



Monitorings- rapportage

HPZ innovatieproject, groeidocument v0.1



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier


EcoShape

7 februari 2017

Project Ecoshape HPZ innovatieproject
Opdrachtgever Ecoshape
Document B2P1: Monitoringsrapportage
Status Concept 01
Datum 7 februari 2017
Referentie DDT169-13/17-001.798

Auteur(s) Willem Bodde (Witteveen+Bos)
Alma de Groot (Wageningen Marine Research)
Nina Smits, Rik Huiskes, Daisy de Vries, Loek Kuiters (Wageningen Environmental
Research)
Jakolien Leenders (HKV)
Peter Brandenburg (Van Oord)
Marloes Wittebrood, Petra Goessen (HHNK)

Gecontroleerd door -
Goedgekeurd door -

Paraaf

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Het gebied	1
1.3	Doelstellingen	2
1.4	Leeswijzer	3
2	MONITORINGSPROGRAMMA	4
2.1	Doel monitoringsprogramma	4
2.2	Gebied en definitie transecten	4
2.3	Hoogtemetingen en luchtfoto's	6
2.3.1	Vaste hoogtemetingen	6
2.3.2	Aanvullende hoogtemetingen	7
2.3.3	Overzicht hoogtemetingen en planning	7
2.4	Expertsessies veldbezoeken	9
2.5	Vegetatie	9
2.6	Overige metingen	10
2.7	Dataopslag	11
3	RESULTATEN VAN DE METINGEN	12
3.1	Hoogtemetingen	12
3.1.1	Overzicht	12
3.1.2	Ontwikkeling in de tijd	14
3.1.3	Vergelijking hoogtemetingen Drone/RWS/Ecoshape	20
3.1.4	Ontwikkelingen en trends in de tijd en in kustlangse richting	21
3.2	Vegetatie	23
3.3	Overige metingen	24
4	EVALUATIE MONITORINGSPROGRAMMA	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Hoogtemetingen	25
4.2.1	Kwaliteit LiDAR/luchtfoto's	25

4.2.2	Meetfrequentie LiDAR	25
4.3	Expertsessies in het veld	26
4.4	Vegetatie	26
4.5	Overige metingen	26
4.6	Conclusies en aanbevelingen	26

5 LITERATUUR 27

Laatste pagina 27

Bijlage(n) Aantal pagina's

I	Evaluatie methoden hoogtemetingen	2
II	LiDAR/Drone hoogtemetingen en luchtfoto's	14
III	Verschilplots hoogtemetingen	13
IV	Dwarsprofielen	7
V	Vergelijking Drone en LiDAR metingen (RWS en Ecoshape)	1
VI	Monitoring vegetatie	37

1

INLEIDING

1.1 Achtergrond

De Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) is in 2015 versterkt met een volledig zandige oplossing om de dubbele doelstelling, veiligheid én ruimtelijke kwaliteit, van het project te realiseren. Het ontwerp bestaat uit een zachte ondiepe vooroever (strand) met verschillende soorten duinhabitats (de Hondsbossche en Pettemer Duinen: HPD). Deze gekoppelde systemen voorzien in de primaire veiligheid en realiseren tegelijkertijd de gevraagde ruimtelijke kwaliteit. Het HPZ innovatieproject biedt een unieke kans om het realiseren van natuurdoelen met zachte oplossingen te bestuderen op grote schaal.

Het meekoppelen van natuur- en recreatiedoelstellingen en het gebruik van natuurlijke processen, zoals bij de HPZ is gedaan, is in lijn met de Building with Nature (BwN) filosofie. Dit leidt, naar verwachting, over de gehele levensduur genomen tot betere en vaak goedkopere ontwerp oplossingen. De praktische kennis die nodig is voor het ontwerpen en realiseren van dit soort oplossingen kan in feite alleen worden verzameld en gevalideerd in grote projecten in uitvoering, zoals het HPZ project. Het opzetten van een aan de HPZ gekoppeld innovatieproject stelt ons in staat om te leren in hoeverre we in staat zijn vooraf geformuleerde (natuurlijke) ontwerpdoelstellingen daadwerkelijk te realiseren. Dit type inzichten is onontbeerlijk voor een snellere, betere en goedkopere uitvoering van volgende versterkingsprojecten en het beheer van gerealiseerde projecten.

Binnen het Ecoshape innovatieproject Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ)¹ wordt onderzocht welke verbeteringen mogelijk zijn in de aanleg van zandige kustversterkingen met de focus op veiligheid, ecologie en beleving. Het project richt zich daarbij specifiek op processen die boven water plaats vinden in het gebied direct aansluitend aan de oude dijk.

Het Ecoshape project is opgedeeld in 3 themalijnen:

- themalijn A: Ecologische habitatontwikkeling;
- themalijn B: Optimalisatie ontwerp;
- themalijn C: Beleving.

1.2 Het gebied

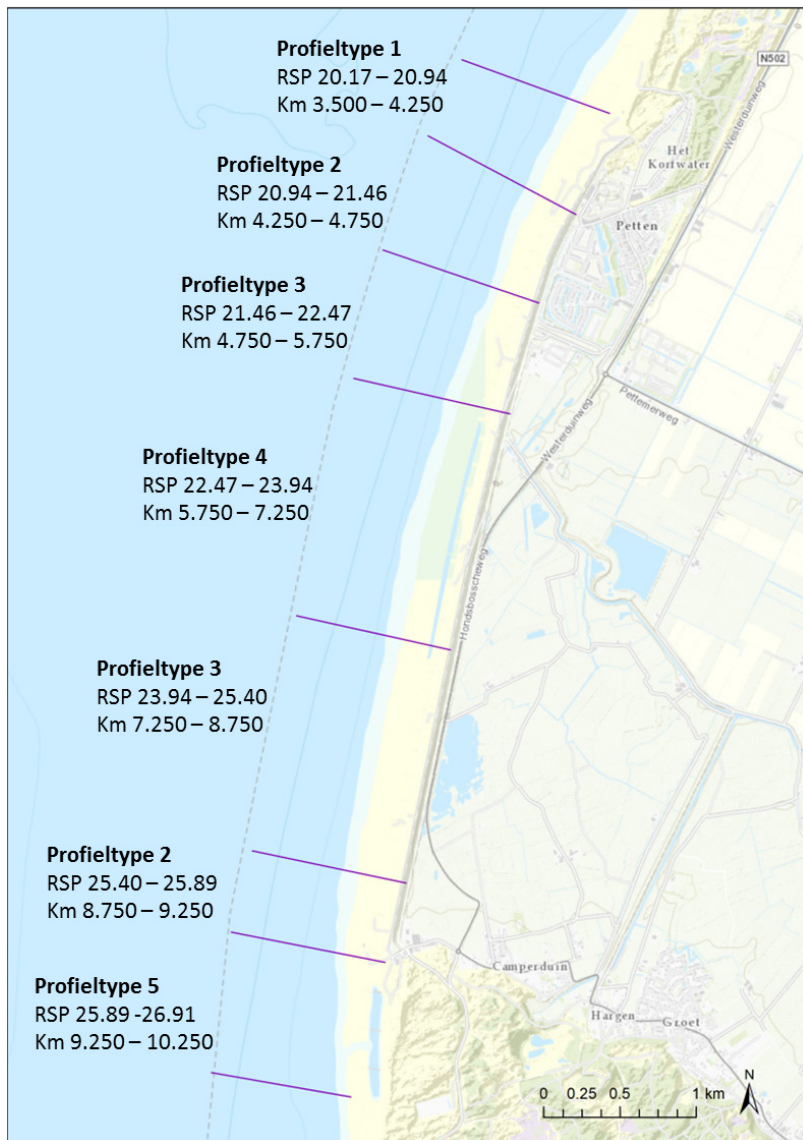
De zandige versterking is uitgevoerd vanaf eind 2013 tot december 2015. Eerst is het zand opgespoten en in de gewenste vorm is gebracht. Vervolgens is het gebied ingericht met helminplant, allerlei stuifwerende maatregelen en recreatievoorzieningen. Een overzicht van de aanlegtopografie en maatregelen is gegeven in 'Inventarisatie maatregelen ontwerp HPZ' (Leenders en Smit, 2016). Het gebied wordt getoond in afbeelding 1.1. Voor de toelichting op de profieltypen wordt verwezen naar tabel 2.1.

Vanwege de aanzienlijke omvang van het project (circa 8,5 km kustlangs, waarvan 5,5 km langs de oude dijk) is het gebied geleidelijk gereedgekomen. Het meest zuidelijke deel was eind 2014 al vrijwel volledig

¹ Dit project ontving cofinanciering van KB-14-00X-0YZ voor het gedeelte uitgevoerd door Wageningen Marine Research

ingeplant, terwijl het meest noordelijke deel pas eind 2015 klaar was. Daardoor heeft het zuidelijke deel zich langer kunnen ontwikkelen dan het noordelijke deel.

Afbeelding 1.1 Overzicht gebied HPZ



1.3 Doelstellingen

Dit rapport heeft tot doel de monitoring gedurende het Ecoshape HPZ innovatieproject te documenteren en bij te sturen als dit op basis van de metingen of andere ontwikkelingen nodig is. Het is een gezamenlijk rapport van alle themalijnen van het Ecoshape HPZ innovatieproject.

Het beschrijft de monitoring die door het Ecoshape consortium wordt uitgevoerd en aanvullende monitoring door andere partijen die binnen het HPZ innovatieproject wordt gebruikt. Het voorliggende rapport is een groeidocument, dat wordt aangevuld wanneer er nieuwe monitoringsgegevens beschikbaar komen. Het document:

- beschrijft de technische uitwerking van het monitoringsprogramma;
- beschrijft tot het huidige moment ingewonnen data en geeft een eerste, globale, analyse;
- evalueert de monitoring in relatie tot de doelstellingen van de monitoring.

Aangezien dit rapport een groeidocument is, is het op dit moment slechts bestemd voor intern gebruik binnen het HPZ Innovatieproject.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de uitvoering van het monitoringprogramma beschreven. In hoofdstuk 3 worden de eerste resultaten gegeven. Waar nodig wordt een korte analyse gedaan om de kwaliteit en bruikbaarheid van de data te bepalen, en als basis voor de evaluatie van het monitoringsprogramma in hoofdstuk 4.

Bijlage II bevat de beslisnotitie waarin hoogtemetingen met LiDAR, fotogrammetrie (drone) en RTK-DGPS worden vergeleken en geëvalueerd. Op basis daarvan wordt aanbevolen de hoogtemetingen met LiDAR voort te zetten.

2

MONITORINGSPROGRAMMA

2.1 Doel monitoringsprogramma

Het doel van het monitoringsprogramma voor de HPZ is het volgen van de ontwikkeling in de tijd van het gesuppleerde gebied boven water om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen voor de verschillende themalijnen binnen dit innovatieproject.

Van onder andere de Zandmotor en Spanjaardsduin is bekend dat kort na de aanleg van een grote zandsuppletie het gebied snel verandert onder invloed van eolisch en hydraulisch transport van zand en de ontwikkeling van vegetatie. Het is daarom van belang dat de ontwikkeling van de geometrie in deze fase frequent wordt gemeten.

De HPZ beslaat een groot gebied waarbinnen verplaatsing van zand optreedt in alle richtingen. Daarbij richten de onderzoeksvragen zich zowel op de aanvoer en globale verdeling van zand in het gebied als op het effect van kleinschalige variaties in de geometrie en interactie met vegetatie op de lokale verdeling en sturing van zand binnen het gebied.

Om te voldoen aan de doelstelling is het monitoringsprogramma ontworpen met de volgende eisen:

- meetfrequentie die aansluit bij tijdschaal van de ontwikkeling van het gebied;
- voldoende resolutie om hoogteontwikkelingen rond vegetatie en kleinschalige maatregelen te onderscheiden;
- zo groot mogelijk meetgebied om verplaatsingen van zand te kunnen volgen en randeffecten te minimaliseren;
- betrouwbare hoogtemetingen rond vegetatie.

Het monitoringsplan wordt beschreven in het werkplan van themalijn A. Hieronder volgt een korte beschrijving voor zover deze nodig is als naslagwerk te fungeren. Voor een uitgebreidere onderbouwing wordt naar het werkplan van themalijn A verwezen (De Groot, Scholl, Smits, 2015).

2.2 Gebied en definitie transecten

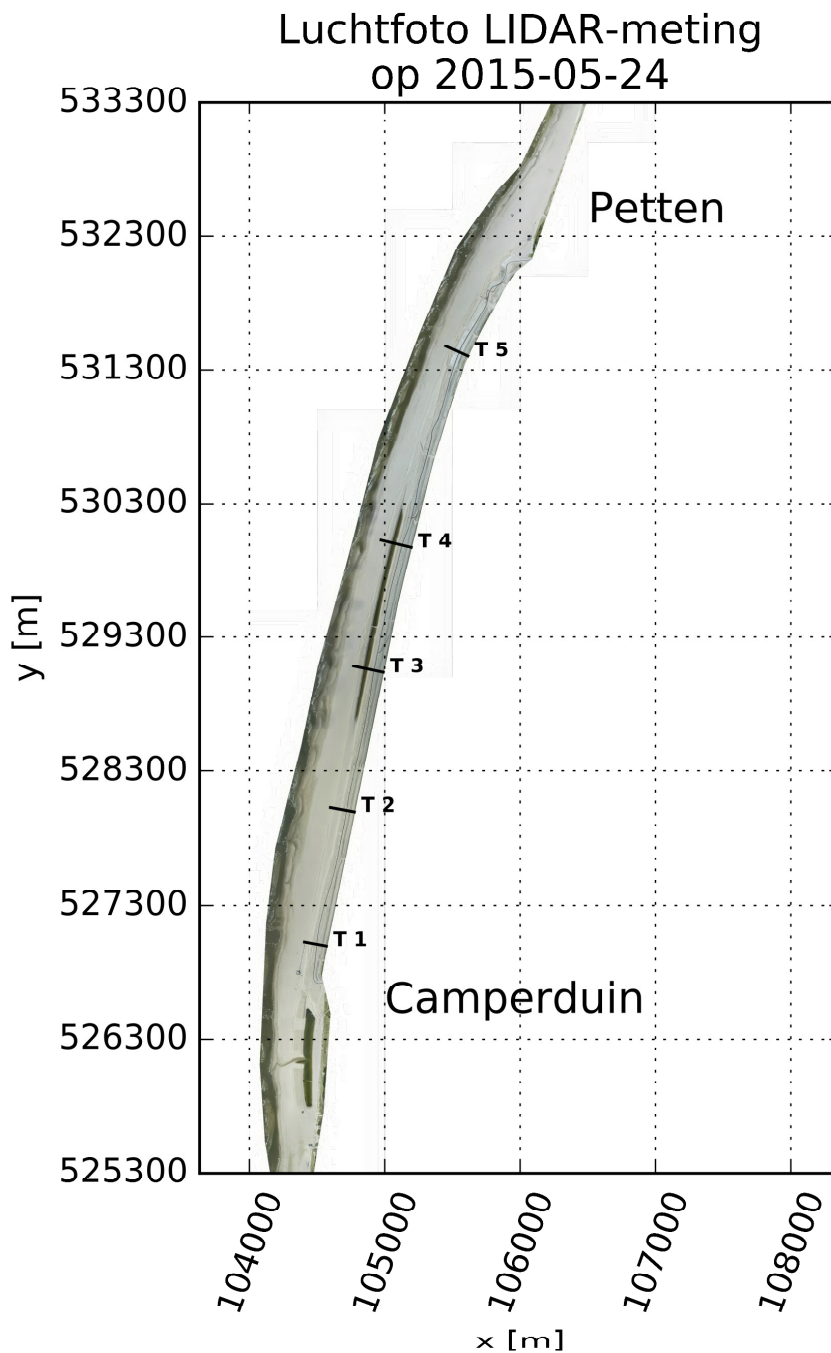
De monitoring is gericht op de Hondsbossche en Pettemer Duinen zeewaarts van de oude kering, met een aantal puntmetingen in het gebied er omheen waar dat voor de vraagstellingen nodig is. Waar mogelijk wordt vlakdekkend gewerkt, maar dit is gezien de tijd en het budget niet overal haalbaar. Daarom zijn 5 kustdwarse transecten uitgezet die als focusgebieden fungeren (de middens staan aangegeven in afbeelding 2.1. Deze lopen van het hoge strand tot aan de oude dijk.

De transecten zijn zo gekozen dat ze verschillende typen aanlegprofiel en aangelegde elementen omvatten (tabel 2.1), dat ze aansluiten bij (eerdere) metingen van de aannemerscombinatie (hoogte, grondwater) en metingen in het achterland (grondwaterbuizen, zandvangens, zoutspray) en dat ze voor alle vraagstellingen binnen het project bruikbaar zijn.

Tabel 2.1 Transecten en aangelegde duinprofieltypen (een volledige beschrijving van de profieltypen is te vinden in Leenders en Smit, 2016)

Transectnummer	Profieltype	Kenmerken
1	2	hoog duin, geringe hoogtevariatie
2	3	hoog duin met voorliggend laag duin
3	4	2 duinregels met duinvallei
4	4	2 duinregels met duinvallei
5	2	hoog duin, geringe hoogtevariatie

Afbeelding 2.1 Ligging van het midden van de transecten die de focus van de monitoring en analyse vormen



2.3 Hoogtemetingen en luchtfoto's

Er worden 3 keer per jaar hoogtemetingen uitgevoerd door het Ecoshape consortium. Daarnaast is een extra hoogtemeting beschikbaar vanuit de jaarlijkse inmeting van de kust door Rijkswaterstaat. Vanaf het begin van het project zijn verscheidene meetmethoden gebruikt (tabel 2.2). Dit heeft er onder andere mee te maken dat het innovatieproject nog in ontwerp was in 2015, terwijl het vanwege de snelle ontwikkeling van het gebied al nodig was om snel met de metingen te beginnen.

In de aanlegperiode, voorafgaand aan het Ecoshape project, zijn hoogtemetingen gedaan door de aannemerscombinatie (AC), vooral in de vorm van transecten. Deze worden hier niet gerapporteerd, maar worden waar nodig wel voor het project gebruikt.

In mei 2015 is door de AC een zogenaamde 'as-built'-opname van het hele gebied gemaakt door middel van laseraltimetrie (LiDAR) en luchtfoto's, als onderdeel van de oplevering van de aanleg. Ondanks dat er later in 2015 nog veranderingen in het terrein zijn aangebracht, wordt deze opname als nulsituatie gehanteerd (persoonlijk commentaar Peter Brandenburg). De werkzaamheden worden in de relevante afbeeldingen aangeven (zie bijvoorbeeld afbeelding 3.1).

2.3.1 Vaste hoogtemetingen

RTK-DGPS (eenmalig, augustus 2015)

De metingen binnen dit project zijn in augustus 2015 begonnen met behulp van een RTK-DGPS op het midden van de transecten, uitgevoerd door WMR¹. Deze metingen hadden mede tot doel de transecten te verkennen en de bruikbaarheid voor het project te evalueren. De bruikbaarheid werd in orde gevonden.

Fotogrammetrie door middel van drone (eenmalig, september 2015)

In september 2015 is in opdracht van Ecoshape een hoogtemeting uitgevoerd met fotogrammetrie met behulp van een drone (De Zeeuw, 2015). Dit was een pilot om te bepalen of dit type metingen een verbetering ten opzichte van de handmatige metingen zou betekenen. Deze meting was niet gebiedsdekkend, maar is uitgevoerd voor 5 gebieden van ongeveer 250 x 500 m, rond de transecten. Het strand is ten dele meegenomen. De horizontale resolutie van het hoogtemodel voor deze hoogtemetingen is 0,1 m. De verticale onzekerheid is enkele centimeters met een standaardafwijking van ongeveer 20 cm.

Op basis van de luchtfoto is het gebied geclassificeerd in begroeid en niet begroeid terrein. Naast de luchtfoto's zijn in het veld grondcontrolepunten ingemeten met een RTK-GNSS, die zijn gebruikt om het hoogtemodel en de orthofoto's te refereren aan het RD NAP referentiestelsel. Een vergelijking van de controlemetingen en het hoogtemodel laat zien dat er grotere verschillen zijn op begroeid terrein dan op niet begroeid terrein.

LiDAR (inclusief luchtfoto)

De hoogtemetingen met LiDAR in opdracht van Ecoshape worden ingevlogen met een vliegtuig door AeroData. Daarbij wordt de gehele HPZ ingemeten (gebiedsdekkend). Er wordt gestreefd naar een punt dichtheid van 8,2 ptn/m² maar deze is voor meer dan 90 % van het gebied hoger. Het voordeel van een hoge punt dichtheid is dat een deel van de laser reflecteert op de vegetatie en een deel op het zand. Door de laagste punten te beschouwen wordt dan altijd het niveau van het zand verkregen. Op basis hiervan wordt een hoogtemodel gecreëerd met een horizontale resolutie van 0,5 m. Daarnaast worden luchtfoto's opgeleverd met een horizontale resolutie van 0,05 m.

¹ In 2016 is de naam van IMARES veranderd in Wageningen Marine Research (hier afgekort tot WMR), en die van Alterra in Wageningen Environmental Research (verder WER). In dit document worden de nieuwe namen aangehouden.

Voor LiDAR geldt als richtlijn een maximale, gemiddelde fout van 5 cm en een standaardafwijking van 5 cm. In de praktijk blijken beide waarden vaak lager te liggen, waardoor de verticale onzekerheid van de LiDAR metingen in de orde van enkele centimeters ligt (Kwaliteitsdocument AHN2, Van der Zon, 2013).

Rijkswaterstaat meet standaard eenmaal per jaar de hele Nederlandse kust in met LiDAR. De punt dichtheid van de LiDAR meting door Rijkswaterstaat is 1 pts/m². Dit resulteert in een raster met een resolutie van 2 m. Daarmee is het detailniveau en de resolutie veel lager dan die van de LiDAR metingen die in opdracht van Ecoshape worden uitgevoerd. Ook wordt er hierbij geen luchtfoto opgeleverd. Waar mogelijk worden deze data wel gebruikt in de analyse voor dit project.

Na evaluatie van de RTK-, drone- en LiDAR-metingen is er voor gekozen om verder te gaan met gebiedsdekkende metingen, namelijk een combinatie van laseraltimetrie (LiDAR) en luchtfoto's (zie voor extra toelichting ook bijlage I). De eerste meting is in december 2015 uitgevoerd.

De huidige planning is om 4 keer per jaar gebiedsdekkende hoogtedata in te winnen met LiDAR in 2016 en 2017: eenmaal de RWS-data en driemaal in opdracht van de AC (waarvan 1 vlucht als onderdeel van het BIP van de AC, en 2 vanuit het budget van het Ecoshape project). Voor de planning voor 2018 wordt eerst de ontwikkeling van het gebied in 2017 geëvalueerd.

2.3.2 Aanvullende hoogtemetingen

De LiDAR- en dronemetingen zijn niet in staat om de bodemligging onder water te bepalen. Dat is een probleem in de duinvallei, waar veel aanzanding verwacht werd (en intussen ook waargenomen wordt) onder water. Daarom heeft HHNK in oktober 2016 zelf een aantal raaien over de duinvallei met een RTK-DGPS doorgemeten. Daarbij is zo veel mogelijk van het profiel onder water gemeten, maar omdat de bodem in het aanzandende stuk erg zacht is en diep ligt, hebben de metingen in het diepste deel enige onzekerheid.

Deze data is nog niet geanalyseerd in het kader van dit project en wordt daarom in deze rapportage niet getoond.

2.3.3 Overzicht hoogtemetingen en planning

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de hoogtemetingen die zijn uitgevoerd en gepland gedurende de looptijd van dit project.

Tabel 2.2 Hoogtemetingen en luchtfoto's HPZ. De cursieve metingen staan gepland en zijn nog niet uitgevoerd. Resolutie staat voor horizontale resolutie

Nummer	Datum	Meting	Uitvoerende partij	Gebied	Data	Details
2015-1	24/05/2015	2015-mei	AC	gebiedsdekkend	luchtfoto hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >8,2 pts/m ² resolutie foto: 0,05 m resolutie hoogtemodel: 0,5 m
2015-2	12/08/2015	2015-aug	WMR	midden van elk Ecoshape transect	RTK	type: RTK-DGPS punt dichtheid: 5 m (lijn)

Nummer	Datum	Meting	Uitvoerende partij	Gebied	Data	Details
						resolutie: < 0.02 m verticaal
2015-3	09/09/2015	2015-sep	Shore Monitoring ioV Ecoshape	5 Ecoshape transecten	luchtfoto hoogtemeting	type: fotogrammetrie resolutie foto: 0,01 m resolutie hoogtemodel: 0,1 m
2015-4	28/12/2015	2015-dec	AC	gebiedsdekkend	luchtfoto hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >8,2 pts/m ² resolutie foto: 0,05 m resolutie hoogtemodel: 0,5 m
2016-1	16/2 + 13/3/2016	2016-feb	RWS	gebiedsdekkend	hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >1 pts/m ² resolutie hoogtemodel: 2 m
2016-2	21/03/2016	2016-mrt	AC	gebiedsdekkend	luchtfoto hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >8,2 pts/m ² resolutie foto: 0,05 m resolutie hoogtemodel: 0,5 m
2016-3	01/09/2016	2016-sep	AC	gebiedsdekkend	luchtfoto hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >8,2 pts/m ² resolutie foto: 0,05 m resolutie hoogtemodel: 0,5 m
2016-4	**/10/2016	2016-okt	HHNK	dwarsprofielen duinvallei	RTK	type: RTK-DGPS punt dichtheid: 5 m (lijn) resolutie: < 0.02 m verticaal
2016-5	december 2016	2016-dec	AC	gebiedsdekkend	luchtfoto hoogtemeting	type: laseraltimetrie punt dichtheid: >8,2 pts/m ² resolutie foto: 0,05 m resolutie hoogtemodel: 0,5 m
2017-1	(planning)		AC		luchtfoto	

Nummer	Datum	Meting	Uitvoerende partij	Gebied	Data	Details
					<i>hoogtemeting</i>	
2017-2	<i>(planning)</i>		RWS		<i>hoogtemeting</i>	
2017-3	<i>(planning)</i>		AC		<i>luchtfoto hoogtemeting</i>	
2017-4	<i>(planning)</i>		AC		<i>luchtfoto hoogtemeting</i>	
2018-1	<i>(planning)</i>					
2018-2	<i>(planning)</i>					
2018-3	<i>(planning)</i>					

^{o)} AC = aannemerscombinatie, HHNK = Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, RWS = Rijkswaterstaat, WMR = Wageningen Marine Research (voormalig IMARES).

2.4 Expertsessies veldbezoeken

Om de hoogtemetingen goed te kunnen interpreteren is het noodzakelijk om ook in het veld de ontwikkeling van het gebied te volgen. Daarmee kunnen ontwikkelingen die in de metingen worden geobserveerd beter worden gerelateerd aan omstandigheden en processen in het veld en vice versa. Ook voor het volgen van de ecologische ontwikkeling van het gebied zijn veldbezoeken essentieel.

Twee keer per jaar wordt er daarom een veldbezoek georganiseerd waarbij experts in het veld de ontwikkeling van het gebied inhoudelijk volgen en bespreken. Aanwezig zijn experts van alle themalijnen, iemand van HHNK en externe duinexpert Bas Arens. Daarnaast worden soms andere betrokkenen uitgenodigd. Er worden zo veel mogelijk elke keer dezelfde locaties bezocht. Van elk veldbezoek wordt een verslag gemaakt en als afzonderlijk product opgeleverd (dat wil zeggen niet als onderdeel van deze monitoringsrapportage).

Data van de veldbezoeken zijn:

- 1 juli 2015;
- 9 december 2015;
- 8 augustus 2016;
- 14 december 2016.

2.5 Vegetatie

De vegetatie wordt gemonitord door middel van permanente kwadraten (pq's) en soortenlijsten van de transecten. In 2016 zijn ook bodemmonsters genomen. Daarnaast wordt elk jaar een vegetatiekaart gemaakt op basis van de luchtfoto van het voorjaar (zie bijvoorbeeld afbeelding 2.1). Een uitgebreide beschrijving van de vegetatiemonitoring staat in bijlage VI.

Afbeelding 2.2 Vegetatiekaart 2016



2.6 Overige metingen

Grondwater (nog uit te werken)

Grondwatermetingen worden door HHNK uitgevoerd. Hiervoor worden de grondwaterbuizen gebruikt die door de AC/HHNK worden uitgelezen. Aanvullend: veldbezoek (1 dag) met veldmetingen en bemonstering.

- link naar data;
- locaties.

Saliniteit (nog uit te werken)

Voor de saliniteit van de duinvallei worden elke expertsessie watermonsters genomen, die in het lab van WMR worden gemeten.

- AC doet dit ook?
- HHHNK?

Grind- en schelpenbedekking

Om grind- en schelpenbedekking te kunnen bepalen uit de luchtfoto's en om de beelden te kalibreren (groundtruthing) worden minimaal eenmaal per jaar handmatige proefvlakken gemeten. Daarbij worden de bedekking van kaal zand, schelpen, stenen en totale vegetatie genoteerd in een gebied van circa 4 m² volgens de schaal van Londo die ook voor de vegetatie wordt gebruikt.

Locatie en hoogte worden vastgelegd met behulp van een RTK-DGPS. In 2015 zijn deze metingen afzonderlijk uitgevoerd. Er zijn 112 punten gemeten, die zo over de transecten verdeeld zijn dat ze de ruimtelijke variatie in bedekkingen en aangelegde elementen goed beslaan. In 2016 zijn de metingen geïntegreerd met pq's (52 stuks) waarin de vegetatiebedekking per soort wordt gemeten. De verwerking in GIS moet nog gebeuren en is onderdeel van de analyse in 2017.

Werkzaamheden uitgevoerd na beginmeting

Na de eerste LiDAR meting in mei 2015 zijn er op enkele locaties nog werkzaamheden uitgevoerd waarbij zand is verplaatst. Deze werkzaamheden worden weergegeven in afbeelding 3.1 en zullen ook in alle andere afbeeldingen worden getoond, zodat er in de analyse van de metingen rekening mee kan worden gehouden.

