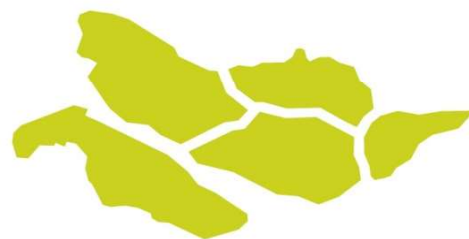




Dynamisering Springertduinen, najaar 2023

Rapportage najaar 2023



waterschap
**Hollandse
Delta**

Definitief

18 maart 2024

Verantwoording

Waterschap

waterschap Hollandse Delta
Handelsweg 100
2988 DC Ridderkerk

Postbus 4103
2980 GC Ridderkerk
t 088 974 33 00
f 088 974 30 01
i www.wshd.nl

Afdeling

Afdeling Regie en Assetmanagement

Auteur/coördinatie

Ing. Yede Bruinsma
y.bruinsma@wshd.nl

Reviewer

Akkoordverklaarder

Opdrachtgever

Versie

(Ir, Bart van Leeuwen)
(titel, initialen, achternaam teamleider)
(of naam afdeling)
18 maart 2024
Definitief

Inhoudsopgave

Verantwoording	2
1 Samenvatting	1
2 Inleiding	2
2.1 Doel en aanleg van project Springertduinen	2
2.1.1 Voortraject en uitvoering	2
2.2 Intensieve monitoring, maar niet geheel volgens het oorspronkelijke monitoringsplan	3
3 Springertduinen najaar 2023	6
3.1 Een korte beschouwing over de meetmethoden en de beperkingen daarvan	6
3.2 De toestand van de kerven en het omliggende gebied (cluster 2)	6
3.2.1 De hoogteveranderingen	7
3.2.2 Is de waterkering ter hoogte van de kerven veilig?	13
3.2.3 Is er sprake van duingroei?	13
3.2.4 De noodzaak van vervolfbeheer en bijsturende maatregelen	15
3.3 De toestand van de bestaande kerf (cluster1)	18
3.4 De toestand van de zuidelijke stuifkuilen (cluster 3)	21
4 Evaluatie van de data inwinning met gebruik van een eigen drone	25
5 Conclusies en aanbevelingen	26
5.1.1 Conclusies:	26
5.1.2 Aanbevelingen	26
6 Lijst van figuren	28
Bijlagen	
Bijlage 1: De complete set hoogtekarten van cluster 2:	2
Bijlage 2: De complete set verschilkaarten van cluster 2:	7
Bijlage 3: De profielen door de noordelijke en zuidelijke kerf van cluster 2:	11
Bijlage 4: De profielen door cluster 1	16
Bijlage 5: De profielen door cluster 3	19

1 Samenvatting

Dit rapport beschrijft de ontwikkelingen in het projectgebied Springertduinen een jaar na aanleg van een drietal kerven en een aantal stuifkuilen.

Eén jaar na aanleg van dit project, dat in de loop van enkele decennia moet zorgen voor duingroei, zijn er nog geen spectaculaire resultaten te verwachten. Toch zijn de veranderingen in cluster 2, waar de aanzet tot de kerven is gemaakt, indrukwekkend. De zeewaartse helling van de kerven erodeert flink. Langzaam ontwikkelt zich een V-vorm die effectiever is in het concentreren van de wind en daarmee geschikter voor het transport van zand. Aan de landzijde vormen zich forse lobben zand als basis voor het nieuw te vormen duin. De ontwikkeling van de kerven is dus op gang gekomen. Er is nog geen sprake van hoogtegroei omdat aan de landzijde van de kerven in eerste instantie een laagte moet worden opgevuld. De berekende volumeveranderingen in de loop van het eerste jaar zijn natuurlijk nog niet groot maar geven aanleiding tot voorzichtig optimisme voor de toekomstige ontwikkeling.

Het middeldeel van de kerven blijft hoog en breed genoeg zodat ruim voldaan wordt aan de minimale eisen en de waterveiligheid niet in het gedrang komt.

Het blijkt voorlopig nodig te zijn om in opdracht van het waterschap nabeheer uit te voeren: vrij stuivende wortels van duindoorn worden verwijderd en ongewenste hergroei van helmgras wordt tegengegaan.

Het activeren van de natuurlijke kerf in cluster 1 heeft tot nu toe succes gehad. Er is een flinke hoeveelheid zand bijgekomen aan de landzijde van deze kerf.

Het beeld van de aangelegde stuifkuilen is minder eenduidig. Bij sommigen lijkt de erosie op gang te komen. Andere stuifkuilen lijken minder actief. In alle gevallen is het verwijderen van door de natuurbeheerder vegetatie nog enkele jaren nodig.

Het in eigen beheer monitoren van de ontwikkelingen met behulp fotogrammetrische hoogtemetingen vanuit een drone blijkt goed te werken, zij het dat er soms problemen zijn met de software waarmee de verwerking van de grote hoeveelheid luchtfoto's tot hoogtekaarten wordt uitgevoerd. Het verdient dan ook aanbeveling om deze wijze van monitoring volgens plan minimaal 5 jaar vol te houden. Wel is de monitoring tot nu toe vooral gericht geweest op de hoogteontwikkeling. Het monitoren van vegetatieveranderingen en natuurherstel is complexer dan verwacht. Het is zeer arbeidsintensief en de veranderingen gaan slechts langzaam. Er zal onderzocht worden of de inzet van digitale technieken mogelijkheden biedt.

2 Inleiding

2.1 Doel en aanleg van project Springertduinen

Project Springertduinen is in eerste instantie opgezet om bij te dragen aan het speerpunt uit het Waterbeheerprogramma "we versterken de natuurlijke duinaangroei. Neveneffect is dat het project ook bijdraagt aan het speerpunt "we vergroten de biodiversiteit op de dijken en in de duinen".

2.1.1 Voortraject en uitvoering

Bij de Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten ontstond rond 2015 de wens om een tweetal kleine kerven te mogen aanleggen in de duinwaterkering bij de Springertduinen. Dit om de hoeveelheid kalkrijk zand die in het achter de duinen gelegen natuurgebied wordt afgezet te verhogen en zo te zorgen voor herstel van de kwetsbare duinnatuur.

Het waterschap was op dat moment niet geneigd daar toestemming voor te verlenen omdat Natuurmonumenten als initiatiefnemer niet kon aantonen dat dit mogelijk was zonder de waterveiligheid aan te tasten. Enkele jaren later realiseerden medewerkers van het waterschap zich dat dynamiek in de duinen ook goed zou kunnen zijn voor de waterkerende functie van het duin: De processen van erosie en sedimentatie, die ooit de duinen gevormd hebben, kunnen opnieuw gebruikt worden om duingroei op gang te brengen. Flinkke ingrepen zijn daarbij nodig om de totale verstarring van het duin, die op veel locaties langs de kust voorkomt, te doorbreken. Hollandse Delta en Natuurmonumenten hebben elkaar gevonden in project Springertduinen. In het gebied zijn op drie plaatsen aanzetten gemaakt waar de wind een kerf kan vormen. Aan de zeezijde van het duin is een laag zand van ongeveer twee meter verwijderd. Dit zand is gezeefd om wortelresten zo veel mogelijk te verwijderen en daarna gedeponeed aan de landzijde van de kerf om daar een fundament te vormen voor het nieuw groeiende duin. De kerven zullen naar verwachting V-vormig uitslijten aan de zeezijde. Het geërodeerde zand wordt aan de landzijde afgezet. Door die vormverandering wordt de transportcapaciteit van de kerven steeds groter. Voor echte duingroei in hoogte en breedte is herverdeling van zand natuurlijk niet genoeg. Er moet zand vanaf het strand over de top van de kerven worden aangevoerd. Als de kerven zich volgens verwachting ontwikkelen zal het de effectiviteit van dat proces toenemen.

Een deel van het via de kerven getransporteerde kalkrijke zand bereikt het achterliggende natuurgebied. Dit beperkt het effect van de aanwezige overmaat aan stikstof. Daarnaast geeft lichte overpoedering met zand juist die vegetatie die in de duinen hoort voor te komen een extra kans zodat de verruigde vegetatie plaats kan maken voor duinspecifieke soorten. Aanvullend op de kerven zijn ook een aantal stuifkuilen aangelegd en is een flink gebied is vrij gemaakt van vegetatie. De stuifkuilen vergroten het gebied waar zand beschikbaar komt voor natuurontwikkeling. De kaal gemaakte gebieden geven verstuiving extra kans en zijn vast een begin voor de gewenste verandering van de begroeiing.

Begin oktober 2022 is het project opgeleverd. Daarna moet de wind het werk overnemen.



Figuur 1: Een luchtfoto van de aanleg van de kerven

2.2 Intensieve monitoring, maar niet geheel volgens het oorspronkelijke monitoringsplan

Het uitgevoerde werk is bedoeld om de natuurlijke duinvormende processen weer op gang te brengen, maar lukt dat ook? Blijft het waterkerende vermogen van het duin intact? Ontwikkelen de kerven zich volgens verwachting? Is er beheer of bijsturing nodig om gewenste processen te stimuleren of juist ongewenste processen af te remmen? Komt duingroei en natuurherstel inderdaad op gang? Om deze vragen te beantwoorden worden de ontwikkelingen in de Springertduinen tot zeker vijf jaar na aanvang intensief gemonitord. Afhankelijk van het weer wordt ongeveer elke maand een dronevlucht gemaakt, waarna met behulp van fotogrammetrie een hoogtekaart gemaakt kan worden. Zo is het proces van erosie en sedimentatie goed te volgen.

Na wat aanloopproblemen is de reeks waarnemingsvluchten in januari 2023 gestart. De eerste resultaten laten al een behoorlijke erosie van de zeewaartse helling van de kerven zien, terwijl aan de landzijde van de kerven een duidelijk zichtbare uitloper van zand ontstaat als fundament van het nieuw te vormen duin.



Figuur 2: Stuivend zand vormt het fundament van nieuwe duinen

Bij het opstellen van het monitoringsplan zijn een aantal zaken opgenomen die op dit moment helaas niet uitvoerbaar blijken te zijn:

- Bij het onderdeel Voorjaarsrapportage wordt genoemd dat er gerapporteerd zal worden over de hoeveelheid zand die verder achter de duinen in het natuurgebied sedimenteert. Daarbij werd er vanuit gegaan dat studenten van de Hogeschool Rotterdam gedurende langere tijd met behulp van zandvangsters zouden bijhouden hoeveel zand er werkelijk sedimenteerde. In de praktijk blijkt de medewerking van Hogeschool Rotterdam op dit punt uit te blijven. Ondanks een mooie aanzet in de initiatieffase van het project blijken er nu geen studenten te zijn die deze waarnemingen willen verzamelen en verwerken. De laagdikte afgezet zand is zo klein dat deze met hoogtemetingen niet te bepalen is. Waarnemingen van zandafzetting in het verre achterland blijven dan ook noodgedwongen steken bij het incidenteel waarnemen van vers zand op de vegetatie.
- Bij het onderdeel Najaarsrapportage worden diverse karteringen genoemd van de toestand van het natuurgebied op basis van ecologische veldwaarnemingen door Natuurmonumenten. In de praktijk blijkt nu dat dit een zeer omvangrijke klus is en dat de frequentie van eenmaal per jaar waarmee gerekend werd niet haalbaar is. De veranderingen gaan ook niet zo snel. Ter vervanging zal nu gebruik gemaakt worden van de vegetatiekarteringen die Natuurmonumenten regulier uitvoert. Daarvan heeft er één plaatsgevonden in het voorjaar van 2023. Normaal gesproken worden deze kartering eens in de zes jaar uitgevoerd. We streven er naar om voor het einde van de monitoringsperiode van vijf jaar een extra vegetatiekartering uit te voeren. Er zal wel geprobeerd worden om veranderingen in de vegetatie af te leiden uit de beschikbare luchtfoto's.
- Deze eerste versie van de najaarsrapportage beperkt zich tot het gebied van de kerven. Uitgebreide analyse van ontwikkeling van de stuifkuilen heeft nog niet plaatsgevonden.

Met deze aanpassingen blijft het hieronder beschreven monitoringsprogramma over:

- **Veiligheidsmonitoring:**

Afhankelijk van het weer wordt globaal elke maand een dronevlucht uitgevoerd boven het projectgebied. Met behulp van fotogrammetrie wordt een hoogtekaart van het gebied gemaakt gebaseerd op ongeveer 2300 luchtfoto's. Na elke dronevlucht wordt de actuele toestand van het duin vergeleken met de voor een veilige waterkering minimaal benodigde afmetingen. Deze veiligheidsmonitoring levert de volgende producten op:

- Een gebiedsdekkende hoogtekaart;
- Profielen door de kerven en een vergelijking met het minimaal benodigde profiel;

- Als dat gezien de geringe afmetingen van het duin nodig lijkt wordt een som met DUROS+ uitgevoerd, Dit is het pakket waarmee de veiligheid van de duinen wordt doorgerekend. Zolang de afmetingen van het duin ruim boven het minimum blijven is dit niet nodig;
- Een oordeel of beheermaatregelen nodig zijn om gewenste ontwikkelingen te stimuleren of ongewenste ontwikkelingen te verhinderen.

De resultaten van deze veiligheidsmonitoring worden niet gepubliceerd zolang er niets bijzonders aan de hand is. De data die bij deze regelmatige vluchten verzameld worden zijn ook input voor de andere twee monitoringsproducten

- **De Voorjaarsrapportage:**

De voorjaarsrapportage wordt opgesteld rondom het einde van het stormseizoen met gebruik van gegevens tot en met begin maart. Doel van deze rapportage is inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de kerven en stuifkuilen en het effect daarvan op de ontwikkeling van het duin. In het voorjaar is het stormseizoen net voorbij. Bovendien is de vegetatie kort. Veranderingen in de hoogteligging van het duin zijn goed zichtbaar. Mocht het op grond van de waarnemingen nodig blijken om beheermaatregelen uit te voeren dan is daar de hele zomerperiode voor beschikbaar.

De voorjaarsrapportage levert aanvullend op de veiligheidsmonitoring de volgende producten op:

- Een met behulp van LIDAR hoogtemetingen vervaardigde 3D hoogtekaart van het hele gebied waarin de kerven en stuifkuilen zijn aangelegd. De waarnemingen komen uit de als uitbesteding uitgevoerde halfjaarlijkse opname van de hele duinenkust van het waterschap. In begroeide delen van het terrein zijn deze waarnemingen nauwkeuriger dan de fotogrammetrische hoogtemetingen die in eigen beheer uitgevoerd worden;
- Een verschilkaart tussen de actuele hoogteligging van het gebied met eerdere hoogtemetingen;
- Kaarten en volumeberekeningen voor de te onderscheiden deelgebieden in het projectgebied.
 - Kartering eroderende versus sedimenterende gebieden op basis van luchtfoto's in combinatie met hoogtekaarten
 - Hoeveel zand is er uit de kerven geërodeerd.
 - Hoeveel zand is kort achter de zeereep gesedimenteerd tot nieuwe duinen.
 - Hoe hebben de stuifkuilen zich ontwikkeld;
 - Welke ontwikkelingen hebben zich voorgedaan op het strand/in de zone embryonale duinen.
- Kartering of beschrijving van tekenen van stabilisatie op basis van luchtfoto's en veldwaarnemingen:
 - Opslag en nieuwigroei van helmgras dat verstuiving beperkt;
 - Blootlegging door erosie van vegetatieresten die zandverstuiving remmen;

- **De Najaarsrapportage:**

De Najaarsrapportage wordt opgesteld rond het begin van het stormseizoen met gebruik van gegevens tot en met september/oktober. Op dat moment is de vegetatie na een maximale ontwikkeling aan het einde van de zomer weer op zijn retour. Daardoor wordt de hoogteligging op de begroeide delen enigszins verhoud. Op de actieve, onbegroeide delen kunnen wel nauwkeurige hoogtemetingen gedaan worden. De toestand waarin de waterkering het stormseizoen in gaat is goed te bepalen.

Hierboven is al benoemd dat de grotere nadruk die in de najaarsrapportage zou liggen op de natuurontwikkeling niet helemaal waargemaakt kan worden omdat een beoordeling op basis van een vegetatiekartering te veel inspanning kost. Wel zal in de komende jaren geprobeerd worden om op basis van de beschikbare luchtfoto's een indruk te krijgen van veranderingen in het natuurgebied.

Met deze aanpassing zijn de producten van de Najaarsrapportage vrijwel gelijk aan die van de voorjaarsrapportage.

Deze rapportage is de eerste versie van de najaarsrapportage en is gebaseerd op waarnemingen tot en met september 2023

3 Springertduinen najaar 2023

3.1 Een korte beschouwing over de meetmethoden en de beperkingen daarvan

In deze eerste versie van de halfjaarlijkse rapportages is het goed om even stil te staan bij de gebruikte meetmethoden en de eigenschappen en beperkingen daarvan. Alle hoogtemetingen worden uitgevoerd met inzet van een drone. Daarbij worden echter twee verschillende technieken gebruikt. De hoogtekartering onmiddellijk na aanleg, en de halfjaarlijkse karteringen van de hele duinenkust van Hollandse Delta door het bedrijf SkyWise worden uitgevoerd met LIDAR. Vanuit de drone worden laserpulsjes uitgestuurd. De afstand van de drone tot de bodem wordt bepaald op basis van de looptijd van de puls naar de bodem en weer terug. Een deel van de laserstralen dringt goed door de vegetatie door tot op de bodem en geeft zo informatie over de werkelijke hoogteligging.

De metingen die het waterschap voor de intensieve monitoring zelf verzameld worden gedaan met fotogrammetrie. Vanuit een drone worden duizenden luchtfoto's gemaakt en op basis van de parallax-verschillen tussen de foto's wordt een hoogtekaart gemaakt. Als de bodem op de foto niet te zien is worden de toppen van de vegetatie als hoogste punt genomen. In de verwerking wordt nog wel een filter gebruikt om vegetatie zoveel mogelijk te verwijderen, maar in dicht begroeide gebieden is fotogrammetrie minder precies dan LIDAR. In de onbegroeide actieve delen van het projectgebied is de precisie vergelijkbaar. De relatieve nauwkeurigheid (ligt het ene punt hoger dan het andere) is dan enkele centimeters. De absolute nauwkeurigheid (hoe hoog ligt een punt ten opzichte van NAP) hangt af van de nauwkeurigheid waarmee de positie van de drone bekend is en van de verwerkingsprogrammatuur. Die is ongeveer 5 cm. Eigenlijk is dat heel erg goed, maar bij het maken van verschilkaarten, en vooral bij het maken van volumeberekeningen vallen hoogteverschillen en laagdiktes van 5 cm dus binnen de onzekerheidsmarge.

3.2 De toestand van de kerven en het omliggende gebied (cluster 2)

De onderstaande figuur toont een montagefoto waarbij de luchtfoto als een laken over het hoogtemodel is gedrapeerd. Het is de situatie van 26 september 2023. De over de foto geprojecteerde raaien geven een indruk van het reliëf.

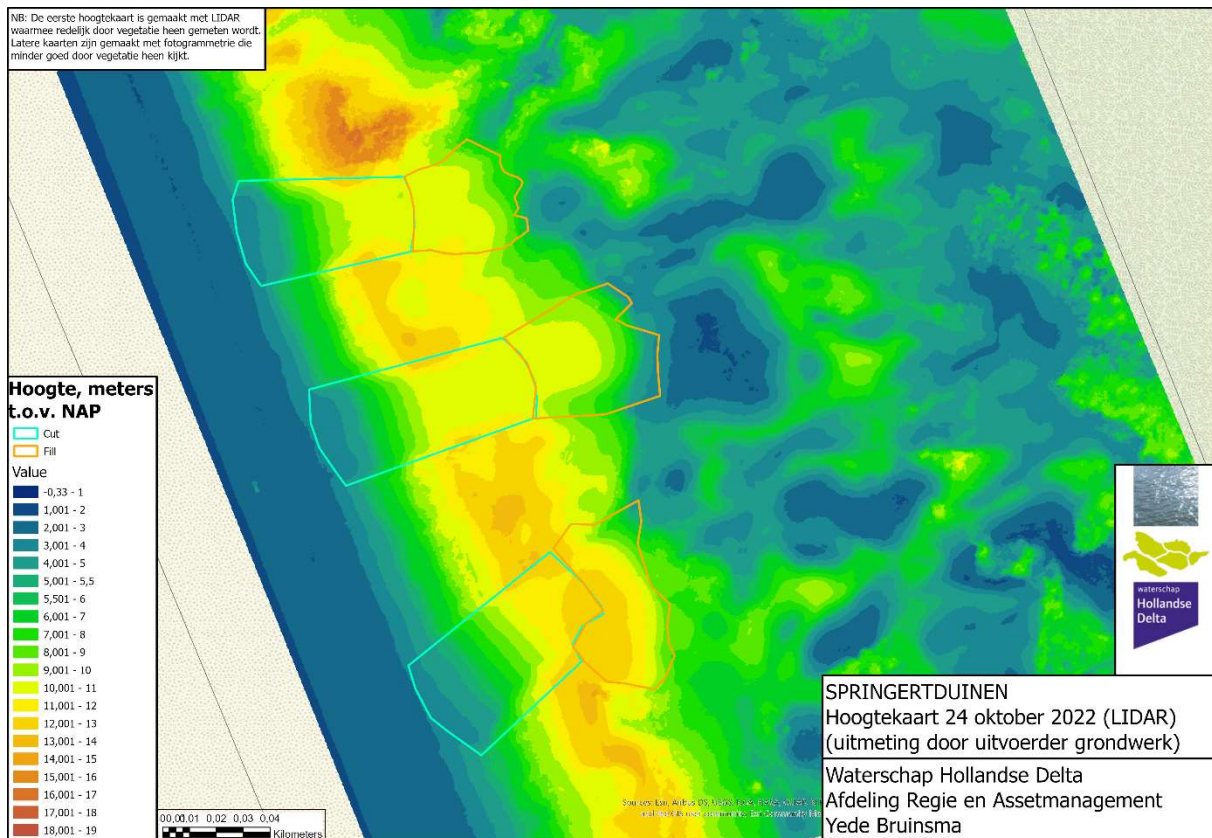


Figuur 3: Montagefoto van de kerven in cluster 2

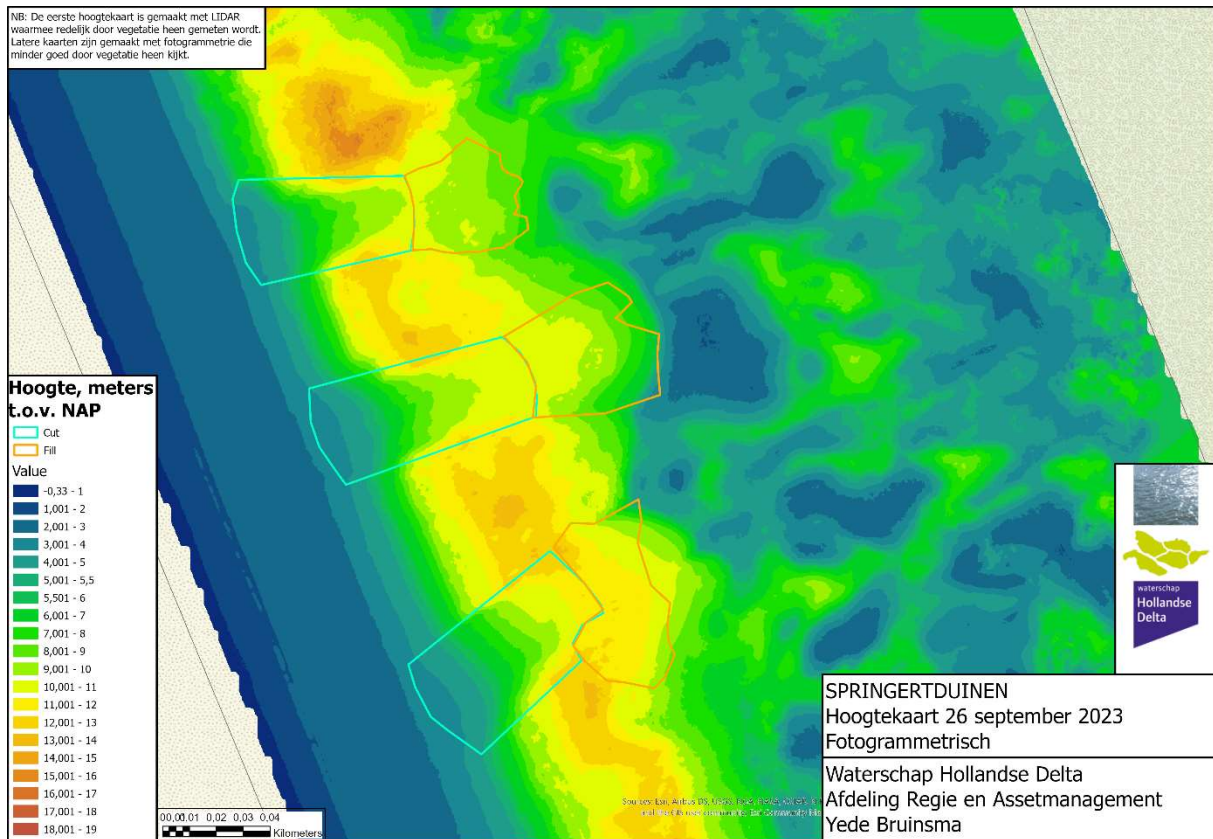
3.2.1 De hoogteveranderingen

N.B. bij het schrijven van dit rapport zijn de LIDAR metingen van de kust van Goeree nog niet beschikbaar. De laatste hoogtekaart is van 26 september is gemaakt met fotogrammetrie.

