortste afstand tussen kuilen 7 en 8 is 20m, maar desondanks lijkt er geen sprake van onderlinge beïnvloeding.

In vergelijking tot de aanleg is bij kuil 7 zowel het gegraven als het geplagde (struweel) deel voor circa 15% kaal. De rest is bedekt met lichte Dauwbraam of matige wortels. De overstuivingszone strekt zich uit tot een twintigtal meters landwaarts van de omgrenzing van de ingreep.

Kuil 8 en 9 (profielen A21 t/m A23 en D05 en A24 t/m A26 en D06)

Beperkte afslag en alweer aanzanding bij de duinvoet. De dynamiek in kuilen 8 en 9 is vergelijkbaar, met een zelfde erosie en depositie. Erosie bedraagt tussen de 0.7 en 1m, op basis van de profielmetingen zelfs 1.5-2m. De overlap van overstuivingszones is dermate dat eerder sprake is van één aaneengesloten overstuivingszone.

In vergelijking tot de aanleg is bij kuil 8 nog circa de 75% van het afgegraven deel kaal, voor kuil 9 is dat circa de helft. Het afgeplagde (struweel) deel is bedekt met wortels. De overstuiving reikt tot 15-20m landwaarts van de omgrenzing van de ingreep. Het tussenstuk tussen kuilen 8 en 9, wat geplagd is, is enigszins aan het stabiliseren door bedekking met Dauwbraam vanaf de zeewaartse zijde. In beide kuilen is sprake van stuifkuil/kerfontwikkeling. De ingang van kuil 8 reikt tot in het klif (profiel D05 gaat daar net niet doorheen), die van kuil 9 ligt hoger op de helling.

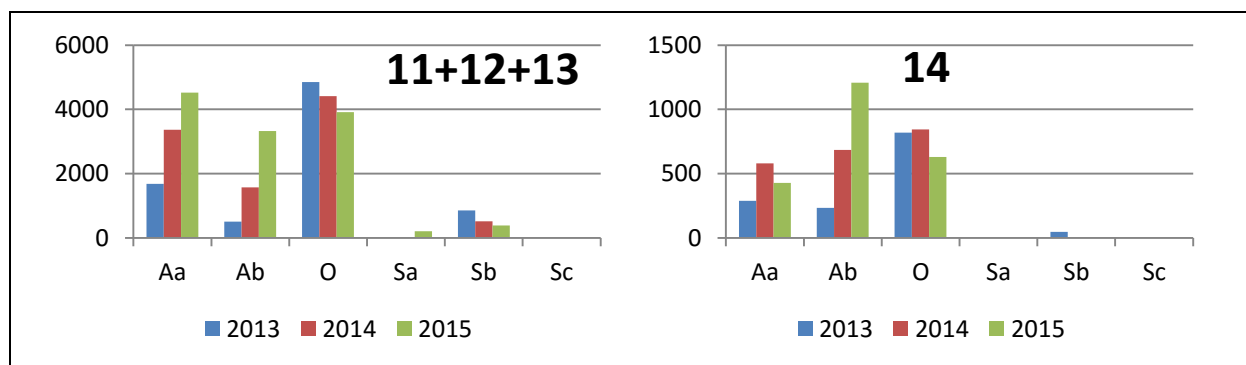
Kuil 10 (profielen A27 t/m A28)

Beperkte afslag en alweer aanzanding bij de duinvoet. De kuil ligt beschut tussen het struweel en is daardoor minder actief dan de andere kuilen. De dynamiek is daardoor beperkt tot zeer lichte erosie en erosie. De overstuivingszone overlapt met die van kuilen 8 en 9.

Van het afgeplagde (struweel) oppervlak is nog 100% kaal. Blijkbaar zijn bij het afplaggen de meeste wortels afgevoerd. Het omringende struweel zorgt niet voor zodanige turbulentie dat dit tot uitstuiving in de kuil leidt.

Referentie 2

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn in 2015 vergelijkbaar met die van 2014.



Figuur 3.6. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 11, 12 en 13

In deze kuilen is alleen nabehoor uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit het trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels. Er zijn boven op de helling nog enige restanten van afslag zichtbaar, maar bij de duinvoet is inmiddels weer sprake van forse aanstuiving. Deze kuilen ontwikkelen zich tot nog toe het best, met forse erosie en depositie, die geconcentreerd is in een aantal ruggen.

Kuil 11 (profielen A29 t/m A31 en D07)

Zeer actieve stuifkuil waar vooral in het hogere gedeelte veel zand is uitgestoven, met een erosie van 1.5-2m, volgens de profielen zelfs 2.5m. De overstuivingszone strekt tot ruim 50m uit in oostelijke richting en bedraagt lokaal tussen de 0.8 en 1m. Op ±40m oostwaarts van de stuifkuil is een storthelling ontstaan. Deze is verder uitgebreid ten opzichte van 2014. In 2014 strekte de overstuivingszone zich meer naar het noorden uit. Er is een ruime overlap tussen de overstuivingszones van kuilen 11, 12 en 13.

In vergelijking tot de aanleg is bij de bedekkingskartering van 2014 van het gegraven deel nog circa 70% kaal. De bedekking is deel met lichte wortelbedekking, deels met Helm. Op de zomerfoto van 2015 is echter al een groter deel bedekt, circa 40% van de zeewaartse zijde. De overstuiving strekt zich uit over een behoorlijke afstand buiten de omgrenzing van de ingreep (ruim 40-50m).

Kuil 12 (profielen A32)

Ook deze kuil is zeer actief. Uitstuiving vindt vooral plaats in het hogere gedeelte van de kuil. Erosie bedraagt 1-1.5m, op basis van de profielen zelfs 2m. De zone met sterke overstuiving is verder uitgebreid en aan de oostkant van de stuifkuil is zelfs een kaal oppervlak ontstaan. Ook hier eindigt de overstuiving in een storthelling die in de duindoorn verdwijnt. De overstuivingszones zijn verbonden met die van kuilen 11 en 13. De veldkarteringen van overstuivingszones van 2015 en 2016 zijn vergelijkbaar.

In vergelijking tot de aanleg is bij de bedekkingskartering van 2014 van het gegraven deel nog circa 70% kaal. De bedekking is deel met lichte wortelbedekking, deels met Helm. Op de zomerfoto van 2015 is de kuil ook grotendeels kaal. De overstuiving strekt zich uit over een behoorlijke afstand buiten de omgrenzing van de ingreep (ruim 40m).

Kuil 13 (profielen A33 t/m A35 en D08)

Binnen deze kuil begint zich zowel binnen het afgegraven gedeelte als het afgeplagde gedeelte een stuifkuil te ontwikkelen. De kuil in het afgeplagde gedeelte heeft een complexe ontwikkeling, want hierbinnen vind ook enige ophoging plaats van zand wat instuift vanuit het afgegraven gedeelte. Langs alle randen van de kuil is een zone van extreme overstuiving zichtbaar. Deze overstuiving is wel beperkt door de hoeveelheid Duindoorn die zich aan de zuidkant van de kuil bevindt. Aan de oostzijde bevindt zich een verhoging waarop flinke overstuiving plaatsvindt, maar waar wel veel vegetatie zichtbaar is. Langs de randen van deze verhoging zijn storthellingen zichtbaar.

Kuil 13 is voor circa de helft kaal, daarnaast matige wortelbedekking. De afplagzone aan oostkant ook nog voor een derde geheel kaal. Opvallend is dat in beide delen een stuifkuil ontstaat en dat beide delen omgrensd zijn door zones met sterke overstuiving.

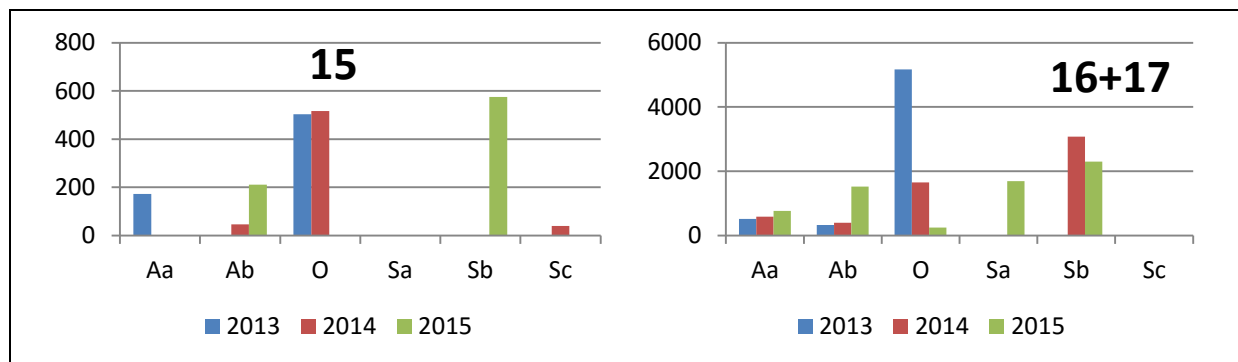
Referentie 3

Leken deze kuilen in 2014 te stabiliseren, in 2015 is de activiteit toegenomen. Met name de iets grotere erosieve kernen zijn uitgebreid. De kuilen zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuilen. Enkele kuilen tonen duidelijke erosie en depositie, maar op iets kleinere schaal dan de aangrenzende gegraven stuifkuilen. Zowel de mate van, als de omtrek is geringer.

Kuil 14 (profielen A36 & A37)

Deze kuil was dermate snel gestabiliseerd dat hier opnieuw het oppervlak is afgegraven, net als in kuilen 15 t/m 17. In 2014 strekte de overstuivingszone zich naar het noordoosten uit, in 2015 meer

westnoordwest. De afmetingen zijn vergelijkbaar. Aan de noordzijde van de kuil ontstaat een flinke verdieping. De geconstateerde bodemverlaging zal vooral het gevolg zijn van opnieuw uitgraven.



Figuur 3.7. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 15, 16 en 17

Ook deze kuilen waren zo snel gestabiliseerd dat ze opnieuw zijn uitgegraven. Deze tweede ingreep heeft echter nauwelijks effect gehad. Het vermoeden bestaat dat de bodem hier nutriëntrijker is dan elders, waardoor de vegetatieontwikkeling sneller gaat. Ook staan hier abnormaal grote hoeveelheden aan Groot Hoefblad op de zeereep, een verstoringindicator die normaal gesproken niet het zeereepmilieu thuis hoort.

Kuil 15 (profielen A38 t/m A39)

De hernieuwde ingreep heeft nauwelijks effect gehad. Er is geen activiteit zichtbaar op het zomerbeeld van 2015, met uitzondering van een zeer kleine overstuivingszone aan de noordwestzijde van de kuil. Vergelijking met het voorjaarsbeeld leert dat er wel sprake is geweest van enige overstuiving. Dit blijkt ook uit de veldkartering 2015. De veldkartering 2016 geeft nog een zeer beperkte overstuivingszone aan de zuidoostkant.

Kuil 15 is nog maar 10% kaal, verder bedekt met dichte wortels. Er is sprake geweest van kortstondige overstuiving tot een afstand van 25-30m buiten de omgrenzing van de ingreep.

Kuil 16 (profielen A40 t/m A41 en D09)

Er is enige toename in overstuiving aan de noordzijde van de kuil. Het kale oppervlak aan de zeezijde wat was ontstaan tijdens de ingreep is nu weer deels begroeid. Ook de kuil is inmiddels deels gestabiliseerd, zowel aan de oostkant als aan de westkant. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is de kuil nog grotendeels kaal, met uitzondering van het meest oostelijke deel. In het midden bevindt zich een kleine depressie die harder lijkt uit te stuiven (waarschijnlijk extra gegraven). De overstuiving rondom de kuil is in het voorjaar aanmerkelijk toegenomen. Dat blijkt overigens ook uit de veldkartering 2015. De veldkartering 2016 laat zowel aan de noord- als aan de zuidkant opnieuw een overstuivingszone zien. Deze loopt verder door dan in 2015. Ook aan de zuidrand is forse overstuiving zichtbaar. Hier is de overstuiving echter beperkt door struweel. De mate van stabilisatie is blijkbaar niet zodanig dat in het winterseizoen geheel geen overstuiving meer is opgetreden. Aan de oostzijde overlapt de overstuiving met een stuifkuil die hier al aanwezig was voor de aanleg van de stuifkuilen van Noordvoort (referentiekuil R4). De overstuivingszones van deze kuil zijn in 2016 niet in kaart gebracht, terwijl dat in 2015 wel is gedaan.

Op het zomerbeeld is de kuil voor een groot deel groen, met een dichtere bedekking aan de oostkant dan aan de westkant. De bedekking is zodanig dat de indruk bestaat dat het grootste deel van de kuil reeds gestabiliseerd is. Ook op de bedekkingskartering van oktober 2015 blijkt dit. In ieder geval is de vegetatieontwikkeling in het zuidelijk deel van het project (kuilen 14 t/m 17) anders dan in de rest van het gebied, wat ook al opvalt aan het veelvuldig voorkomen van Groot hoefblad. Waardoor dit veroorzaakt wordt is onbekend.

In vergelijking tot de aanleg is nog maar een zeer beperkt deel van de kuil kaal, minder dan 5%. De overstuivingszone strekt zich uit tot maximaal 35m vanaf de omgrenzing van de ingreep.

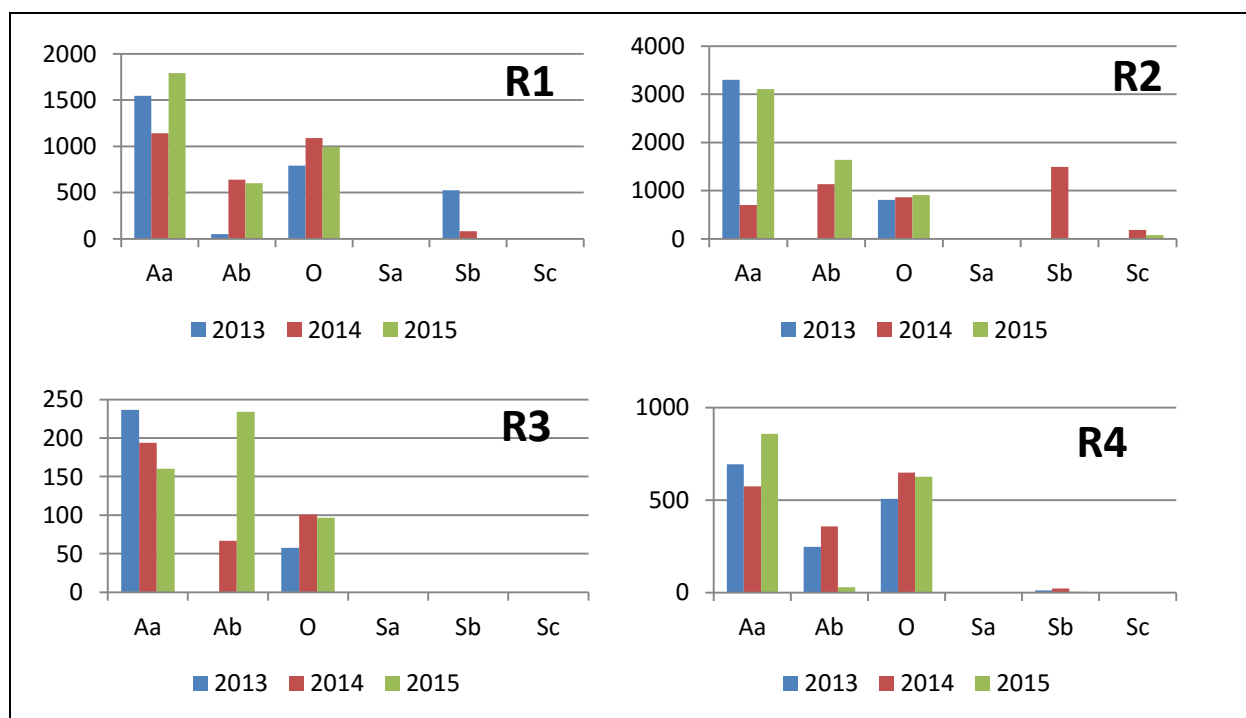
Kuil 17 (profielen A42 en D10)

De meest zuidelijke kuil is inmiddels aan het stabiliseren, waarbij de mate van begroeiing afneemt van de zeewaartse zijde naar de landwaartse zijde. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is de kuil nog grotendeels kaal, met een uitgestrekte overstuivingszone aan de oostkant, en een depressie midden in de kuil, mogelijk door extra graven. Op het zomerbeeld lijkt stabilisatie de overhand te hebben, wat bevestigd wordt door de bedekkingskartering van oktober 2015. De veldkartering van 2016 geeft echter toch weer een overstuivingszone aan de oostkant. Binnenwaaierend zand vanaf strand en zeereep zou hierbij een rol kunnen spelen. Door afslag in 2013 en 2014 is de verstuvingsdynamiek in de zeereep veranderd.

In vergelijking tot de aanleg is nog maar een zeer beperkt deel van de kuil kaal, minder dan 5%. De overstuivingszone strekt zich uit tot circa 25m vanaf de omgrenzing van de ingreep.

Referentie 4

Direct achter kuil 16 in zuidoostelijk richting, bevindt zich een kleine stuifkuil. Deze is sinds 2013 iets toegenomen in activiteit.



Figuur 3.8. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de referenties.

3.6 Hoogtemetingen laseraltimetrie

Onderstaande tekst is ter wille van de volledigheid grotendeels overgenomen uit de rapportage 2014 en aangevuld met de nieuwste laseraltimetrie en verschilkaart.

Met de DTM's van 2008 (AHN2) en 2012 (geïnterpoleerd RWS) is een verschilkaart gemaakt. Deze is opgenomen in Bijlage D.1. Behalve veranderingen op het strand en tegen de zeereep zijn ook lokaal veranderingen in de al aanwezige stuifkuilen zichtbaar. In sommige kuilen is over deze periode de hoogte aanzienlijk veranderd. Op de kaart is dit met name zichtbaar in deelgebied 4. In de overige deelgebieden valt vooral op dat er sprake is van een forse ruis. Hier zijn hoogteverschillen te zien (vooral de oranje-gele banen) die niet het gevolg lijken te zijn van werkelijke veranderingen, maar van afwijkingen in de laseraltimetrie. Dit geeft al aan dat de hoogteverschillen zorgvuldig beoordeeld moeten worden.

Voor de Rijkswaterstaatdata van 2012 en 2013 is ook een verschilkaart gemaakt. Deze is opgenomen in de Bijlage (D.2). De data van 2013 zijn van vóór de ingreep, de verschillen op de zeereep zijn dan ook gering. Het meest opvallende zijn de hoogteverschillen op het strand die de beweging van de strandbanken laten zien. De verschillen hier zijn duidelijker dan over de periode 2008-2012 (NB de schaalverdeling van beide kaarten verschilt). Aan de voorzijde van de zeereep is er een variatie in aanzanding, die van noord naar zuid verloopt van matig (RSP 70.25) naar geen (RSP 71.00) naar sterk (RSP 71.50 tot 72.50 en verder zuidwaarts). Dit is grotendeels overeenkomstig het patroon in de verschilkaart van 2008-2012, met als verschil dat in de laatste kaart bij de zone rond RSP 71 (deelgebieden 2 en 3) de voorkant van de zeereep is geërodeerd.

Op de verschilkaart van de Rijkswaterstaatdata voor 2013 en 2014 zijn de ingrepen duidelijk zichtbaar. Deze is ook opgenomen in Bijlage D.3. Opvallend is een brede strook erosie aan de voorzijde van de zeereep. Hier heeft flinke afslag plaats gevonden in de periode tussen 2013 en 2014. De afslag raakt in een aantal gevallen de ingrepen (in detailkaarten 1, kuil 1, detailkaart 2, kuilen 3 en 4 en detailkaart 3, kuil 8) en is in het noorden sterker dan in het zuiden. Dit is ook zichtbaar in de profielmetingen. Overstuiving vanaf het strand over de zeereep lijkt alleen in de zuidelijke helft van Noordvoort plaats te vinden. Terwijl de hoogte hier toeneemt, blijft de noordelijke helft vrij stabiel. Doordat de ingrepen in de periode van deze verschilkaart zijn uitgevoerd kan de verandering in de kuilen door erosie en depositie met deze kaart nog niet bepaald worden.

De verschilkaart van Rijkswaterstaatdata voor 2014 en 2015 (Bijlage D.4) geeft het eerste beeld van de werkelijke veranderingen rondom de ingrepen door natuurlijke processen, maar ook de veranderingen als gevolg van het nabeheer in 2014. Dit wisselt per kuil. Vooral voor kuilen 14 t/m 17 die opnieuw zijn uitgegraven, zijn de hoogteverschillen het gevolg van nabeheer. Voor kuilen 1 t/m 10 is alleen vegetatie en wortels verwijderd en is geploegd, er is niet opnieuw zand afgevoerd. De hoogteverschillen zullen daarom toch grotendeels het gevolg zijn van uitstuiven. Achter de meeste kuilen ligt (landwaarts) een meer of minder brede zone met hoogtetoename door overstuiving. Aangezien de periode van laseraltimetrie loopt van voorjaar 2014 tot voorjaar 2015 is er een verschil met de hoogtemetingen, die van najaar 2014 tot najaar 2015 lopen. Dit verklaart een verschil in hoogteveranderingen uit laseraltimetrie en uit profielgegevens.

Opvallend in de verschilkaart 2014-2015 is opnieuw een brede blauwe band van erosie. Hier heeft wederom flinke afslag plaatsgevonden, maar er is meer differentiatie in de afslag dan op de verschilkaart 2013/2014. Bij kuil 1 t/m 6 is de afslag het sterkst, met een maximum bij kuil 5. Voor kuil 7 t/m 12 is de afslag beperkt. Bij kuil 13 is er sprake van lichte aangroei. Voor kuilen 14 t/m 17 is er opnieuw enige afslag.

Het hogere deel van de voorzijde van de zeereep is hier redelijk stabiel tot licht erosief. Met uitzondering van kuil 2 en kuil 10 vindt in elke kuil erosie plaats, het meest extreem in kuilen 11 t/m 13 (autonoom, geen nabeheer) en 3, 4, 5, 8 en 9 (inclusief nabeheer).

3.7 Kartering bedekking

Tijdens het veldbezoek in september 2013 bleek dat een groot deel van de kaal gemaakte oppervlakken alweer bedekt was, veelal met Dauwbraam, maar ook hier en daar met Helm en met uitlopende Duindoorn. Tijdens dit veldbezoek is een inventarisatie gemaakt van de toestand per kuil, en is per kuil een kartering gemaakt van de aanwezige bedekking door vegetatie en/of (dode en levende) wortels. Van het veldbezoek is een verslag gemaakt (zie Arens & Neijmeijer, 2013). De bedekkingskaart is opgenomen in Bijlage E. In de zomer van 2014 is bij de meeste kuilen opnieuw ingegrepen. De minst actieve kuilen 14 t/m 17 zijn op 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Het uitgegraven zand is aan de zeezijde in een groot depot terecht gekomen. Bij kuilen 1 t/m 10 is in juli met behulp van paarden geploegd, en met vrijwilligers wortels en helm getrokken op andere tijdstippen. Bij de meest actieve kuilen 11 t/m 13 is niets gedaan.

Na de nieuwe ingrepen is in oktober 2014 opnieuw een kartering van de bedekking gemaakt (Bijlage E.2). De meest actieve kuilen 11 t/m 13 zijn, met uitzondering van wat Helm en in de meest zuidelijke kuil wat dauwbraam, nog steeds open. De opnieuw uitgegraven kuilen 14 t/m 17 zijn op het moment van de kartering pas opengemaakt, dus hier is op wat losse Helm na niks te vinden. In alle andere kuilen worden veel uitgestoven wortels gevonden, met name in de meest zeewaartse helft van de kuil. Verder naar achter groeien de kuilen verder dicht met helm en dauwbraam.

Ruim een jaar na de ingrepen is in oktober 2015 wederom een kartering van de bedekking gemaakt (Bijlage E.3). Tussen najaar 2014 en najaar 2015, na de laatste ingreep, is in veel kuilen de activiteit verder toegenomen. Dit heeft geleid tot grotere kale vlakken bij forse uitstuiving. Op de meeste plekken neemt de dichtheid met uitgestoven wortels af, terwijl op andere plekken de wortels juist zijn blootgelegd door uitstuiving. Langs de randen staat soms Helm in de kuil. De meest Dauwbraam is verdwenen. Kuil 2 toont nog steeds zeer weinig activiteit en is vrijwel geheel bedekt met dauwbraam. De 4 meest zuidelijke kuilen (14 t/m 17) zijn vorig jaar opnieuw afgegraven, maar nu, na een jaar, alweer grotendeels begroeid.

4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN

Ieder jaar zullen onderstaande vragen zo veel mogelijk worden beantwoord. Nog niet op alle vragen kan een antwoord gegeven worden.

M1: is er als gevolg van de ingreep sprake van een verbetering van de landschappelijke diversiteit, de geomorfologische vormen en processen in de zeereep en direct achterliggende duinen?

M1.1: Hoe ontwikkelt de variatie in reliëf?

Op de verschilkaart is een duidelijk patroon van erosie en depositie te zien. De erosie in de stuifkuilen is flink toegenomen en op sommige plekken heeft extreme verdieping plaatsgevonden. Enkele kuilen groeien tegen de wind in, richting strand. Achter de meeste kuilen ontstaan reliëfveranderingen door depositie.

M1.2: Hoe ontwikkelt de kwantiteit erosie en sedimentatie?

Op de verschilkaart 2013-2014 zijn de meeste verschillen het gevolg van de ingrepen. Op de verschilkaart 2014-2015 zijn de meeste verschillen het gevolg van natuurlijke processen, hoewel wel gestimuleerd door nabeheer. Verschillen door overstuiving zijn in 2014-2015 aanmerkelijk groter dan in 2013-2014. Er is dus sprake van een toename van intensiteit van processen.

M1.3: Hoe ontwikkelt het oppervlak en aantal winderosievormen?

Het oppervlak van de stuifkuilen toont weinig verandering, maar is nu wel flink erosief. De kuilen veranderen sterk in de diepte. Aan de oostzijde van de stuifkuilen zijn duidelijk depositiezones te zien. Een aantal kuilen wordt kleiner door vestiging van vegetatie in het kaal gemaakte oppervlak, waarschijnlijk door uitlopen van wortels. Kuilen 4, 5, 8, 9 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot stuifkuilen. Kuilen 1, 3, 4, 5 en 8 liggen het dichtst tegen de afslagzone aan, hebben verbinding met het afslagklif en hebben het meest baat bij de opgetreden afslag.

M1.4: Hoe ontwikkelt het oppervlak en aantal overstuivingsvormen en oppervlak overstuivingszones?

De geheel begraven vegetatie is sterk toegenomen ten opzichte van 2014. Veel van de overstuiving heeft zich uitgebreid in noordoostelijke richting.

M1.5: Hoe ontwikkelt de afstand overstuiving ten opzichte van de zeereep, mate van doorstuiving?

De mate van doorstuiving kan met de huidige vorm van monitoring niet worden bepaald. Dit zou gemeten moeten worden met behulp van zandvangsters. Aan de depositievormen achter de stuifkuilen is af te leiden dat er hoogstwaarschijnlijk wel sprake zal zijn van enige doorstuiving verder landwaarts.

M1.6: hoe ontwikkelt de verhouding kaal zand en begroeiing?

Door het nabeheer blijft een groot deel van het kale zand kaal, maar het kale oppervlak neemt wel af. In de kuilen aan de zuidkant neemt het kale oppervlak extreem snel af.

M2, leerdoel

M2.1: wat is per ingreep het effect op de verstuiving (erosie, depositie)?

Over het algemeen tonen de vlakken waar stuifkuilen zijn gegraven een grotere activiteit dan vlakken waar alleen is geplagd.

M2.2: zijn er verschillen tussen ingrepen en zijn deze te verklaren?

De ingrepen waar alleen Helm is afgeplagd tonen een lage dynamiek, terwijl de combinatie van afplaggen en het aanzetten van een stuifkuil een veel grotere dynamiek oplevert. Dit zou kunnen samenhangen met de afgraafdiepte. Afplaggen is een oppervlakkige ingreep waar wortels snel weer kunnen uitgroeien tot nieuwe planten. Bij het graven van een

stuifkuil zijn mogelijk meer van de wortels verwijderd, waardoor dynamiek een betere kans krijgt.

Bij een aantal kuilen overheerst erosie aan de bovenkant van de helling (3, 5, 11, 12), bij andere juist aan de onderkant van de helling (4, 8, 9). De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk. Kuilen 2 en 10 tonen nauwelijks dynamiek. Kuilen 14 t/m 17 zijn vrijwel gestabiliseerd door vegetatie. Kuilen 1, 6, 7 en 13 zijn over het gehele oppervlak gelijkmatig erosief.

M2.3: waar is nabeheer nodig en waar niet en is dit te verklaren?

Kuilen 15 t/m 17 zijn alweer vrijwel dichtgegroeid. Het is de vraag of het zinvol is hier opnieuw in te grijpen. Blijkbaar is de lokale situatie hier zodanig dat vegetatie extreem makkelijk het oppervlak bedekt. Er is hier geen nabeheer meer gepleegd.

In de overige kuilen bestond het nabeheer in 2015 uit het handmatig verwijderen van vegetatie (trekken van Helm, schoffelen van Dauwbraam) en ruimen (trekken en rapen) van wortels. Voor de zomer van 2016 is geen nabeheer gepland, omdat dit op dit moment niet nodig is.

M2.4: welke ingreep is het meest succesvol?

De combinatie van afplaggen en het aanzetten tot een stuifkuil lijkt het meest succesvol, op een locatie waar ook afslag nog enig effect heeft. Van alle kuilen zijn 11, 12 en 13 succesvol zonder substantieel nabeheer. Kuilen 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9 zijn succesvol met nabeheer, waarbij de dynamiek in kuil 6 lager is dan in de andere kuilen. Kuilen 2 en 10 doen weinig. Beide kuilen zijn, net als overigens kuil 6, hoog op de zeereep gelegen. Kuilen 2 en 10 zijn bovendien niet gegraven maar afgeplagd. Kuilen 14 t/m 17 zijn opnieuw afgegraven (na aanvankelijk alleen afgeplagd te zijn) maar lijken opnieuw snel te stabiliseren.

Evaluatievragen geomorfologie:

E1.1: Is de landschappelijke variatie toegenomen?

De landschappelijke variatie is toegenomen door afwisseling in sterk en minder sterk overstoven oppervlakken rondom de kuilen en doordat de kuilen zelf het eenvormige reliëf doorbreken. Door uitstuiving beginnen vlakken zich meer tot een ketelvorm te ontwikkelen.

E1.2: Is de variatie in reliëf toegenomen?

De variatie in reliëf is door aanleg van de stuifkuilen toegenomen. Door uitstuiven ontstaan ketelvormen, door overstuiving ontstaan ook topjes, waardoor het reliëf op de zeereep meer variatie vertoont.

E1.3: Is de dynamiek in de zeereep toegenomen?

De dynamiek in de zeereep is toegenomen. In 2015 is er een sterkere toename dan in 2014, op grond van de veldkartering 2016 lijkt er dan sprake van een lichte afname.

E1.4: Zijn processen zodanig geactiveerd dat ook in de komende jaren de diversiteit zal toenemen?

De ontwikkeling van overstuiving is zodanig op gang gekomen na het nabeheer van 2014 (en in kuilen 11 t/m 13 na de eerste ingreep) en geconsolideerd in 2016, dat de verwachting is dat dit in ieder geval het komende jaar doorzet.

E1.5: Is het aantal actieve stuifkuilen toegenomen?

Het aantal actieve stuifkuilen is niet toegenomen ten opzichte van de vorige opname. Wel zijn de meeste kuilen actiever geworden, waarmee het succes van het nabeheer duidelijk wordt.

E1.6: Is er sprake van een duurzame ontwikkeling?

Op het moment van schrijven van dit rapport, medio 2016, lijkt er in ieder geval voorlopig geen aanvullend nabeheer nodig. Of daarmee een duurzame ontwikkeling in gang is gezet valt nu nog niet te beoordelen.

E1.7: Is het oppervlak met matige tot sterke overstuiving toegenomen?

Ten opzichte van vorig jaar is het oppervlak met matige tot sterke overstuiving toegenomen, zowel voor de referentiekuiten als voor de behandelde kuiten. Voor de referentiekuiten is de toename sterker, maar hier is vorig jaar een afname geconstateerd, terwijl toen bij de behandelde kuiten ook al een toename werd geconstateerd. Ten opzichte van 2013 zijn de toenames vergelijkbaar.

E1.8: Is de mate van doorstuiving vanaf de zeereep landinwaarts toegenomen?

De mate van doorstuiving kan met de huidige vorm van monitoring niet worden bepaald. Dit zou gemeten moeten worden met behulp van zandvangers.

E1.9: Is de doorvoer van zand vanaf het strand naar de boven- en achterkant van de zeereep toegenomen?

In een aantal gevallen is er via een klif een verbinding ontstaan tussen strand en kuiten (kuiten 4, 5 en 8). Hierdoor zal de doorvoer van strandzand naar de zeereep zeker zijn toegenomen.

Evaluatievragen randvoorwaarden voor ecologie:

E2.1: Zijn de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Witte duinen verbeterd?

Gezien de toegenomen overstuiving op de zeereep is de conclusie dat de randvoorwaarden voor Witte duinen zijn verbeterd.

E2.2: Zijn de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Grijze duinen verbeterd?

Gezien de toegenomen overstuiving op de zeereep is de conclusie dat de randvoorwaarden voor Grijze duinen zijn verbeterd.

Evaluatievragen succes ingreep:

E3.1: Is de ingreep succesvol geweest?

Het is nog te vroeg voor conclusies, maar op dit moment is er in ieder geval in een deel van de kuiten sprake van een dynamische ontwikkeling met processen die voorheen in het gebied werden onderdrukt. Daarmee is zowel de dynamiek als de landschappelijke diversiteit binnen het gebied toegenomen, wat één van de doelstellingen van het project is.

E3.2: Wat vindt het publiek ervan?

Geen gegevens.

E3.3: Is er aanleiding de ingrepen uit te breiden?

Het is nog te vroeg voor conclusies.

E3.4: Is er aanleiding de ingrepen ook op andere locaties toe te gaan passen?

Het is nog te vroeg voor conclusies.

5 NABEHEER

Aanvankelijk was het de bedoeling het nabeheer met behulp van vrijwilligers uit te voeren. In de eerste jaren na uitvoering bleek dit onhaalbaar en bleek ook extra intensief en machinaal nabeheer nodig om de boel op gang te krijgen. In 2014 zijn daarom verschillende nieuwe ingrepen uitgevoerd. Kuilen 11 t/m 13 zijn alleen door beheervrijwilligers behandeld op 7 mei en 17 en 22 september 2014. Kuilen 14 t/m 17 zijn op 30 september 2014 opnieuw uitgegraven, waarbij het afgegraven zand in een depot aan de zeezijde van de kuilen is gestort. Kuilen 1 t/m 10 zijn in juli 2014 met behulp van paarden geploegd, om het oppervlak los te maken en wortels te verwijderen en daarna uitgeharkt door beheervrijwilligers. Deze werkzaamheden hebben plaatsgevonden op 30 juli, 06 augustus, 11 augustus en 10 september 2014.