Foto's

Tijdens de expertsessies en andere veldbezoeken worden foto's gemaakt om de ontwikkeling in tijd en ruimte visueel vast te leggen. Het installeren van een webcam of timelapse-camera bleek niet kosteneffectief te zijn.

2.7 Dataopslag

De data worden opgeslagen op de repository, die alleen voor deelnemers binnen het Ecoshape project toegankelijk is: <https://repos.deltares.nl/repos/hpz/trunk/>. Incidenteel wordt de data gedeeld met andere partijen, zoals studenten. Na afloop van het project worden de data openbaar.

Op de repository staan de ruwe data en enkele afgeleide producten die door meerdere partijen zullen worden gebruikt. Bij de verwerking van elke meting wordt een aantal standaard afbeeldingen gegenereerd waarmee de meting wordt gevisualiseerd en waarmee een eerste globale analyse kan worden gedaan.

3

RESULTATEN VAN DE METINGEN

3.1 Hoogtemetingen

3.1.1 Overzicht

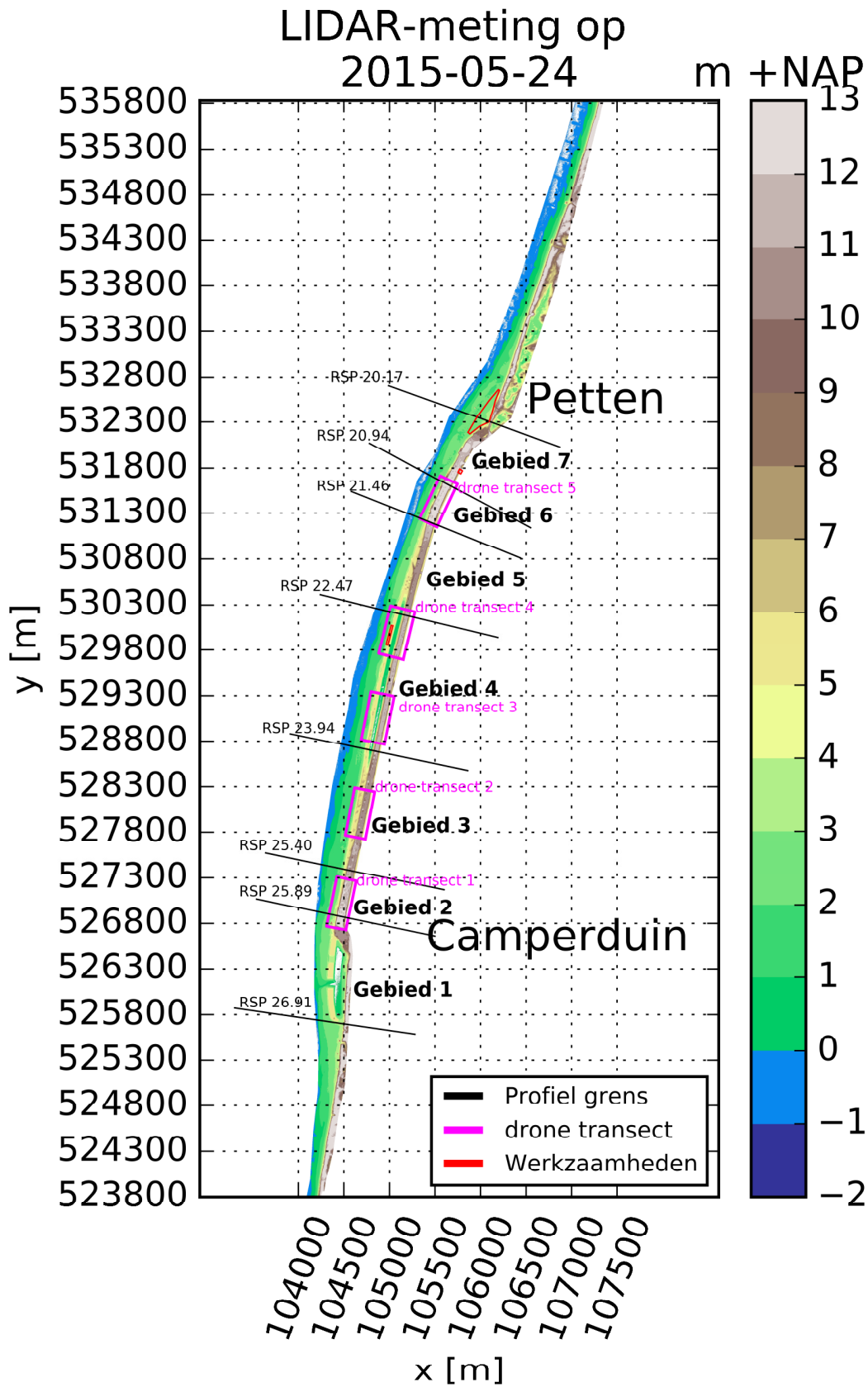
Afbeelding 3.1 toont het resultaat van de eerste LiDAR-hoogtemeting van 24 mei 2015. Het gebied buiten het projectgebied en het gebied landwaarts van de oude zeedijk is niet weergegeven. Met de profielgrens wordt de grens aangeduid tussen de verschillende typen aanlegprofielen.

De meting is volledig gebiedsdekkend. In kustdwarse richting is ruwweg gemeten van de kustlijn op gemiddeld zeeniveau (0 m +NAP) tot een stuk landinwaarts van de oude zeedijk. Kustlangs loopt het gemeten gebied enkele kilometers door ten zuiden en ten noorden van het nieuw aangelegde gebied.

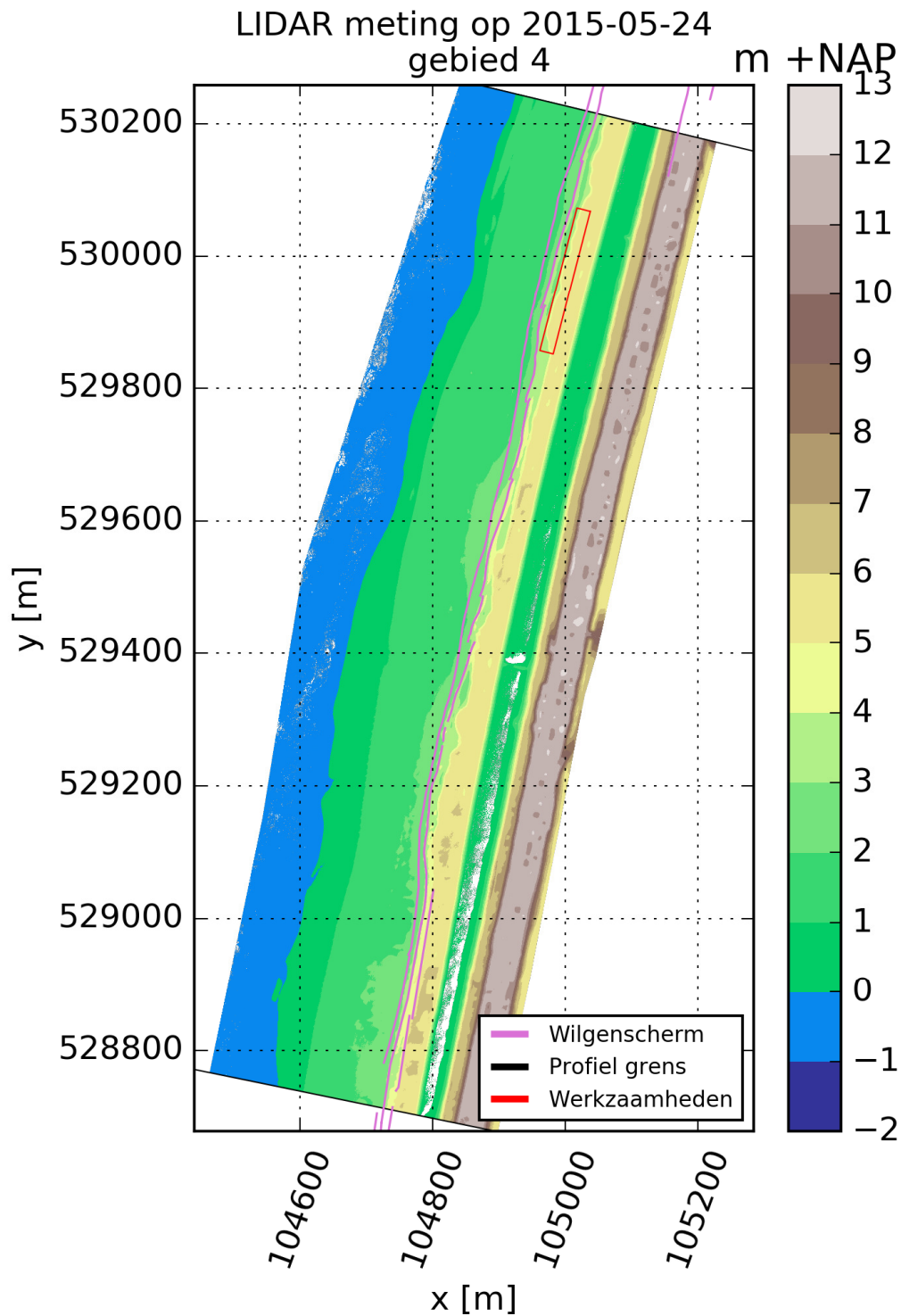
De meting wordt in meer detail getoond in afbeelding 3.2 voor het gebied rond de duinvallei (profieltype 4). De eerste en tweede duinenrij met daartussen de duinvallei zijn duidelijk te onderscheiden, evenals de hoogtevariaties bovenop de duinen die onderdeel zijn van het ontwerp.

Afbeeldingen van alle hoogtemetingen zijn te vinden in bijlage II.

In 2016 is onbedoeld driemaal kort achter elkaar de hoogte van het gebied met behulp van LiDAR gemeten: door de AC, door RWS en als onderdeel van het AHN3. Daarmee kan tijdens de meer uitgebreide data-analyse de reproduceerbaarheid en dus nauwkeurigheid van de metingen bepaald worden.



Afbeelding 3.2 Overzichtsfiguur hoogtemeting LiDAR 2015-mei ter hoogte van profieltype 4 (duinvallei)



3.1.2 Ontwikkeling in de tijd

Erosie- en sedimentatiepatronen

Op basis van verschilplots kan de ontwikkeling van het gebied in de tijd inzichtelijk worden gemaakt en wordt een ruimtelijk beeld verkregen van de locaties met sedimentatie en erosie.

Afbeeldingen van alle verschilplots zijn te vinden in bijlage III.

Globaal

Afbeelding 3.3 toont het verschil tussen de laatste meting (2016-december) en de eerste meting (2015-mei) met LiDAR. Globaal is te zien:

- erosie op het strand (blauwe gebieden), overwegend sedimentatie in het duin (rode/roze gebieden);
- sedimentatie aan de zeewaartse zijde van de duinen ter hoogte van de duinvoet en wilgenschermen (rode band).

Detail: duinvallei

In het gebied van de duinvallei zijn de volgende ontwikkelingen waarneembaar (afbeelding 3.4):

- sedimentatie aan de duinvoet ter plaatse van de wilgenschermen;
- overwegend lichte sedimentatie bovenop het duin;
- aanzanding aan de zeewaartse zijde van de duinvallei met verflauwing talud en opvulling van een deel van de duinvallei (zie ook het dwarsprofiel in afbeelding 3.6);
- nauwelijks sedimentatie of erosie zichtbaar landwaarts van de duinvallei. De duinvallei fungeert als een harde scheiding in het dwarsprofiel die de aanvoer van zand vanaf het strand in landwaartse richting bijna volledig blokkeert.

Detail: luwe laagtes en wilgenschermen

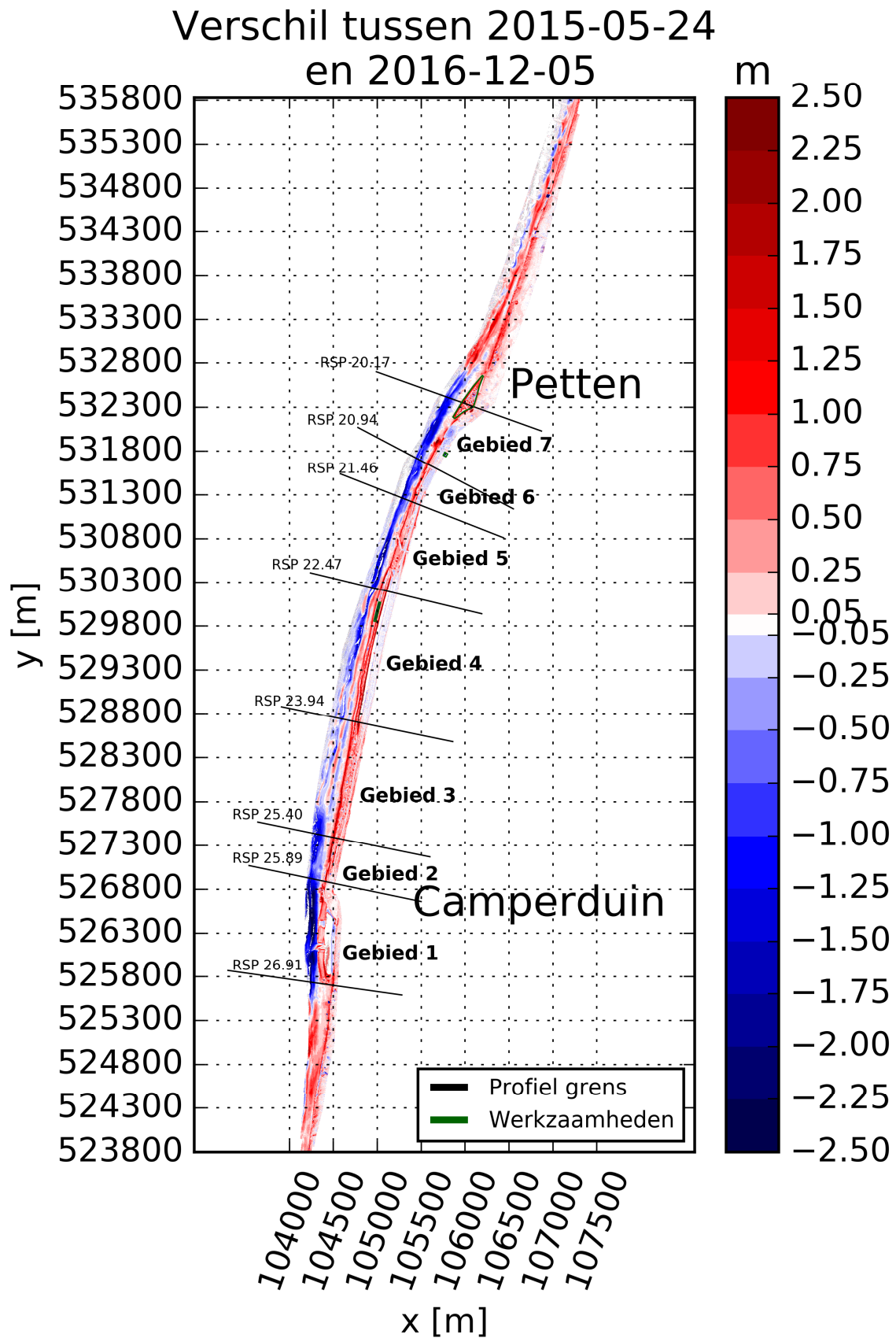
Afbeelding 3.5 toont het gebied in het zuiden van de HPZ met profieltype 2 in meer detail. Het volgende wordt waargenomen:

- sedimentatie rond de wilgenschermen. Het effect van de wilgenschermen is duidelijk en in voldoende detail waarneembaar op basis van de metingen;
- bij de luwe laagte aan de zuidzijde is een patroon zichtbaar van invulling met zand aan de zeezijde en uitblazing aan de landzijde. Dit wordt op meerdere locaties waargenomen in andere gebieden, maar lijkt ook afhankelijk te zijn van de zandaanvoer. Als er weinig aanvoer is van zand is, treedt er alleen uitblazing op.

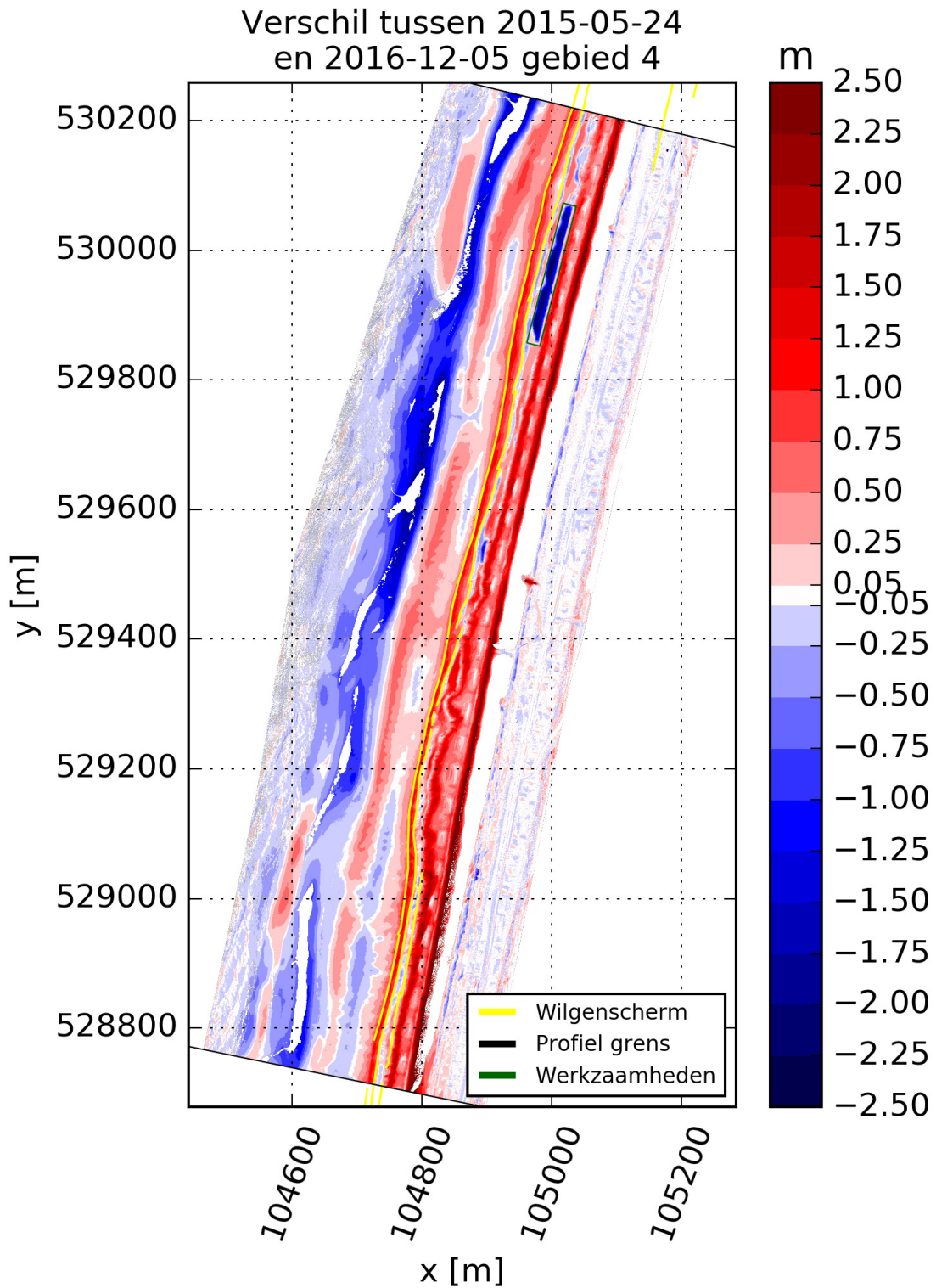
Conclusie

Op basis van de LiDAR-metingen kunnen sedimentatie- en erosiepatronen duidelijk worden waargenomen. De globale trends die waarneembaar zijn, zijn verklaarbaar. Op een hoger detailniveau is het effect van wilgenschermen en de ontwikkeling van luwe laagtes voldoende nauwkeurig te zien.

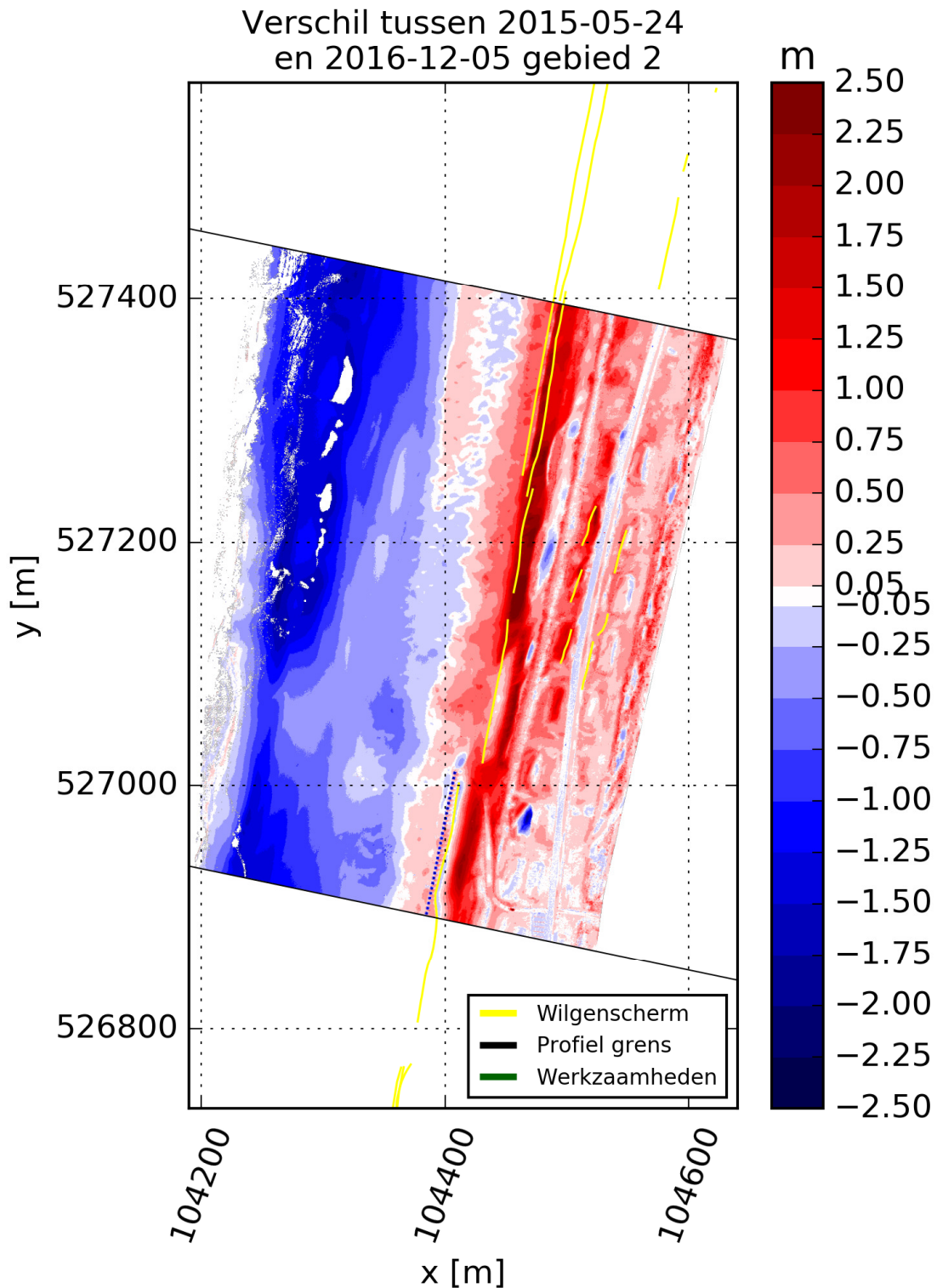
Afbeelding 3.3 Verschil meting 2016-dec minus 2015-mei. Rood duidt op een toename van de hoogte in de tijd (=sedimentatie), blauw duidt op een afname van de hoogte in de tijd (=erosie)



Afbeelding 3.4 Verschil meting 2016-dec minus 2015-mei ter hoogte van de duinvallei. Rood duidt op een toename van de hoogte in de tijd (=sedimentatie), blauw duidt op een afname van de hoogte in de tijd (=erosie)



Afbeelding 3.5 Verschil meting 2016-dec minus 2015-mei ter hoogte profieltype 2 (zuidzijde). Rood duidt op een toename van de hoogte in de tijd (=sedimentatie), blauw duidt op een afname van de hoogte in de tijd (=erosie)



Dwarsprofielen

Op basis van dwarsprofielen kunnen locaties met aanzanding en erosie en hun ontwikkeling in de tijd goed in beeld gebracht worden. Afbeelding 3.6 toont de gemeten ontwikkeling in de tijd ter hoogte van Jarkusraai 2360 in het gebied van de duinvallei. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de metingen van de bodem van de duinvallei zelf niet betrouwbaar zijn, omdat de LiDAR niet onder water kan meten.

Afbeeldingen van alle dwarsprofielen (2 per gebied) zijn te vinden in bijlage IV.

Mei 2015 - december 2015

In de periode direct na de eerste meting is met name zeewaarts van de eerste lage duinenrij veel aanzanding te zien. Dit wordt mede veroorzaakt door de wilgenschermen die zijn opgevuld met zand en die nog te herkennen zijn aan de 'trap'-vorm ter hoogte van het zeewaartse talud. Zoals waargenomen in het veld, gaat de opvulling van wilgenschermen snel waardoor er in deze zone na de meting van december 2015 weinig veranderingen zijn opgetreden.

De hoogte van de eerste duinenrij neemt toe met ongeveer een halve meter.

December 2015 - maart 2016

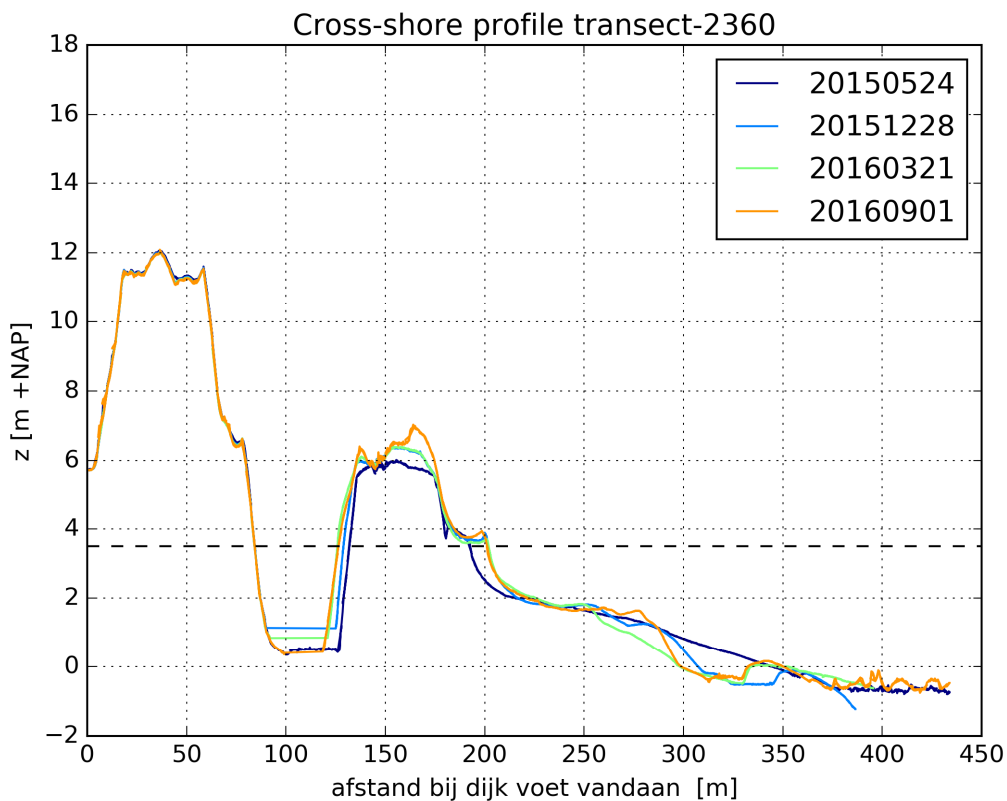
De zeezijde en de bovenzijde van het eerste duin blijven redelijk stabiel. De grootste veranderingen treden op aan de zeezijde van de duinvallei, waar het talud zich door aanzanding uitbreidt in landwaartse richting. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een groter deel van het aangevoerde zand over de eerste duinenrij stuift naar de duinvallei, waardoor deze (langzaam) wordt opgevuld.

Maart 2016 - september 2016

In deze (zomer-)periode neemt de hoogte op de zeewaartse kruin van het eerste lage duin toe met meer dan 1 m. Deze ontwikkeling treedt op over een grote kustlangse lengte en niet alleen in dit dwarsprofiel. Dit duidt op de ontwikkeling van een nieuwe zeereep op de lage eerste duinenrij.

Landwaarts van de duinvallei blijft de hoogte min of meer ongewijzigd doordat de duinvallei verder transport van zand blokkeert.

Afbeelding 3.6 Dwarsprofiel op Jarkus-raai 2360 in de tijd (ter hoogte van de duinvallei)



3.1.3 Vergelijking hoogtemetingen Drone/RWS/Ecoshape

Per jaar worden 3 LiDAR hoogtemetingen uitgevoerd in opdracht van Ecoshape door de AC. Daarnaast wordt standaard jaarlijks een LiDAR hoogtemeting uitgevoerd door Rijkswaterstaat. De resolutie van de hoogtemeting in opdracht van Ecoshape is hoger dan van de meting door Rijkswaterstaat, respectievelijk 0,5 m en 2 m.