Bij vergelijking van de hoogtekaart van cluster 2 onmiddellijk na aanleg (Figuur 4) en op 26 september 2023, bijna een jaar na aanleg (Figuur 5), vallen de verschillen duidelijk op: De opgaande helling aan de zeezijde van alle kerven is flink uitgediept. Aan de landzijde heeft de tong van zand die na aanleg al zichtbaar was zich fors uitgebreid.

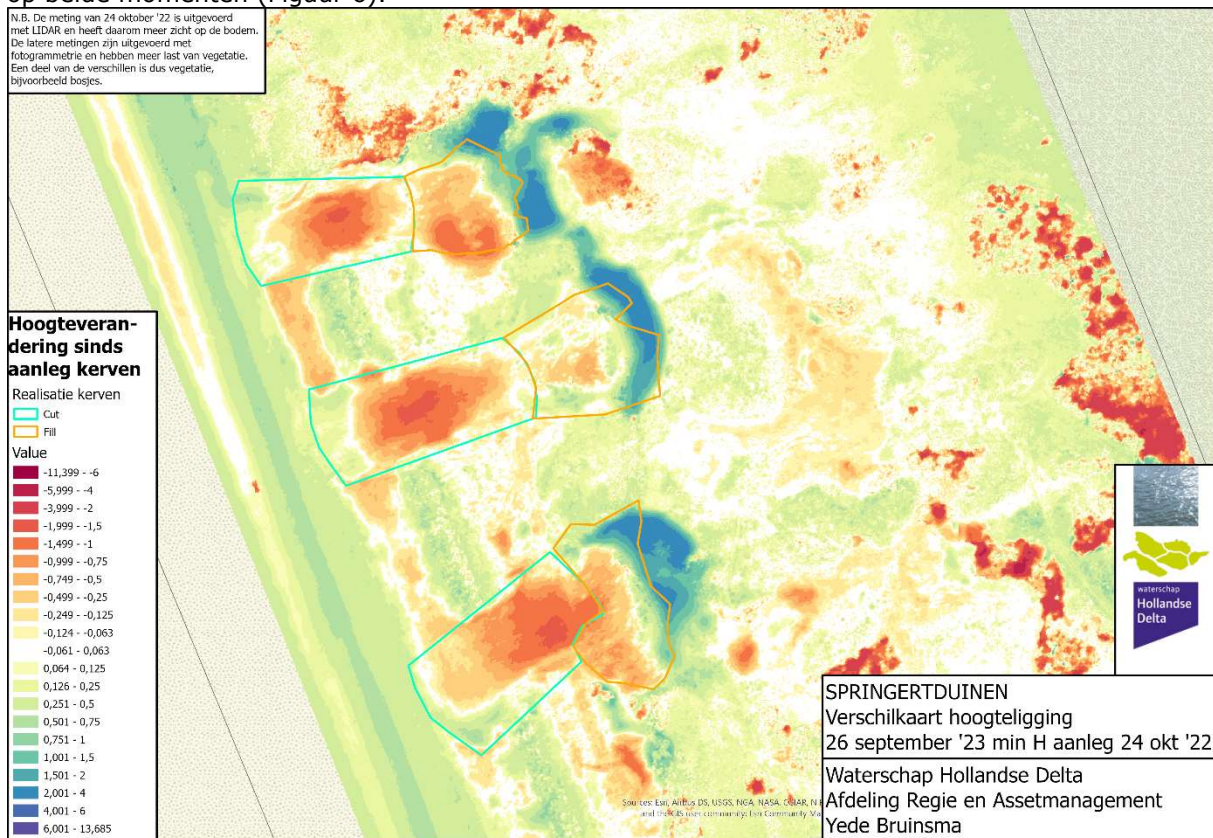


Figuur 4: Hoogtekaart cluster 2 onmiddellijk na aanleg



Figuur 5: Hoogtekaart cluster 2 op 26 september 2023

De veranderingen zijn nog beter te zien als we een verschilkaart bekijken tussen de hoogteligging op beide momenten (Figuur 6).



Figuur 6: Verschilkaart hoogteligging cluster 2 tussen 26 september 2023 en 24 oktober 2022

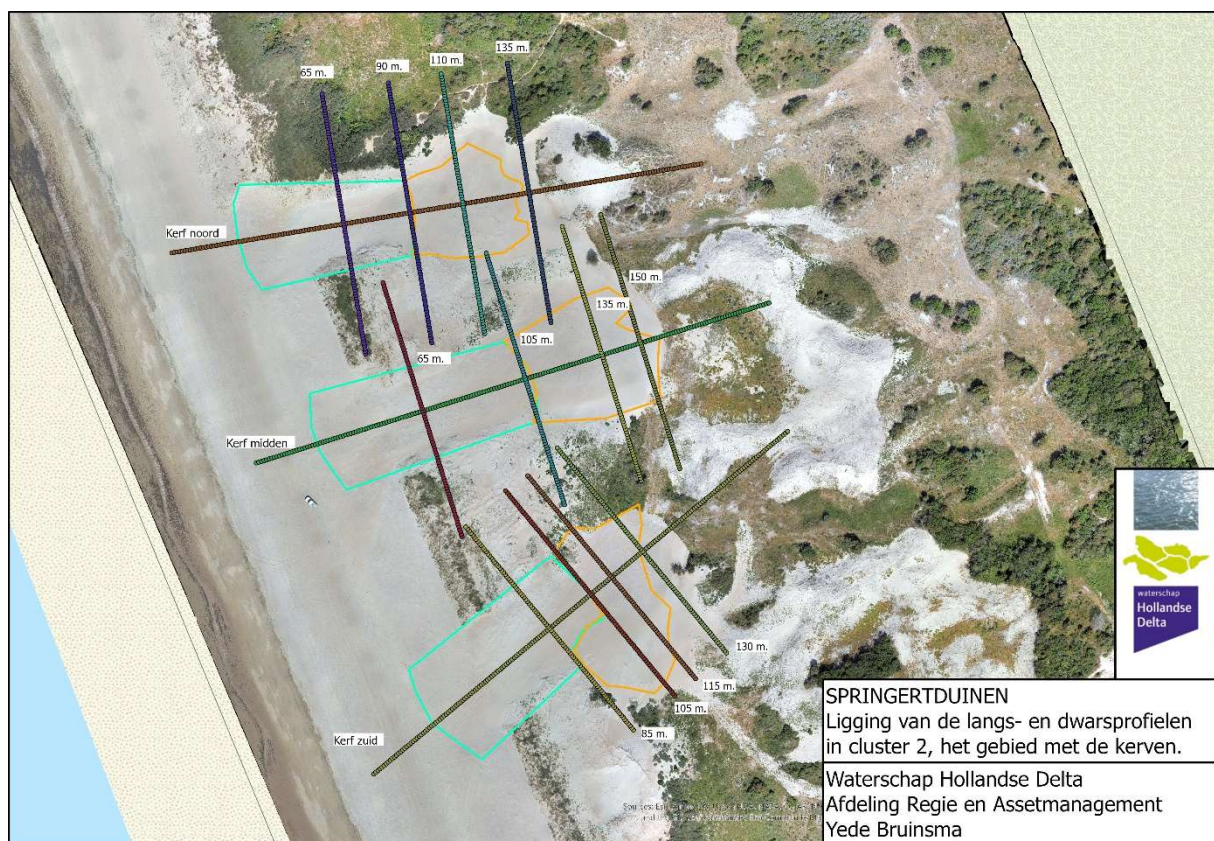
Rood in deze figuur betekent afname van de hoogte door erosie. Blauw betekent toename van de hoogte door afzetting van zand. De zeevaartse helling van de kerven is fors uitgesleten. In de noordelijke kerf tot een erosie van 1,65m. In de middelste kerf tot 1,85m erosie. In de zuidelijke kerf eveneens tot 1,65m erosie. De plaats met de diepste erosie ligt in de noordelijke kerf aan de noordzijde, in de middelste kerf in het midden en in de zuidelijke kerf aan de zuidzijde. Of dit verschil te maken heeft met een verschil in startsituatie, of een gevolg is van de ongelijke ligging van de kerven ten opzichte van de overheersende windrichting is niet te zeggen.

Aan de landzijde is een dikke laag zand afgezet, bovenop het fundament voor de nieuwe duinen dat bij de aanleg al was neergelegd. In de noordelijke kerf afhankelijk van de locatie 2,50m tot 3,50m. In de middelste kerf 3,25m tot 3,75m. In de zuidelijke kerf 2,50m tot 3,00 meter. Het meeste zand ligt ongeveer in het verlengde van de as van de kerven, met een lichte afwijking naar het noorden.

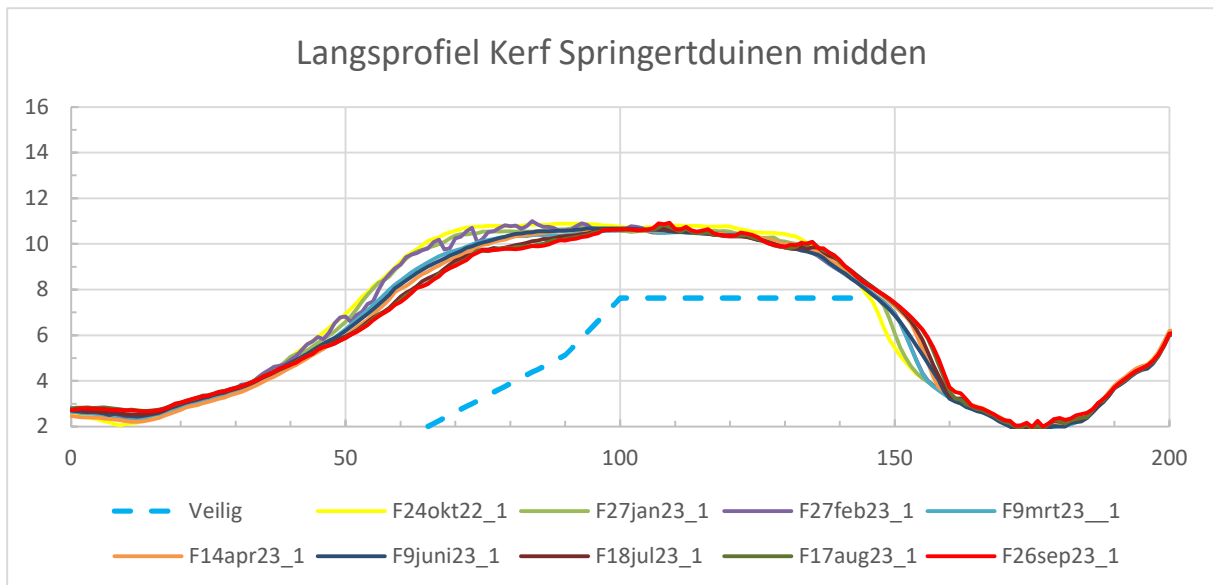
De rode vlekken buiten het gebied van de kerven worden veroorzaakt door de aanwezigheid van vegetatie en het verschil in meetmethode tussen beide kaarten.

Rondom het hoogste deel van de kerven ligt een gebied waar de hoogte weinig veranderd is. Het valt wel op dat bij de noordelijke en middelste kerf deze zone minder ver landinwaarts ligt dan in de zuidelijke kerf. Daarnaast lijkt bij de noordelijke kerf ten oosten van de top de hoogte ook nog flink verlaagd te zijn. Blijkbaar heeft de bij de aanleg neergelegde zandtong een natuurlijker profiel gekregen.

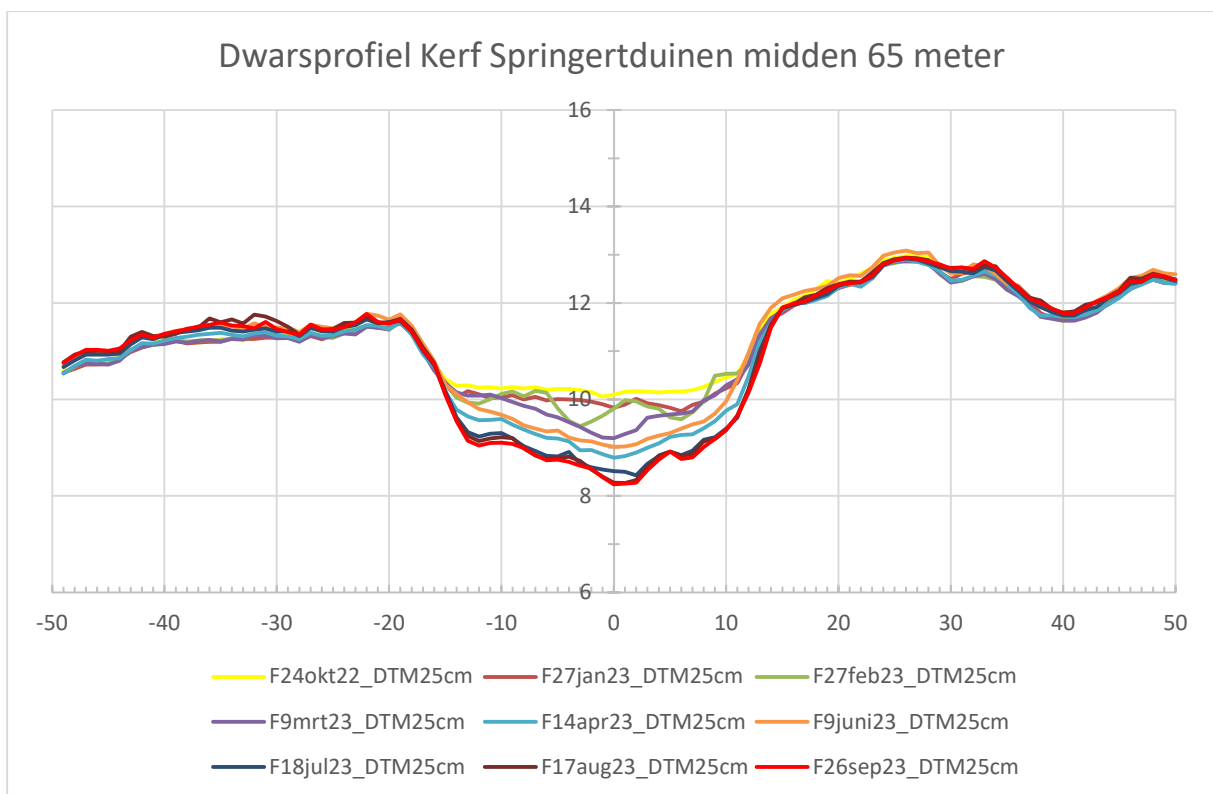
De veranderingen zijn nog beter te zien als er langs-, en dwarsprofielen getrokken worden door de as van de kerven. Hieronder eerst een overzichtskaart van de bepaalde profielen (Figuur 7) en daarna het langsprofiel en enkele dwarsprofielen van de middelste kerf.



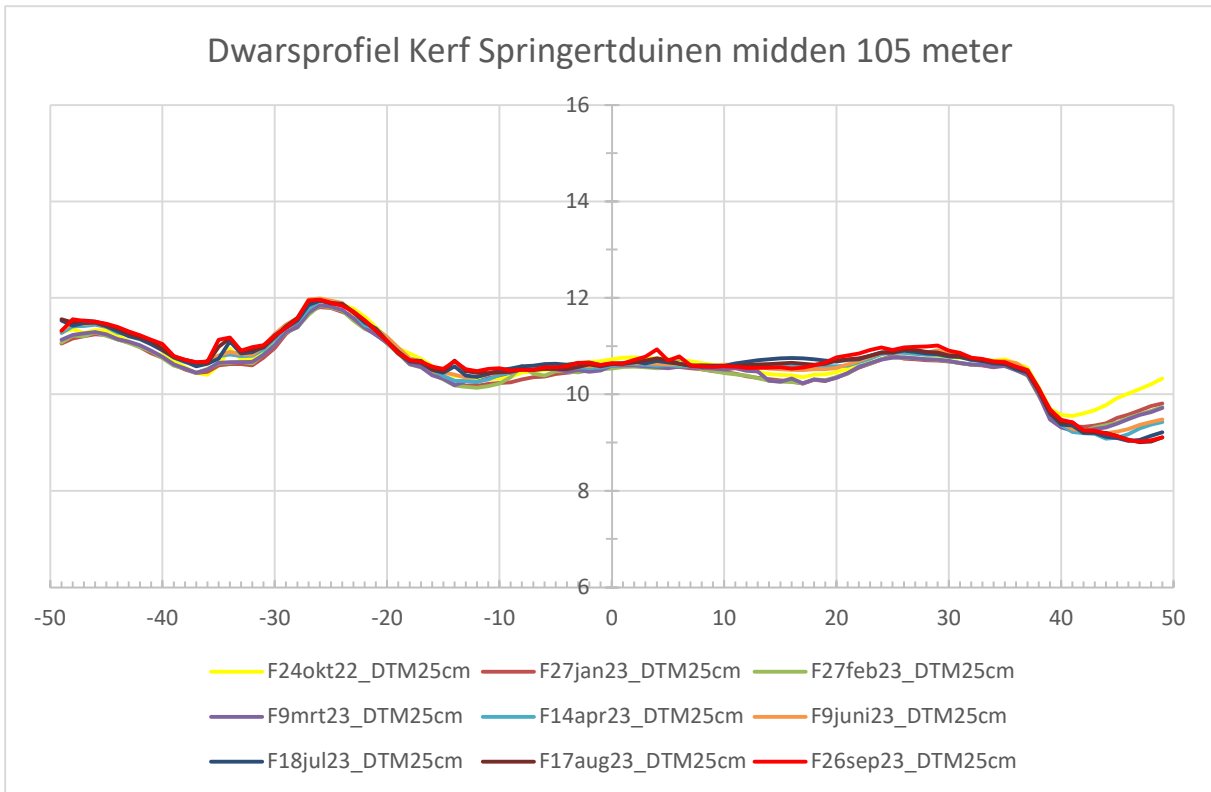
Figuur 7: Overzicht van raaien in cluster 2



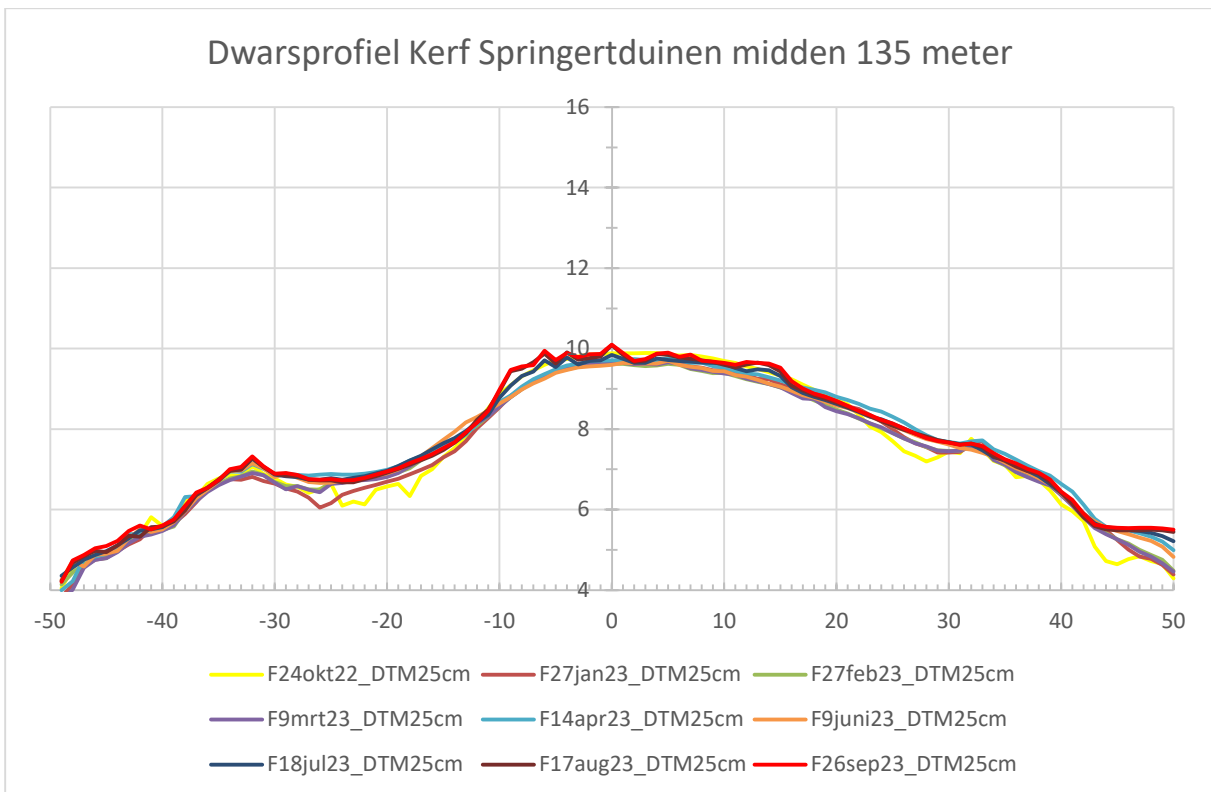
Figuur 8: Langsprofiel door de middelste kerf



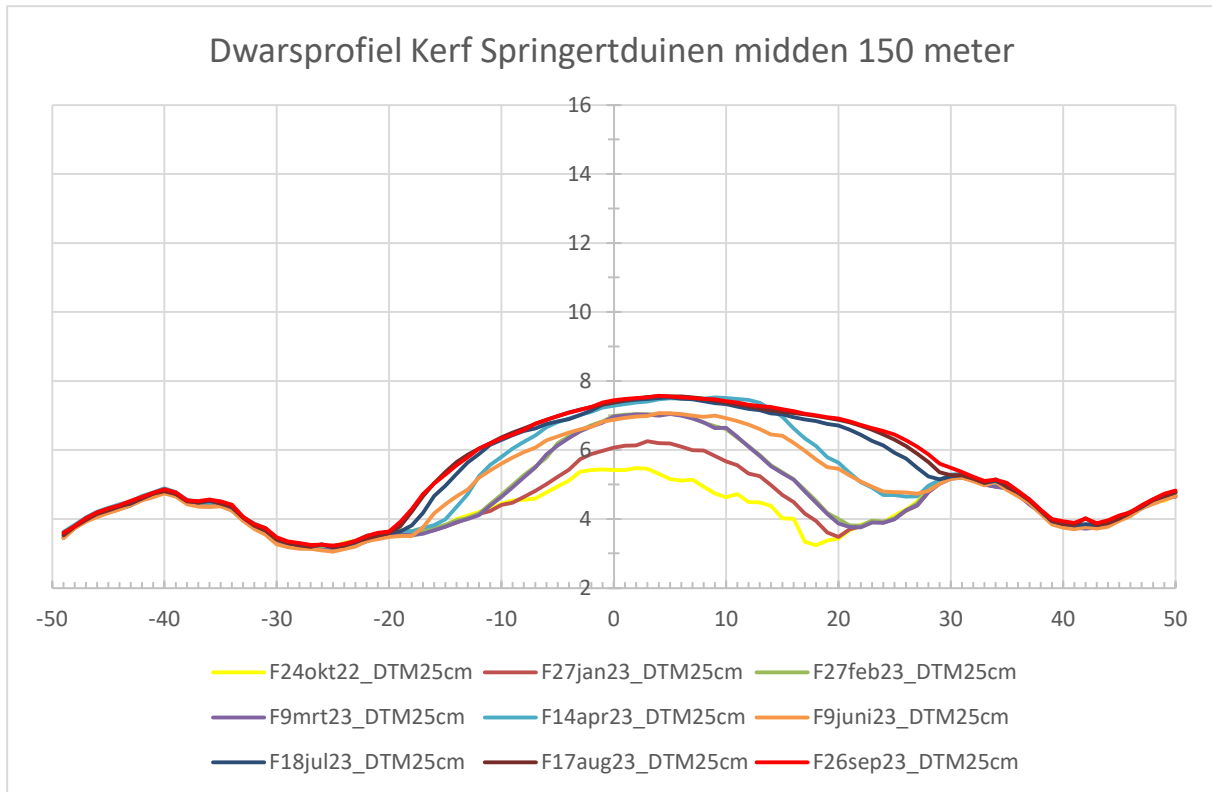
Figuur 9: Dwarsprofiel door middelste kerf, 65 m vanaf referentiepunt



Figuur 10: Dwarsprofiel door middelste kerf, 110 m vanaf referentiepunt



Figuur 11: Dwarsprofiel door middelste kerf, 135 m vanaf referentiepunt



Figuur 12: Dwarsprofiel door middelste kerf, 150 m vanaf referentiepunt

Het langsprofiel toont de erosie aan de zeezijde en de depositie aan de landzijde. De zandtong heeft een lengte van een meter of vijftien en een dikte van meerdere meters.

Het meest westelijke dwarsprofiel toont een erosie van bijna 2 meter en een aanzet tot V-vorming. Het middendeel van de kerf heeft zijn hoogte ongeveer behouden. Het meest oostelijke dwarsprofiel toont de nieuwe zandlob die het fundament moet gaan vormen voor het nieuw te vormen duin. Daarbij wordt aanvankelijk wel een laagte opgevuld, dus van echte hoogtegroeï is nu nog geen sprake.

Een foto van één van de zandlobben (Figuur 13), genomen aan het einde van de zomer, illustreert het effect van de opschietende zeeraket. Deze grote planten beginnen zand in te vangen en vormen miniduintjes. Dit zou de start kunnen vormen voor toekomstige hoogtegroeï.



Figuur 13: Opgeschoten zeeraket vormt mini-duintjes

De ontwikkeling van de stuifkuilen in cluster 2 is nog niet onderzocht. In de rapportage van volgend voorjaar zal daaraan meer aandacht gegeven worden.