Na de winter van 2014 lijkt dit nabeheer zijn vruchten afgeworpen te hebben. De dynamiek is aanmerkelijk toegenomen. In 2015 is het nabeheer aanzienlijk beperkter geweest en was het wel mogelijk dit geheel met vrijwilligers uit te voeren. Het nabeheer heeft plaats gevonden op de volgende tijdstippen:

- 17 juni 2015: kuilen 11, 12 en 13
- 24 juni 2015: kuilen 8, 9 en 10
- 29 juni 2015: kuilen 7 en 8
- 1 juli 2015: kuilen 6 en 7
- 8 juli 2015: kuilen 1, 3 en 18 (= deel van R1)
- 16 november 2015: kuil 13
- 18 november 2015: kuil 12

Het nabeheer bestond uit het trekken van Helm, het schoffelen van Dauwbraam en het trekken en rapen van wortels. Vanwege de huidige positieve ontwikkeling is er voor 2016 geen nabeheer gepland. In kuilen 14 t/m 17 is niets meer gedaan, omdat iedere inspanning hier zinloos is gebleken.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het nabeheer van 2014 heeft zijn vruchten afgeworpen, mede geholpen door afslag die in 2014-2015 opnieuw voor actieve klifontwikkeling heeft gezorgd. Een groot deel van de kuilen is actief geworden, waardoor de zeereepdynamiek aanmerkelijk is toegenomen. Voor kuilen 1 t/m 10 bestond het nabeheer uit het verwijderen van vegetatie en blootgestoven wortels en het doorploegen van het oppervlak met paard en ploeg. Van deze kuilen zijn alleen kuilen 2 en 10 niet geactiveerd en kuil 6 minder intensief dan de overige kuilen. Kuilen 2 en 10 zijn beide bij de eerste ingreep alleen afgeplagd en niet afgegraven en liggen ook beide hoog op de zeereep. Kuilen 11 t/m 13 zijn in 2014 niet nabeheerd wel met vrijwilligers, omdat de verstuiwing hier direct al goed op gang was gekomen. De dynamiek zet hier door. Kuilen 14 t/m 17 zijn bij het nabeheer opnieuw uitgegraven, maar voor kuilen 15 t/m 17 lijkt dit zinloos, ze zijn na een tweede ingreep in 2015 alweer grotendeels gestabiliseerd. Blijkbaar heersen hier omstandigheden die extreem gunstig voor vegetatieontwikkeling zijn, mogelijk iets met nutriënten. Voor de overige kuilen is in 2015 beperkt nabeheerd, waarbij Helm is getrokken, Dauwbraam is geschoffeld en wortels zijn geraapt en getrokken. Dit heeft een zodanig positieve invloed gehad dat voor 2016 geheel geen nabeheer meer wordt voorzien.

De ontwikkeling in de stuifkuilen is in 2015 opnieuw deels geholpen door afslag. Met name in de noordelijke kuilen is een klif ontstaan waar ook achteruitgang optreedt door winderosie. Er is bij een aantal kuilen een verbinding tussen strand/klif en kuil. Dit geldt voor kuilen 1, 3, 4, 5 en 8.

Van de kaalgemaakte oppervlakken stabiliseert wel een deel, vooral die vlakken die alleen geplagd zijn. Maar er is ook vaak sprake van sterke erosie. Kuilen 4, 5, 8, 9, 11, 12 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot een klassieke stuifkuilvorm. Kuilen 1, 3, 4, 5 en 8 liggen het dichtst tegen de afslagzone aan, hebben verbinding met het afslagklif en hebben het meest baat bij de opgetreden afslag. Voor kuilen 4, 5 en 8 is er een daadwerkelijke verbinding ontstaan tussen strand en stuifkuil via het klif.

Het oppervlak van de stuifkuilen zelf toont weinig verandering, maar is nu wel flink erosief. De kuilen veranderen sterk in de diepte. Kuilen 4, 11 en 12 ondergaan de sterkste erosie met een verlaging van 1-1.5m. Kuilen 3, 5, 8, 9, 13 ondergaan een verlaging tussen 0.7 en 1m. In kuil 7 bedraagt de erosie circa 0.5, in kuil 1 0.3-0.5m. Kuilen 2 en 10 verlagen geheel niet.

Aan de oostzijde van de stuifkuilen zijn duidelijk depositiezones te zien. Een aantal kuilen wordt kleiner door vestiging van vegetatie in het kaal gemaakte oppervlak, waarschijnlijk door uitlopen van wortels. Kuilen 4, 5, 8, 9 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot stuifkuilen. Kuilen 1, 3, 4, 5 en 8 liggen het dichtst tegen de afslagzone aan, hebben verbinding met het afslagklif en hebben het meest baat bij de opgetreden afslag.

Bij een aantal kuilen overheerst erosie aan de bovenkant van de helling (3, 5, 11, 12), bij andere juist aan de onderkant van de helling (4, 8, 9). De oorzaak hiervan is nog niet duidelijk. Kuilen 2 en 10 tonen nauwelijks dynamiek. Kuilen 14 t/m 17 zijn vrijwel gestabiliseerd door vegetatie. Kuilen 1, 6, 7 en 13 zijn over het gehele oppervlak gelijkmatig erosief.

De overstuivingszones zijn aanmerkelijk uitgebreid en er ontstaan zones waar de hoogte toeneemt door opstuiving. Zowel de erosie als de depositie zorgt voor een toenemende variatie in het reliëf. Hoewel het kale oppervlak door uitgroeien van wortels afneemt, neemt het overstoven oppervlak zodanig toe dat het totale oppervlak waar dynamiek een rol speelt ook toeneemt. Van 2014 naar 2015 neemt het oppervlak wat door overstuiving wordt beïnvloed toe van 1.02 ha naar 3.46 ha. In

2016 neemt dat oppervlak iets af naar 3.06 ha. Deze getallen zijn gebaseerd op de veldkarteringen overstuiving. Op grond van de luchtfotokarteringen gelden dezelfde conclusies, alleen is de kartering van 2016 nog niet beschikbaar. Overigens zal het werkelijke oppervlak dat door overstuiving wordt beïnvloed groter zijn, omdat er rondom verstuivingen altijd een grote zone is waar zeer fijne overstuiving optreedt, maar die in karteringen niet is terug te vinden.

In vergelijking tot een aantal referentiekuiten die ook gemonitord worden is de ontwikkeling min of meer vergelijkbaar. Overigens zijn de referentiekuiten aanmerkelijk kleiner dan de aangelegde kuiten.

Een vergelijking van de actieve en minder actieve kuiten met het type ingrepen lijkt erop te wijzen dat alleen afplaggen op hogere delen van de zeereep de minste activiteit oplevert. De combinatie van afplaggen en het aanzetten tot een stuifkuil lijkt daarentegen een goede combinatie. De grotere afgraafdiepte draagt waarschijnlijk bij aan het verwijderen van meer wortels, waardoor vegetatie een kleinere kans tot terug groeien krijgt. De afplagdiepte is dus van invloed op de mate van succes van de ingreep.

Er moeten criteria worden vastgesteld om de mate van succes te kunnen bepalen. Mogelijke criteria zijn differentiatie in het reliëf, mate van activiteit van processen, of percentage van het landschap wat beïnvloed wordt door dynamische processen.

Het volgen van recreatie kan een nuttige (of misschien noodzakelijke) aanvulling zijn.

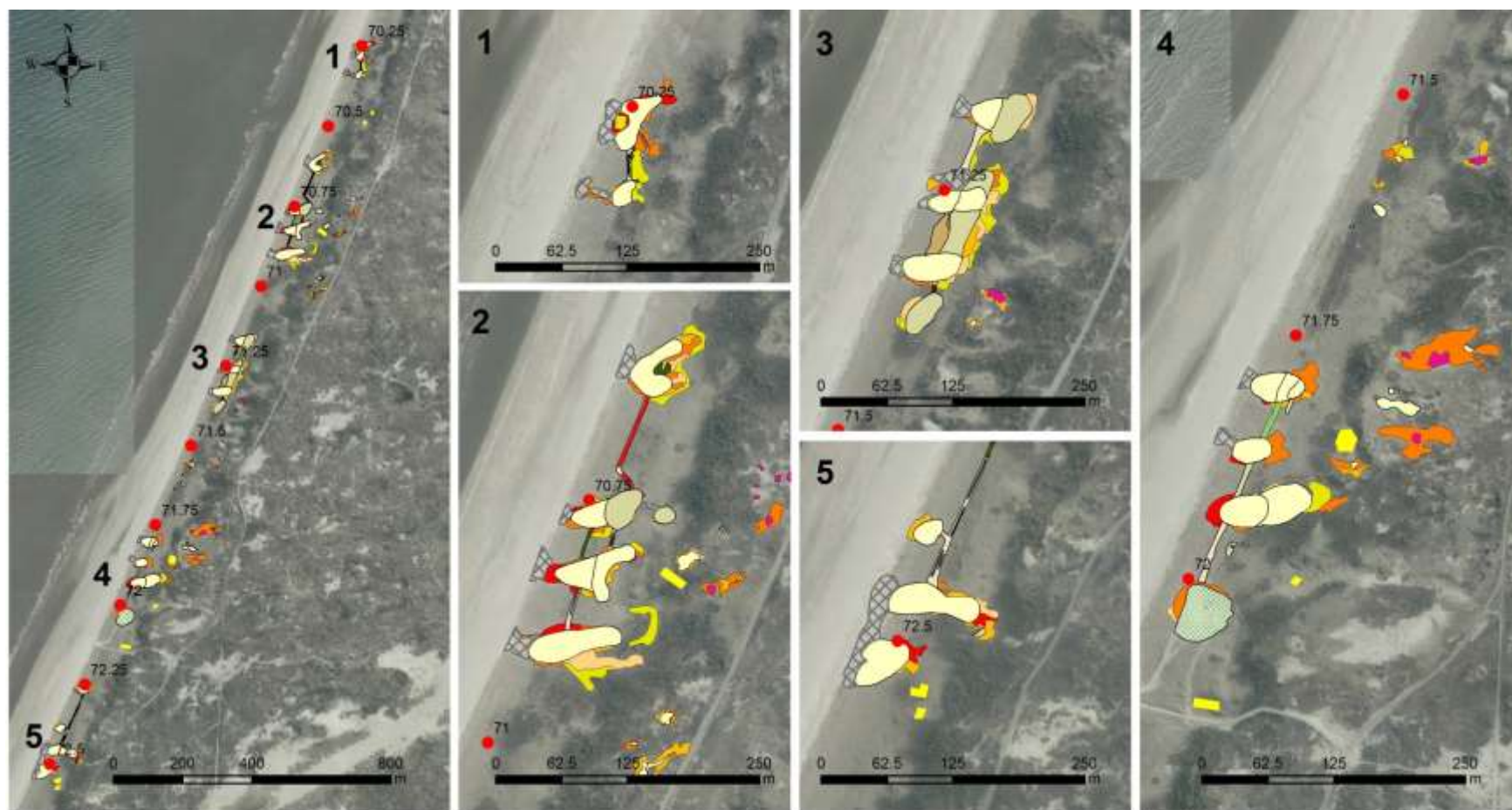
Het leveren van luchtfoto's voor de dynamiekkartering was dit jaar problematisch. Gevolg is dat niet de voorjaarsbeelden maar alleen de zomerbeelden met een lagere resolutie gebruikt konden worden. Dit betekent dat de gekarteerde overstuiving onderschat is ten opzichte van de voorjaarsbeelden. Voor de conclusies van dit rapport is dit niet van invloed. Voor 2016 is het wel zaak dat Waternet tijdig de nieuwe luchtfoto's ter beschikking kan stellen.

7 Referenties

- Arens, S.M., 2010. Project Noordvoort; ontwerp ingrepen ter bevordering van een natuurlijke zeereep. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP2010.06 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2013a. Inventarisatie toestand verstuvingsingrepen Noordvoort ten behoeve van nabehoor. Verslag veldbezoek Noordvoort 13 september 2013. Notitie Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2013b. Project Noordvoort, Monitoringsplan geomorfologie. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2013.06 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2014. Project Noordvoort, Monitoring geomorfologie 2014. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2015.03 in opdracht van Waternet.
- Kruijsen, B.W.J.M., 2010. Voortoets project Noordvoort. Ontwikkeling van een dynamische zeereep tussen Noordwijk en Zandvoort. Ecologisch Adviesbureau B. Kruijsen in opdracht van Waternet.
- Kruijsen, B.J.W.M., C. ten Haaf en M. van Til, 2012. Ontwikkeling flora en vegetatie 1995-2011 in project Noordvoort. Rapport Witteveen+Bos, Ecologisch adviesbureau B. Kruijsen, Ten Haaf en Bakker ecologisch en hydrologisch adviesbureau en Waternet.

BIJLAGEN

- A: Dynamiekkarteringen
- B: Veldkarteringen overstuiving
- C: Veldkartering overstuiving per kuil
- D: Verschilkaarten laseraltimetrie
- E: Veldkarteringen bedekking
- F: Profielen
- G: Detailbeschrijving per kuil



Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie
Kartering dynamiek 2013

Legenda

● Rijksstrandpalen	A1	A2	A3	O	O2p	S0a	S1/A	V1
■ bunkers	A1/2	A2/3	B	O2	OX	S1	S3	W1

Opdrachtgever: Waternet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Status: Definitief
 Datum: 8 november 2013
 Projectleiding: Maaike Veer
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Kartering dynamiek 2014

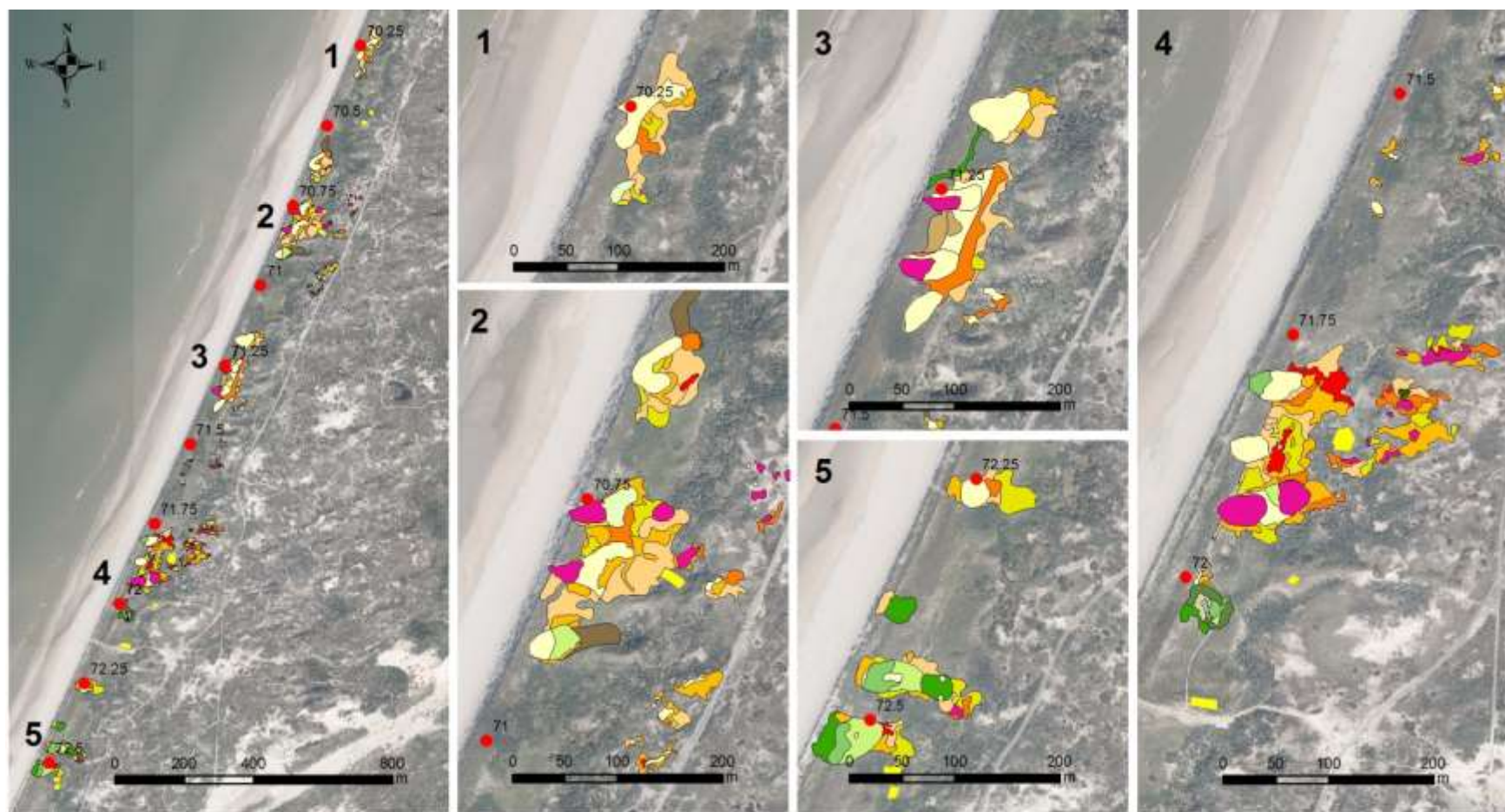
Legenda

● Rijksstrandpalen	A1	A2	A3	O	O2p	S0a	S1/A	V1
■ bunkers	A1/2	A2/3	B	O2	OX	S1	S3	W1

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 10 maart 2015
Projectleiding: Maaïke Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Kartering dynamiek 2015

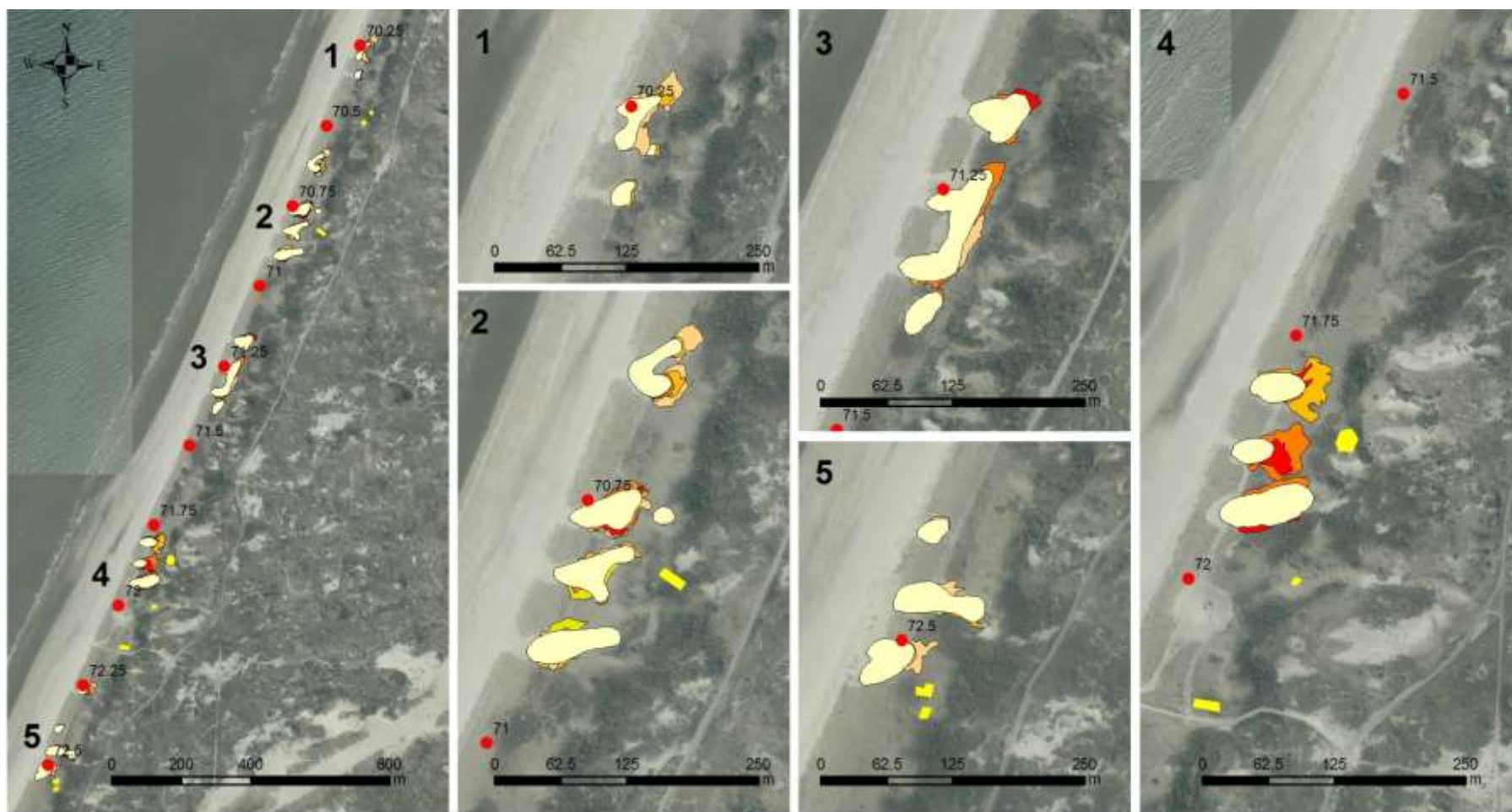
Legenda

● Rijsstrandpalen	A1	A2/3	O	S0	S1/2	S2/3	V1
■ Bunkers	A1/2	A3	O/S0	S0/1	S1/A	S2/A	W1
	A2	B	O2	S1	S2	S3	X

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 16 juni 2016
Projectleiding: Maaike Veer
Kartering: Bas Arens

wateronnet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie
Kartering overstuiwingszones 2014

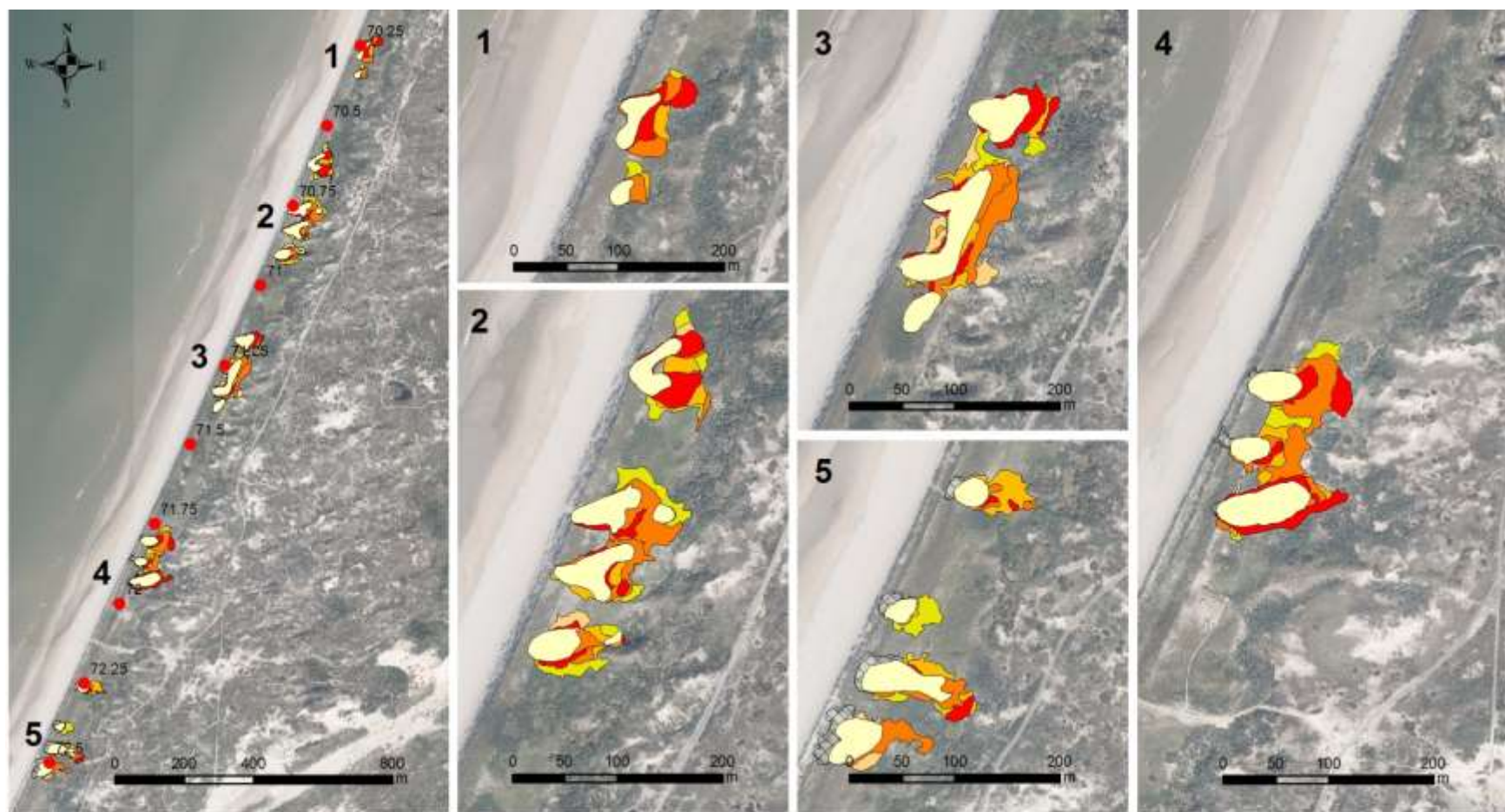
Legenda

A1
 A1/2
 A2
 A2/3
 A3
 O

Opdrachtgever: Waternet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Status: Definitief
 Datum: 16 mei 2014
 Projectleiding: Maaike Veer
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie
Kartering overstuivingszones 2015**

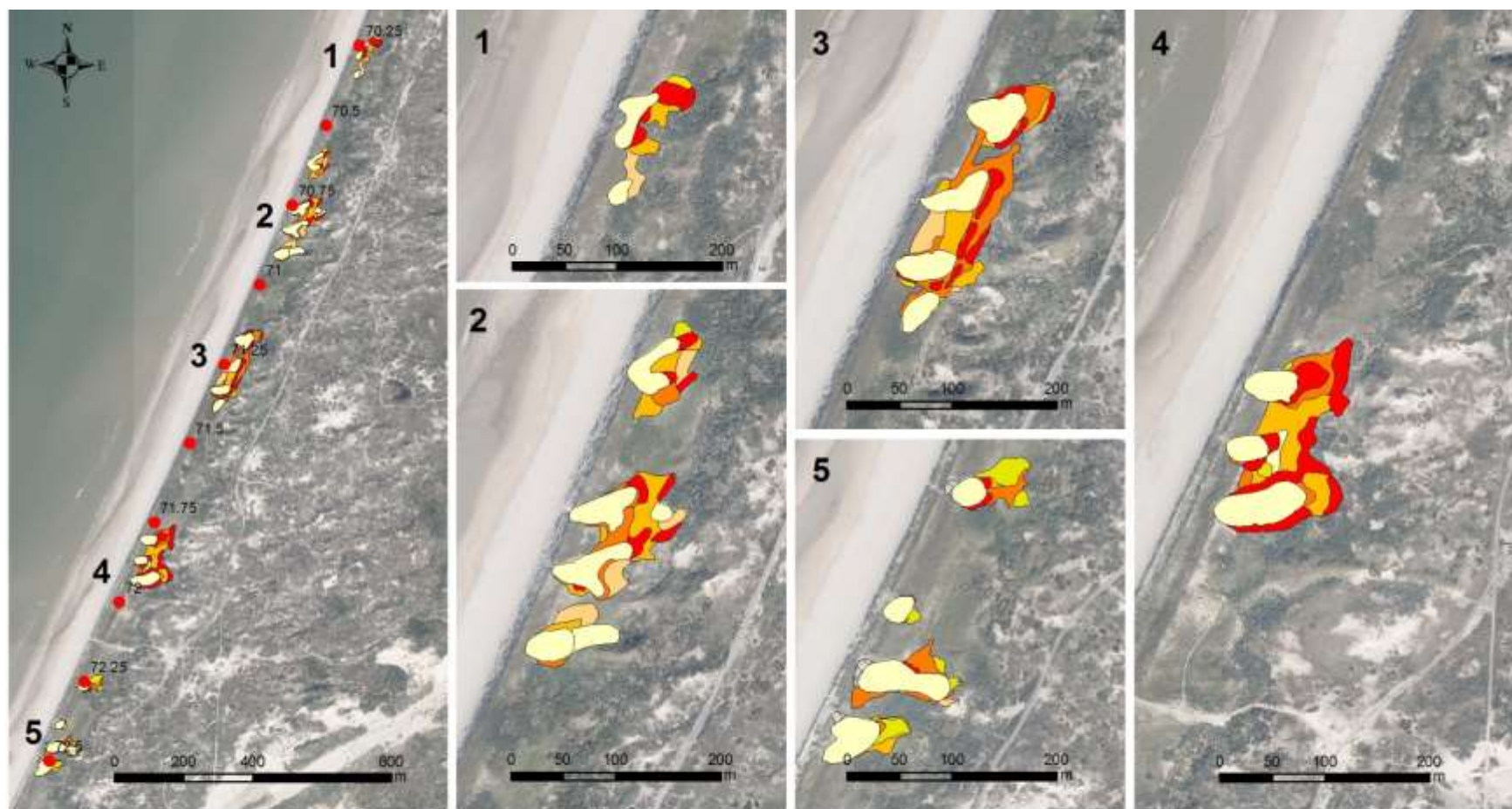
Legenda

A1
 A1/2
 A2
 A2/3
 A3
 O
 OX

Opdrachtgever: Watemet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Status: Definitief
 Datum: 21 april 2015
 Projectleiding: Maaike Veer
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie
Kartering overstuivingszones 2016

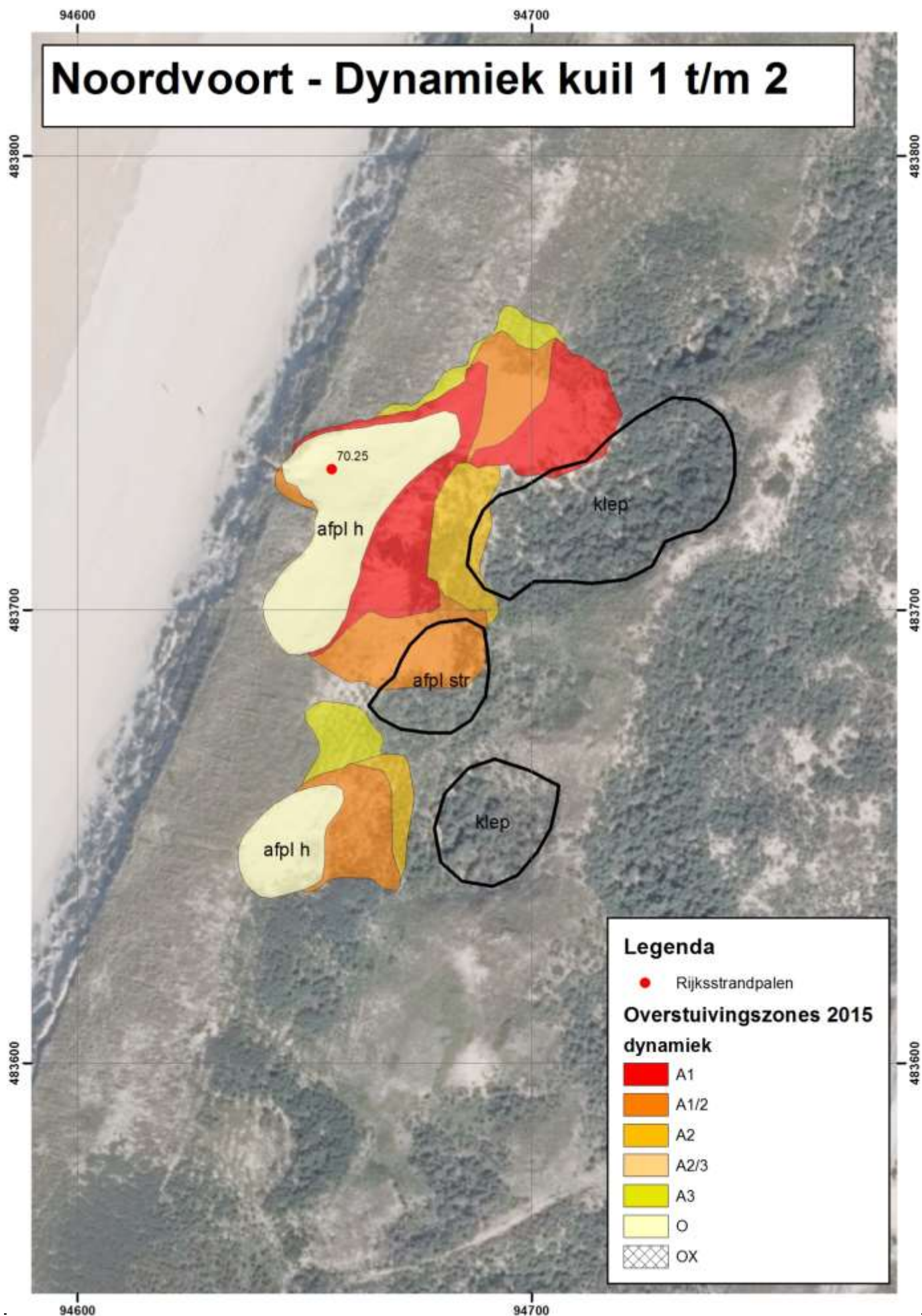
Legenda

A1
 A1/2
 A2
 A2/3
 A3
 O
 OX

Opdrachtgever: Watermet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Status: Definitief
 Datum: 26 april 2016
 Projectleiding: Maaike Veer
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