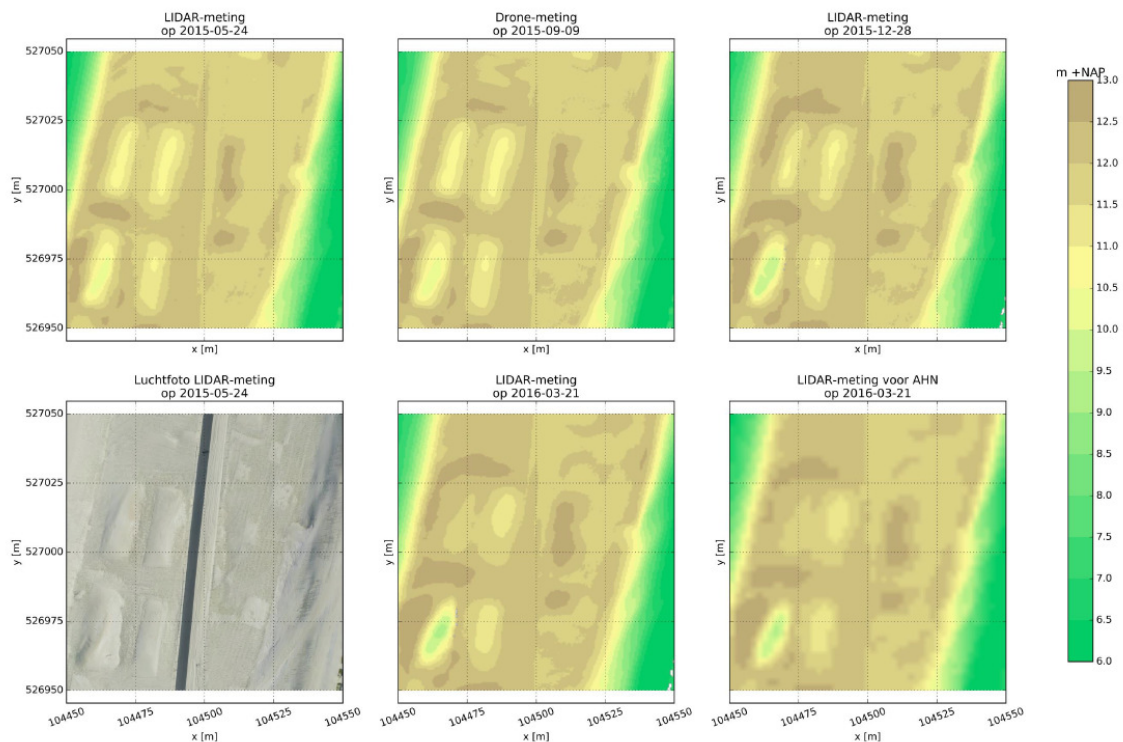
Om een gevoel te krijgen voor de bruikbaarheid van de LiDAR hoogtemeting door RWS binnen het Ecoshape project wordt deze vergeleken met de Ecoshape LiDAR metingen en met de eenmalige hoogtemeting met een drone (afbeelding 3.7). Er is ingezoomd op een aantal luwe laagtes die duidelijk te onderscheiden zijn in de hoogtemetingen en op de luchtfoto. De metingen en foto dienen op hoge resolutie te worden geanalyseerd om onderscheid te kunnen maken. De afbeelding is als grotere versie te vinden in bijlage V.

De LiDAR en drone metingen zijn op verschillende momenten weergegeven zodat de ontwikkeling in de tijd gevolgd kan worden. De 2 bovenste laagtes worden deels opgevuld tussen de meting van 24 mei 2015 en de meting van 21 maart 2016, de luwe laagte linksonder lijkt licht te verdiepen door uitstuiving van zand.

De geometrie van het beschouwde gebied is goed herkenbaar en scherp in zowel de Ecoshape LiDAR als de drone meting. In maart 2016 is er zowel een LiDAR meting uitgevoerd door RWS als door Ecoshape (midden- en rechtsonder). Op de RWS LiDAR meting is het beeld blokkeriger en is minder detail te onderscheiden. Een aantal kleine details lijkt niet volledig goed te worden weergegeven. De globale geometrie van het gebied is wel goed te herkennen.

Er wordt geconcludeerd dat de RWS LiDAR metingen duidelijk van mindere kwaliteit zijn dan de Ecoshape LiDAR metingen. Dit kan van belang zijn wanneer bepaalde geometrische kenmerken in detail worden bestudeerd. Voor meer globale analyses zoals het bepalen van aangroevolumes en de ruimtelijke verdeling daarvan is de RWS LiDAR naar verwachting wel bruikbaar.

Afbeelding 3.7 Vergelijking hoogtemetingen met Ecoshape LiDAR, RWS/AHN LiDAR en drone-metingen (fotogrammetrie). De luchtfoto is bijgevoegd ter referentie. Deze afbeelding is in hoge resolutie opgenomen in bijlage V



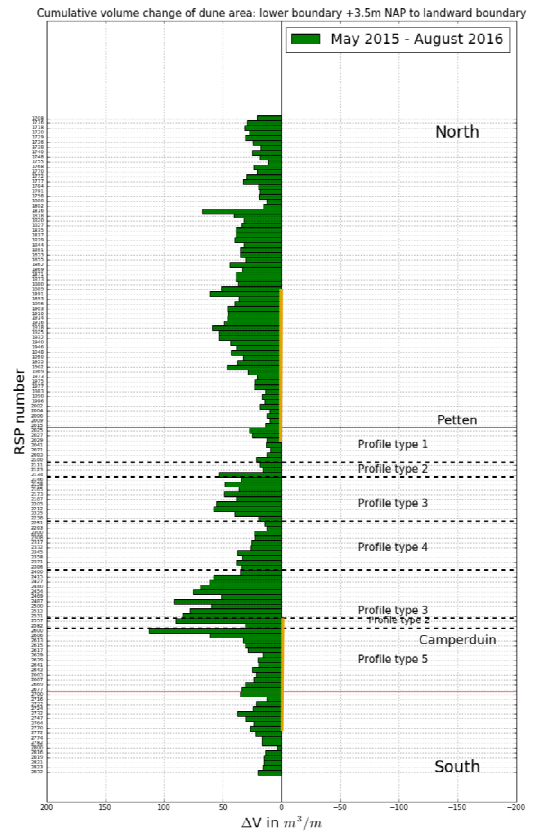
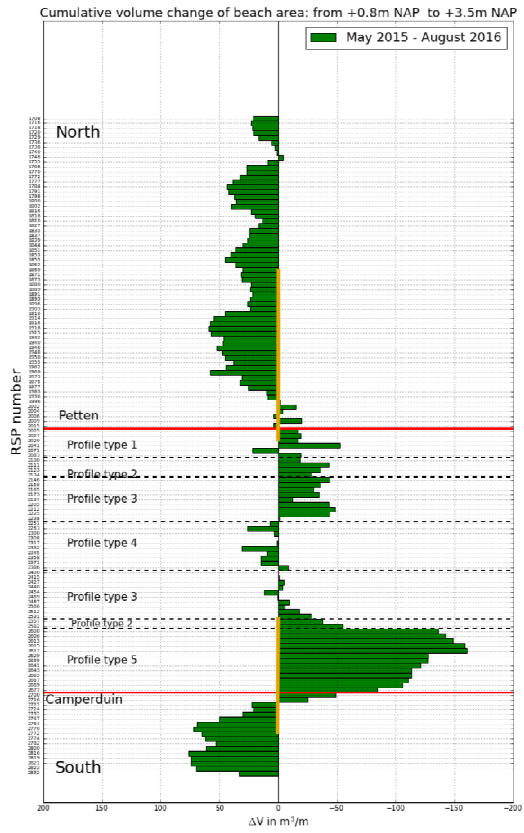
3.1.4 Ontwikkelingen en trends in de tijd en in kustlangse richting

Als onderdeel van haar afstudeeronderzoek bij de TU Delft en HHNK heeft Marloes Wittebrood verscheidene analyses gedaan van de ontwikkeling van strand en duin over de HPZ en de gebieden ten zuiden en noorden ervan. Afbeelding 3.8 geeft de cumulatieve volumeveranderingen van strand (+0,8- 3,5 m NAP) en duin (boven 3,5 m NAP) weer tussen mei 2015 en augustus 2016. In het studiegebied vindt zowel erosie als aanzanding van het strand plaats. Het duinvolume neemt overal toe, maar er zijn aanzienlijke verschillen per raai. Een deel daarvan kan worden verklaard doordat niet overal het hele profiel kon worden meegenomen (bijvoorbeeld in de duinvallei), maar er zullen ook andere oorzaken zijn. In het vervolg van het project worden deze data nader geanalyseerd.

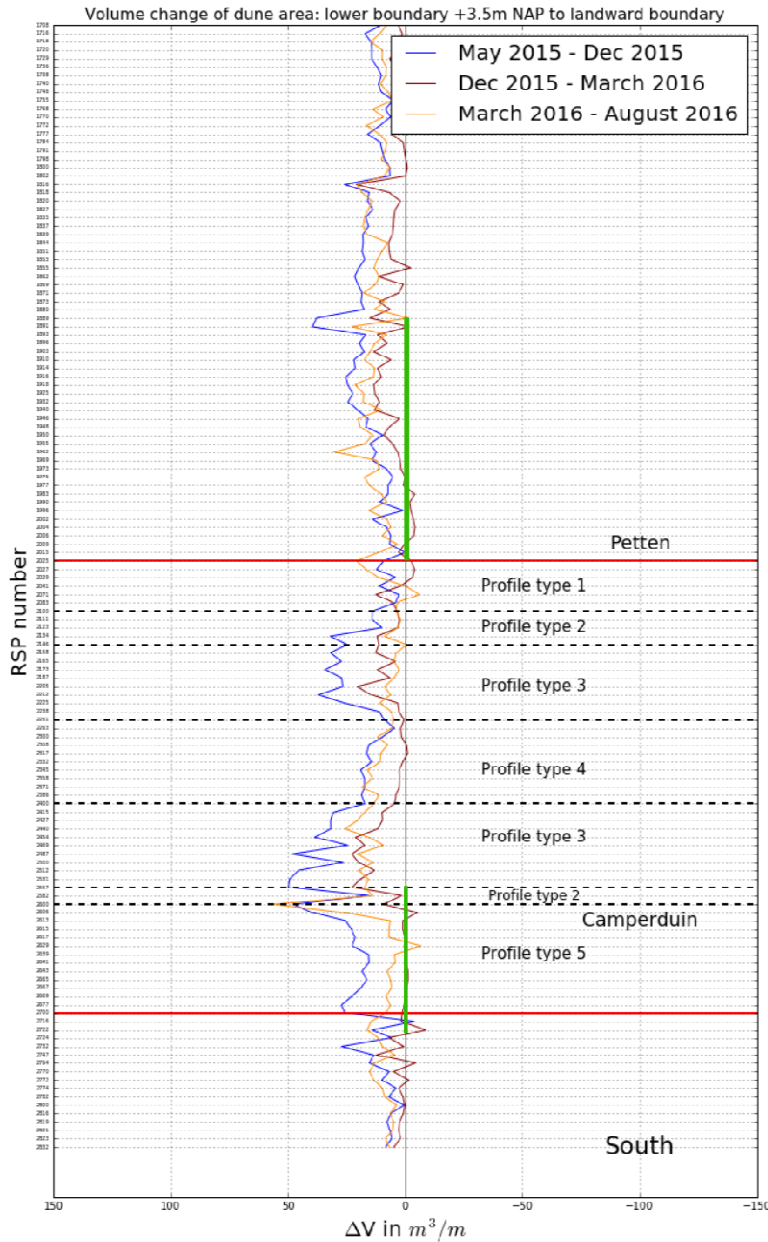
In het studiegebied is het volume van de duinen in alle meetperiodes toegenomen, met andere woorden er was geen netto erosie (afbeelding 3.9). De grootste toename was in de eerste periode (mei 2015 - december 2015), toen het grootste deel van het gebied net gereed was gekomen. In de periodes daarna (december 2015 - maart 2016 en maart 2016 - augustus 2016) was de toename kleiner dan in de eerste periode (nog niet gecorrigeerd voor de lengte van de periode). Veldobservaties geven aan dat het aangelegde strand zo hoog is dat er nog weinig erosie van de duinvoet optreedt, wat mede de volumetoename in het duin verklaart.

Het duin is op dit moment een netto zandvang, zoals verwacht. Er zijn duidelijk fluctuaties in ruimte en tijd, die in het vervolg zullen worden geanalyseerd in samenhang met de aanlegprofielen, strandbreedte en vegetatiedichtheid.

Afbeelding 3.8 Cumulatieve volumeveranderingen per raai op het strand (links) en duin (rechts) over de HPZ en de aangrenzende gebieden. Het Ecoshape onderzoeksgebied ligt tussen Petten en Camperduin. Aanzanding is links van de verticale as; erosie rechts van de as.



Afbeelding 3.9 Volumeveranderingen in het duin (boven 3,5 m NAP) per raai tussen de LiDAR-opnamen



3.2 Vegetatie

Voor de resultaten rond de vegetatieontwikkeling wordt verwezen naar bijlage VI. Het algemene beeld is dat de vegetatie, gezien de relatief korte tijd van ontwikkeling, nog in sterke mate in het ingeplante patroon van helm en struweel volgt. Veel van de helm is aangeslagen (en zo niet dan is deze in de meeste gevallen opnieuw ingeplant). Van het struweel is alleen de duindoorn goed aangeslagen, en zijn de meeste andere planten doodgegaan. Daardoor is de bedekking van het struweel beperkt. Het struweel dat in de duinvallei was aangeplant is allemaal doodgegaan.

3.3 Overige metingen

De saliniteit van de duinvallei is tussen december 2015 en december 2016 afgenomen van 21 naar 8 promille. Variaties in neerslag en verdamping zorgen voor enige fluctuaties.

Tijdens de expertsessies in het veld is geconcludeerd dat eind 2016 het aanlegprofiel eigenlijk overal nog zeer goed herkenbaar is. De manier waarin de luwe laagtes functioneren verschilt over het gebied. Het duin aan de zeezijde van de duinvallei begint de eerste kenmerken van een natuurlijk duin te vertonen.

4

EVALUATIE MONITORINGSPROGRAMMA

4.1 Inleiding

Op basis van de metingen die tot dit moment zijn uitgevoerd, kan het monitoringsprogramma worden geëvalueerd in relatie tot de doelstellingen van de monitoring en het project als geheel. Indien nodig kan worden bijgestuurd voor 2017 en 2018.

Voor de evaluatie worden allereerst de hoogtemetingen beschouwd. De belangrijkste aspecten zijn daarbij de kwaliteit van de metingen (resolutie/gebied/vegetatie), de meetfrequentie en de beoordeling of de metingen geschikt zijn om de onderzoeksvragen binnen themalijn A en B te beantwoorden.

4.2 Hoogtemetingen

4.2.1 Kwaliteit LiDAR/luchtfoto's

Uit de hoogtemetingen, verschilkaarten en dwarsprofielen tot nu toe blijkt dat de resolutie van 0,5 m voldoende is om de morfologische veranderingen van het gebied te analyseren. De sedimentatie- en erosiepatronen zijn duidelijk te onderscheiden en hebben een zodanig detailniveau dat de effecten van kleinschalige maatregelen zoals wilgenschermen en luwe laagtes zichtbaar zijn in de metingen.

Het feit dat de LiDAR metingen gebiedsdekkend zijn, biedt de mogelijkheid om het gebied als geheel te analyseren en de verplaatsing van zand door eolisch transport te volgen. Dit is noodzakelijk om een volumebalans bij te kunnen houden en om het effect van de kustlangse locatie en variaties in het profiel op erosie en sedimentatie te analyseren.

Hierbij wordt opgemerkt dat de bodem van de duinvallei onder water niet wordt gemeten door LiDAR. Dit deel van het profiel is een belangrijke zandvang waarbij een deel van het zand onder water belandt.

Profielmetingen in de duinvallei zouden een waardevolle toevoeging zijn aan het monitoringsprogramma, vooral wanneer deze metingen min of meer gelijktijdig met de LiDAR metingen worden uitgevoerd. Metingen in de duinvallei zijn tot nu echter pas 1 keer uitgevoerd (door HHNK, 2016-oktober).

Het hoogtemodel dat uit de LiDAR meting wordt opgebouwd is ook betrouwbaar rond vegetatie doordat een deel van de laserstralen door de vegetatie heen gaat, zodat altijd het onderliggende bodemniveau wordt verkregen. De aanwezigheid van vegetatie kan worden beoordeeld met behulp van de luchtfoto. Deze analyse is gepland voor de tweede helft van 2017.

4.2.2 Meetfrequentie LiDAR

Vanaf mei 2015 wordt er 3 keer per jaar een LiDAR hoogtemeting uitgevoerd door de AC, waarvan 2 keer in opdracht van Ecoshape. Uitgangspunt daarbij is dat de data wordt aangevuld met de LiDAR kustmeting van RWS als extra meting.

De metingen laten tot nu toe zien dat er nog veel variatie is in de ontwikkelingen in de tijd en dat er per periode andere ontwikkelingen plaatsvinden (bijvoorbeeld afbeelding 3.6). De aangehouden meetfrequentie lijkt momenteel voldoende om dergelijke trends waar te nemen en seizoenseffecten te onderscheiden.

Mogelijk zal de ontwikkeling van het gebied op de langere termijn stabiliseren, maar hierover is nog weinig bekend. Door de meetfrequentie van 3-4x per jaar aan te houden kan inzicht worden verkregen in de trend in de ontwikkeling van het gebied in de tijd en kan worden vastgesteld of deze meetfrequentie voldoende is om ontwikkelingen te kunnen volgen en relaties tussen vegetatie en morfologie te evalueren.

4.3 Expertsessies in het veld

Om de hoogtemetingen goed te kunnen interpreteren is het noodzakelijk om ook in het veld de ontwikkeling van het gebied te volgen. Daarmee kunnen ontwikkelingen die in de metingen worden geobserveerd beter worden gerelateerd aan omstandigheden en processen in het veld en vice versa. Ook voor het volgen van de ecologische ontwikkeling van het gebied zijn veldbezoeken essentieel.

4.4 Vegetatie

De vegetatiemonitoring op de pq's is in 2016 gestart in plaats van 2016 omdat de vegetatie in 2015 nog onvoldoende ontwikkeld was. De ruimtelijke opzet van de pq's is volgens planning uitgevoerd. Ook in 2016 is de vegetatie nog gedomineerd door de aanplant, zodat verdere identificatie (Associa, Twinspan, Canoco) voor de huidige pionierfase nog weinig toegevoegde waarde heeft. Dit zal in latere jaren plaatsvinden.

Als aparte opdracht wordt jaarlijks een vegetatiekaart gemaakt. Gezien het jonge karakter van de vegetatie is rechtstreekse beeldklassificatie via ArcGis nog geen werkbare optie. De inzet van Ecognition levert goed werkbare kaarten op.

De eenmalige meting van bodemparameters heeft een duidelijk beeld opgeleverd van de abiotische variatie van nutriënten en kalkgehalte over het onderzoeksgebied.

4.5 Overige metingen

(nog in te vullen)

4.6 Conclusies en aanbevelingen

De monitoring is goed op gang en de eerste analyse en interpretatie van de metingen laat zien dat met de huidige monitoring de onderzoeksvragen van de themalijnen goed beantwoord kunnen worden. Naast alle metingen vormen de expertsessies een mogelijkheid om geobserveerde ontwikkelingen in de metingen te relateren aan observaties in het veld en vice versa.

Uit een analyse van het monitoringsprogramma tot nu toe blijkt dat de meetfrequentie en kwaliteit van de hoogtemetingen met LiDAR voldoende is om te kunnen beantwoorden aan de onderzoeksvragen en doelstellingen van dit project. **Er wordt daarom aanbevolen om de hoogtemetingen met LiDAR op dezelfde wijze voort te zetten voor 2017.** De evaluatie van de meetmethode (LiDAR vs. Drone) en de keuze voor LiDAR wordt nader toegelicht in een korte beslismemo in bijlage I.

Een waardevolle aanvulling op de LiDAR hoogtemetingen kan bestaan uit profielmetingen in de duinvallei, omdat daar veel aanzanding plaatsvindt onder water. Dit wordt niet gemeten door LiDAR. Wellicht bestaat hier de mogelijkheid om deze metingen te laten uitvoeren door HHNK, aangezien dergelijke metingen reeds door hun zijn uitgevoerd in oktober 2016.

5

LITERATUUR

1. De Groot, A., Scholl, M., Smits, N., 2015. Werkplan HPZ Themalijn A: Voorspelbaarheid habitatontwikkeling. Definitieve versie - 15 maart 2015.
2. De Zeeuw, R., 2015. Veldrapportage 9 september 2015 RPAS hoogtemetingen HPZ Monitoring. Shore Monitoring & Research.
3. Leenders, J., Smit, M., 2016. Inventarisatie maatregelen ontwerp HPZ. Ecoshape.
4. Van der Zon, N., 2013, Kwaliteitsdocument AHN2, Actueel Hoogtebestand Nederland.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: EVALUATIE METHODEN HOOGTEMETINGEN

I.1 Inleiding

Om te voldoen aan de doelstellingen en om de onderzoeksvragen goed te kunnen beantwoorden, is het monitoringsprogramma voor hoogte/morfologie opgezet met de volgende eisen:

- voldoende resolutie om hoogteontwikkelingen rond kleinschalige maatregelen te onderscheiden;
- zo groot mogelijk meetgebied om verplaatsingen van zand te kunnen volgen en randeffecten te minimaliseren;
- betrouwbare hoogtemetingen in en rond vegetatie.

Sinds de aanvang van de monitoring zijn hoogtemetingen uitgevoerd in het projectgebied volgens verschillende methoden:

- handmatige RTK-DGPS metingen;
- fotogrammetrie met een drone;
- LiDAR-metingen en luchtfoto's met een vliegtuig.

In deze beknopte beslismemo worden de verschillende meetmethoden besproken en wordt toegelicht waarom ervoor is gekozen om met de LiDAR-metingen verder te gaan en niet met de drone- en RTK-metingen.

I.2 Vergelijking meetmethoden

Resolutie

De LiDAR-metingen vanuit een vliegtuig hebben een lagere ruimtelijke resolutie dan drone-metingen, maar na inspectie van de metingen tot nu toe blijkt dat de LiDAR-metingen zoals door het Ecoshape consortium/AC uitgevoerd voldoende ruimtelijk detail hebben om de effecten van luwe laagtes, rijshoutschermen en andere elementen te evalueren. De hogere resolutie van de drone-metingen (0,1m) ten opzichte van LiDAR (0,5 m) heeft daarom onvoldoende toegevoegde waarde. Bovendien is de verticale onzekerheid van de drone-metingen groter, mede omdat deze niet door de vegetatie 'heen kan kijken'.

Vlakdekking

Een belangrijke overweging voor de keuze van de meetmethode is vlakdekking:

- de LiDAR + luchtfoto's in mei en december 2015 gaven aan dat er ruimtelijke veel variatie in de aanleg bestond, en dat vlakdekkende metingen daarmee een duidelijke meerwaarde hebben;
- RTK-metingen beslaan alleen een zeer klein deel van het gebied;
- vlakdekkende metingen bieden beter de gelegenheid om veranderingen in zandvolumes te bepalen.

De drone-metingen zijn uitgevoerd voor 5 gebieden (transecten) van 250x500 m en waren goedkoper dan de volledig vlakdekkende LiDAR-metingen. Dit kostenvoordeel valt weg indien met een drone ook volledig vlakdekkend gemeten zou worden. Ook zou er dan over meerdere dagen gemeten moeten worden, waardoor de weersafhankelijkheid toeneemt.

Vanwege de grootte van het gebied is LiDAR geschikter voor vlakdekkende metingen.

Continuïteit

Het afwisselen van meetmethodes betekent dat niet alle informatie optimaal gebruikt wordt: de fijne ruimtelijke resolutie van de drone-metingen zou verloren gaan bij een vergelijking met vliegtuig-LiDAR, en andersom zou de ruimtelijke dekking van de vliegtuig-LiDAR verdwijnen als alleen naar de drone-gebieden gekeken kan worden.

De verschillende methoden hebben verschillende technische (on)mogelijkheden. Daarom is een vergelijking door de tijd altijd beter tussen dezelfde methode dan tussen verschillende methoden.

Aangezien er inmiddels al 5 LiDAR-metingen beschikbaar zijn, is het vanuit het oogpunt van continuïteit een logische keuze om hiermee verder te gaan.

Tabel I.1 Overzicht evaluatie methoden hoogtemetingen

Platform	Handmatig	Drone	Vliegtuig
methode	RTK-DGPS	fotogrammetrie	LiDAR + luchtfoto's
gebied	smalle transecten	deelgebieden (250x500m)	gebiedsdekkend
horizontale resolutie	gepland op 5 m	0,1 m	0,5 m
onzekerheid verticaal	~2 cm	1-5 cm standaardafwijking: 20 cm groter bij vegetatie	1-5 cm standaardafwijking < 5 cm
voordelen	- vrijwel niet weersafhankelijk	- hoge ruimtelijke resolutie	- meet door vegetatie heen - gebiedsdekkend - nauwkeurig - geschikt voor grote gebieden
nadelen	- vertrapping - risico dat niet exact het zelfde punt wordt gemeten op steile hellingen - verlies van ontvangst referentiesignaal op steile hellingen en in duinvallei - beperkte ruimtelijke informatie	- minder geschikt voor grote gebieden - minder betrouwbaar rond vegetatie - weersafhankelijk - grotere onzekerheid (verticaal)	- lagere ruimtelijke resolutie dan drone - hogere startkosten als niet het hele gebied gemeten wordt - weersafhankelijk

I.3 Conclusie

Op basis van bovenstaande overwegingen wordt voorgesteld om voor 2017 (en 2018) door te gaan met de hoogtemetingen met LiDAR en luchtfoto's. De resolutie van LiDAR is ruim voldoende om de analyses uit te voeren die nodig zijn voor de beantwoording van de verschillende onderzoeksvragen. Het voordeel van LiDAR is daarnaast dat het goed geschikt is om het gehele gebied vlakdekkend in te meten, en dat vanuit RWS al 1 jaarlijkse meting beschikbaar is. Ook op basis van continuïteit is het een logische keuze om de LiDAR-metingen door te zetten in het vervolg van dit project.