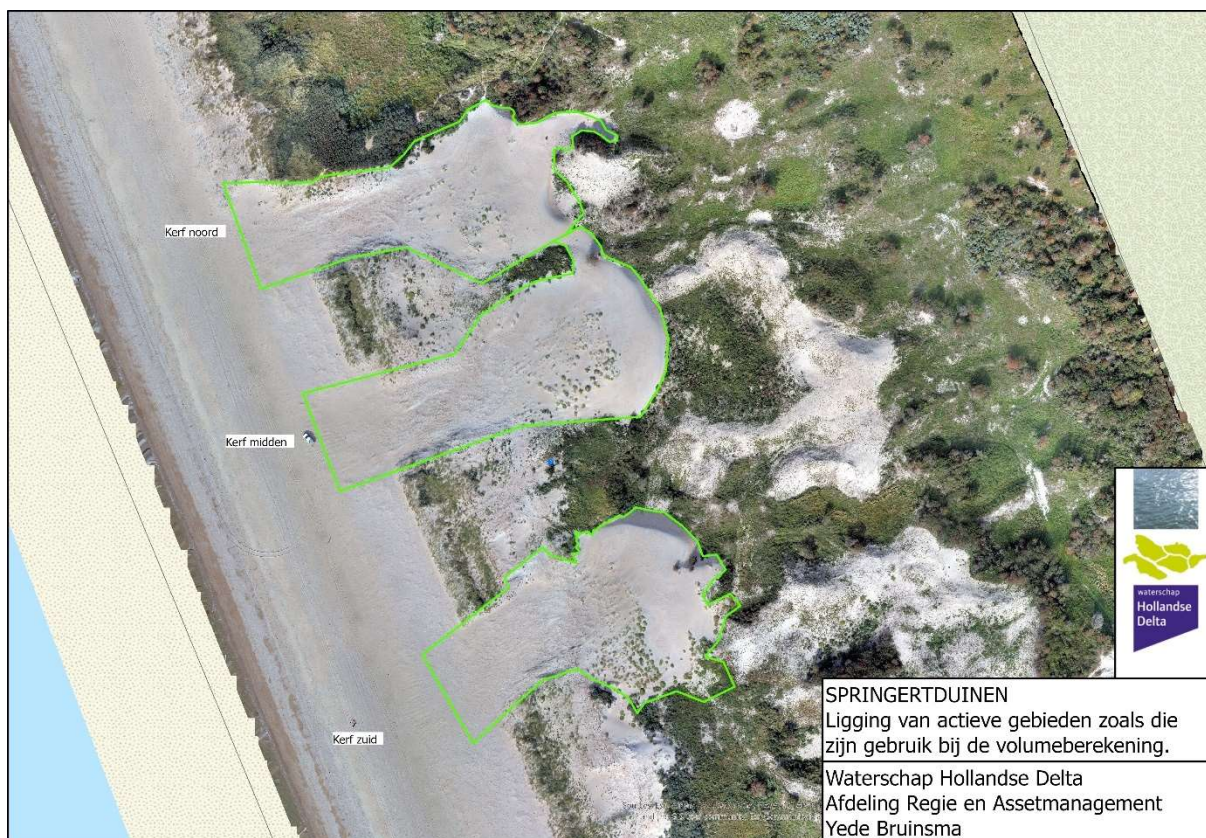
3.2.2 Is de waterkering ter hoogte van de kerven veilig?

Het langsprofiel zoals dat getoond is in de voorgaande paragraaf (Figuur 8) laat zien dat de waterkering ter hoogte van de middelste kerf zeer ruim voldoet aan de in de grafiek aangegeven door Deltares bepaalde minimale afmetingen "Een hoogte van 7.64m NAP en een kruinbreedte van 43m met een 1:4 helling tot een hoogte van 5.14m NAP aan de zeezijde". Er is geen sprake van een substantiële hoogtevermindering. De breedte op een hoogte van 8m NAP is iets kleiner geworden, maar verdere groei van de zandlobben zal dit effect waarschijnlijk compenseren. Bij de andere twee kerven is de situatie vergelijkbaar. Berekeningen met een toetsingsmodel worden niet nodig geacht.

3.2.3 Is er sprake van duingroei?

Het doel "duingroei" wordt pas bereikt als er zand vanaf het strand wordt afgezet in de duinen. Alleen herverdeling van zand van de zeezijde naar de landzijde van het duin draagt daar niet aan bij, zij het dat zand aan de landzijde bij storm niet kan wegslaan.

Voor de berekening van volumeveranderingen is een grens getrokken rondom het op hoogtekarten en foto's zichtbare actieve gebied (Figuur 14). Vervolgens is het volume zand binnen deze grens bepaald onmiddellijk na aanleg en op de momenten van de overige waarnemingsvluchten. Daarna is telkens het verschil bepaald tussen het volume bij aanleg en het moment van waarneming. Als er slechts verplaatsing zou optreden van zand binnen de zichtbaar actieve gebieden, en er dus geen sprake zou zijn van duingroei, zou het verschil nul zijn. Een positief verschil duidt op zandaanvoer van buiten het gebied, vanaf het strand dus. Een negatieve waarde duidt op verlies van zand. Dat is althans de theorie. In de praktijk is het nog niet zo eenvoudig een duidelijke uitspraak te doen over de werkelijke volumeveranderingen: Een verschil van 1 cm over het oppervlak van het actieve gebied rond een kerf betekent een volumeverandering van 50 à 60 m³. Wanneer er sprake is van een nauwkeurigheid van 5 centimeter tussen hoogtemetingen op verschillende momenten is een volumeverandering van 250 à 300 m³ nietszeggend. Het berekende volumeverval van de verschillende meetmomenten ten opzichte van de begintoestand zoals dat is weergegeven in de hieronder staande tabellen springt wat op en neer en ligt nog erg dicht bij de nauwkeurigheidsband. Toch lijkt er een licht positieve trend te zijn. Op grond van de berekende volumeveranderingen kan in dit geval slechts geconstateerd worden dat er aanwijzingen zijn voor enige zandaanvoer van buiten het actieve gebied.



Figuur 14: Ligging van de actieve gebieden in cluster 2

Kerf Noord veranderingen in het volume tussen DTM en vlak 0 NAP

Datum opname	Oppervlakte beschouwde gebied (m2)	Volume boven 0m NAP bij meting (m3)	Volumeververschil t.o.v. aanleg (m3)
24-okt-22	5328	42999	
27-jan-23	5327	43302	304
27-feb-23	5328	43598	599
9-mrt-23	5328	43209	210
14-apr-23	5329	43245	246
9-jun-23	5328	43796	798
18-jul-23	5329	43632	633
17-aug-23	5382	44221	1222
26-sep-23	5329	43922	924

Kerf Midden veranderingen in het volume tussen DTM en vlak 0 NAP

Datum opname	Oppervlakte beschouwde gebied (m2)	Volume boven 0m NAP bij meting (m3)	Volumeververschil t.o.v. aanleg (m3)
24-okt-22	5961	49234	
27-jan-23	5960	48985	-249
27-feb-23	5961	49338	104
9-mrt-23	5961	49050	-183
14-apr-23	5961	49519	285
9-jun-23	5961	49654	421
18-jul-23	5961	49591	357
17-aug-23	6012	50147	914
26-sep-23	5961	49867	634

Kerf zuid veranderingen in het volume tussen DTM en vlak 0 NAP			
Datum opname	Oppervlakte beschouwde gebied (m2)	Volume boven 0m NAP bij meting (m3)	Volumeverschil t.o.v. aanleg (m3)
24-okt-22	5545	50800	
27-jan-23	5545	50679	-122
27-feb-23	5545	50715	-85
9-mrt-23	5545	50751	-49
14-apr-23	5545	51049	249
9-jun-23	5545	51333	532
18-jul-23	5544	51096	296
17-aug-23	5601	51730	929
26-sep-23	5544	51220	420

3.2.4 De noodzaak van vervolgbeheer en bijsturende maatregelen

Er zijn in het monitoringplan meerdere redenen voor beheer en bijsturende maatregelen genoemd:

- Stagnatie van grootschalig zandtransport door ongewenst hergroei van kruidachtige vegetatie in de zone embryonaal duin;
- Stagnatie van grootschalig zandtransport door ongewenste hergroei van kruidachtige vegetatie in de kerven;
- Stagnatie van kleinschalig zandtransport naar het natuurgebied door ongewenste hergroei van struweel vegetatie aan de landzijde van de kerven;
- Stagnatie van kleinschalig zandtransport naar het natuurgebied door hergroei van vegetatie in de stuifkuilen;
- Langzame maar ongewenst grote afname van het duinvolume door een combinatie van uitslijten van de kerven en achterblijvende duingroei;
- Snelle achteruitgang van het duinvolume;

Minstens één reden voor het uitvoeren van nabehoor is niet voorzien, namelijk het vrijsterven en opnieuw uitlopen van wortels van duindoorn in het eroderende deel van de kerven.

Kort voor de start van het broedseizoen, op 15 maart 2023, is er een forse beheermaatregel uitgevoerd: Het eerste stormseizoen na aanleg van de kerven is heel rustig verlopen. De ontwikkeling van de kerven is wel op gang gekomen, maar er kwamen erg veel oude wortels van duindoorn boven het zand. Hierdoor verminderde de eroderende kracht van de wind op het zand. Daarnaast was er sprake van lichte hergroei van helmgras op de strook embryonaal duin aan de zeezijde van de kerven. Hierdoor werd de beschikbaarheid van zand voor duingroei beperkt. Samen met Natuurmonumenten is besloten dat we niet het risico wilden lopen dat de ontwikkeling van de kerven in het eerste zomerseizoen zou stagneren. De aannemer die het eerste werk heeft uitgevoerd is nogmaals aan de slag gegaan en heeft met een bijzondere machine de bovenste 60cm zand van de zeezijde van de kerven, plus de strook embryonaal duin gezeefd. Deze maatregel was vrij duur, maar heeft goed gewerkt: In de zomerperiode na de ingreep is een kleine twee meter zand geërodeerd van de zeewaartse hellingen van de kerven.



Figuur 15: Het aanvullend zeven van de toplaag van de kerven

Midden september werd geconstateerd dat opnieuw wortels van duindoorn vrij waren gestoven. Een deel van deze wortels, die deels 4 meter onder het oorspronkelijke maaiveld vandaan kwamen, begon uit te lopen.



Figuur 16: Uitlopende wortelresten van duindoorn in september 2023

Ook nu is besloten om deze wortels te bestrijden zodat de wind in het stormseizoen optimaal zijn werk zou kunnen doen. Dit maal op een eenvoudiger en goedkopere methode. De hellingen zijn bewerkt met een tractor met cultivator. De diepte van de bewerking is 30 à 40 cm. De hergroei

van helmgras in de strook embryonaal duin viel erg mee, maar ook deze strook is bewerkt voor maximaal effect.

Mondeling informatie van Bas Arens, duindeskundige, geeft aan dat op sommige kerf-projecten een aantal jaren nabewerking nodig is om hergroei definitief weg te krijgen. De kans op hergroei wordt steeds kleiner naarmate de kerven dieper worden.



Beheermaatregel Springertduinen najaar 2023

Label	Maatregel	Oppervlakte m ²
Kerf noord	Helling stoppels duindoorn lostrekken met cultivator	912
Kerf midden	Helling stoppels duindoorn lostrekken met cultivator	1432
Kerf zuid	Helling stoppels duindoorn lostrekken met cultivator	1190
Strook embryonaal duin	Beperkte hergroei van helmgras omschoffelen	6842

Figuur 17: Overzicht van het gebied waar in september 2023 hergroei van vegetatie is bewerkt met een cultivator

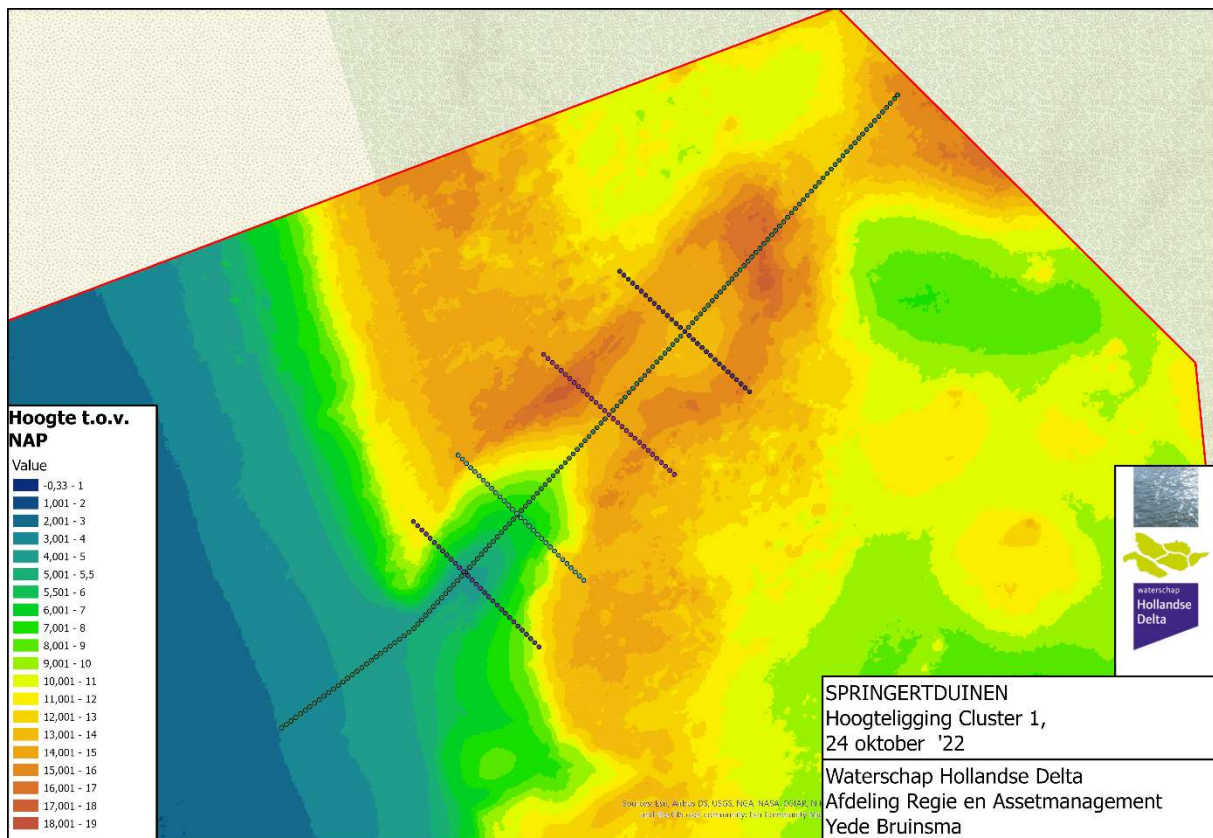


Figuur 18: Bewerking van de opgaande hellingen van de kerven om hergroei van duindoorn te remmen

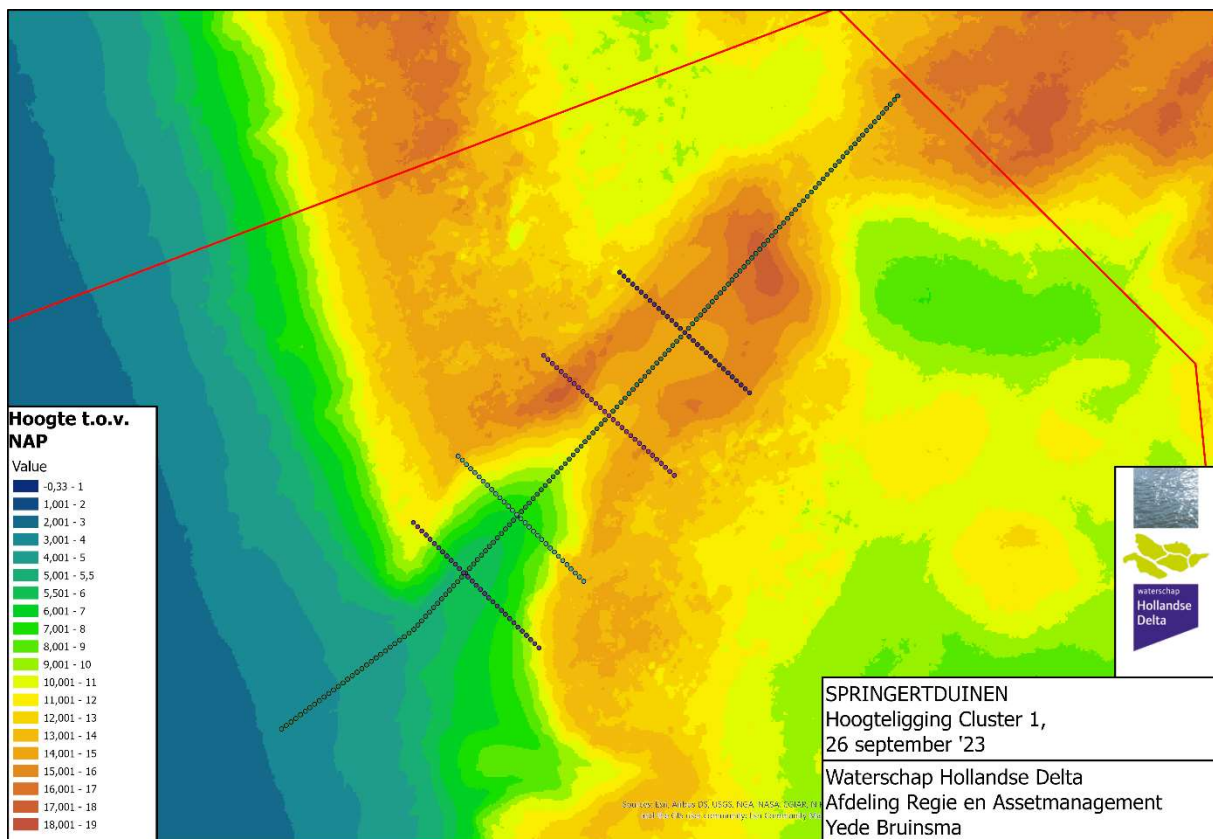
De groei van bosjes zeeraket zoals te zien is op Figuur 13 zou kunnen vallen onder stagnatie van kleinschalig zandtransport. Er is voor gekozen om deze begroeiing te laten staan omdat deze juist voor enige hoogtegroeï van het duin leek te zorgen door zand vast te houden op de uitlopers van de zandlobben.

3.3 De toestand van de bestaande kerf (cluster1)

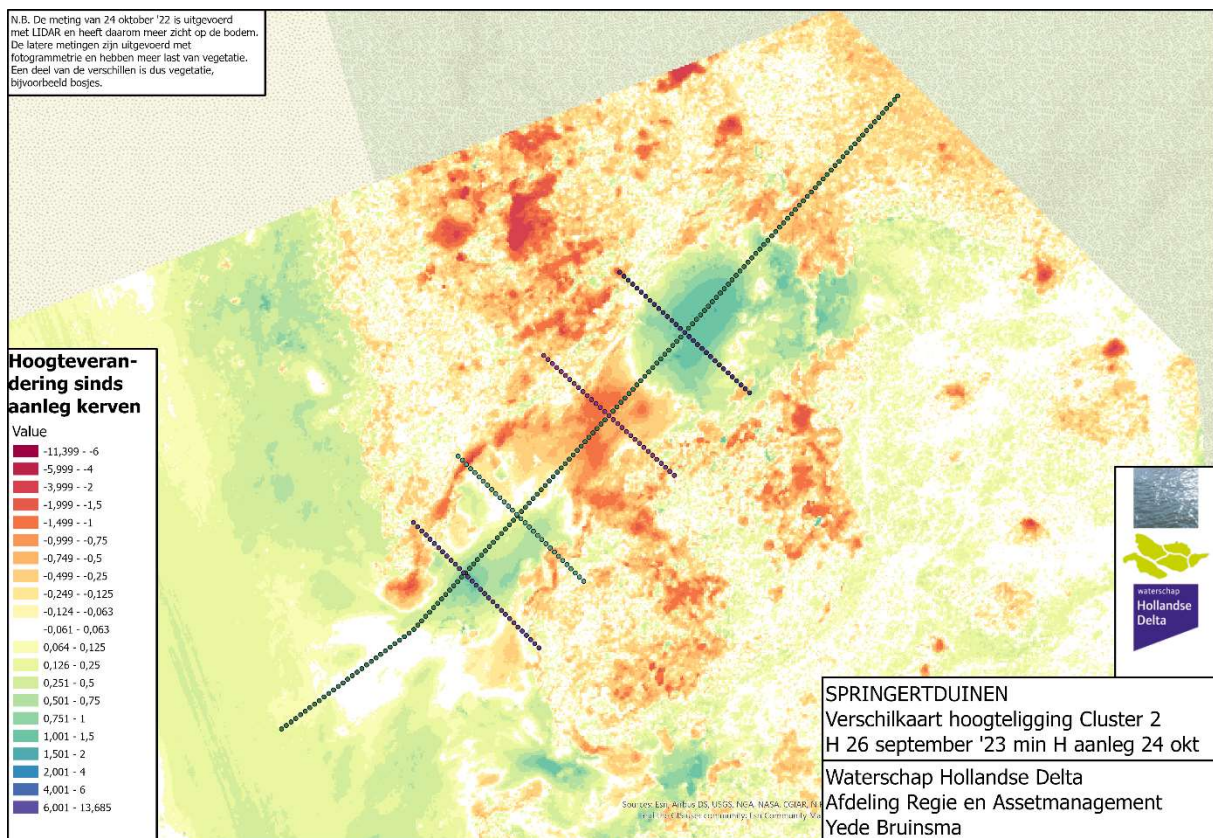
In het noorden van het projectgebied is bij aanleg in de bestaande, natuurlijke, kerf een prop helmgras verwijderd. Daarnaast in de ingang iets ruimer gemaakt. Doel was het activeren van deze kerf die een beetje aan het stagneren was. Hieronder ziet u hoogtekaarten, een verschikaart en een langsprofiel. De dataset van deze locatie is beperkt. De eigen hoogtekarteringen van voor april 2023 zijn onvoldoende nauwkeurig.



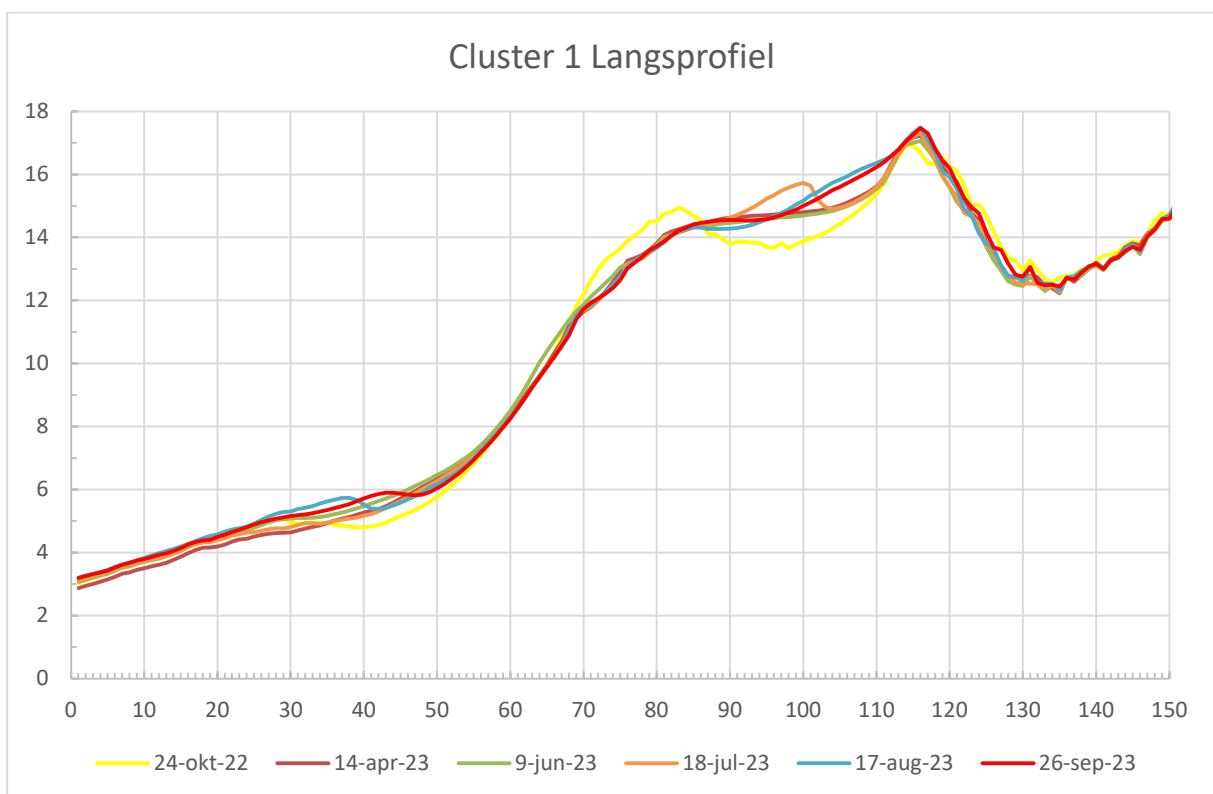
Figuur 19: Hoogteligging van de kerf in cluster 1 na uitvoering van de start-werkzaamheden



Figuur 20: Hoogteligging van de kerf in cluster 1 op 26 september 2023



Figuur 21: Verschilkaart van de hoogteligging van de kerf in cluster 1 tussen 26 september 2023 en 24 oktober 2022



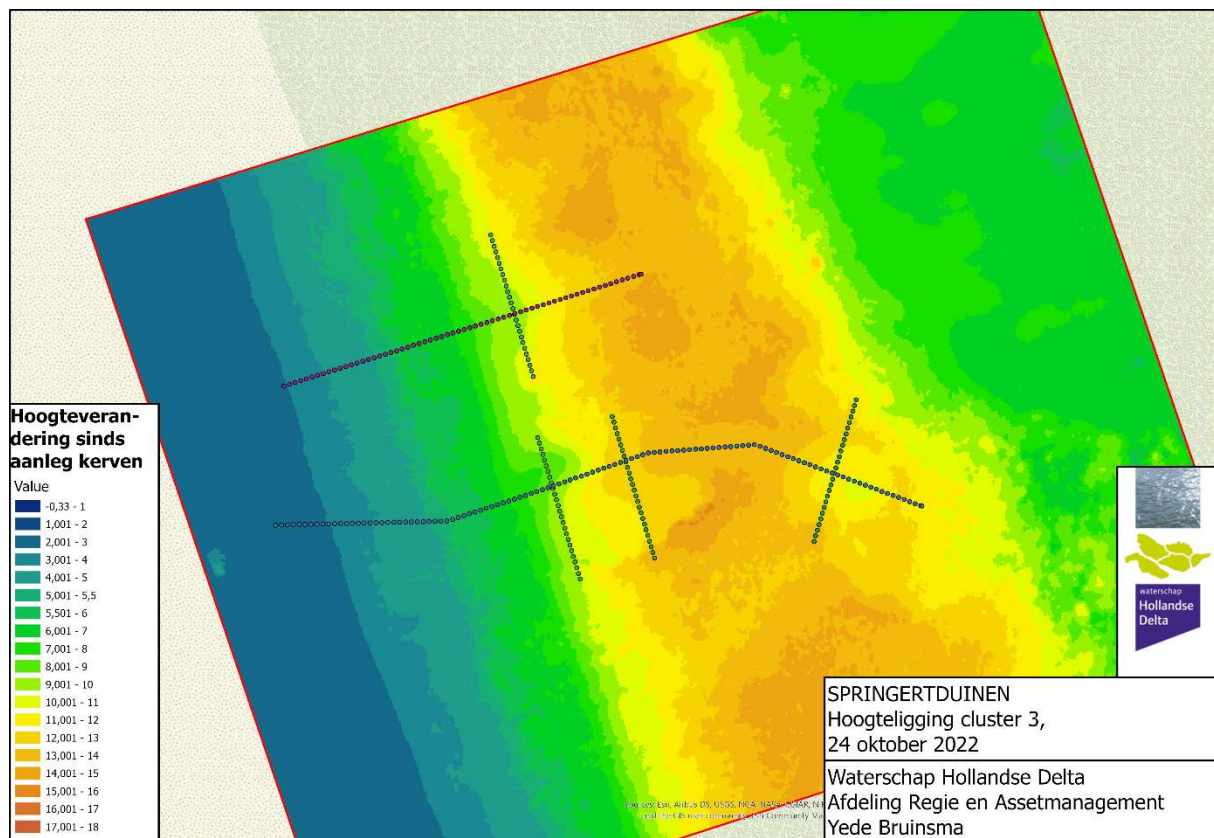
Figuur 22: Langsprofiel door de kerf in cluster 1

De opening van deze kerf aan de zeezijde is iets opgevuld. De "hobbel" in het midden is grotendeels verdwenen. Het dal achter deze hobbel is verder opgevuld. Er is extra zand afgezet aan de landzijde van het hoogste punt. Opvallend zijn de soms snelle veranderingen in het hoogteprofiel. Het activeren van de kerf lijkt gewerkt te hebben.