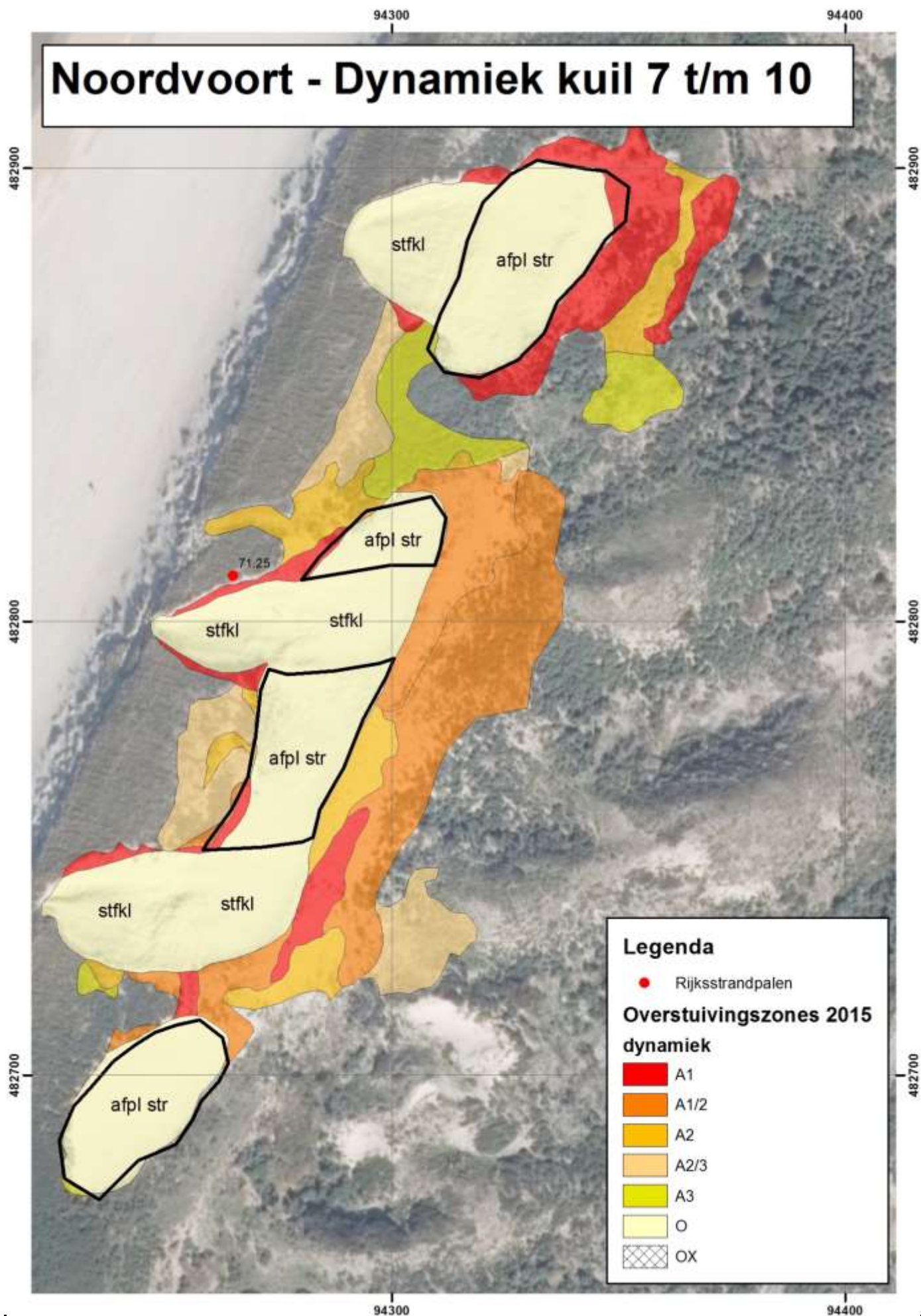
Noordvoort - Dynamiek kuil 3 t/m 6

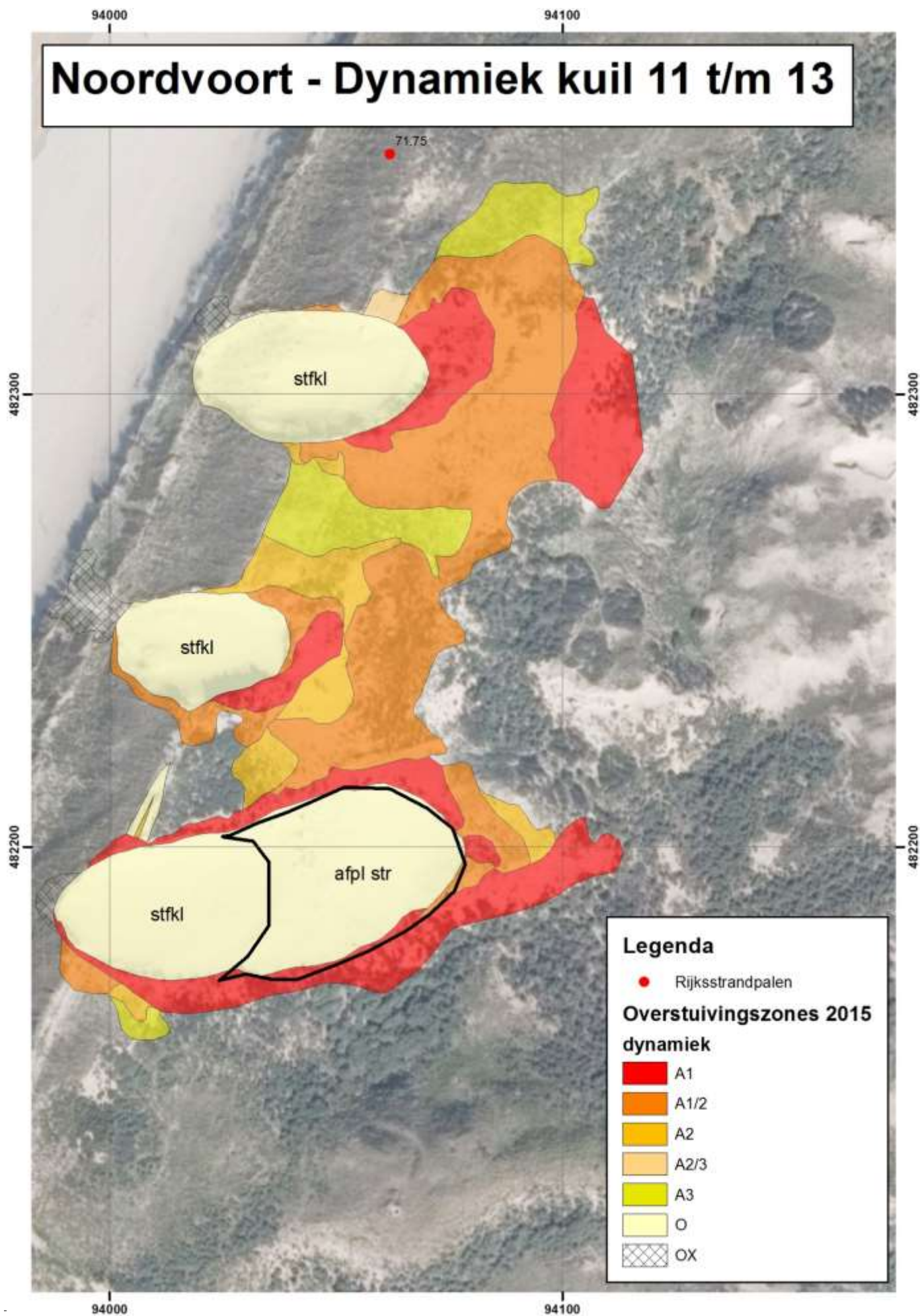
Legenda

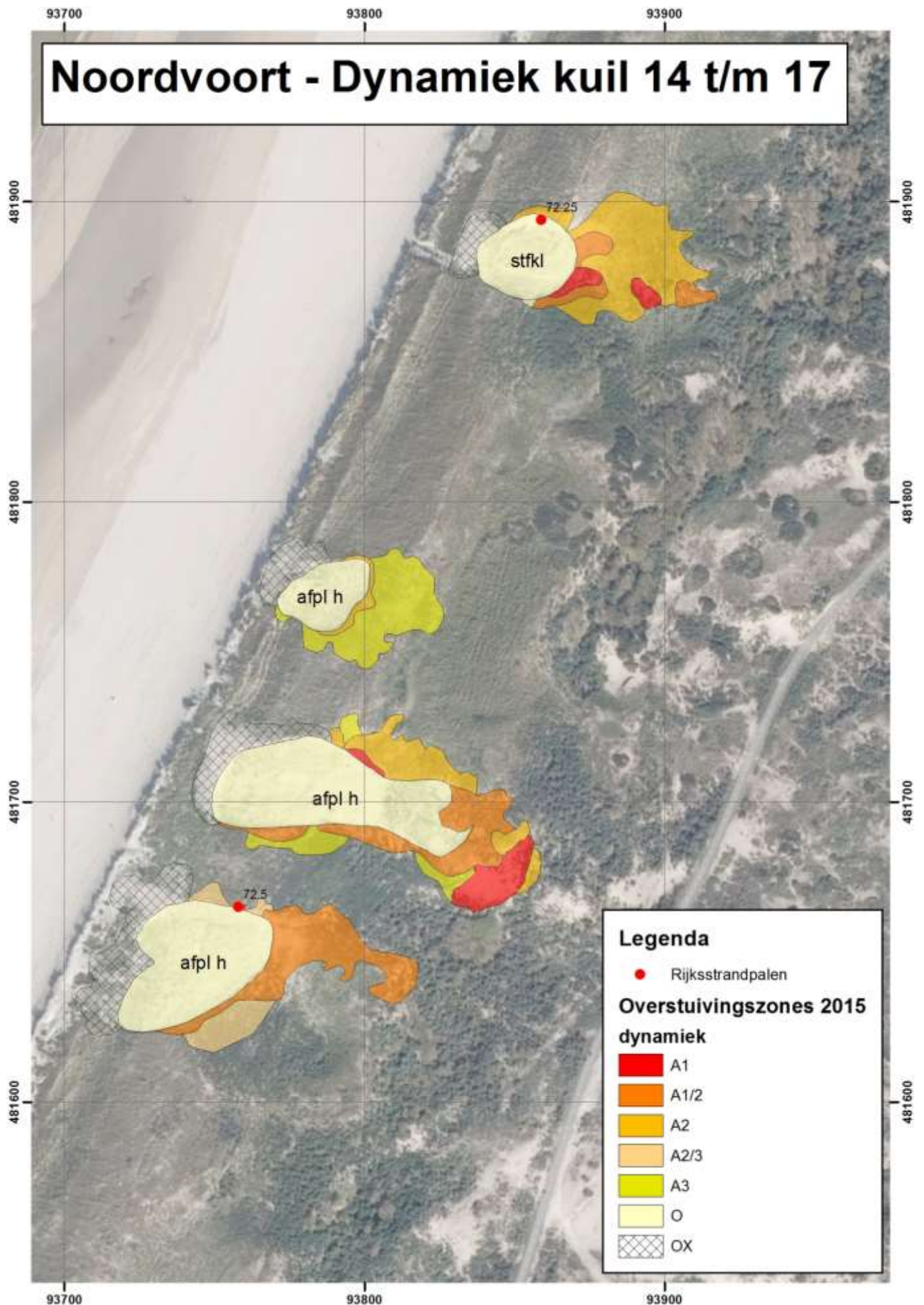
- Rijksstrandpalen

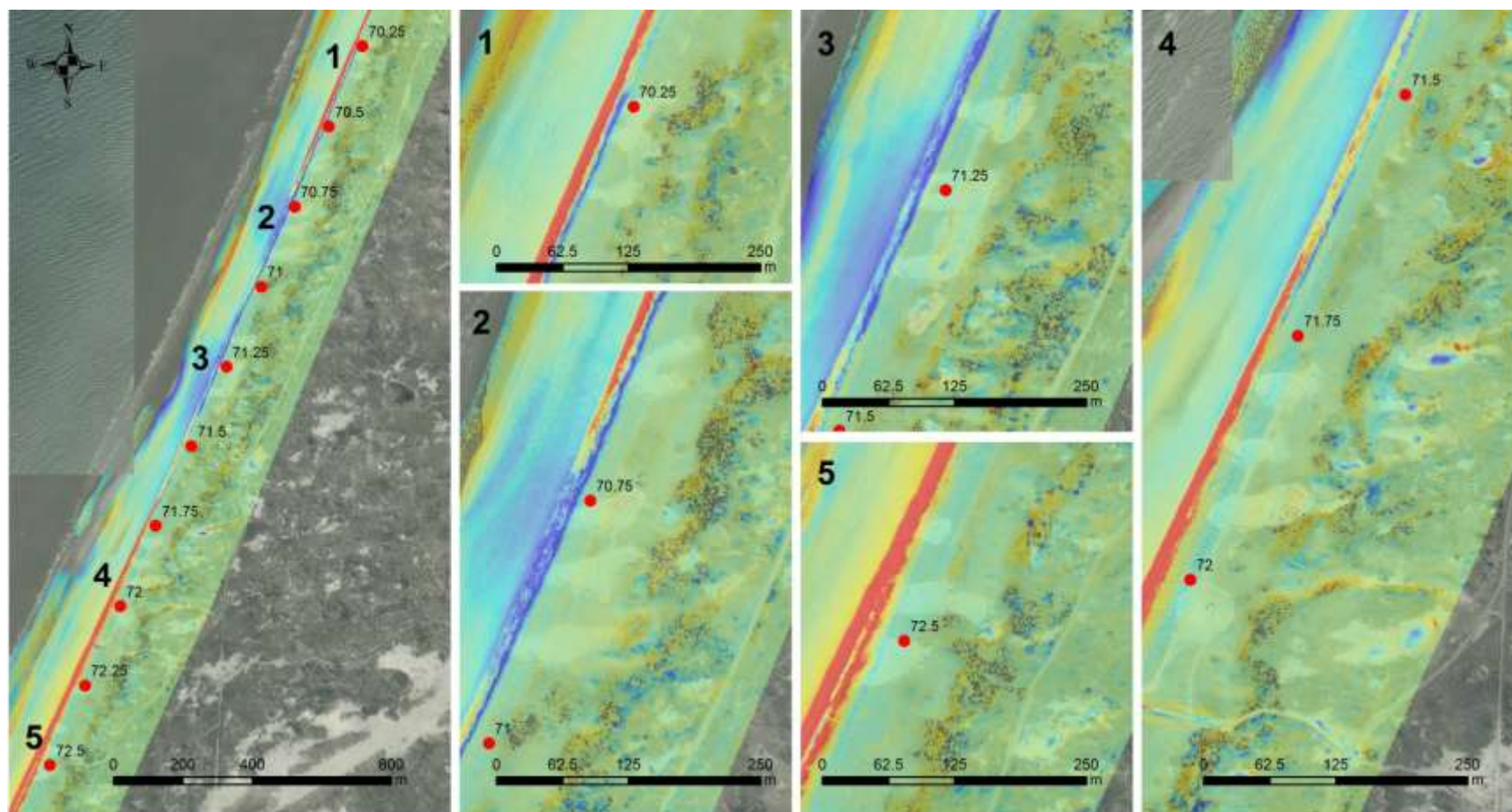
Overstuivingszones 2015 dynamiek

A1
A1/2
A2
A2/3
A3
O
OX









Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Hoogteveranderingen 2008-2012

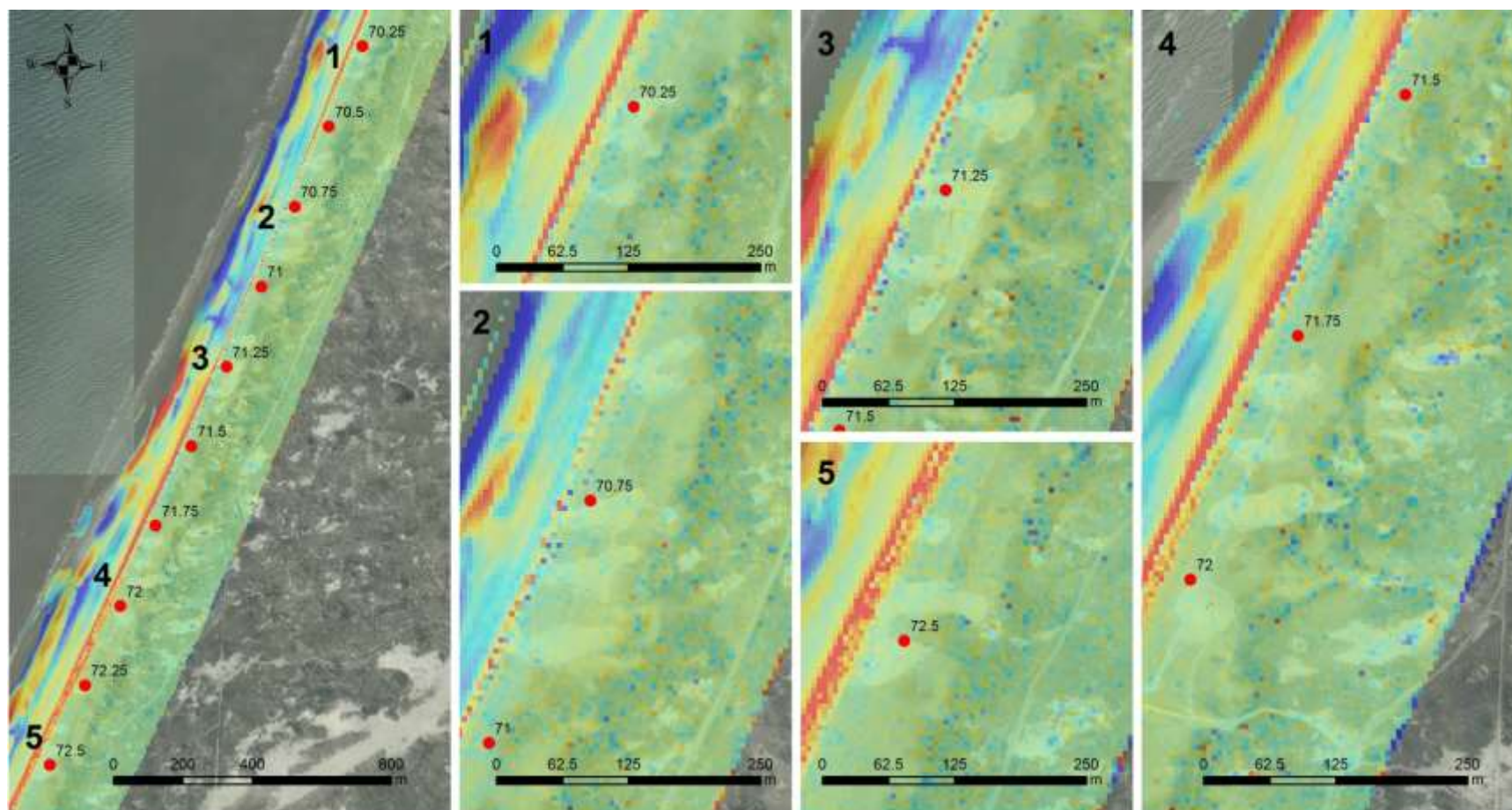
Legenda

- Rijksstrandpalen
- Depositie: 1.0m
- Erosie: -1.0m

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Data laseraltimetrie: RWS
Status: Definitief
Datum: 21 november 2013
Projectleiding: Maske Veer
Bewerking DTM: Stefan Fritz

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Hoogteveranderingen 2012-2013

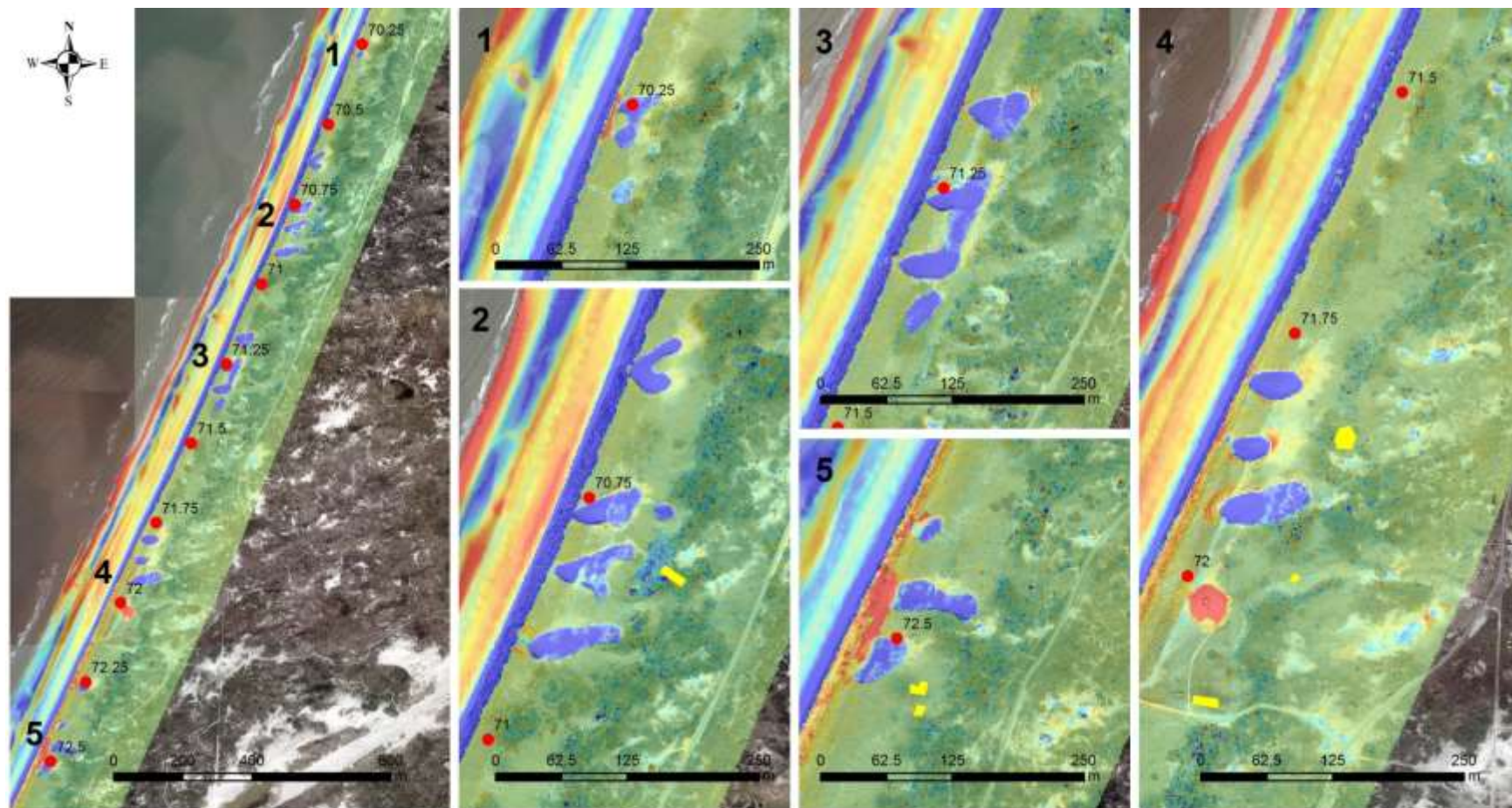
Legenda



Opdrachtgever: Waternet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Data laseraltimetrie: RWS
 Status: Definitief
 Datum: 19 december 2013
 Projectleiding: Maaikje Veer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Hoogteveranderingen 2013-2014

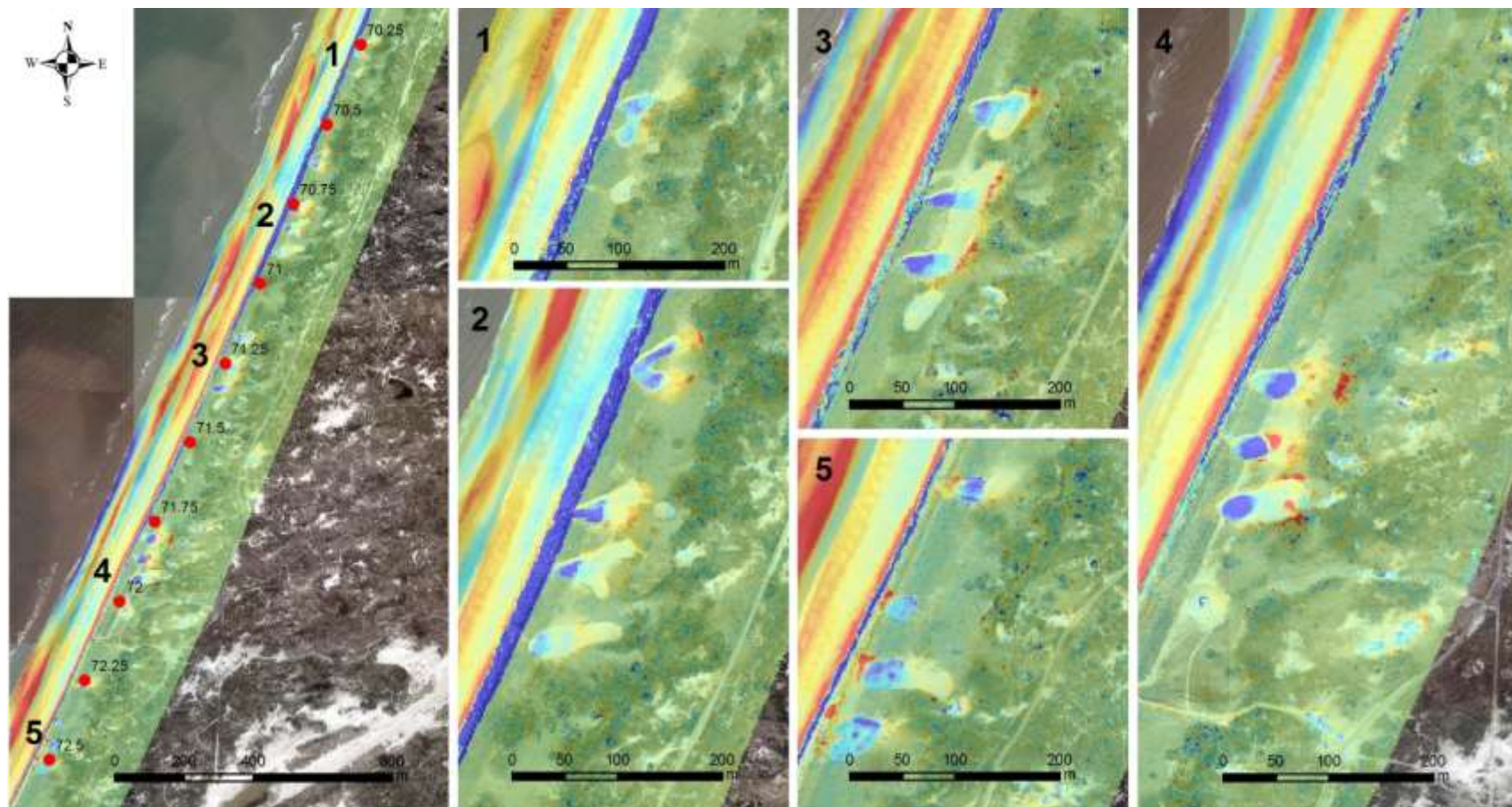
Legenda

- Rijksstrandpalen
- Depositie: 0.5m
- Erosie: -0.5m

Opdrachtgever: Waternet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 10 maart 2015
Projectleiding: Maaike Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Hoogteveranderingen 2014-2015

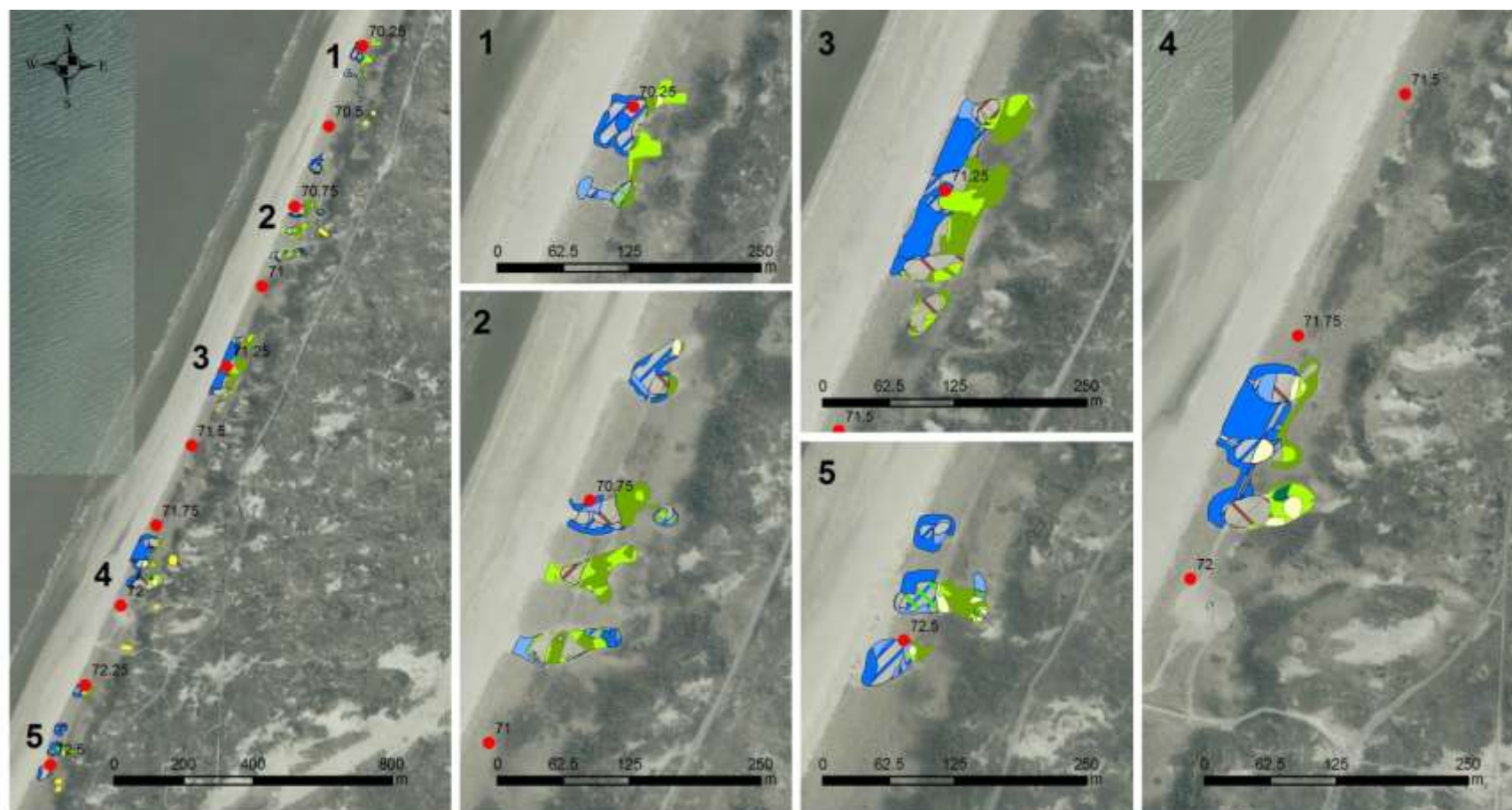
Legenda

- Rijksstrandpalen
- Depositie: 0.5m
- Erosie: -0.5m

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 18 april 2016
Projectleiding: Maaike Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Kartering bedekking 2013

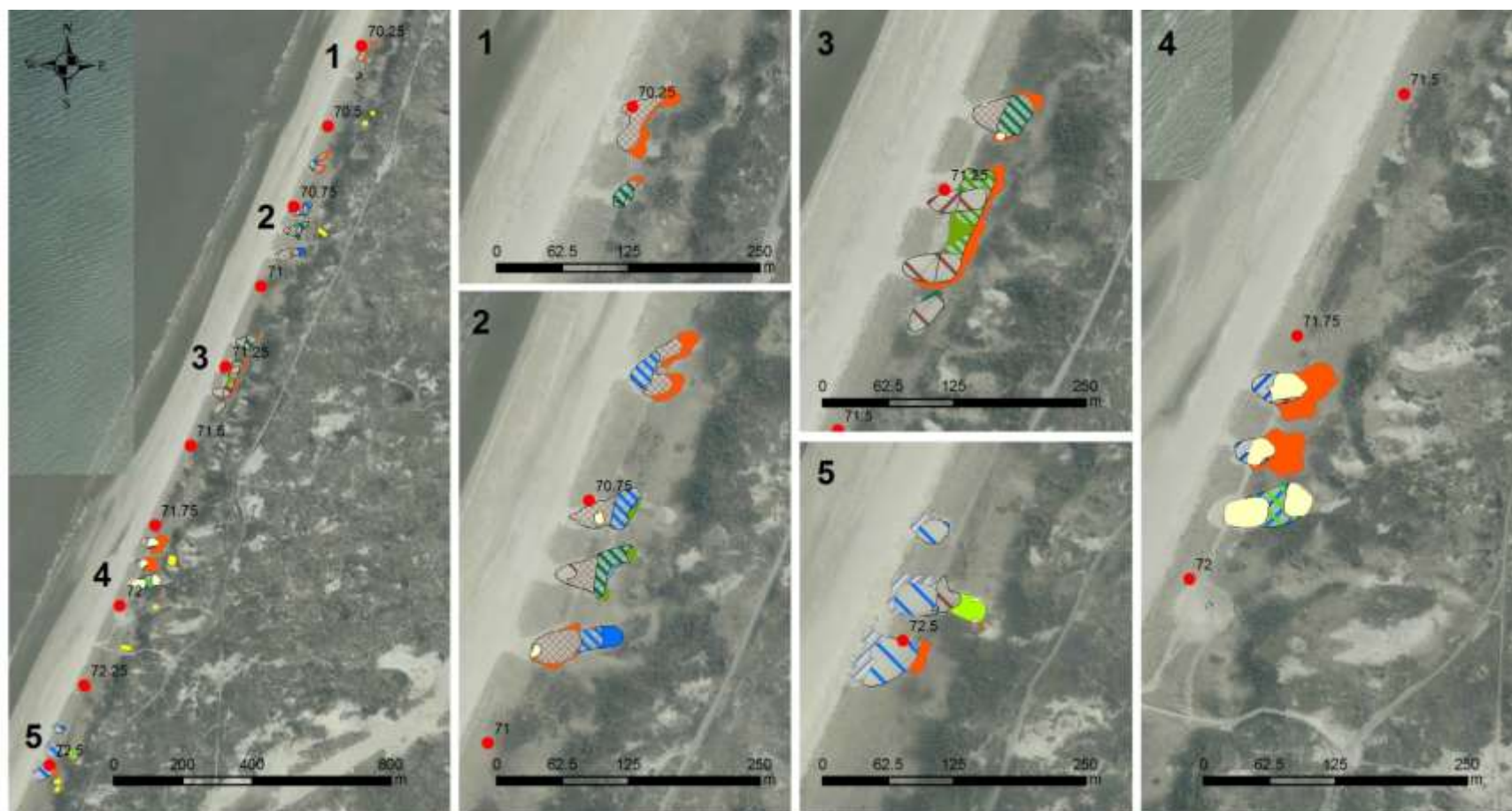
Legenda

• Rijkstrandpalen	kael	dichte wortels	dichte wortels + ov	helm dauwbraam 15%	matige dauwbraam
classificatie	lichte wortels	dichte wortels + h	helmeortels 5%	matige helm	dichte dauwbraam
depot	matige wortels	dichte wortels + dd	helmeortels 5-10%	dichte helm	dicht begroeid ov
				overstulving	

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 14 oktober 2014
Projectleiding: Maaike Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Kartering bedekking 2014

Legenda

● Rijkstrandpalen	■ kaal	▨ dichte wortels + h	▨ helmwortels 5-10%	■ matige dauwbraam
■ bunkers	▨ lichte wortels	▨ dichte wortels + dd	▨ helm dauwbraam 15%	■ dichte dauwbraam
classificatie	▨ matige wortels	▨ dichte wortels + ov	■ matige helm	■ dicht begroeid ov
▨ depot	▨ dichte wortels	▨ helmwortels 5%	■ dichte helm	■ overstuiving

Opdrachtgever: Watermet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 14 oktober 2014
Projectleiding: Maake Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Kartering bedekking 2015