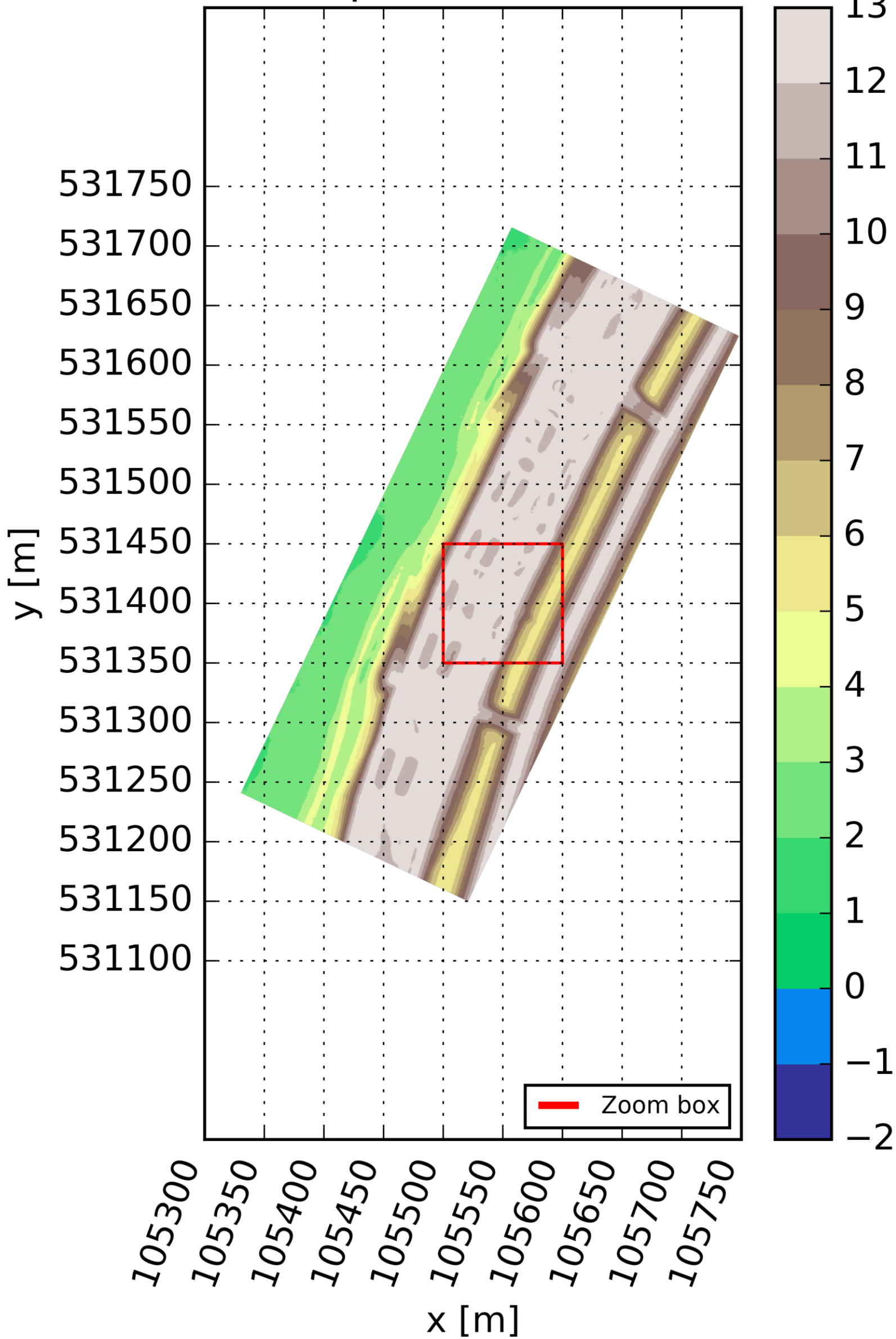
II

BIJLAGE: LIDAR/DRONE HOOGTEMETINGEN EN LUCHTFOTO'S

Drone meting transect 5

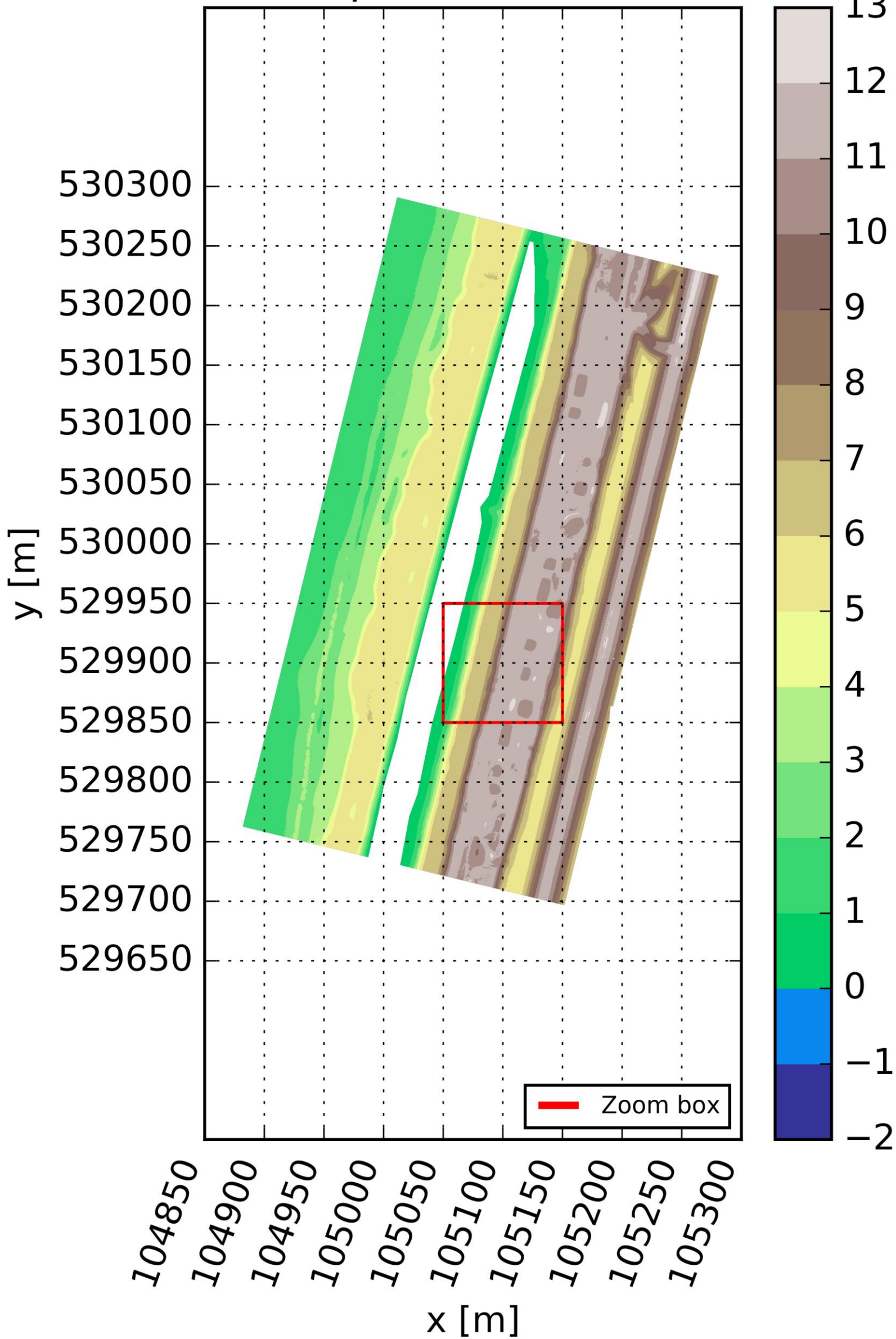
op 2015-09-09

m +NAP



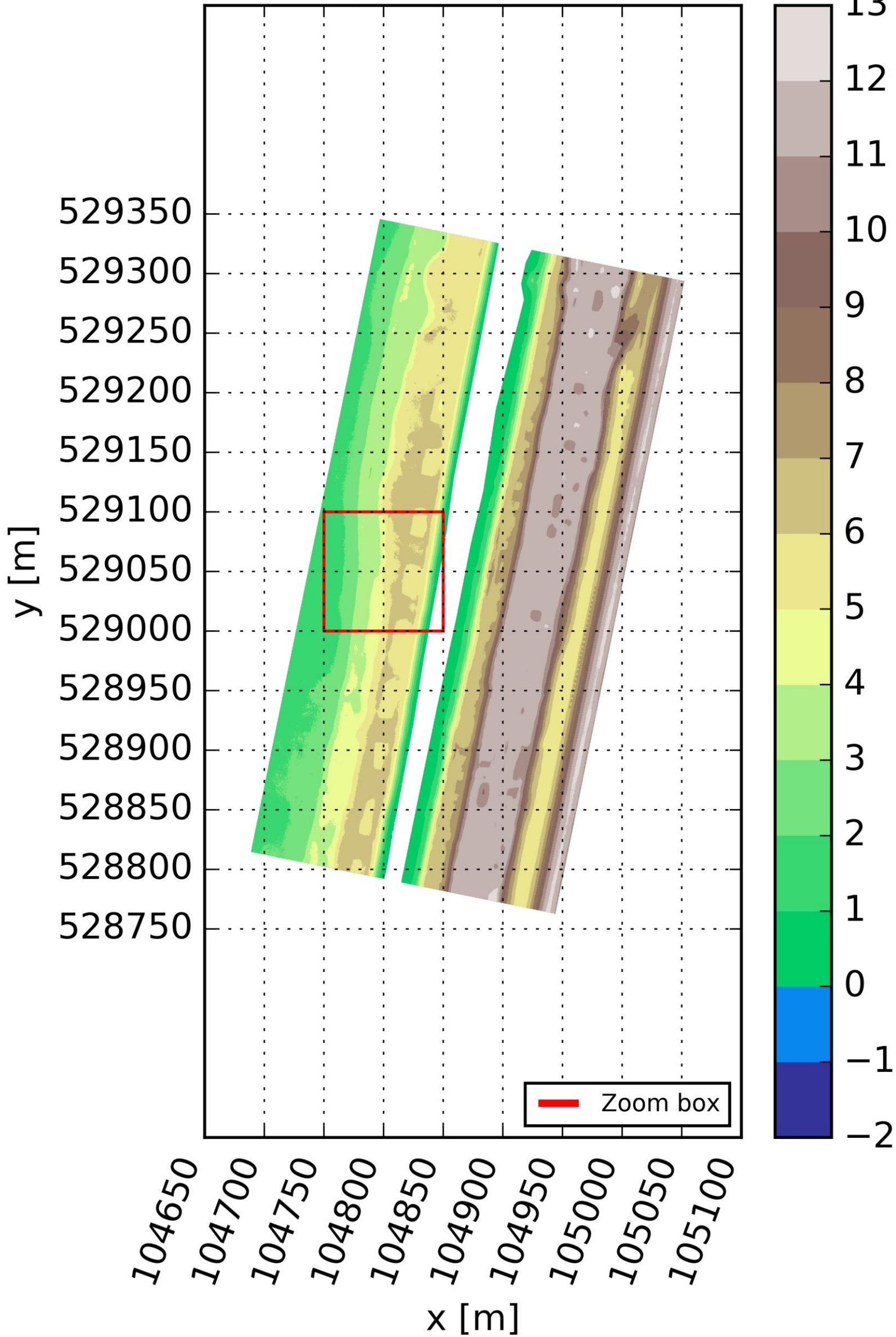
Drone meting transect 4 op 2015-09-09

m +NAP



Drone meting transect 3 op 2015-09-09

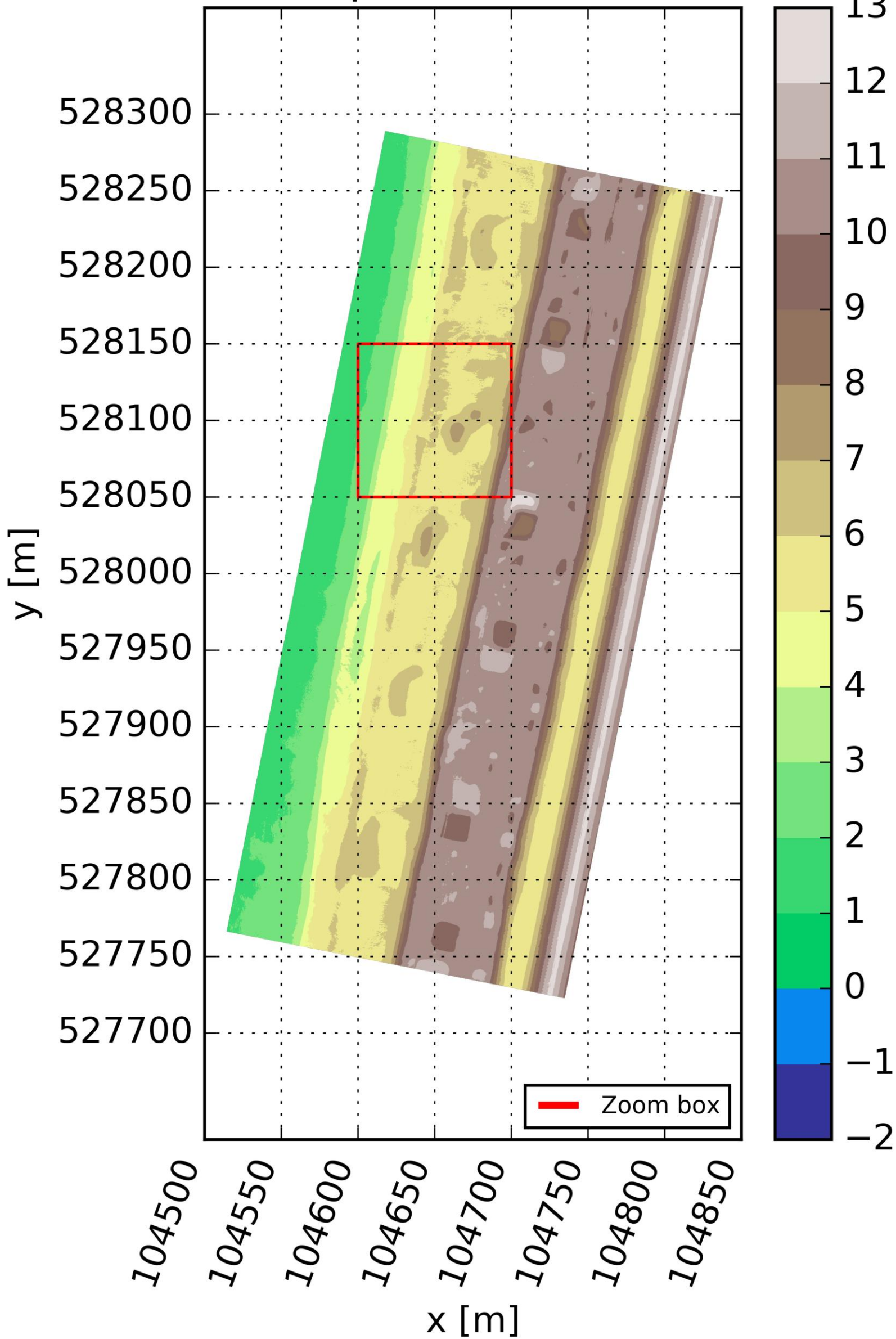
m +NAP



Drone meting transect 2

op 2015-09-09

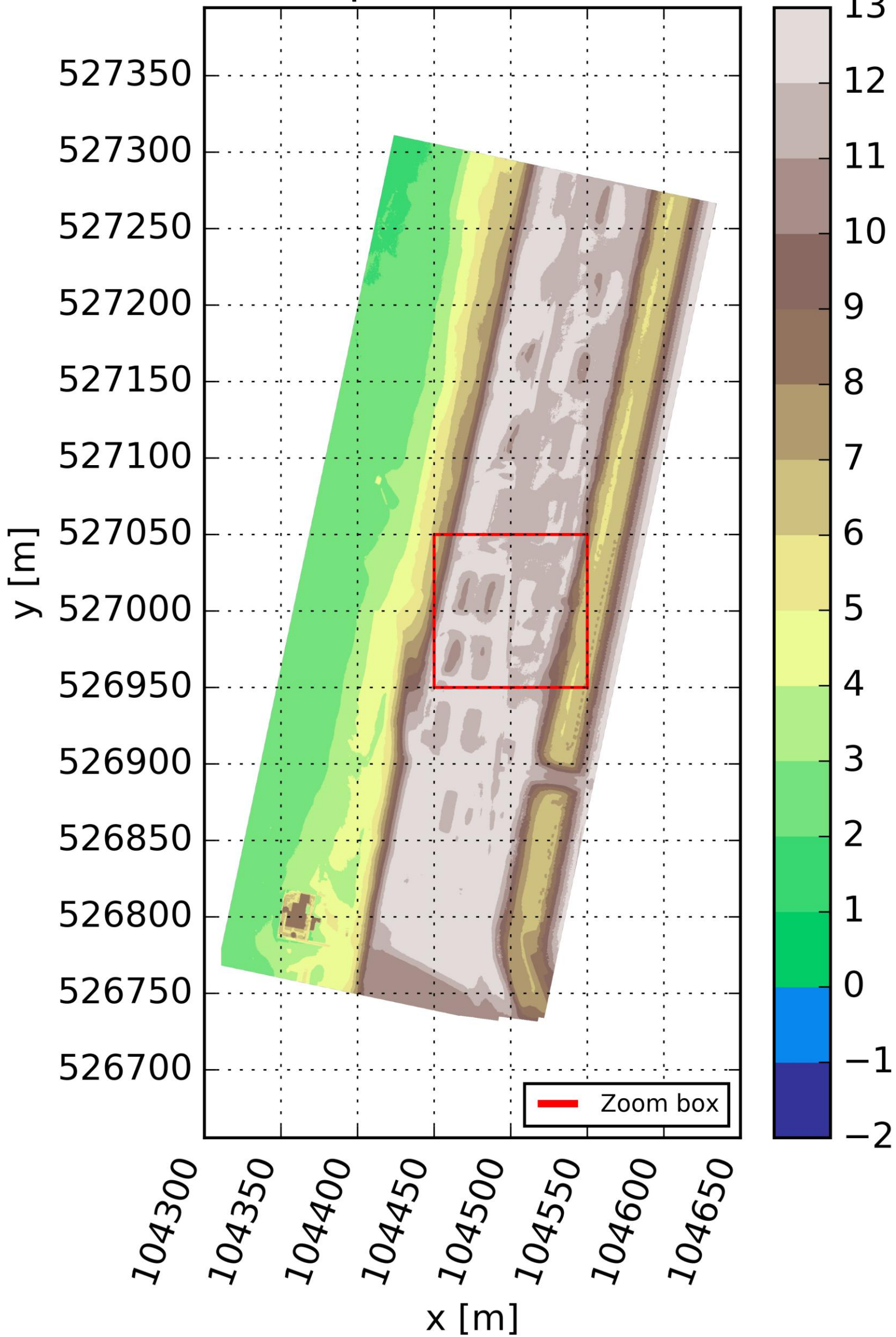
m +NAP



Drone meting transect 1

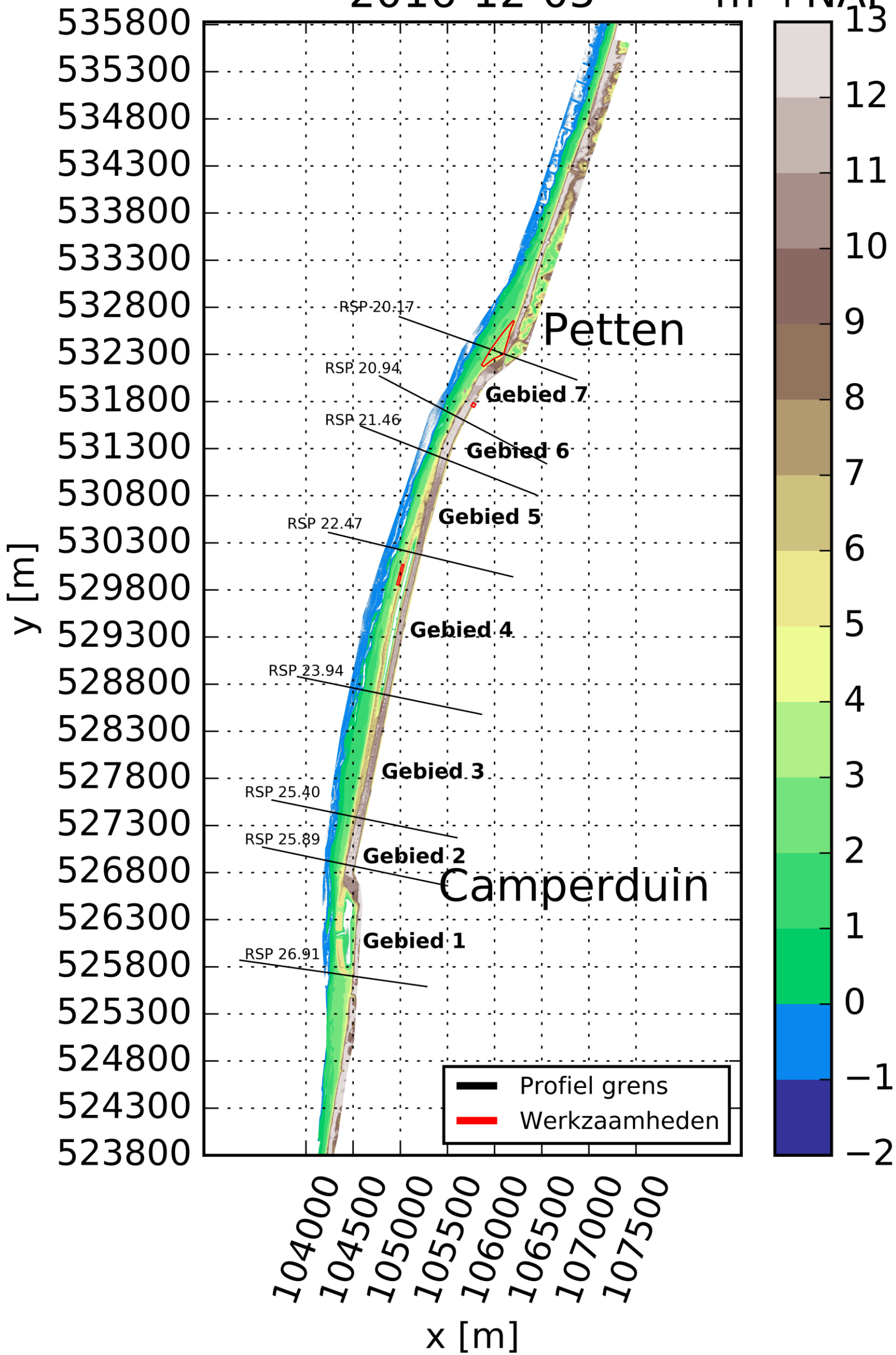
op 2015-09-09

m +NAP



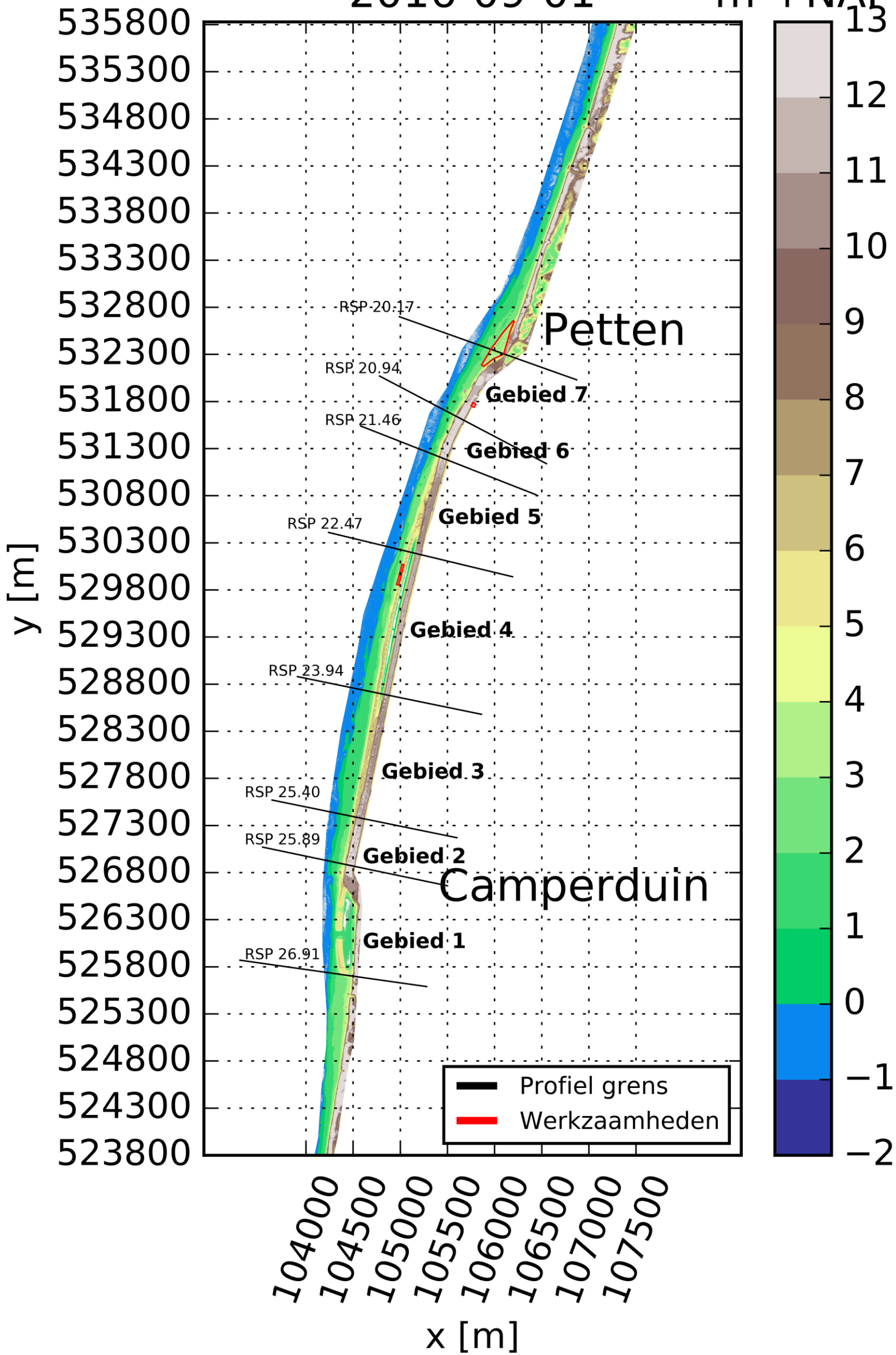
LIDAR-meting op 2016-12-05

m +NAP



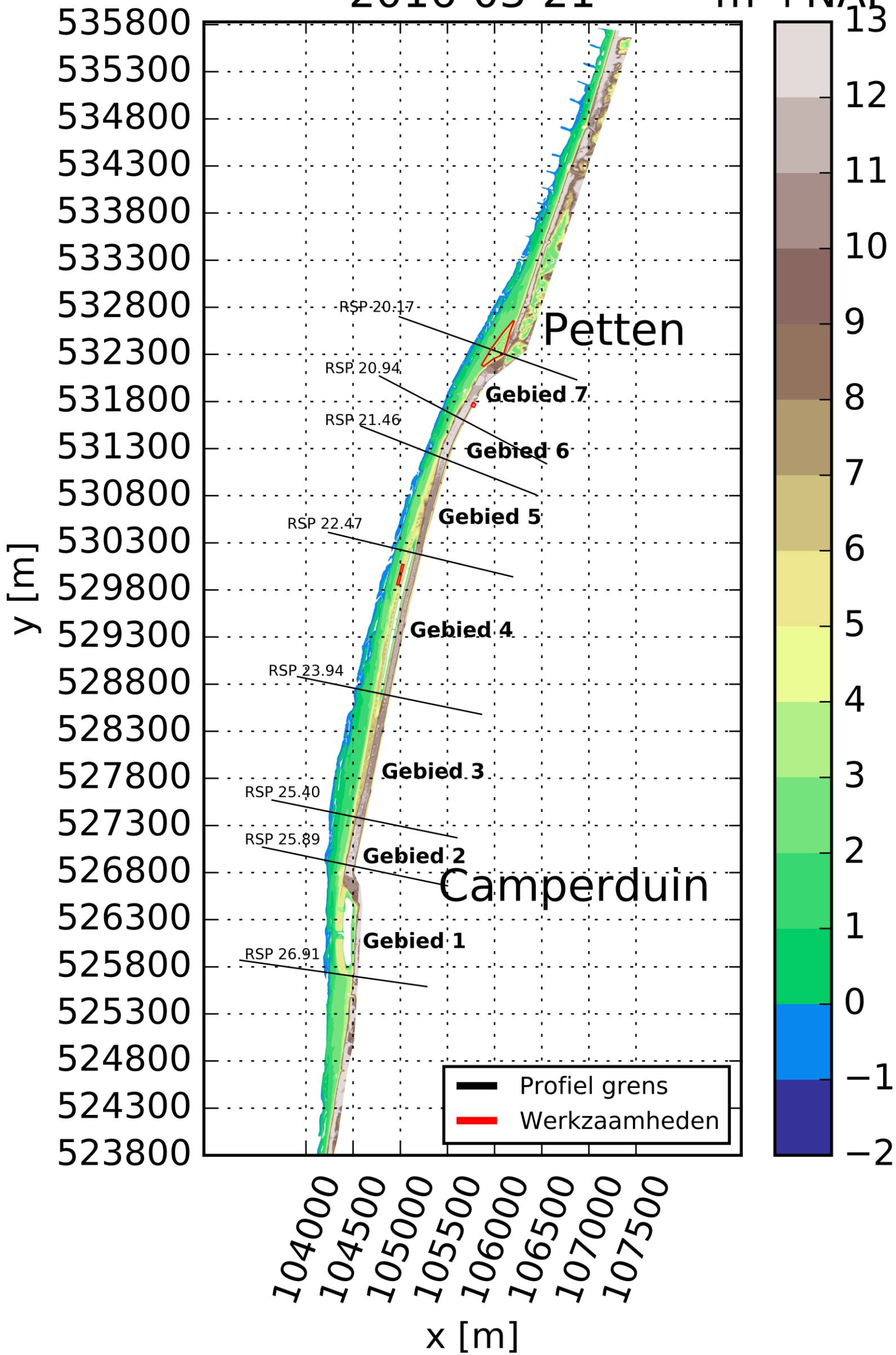
LIDAR-meting op 2016-09-01

m +NAP