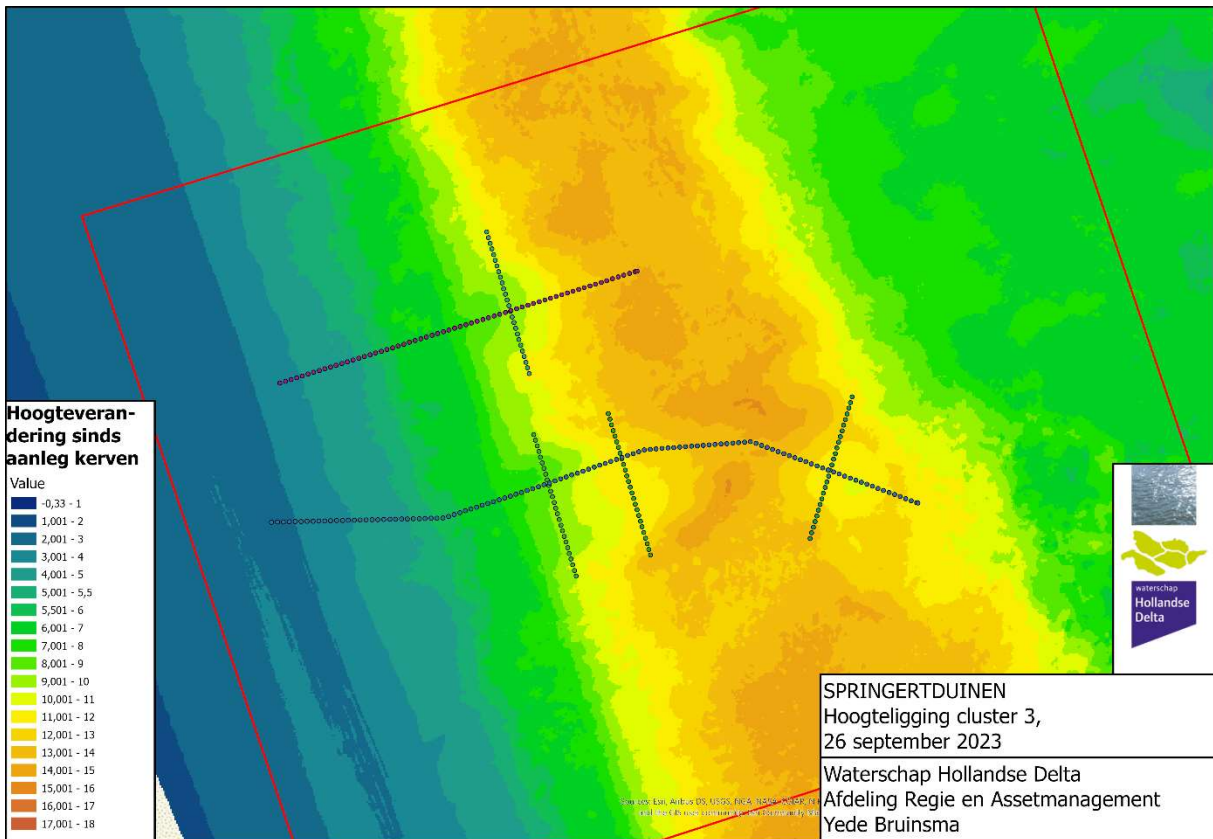
3.4 De toestand van de zuidelijke stuifkuilen (cluster 3)

In het zuiden van het projectgebied zijn twee flinke stuifkuilen aangelegd aan de zeezijde van de top van het duin. Doel was vooral om zand vrij te maken voor de natuurontwikkeling van het achterliggend gebied. De locatie van deze stuifkuilen is zo gekozen dat zij zich zouden kunnen ontwikkelen tot kerven.

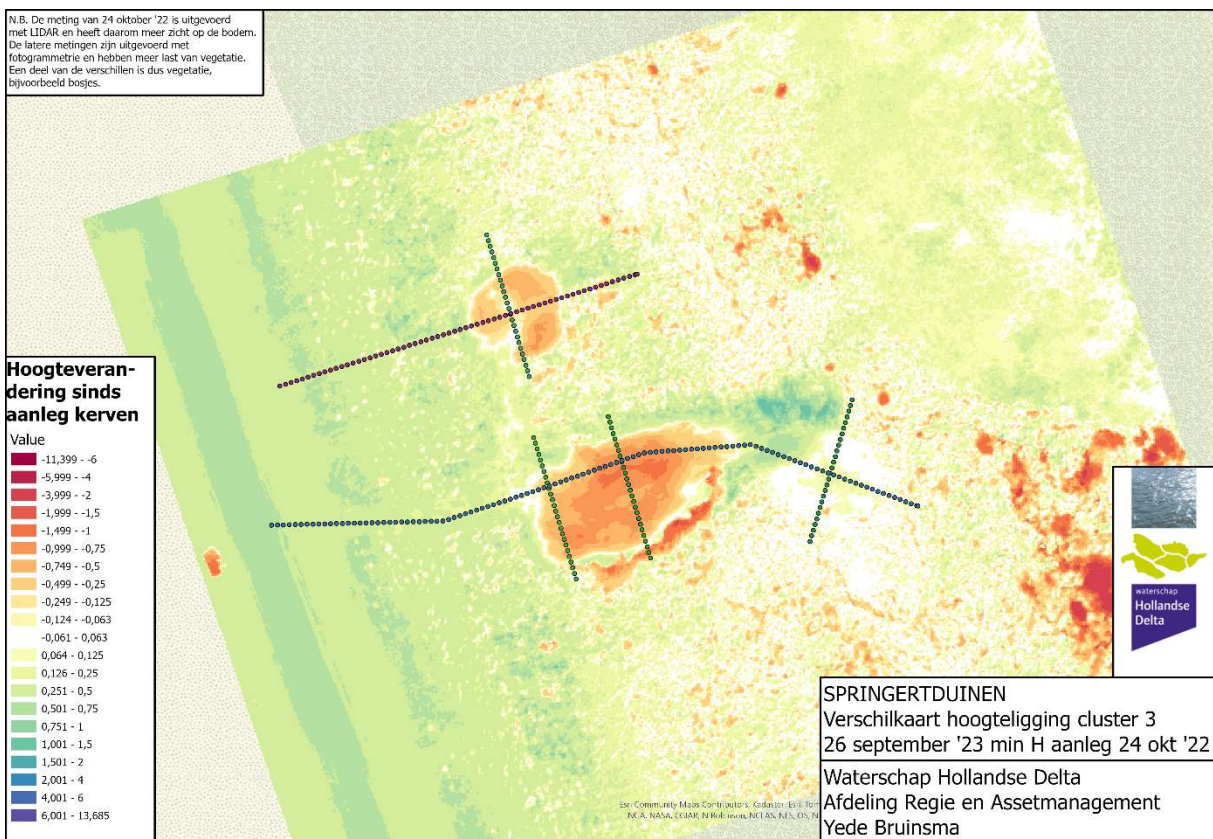
Hieronder vindt u hoogtekaarten, verschilkaarten en profielen van deze locatie.



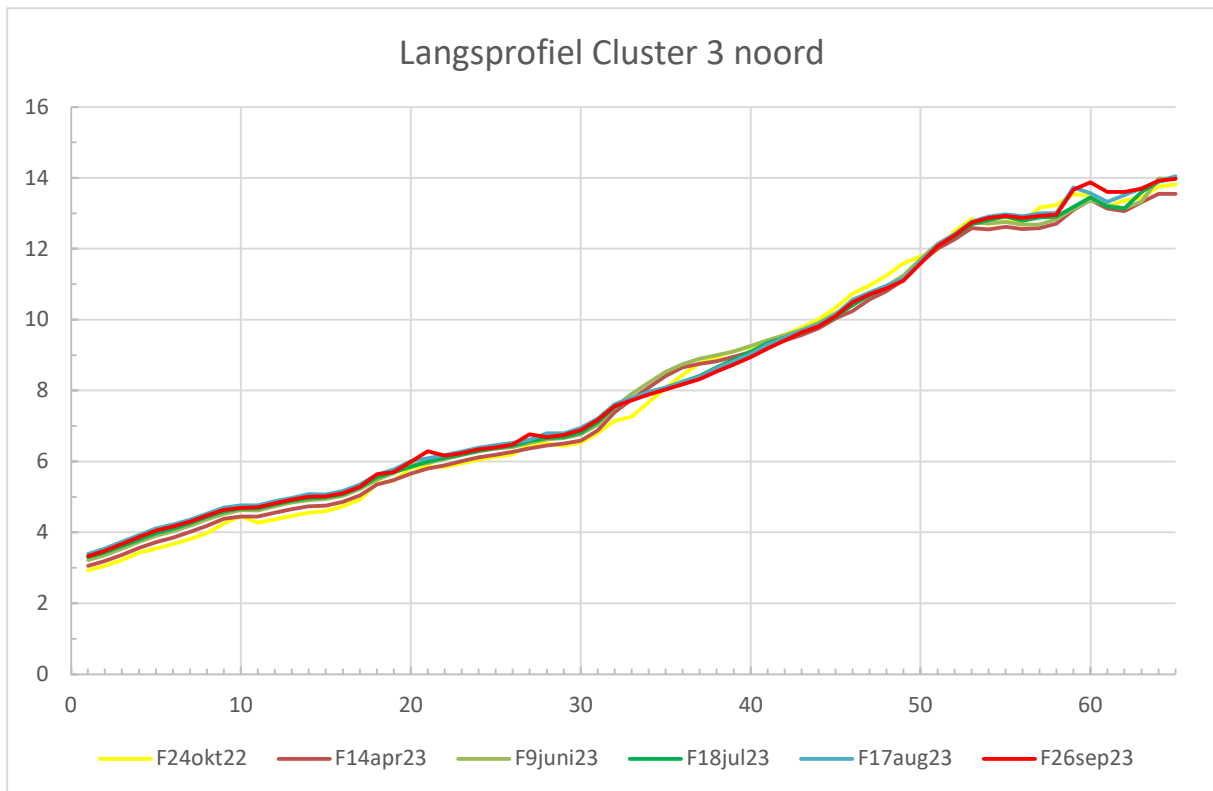
Figuur 23: Hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3 na aanleg



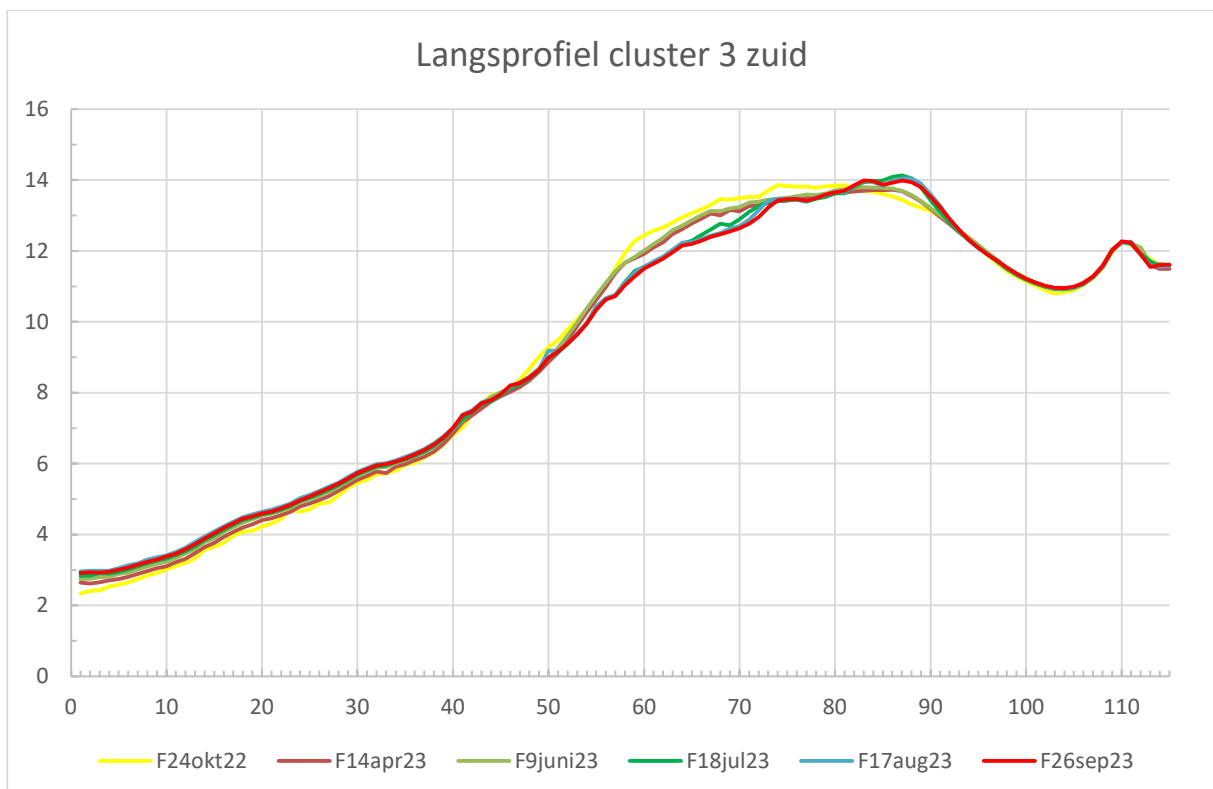
Figuur 24 :Hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3 op 26 september 2023



Figuur 25: Verschilkaart hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3



Figuur 26: Langsprofiel cluster 3 stuifkuil noord



Figuur 27: Langsprofiel cluster 3 stuifkuil zuid

De meest noordelijke van deze twee stuifkuilen is over een beperkt oppervlak 0,60m tot 0,80m geërodeerd. Een deel van het zand lijkt verplaatst te zijn naar het oosten, maar het is op de verschilkaart nauwelijks te vinden. Deze kuil is maar matig actief.

De zuidelijke stuifkuil vertoont veel grotere veranderingen. Over een veel groter oppervlak is 0,80m tot 1,10m zand geërodeerd. Dit zand is ook voor een flink deel terug te vinden aan de landzijde van deze kuil. Ook verder landinwaarts van deze twee kuilen zijn op het maaiveld duidelijke sporen zichtbaar van overpoedering met zand. De zuidelijke stuifkuil lijkt behoorlijk aan te slaan.

Wel geldt voor beide kuilen dat een vorm van nabeheer nodig is: Er is sprake van uitlopende duindoornwortels. Dit nabeheer is echter niet voor het waterschap maar voor de natuurbeheerder omdat de aanleg van deze stuifkuilen geen waterstaatkundig doel diende.

4 Evaluatie van de data inwinning met gebruik van een eigen drone

Er is voor gekozen om de intensieve monitoring van het gebied Springertduinen gedurende de eerste vijf jaar uit te voeren met gebruik van fotogrammetrische hoogtemetingen met behulp van een drone. Daartoe is een professionele drone aangeschaft en is kennis opgedaan van het werken met deze drone en de verwerking van de gegevens. Dat was niet vanzelfsprekend en onomstreden. Op grond van ervaringen elders was duidelijk dat de aangeschaft middelen geschikt waren voor het doel, en dat er software beschikbaar was om de verwerking uit te voeren. Een en ander heeft echter veel voeten in de aarde gehad. Aanvankelijk waren er administratieve redenen waarom de reeks dronevluchten niet gelijk na oplevering van de werkzaamheden konden starten. Daarna was er toch leertijd nodig om de drone effectief in te zetten en de hoogtemetingen met gebruik van voldoende ingemeten vaste punten nauwkeurig genoeg uit te voeren. Het gebruik van de verwerkingssoftware heeft veel opstarttijd gekost omdat een combinatie van een softwarefout en een onduidelijke instelparameter aanvankelijk zorgden voor enkele meters onnauwkeurigheid. Nu alles is ingespeeld is het mogelijk hoogtemetingen uit te voeren met een absolute nauwkeurigheid van ongeveer 5 cm. Dat is voldoende voor het bewaken van de veiligheid en het volgen van de grootschalige veranderingen in het gebied.

Een monitoringsvlucht voor het hele gebied kost een klein uur. Daarbij komt natuurlijk wel het opzetten van alle benodigdheden en het transport van en naar de duinen.

De verwerking van 2300 luchtfoto's tot een hoogtekaart vergt veel rekenkracht en kost dan nog steeds veel rekentijd. Afhankelijk van de hoeveelheid vegetatie op de beelden 12 tot meer als 40 uur.

De hele werkwijze levert zeer veel data op. Over de looptijd van de monitoringsfase meerdere terabytes (1 Tb = 1000 Gb = 1.000.000 Mb). Het waterschap moet wennen aan zulke hoeveelheden data.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1.1 Conclusies:

Eén jaar na aanleg van de kerven en stuifkuilen zijn natuurlijk nog geen spectaculaire ontwikkelingen te verwachten in een systeem dat zich nu gedurende vele jaren moet gaan ontwikkelen. Toch zijn de veranderingen in cluster 2, waar de aanzet tot de kerven is aangelegd, indrukwekkend. De zeewaartse helling van de kerven erodeert flink. Daardoor worden de kerven ook effectiever in het concentreren van de wind. Aan de landzijde vormen zich forse lobben zand als basis voor het nieuw te vormen duin. De ontwikkeling van de kerven is dus goed op gang gekomen.

Er is voorlopig nog geen sprake van hoogtegroei aan de landzijde van de kerven omdat eerst diepe delen opgevuld moeten worden. De volumeveranderingen, maat voor de echte duingroei, zijn klein maar geven aanleiding tot voorzichtig optimisme.

Het middendeel van de kerven blijft op hoogte en is ook breed genoeg. Er wordt zo ruimschoots voldaan aan de minimum afmetingen die nodig zijn voor een veilige waterkering.

Wel is er nabeheer nodig geweest om te voorkomen dat hergroei van verwijderde vegetatie De ontwikkelingen in de kiem zou smoren. Ook de komende jaren zal een ingreep zoals het met een cultivator bewerken van de hellingen van de kerven nog wel enkele keren nodig zijn.

Het activeren van de natuurlijke kerf in cluster 1 lijkt gelukt te zijn. Er wordt behoorlijk wat zand afgezet aan de landzijde. Deze locatie behoeft vooralsnog geen nabeheer.

De twee stuifkuilen in cluster 3 gedragen zich verschillend. De noordelijk stuifkuil is maar matig actief. De zuidelijke stuifkuil erodeert veel sterker. Wel is in beide gevallen beheer nodig omdat er vrij veel wortels van duindoorn opnieuw uitbotten.

Puntsgewijs samengevat:

- De ontwikkeling van de kerven in cluster twee is op goed gang gekomen: De zeewaartse helling erodeert. Aan de landzijde ontwikkelen zich grote zandlobben als fundament voor duingroei.
- Echte duingroei is na een jaar nog niet te constateren. Er zijn aanwijzingen voor een lichte toename van het volume zand.
- De duinen ter plaatse van de kerven voldoen zeer ruim aan de minimaal benodigde afmetingen voor veiligheid tegen overstromingen.
- Er is nabeheer nodig geweest om storende hergroei van vegetatie te verwijderen.
- De noordelijke, natuurlijke kerf in cluster één is vooralsnog met succes geactiveerd en behoeft momenteel geen verder beheer.
- De stuifkuilen in cluster drie zijn matig tot redelijk actief. Nabeheer is wel nodig om te voorkomen dat zij weer dichtgroeien.
- Het in eigen beheer monitoren van het gebied Springertduinen met behulp van fotogrammetrische hoogtemetingen vanuit een drone is goed uitvoerbaar en levert goede data om de veiligheid in de gaten te houden en de ontwikkelingen te volgen. Het heeft wel enige tijd geduurd om goed op gang te komen.

5.1.2 Aanbevelingen

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat het proces van kerfvorming goed op gang komt. Daarnaast zijn er ook aanwijzingen dat er sprake is van enige duingroei. Verder ontwikkelde kerven zijn effectiever in het transporteren van zand van het strand naar de landzijde van de duinen. Het verdient dan ook aanbeveling om de pilot door te zetten.

Nabeheer is nodig geweest om de natuurlijke ontwikkelingen in het projectgebied op gang te houden. Ook de komende jaren is het zinvol om als dat nodig is beperkte maatregelen uit te voeren zoals het met een cultivator verwijderen van storende vegetatie.