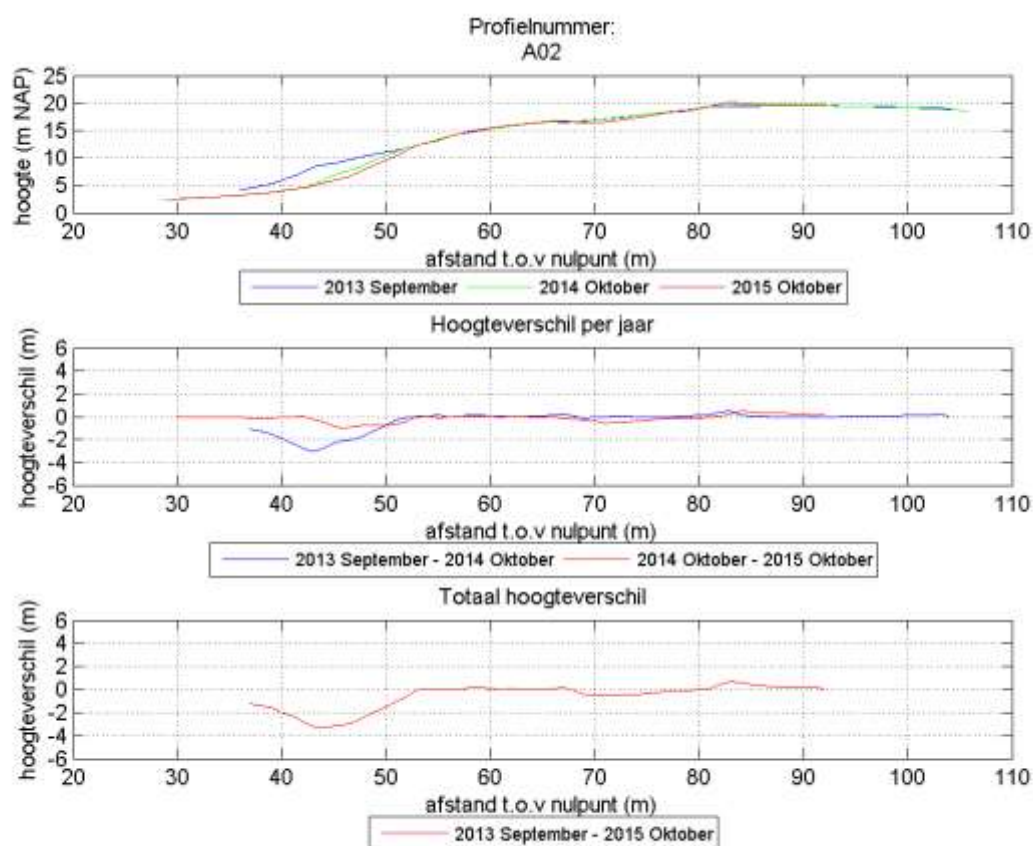
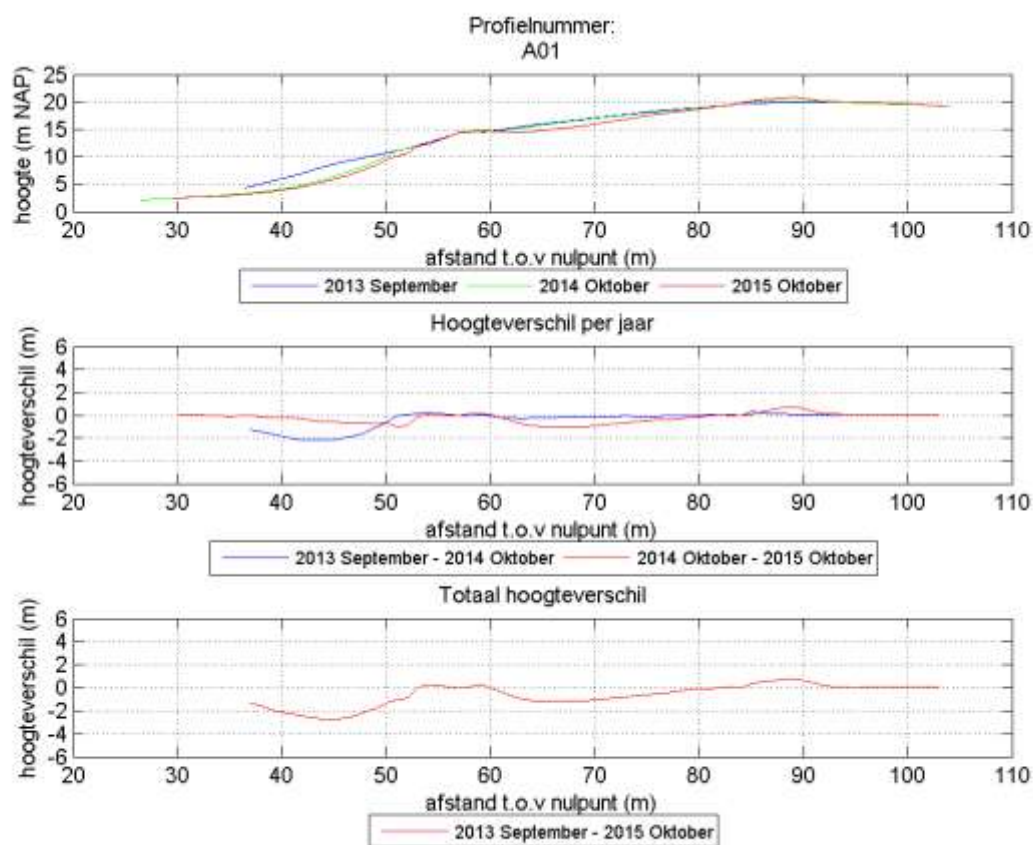
Legenda

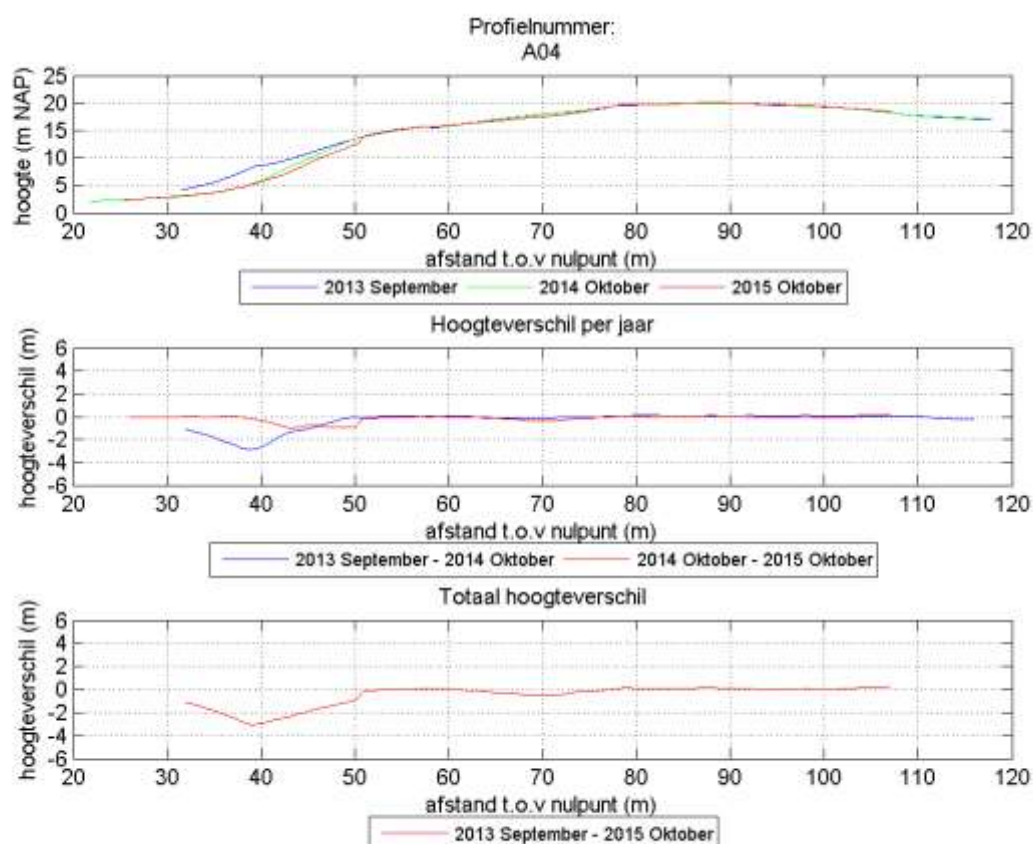
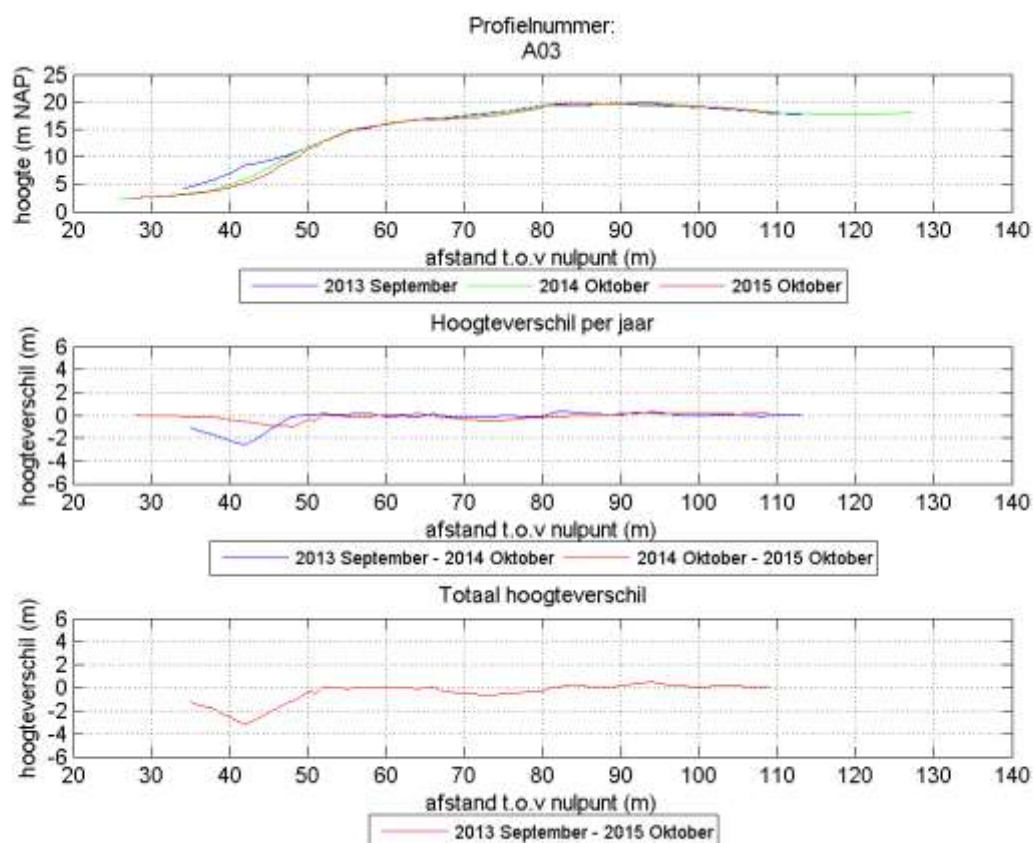
● Rijkstrandpalen	■ kaal	■ dichte wortels	■ dichte wortels + ov	■ matige helm	■ dichte dauwbraam
■ Bunkers	■ lichte wortels	■ dichte wortels + h	■ helmwortels 5%	■ dichte hum	■ licht begroeid ov
classificatie	■ lichte wortels + db	■ dichte wortels + db	■ helmwortels 5-10%	■ lichte dauwbraam	■ dicht begroeid ov
■ puin	■ matige wortels	■ dichte wortels + dd	■ helm dauwbraam 15%	■ matige dauwbraam	■ overstulping
■ depot					

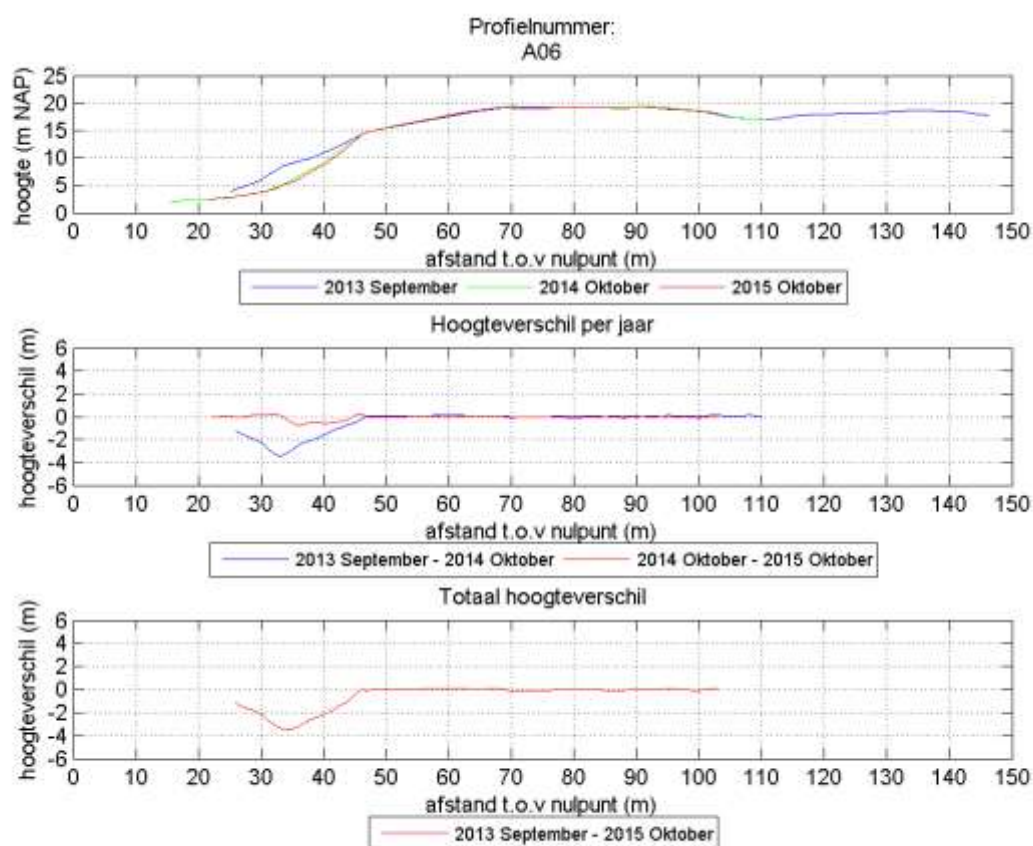
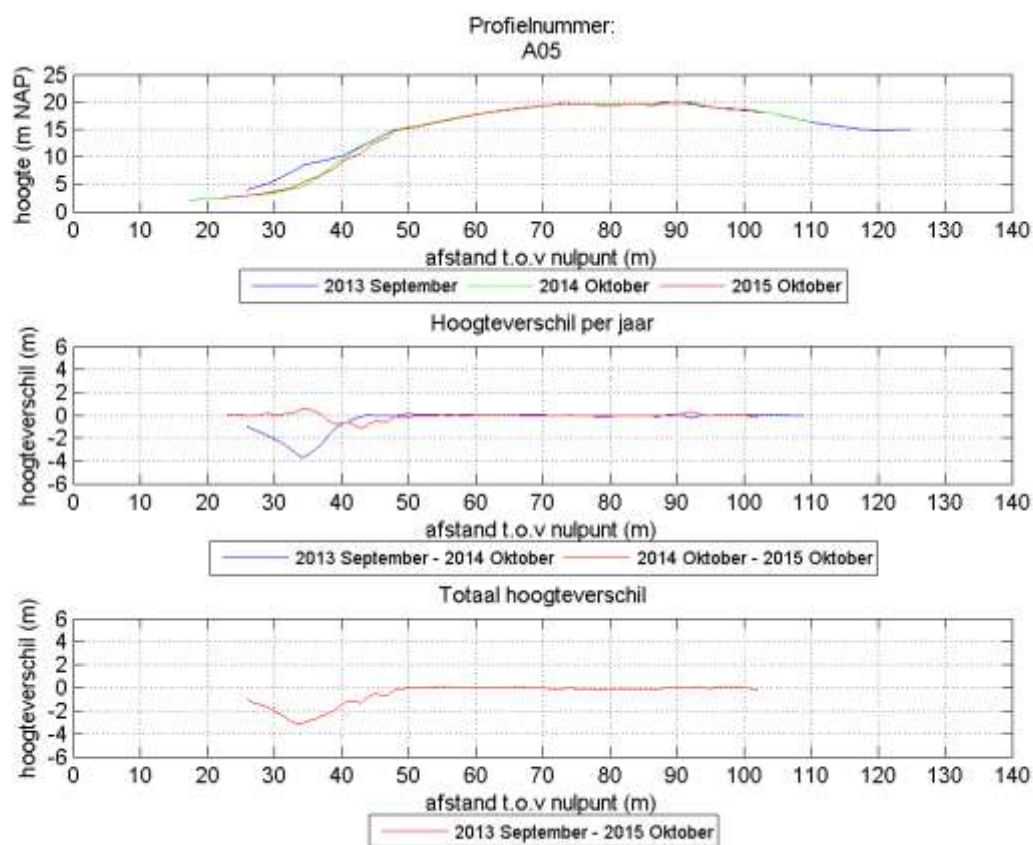
Opdrachtgever: Waternet
Uitvoering: Bureau voor Strand- en
Duinonderzoek
Status: Definitief
Datum: 18 april 2016
Projectleiding: Maaike Veer
Kartering: Bas Arens & Tessa Nelmeijer

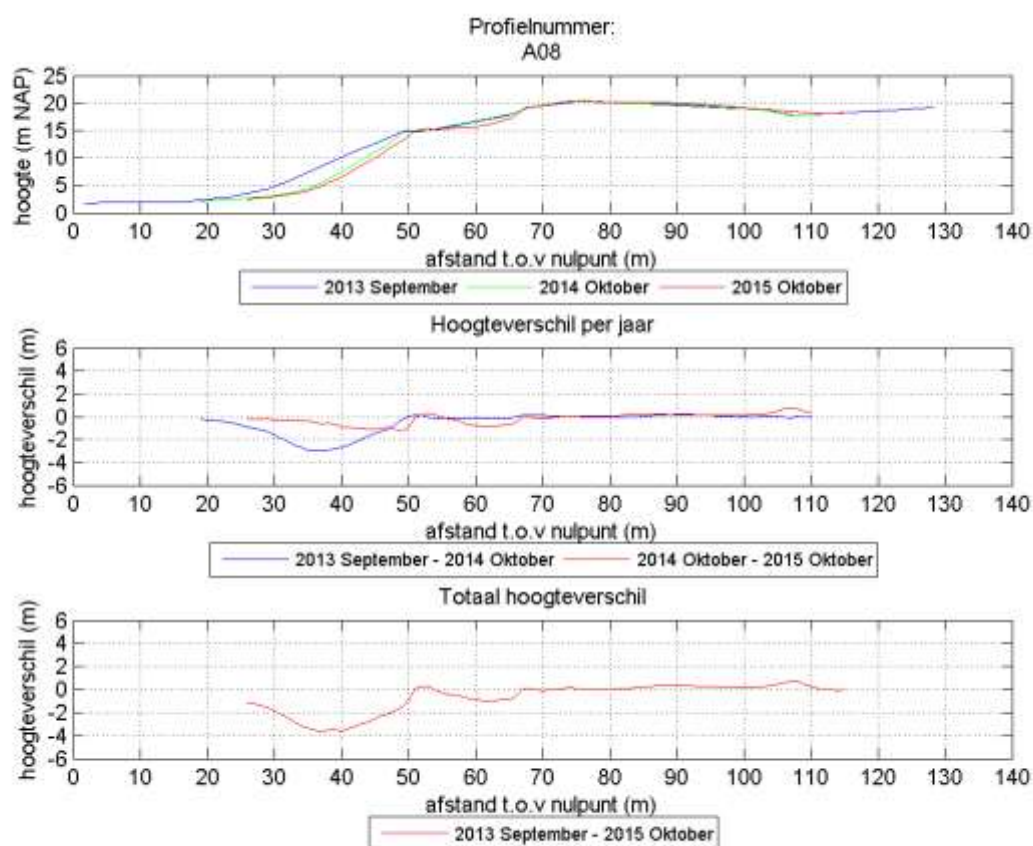
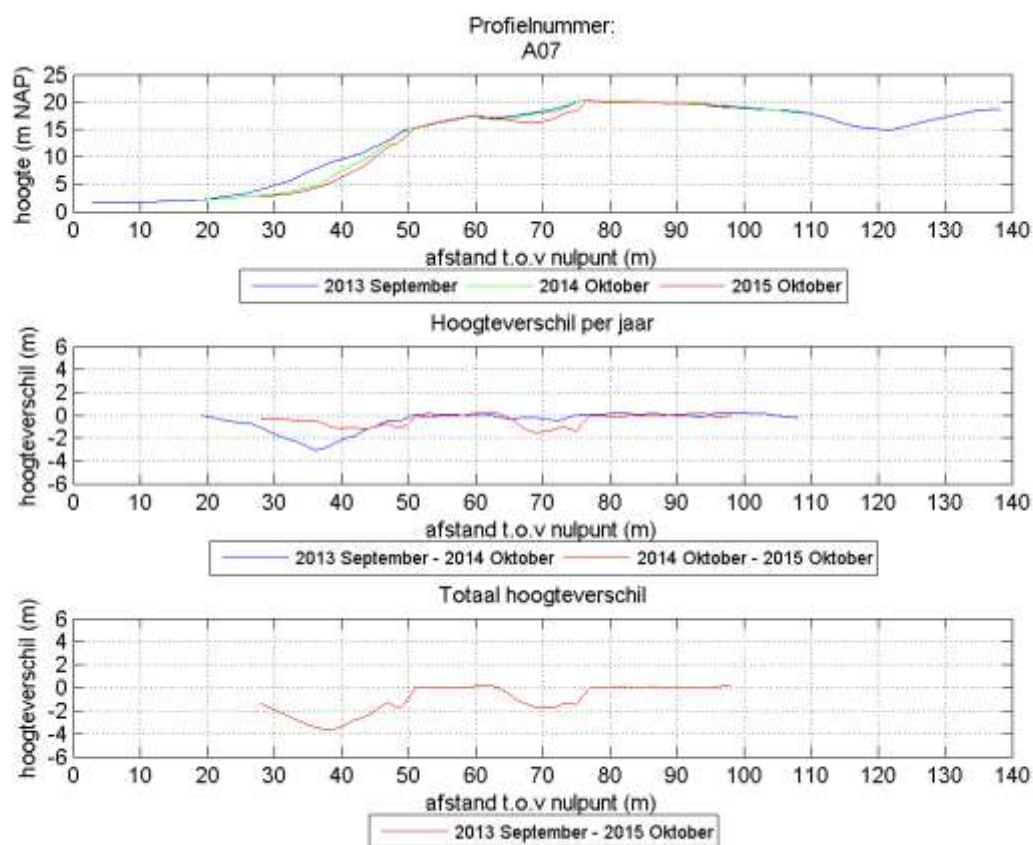
waternet

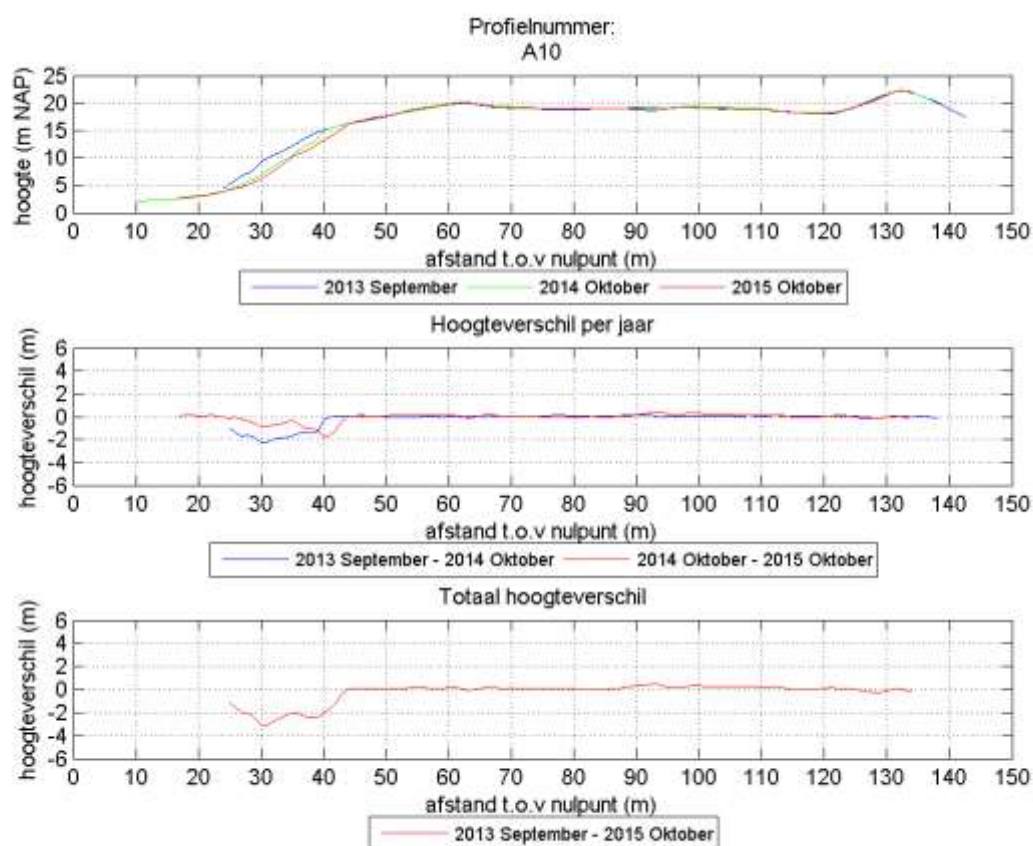
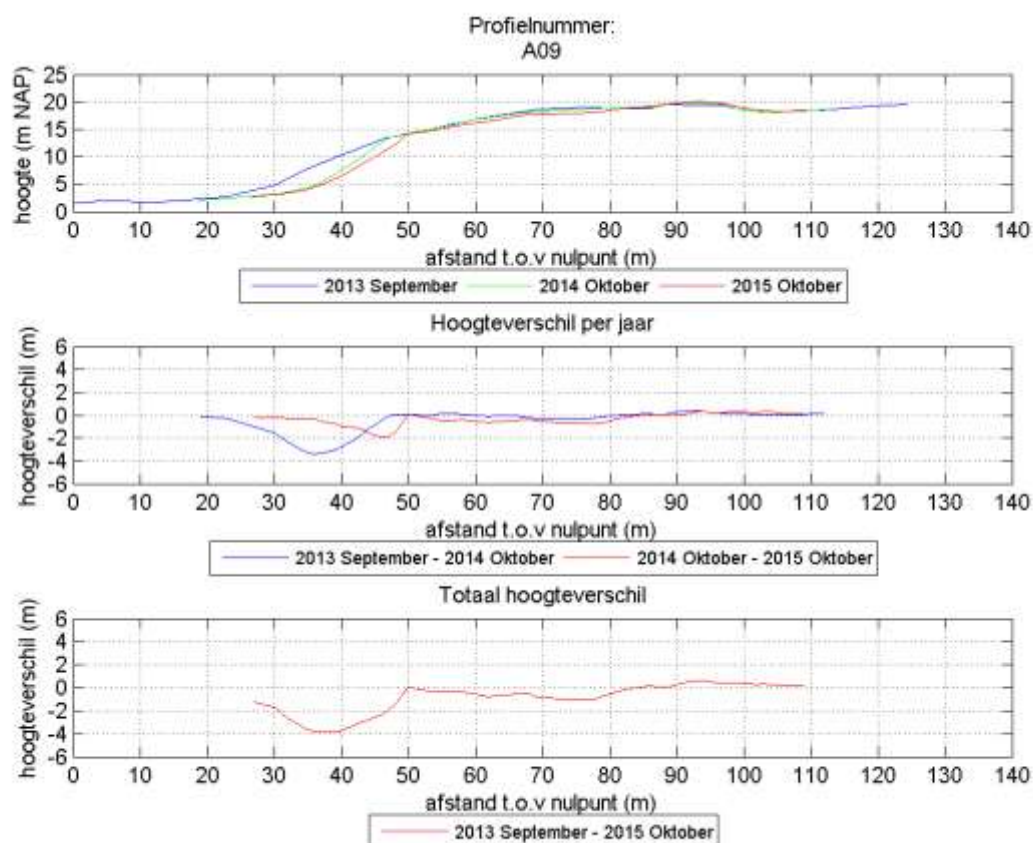


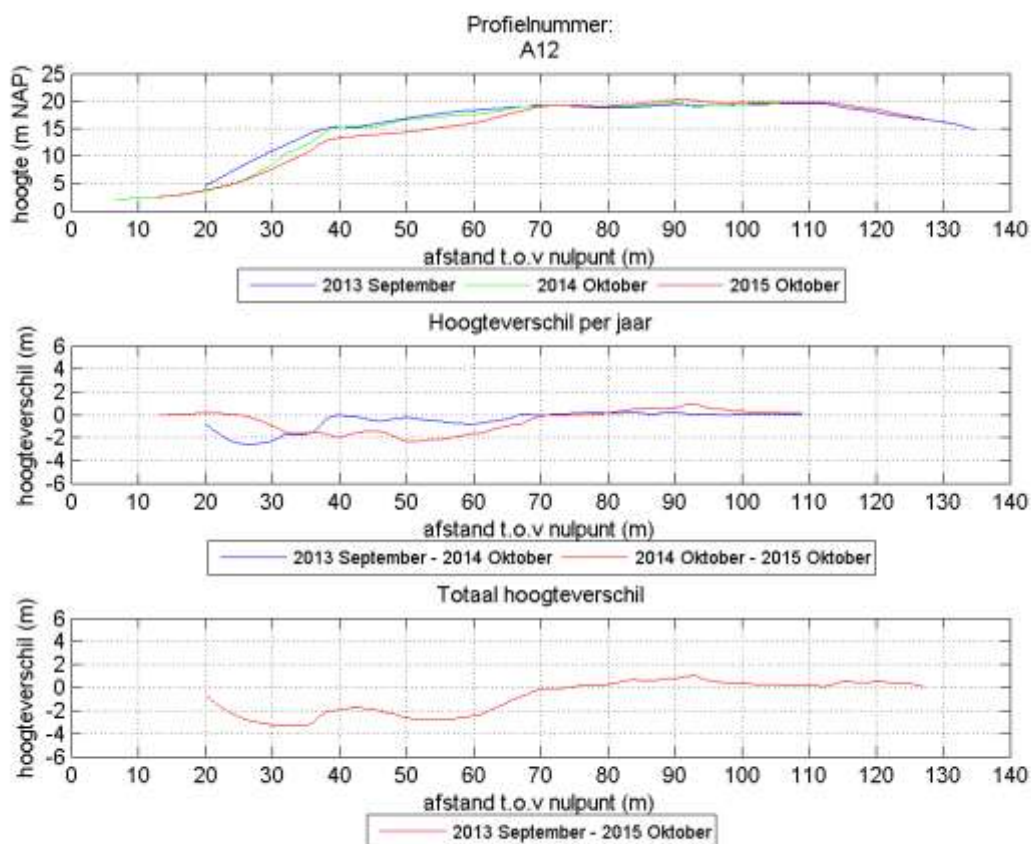
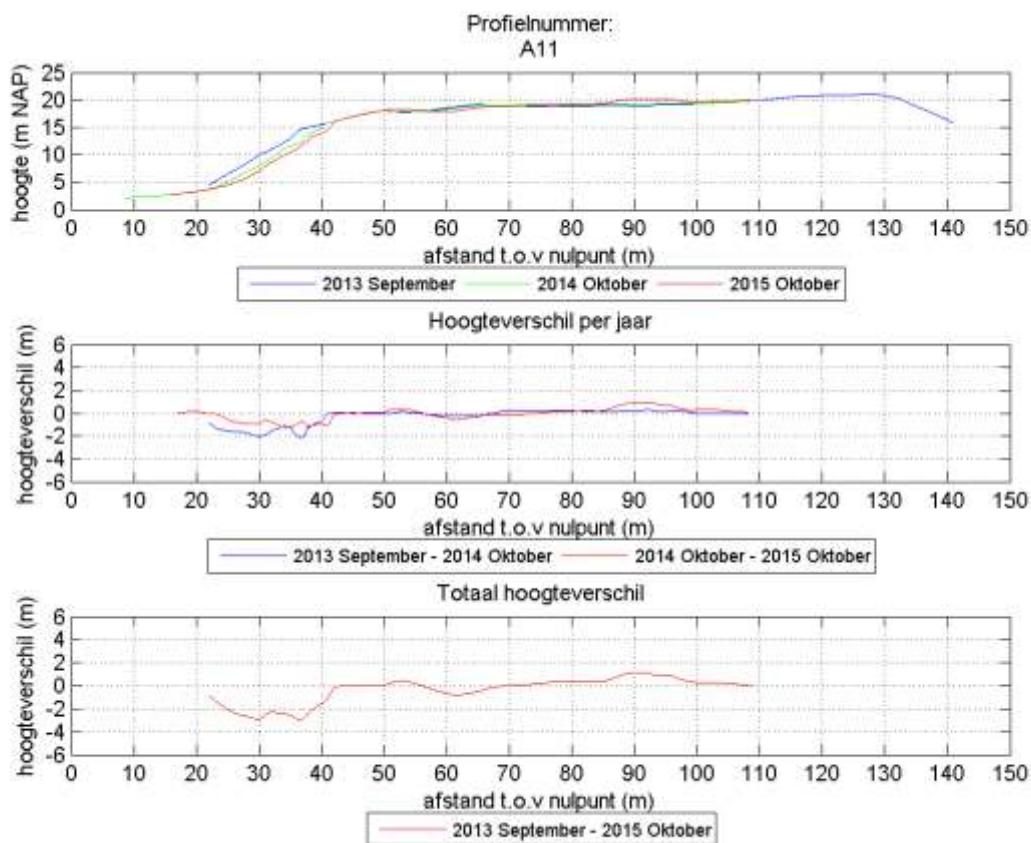


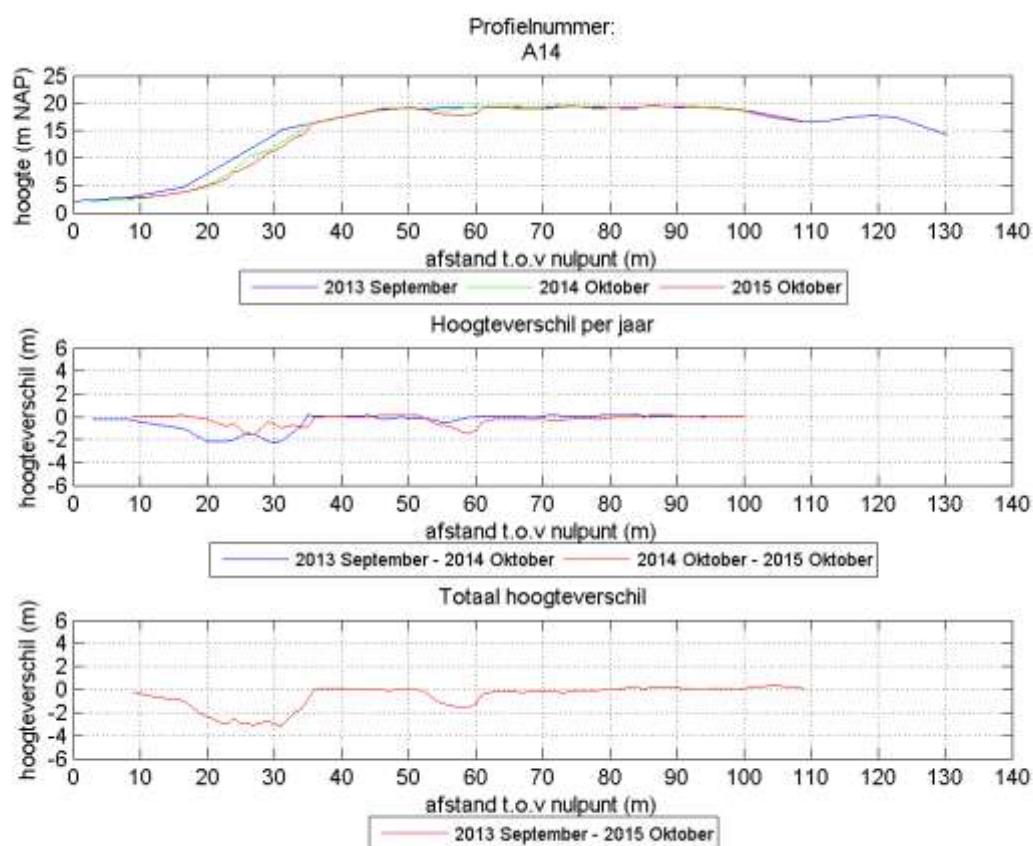
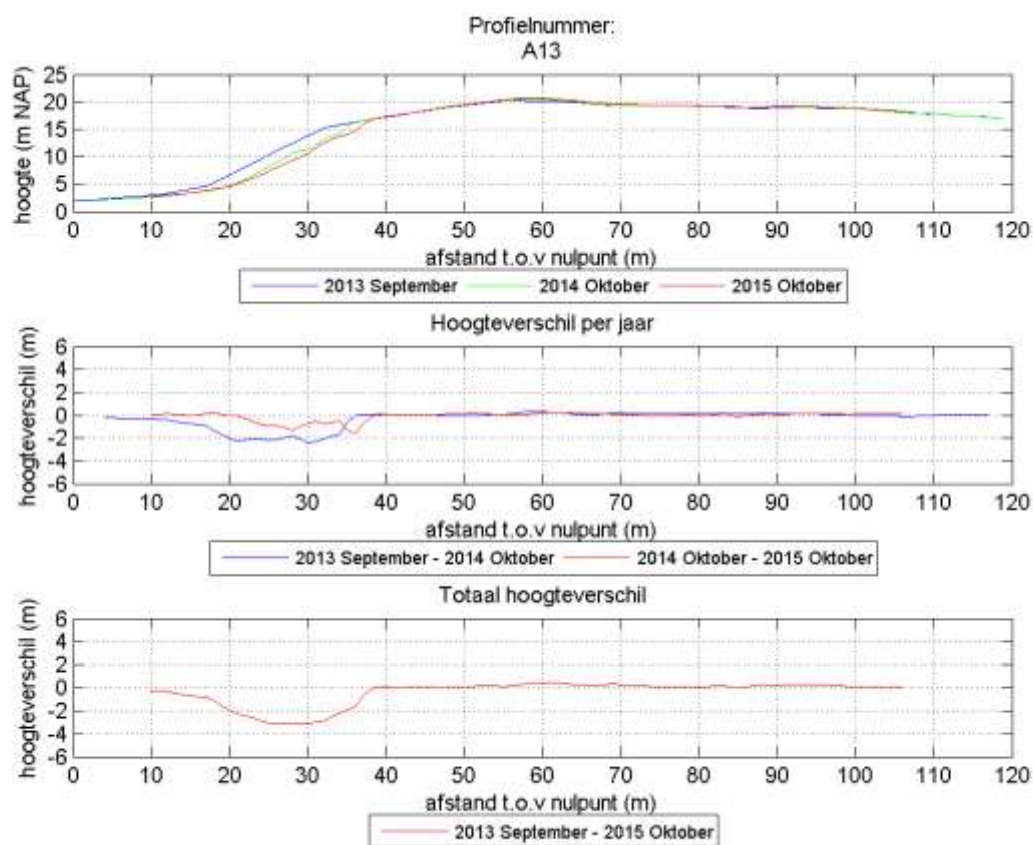