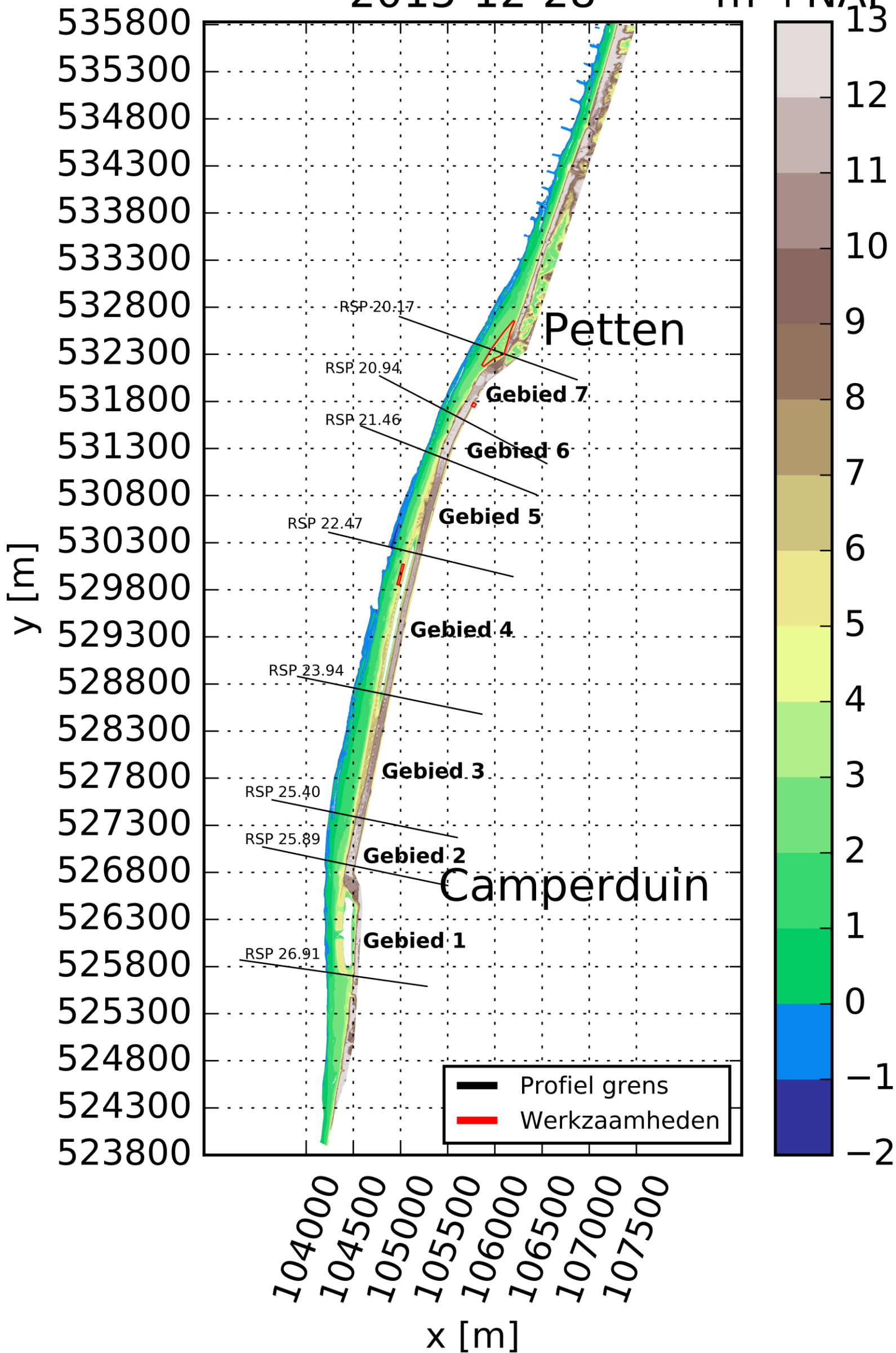
LIDAR-meting op 2016-03-21

m +NAP

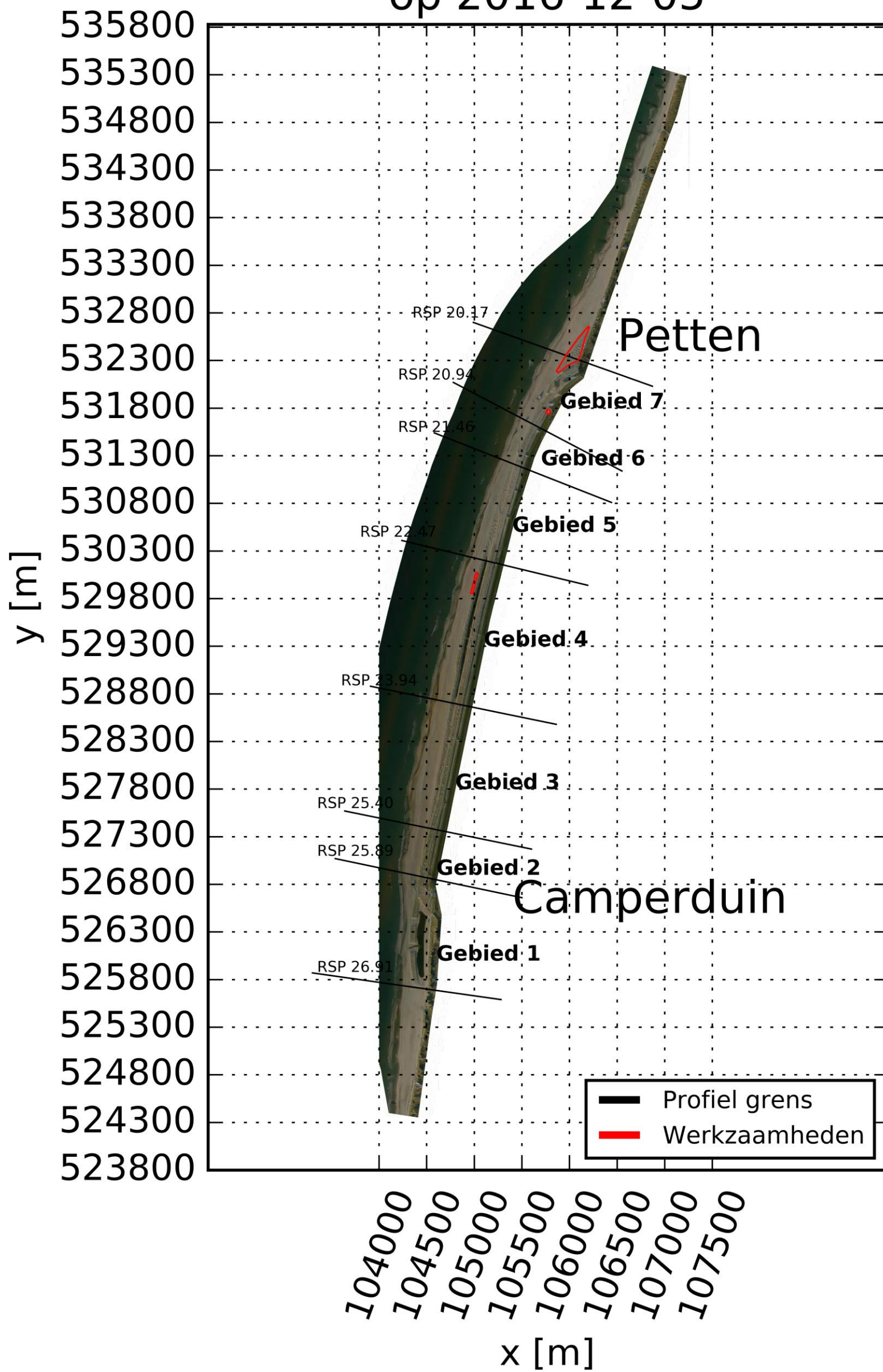


LIDAR-meting op 2015-12-28

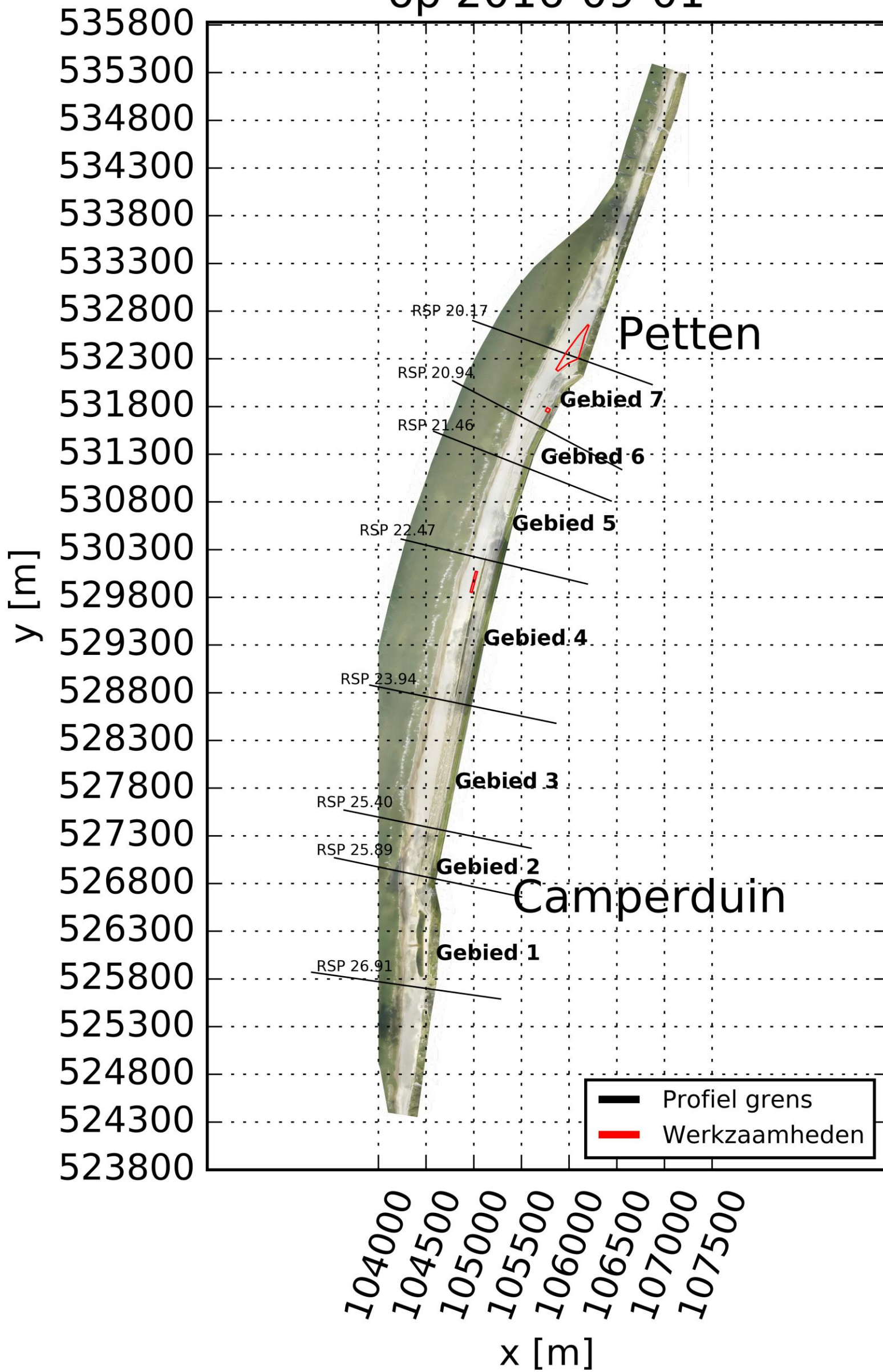
m +NAP



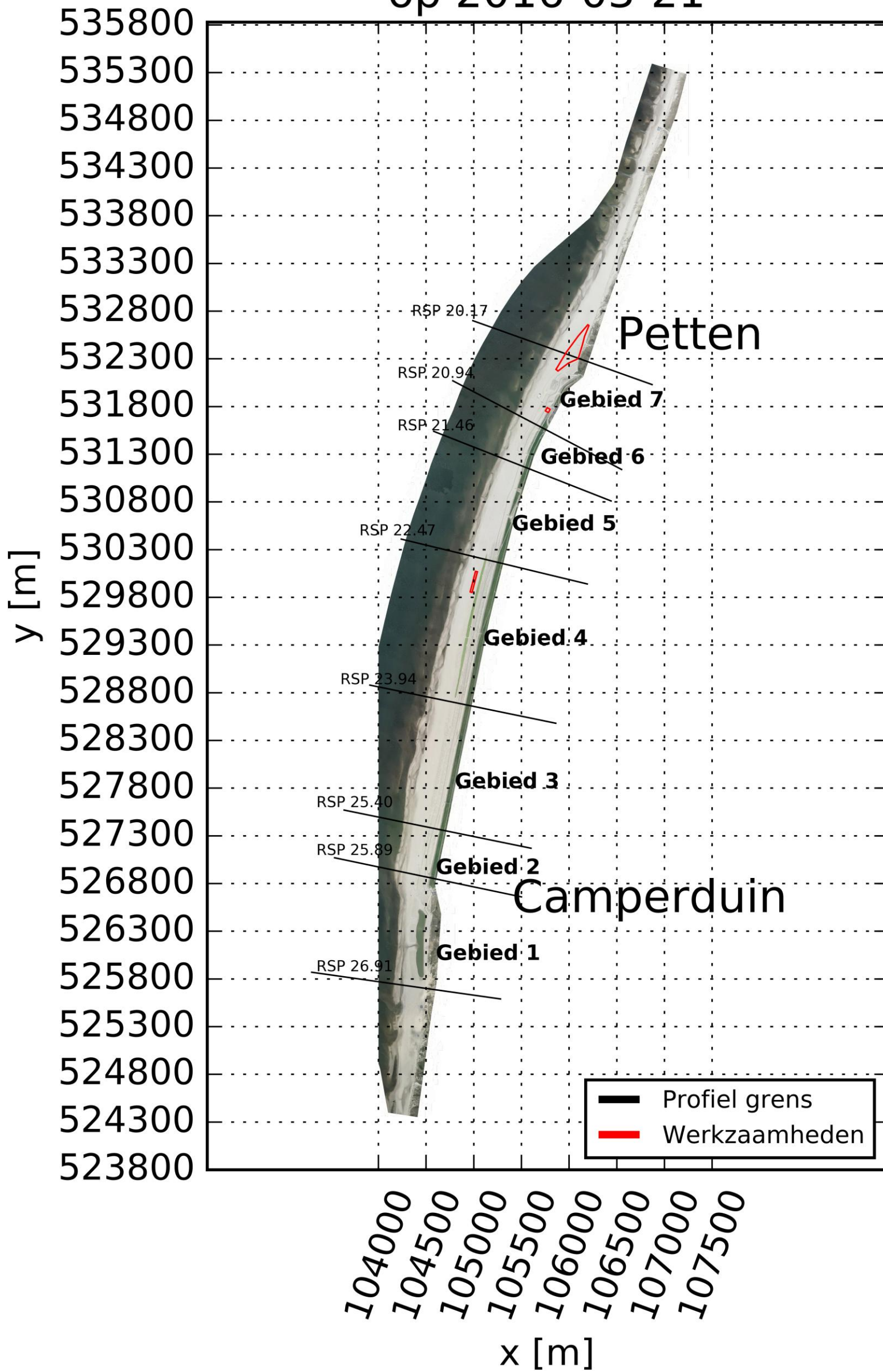
Luchtfoto LIDAR-meting op 2016-12-05



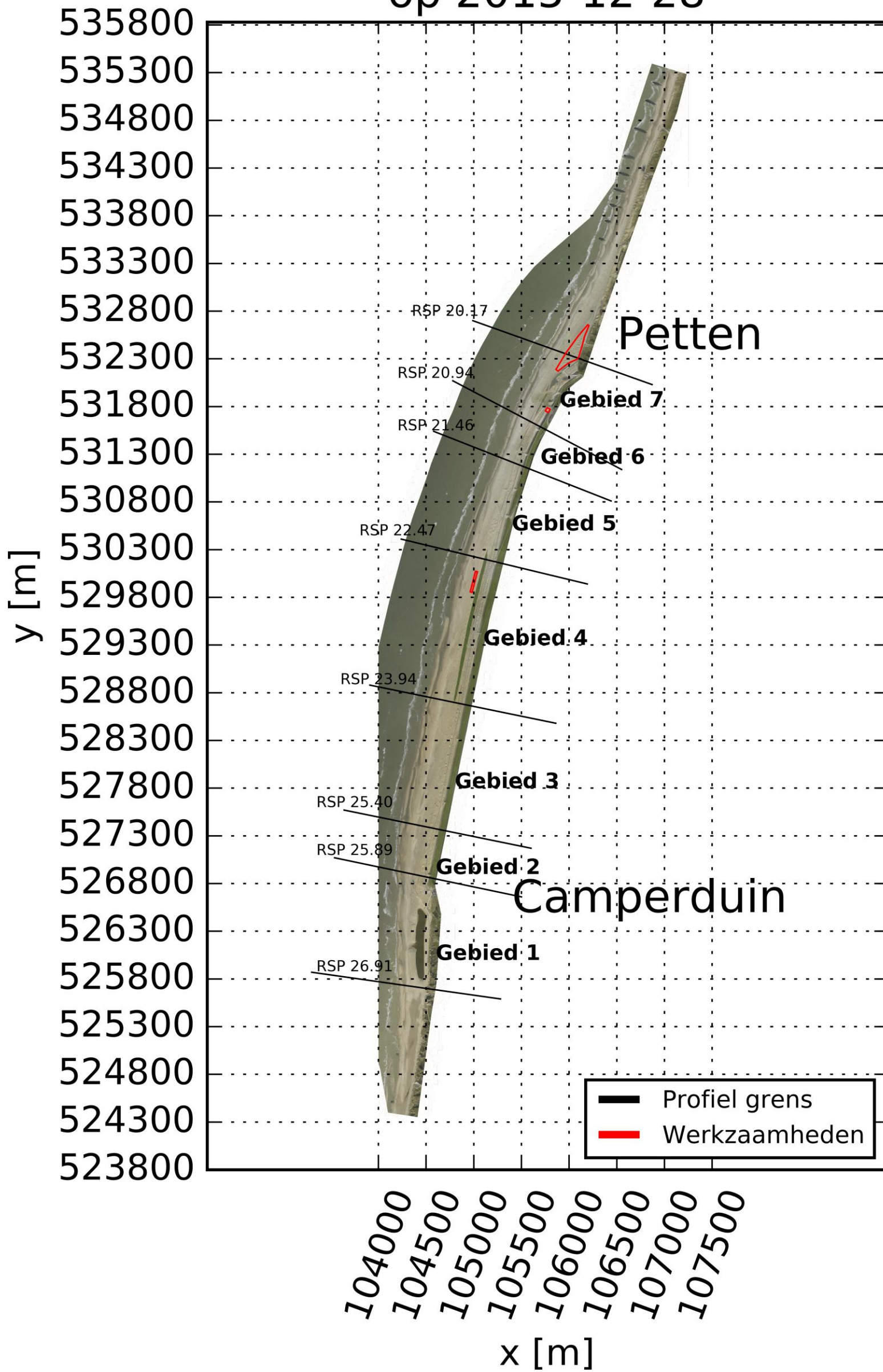
Luchtfoto LIDAR-meting op 2016-09-01



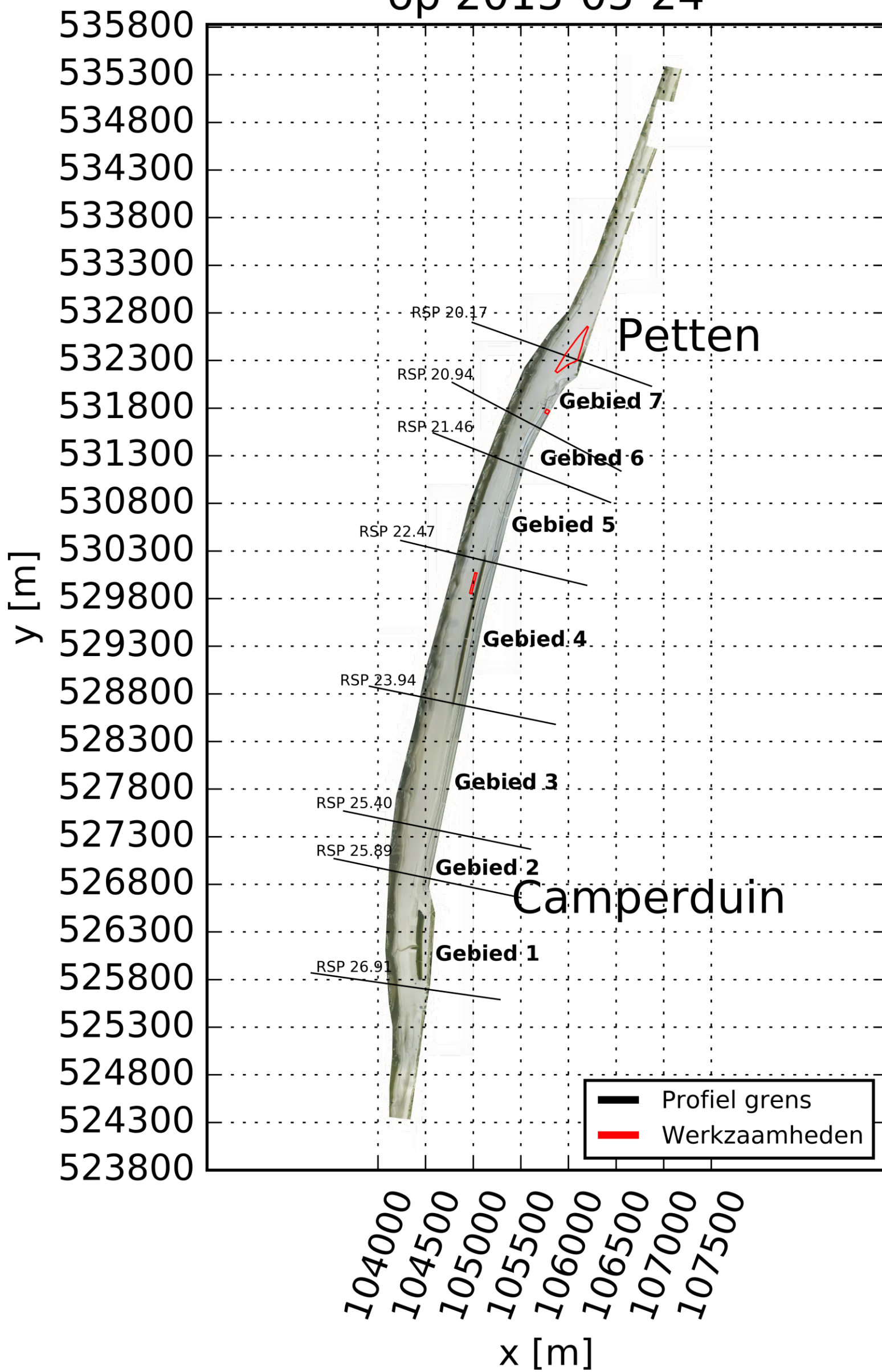
Luchtfoto LIDAR-meting op 2016-03-21



Luchtfoto LIDAR-meting op 2015-12-28



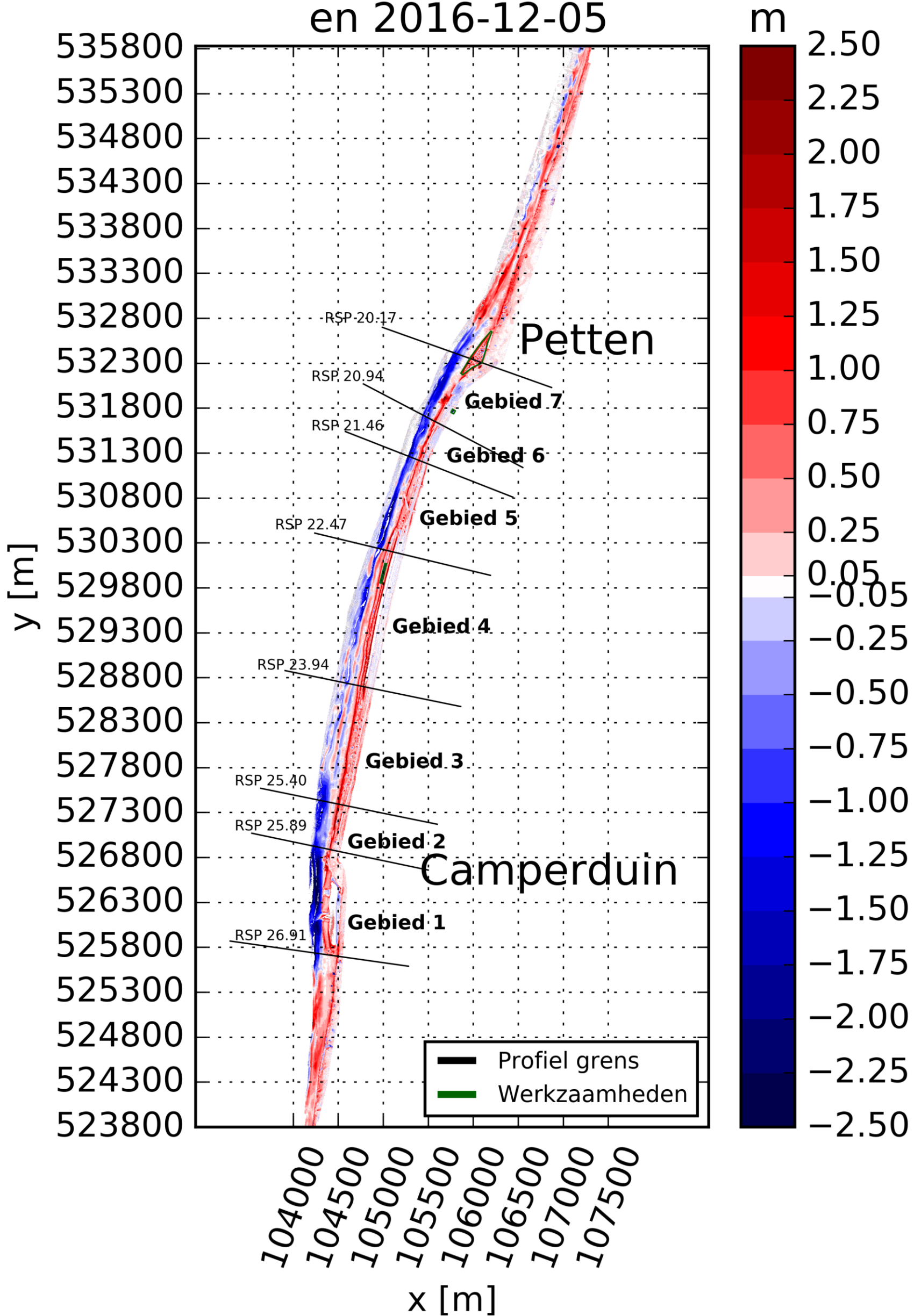
Luchtfoto LIDAR-meting op 2015-05-24



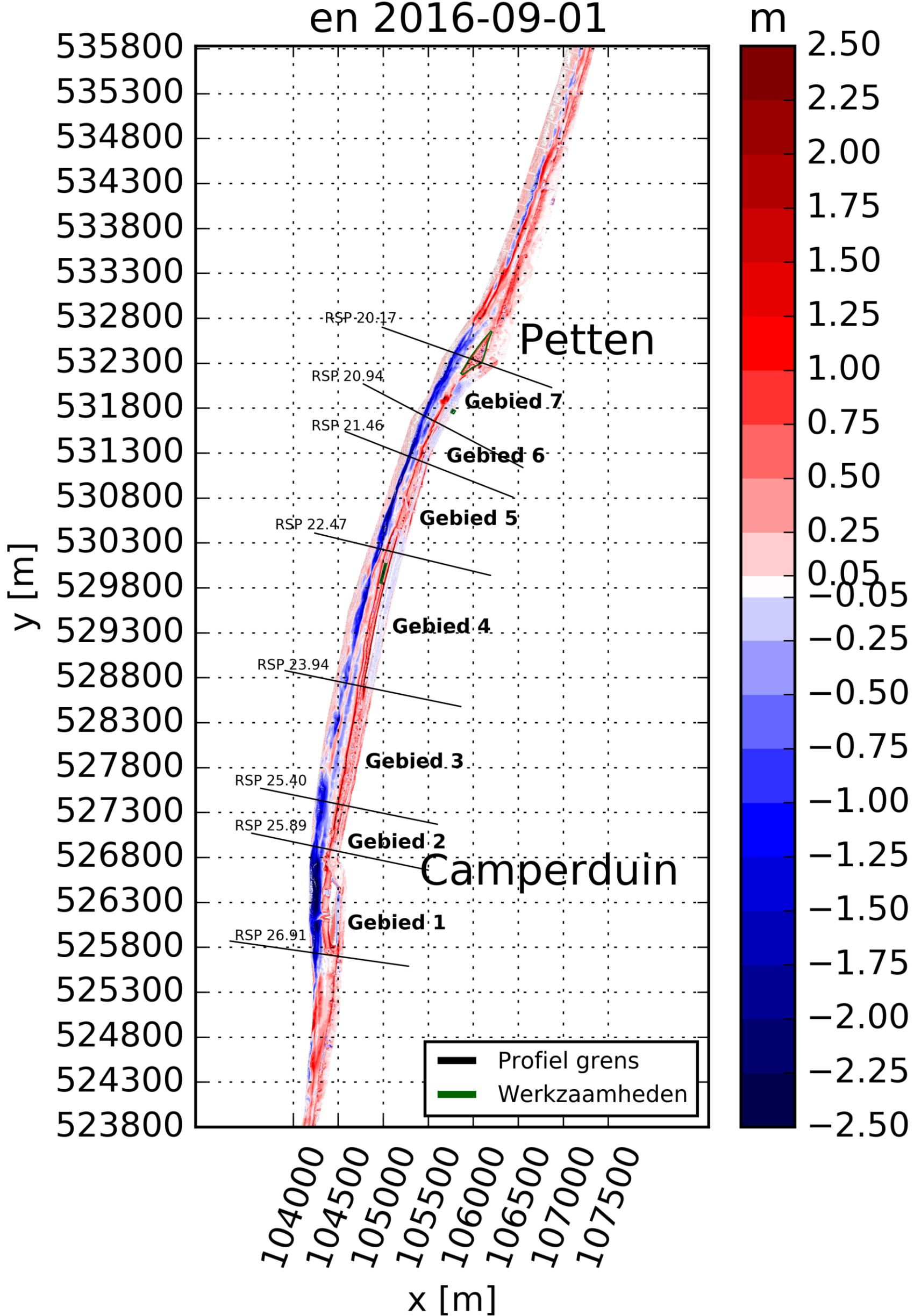
III

BIJLAGE: VERSCHILPLOTS HOOGTEMETINGEN

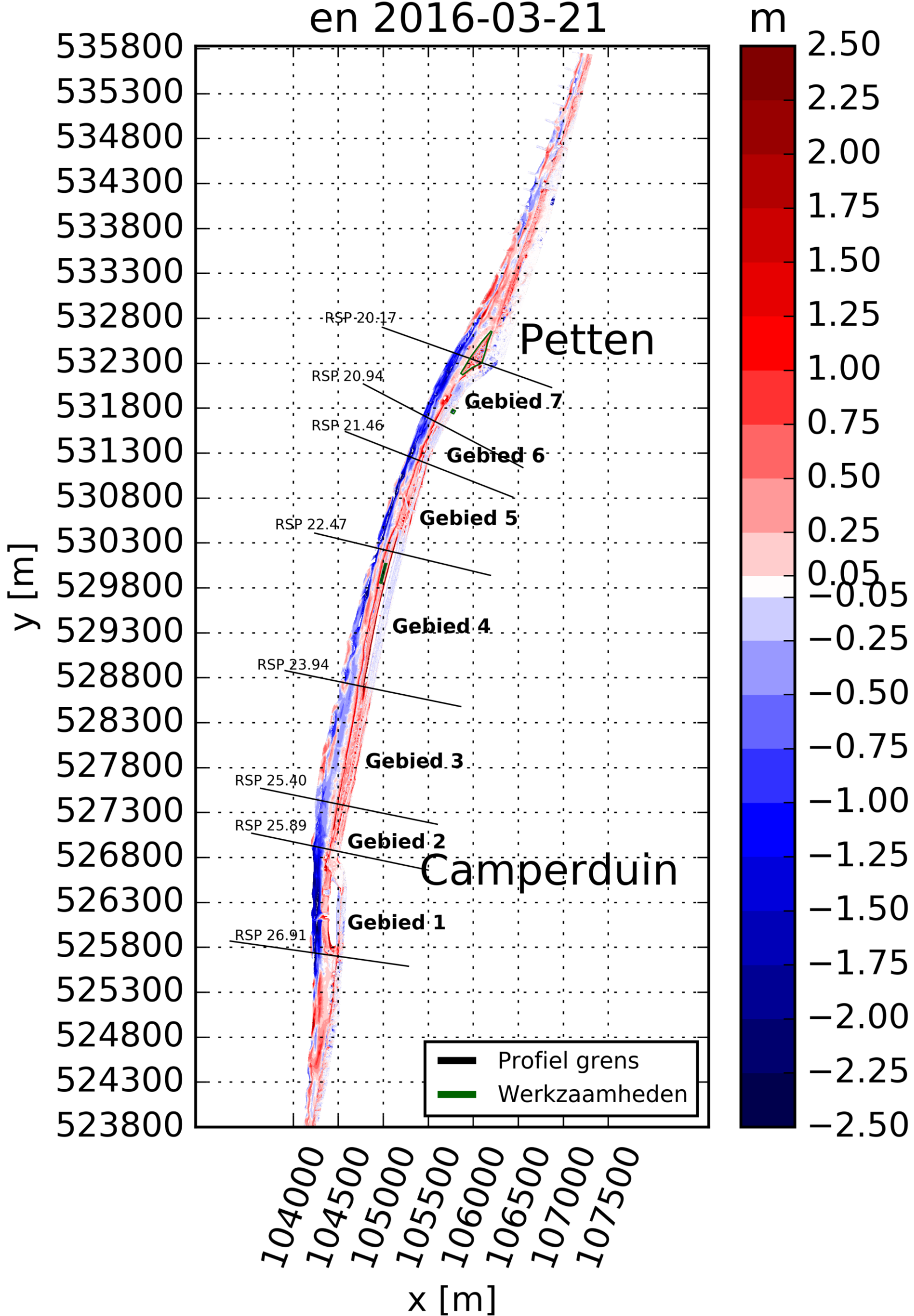
Verschil tussen 2015-05-24 en 2016-12-05