Het monitoren van de ontwikkelingen zoals die het eerste jaar is uitgevoerd levert goede resultaten. Het verdient dan ook aanbeveling om deze werkwijze door te zetten. De dataset die verzameld wordt levert ook input voor nader onderzoek naar de uitvoerbaarheid van duinvorming

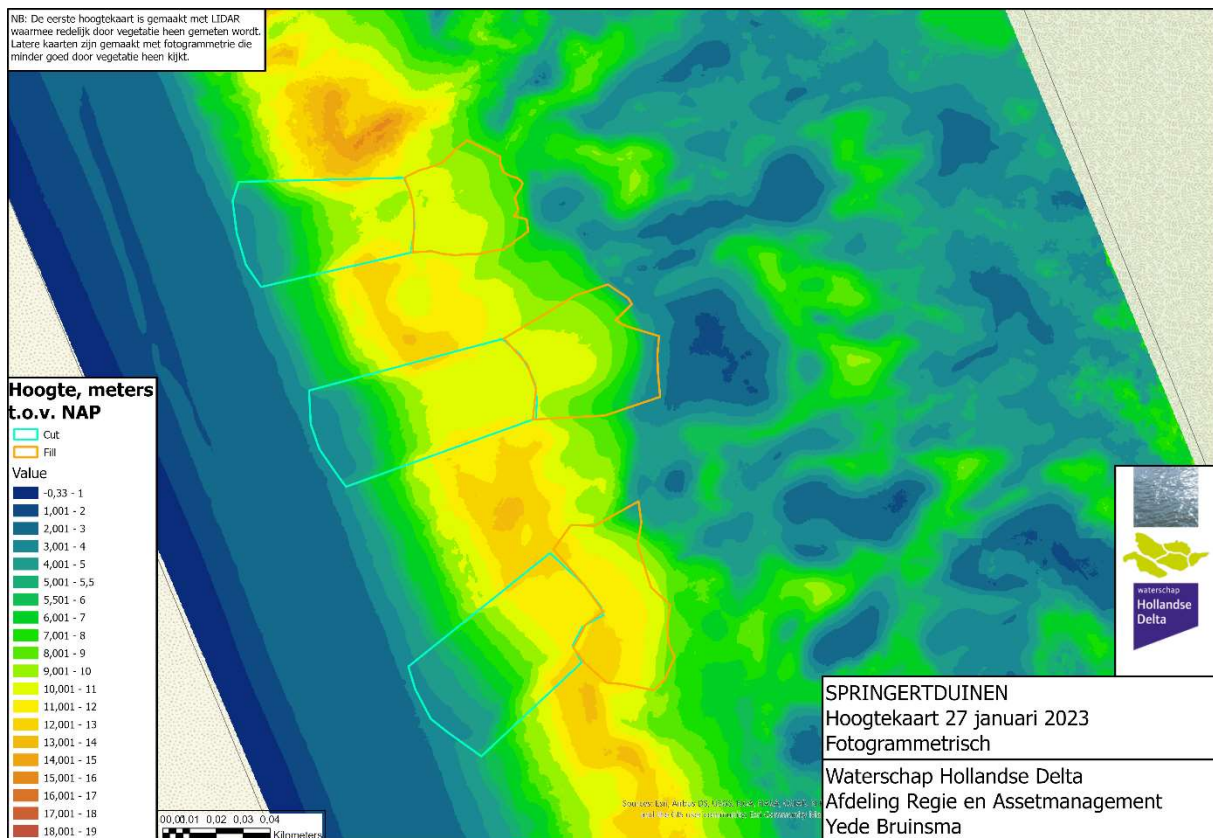
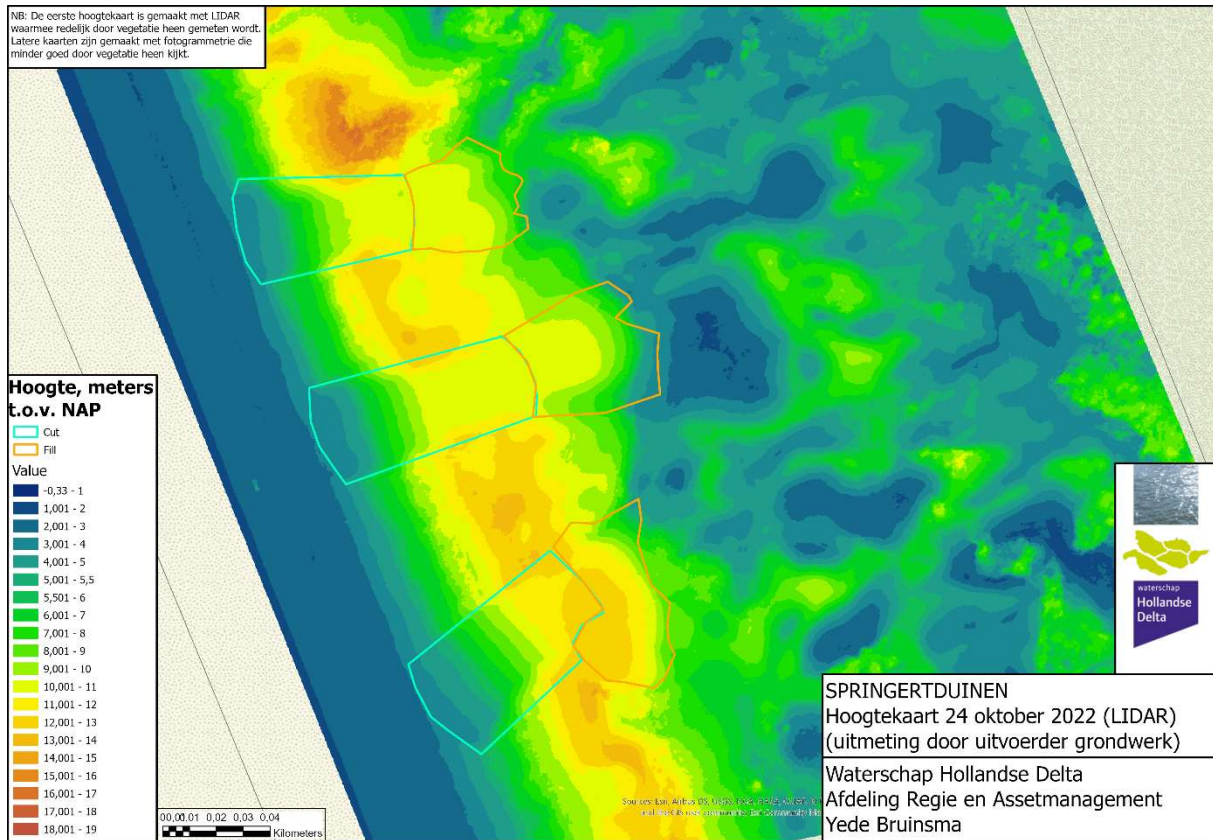
door de aanleg van kerven. Deze dataset zou dan ook beschikbaar gesteld moeten worden voor onderzoeksdoeleinden.

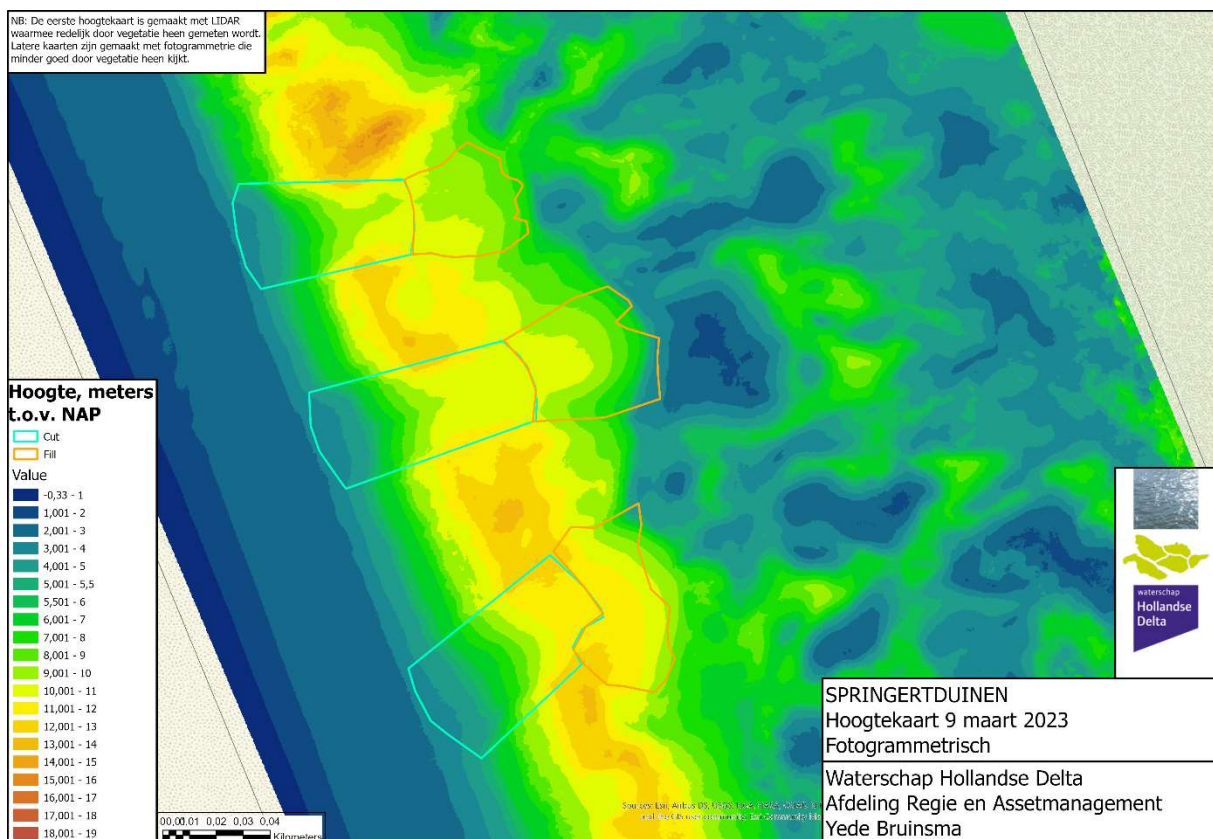
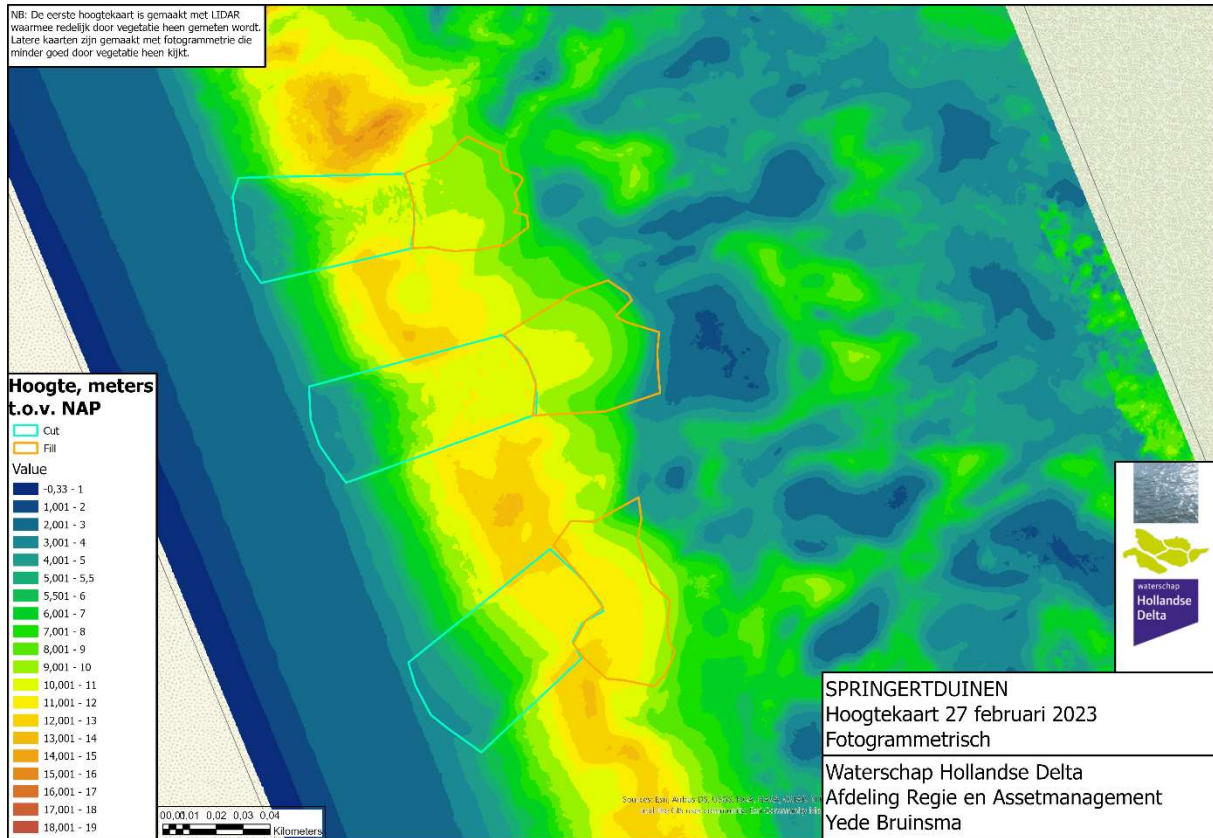
6 Lijst van figuren

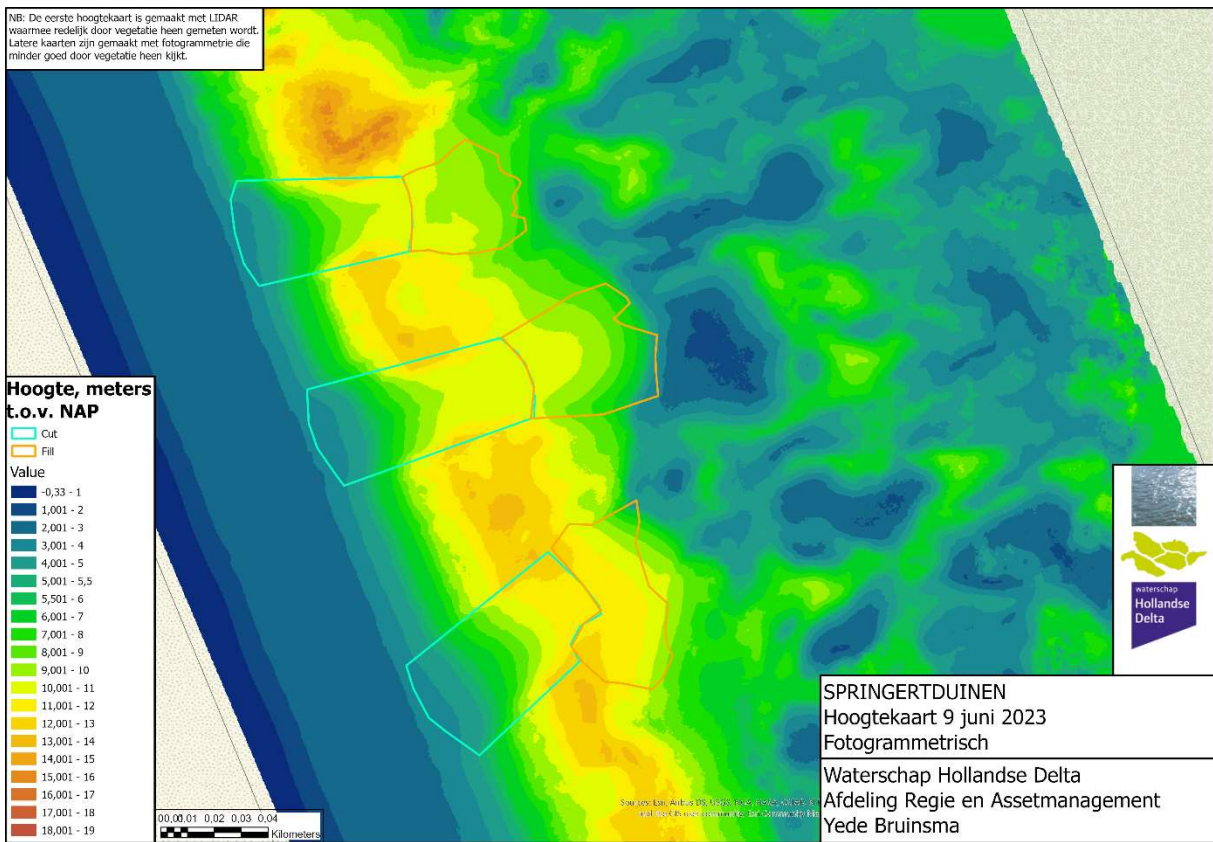
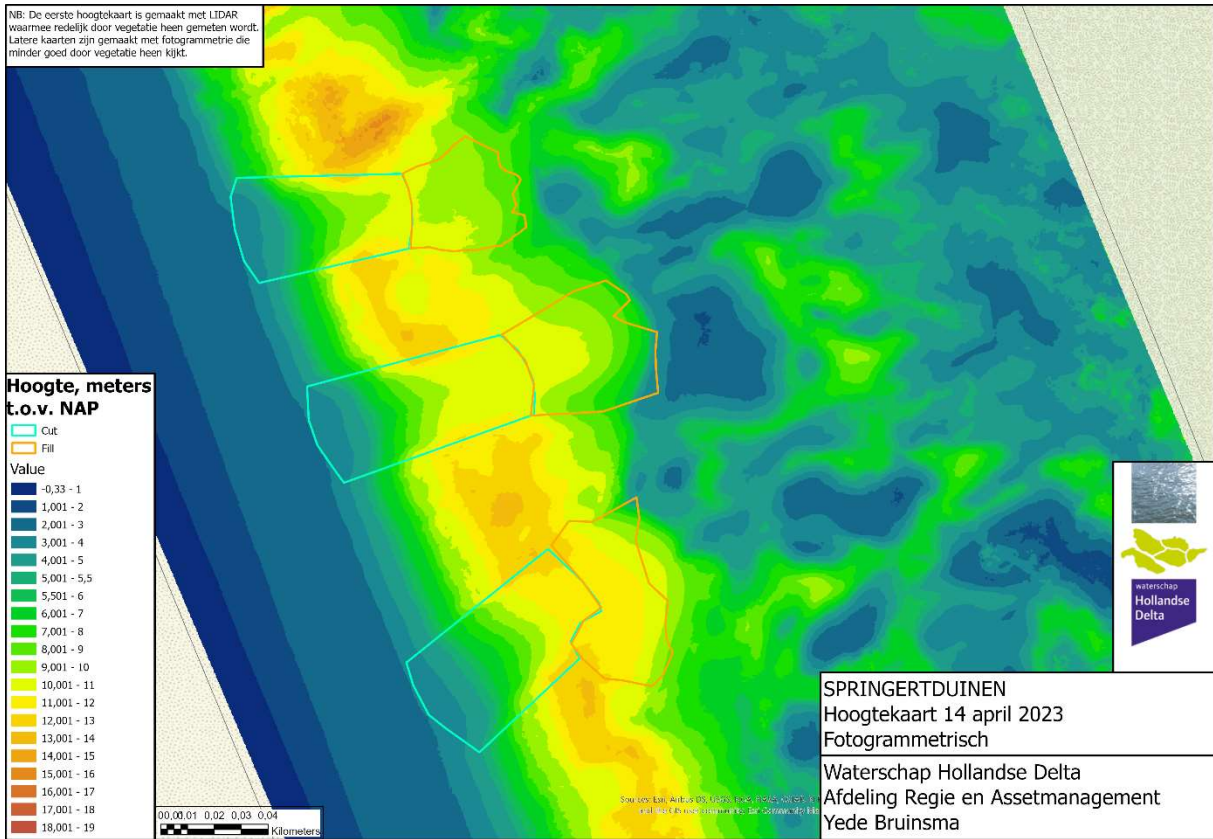
Figuur 1: Een luchtfoto van de aanleg van de kerven	3
Figuur 2: Stuvend zand vormt het fundament van nieuwe duinen	4
Figuur 3: Montagefoto van de kerven in cluster 2	6
Figuur 4: Hoogtekaart cluster 2 onmiddellijk na aanleg	7
Figuur 5: Hoogtekaart cluster 2 op 26 september 2023	8
Figuur 6: Verschilkaart hoogteligging cluster 2 tussen 26 september 2023 en 24 oktober 2022.....	8
Figuur 7: Overzicht van raaien in cluster 2	9
Figuur 8: Langsprofiel door de middelste kerf	10
Figuur 9: Dwarsprofiel door middelste kerf, 65 m vanaf referentiepunt	10
Figuur 10: Dwarsprofiel door middelste kerf, 110 m vanaf referentiepunt.....	11
Figuur 11: Dwarsprofiel door middelste kerf, 135 m vanaf referentiepunt.....	11
Figuur 12: Dwarsprofiel door middelste kerf, 150 m vanaf referentiepunt.....	12
Figuur 13: Opgeschoten zeeraket vormt mini-duintjes	12
Figuur 14: Ligging van de actieve gebieden in cluster 2.....	14
Figuur 15: Het aanvullend zeven van de toplaag van de kerven	16
Figuur 16: Uitlopende wortelresten van duindoorn in september 2023	16
Figuur 17: Overzicht van het gebied waar in september 2023 hergroei van vegetatie is bewerkt met een cultivator	17
Figuur 18: Bewerking van de opgaande hellingen van de kerven om hergroei van duindoorn te remmen	18
Figuur 19: Hoogteligging van de kerf in cluster 1 na uitvoering van de start-werkzaamheden	19
Figuur 20: Hoogteligging van de kerf in cluster 1 op 26 september 2023.....	19
Figuur 21: Verschilkaart van de hoogteligging van de kerf in cluster 1 tussen 26 september 2023 en 24 oktober 2022	20
Figuur 22: Langsprofiel door de kerf in cluster 1.....	20
Figuur 23: Hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3 na aanleg	21
Figuur 24 :Hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3 op 26 september 2023	22
Figuur 25: Verschilkaart hoogteligging van de stuifkuilen in cluster 3.....	22
Figuur 26: Langsprofiel cluster 3 stuifkuil noord	23
Figuur 27: Langsprofiel cluster 3 stuifkuil zuid.....	23

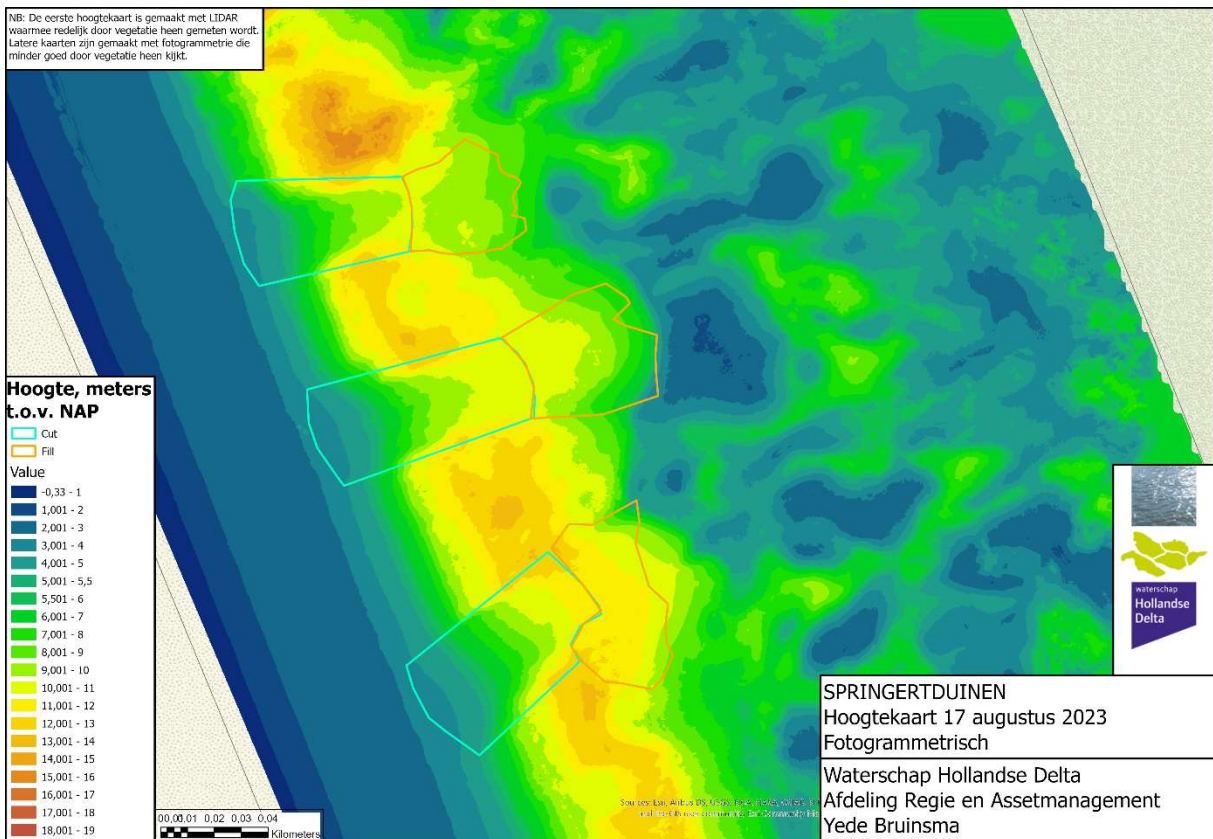
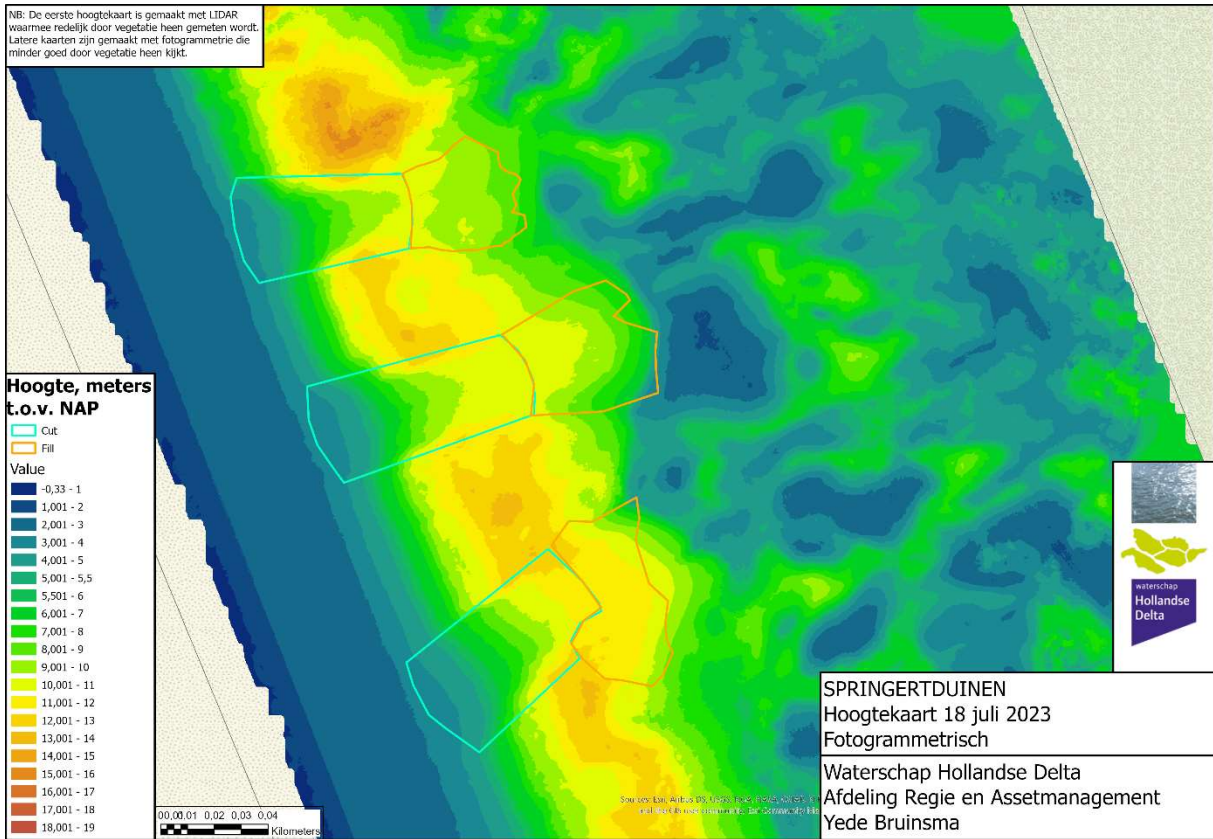
In de bijlagen worden nog een aantal figuren gegeven die de toestand in het projectgebied verder vastleggen, maar die in de hoofdttekst niet gebruikt zijn. Zij dienen vooral voor het vastleggen van de toestand.