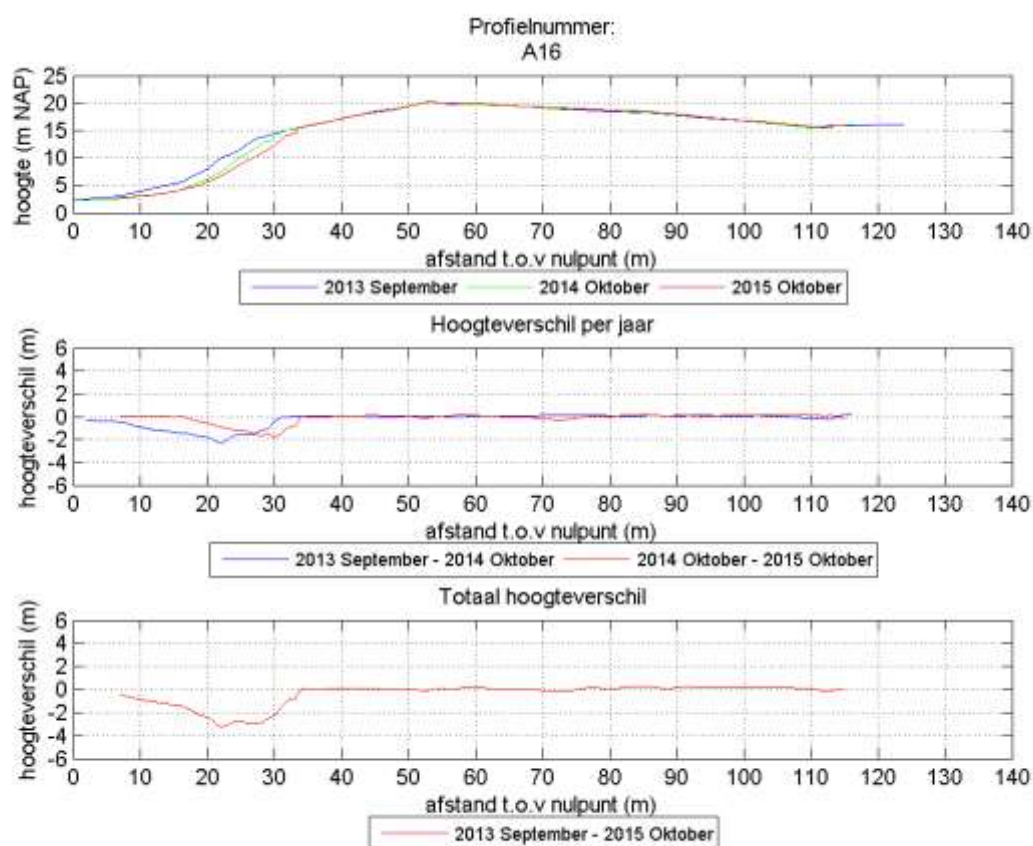
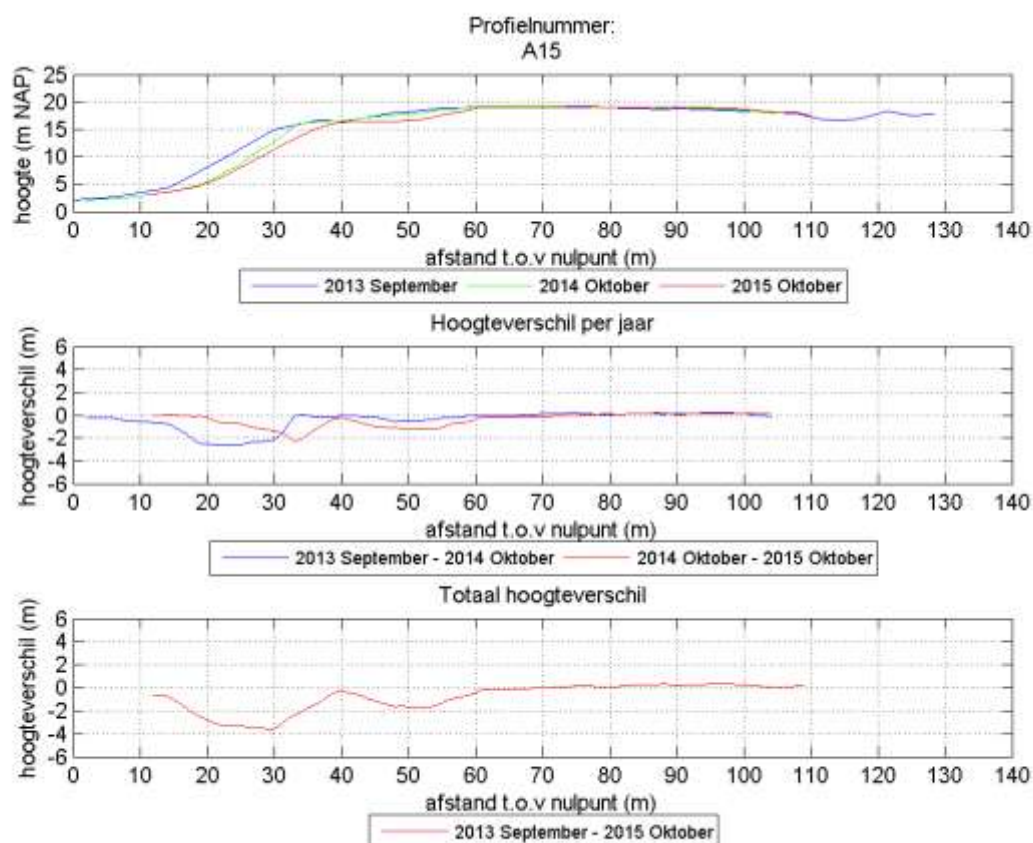


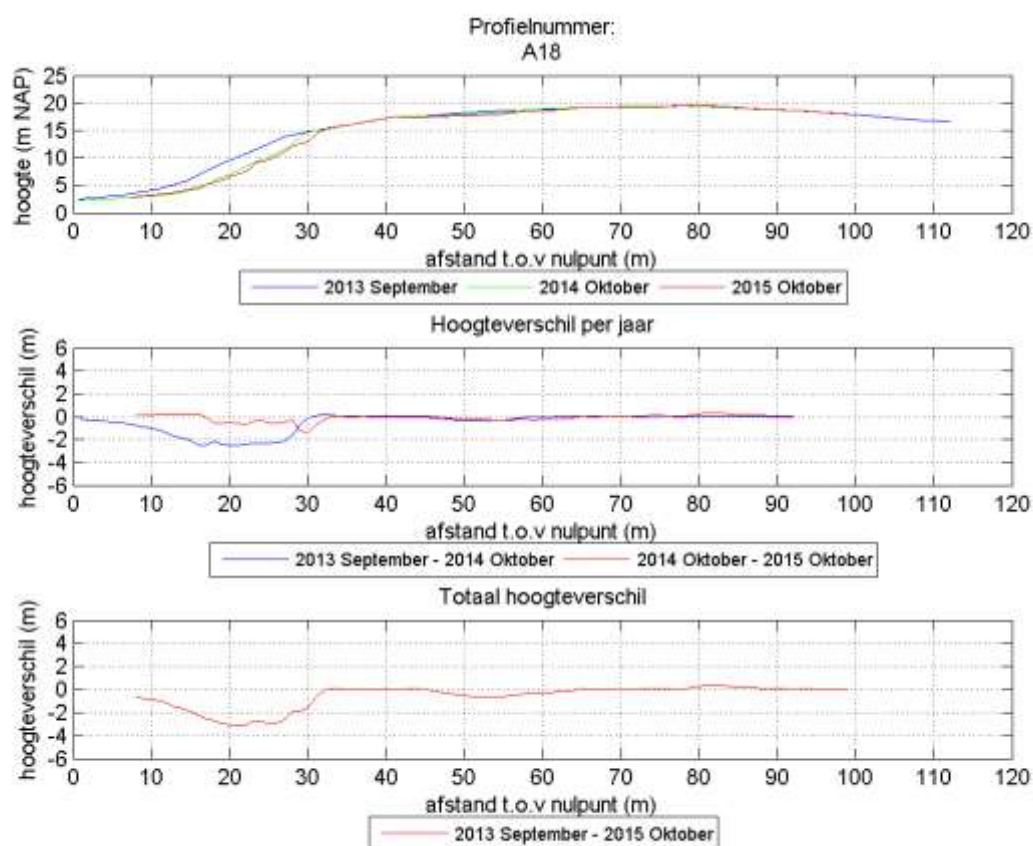
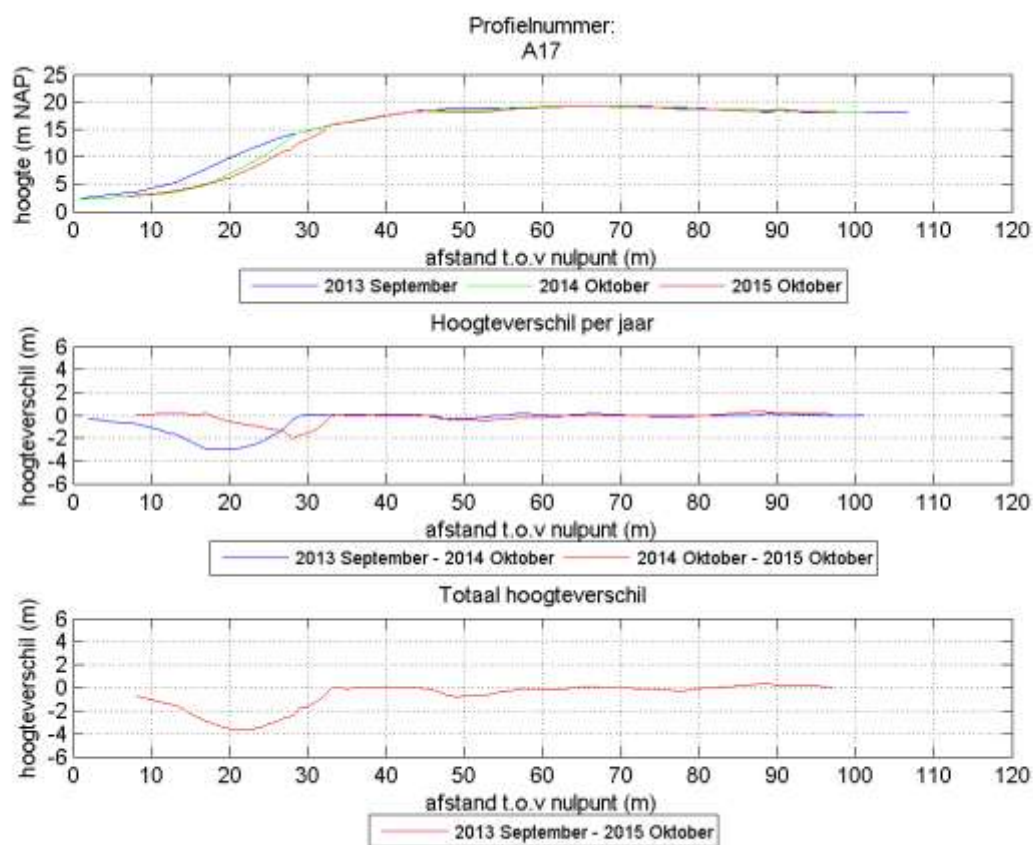


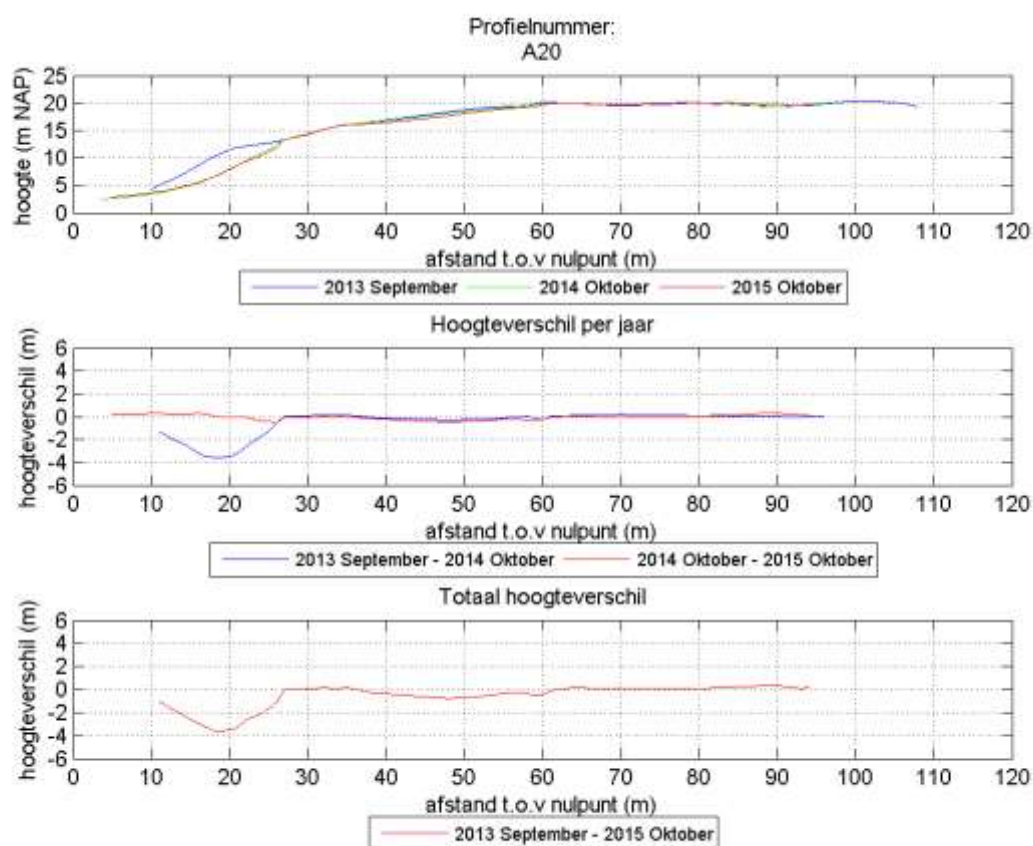
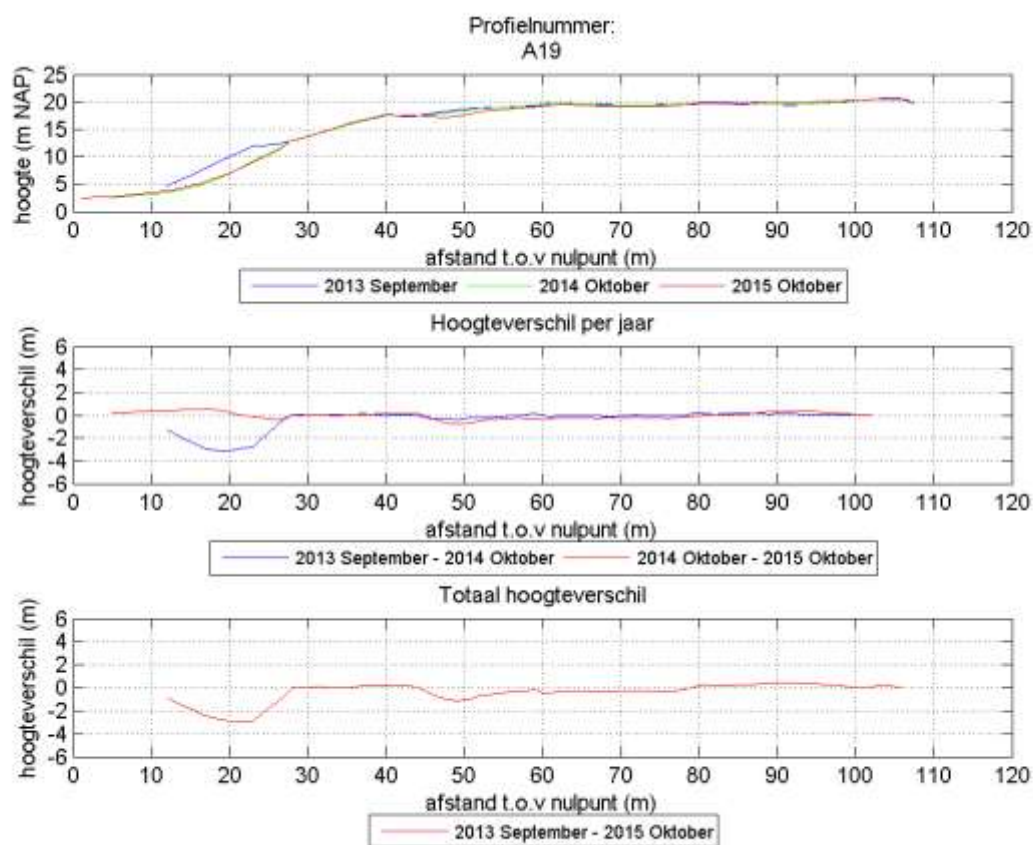


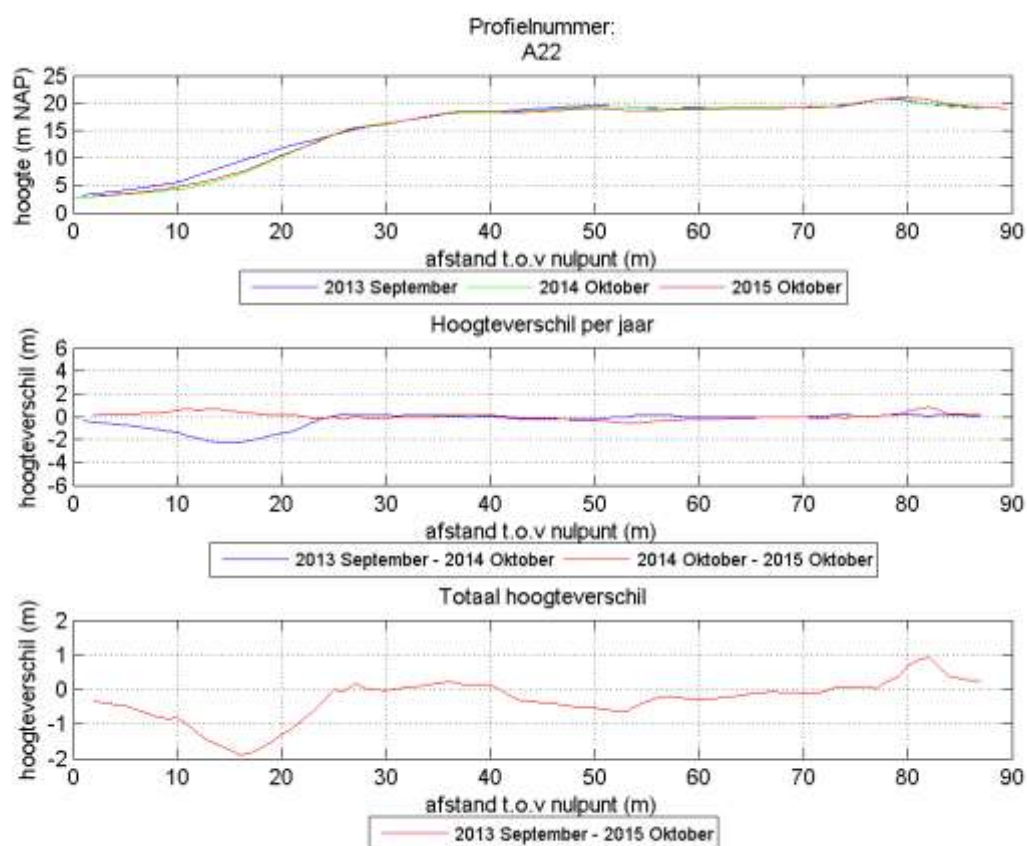
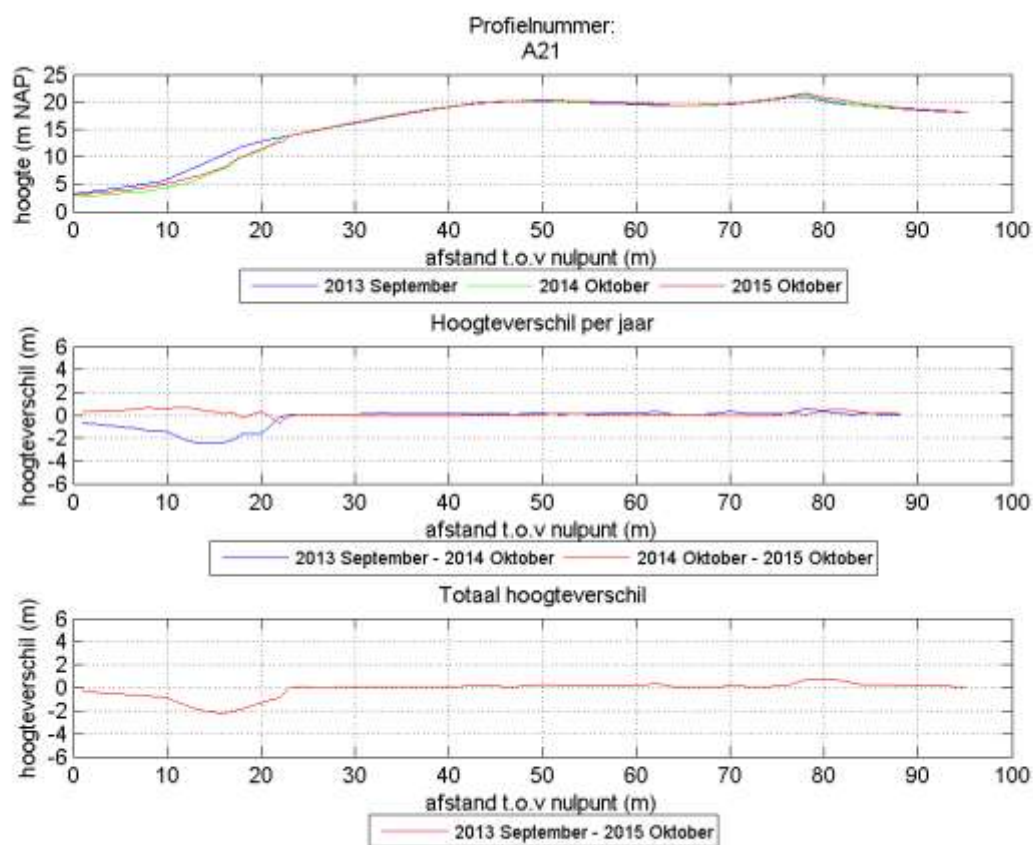


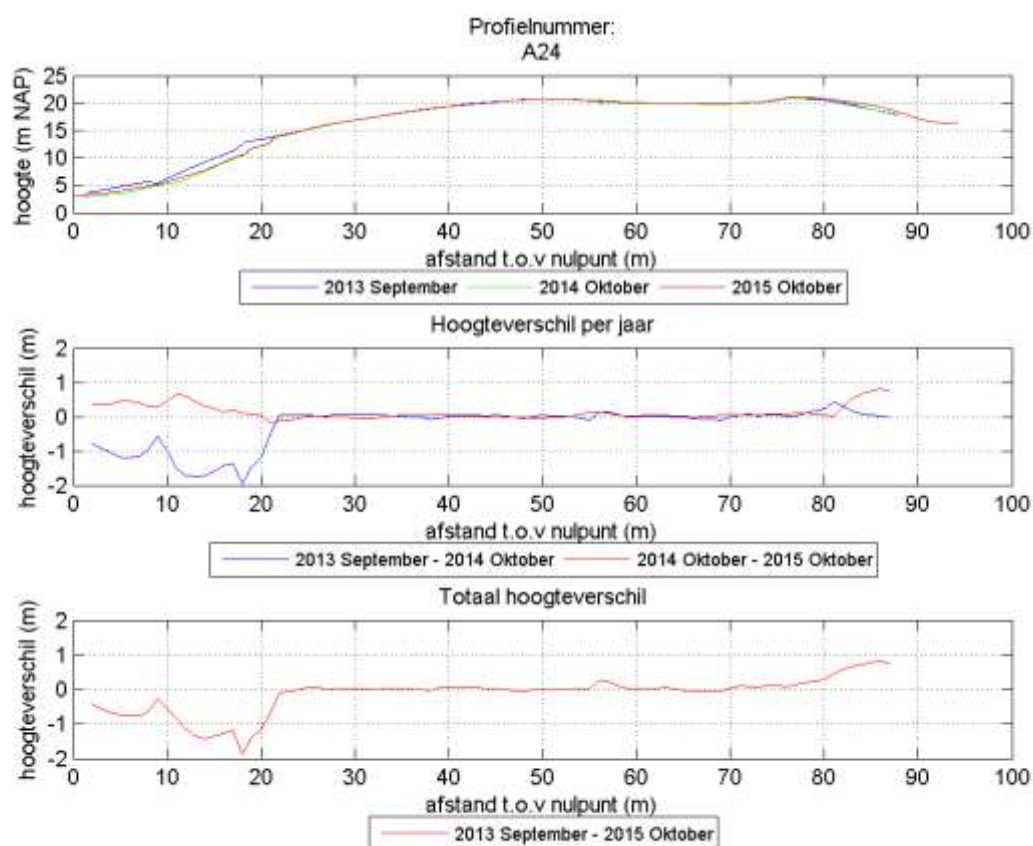
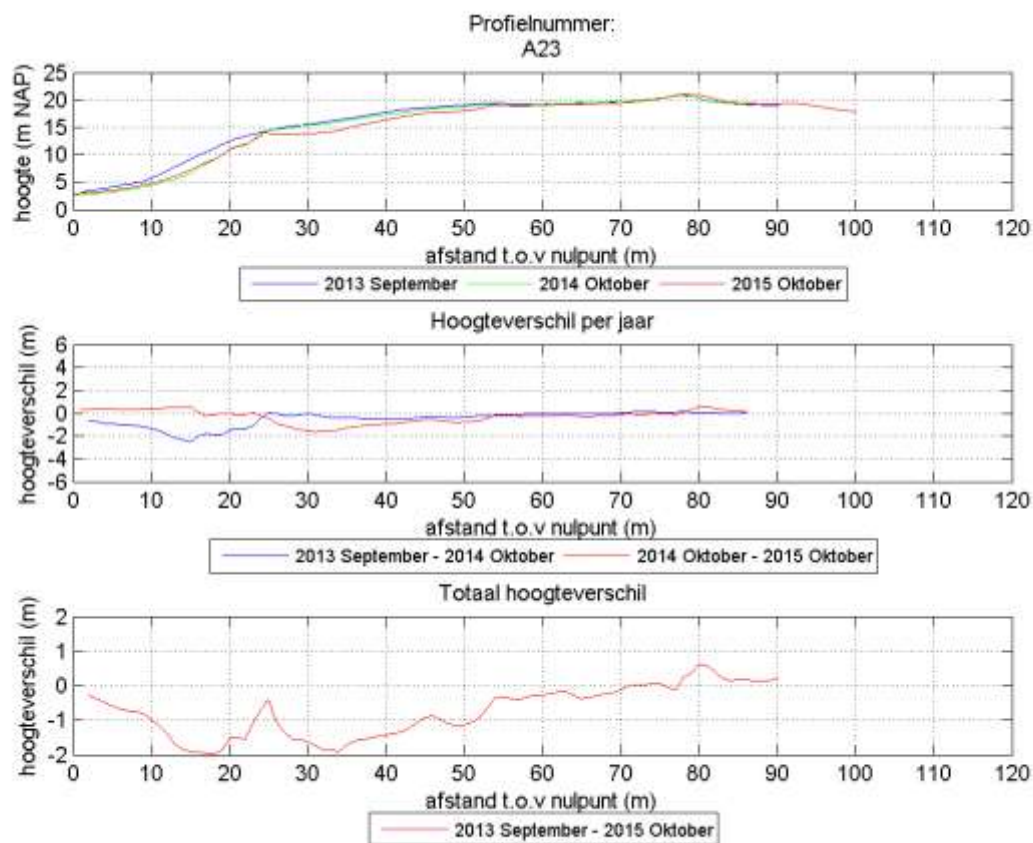


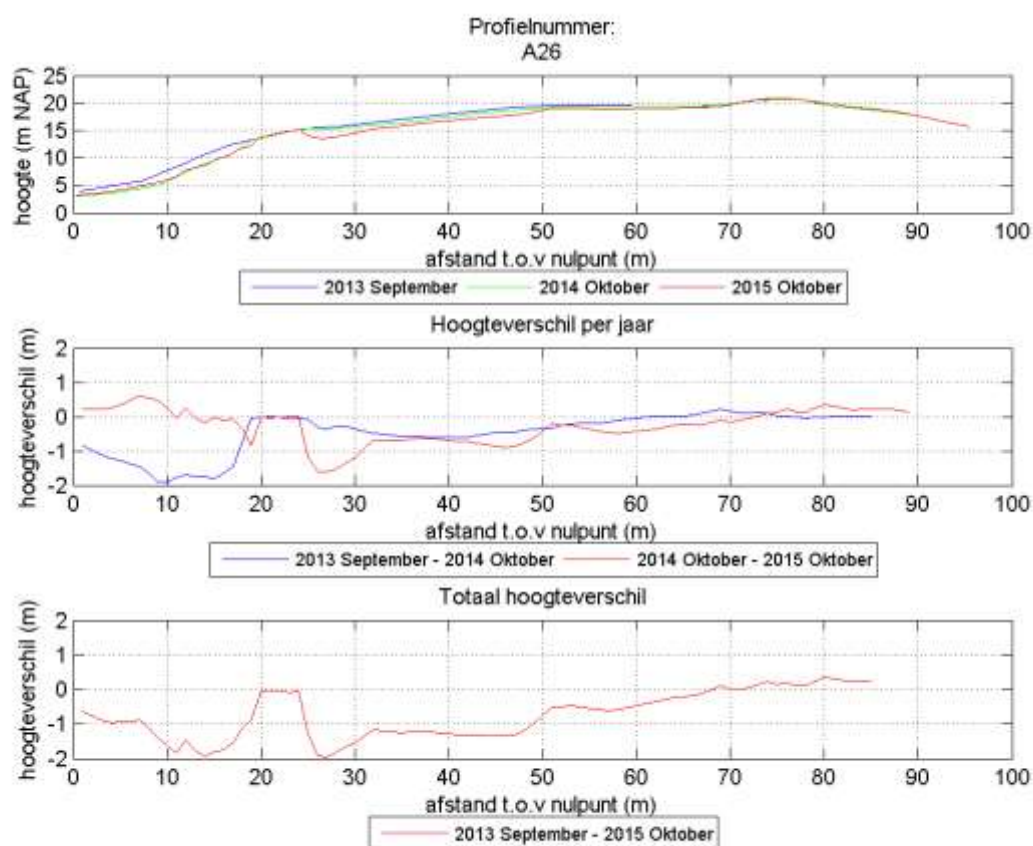
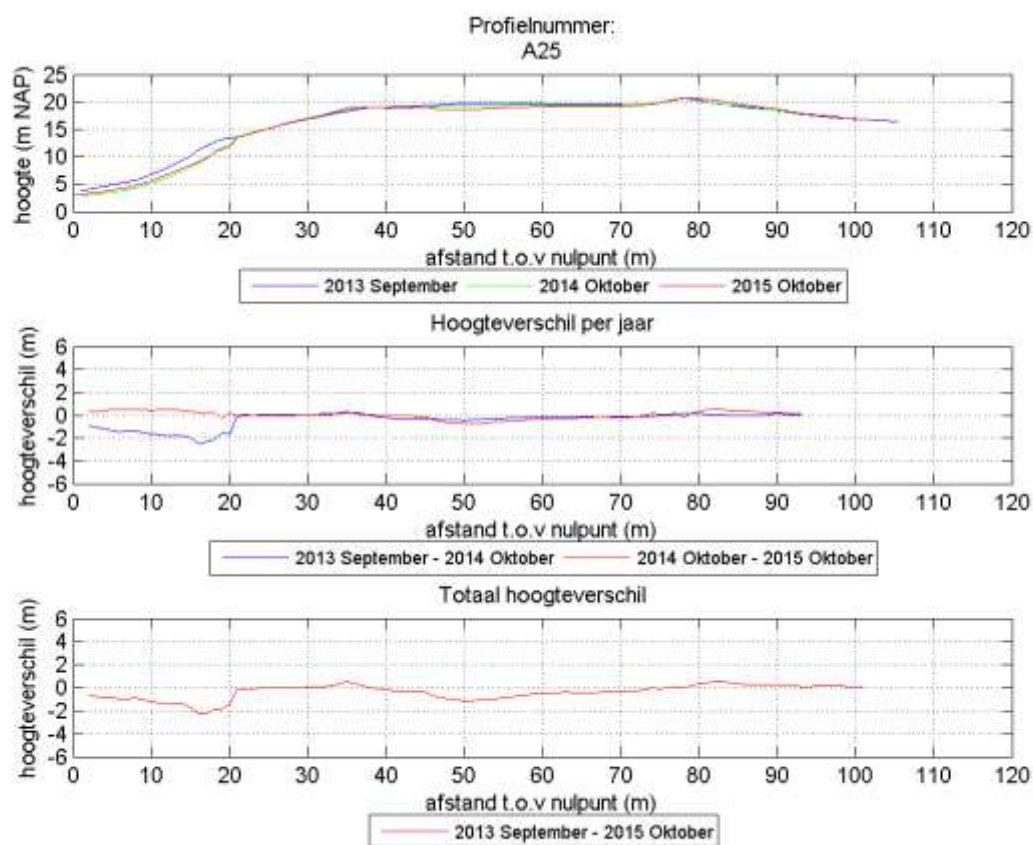