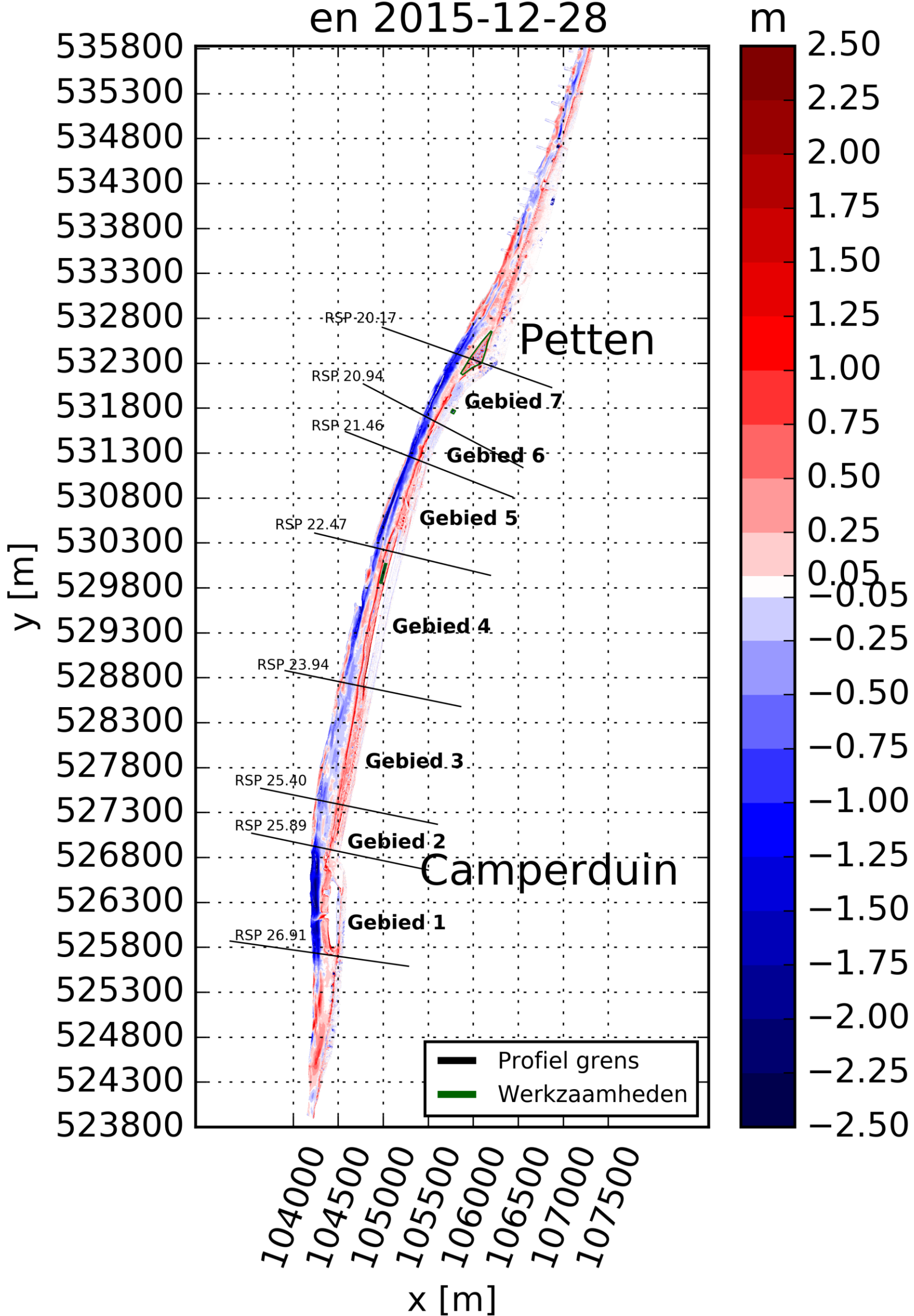
Verschil tussen 2015-05-24 en 2016-09-01



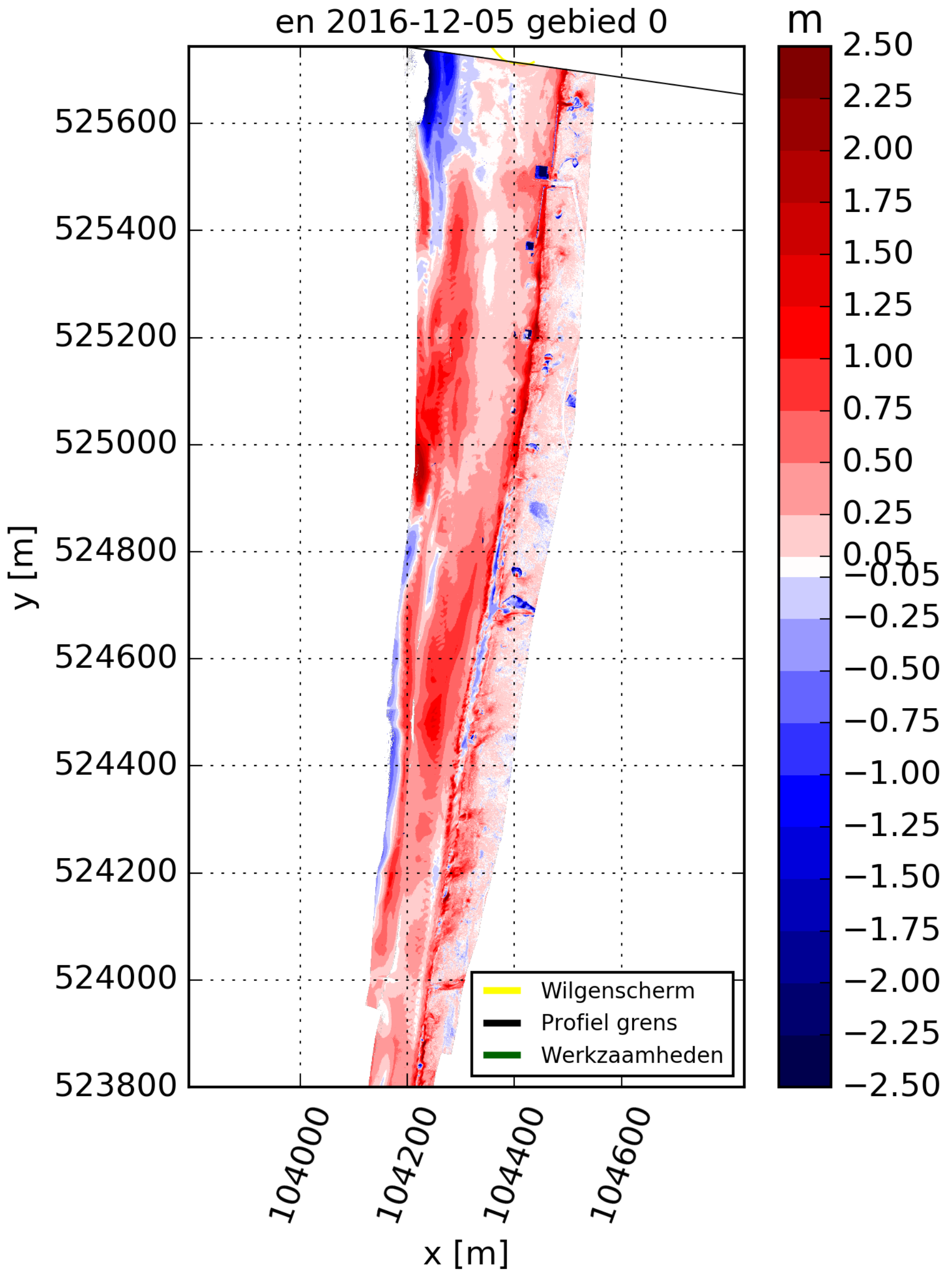
Verschil tussen 2015-05-24 en 2016-03-21



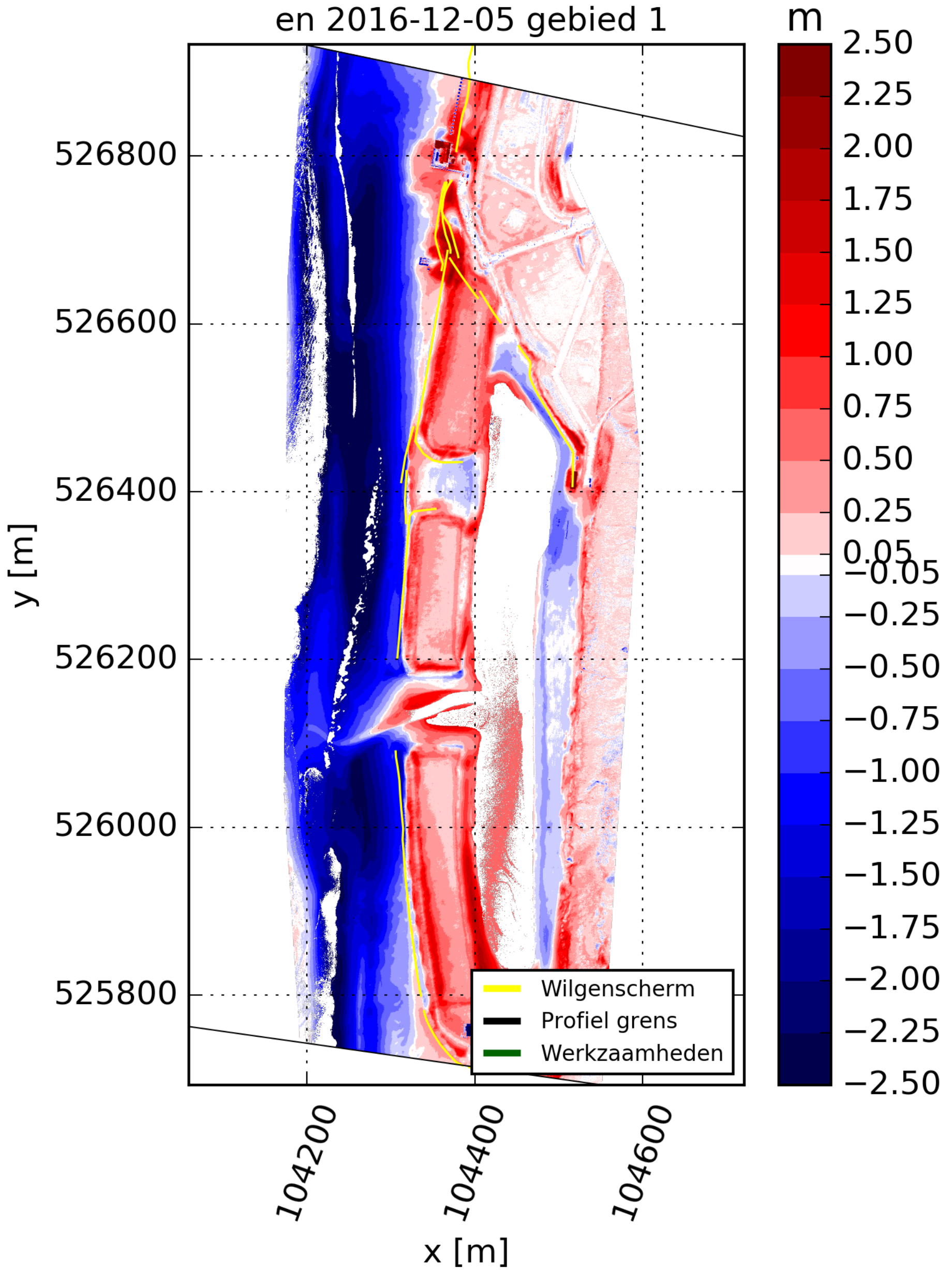
Verschil tussen 2015-05-24 en 2015-12-28



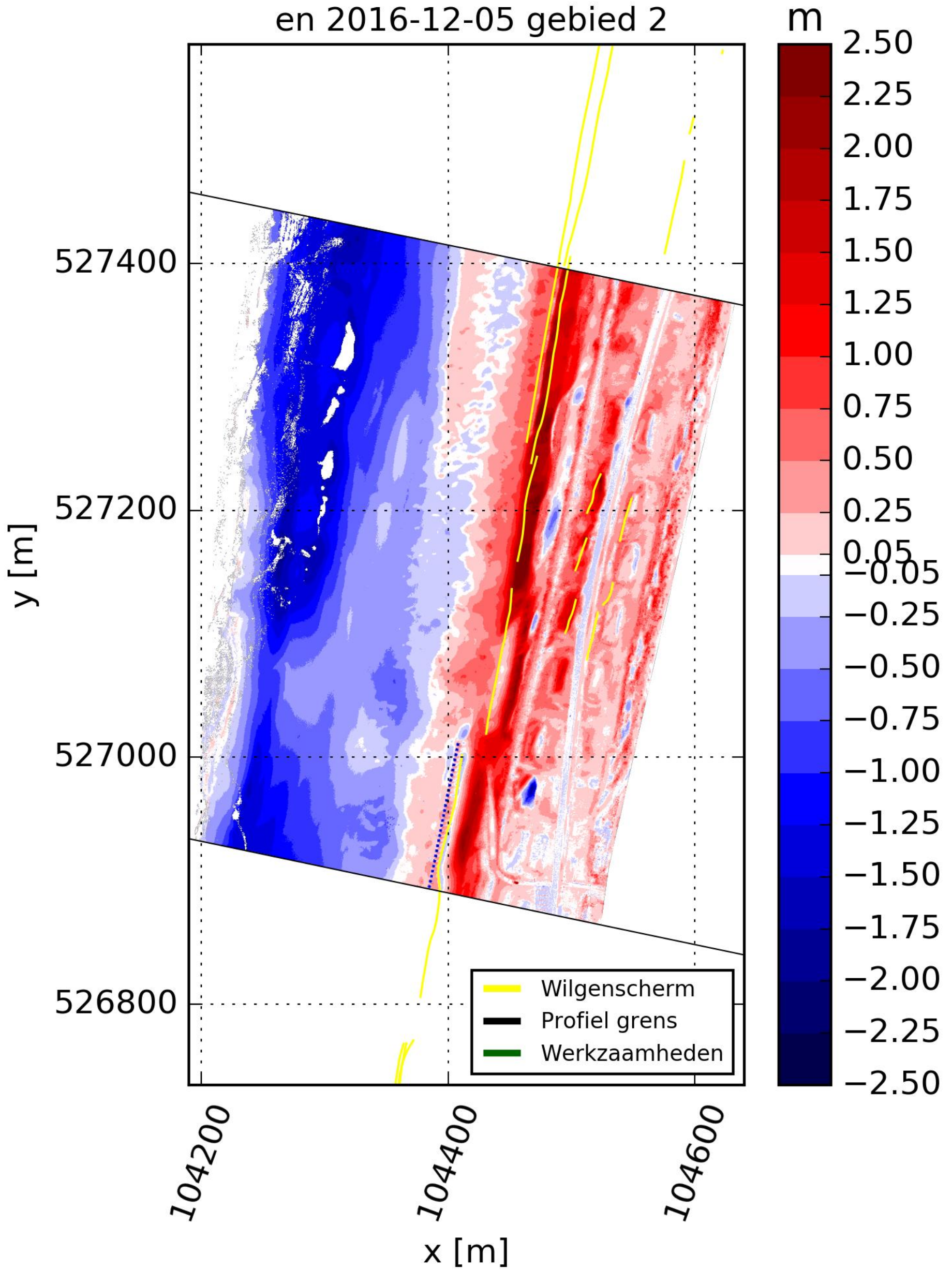
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 0



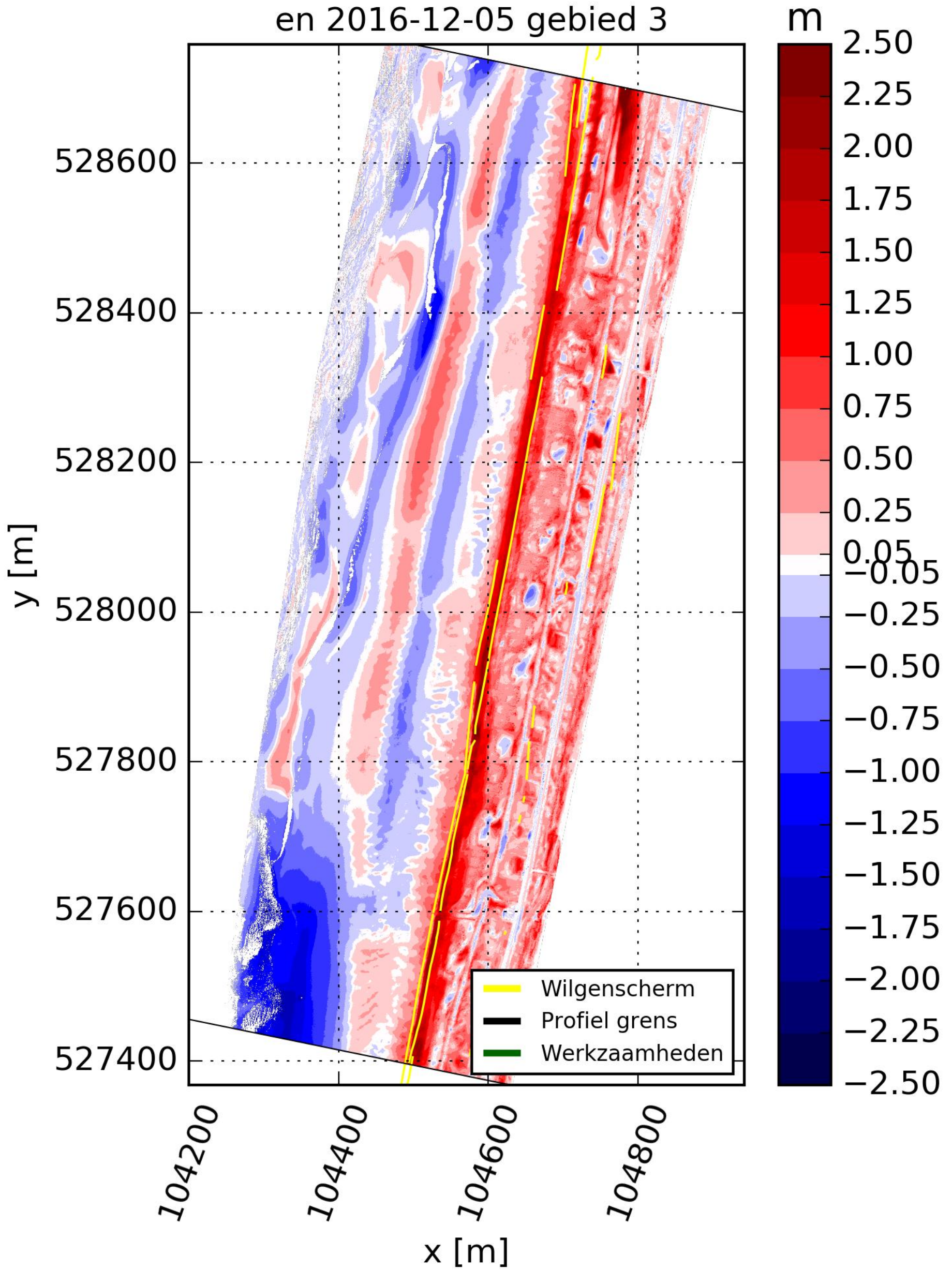
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 1



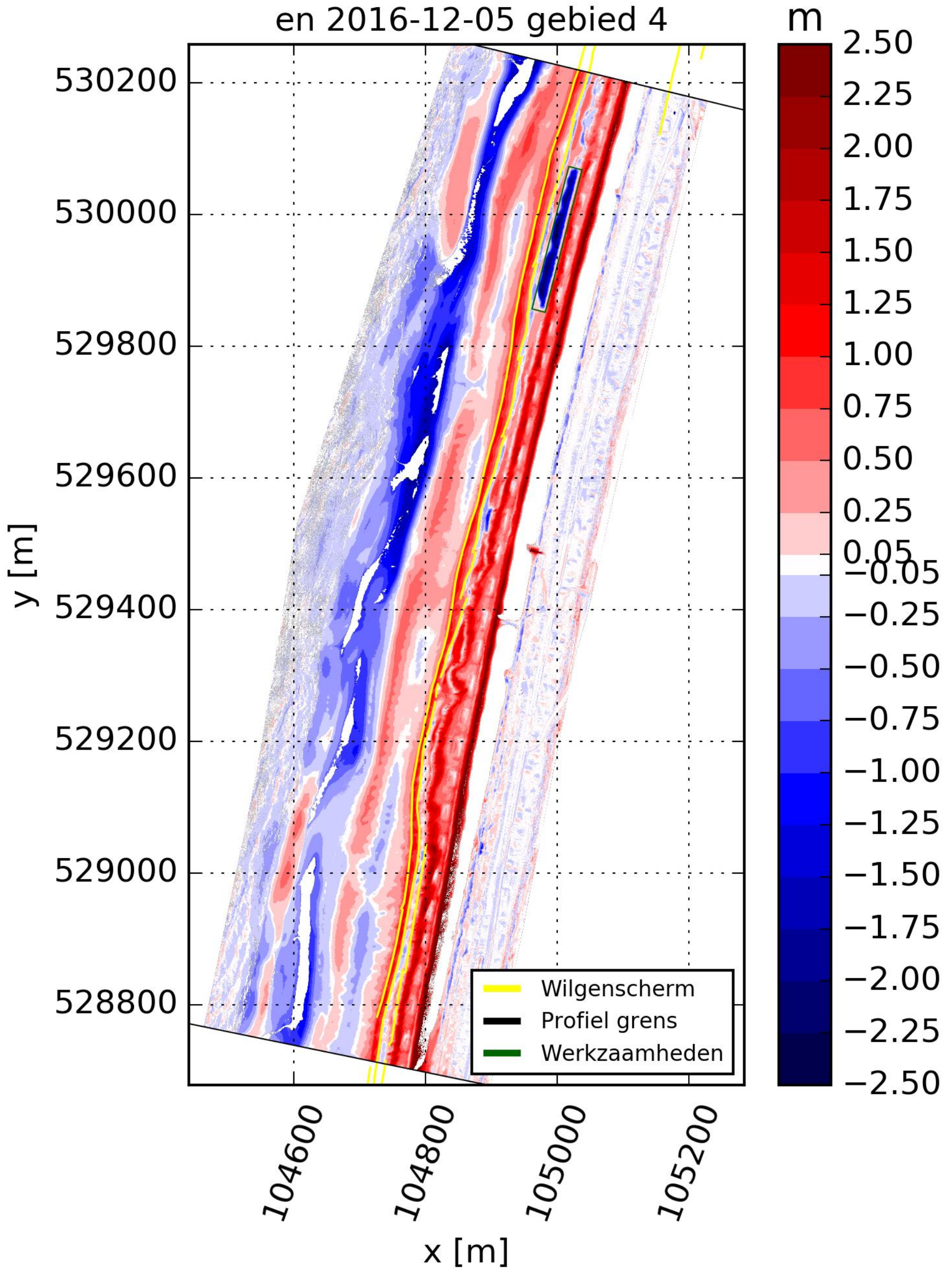
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 2



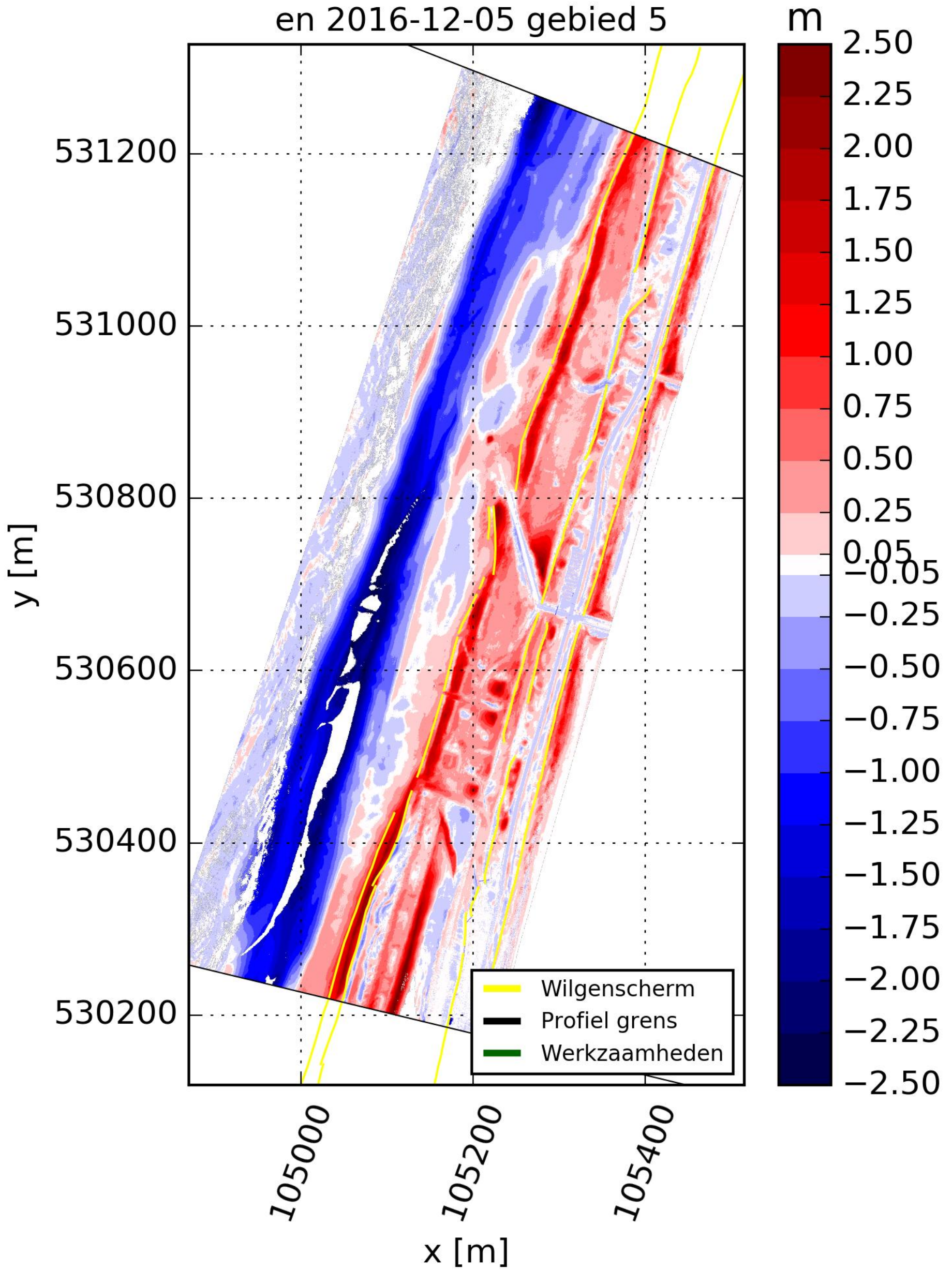
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 3



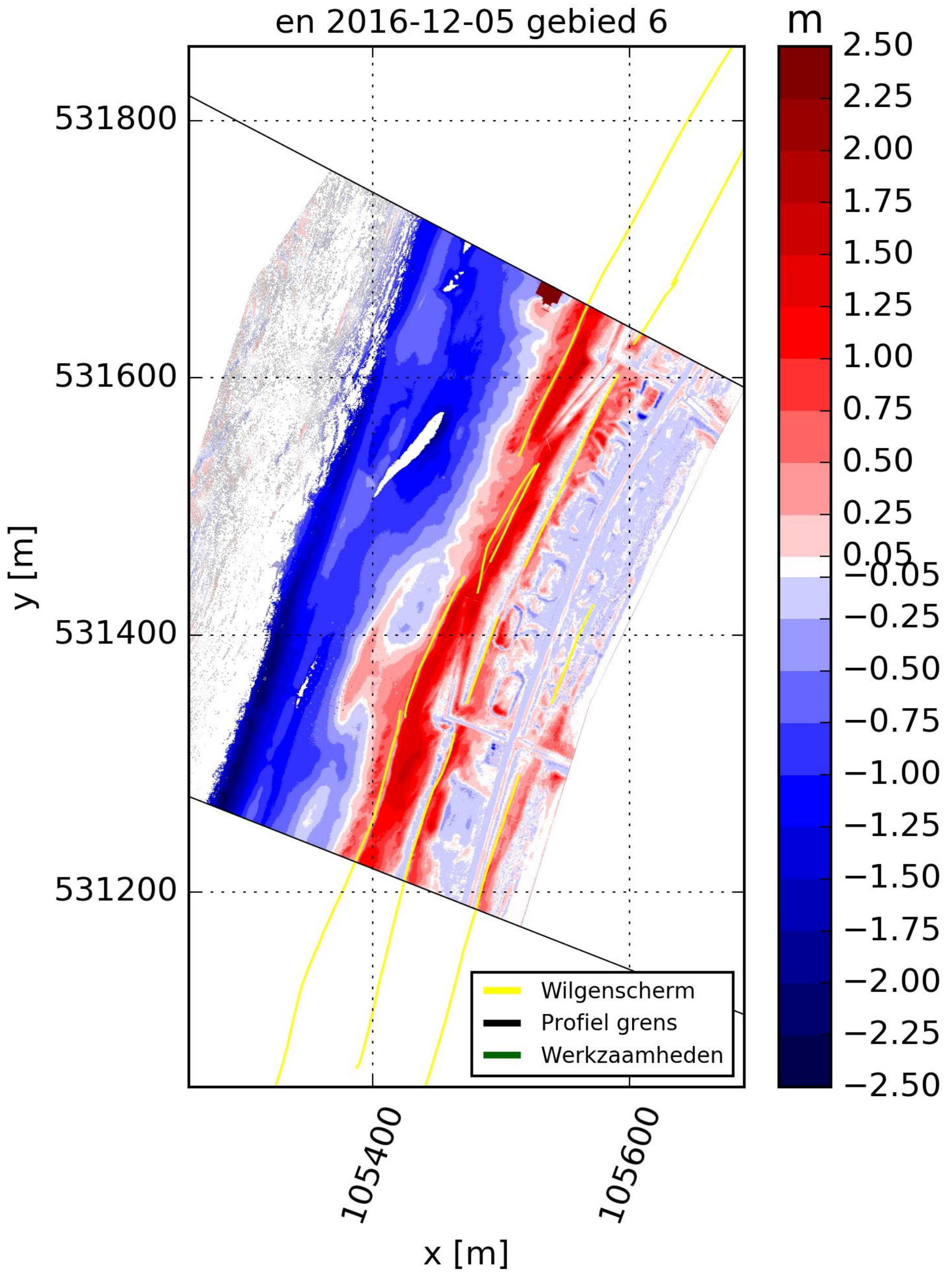
Vershil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 4