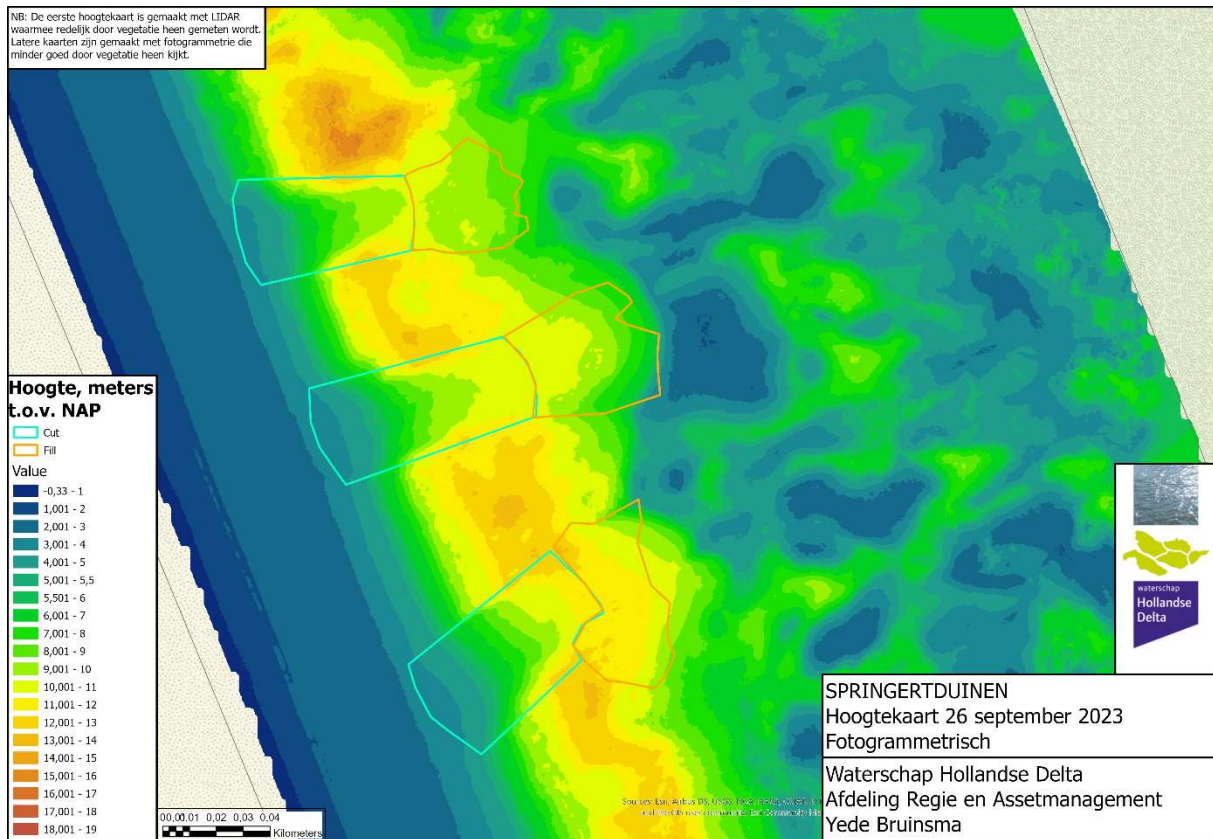
Bijlage 1: De complete set hoogtekarten van cluster 2:



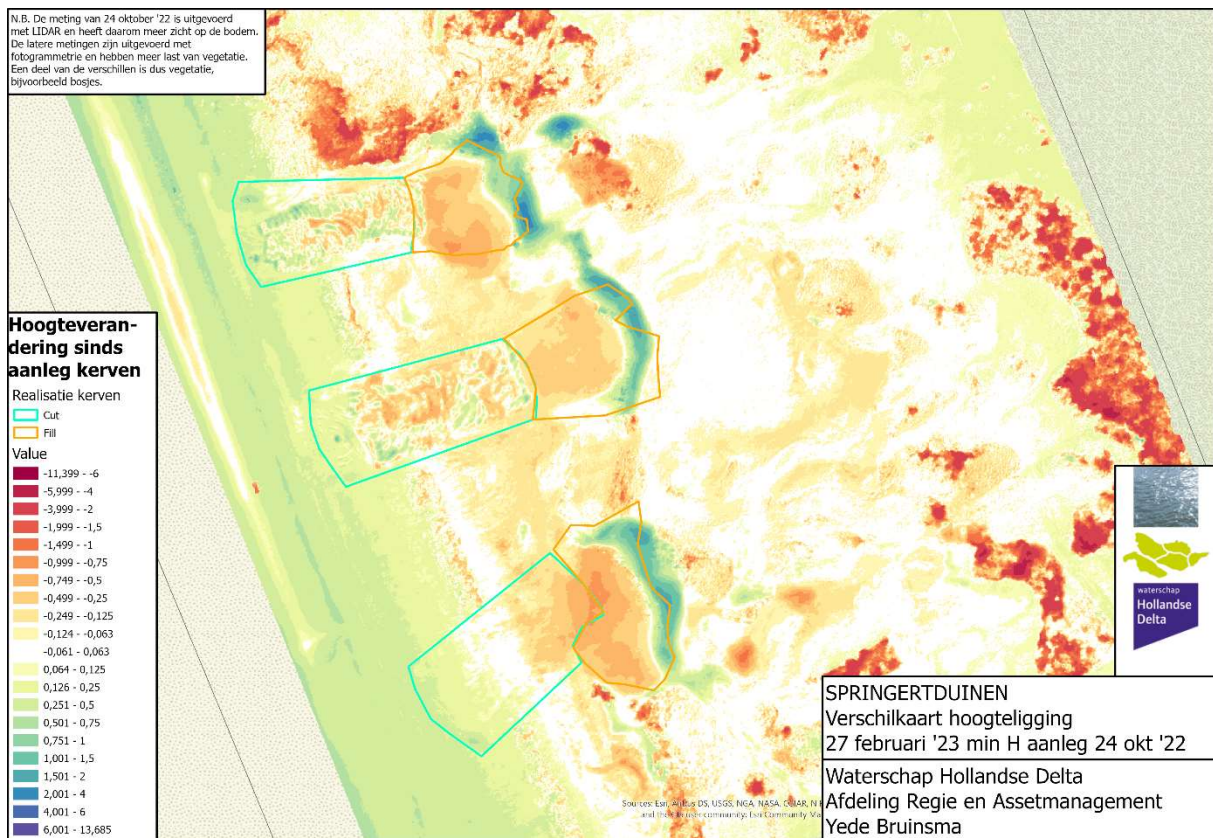
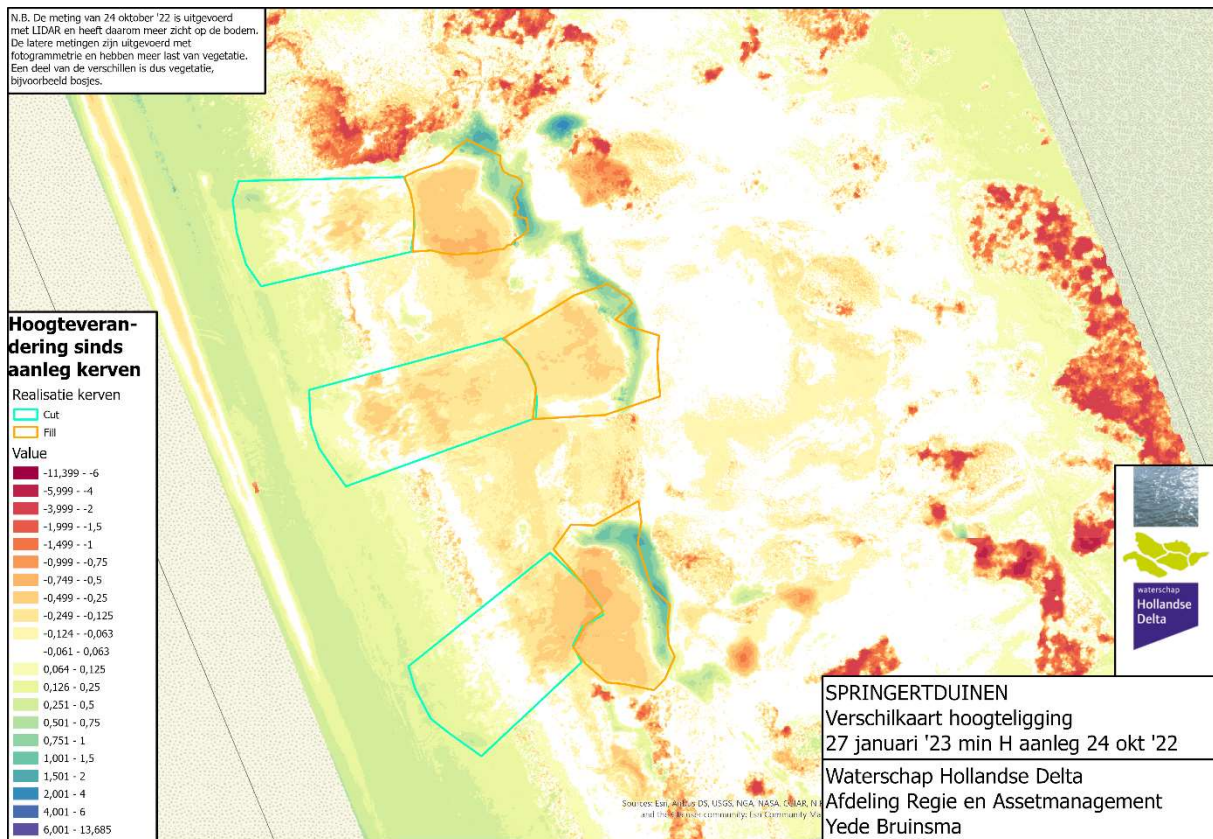


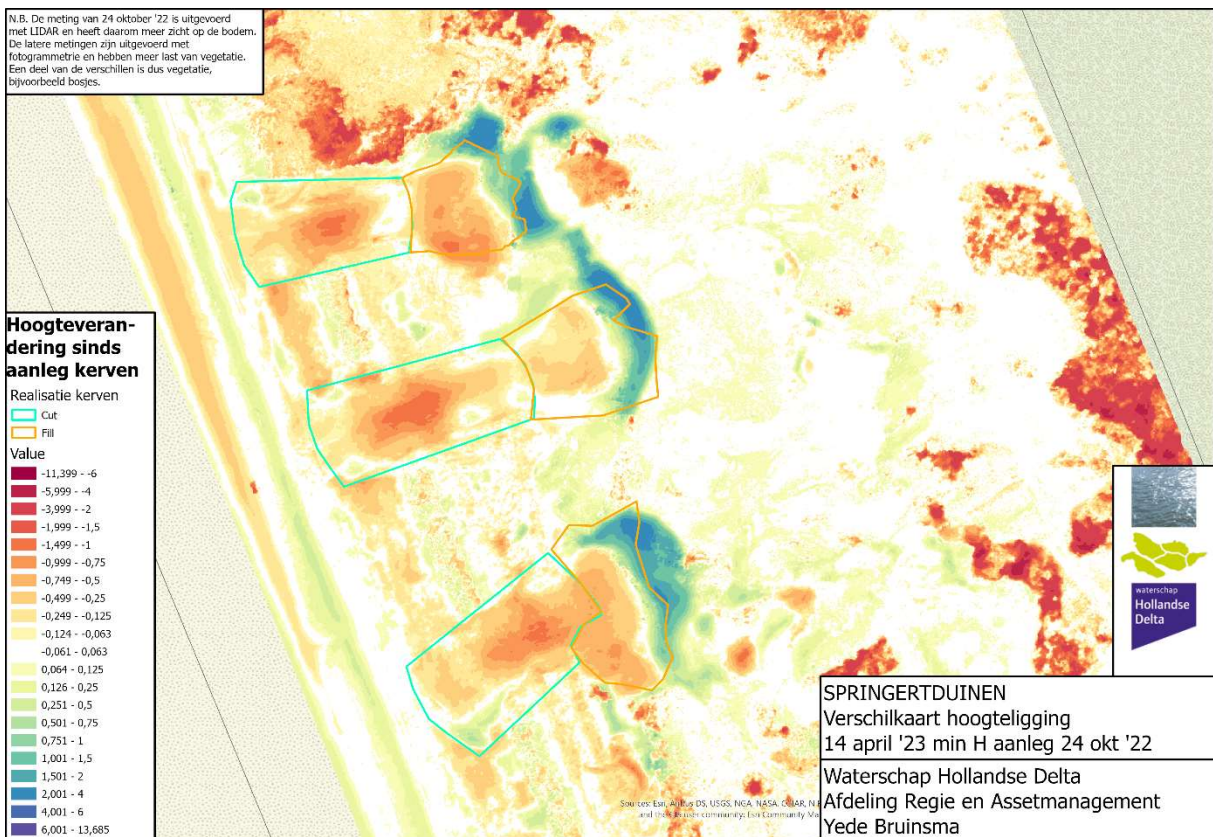
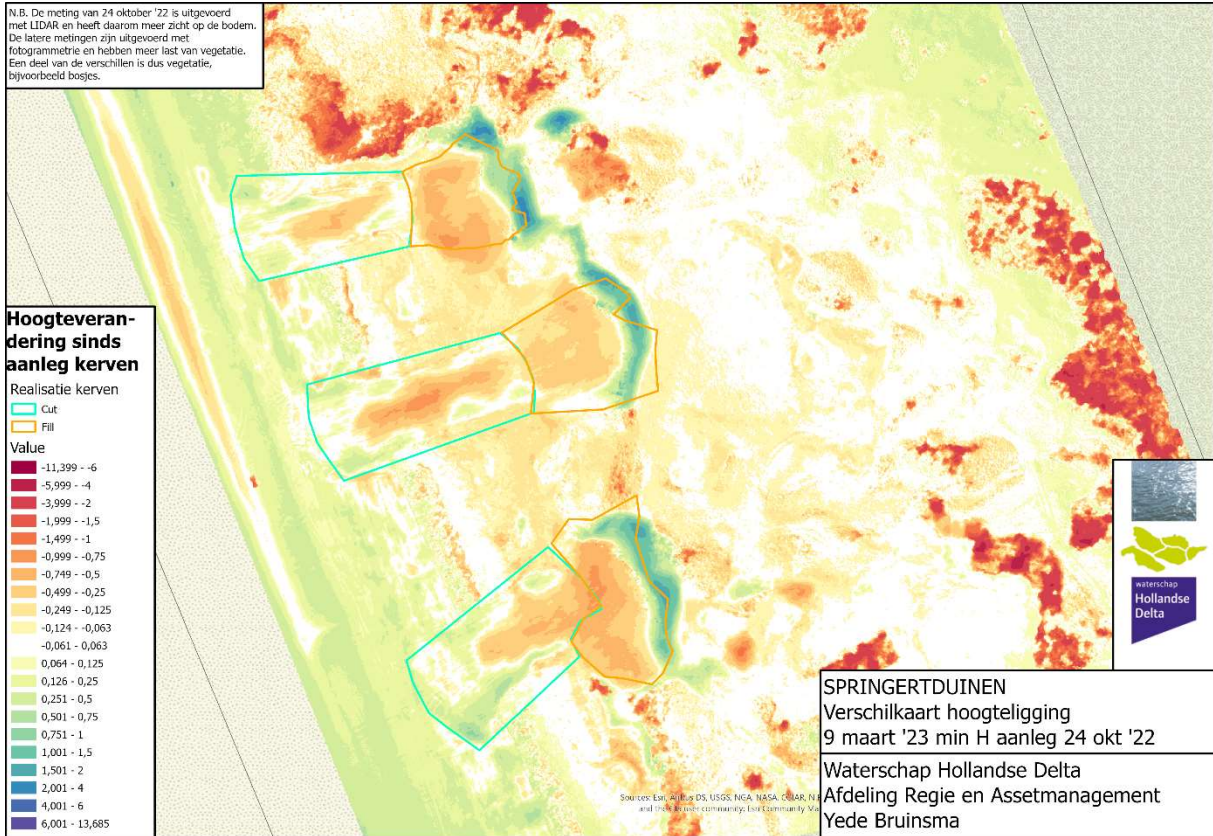


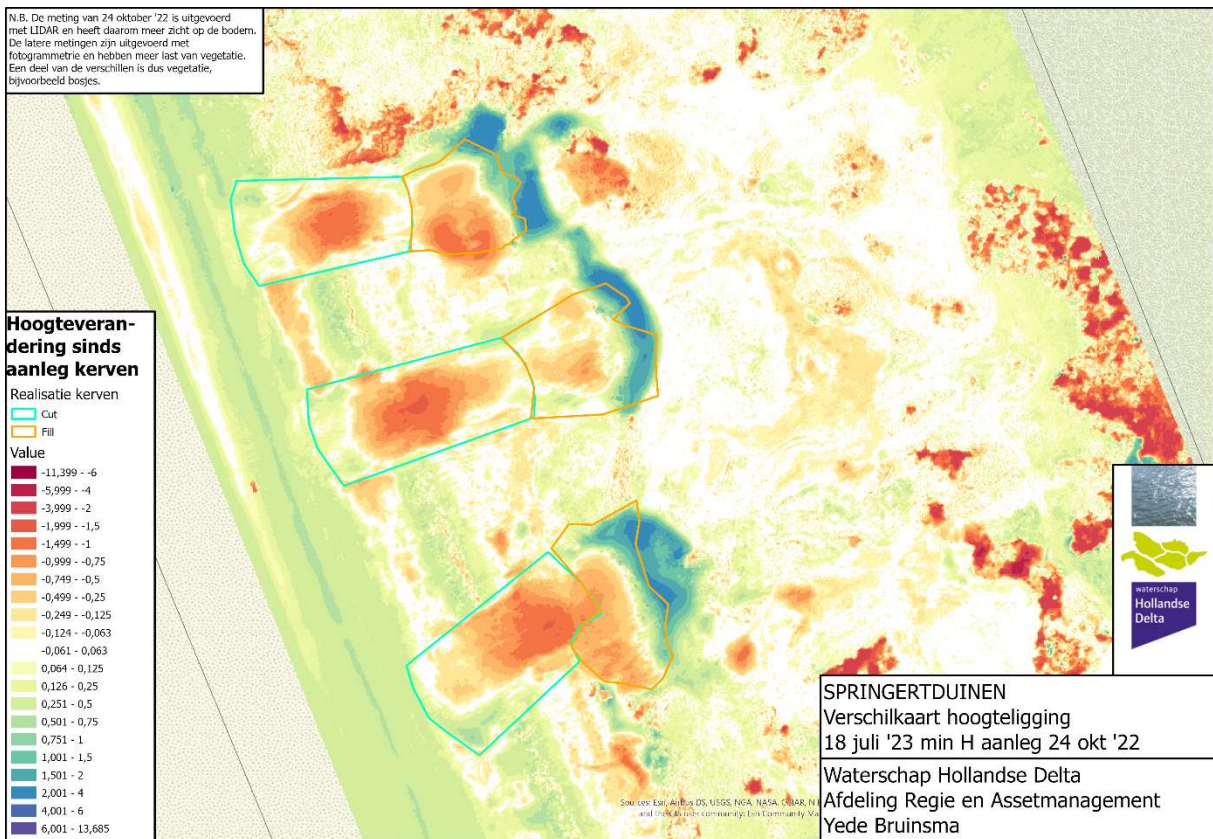
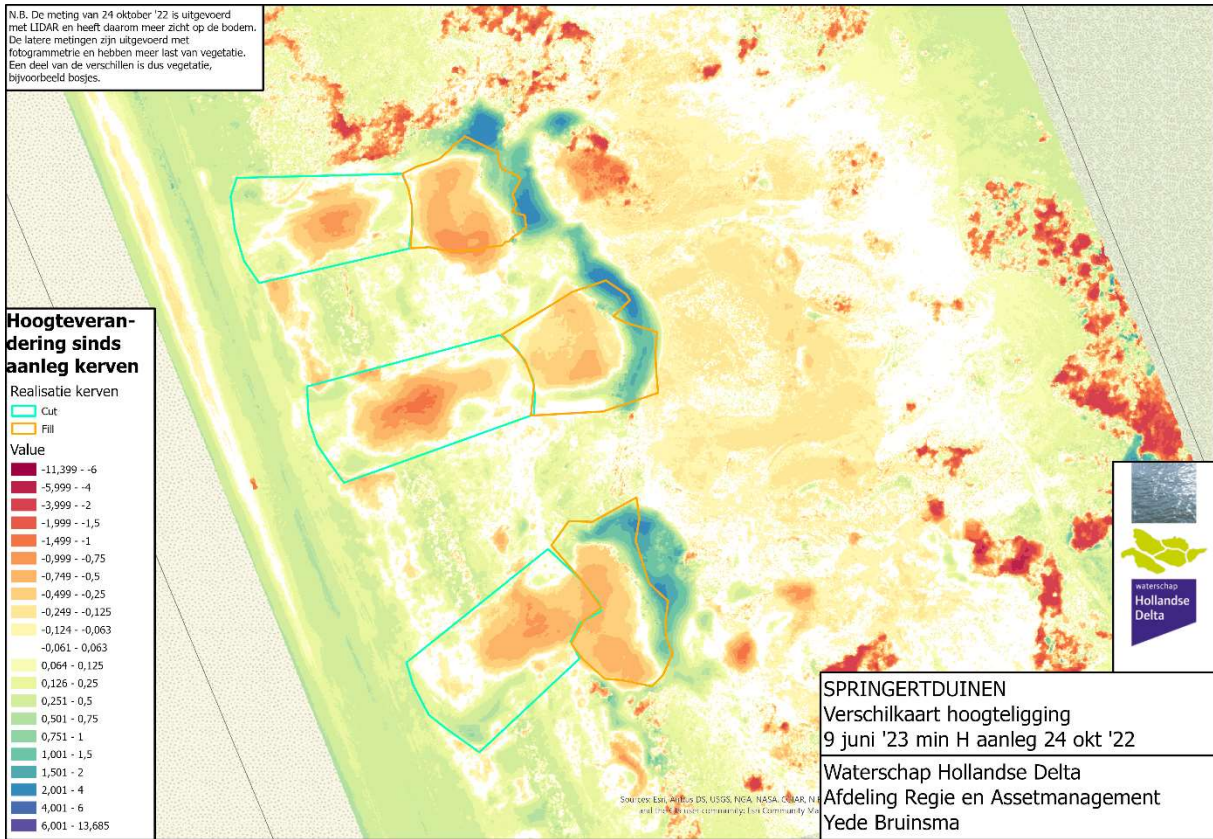