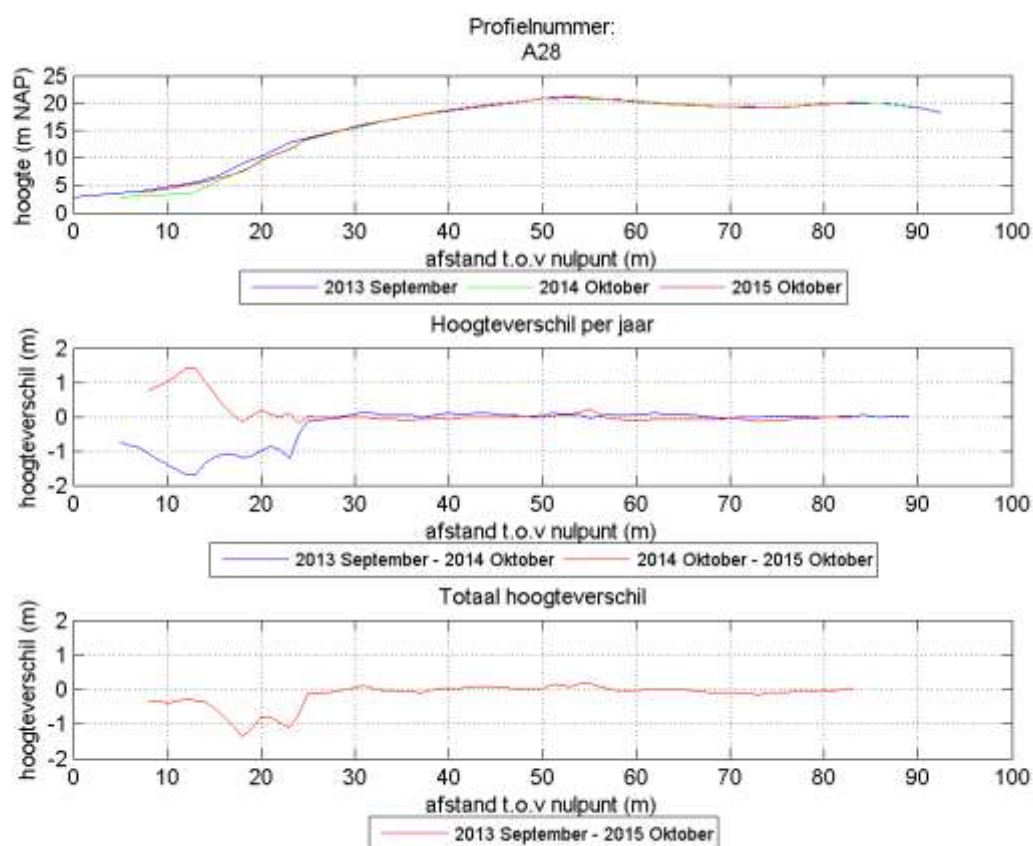
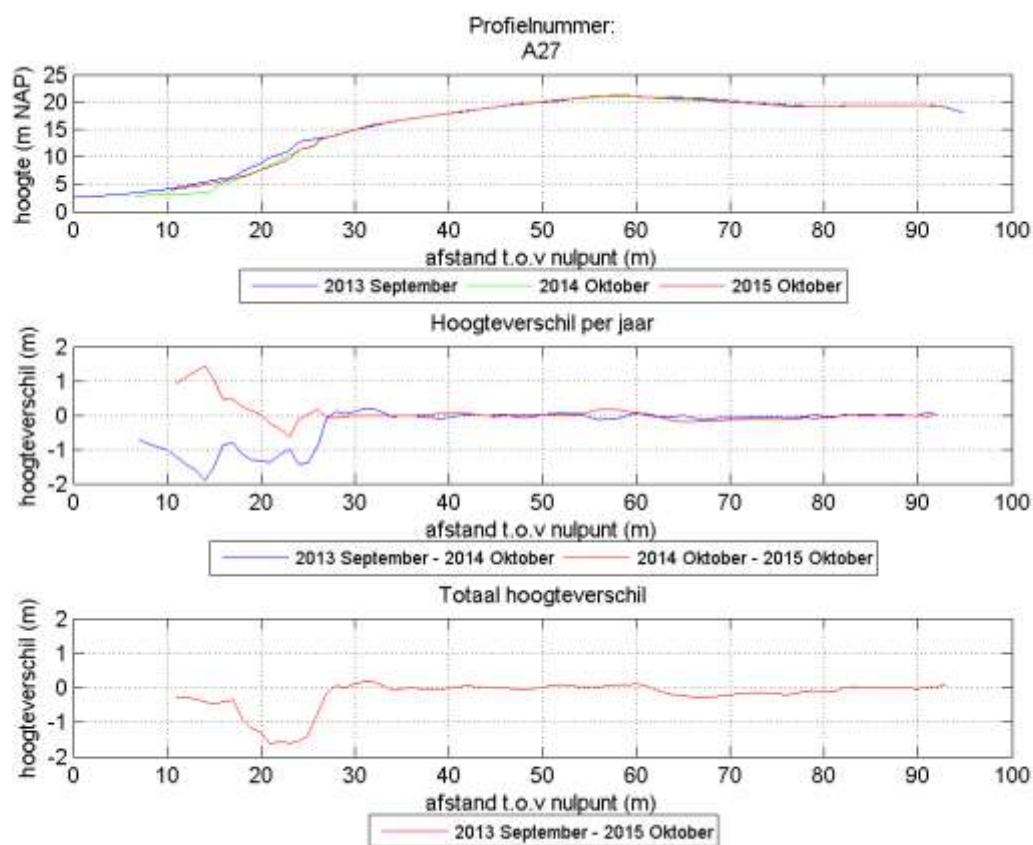


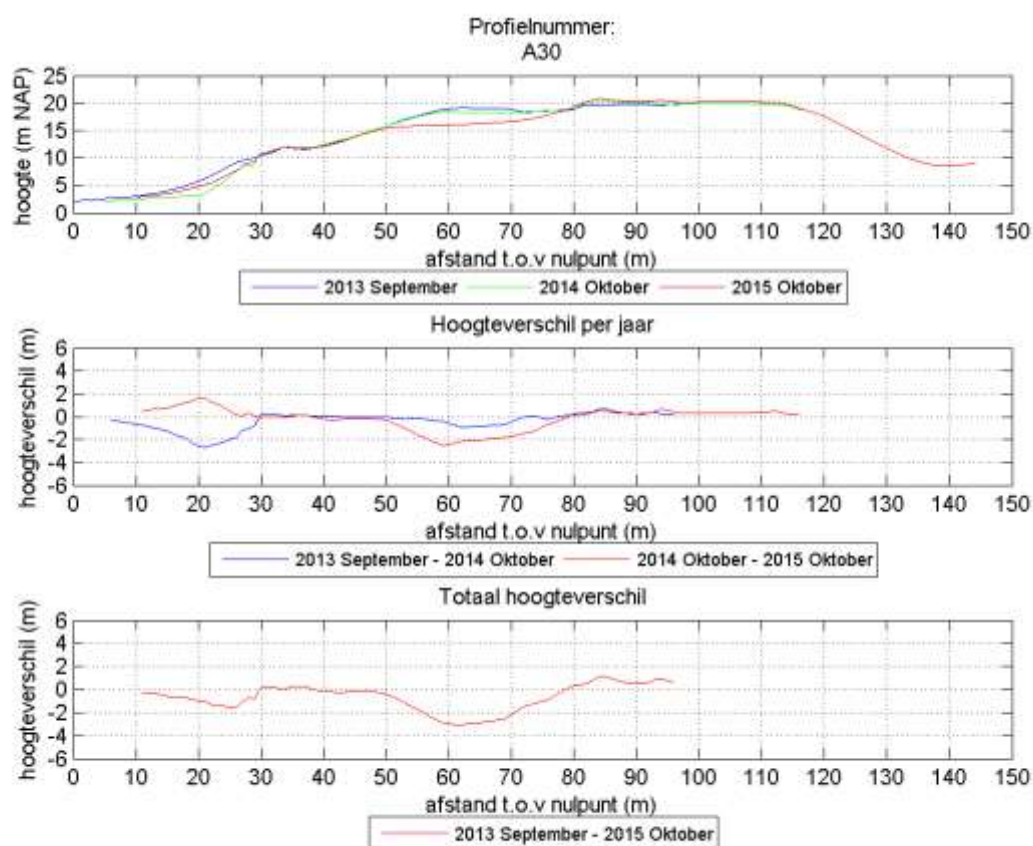
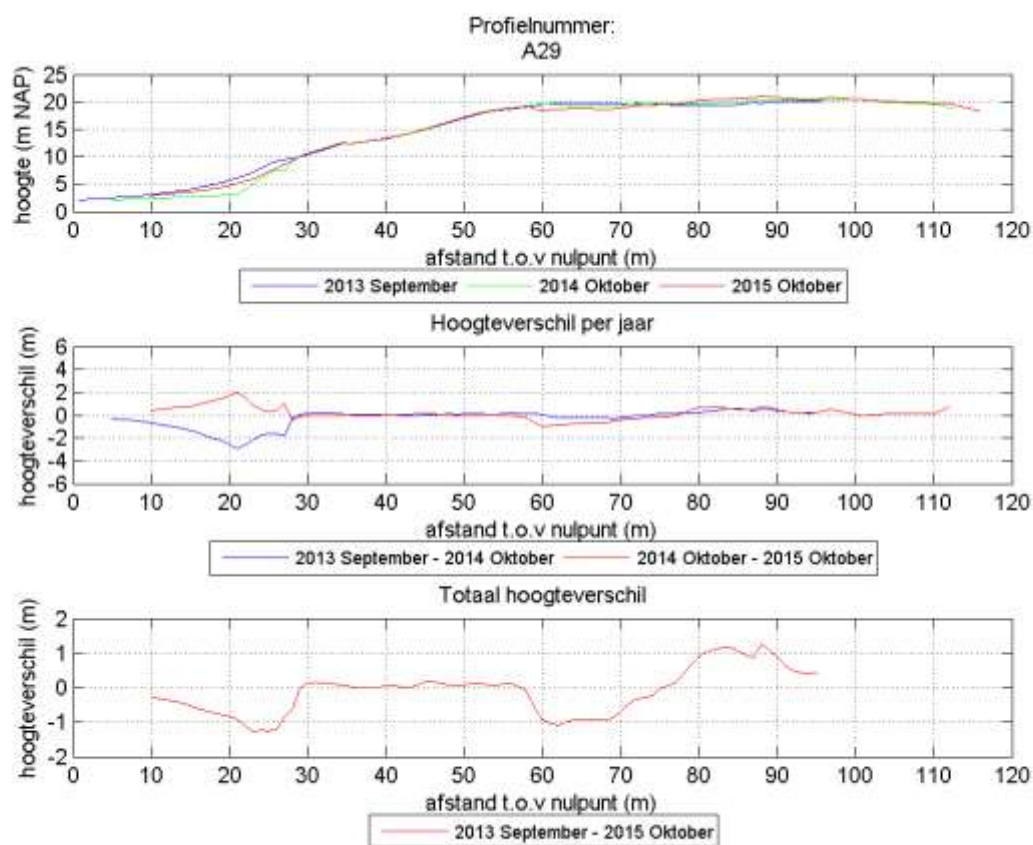


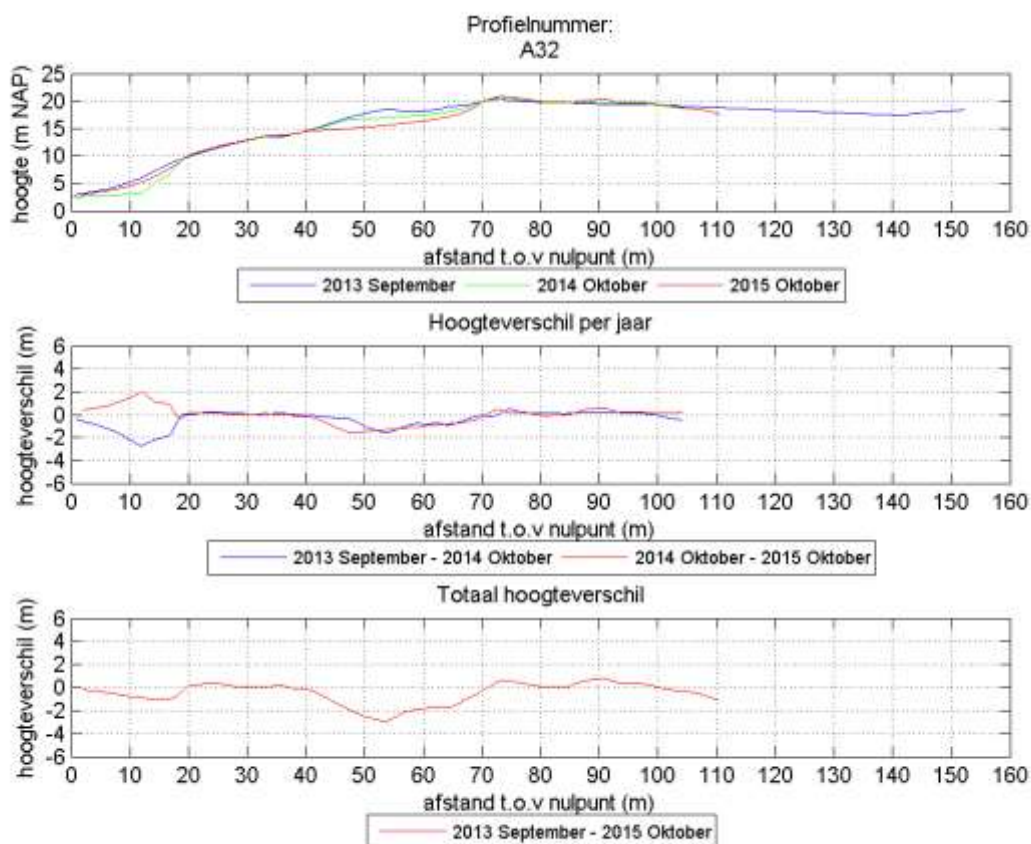
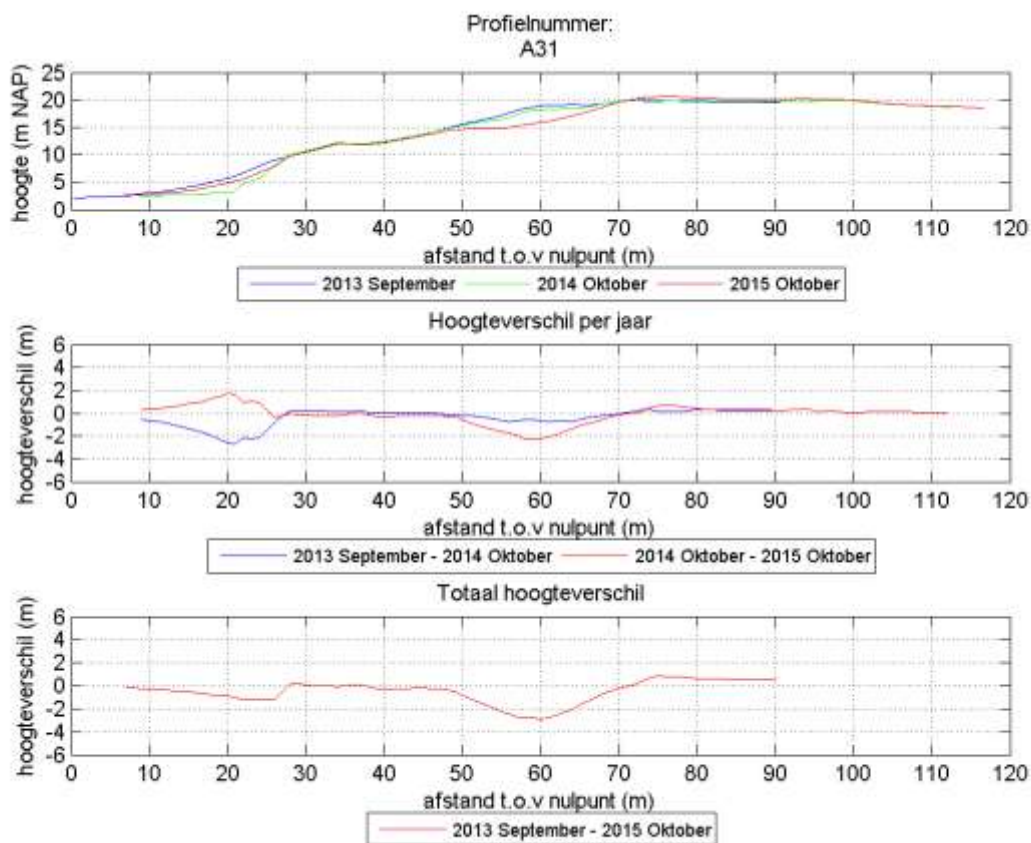


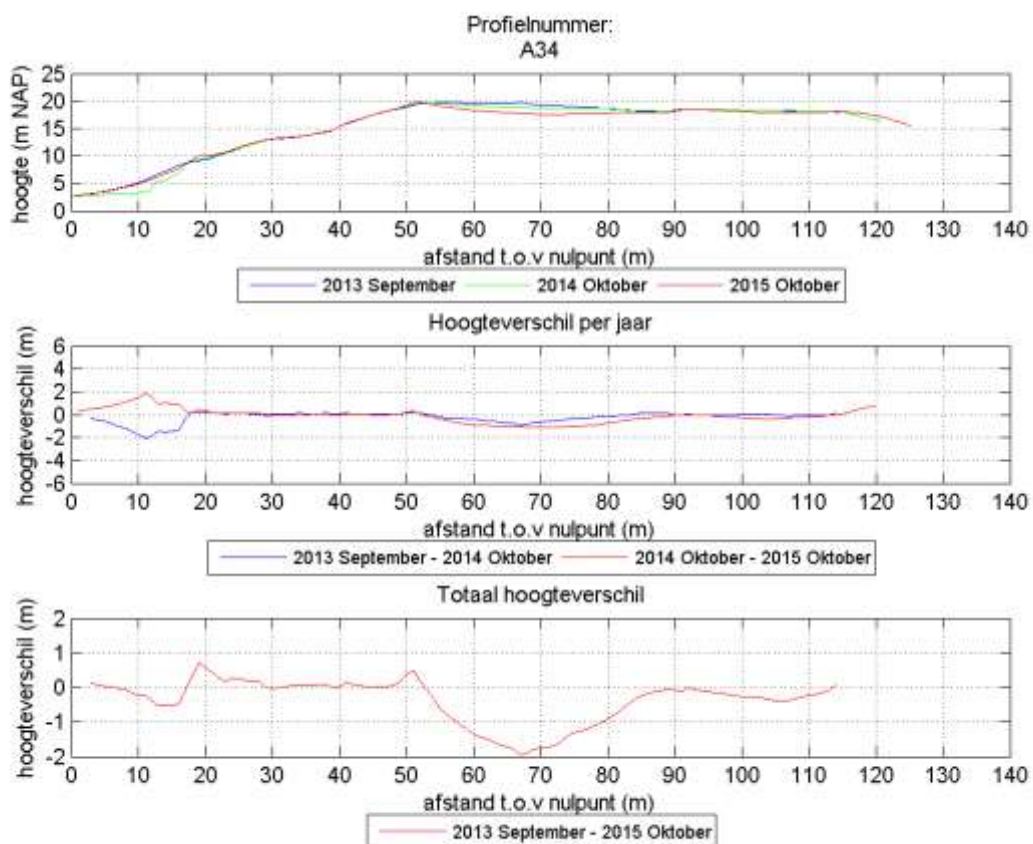
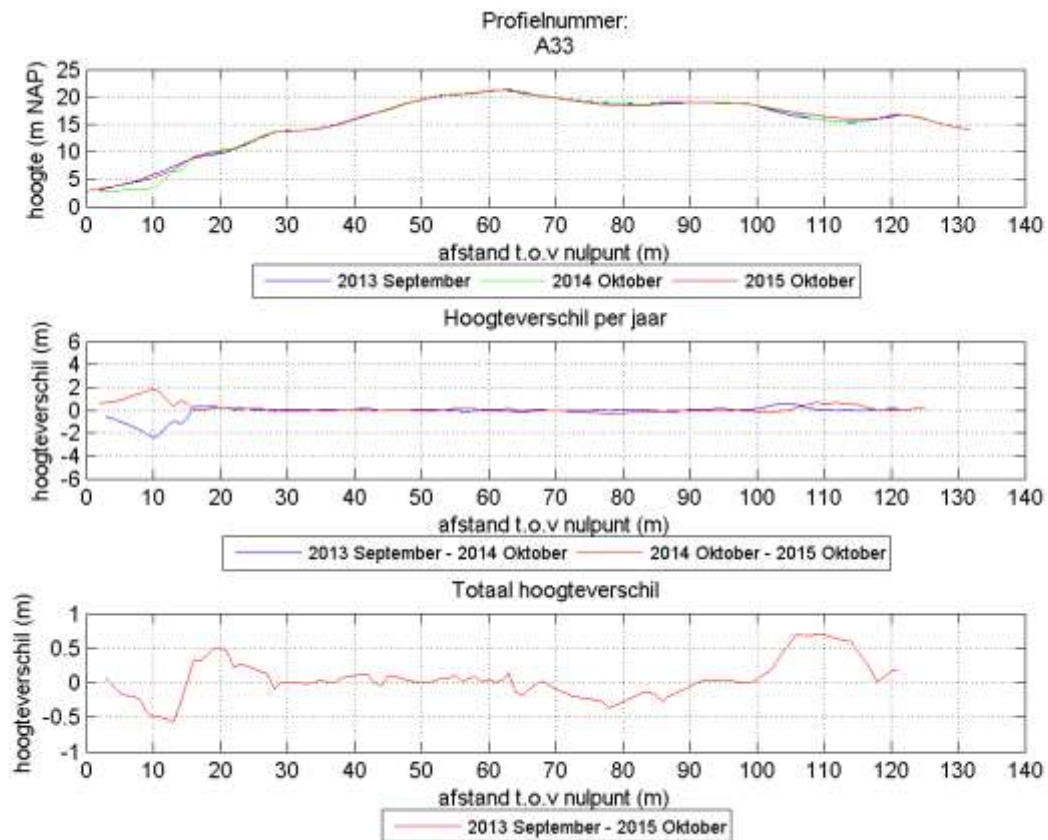


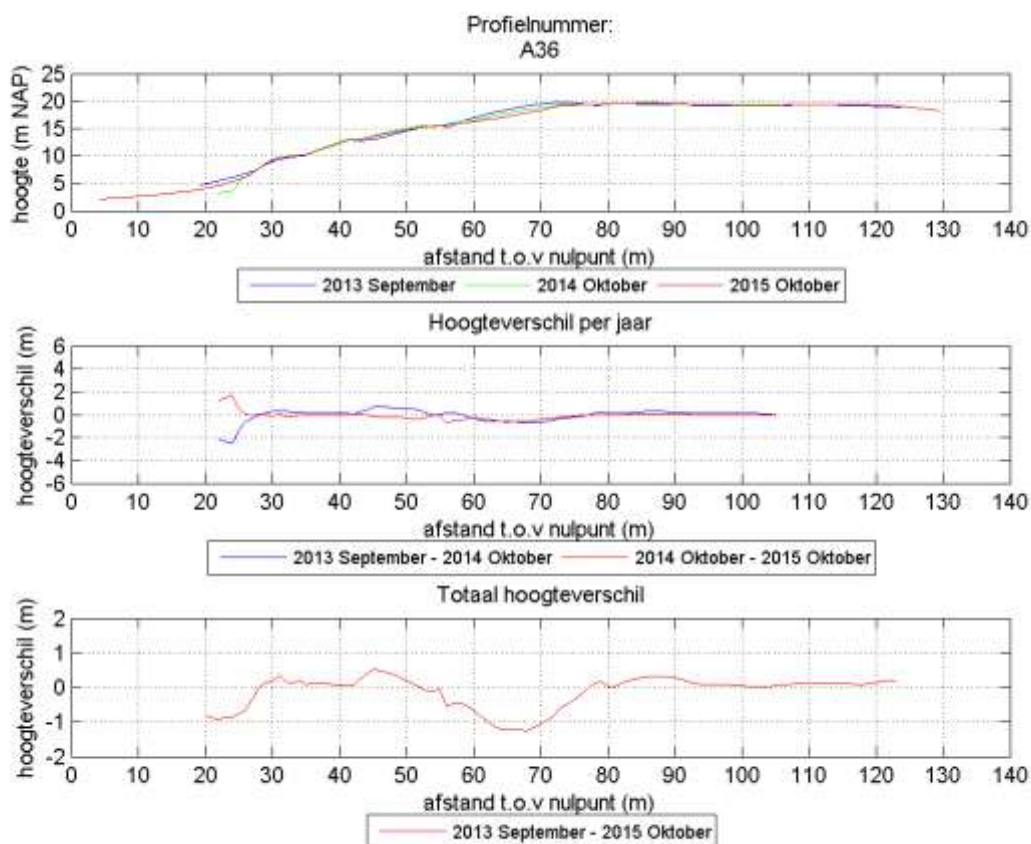
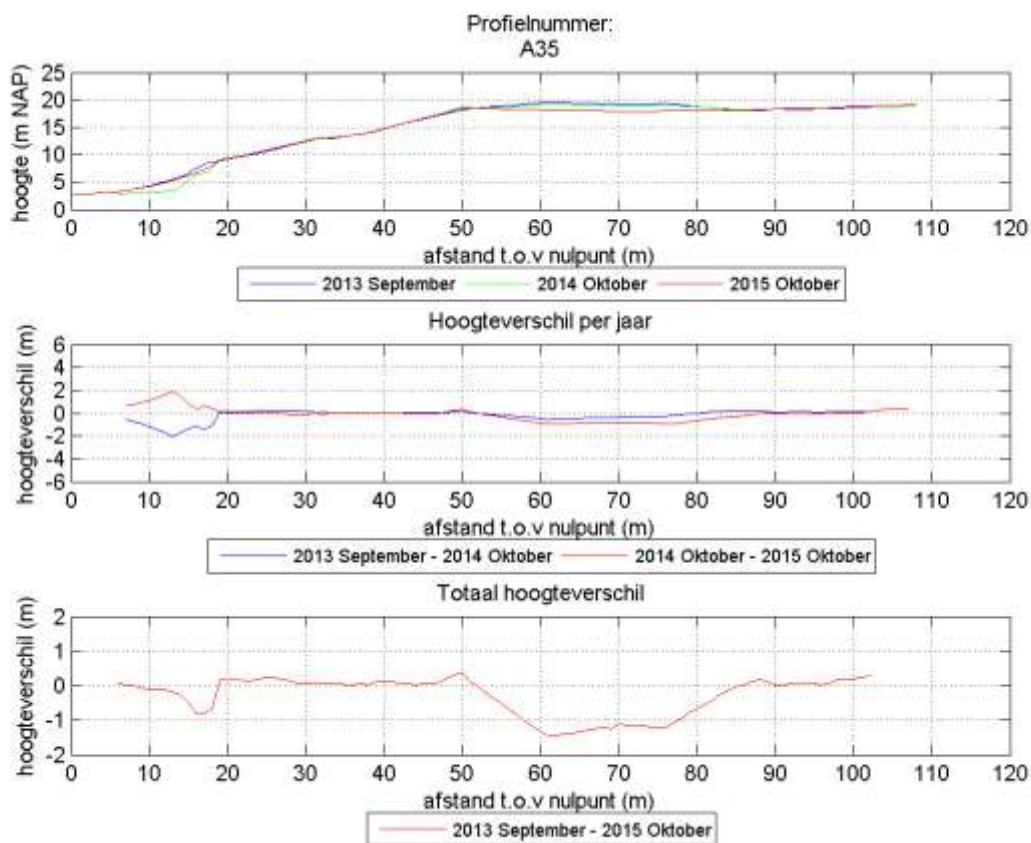


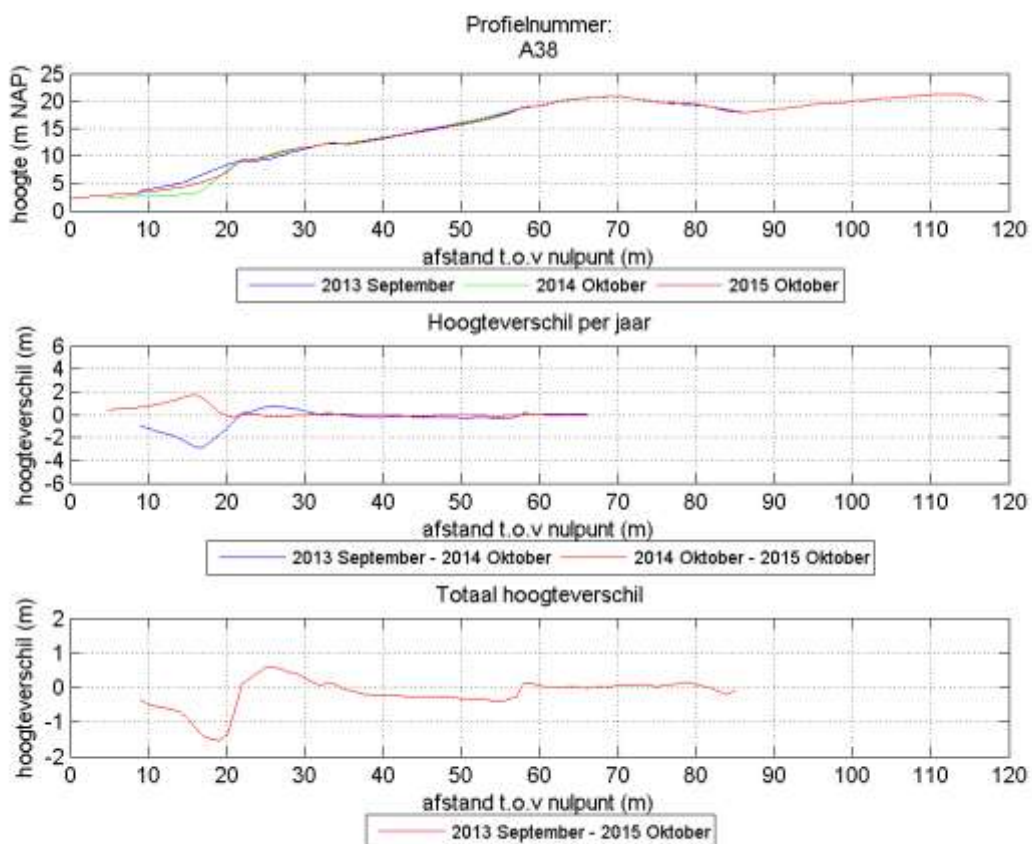
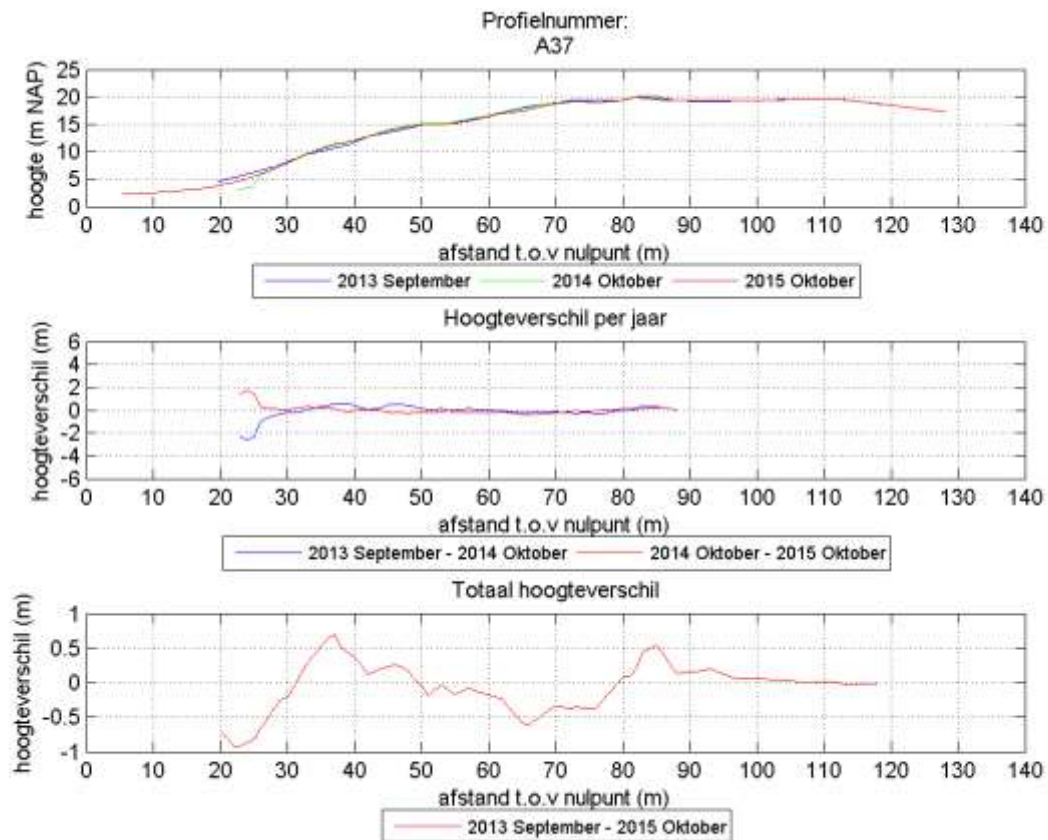