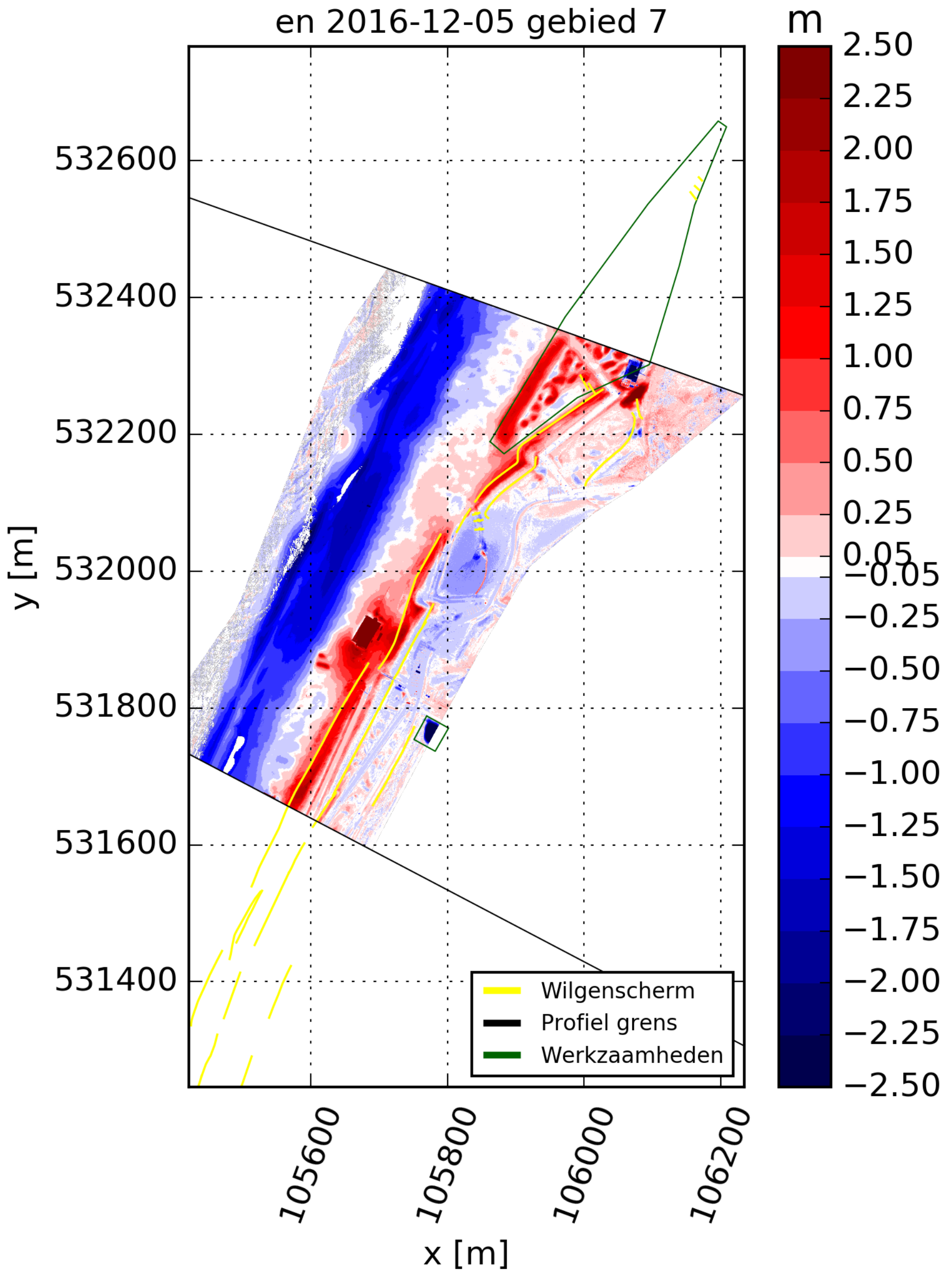
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 5



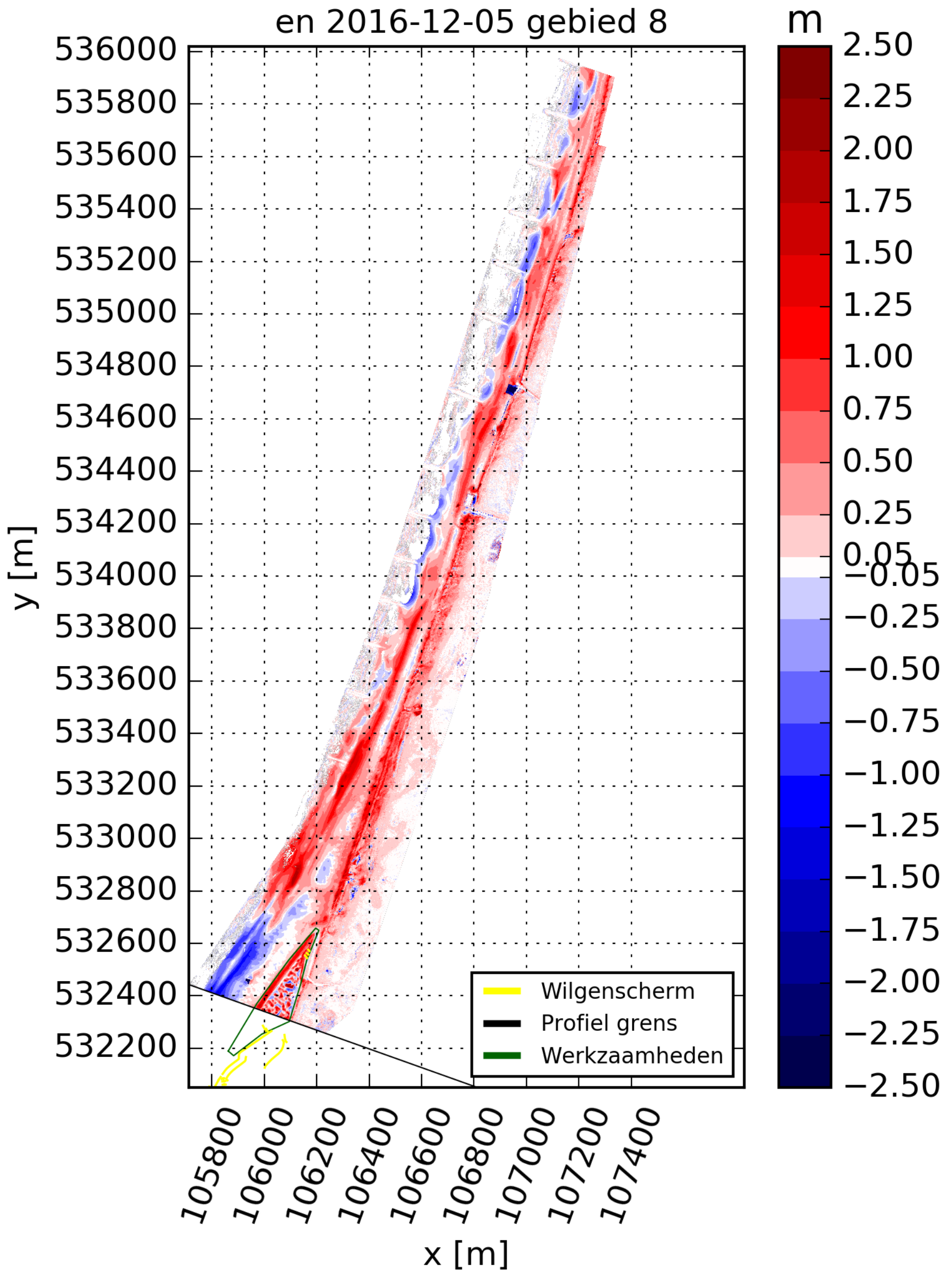
Verschil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 6



Vershil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 7

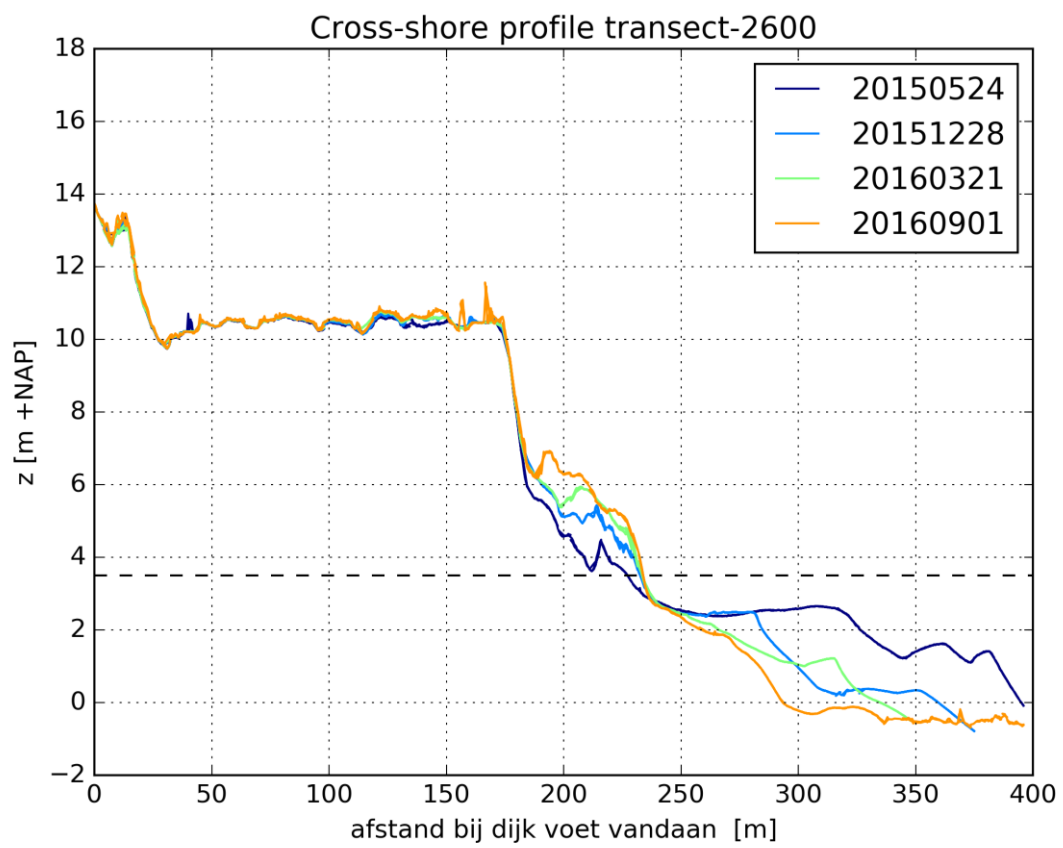
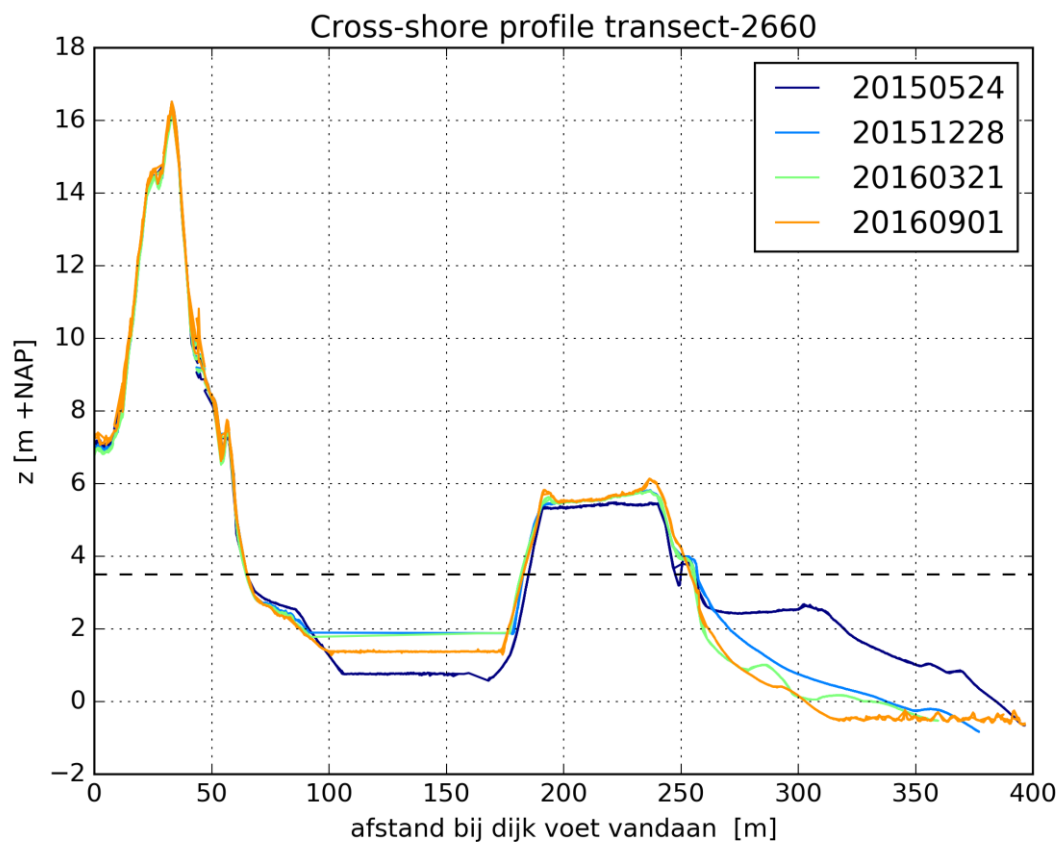


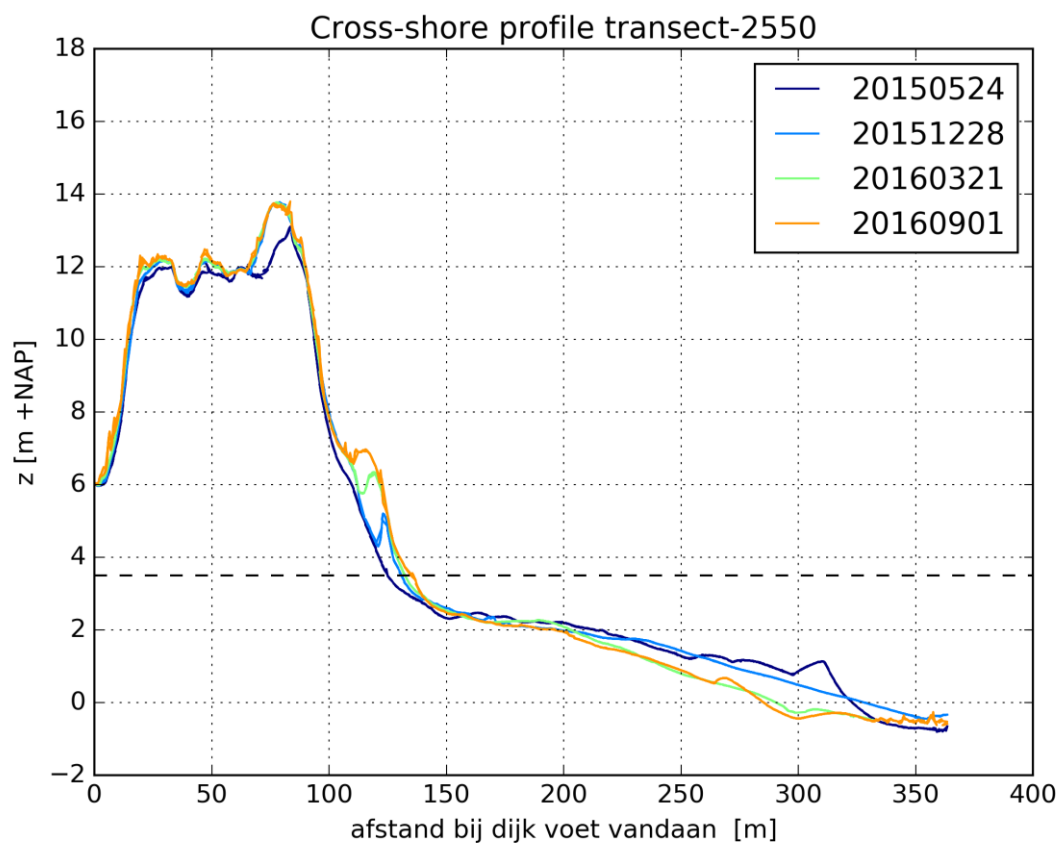
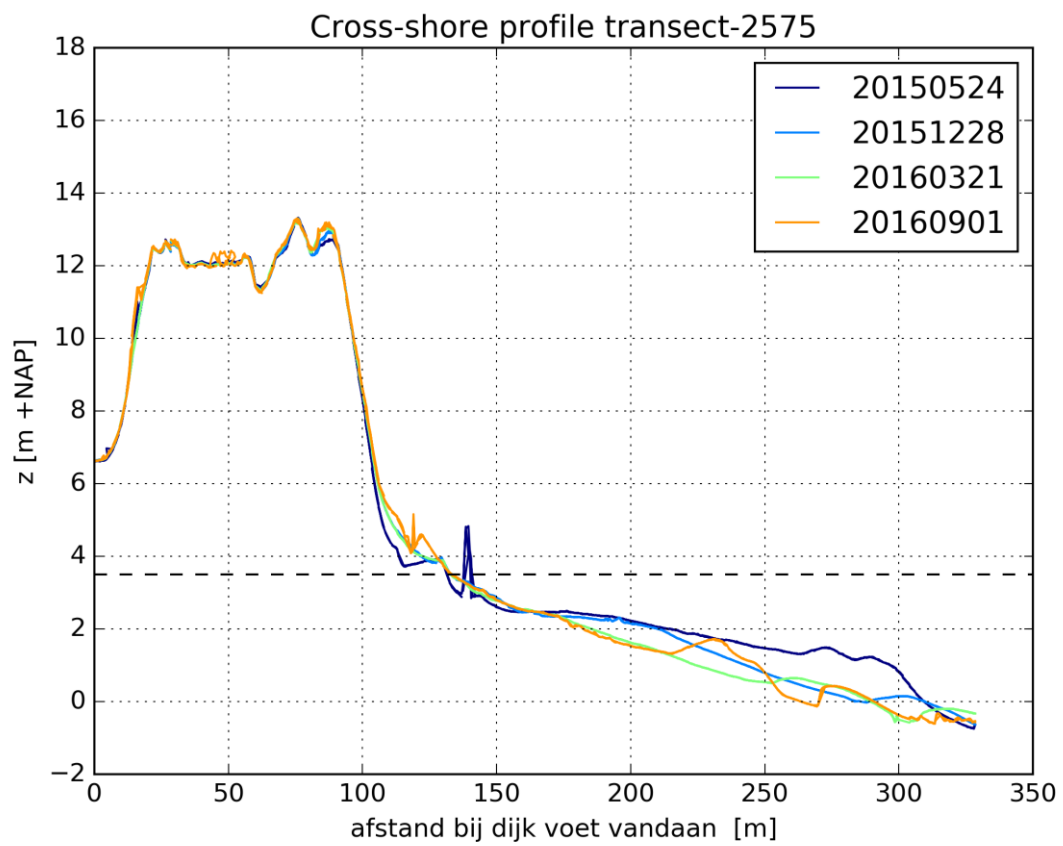
Vershil tussen 2015-05-24
en 2016-12-05 gebied 8

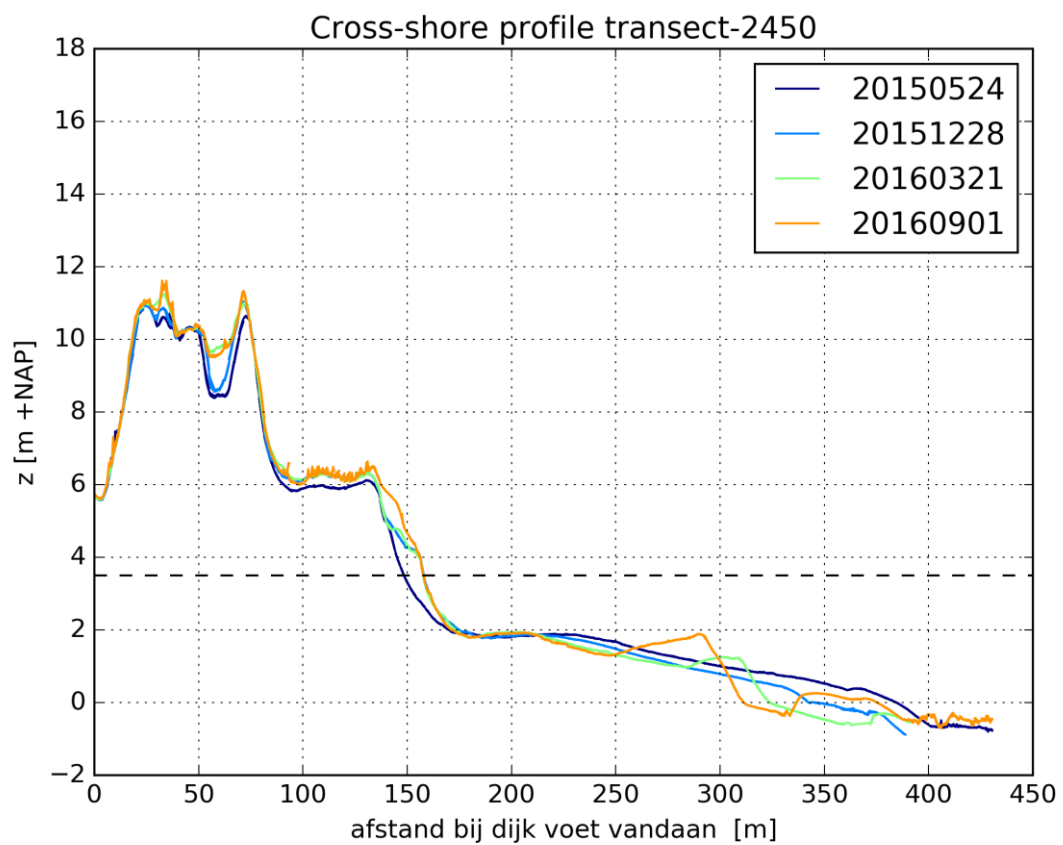
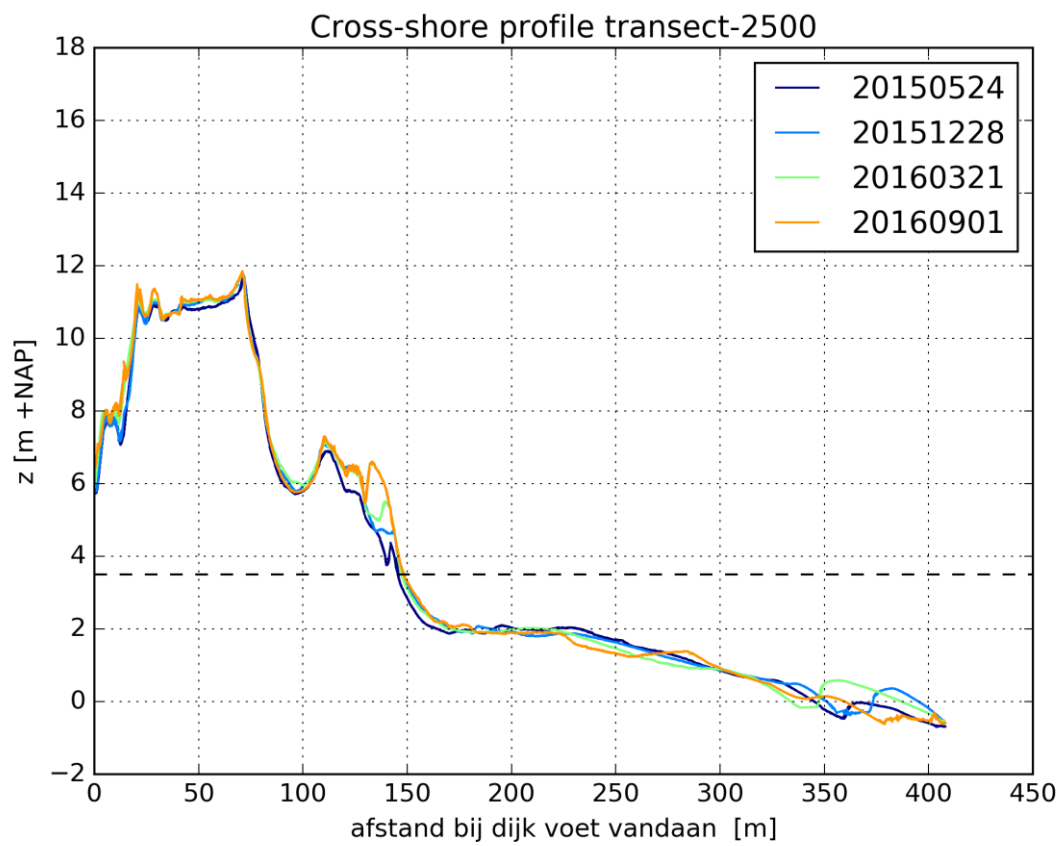


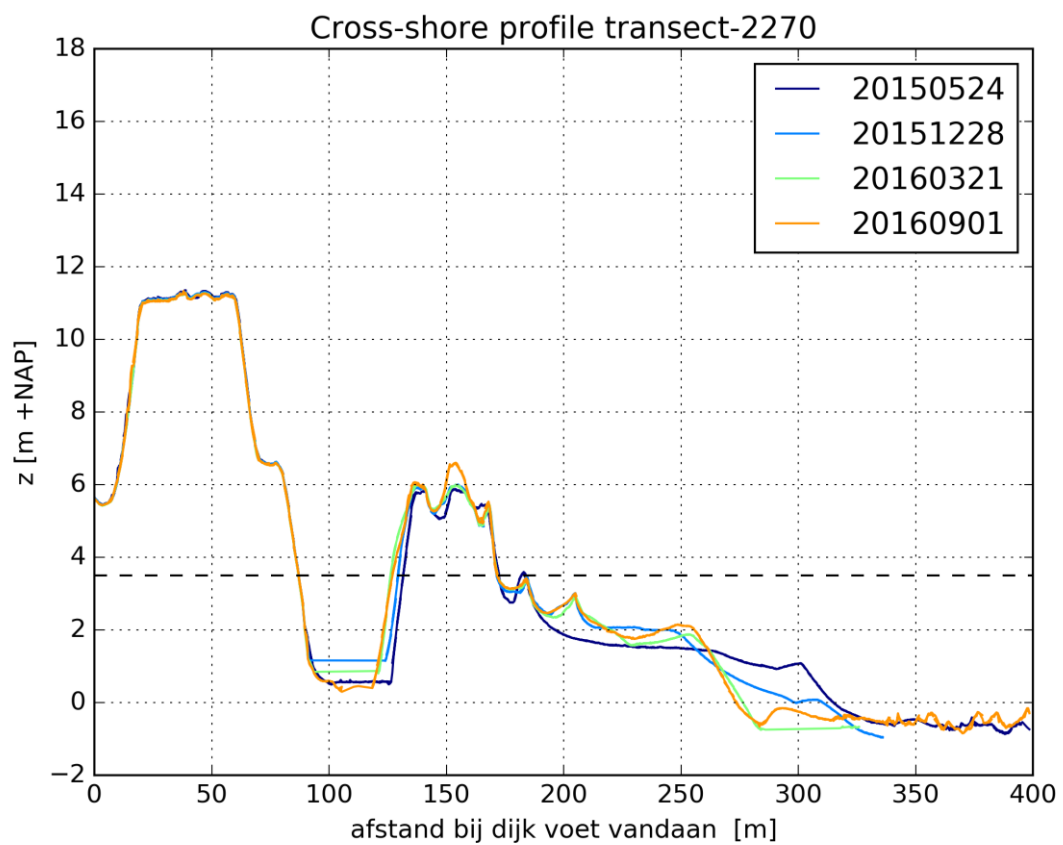
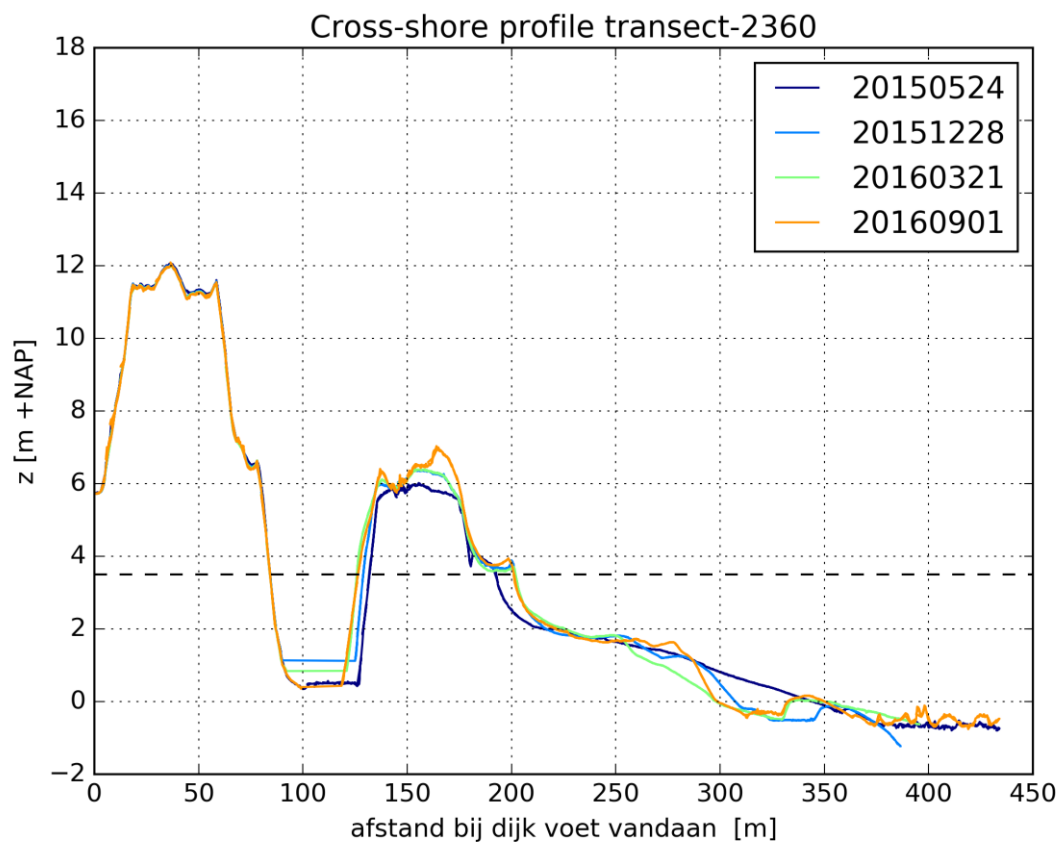
IV