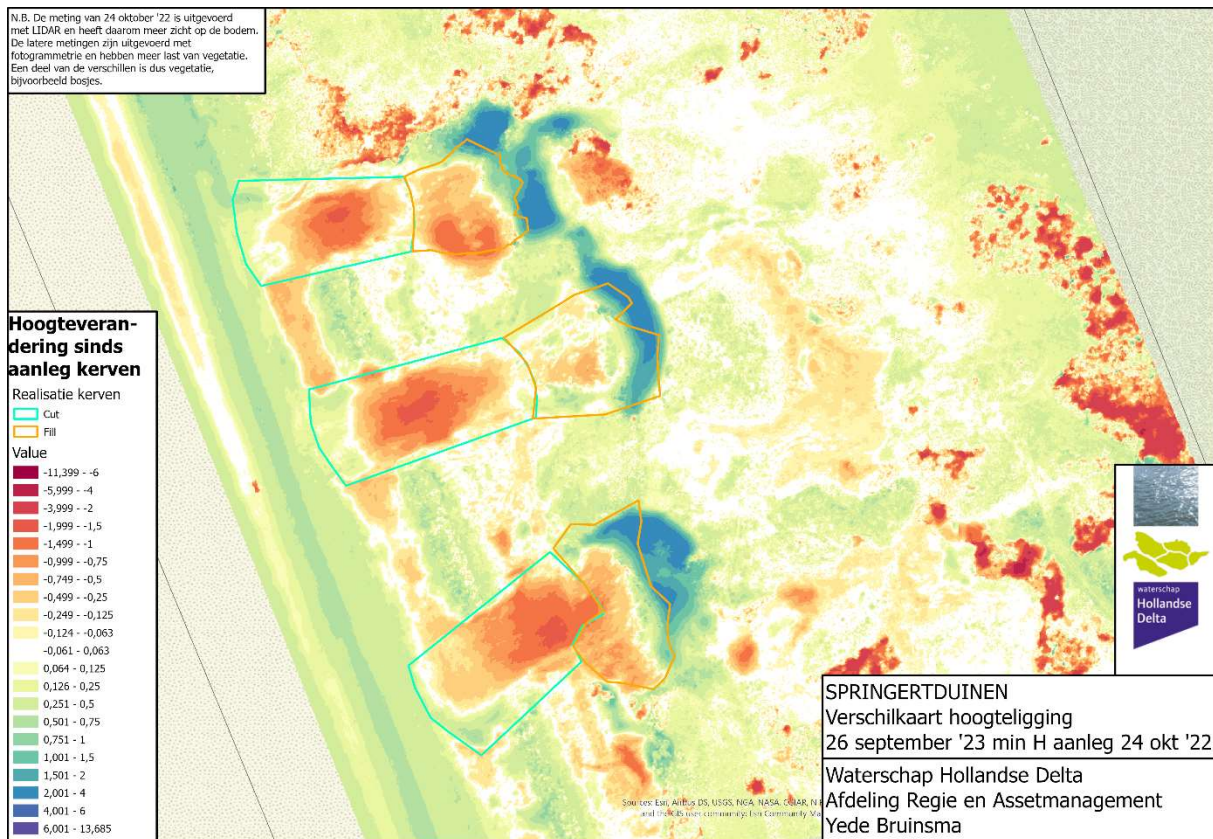
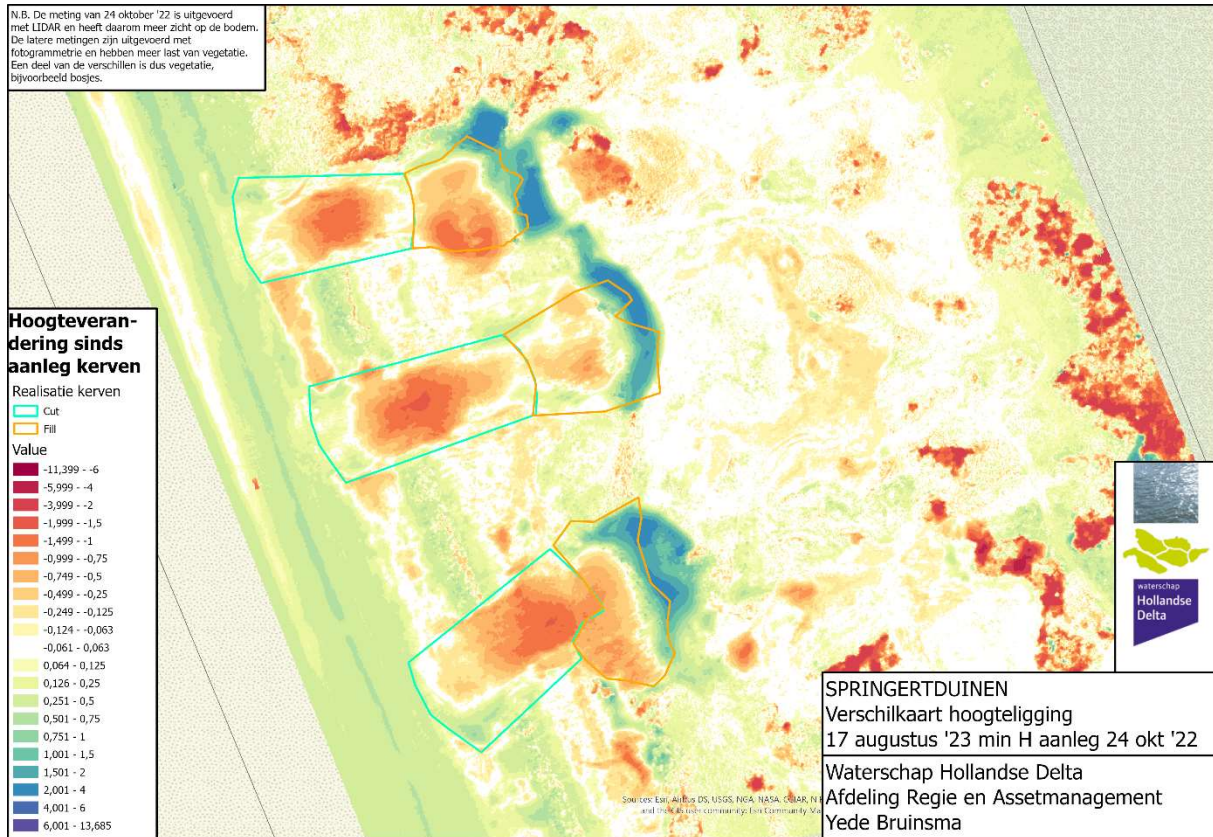


Bijlage 2: De complete set verschilkaarten van cluster 2:

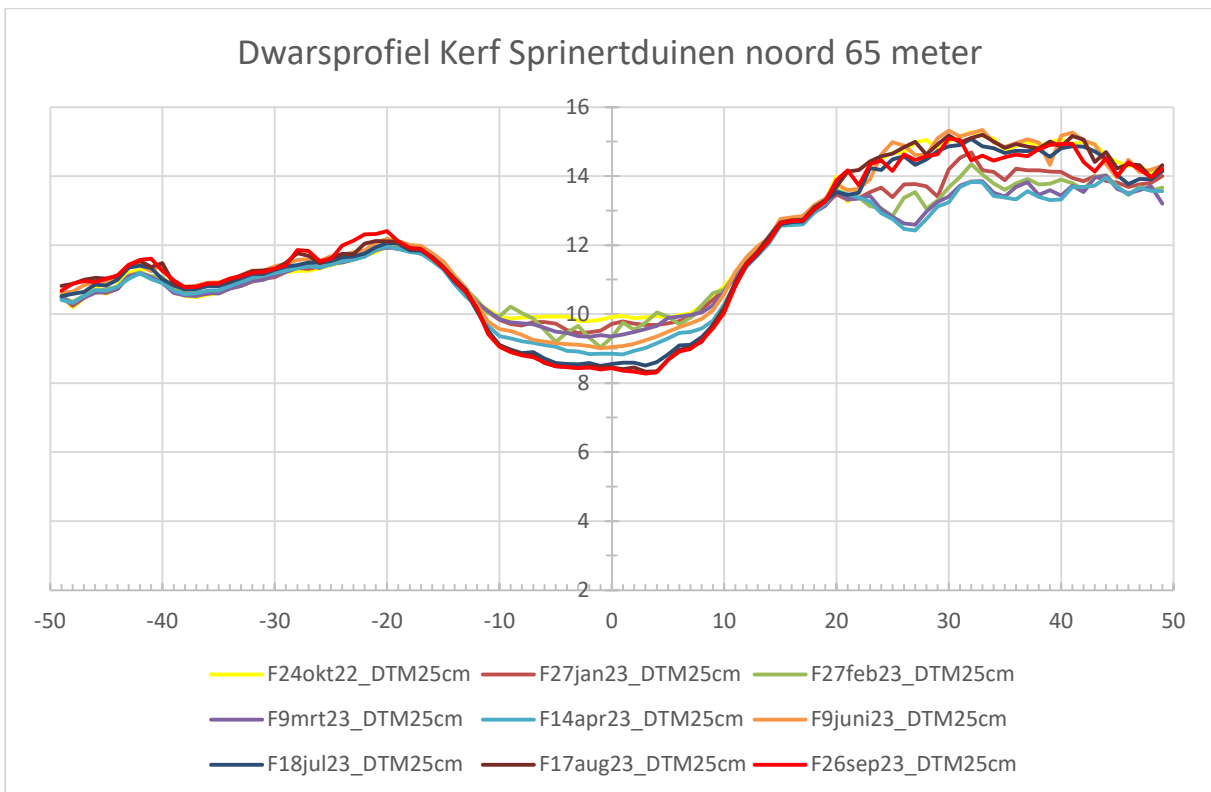
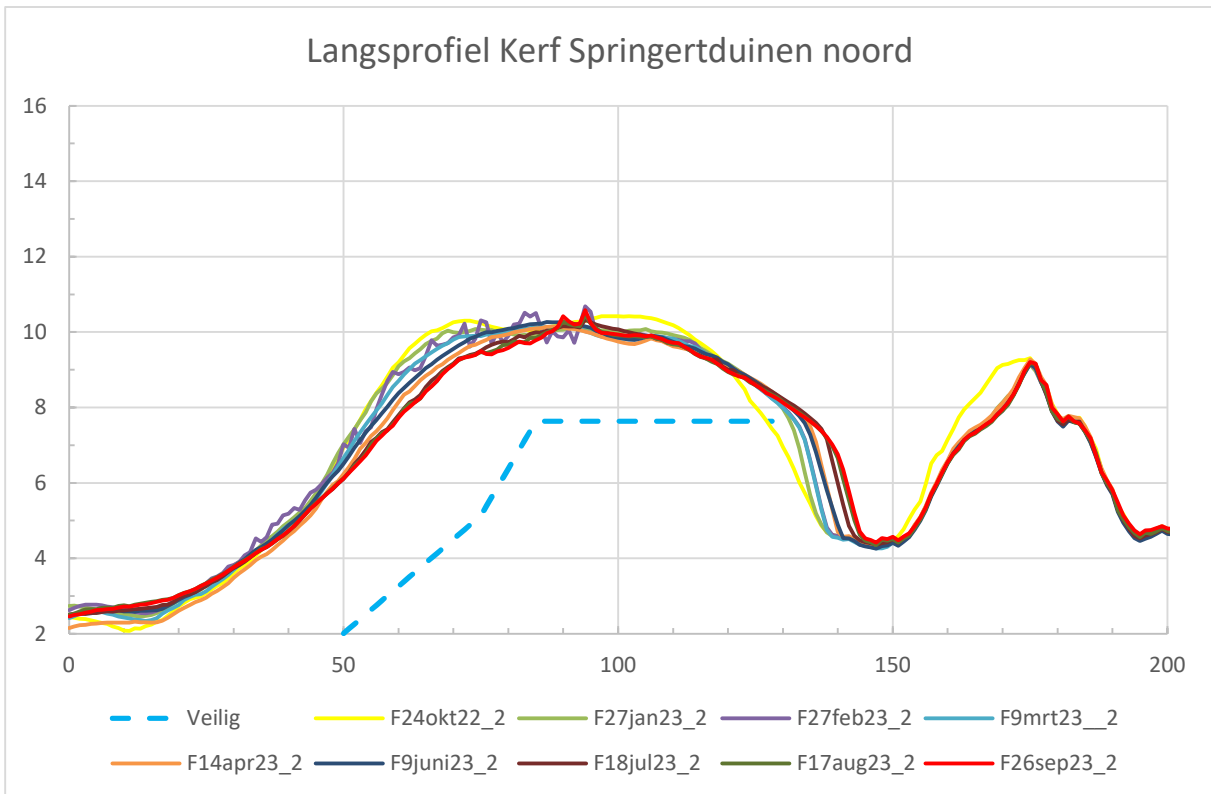


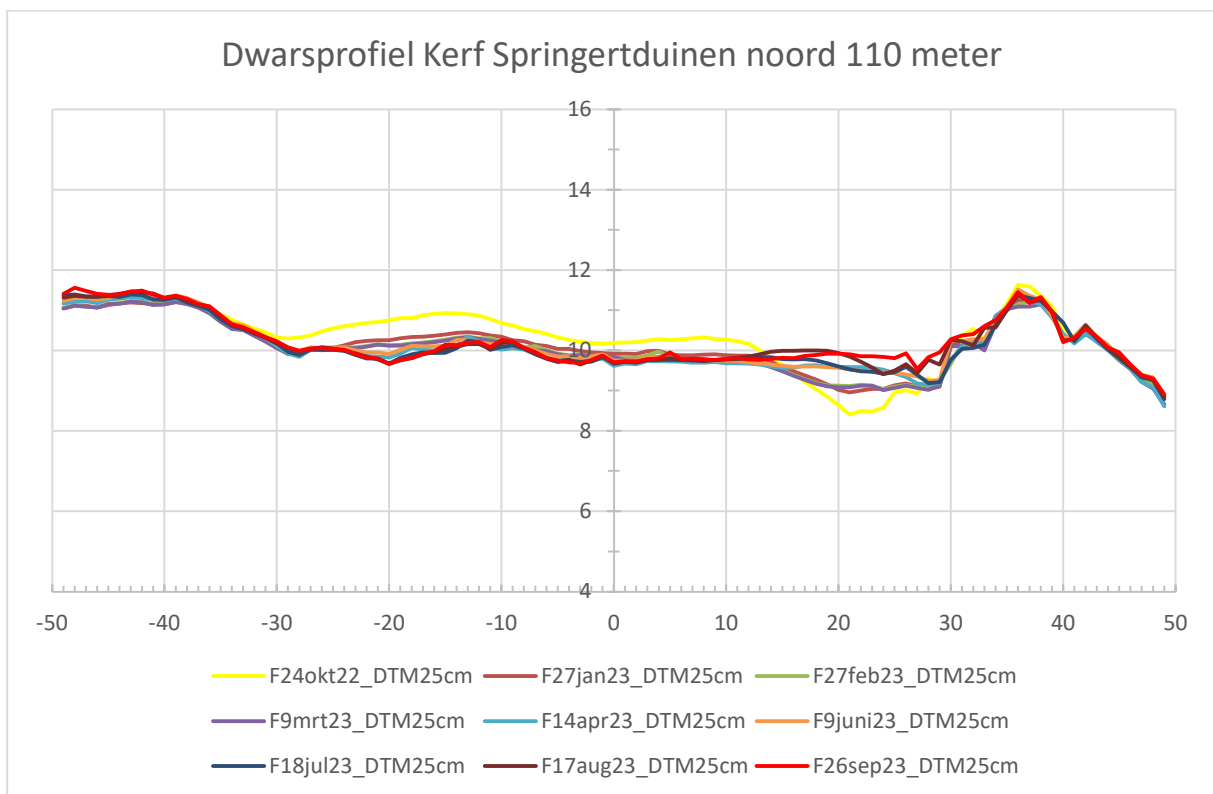
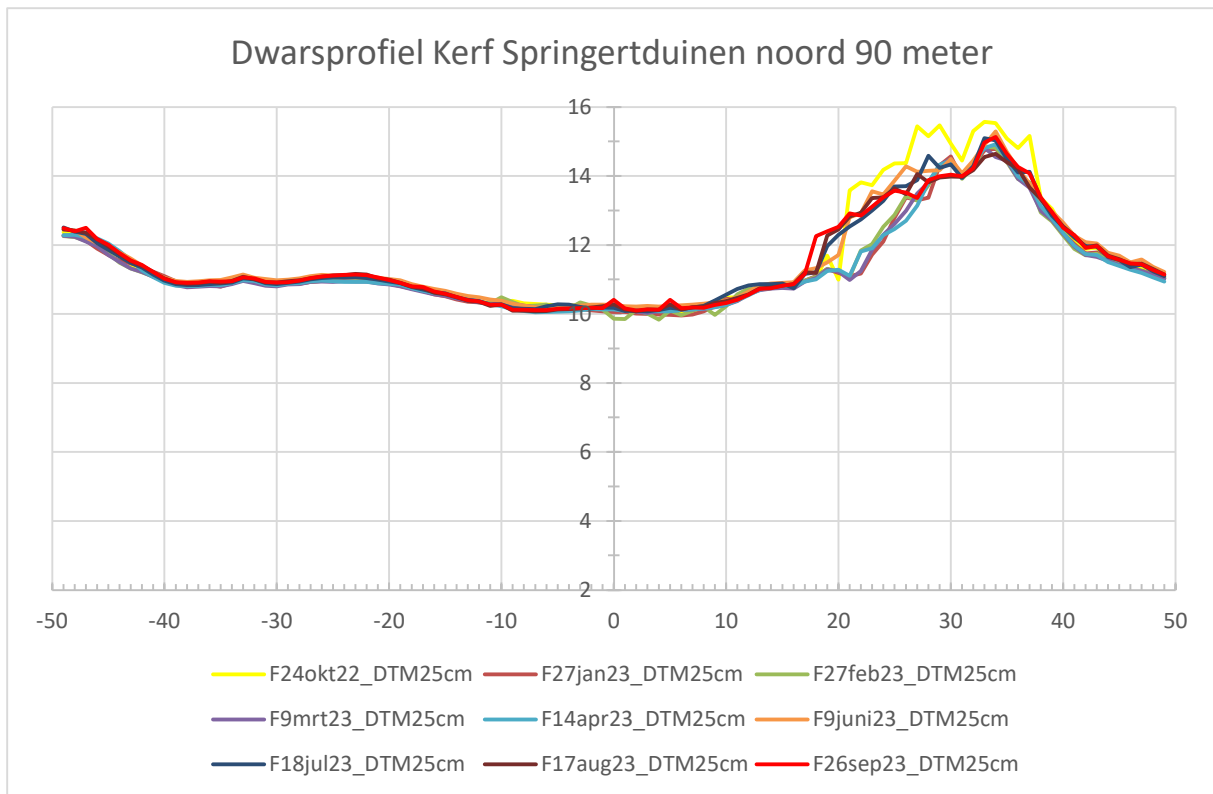


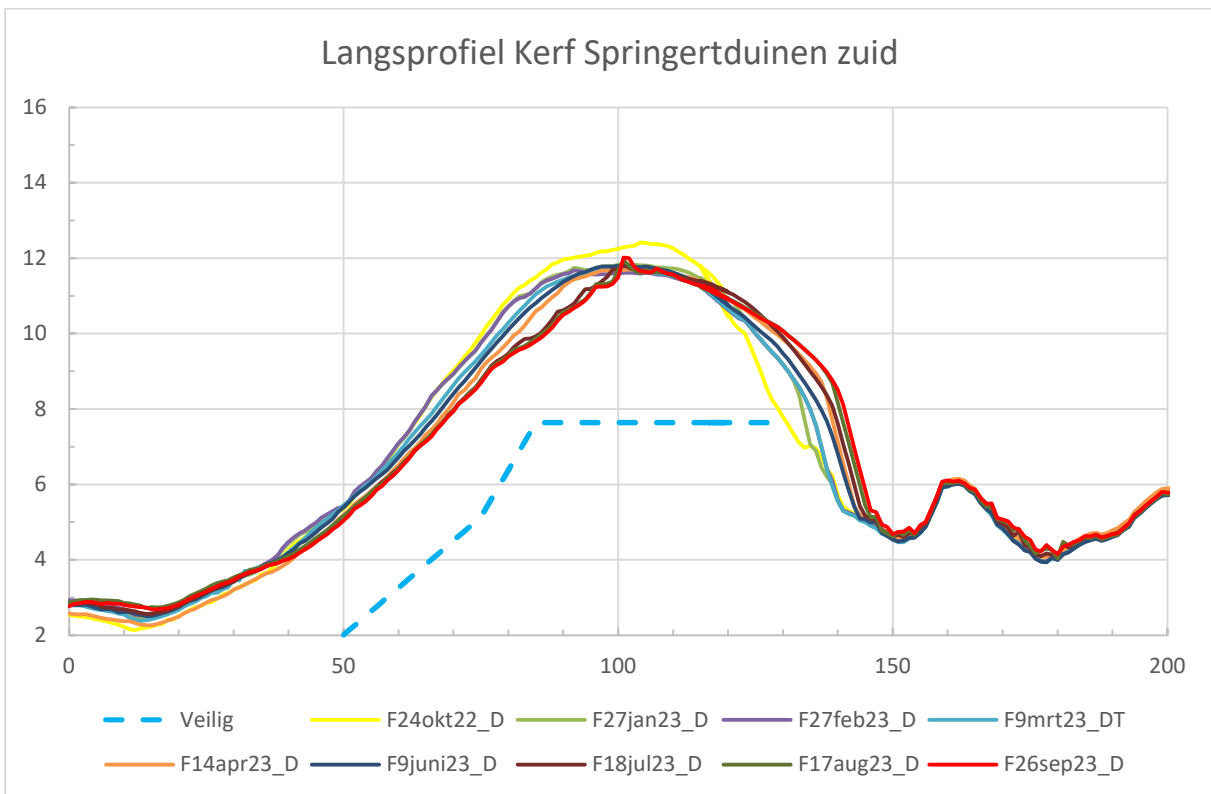
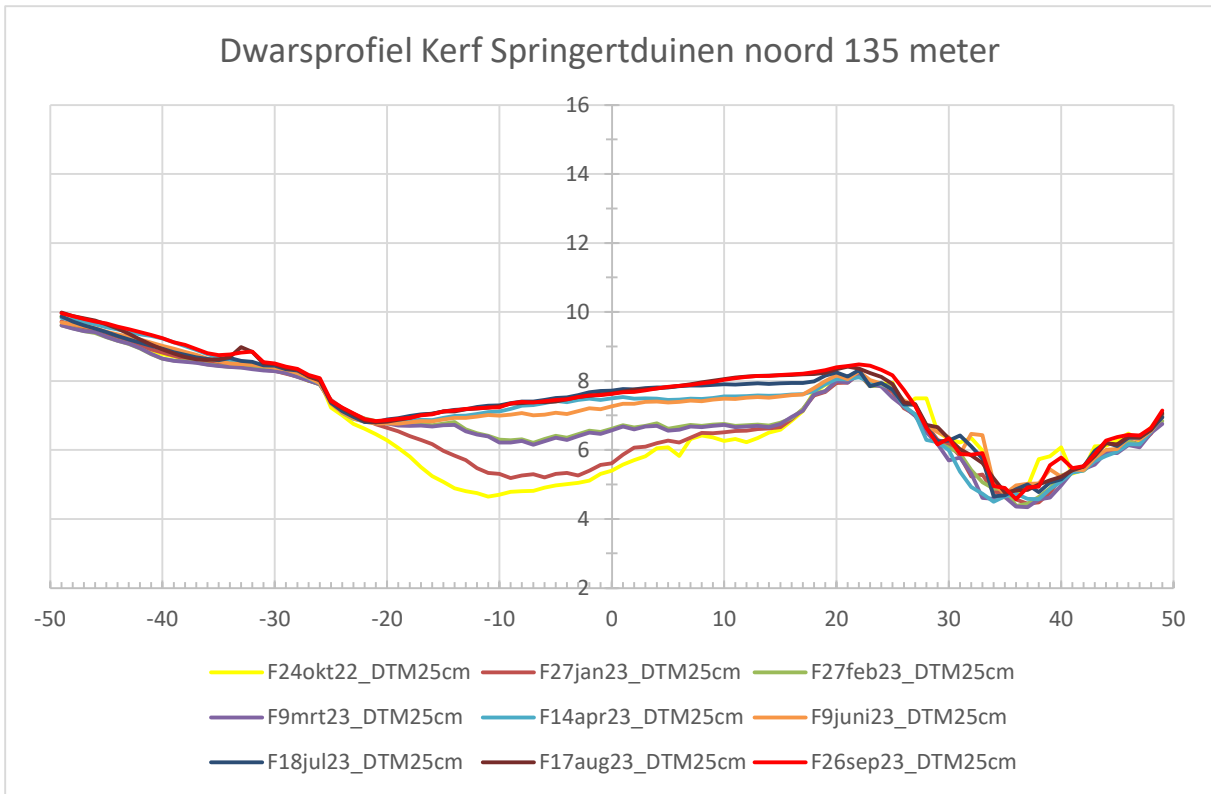