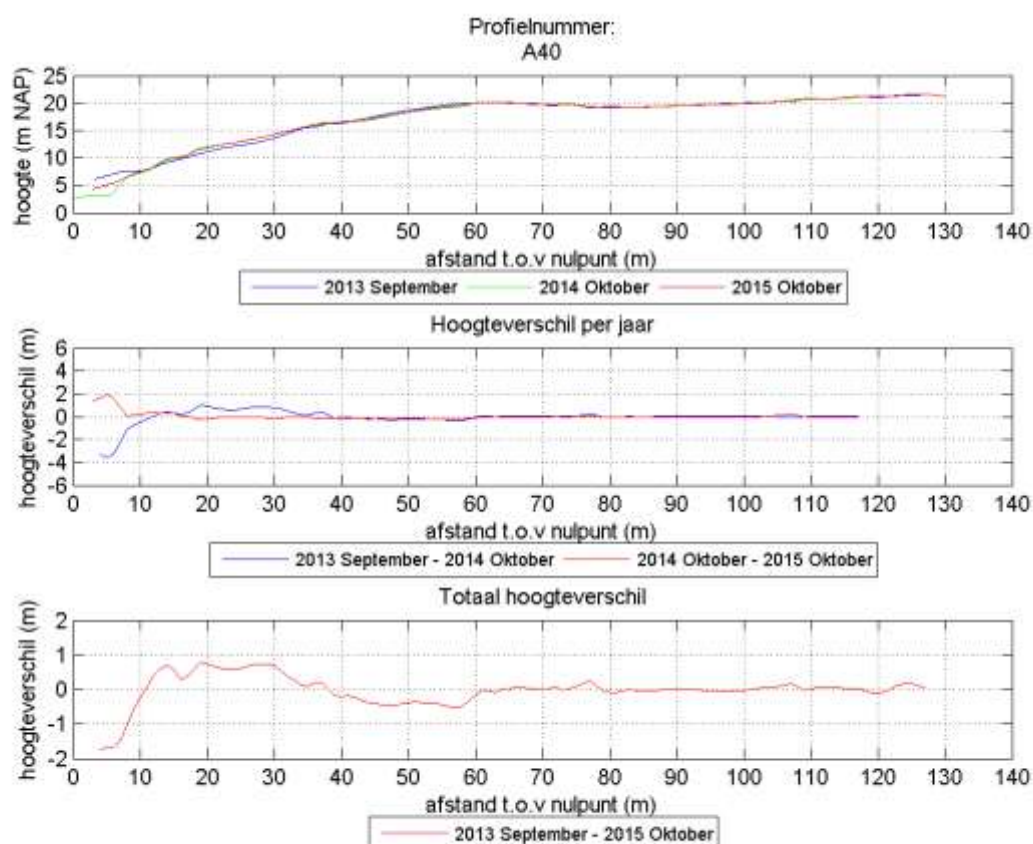
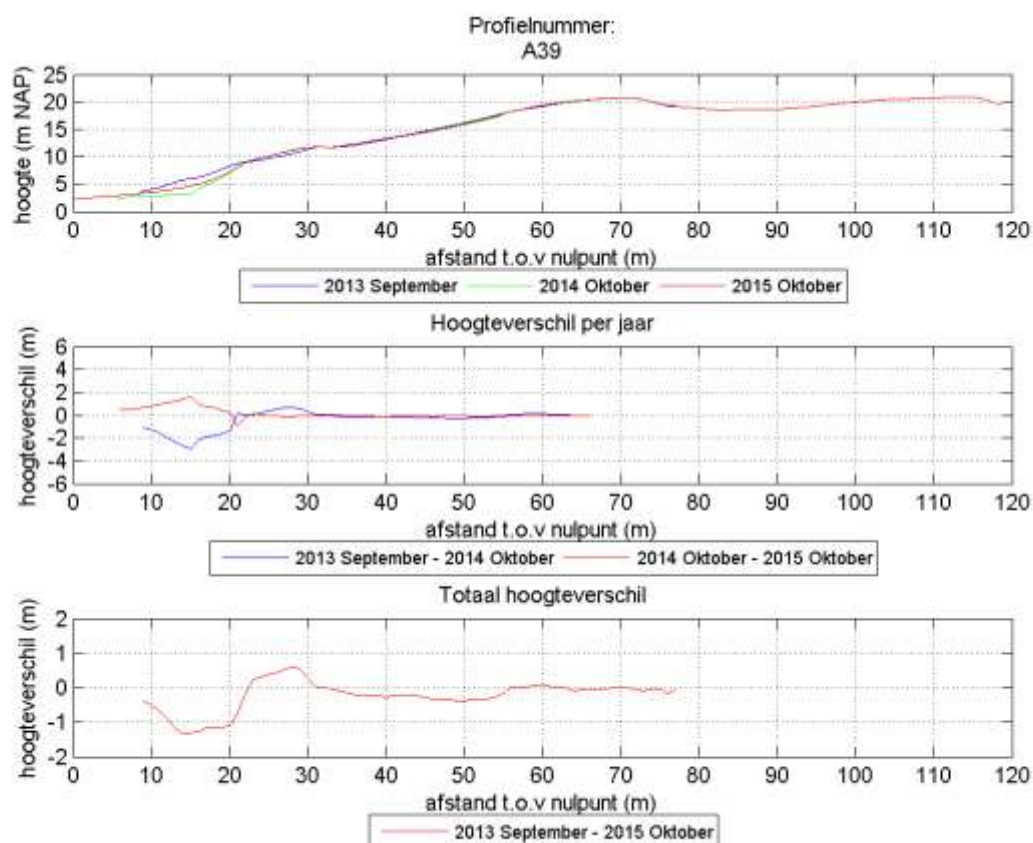


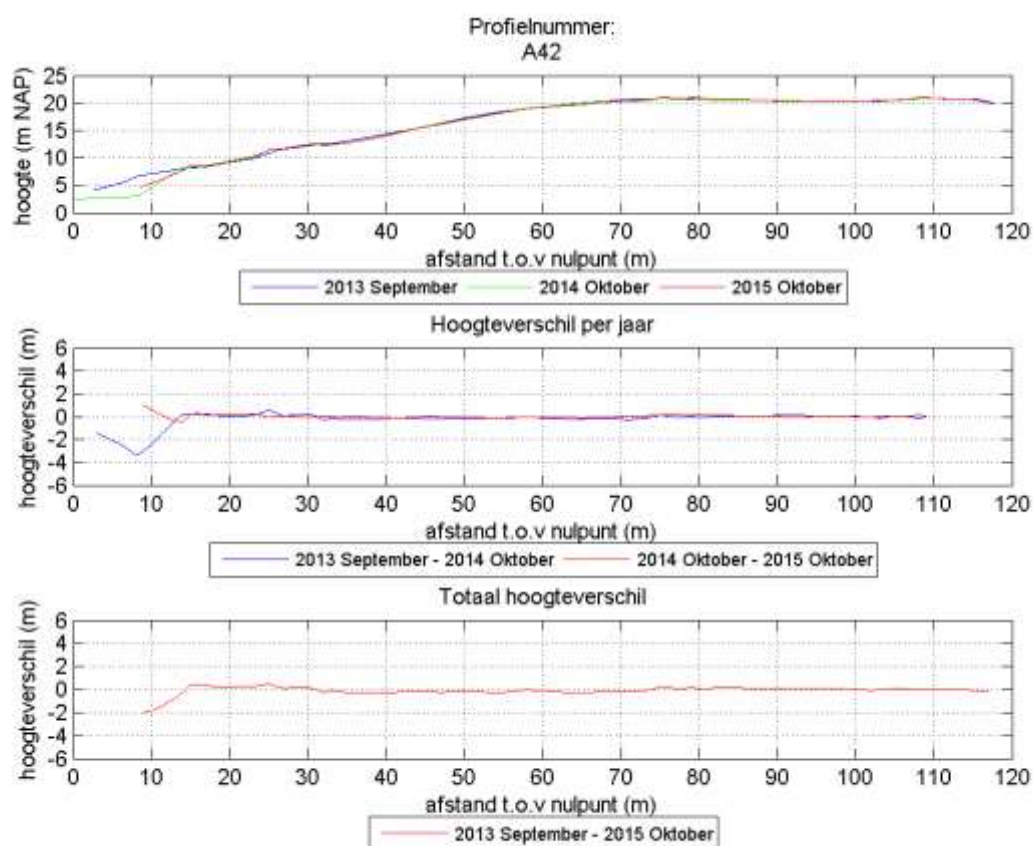
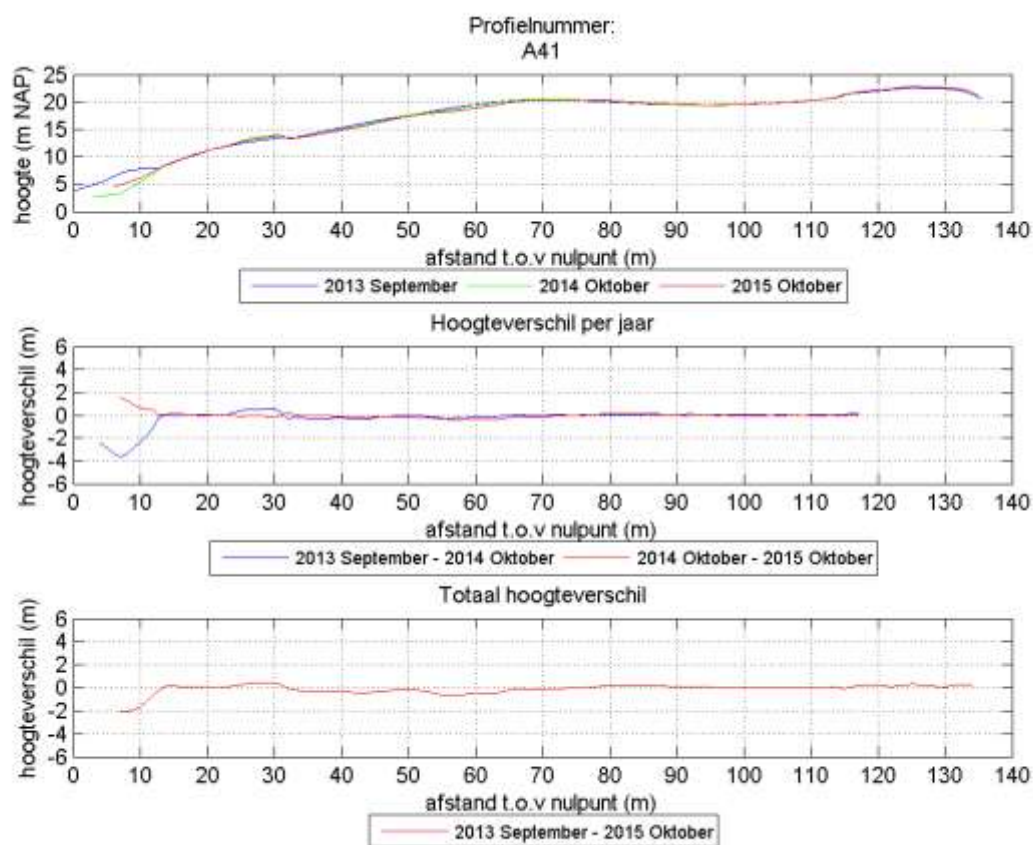


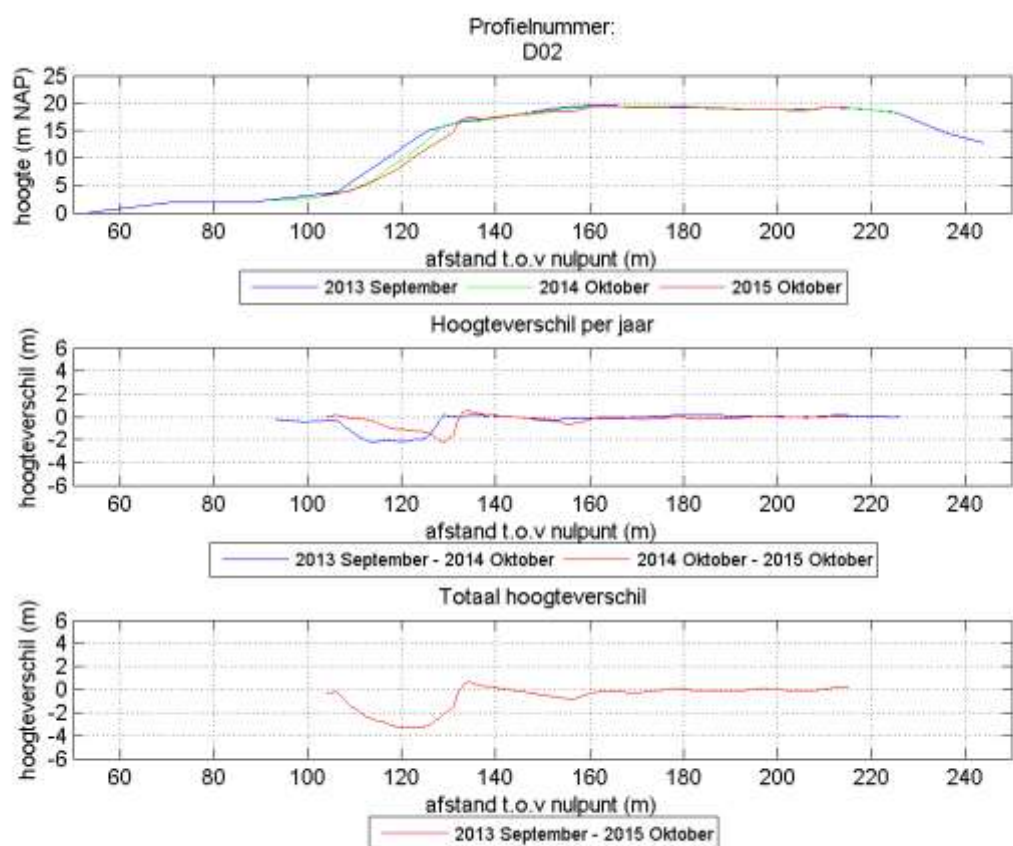
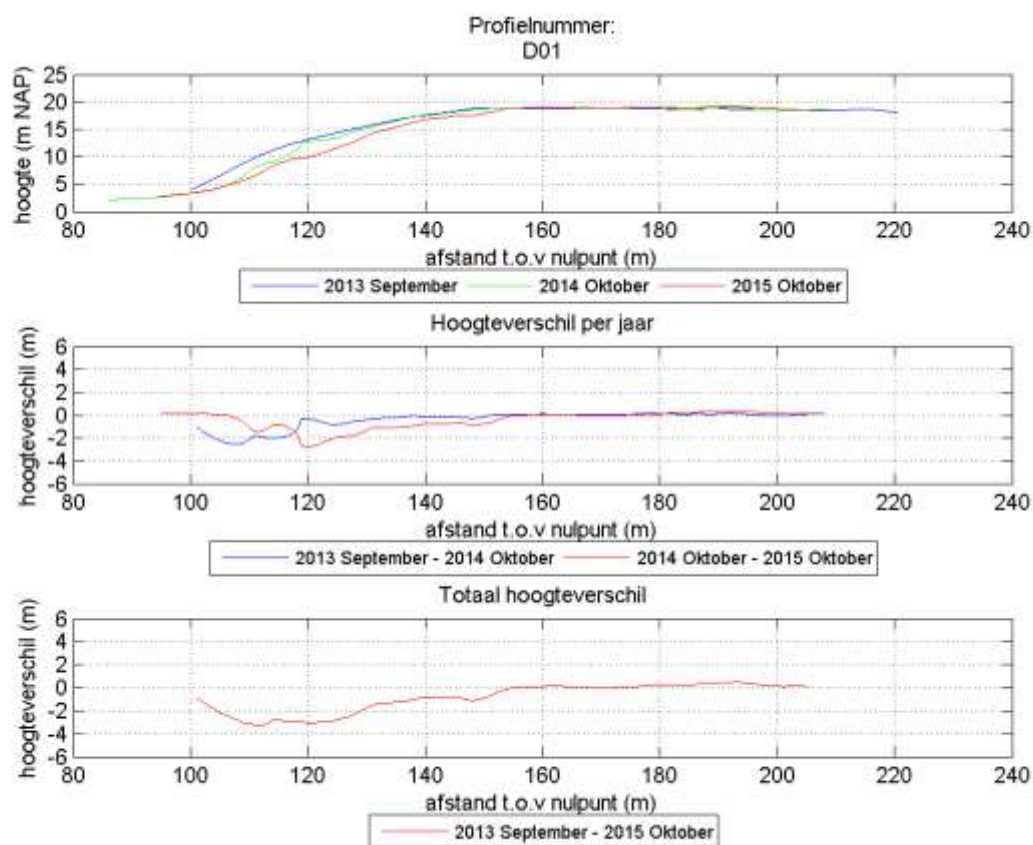


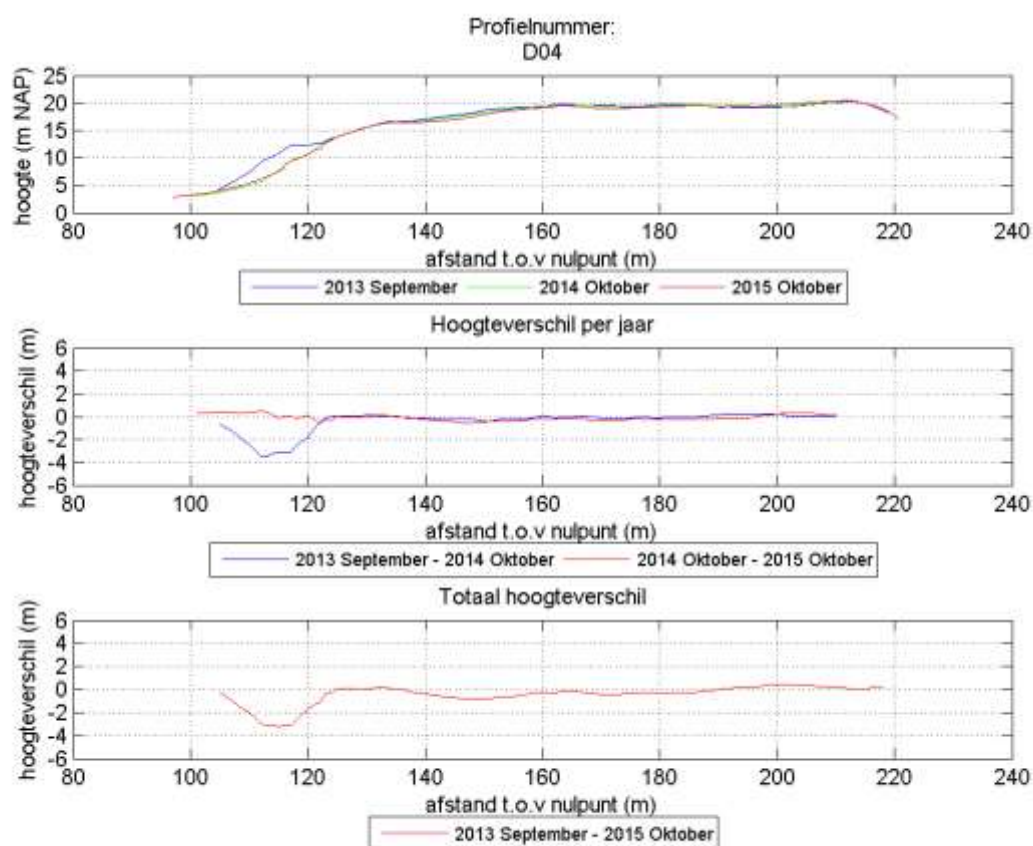
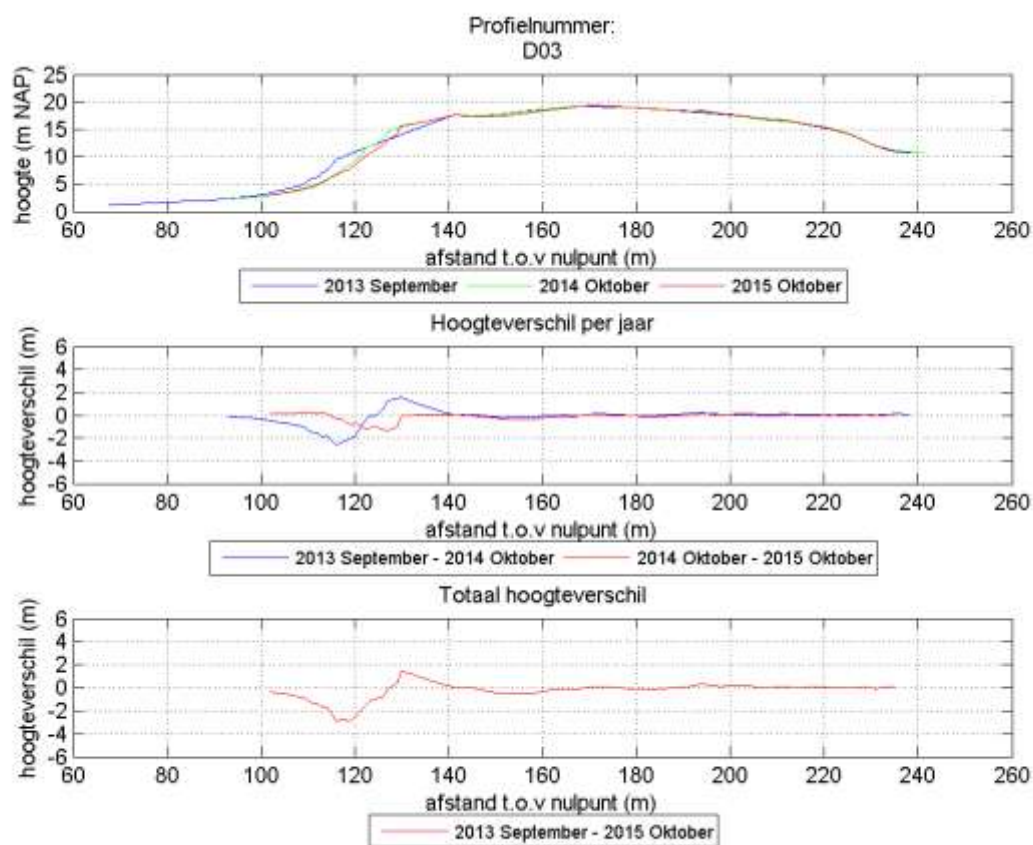


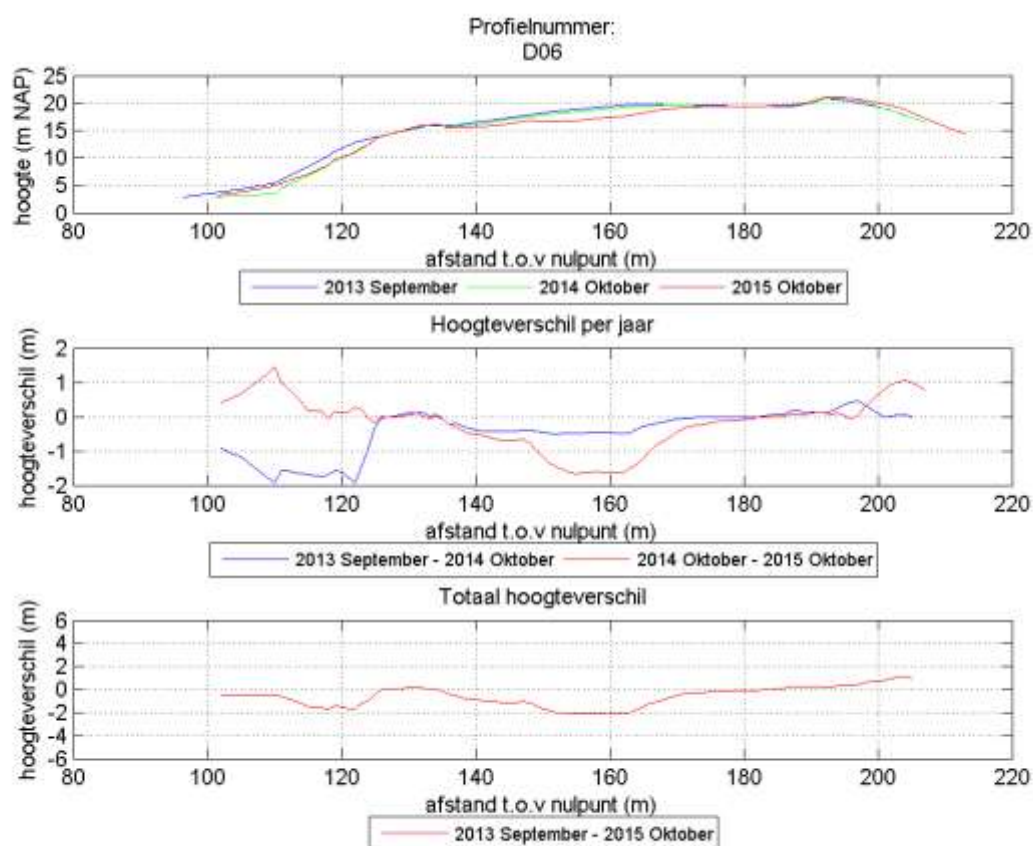
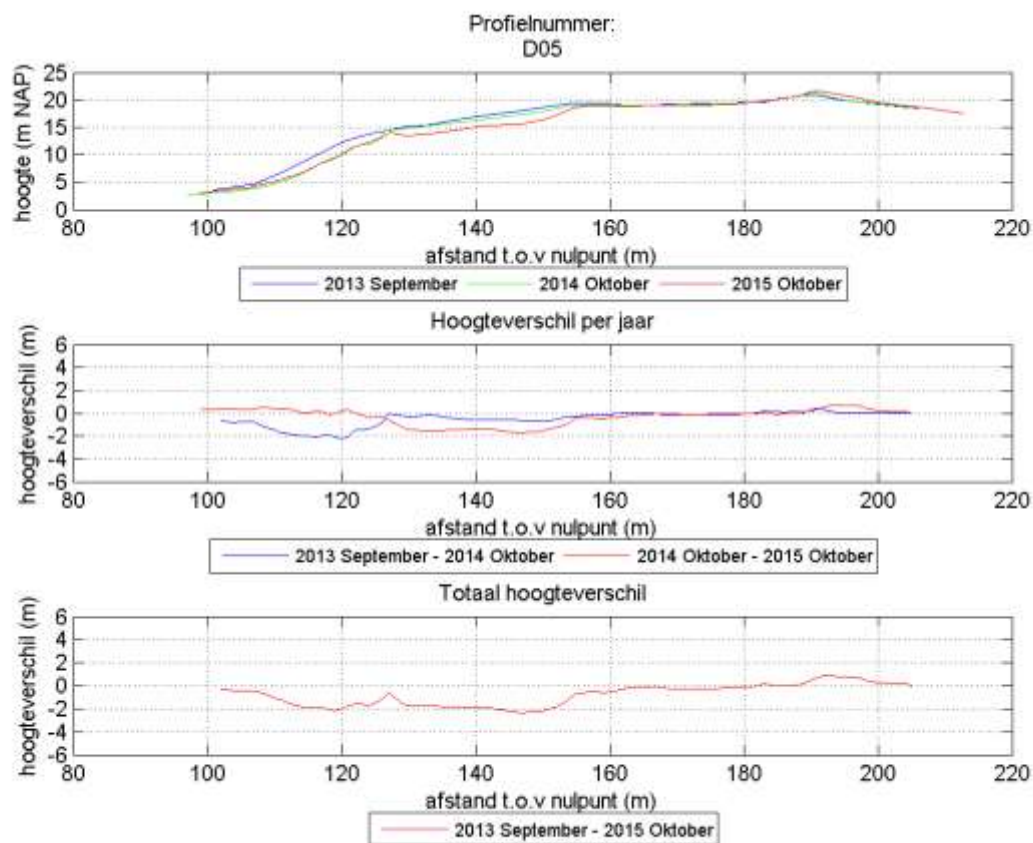


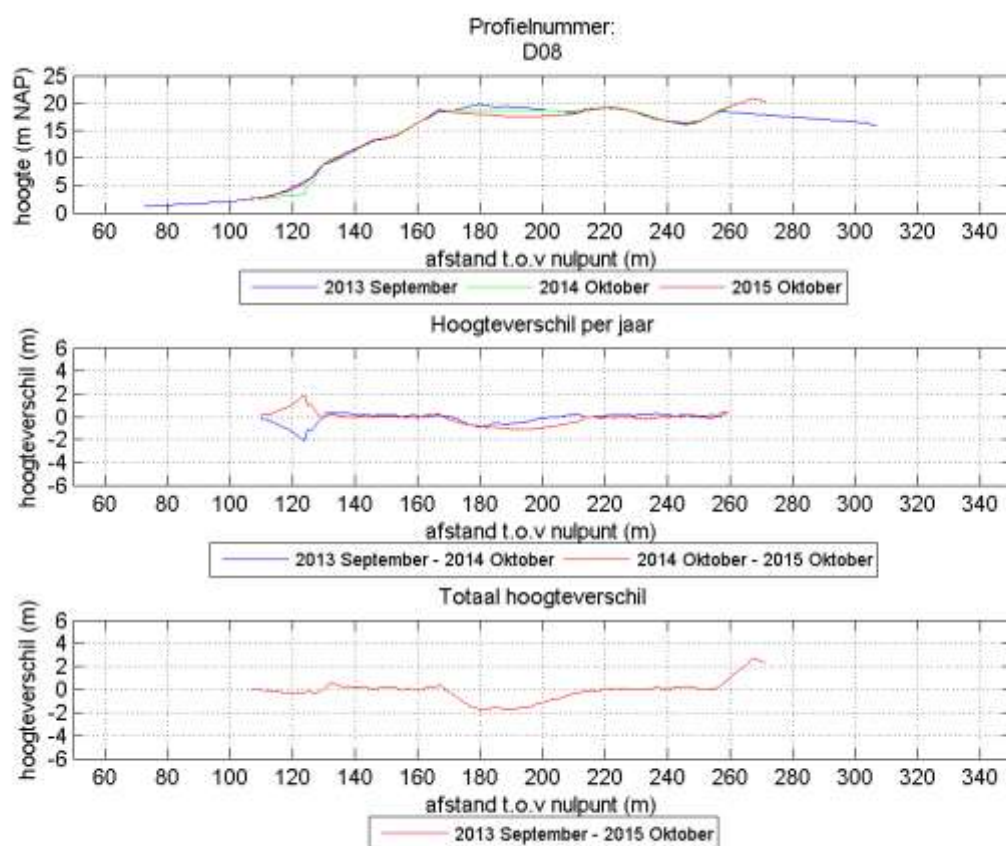
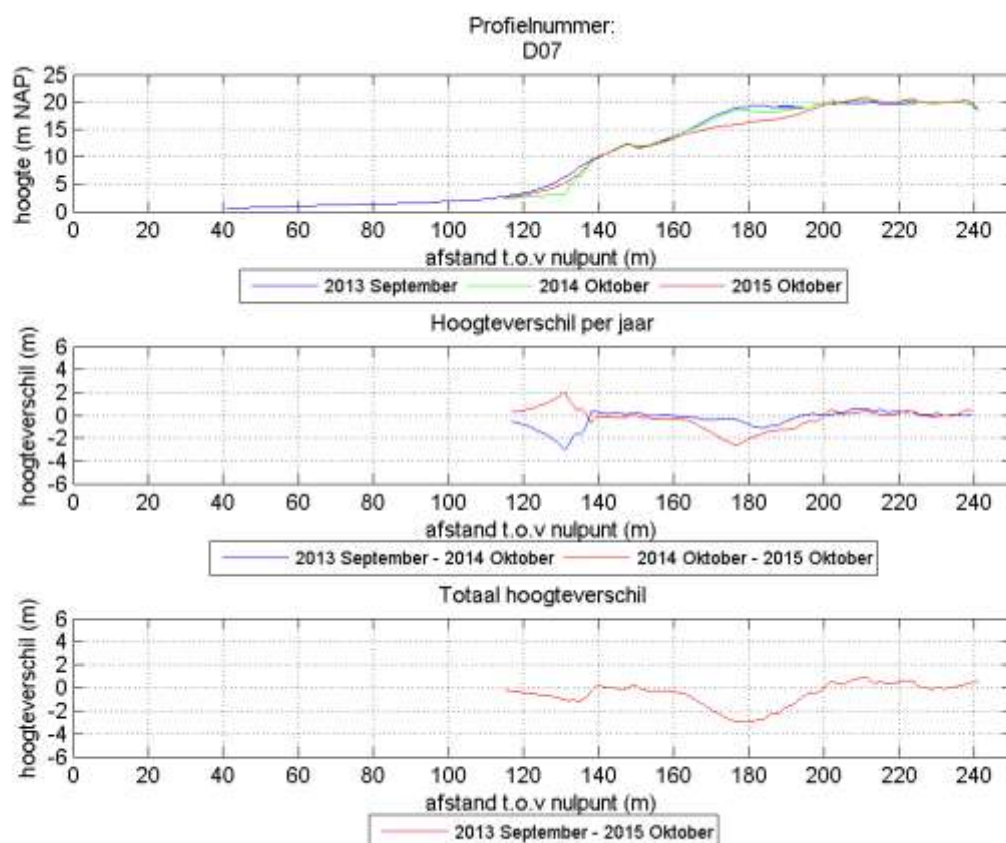


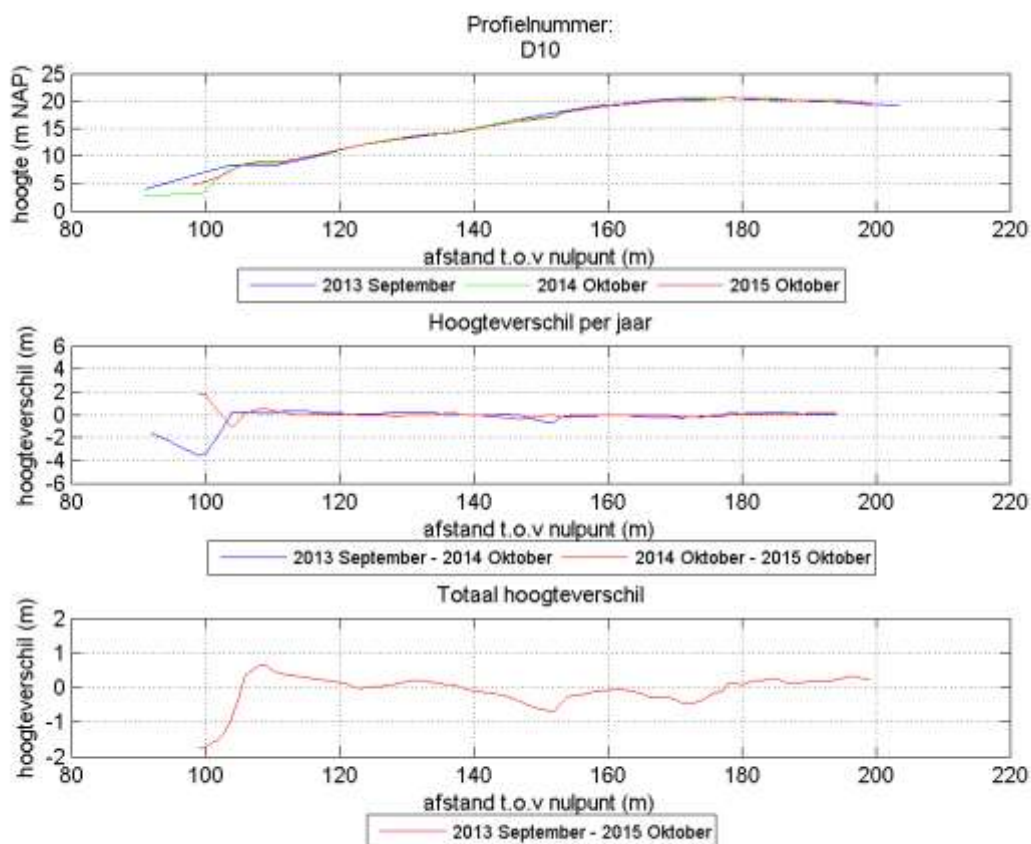
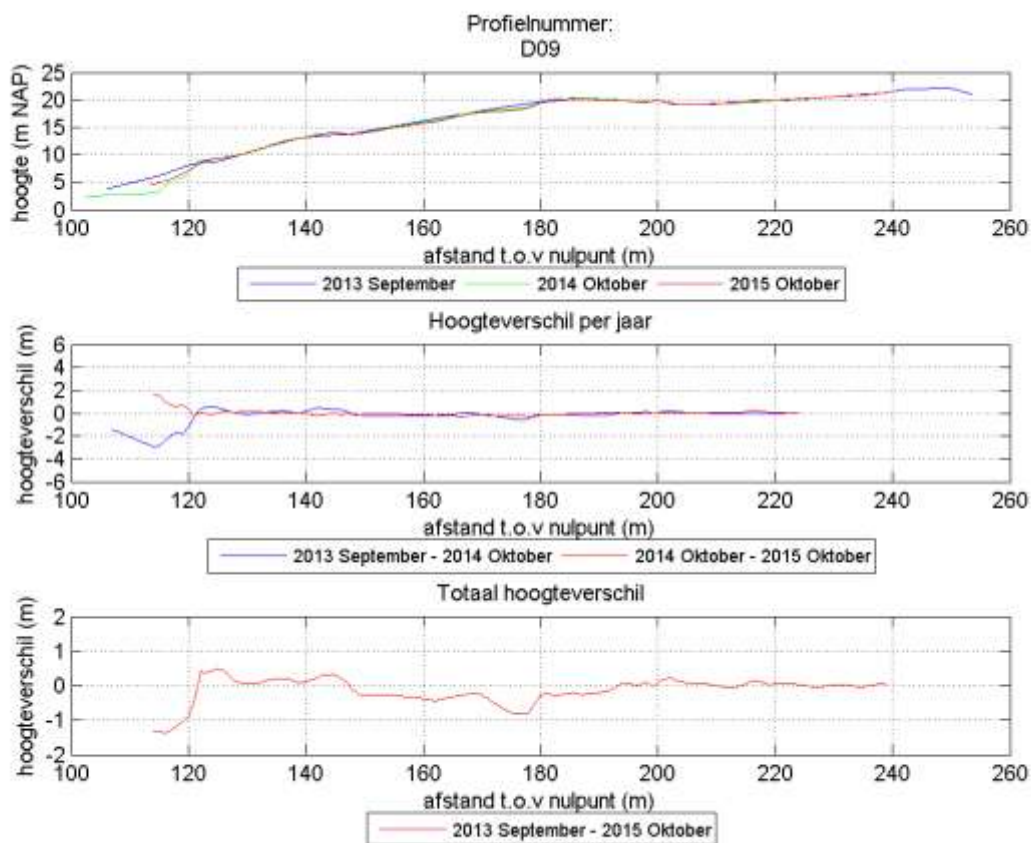












DETAILBESCHRIJVING ONTWIKKELING PER KUIL

Bij de bespreking van de kuilen is een arcering gebruikt voor een makkelijker overzicht. In lichtgroen zijn opmerkingen over het nabeheer aangegeven, in lichtblauw een bespreking van de profielmetingen en in oranje worden bijzonderheden uit de hoogteverschilkaart besproken.