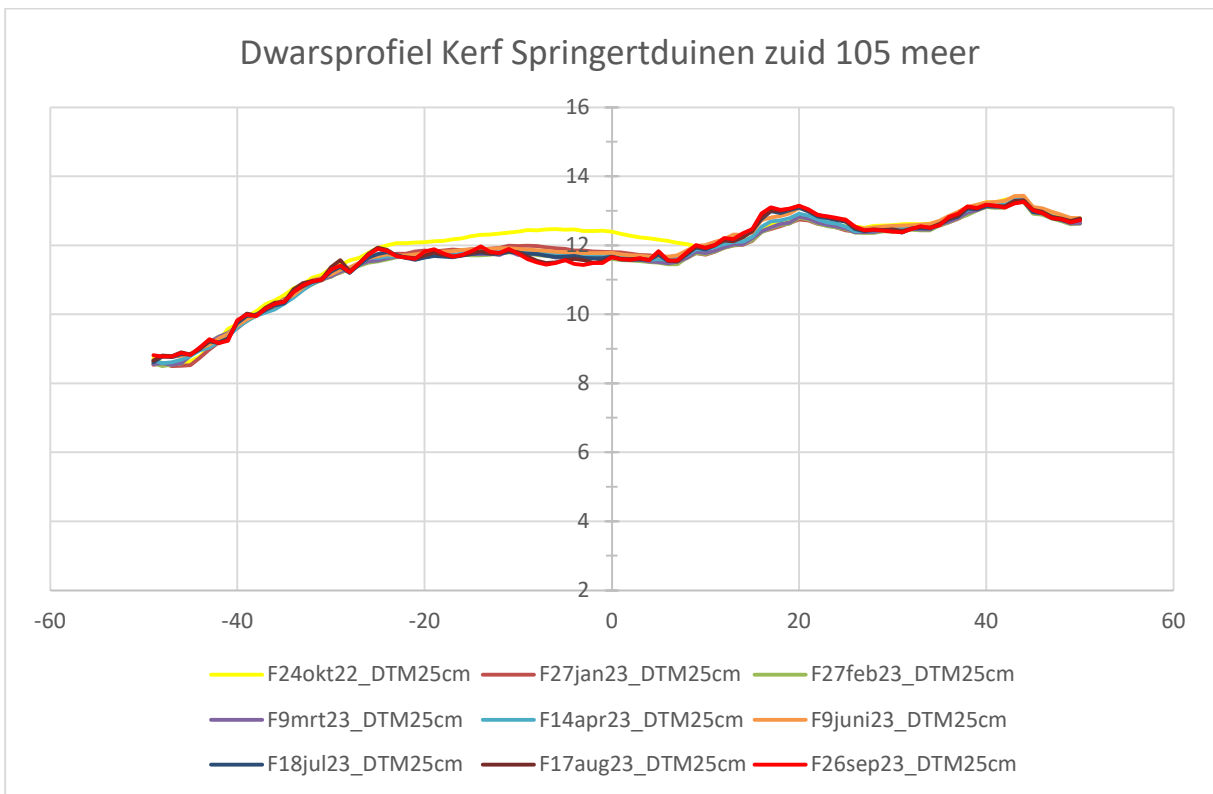
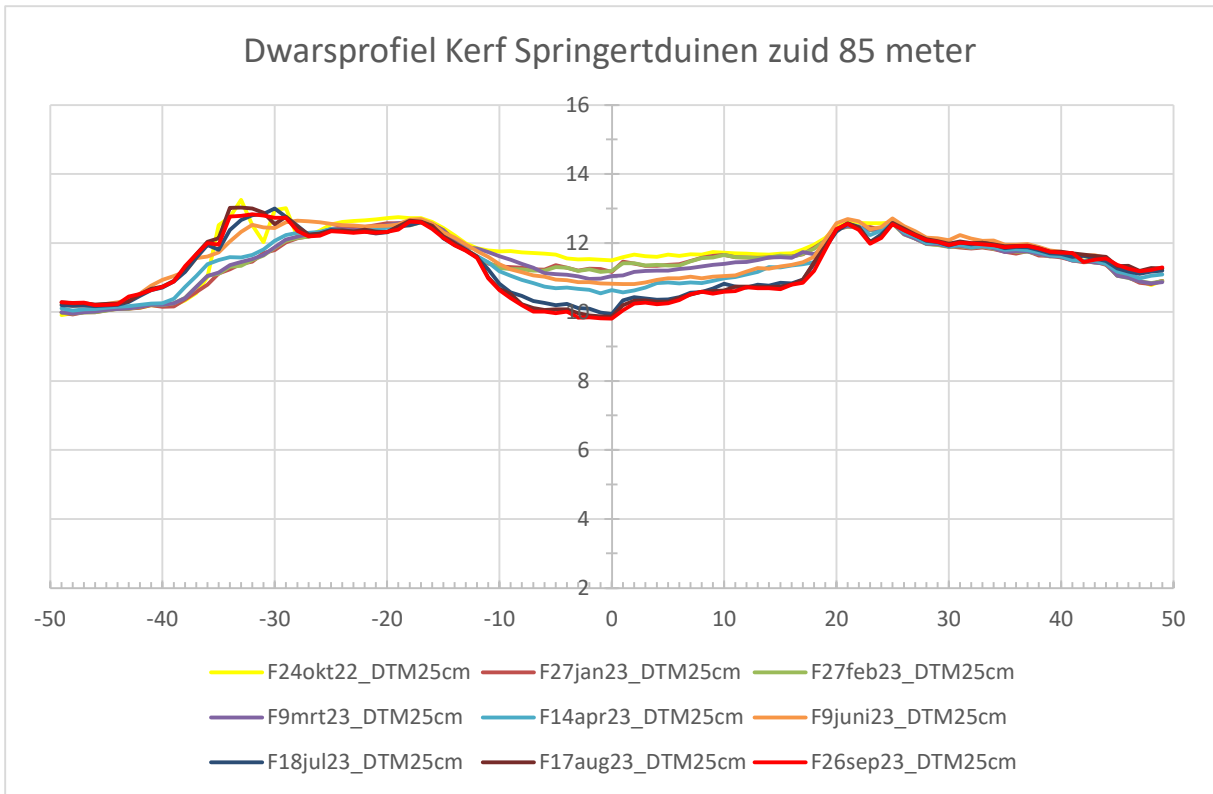


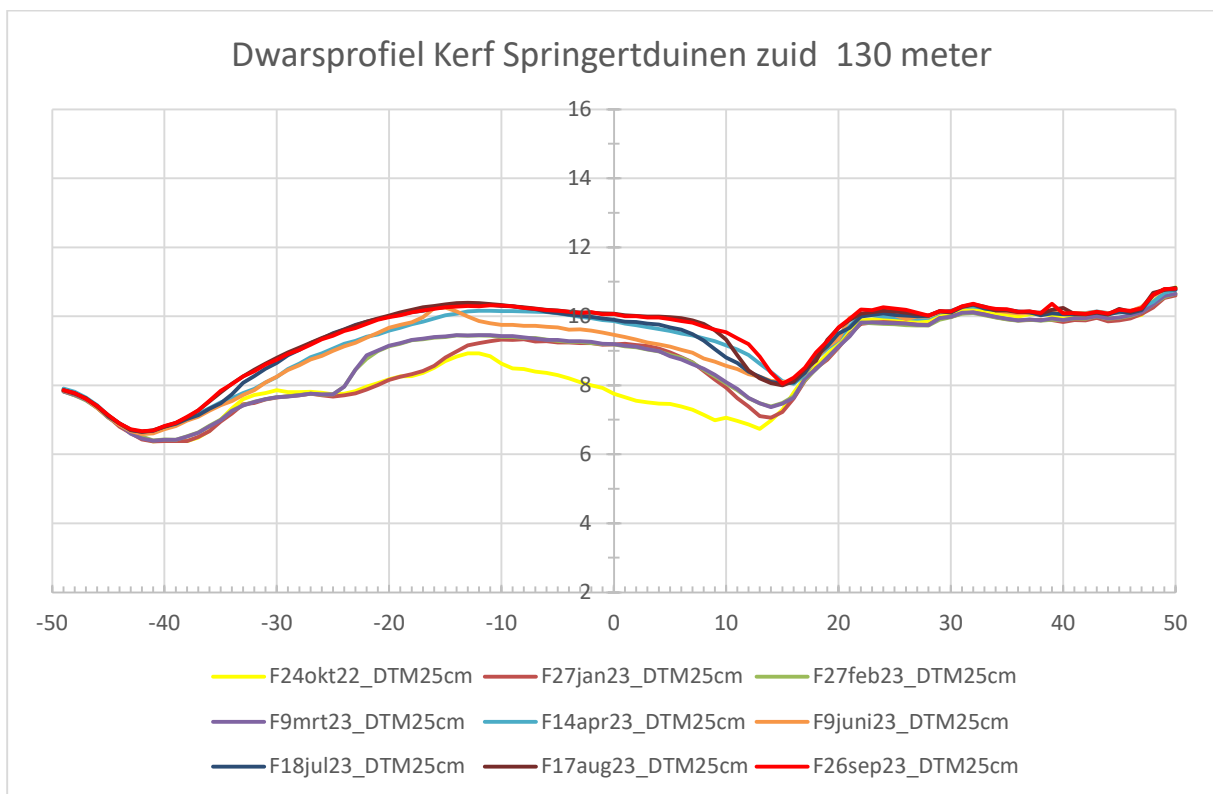
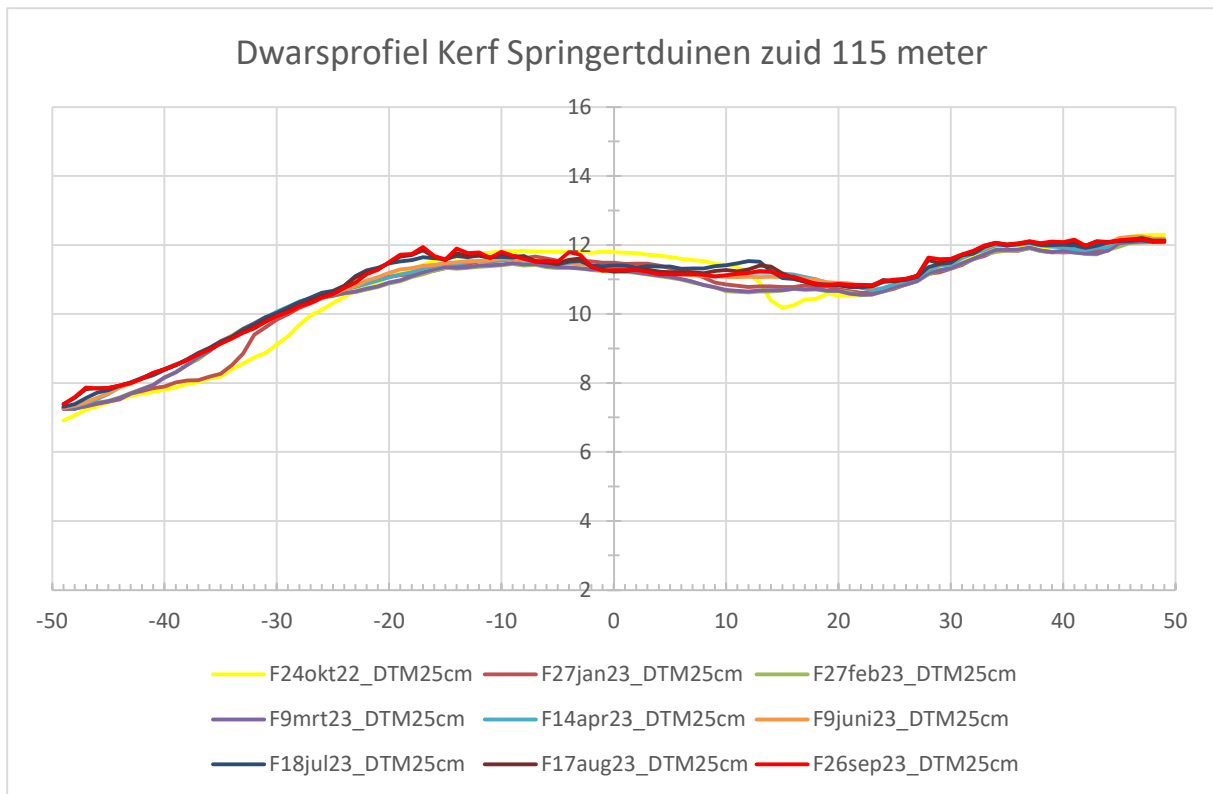
Bijlage 3: De profielen door de noordelijke en zuidelijke kerf van cluster 2:



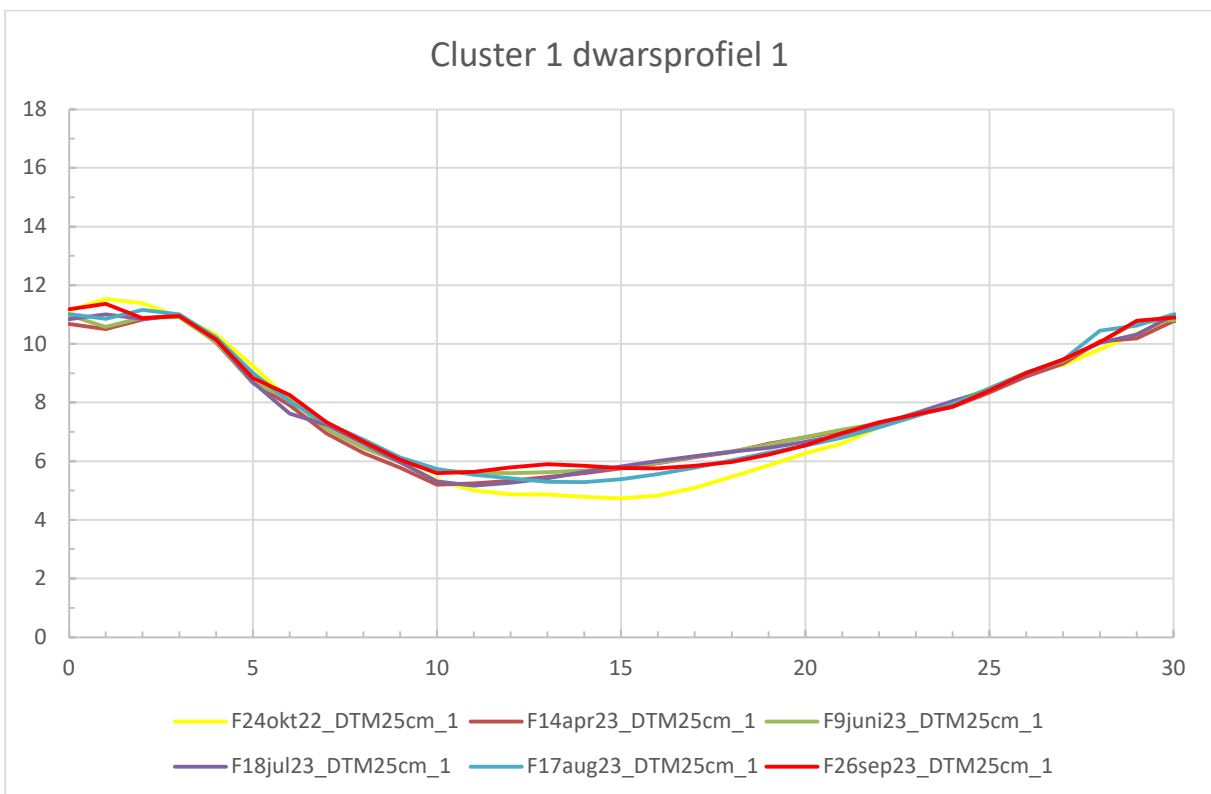
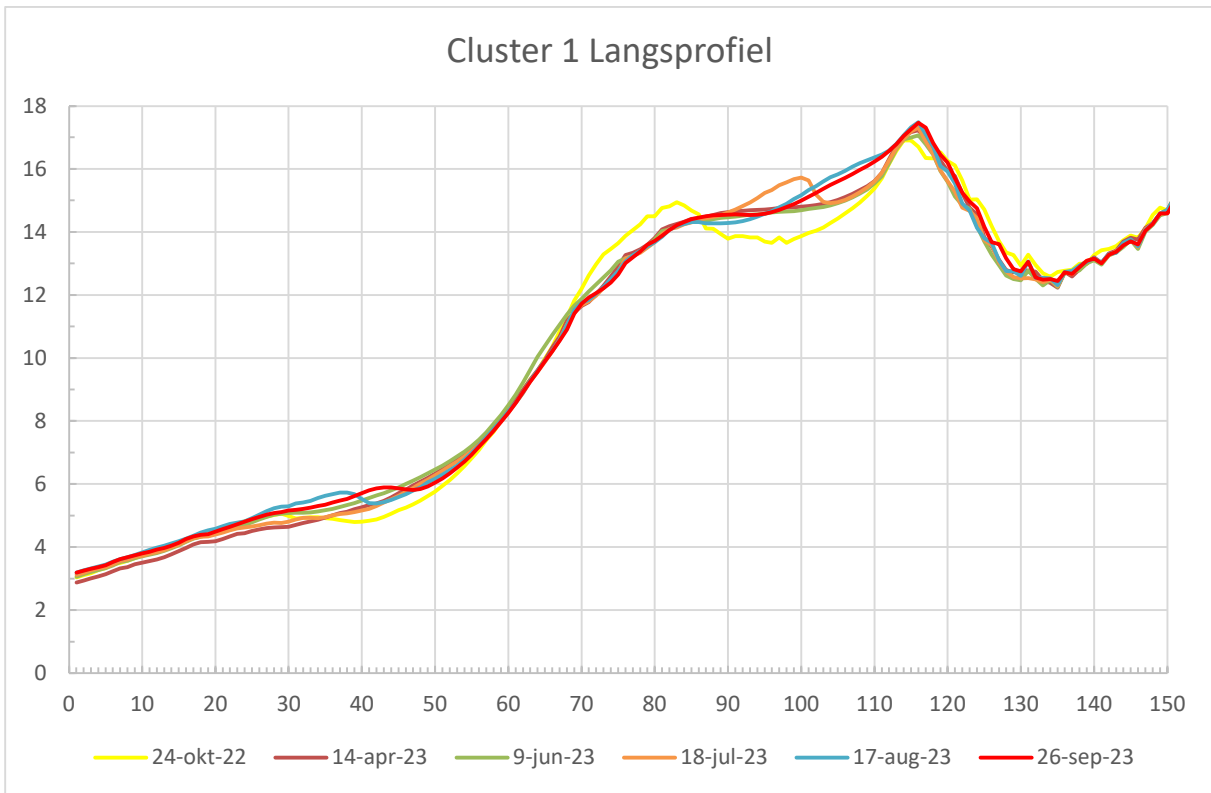


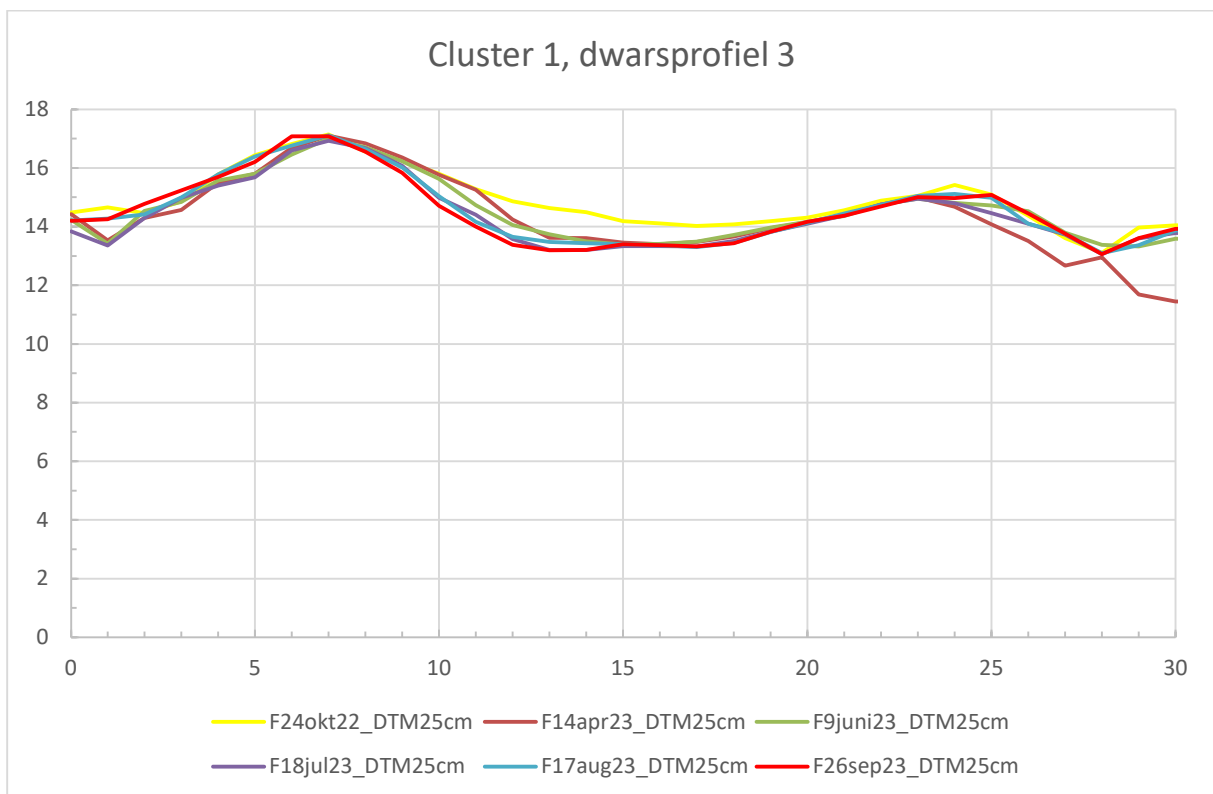
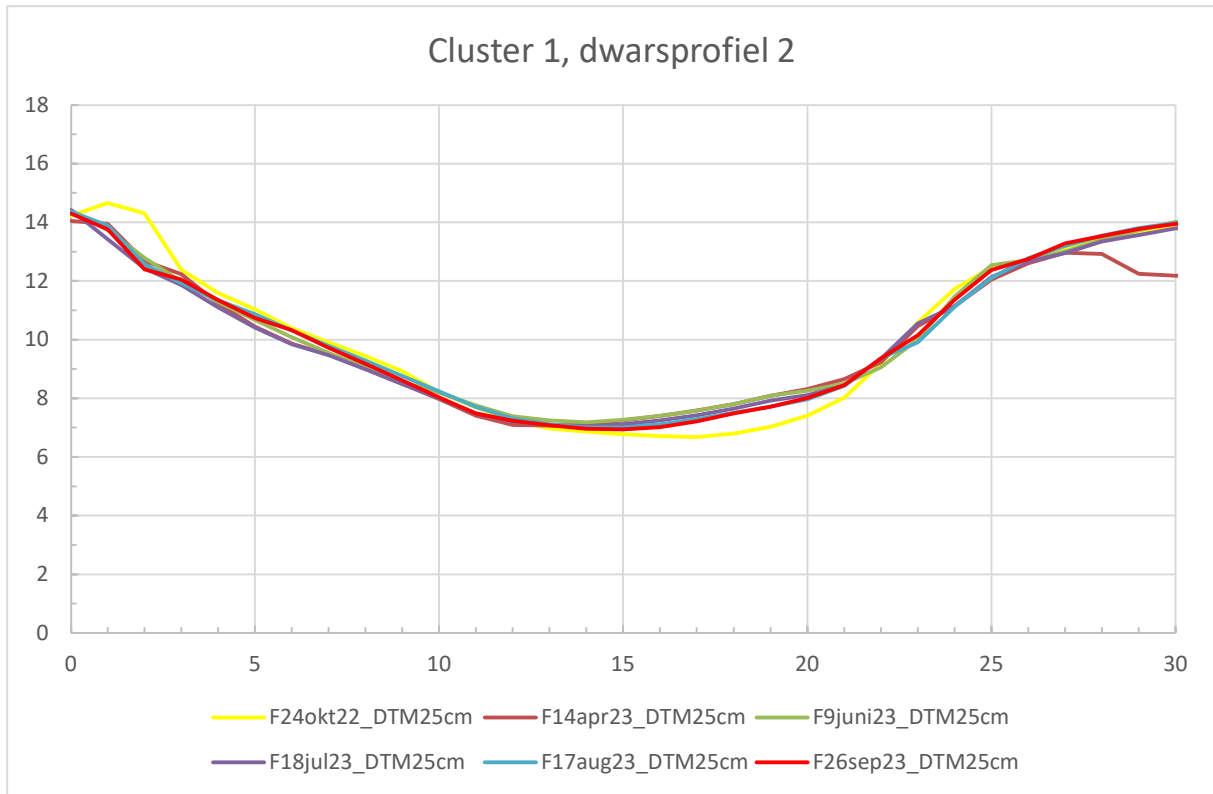


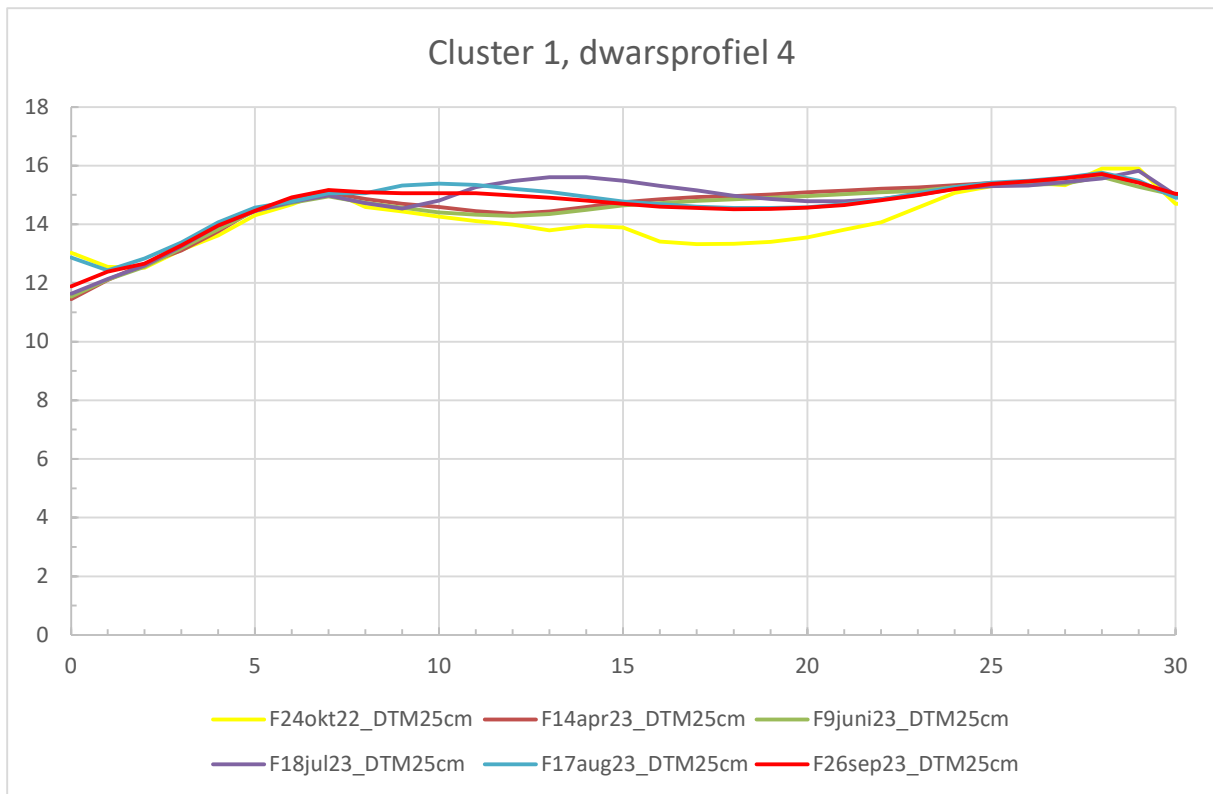




Bijlage 4: De profielen door cluster 1







Bijlage 5: De profielen door cluster 3