Kuil 1

In Kuil 1 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad.

De overstuivingszone aan de noordoostzijde van de kuil heeft zich over een groot oppervlak uitgebreid. In plaats van een kleine zone met sterke overstuiving (A1) in 2013 is dit nu uitgebreid over een afstand van ± 25 m met sterke overstuiving, maar deels zichtbare vegetatie (A1/2). De overstuiving aan de oostzijde van de zuidelijke helft van de kuil is ook verder uitgebreid. Afslag van de zeereep heeft ervoor gezorgd dat een kaal stuk zand door menselijke invloeden bij de ingreep (OX) aan de zeezijde van de kuil is verdwenen. De ingang van de kuil ligt in het talud van de zeereep. De overstuiving aan de westelijke zijde van de kuil is afgenomen.

Sterk actieve stuifkuil. Na de enorme toename in activiteit in 2015 (door het nabeheer) is de overstuiving in 2016 (veldkartering 2016) vrijwel onveranderd. Doordat de stuifkuil uit twee delen bestaat zijn er twee lobben met sterke overstuiving zichtbaar aan de oostzijde. De noordelijkste van de twee lobben is het grootst en loopt aan de oostzijde door in een storthelling. Dit wordt nu als kaal oppervlak gekarteerd.

De intensiteit van overstuiving is in de veldkartering van 2015 en op het voorjaarsbeeld veel hoger dan op de luchtfotokartering van 2015. De omgrenzing van de overstuivingszones komt redelijk overeen, behalve aan de noordkant van kuil 1 en tussen kuil 1 en 2 in, waar de veldkartering kleinere overstuivingszones aangeeft dan de luchtfotokartering.

profielen A01 t/m A04

Erosie aan voorzijde van de zeereep, waarschijnlijk door afslag. In de kuil vindt in de noordelijke helft flinke erosie plaats tot 1 meter. In de rest van de kuil blijft de erosie beperkt tot max. 25 cm. Aan de oostzijde van de stuifkuil ontstaat een overstuivingszone. In het noordelijkste profiel heeft een ophoging van ± 80 cm plaatsgevonden terwijl de verhoging in de depositiezone bij de andere profielen beperkt bleef tot 20-50cm.

In vergelijking tot de aanleg is van het geplagde oppervlak nog circa de helft geheel kaal, de andere helft licht bedekt. De overstuiving reikt tot maximaal 30m vanaf de grens van de ingreep.

12m afslag. Meeste erosie in centrum van kuil, aan noordzijde, redelijk egaal. Depositie vooral direct aan oostkant. Geplagd, helm.

Kuil 2

In Kuil 2 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad op de overstuiving aan de oostkant.

Tussen 2014 en 2015 is lichte overstuiving op gang gekomen. De kale strook die in 2013 zichtbaar was als gevolg van de ingreep en het afvoeren van zand is nu vrijwel geheel gestabiliseerd. In 2015 is, na het nabeheer, het oppervlak en de mate van overstuiving flink toegenomen. Hierna lijkt de

activiteit te stabiliseren (veldkartering 2016). In noordoostelijke richting zijn nog wel sporen van overstuiving zichtbaar, maar dit is afgenomen ten opzichte van de eerdere kartering.

De intensiteit van overstuiving in 2015 is op de veldkartering hoger dan die van de luchtfotokartering 2015. Een deel van de kuil, aan de oostkant is begroeid geraakt.

profielen A05 & A06

Depositie bij de duinvoet, maar erosie bij het bovenste deel van de zeereep. Dit heeft mogelijk te maken met natuurlijke herverdeling van zand na forse afslag tussen 2013 en 2014. Over de rest van het profiel is vrijwel geen verandering zichtbaar.

In vergelijking tot de aanleg is van het geplagde oppervlak niets meer geheel kaal, maar is dit gehele oppervlak bedekt met zeer lichte tot soms dichtere vegetatie.

14m afslag. Vrijwel geen erosie of depositie. Geplagd, helm.

Kuil 3

In Kuil 3 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad.

De overstuivingszone heeft zich in 2015 fors uitgebreid aan de oostzijde en met name in het verlengde van de twee uitlopers in de kuil, het totale oppervlak is niet veel groter geworden. Aan de voorzijde van de zeereep is een stuk OX, kaal zand door de ingreep, verdwenen. De zeereep is hier flink aangetast door afslag wat doorloopt tot aan de voet van de kuil. De overstuiving aan de zuidwestzijde van de kuil is vrijwel geheel verdwenen.

Ook de veldkartering van 2016 geeft een flinke overstuiving. De kuil bestaat uit 2 armen waarbij achter elke arm een forse overstuivingslob is ontstaan. De overstuiving loopt door tot de rand van de Duindoorn. In tussenliggende zones vindt ook forse overstuiving plaats, maar hier is de vegetatie nog zichtbaar. Aan de achterzijde van de zuidelijke arm is ook een kleine storthelling ontstaan. Het oppervlak en de mate van overstuiving lijken iets afgenomen, maar het is waarschijnlijker dat dit het gevolg is van de manier van karteren (geen werkzaam GPS meer bij deze kuil).

Profielen A07 t/m A09

Verdere erosie aan de voorzijde van de zeereep. De erosie is minder sterk dan vorig jaar. In de stuifkuil is de uitstuiving flink toegenomen met plaatselijk verdieping tot $\pm 1.5\text{m}$. Aan de oostzijde van de kuil ontstaat een lage depositiezone.

Kuil 3 heeft op de luchtfoto 2015 iets ruimere overstuivingszones dan in de veldkartering 2015, vooral aan de zuid- en noordkant. Ook hier is de intensiteit van overstuiving op de veldkartering veel hoger dan die van de luchtfotokartering. Dit blijkt ook uit een vergelijking van de voorjaarsbeelden met de zomerbeelden.

In vergelijking tot de aanleg is het gegraven deel voor de helft geheel kaal, voor de andere helft licht bedekt met wortels, een heel klein deel dichter begroeid met Helm. De overstuiving strekt zich uit tot maximaal circa 35m vanaf de randen van de ingreep.

15m afslag. Meeste erosie aan oostkant, dus op hoogste delen. Iets meer in noordarm dan in zuidarm. Meeste depositie op enige afstand, en rug vorm, met grootste toename ook weer aan de oostkant, dus niet direct aan de vegetatiegrens. Gegraven.

Kuil 4

In Kuil 4 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad. Bij kuilen 4 en 5 overlappen de overstuivingszones in het tussenliggende deel.

De beginnende stabilisatie is in 2015 niet meer zichtbaar. De voorkant is juist actiever geworden, waardoor een soort trog ontstaat dat in het klif doorloopt. Aan de landwaartse zijde is de dynamiek fors toegenomen. De overstuivingszone loopt nu tot circa 60 m door vanaf de kuil. Een deel van de overstuiving ontwikkelt zich tot storthelling. Achter kuil 4 is in een kleine kuil struweel afgeplagd, hier omheen is nu enige activiteit zichtbaar, maar beperkt, hoewel ook hier een kleine storthelling is ontstaan. Ook hier is de zeereep aangetast door afslag, en is een kunstmatig stuk OX verdwenen. De erosie in het begin van de kuil is fors, tot 2m (profiel A12). Hierdoor begint de kuil zich tot een echte stuifkuil te ontwikkelen (nu gekarteerd als eenheid B, stuifkuil, i.p.v. eenheid O, kaal zand).

Voor kuilen 4+5+6 is de omgrenzing van overstuiving in het veld in vergelijking tot de luchtfoto ruimer aan de noordkant en aan de zuidkant. Ook hier is de intensiteit op de luchtfotokartering lager. Aan de oostkant en tussen kuilen 5 en 6 is de begrenzing op de luchtfoto juist ruimer. De veldkartering komt overeen met de voorjaarsbeelden 2015, waarop ruime overstuivingszones zichtbaar zijn.

Profielen A10 t/m A12 & D01

Wederom veel afslag aan de voorzijde van de zeereep. Afslag is minder sterk dan vorig jaar. Uitstuiving in het lage, steile en meest westelijke deel van de stuifkuil is extreem. Er vindt hier verdieping plaats tot ruim 2m. In het hoge gedeelte gebeurt vrijwel niks. Aan de oostkant van de stuifkuil ontstaat een depositiezone met een maximale ophoging van 1m.

In vergelijking tot de aanleg zijn de geplagde (struweel) en gegraven stukken voor ongeveer de helft kaal, voor de rest bedekt met lichte wortel bedekking, en aan de oostkant een matige Helmbedekking. Binnen het gegraven deel ontwikkelt zich de stuifkuil. De overstuiving reikt tot 50-60m landwaarts vanaf de omgrenzing van de ingreep.

17m afslag. Meeste erosie aan zeewaartse zijde, in gegraven deel. In geplagde deel bijna niks. Depositie vooral aan oostgrens geplagde deel, op overgang vegetatie.

Kuil 5

In Kuil 5 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad. Bij kuilen 4 en 5 overlappen de overstuivingszones in het tussenliggende deel.

Verdere uitstuiving aan de voorzijde van deze stuifkuil geeft de kuil een trogvormig karakter (overgang van eenheid O naar B). Aan de noordoostzijde is een lob met sterke overstuiving zichtbaar. Langs vrijwel alle randen is een beperkte zone met sterke overstuiving zichtbaar. De mate van overstuiving aan de oostzijde is in 2015 fors toegenomen, in 2016 iets afgenomen. Op de kartering 2015 strekt de overstuiving zich tot 55m oostwaarts van de kuil uit. De overstuivingszones van kuil 4 en 5 overlappen elkaar.

Profielen A13 t/m A 15 & D02

Flinke afslag aan de voorzijde van de zeereep, maar minder sterk dan vorig jaar. In het lage westelijke deel van de stuifkuil vindt forse erosie plaats tot ruim 1.5m. Het hoge deel van de stuifkuil toont geen verandering. Geen duidelijke depositiezone zichtbaar.

In vergelijking tot de aanleg is in kuil 5 circa een derde deel van het gegraven en geplagde oppervlak nog geheel kaal, de rest is licht of matig bedekt met wortels, en een kleine rand is bedekt met matige helm. Binnen het gegraven deel ontwikkelt zich een stuifkuil. De overstuiving strekt zich tot circa 50m vanaf de kuil uit, en bedekt voor een groot deel de achterliggende strook die geklepeld is. Aangrenzend liggen enkele referentiekuiten.

16m afslag. Meeste erosie aan zeewaartse zijde, in gegraven deel, maar minder dan bij 4. In geplagde deel bijna niks. Depositie vooral aan oostgrens geplagde deel, op overgang vegetatie, maar minder dan bij 4.

Kuil 6

In Kuil 6 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft aan de zeewaartse zijde van de kuil een positief effect gehad, aan de oostzijde vrijwel niet. In het midden van de kuil, aan de noordkant strekt de overstuivingszone zich uit tot de zuidelijke overstuivingszone van kuil 5.

Nadat in 2015 de overstuiving bij deze kuil aan noord- en zuidzijde flink was toegenomen is de mate van overstuiving in 2016 weer iets teruggelopen. De oostelijke helft van de stuifkuil is volledig stabiel. Overstuiving vindt alleen plaats aan de noord en zuidkant van de stuifkuil zelf. Aan de zuidkant van de stuifkuil is forse overstuiving in Duindoorn zichtbaar. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is aan de noordoostkant reeds enige begroeiing zichtbaar, op het zomerbeeld is de oostelijke helft al grotendeels begroeid geraakt.

Kuil 6 (A16 t/m A18 & D03)

Aan de voorzijde van de zeereep is sprake van afslag. In de kuil vindt weinig enige erosie plaats, vooral te zien in profielen 17 en 18. Aan de zeewaartse zijde van de kuil vindt enige erosie plaats met een maximale verdieping tot ± 40 cm. Langs de landwaartse grens van de kuil is een lichte depositiezone zichtbaar met een maximale ophoging van ± 30 cm.

In vergelijking tot de aanleg is het grootste deel van het gegraven oppervlak kaal, terwijl het grootste deel van het geplagde (Helm) oppervlak al in meerdere of mindere mate gestabiliseerd is door Dauwbraam of Helm. Er is nauwelijks sprake van overstuiving buiten de grenzen van de ingreep

19m afslag. Hele lichte erosie in gegraven deel, maar veel minder dan bij 5. In geplagde nog lichter. Depositie vooral aan oostgrens geplagde deel, op overgang vegetatie, maar ook op overgang van gegraven naar geplagde deel, vergelijkbaar met 54.

Referentie R1

In 2014 is hier minder sterke overstuiving dan in 2013, wat vergelijkbaar is met de veranderingen in dynamiek bij de ingreep. De overstuivingszones zijn wel gelijk gebleven qua oppervlak. In 2015 neemt de dynamiek toe, met een vergroten van de uitstuivingen en iets ruimere overstuivingszones.

11m afslag. Zeer lichte tot vrijwel geen erosie en depositie. Ruis van omringende duindoorn is groter. Alleen een paar iets grotere kuiten laten een soort van erosieve kern zien.

Kuil 7

In Kuil 7 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad.

De activiteit is hier fors toegenomen. Aan de noordoostzijde van de kuil is een kleine overstuivingszone verder uitgebreid en deels actiever geworden. De open zone als gevolg van de ingreep is net als bij eerdere kuilen dichtgegroeid, maar ook deels weggeslagen door kustafslag.

De overstuivingszone aan de noord- en oostzijde van de stuifkuil is in 2015 veel actiever dan in 2014, en blijft dat in 2016. In het centrale gedeelte van de overstuivingszone groeit nu Helm. Aan de achterzijde is een storthelling zichtbaar die doorloopt in de Duindoorn.

Bij de kuilen 7 t/m 10 is de omgrenzing van overstuiving van de veldkartering aan de oostkant van kuilen 8 en 9 ruimer, evenals tussen kuilen 7 en 8. De intensiteit is vooral bij kuil 7 lager dan bij de veldkartering. Ook de voorjaarsbeelden tonen een veel uitgestrektere overstuivingszone dan de zomerbeelden. Opvallend is wel dat op de zomerbeelden kuil 7 aan de zeewaartse zijde zich meer tot een echte stuifkuil ontwikkelt.

De kortste afstand tussen kuilen 7 en 8 is 20m, maar desondanks lijkt er geen sprake van onderlinge beïnvloeding.

Profielen A19, A20 & D04

Aan de voorzijde van de zeereep is sprake van afslag. De kuil ondergaat enige erosie. Aan de zeewaartse zijde van de kuil vindt lichte erosie plaats met een maximale verdieping tot ± 40 cm. Langs de landwaartse grens van de kuil is een lichte depositiezone zichtbaar met een maximale ophoging van ± 30 cm.

In vergelijking tot de aanleg is bij kuil 7 zowel het gegraven als het geplagde (struweel) deel voor circa 15% kaal. De rest is bedekt met lichte Dauwbraam of matige wortels. De overstuivingszone strekt zich uit tot een twintigtal meters landwaarts van de omgrenzing van de ingreep.

10m afslag. Redelijke erosie in gegraven deel, iets meer onder op de helling, ook redelijk in geplagde deel. Depositie vooral aan oostgrens geplagde deel, op overgang vegetatie. Gegraven en geplagd Helm.

Kuil 8 & kuil 9

In Kuilen 8 en 9 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een positief effect gehad.

Bij deze kuilen is de activiteit flink toegenomen. Bij kuil 8 is in noordoostelijke richting een sterke overstuivingszone ontstaan. Daarnaast is de overstuiving toegenomen langs de verbindingszone tussen de twee kuilen. De kale delen aan de zeezijde zijn dichtgegroeid of verdwenen door afslag. Aan de noordzijde van kuil 8 is een OX zone met een door de ingreep beïnvloed, kaal oppervlak. Deze is niet veranderd ten opzichte van 2013.

Deze kuilen zijn met elkaar verbonden door een afgeplagde zone. De kuilen zijn beiden extreem uitgestoven in de laatste 2 jaar, waarbij een trogvorm is ontstaan (in 2015 gekarteerd als B in plaats van O). Langs de gehele oostzijde ligt een zone met extreme overstuiving. De bovenkant van de Duindoorn komt op sommige plekken nog boven het zand uit. Op één punt loopt de overstuiving een gat met Duindoorn in waarbij een storthelling ontstaat.

De overstuivingszone is op de veldkartering ruimer dan op de luchtfotokartering. De intensiteit is vergelijkbaar. Ook de voorjaarsbeelden tonen een veel uitgestrektere overstuivingszone dan de zomerbeelden. Opvallend is wel dat op de zomerbeelden de oostrand van kuilen 8 en 9, en de tussenliggende zone, actiever is dan op de voorjaarsbeelden, en dat de kuilen zich meer tot echte stuifkuilen hebben ontwikkeld.

Profielen A21 t/m A23 & D05 (kuil 8)

De voorzijde van de zeereep is redelijk stabiel. Na een jaar met flinke afslag vindt er nu zelfs enige aangroei plaats in het lagere deel. In het lage gedeelte van de stuifkuil is een extreme toename in uitstuiving zichtbaar. Een groot deel van de kuil is met 1.5-2m verdiept. Aan de achterzijde van de kuil ontstaat een groeiende rug met storthelling die op sommige plekken met 1m is opgehoogd.

Profielen A24 t/m A26 & D06 (kuil 9)

De voorzijde van de zeereep is na een jaar met forse afslag weer stabiel en aan de voet is zelfs aangroei zichtbaar. In het lagere zeewaartse gedeelte van de kuil vindt sterke uitstuiving plaats. Het hogere gedeelte en voornamelijk de verbindingszone tussen kuil 8 en 9 is stabiel. Langs de randen van de stuifkuil vindt overstuiving plaats, waardoor hier een soort rug ontstaat. Aan de oostzijde van de stuifkuil lijkt een soort storthelling te ontwikkelen.

In vergelijking tot de aanleg is bij kuil 8 nog circa de 75% van het afgegraven deel kaal, voor kuil 9 is dat circa de helft. Het afgeplagde (struweel) deel is bedekt met wortels. De overstuiving reikt tot 15-20m landwaarts van de omgrenzing van de ingreep. Het tussenstuk tussen kuilen 8 en 9, wat geplagd is, is enigszins aan het stabiliseren door bedekking met Dauwbraam vanaf de zeewaartse zijde. In beide kuilen is sprake van stuifkuil/kerfontwikkeling. De ingang van kuil 8 reikt tot in het klif (profiel D05 gaat daar net niet doorheen), die van kuil 9 ligt hoger op de helling. Bij kuilen 8 en 9 aan zeewaartse zijde daadwerkelijke ontwikkeling tot stuifkuil (en kerfje)

7m afslag. Vrij forse erosie in gegraven deel, iets meer onder op de helling bij 9, juist in het centrum bij 8, ook redelijk in geplagde deel. Depositie vooral aan oostgrens geplagde deel, op overgang vegetatie in een langgerekt duin, ook langs geplagde deel tussen kuilen 8 en 9. Gegraven en geplagd Helm.

Kuil 10

In Kuil 10 is tussen juli en september 2014 nabeheer uitgevoerd, door met een paard en ploeg het gehele oppervlak te ploegen. Dit heeft een verwaarloosbaar effect gehad.

Deze kuil toont vrijwel geen activiteit. Alleen in de noordoosthoek is het kale oppervlak een klein stukje uitgebreid. Wonderlijk genoeg is het oppervlak nog geheel kaal.

De kuil ligt beschut tussen het struweel en is daardoor minder actief dan de andere kuilen. De overstuivingszone van kuil 9 is inmiddels verbonden met kuil 10 waardoor er wel enige overstuiving plaatsvindt. Opvallend is dat de enige overstuivingszone die daadwerkelijk uit deze kuil lijkt te komen aan de westkant ligt. Voorjaars- en zomerbeeld zijn vrijwel gelijk.

Profielen A27 & A28

Depositie aan duinvoet, verder redelijk stabiele voorzijde van de zeereep. Ook de kuil is stabiel.

Van het afgeplagde (struweel) oppervlak is nog 100% kaal. Blijkbaar zijn bij het afplaggen de meeste wortels afgevoerd. Het omringende struweel zorgt niet voor zodanige turbulentie dat dit tot uitstuiving in de kuil leidt.

10m afslag. Vrijwel geen erosie of depositie. Geplagd, duindoorn.

Referentie R7+8+9+10

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn in 2015 vergelijkbaar met die van 2014.

Redelijke erosie en depositie aan oost of noordoostzijde, maar verschillen zijn kleiner dan op de ingrepen.

Kuil 11

In deze kuil is alleen nabeheer uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels, op 7 mei en 17 en 22 september.

Zeer actieve stuifkuil waar vooral in het hogere gedeelte veel zand is uitgestoven. De overstuivingszone strekt tot ruim 50m uit in oostelijke richting. Op ±40m oostwaarts van de stuifkuil is een storthelling ontstaan. Deze is verder uitgebreid ten opzichte van 2014. In 2014 strekte de overstuivingszone zich meer naar het noorden uit. Er is een ruime overlap tussen de overstuivingszones van kuilen 11, 12 en 13.

Overstuivingszone in veldkartering is vergelijkbaar met die van de luchtfotokartering, maar de overstuiving is sterker op het voorjaarsbeeld en op de veldkartering. De veldkartering 2016 geeft vergelijkbare overstuivingszones.

Profielen A29 t/m A31 & D07

Na een jaar met flinke afslag heeft hier aangroei plaatsgevonden aan de duinvoet. Opvallend is dat bij deze kuil juist in het hoge gedeelte extreme uitstuiving zichtbaar is. De kuil is op sommige plekken met ruim 2.5 meter verdiept. De hellingknik is verdwenen. Aan de noordoost en oostzijde van de kuil ontstaat een uitgerekte depositiezone met plaatselijk ophoging tot ±80cm.

In vergelijking tot de aanleg is bij de bedekkingskartering van 2014 van het gegraven deel nog circa 70% kaal. De bedekking is deel met lichte wortelbedekking, deels met Helm. Op de zomerfoto van 2015 is echter al een groter deel bedekt, circa 40% van de zeewaartse zijde. De overstuiving strekt zich uit over een behoorlijke afstand buiten de omgrenzing van de ingreep (ruim 40-50m).

Kuil 11: 7m afslag. Zeer forse erosie in gegraven deel, aan de bovenkant van het profiel. Depositie zowel direct aangrenzend (12) als op afstand (11) en soms fors in duidelijk nieuwe duinruggen.

Kuil 12

In deze kuil is alleen nabeheer uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels, op 7 mei en 17 en 22 september.

Ook deze kuil is zeer actief. Uitstuiving vindt vooral plaats in het hogere gedeelte van de kuil. De zone met sterke overstuiving is verder uitgebreid en aan de oostkant van de stuifkuil is zelfs een kaal oppervlak ontstaan. Ook hier eindigt de overstuiving in een storthelling die in de duindoorn verdwijnt. De overstuivingszones zijn verbonden met die van kuilen 11 en 13. De veldkarteringen van overstuivingszones van 2015 en 2016 zijn vergelijkbaar.

Op het zomerbeeld 2015 is de overstuivingszone qua omvang vergelijkbaar met het voorjaarsbeeld, alleen de intensiteit is lager. Er is een ruime overlap tussen de overstuivingszones van kuilen 11, 12 en 13.

Profiel A32 (kuil 12)

Aangroei aan de duinvoet. De extreme erosie in de stuifkuil is in zeewaartse richting uitgebreid. Tussen 2014 en 2015 heeft er plaatselijk bijna 2m verdieping plaatsgevonden. Aan de noordoostzijde is een depositiezone zichtbaar met ophoging tot ± 40 cm. Het grootste deel van de depositiezone valt net buiten het profiel.

In vergelijking tot de aanleg is bij de bedekkingskartering van 2014 van het gegraven deel nog circa 70% kaal. De bedekking is deel met lichte wortelbedekking, deels met Helm. Op de zomerfoto van 2015 is de kuil ook grotendeels kaal. De overstuiving strekt zich uit over een behoorlijke afstand buiten de omgrenzing van de ingreep (ruim 40m).

Kuil 12: 5m afslag. Zeer forse erosie in gegraven deel, aan de bovenkant van het profiel. Depositie zowel direct aangrenzend (12) als op afstand (11) en soms fors in duidelijk nieuwe duinruggen.

Kuil 13

In deze kuil is alleen nabeheer uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels, op 7 mei en 17 en 22 september.

Binnen deze kuil begint zich zowel binnen het afgegraven gedeelte als het afgeplagde gedeelte een stuifkuil te ontwikkelen (overgang van eenheid O naar B). De kuil in het afgeplagde gedeelte heeft een complexe ontwikkeling, want hierbinnen vind ook enige ophoging plaats van zand wat instuift vanuit het afgegraven gedeelte. Langs alle randen van de kuil is een zone van extreme overstuiving zichtbaar. Deze overstuiving is wel beperkt door de hoeveelheid Duindoorn die zich aan de zuidkant van de kuil bevindt. Aan de oostzijde bevindt zich een verhoging waarop flinke overstuiving plaatsvindt, maar waar wel veel vegetatie zichtbaar is. Langs de randen van deze verhoging zijn storthellingen zichtbaar.

Veldkartering en luchtfotokartering van overstuiving zijn goed met elkaar in overeenstemming. De veldkartering van 2016 laat een nog iets verdere toename van de overstuiving aan de oostkant zien.

Profielen A33 t/m A35 & D08

Aangroei bij de duinvoet. In het lage gedeelte van de stuifkuil overheerst sterke erosie met verdieping tot ruim 1m. Aan de oostzijde van deze afgraving bevindt zich nog een kuil waarin depositie zichtbaar is. Ook langs de randen ontstaan depositiezones met plaatselijke ophoging tot ± 1 m.

Kuil 13 is voor circa de helft kaal, daarnaast matige wortelsbedekking. De afplagzone aan oostkant ook nog voor een derde geheel kaal. Opvallend is dat in beide delen een stuifkuil ontstaat en dat beide delen omgrensd zijn door zones met sterke overstuiving.

3m afslag. Forse erosie in gegraven deel, aan de bovenkant van het profiel, beperkt maar wel wat in geplagde deel. Depositie zowel direct aangrenzend (12) als op afstand (11) en soms fors in duidelijk nieuwe duinruggen. Depositie ook in ketelvorm aan oostkant, binnen het afgeplagde deel.

Referentie R4of3

Leken deze kuilen in 2014 te stabiliseren, in 2015 is de activiteit toegenomen. Met name de iets grotere erosieve kernen zijn uitgebreid. De kuilen zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuilen.

Enkele kuilen tonen duidelijke erosie en depositie, maar op iets kleinere schaal dan de aangrenzende gegraven stuifkuilen. Zowel de mate van als de omtrek is geringer.

Kuil 14

Kuilen 14 t/m 17 zijn 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Deze kuilen waren bij de eerste ingreep alleen geplagd en al snel was duidelijk dat deze ingreep niet succesvol zou worden zonder drastischer verwijderen van Helmwortels.

In 2014 strekte de overstuivingszone zich naar het noordoosten uit, in 2015 meer westnoordwest. De afmetingen zijn vergelijkbaar. Op het voorjaarsbeeld is de mate van overstuiving veel groter dan op het zomerbeeld (en kartering). De veldkartering van 2015 komt overeen met het voorjaarsbeeld. De veldkartering van 2016 laat opnieuw een uitgestrekte overstuivingszone zien, maar nu weer richting noordoosten. Aan de noordzijde van de kuil ontstaat een flinke verdieping.

Profielen A36 & A37

Aangroei aan voorzijde zeereep. In de kuil vindt uitstuiving plaats met plaatselijke verlaging tot ± 50 cm. Aan de achterzijde is een lichte depositiezone zichtbaar.

4m afslag. Verschilkaart laat verschillen t.g.v. opnieuw uitgraven zien, erosie in de kuilen, depositie in de depots aan de zeewaartse zijde.

Kuil 15

Kuilen 14 t/m 17 zijn 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Deze kuilen waren bij de eerste ingreep alleen geplagd en al snel was duidelijk dat deze ingreep niet succesvol zou worden zonder drastischer verwijderen van Helmwortels.

De hernieuwde ingreep heeft nauwelijks effect gehad. Er is geen activiteit zichtbaar op het zomerbeeld van 2015, met uitzondering van een zeer kleine overstuivingszone aan de noordwestzijde van de kuil. Vergelijking met het voorjaarsbeeld leert dat er wel sprake is geweest van enige overstuiving. Dit blijkt ook uit de veldkartering 2015. De veldkartering 2016 geeft nog een zeer beperkte overstuivingszone aan de zuidoostkant.

Profielen A38 & A39

Depositie bij de duinvoet. In de stuifkuil is vrijwel geen verandering zichtbaar.

Kuil 15 is nog maar 10% kaal, verder bedekt met dichte wortels. Er is sprake geweest van kortstondige overstuiving tot een afstand van 25-30m buiten de omgrenzing van de ingreep.

5m afslag. Verschilkaart laat verschillen t.g.v. opnieuw uitgraven zien, erosie in de kuilen, depositie in de depots aan de zeewaartse zijde.

Kuil 16

Kuilen 14 t/m 17 zijn 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Deze kuilen waren bij de eerste ingreep alleen geplagd en al snel was duidelijk dat deze ingreep niet succesvol zou worden zonder drastischer verwijderen van Helmwortels.

Er is enige toename in overstuiving aan de noordzijde van de kuil. Het kale oppervlak aan de zeezijde wat was ontstaan tijdens de ingreep is nu weer deels begroeid. Ook de kuil is inmiddels deels gestabiliseerd, zowel aan de oostkant als aan de westkant. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is de kuil nog grotendeels kaal, met uitzondering van het meest oostelijke deel. In het midden bevindt zich een kleine depressie die harder lijkt uit te stuiven (waarschijnlijk extra gegraven). De overstuiving rondom de kuil is in het voorjaar aanmerkelijk toegenomen. Dat blijkt overigens ook uit de veldkartering 2015. De veldkartering 2016 laat zowel aan de noord- als aan de zuidkant opnieuw een overstuivingszone zien. Deze loopt verder door dan in 2015. Ook aan de zuidrand is forse overstuiving zichtbaar. Hier is de overstuiving echter beperkt door struweel. De mate van stabilisatie is blijkbaar niet zodanig dat in het winterseizoen geheel geen overstuiving meer is opgetreden. Aan de oostzijde overlapt de overstuiving met een stuifkuil die hier al aanwezig was voor de aanleg van de stuifkuilen van Noordvoort (referentiekuil R16+17). De overstuivingszones van deze kuil zijn in 2016 niet in kaart gebracht, terwijl dat in 2015 wel is gedaan.

Op het zomerbeeld is de kuil voor een groot deel groen, met een dichtere bedekking aan de oostkant dan aan de westkant. De bedekking is zodanig dat de indruk bestaat dat het grootste deel van de kuil reeds gestabiliseerd is. Ook op de bedekkingskartering van oktober 2015 blijkt dit. In ieder geval is de vegetatieontwikkeling in het zuidelijk deel van het project (kuilen 14 t/m 17) anders dan in de rest van het gebied, wat ook al opvalt aan het veelvuldig voorkomen van Groot hoefblad. Waardoor dit veroorzaakt wordt is onbekend.

Profielen A40, A41 & D09

Ook hier vindt aangroei bij de duinvoet plaats. In het meest zeewaartse deel van de stuifkuil is zeer lichte erosie zichtbaar, maar verder is er geen verandering te zien.

In vergelijking tot de aanleg is nog maar een zeer beperkt deel van de kuil kaal, minder dan 5%. De overstuivingszone strekt zich uit tot maximaal 35m vanaf de omgrenzing van de ingreep.

5m afslag. Verschilkaart laat verschillen t.g.v. opnieuw uitgraven zien, erosie in de kuilen, depositie in de depots aan de zeewaartse zijde.

Referentie R4

Direct achter kuil 16 in zuidoostelijk richting, bevindt zich een kleine stuifkuil. Deze is sinds 2013 iets toegenomen in activiteit.

Lichte erosie, en minder duidelijke, wat vage depositie door duindoorn. Behoorlijk veel kleinschaliger dan ingreepkuilen.

Kuil 17

Kuilen 14 t/m 17 zijn 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Deze kuilen waren bij de eerste ingreep alleen geplagd en al snel was duidelijk dat deze ingreep niet succesvol zou worden zonder drastischer verwijderen van Helmwortels.

De meest zuidelijke kuil is inmiddels aan het stabiliseren, waarbij de mate van begroeiing afneemt van de zeewaartse zijde naar de landwaartse zijde. Op het voorjaarsbeeld van 2015 is de kuil nog grotendeels kaal, met een uitgestrekte overstuivingszone aan de oostkant, en een depressie midden in de kuil, mogelijk door extra graven. Op het zomerbeeld lijkt stabilisatie de overhand te hebben, wat bevestigd wordt door de bedekkingskartering van oktober 2015. De veldkartering van 2016 geeft echter toch weer een overstuivingszone aan de oostkant. Binnenwaaiend zand vanaf strand en

zeereep zou hierbij een rol kunnen spelen. Door afslag in 2013 en 2014 is de verstuiwingsdynamiek in de zeereep veranderd.

Profielen A42 & D10

Erosie en depositie bij de duinvoet lijken een soort herprofilering na de extreme afslag van vorig jaar. In de stuifkuil vindt zeer lichte erosie plaats met een maximale verandering van enkele centimeters.

In vergelijking tot de aanleg is nog maar een zeer beperkt deel van de kuil kaal, minder dan 5%. De overstuivingszone strekt zich uit tot circa 25m vanaf de omgrenzing van de ingreep.

5m afslag. Verschilkaart laat verschillen t.g.v. opnieuw uitgraven zien, erosie in de kuilen, depositie in de depots aan de zeewaartse zijde.