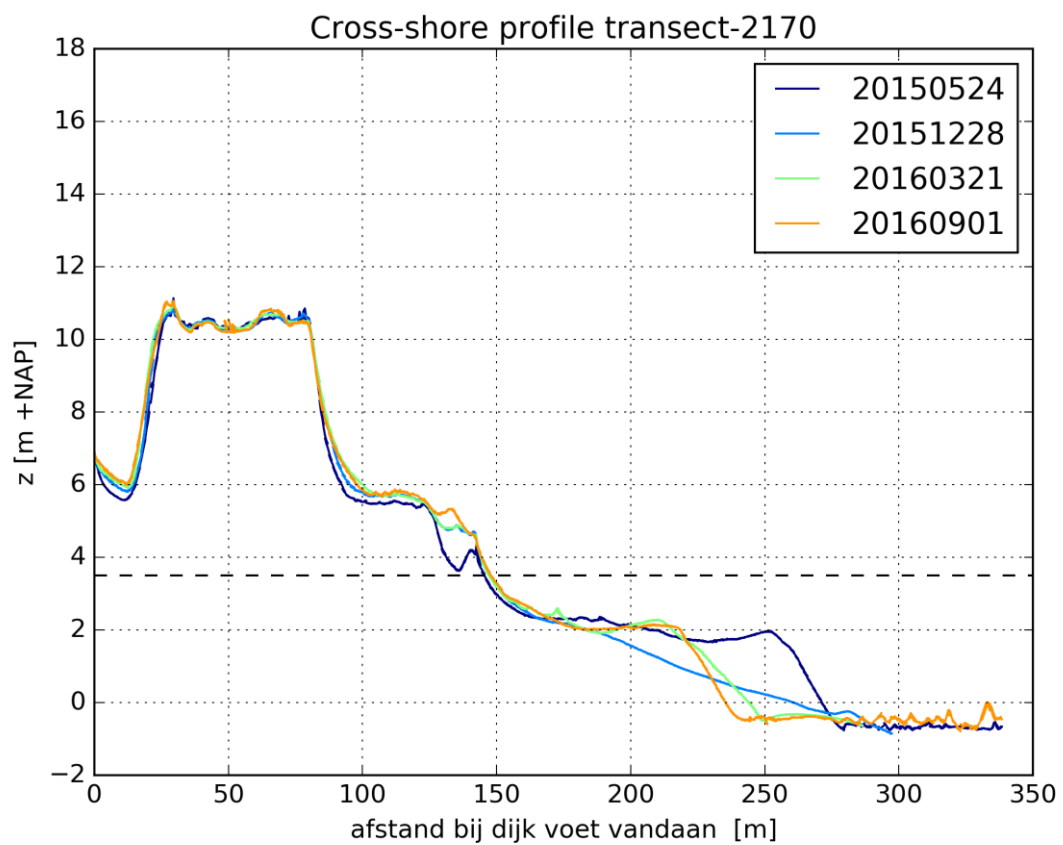
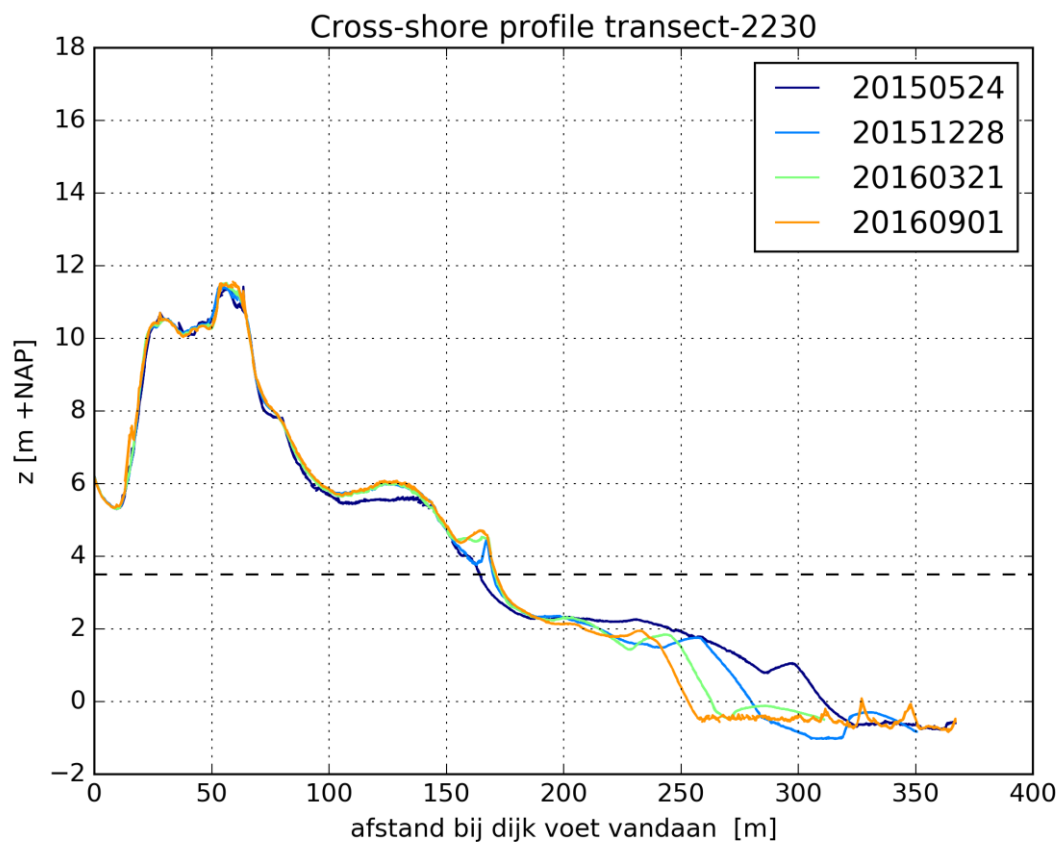
BIJLAGE: DWARSPROFIELEN

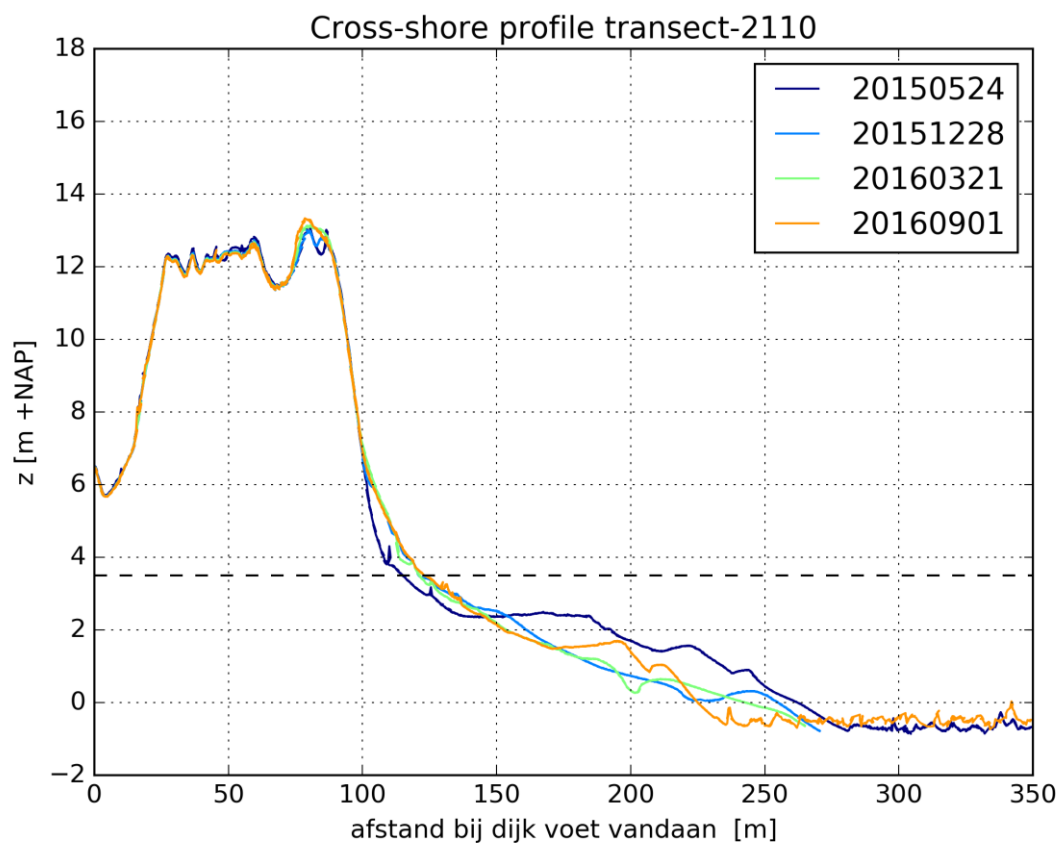
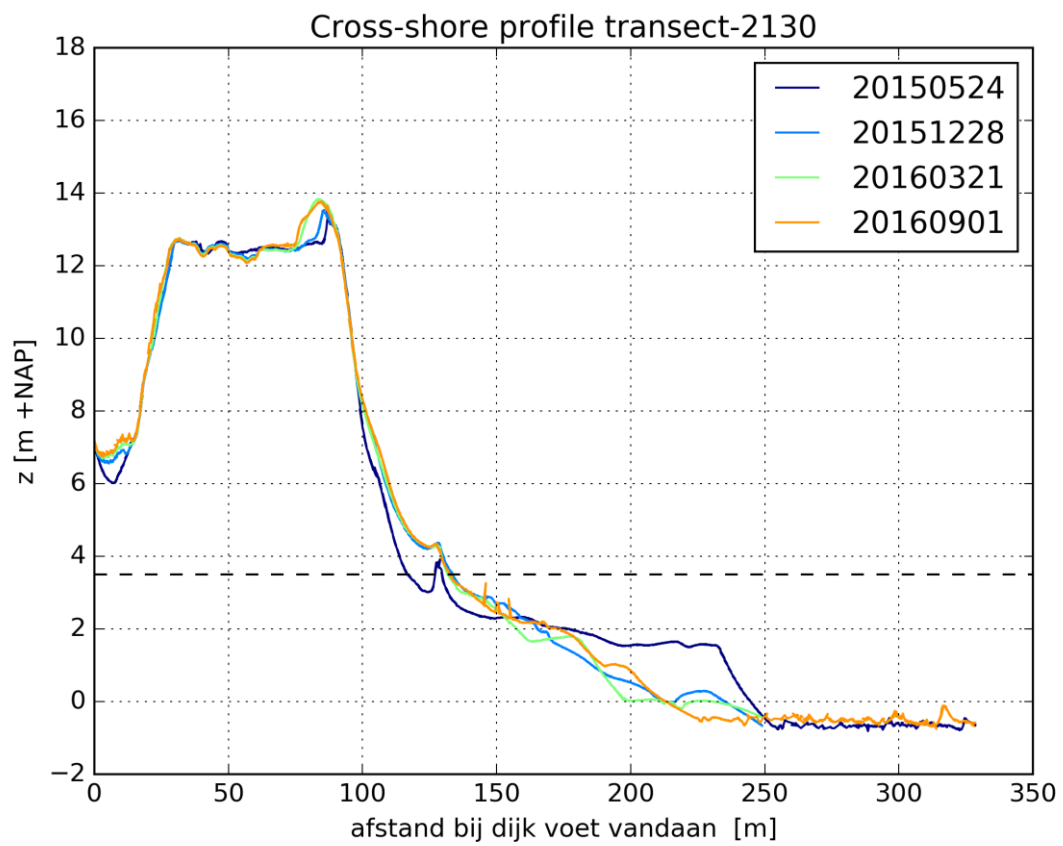


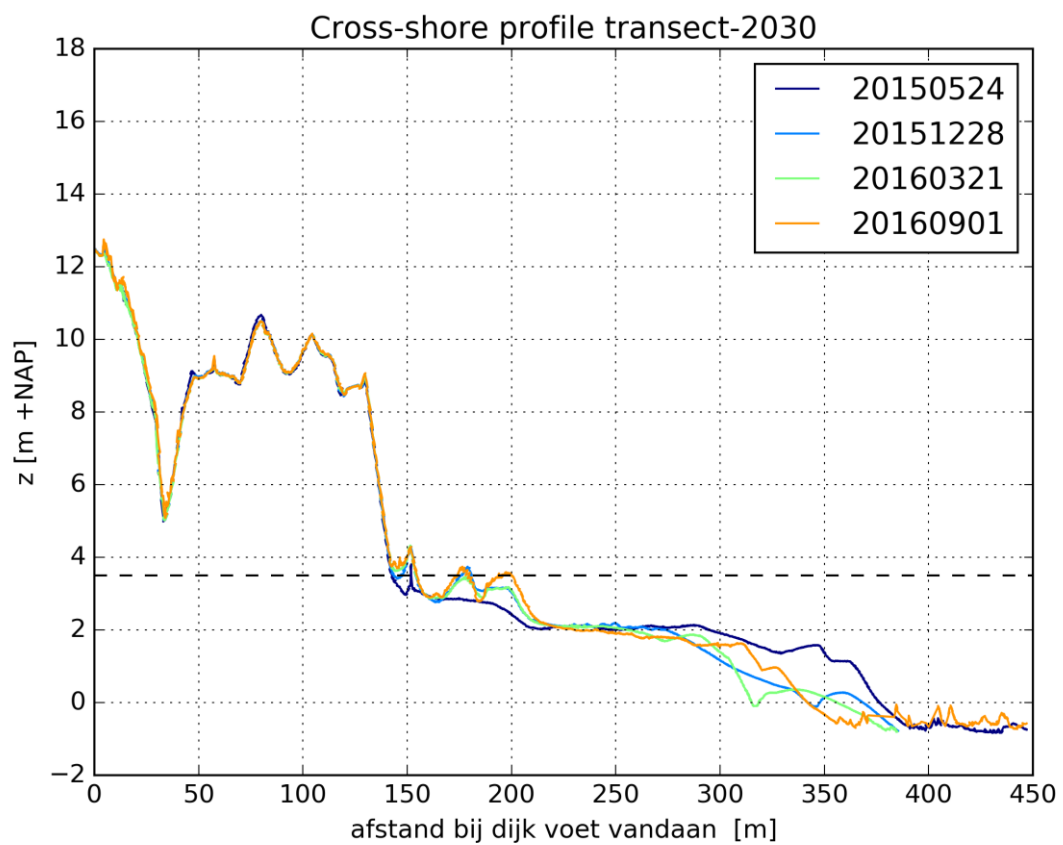
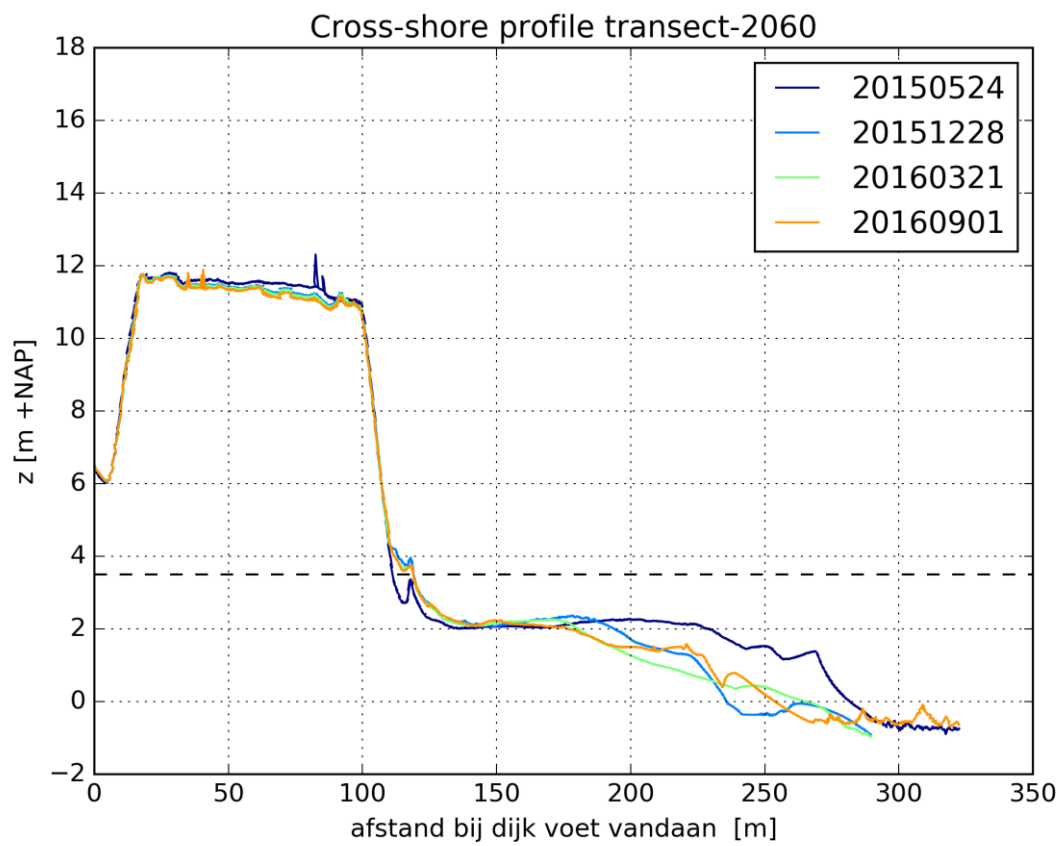






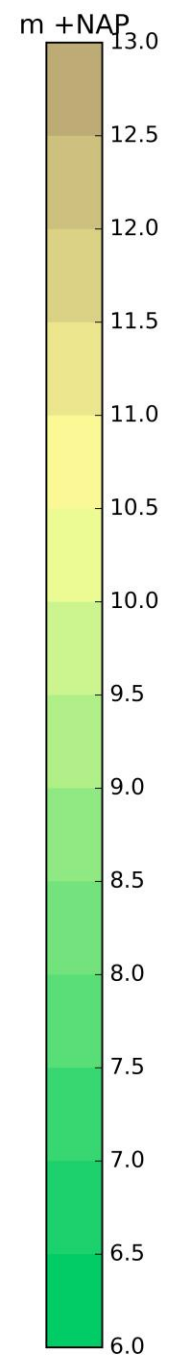
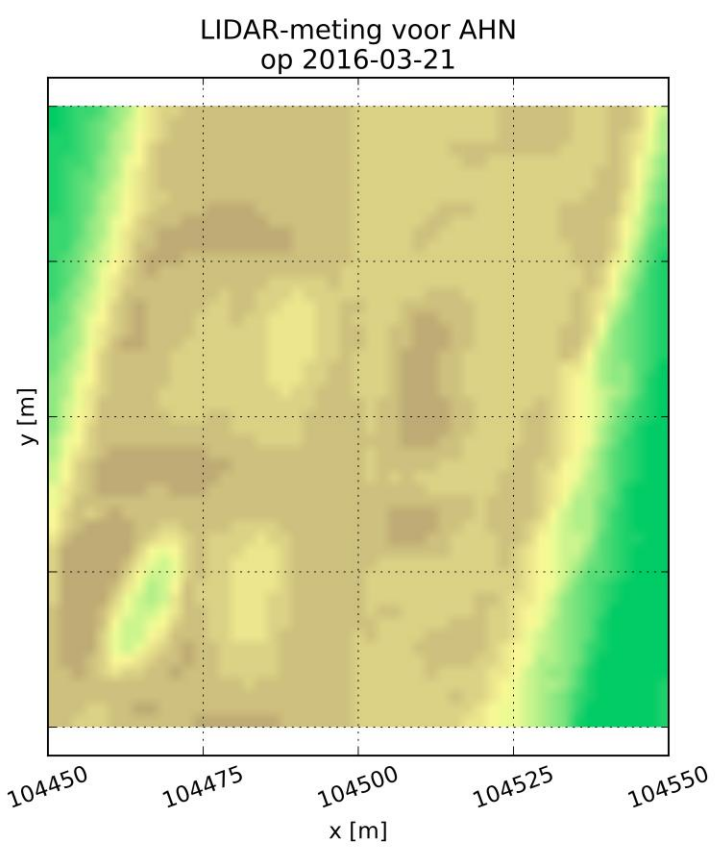
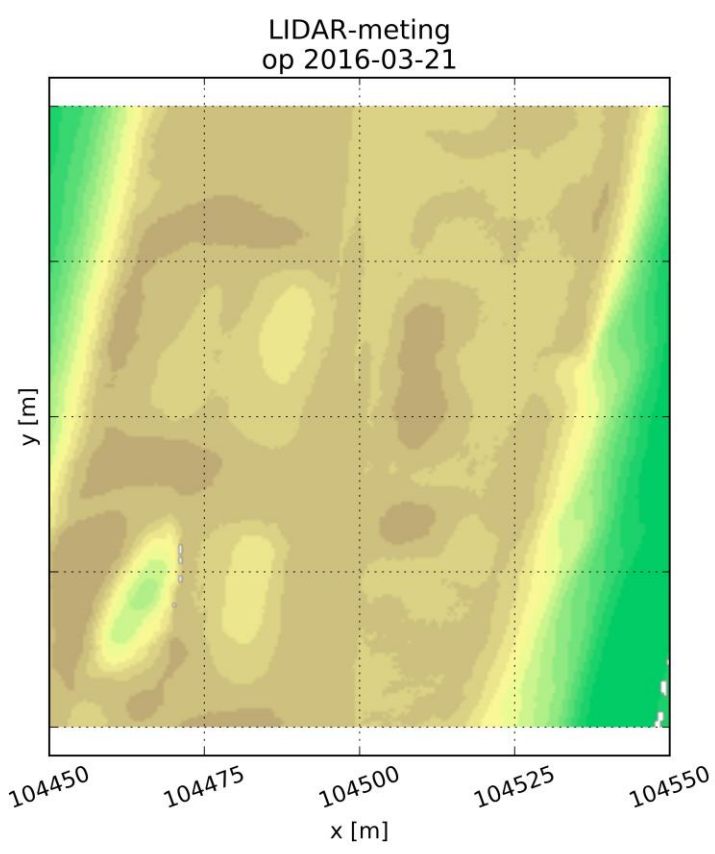
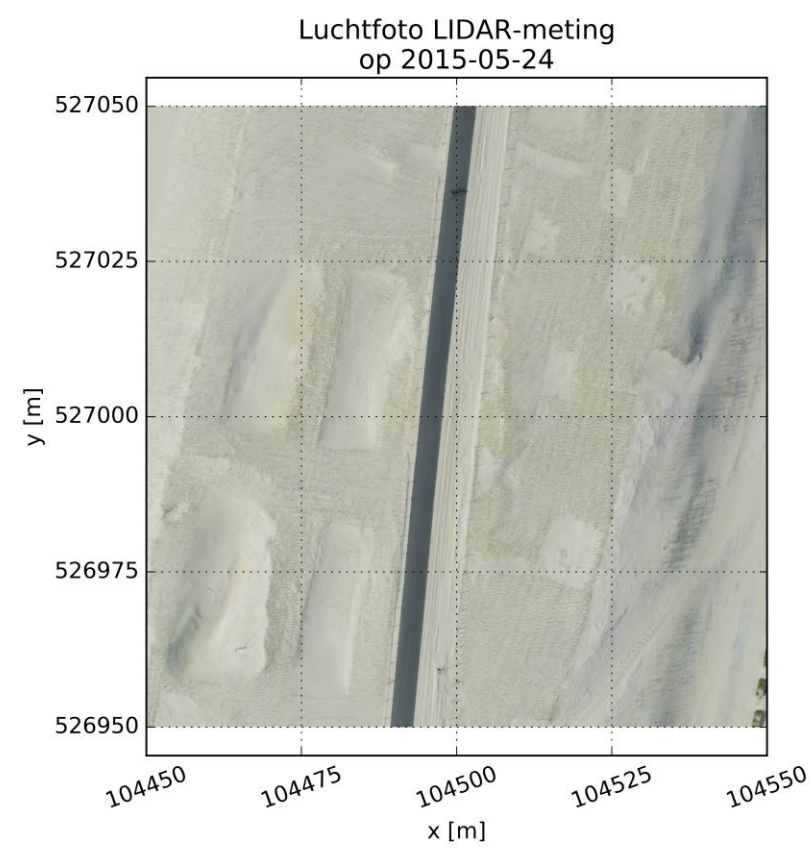
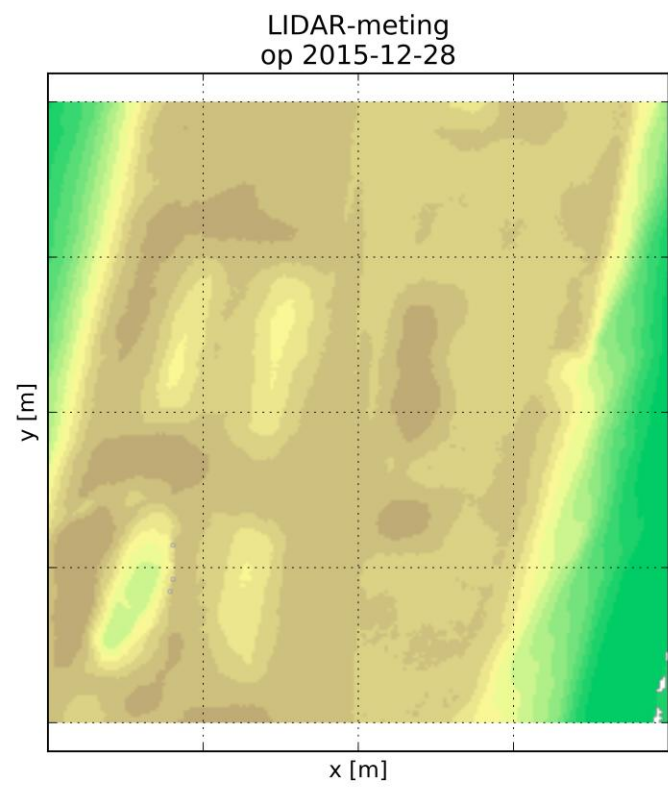
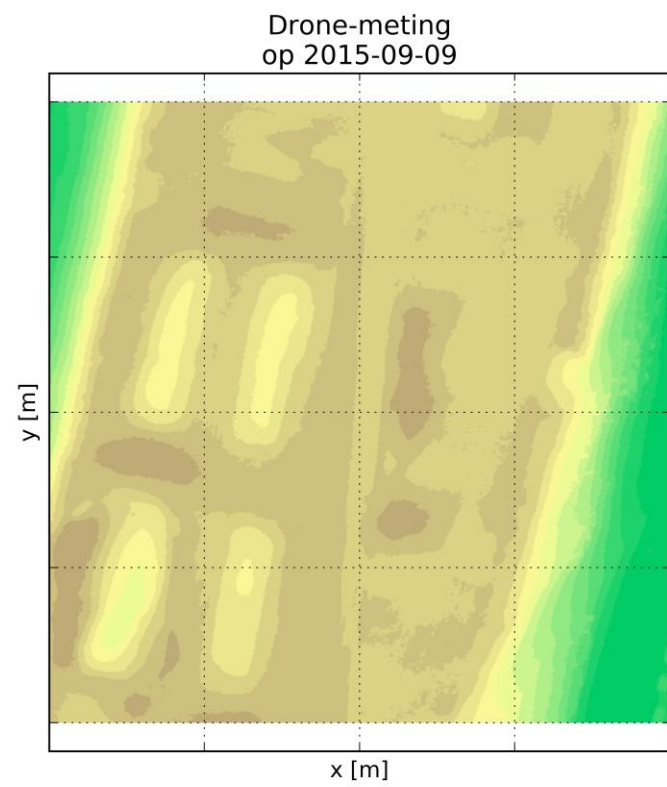
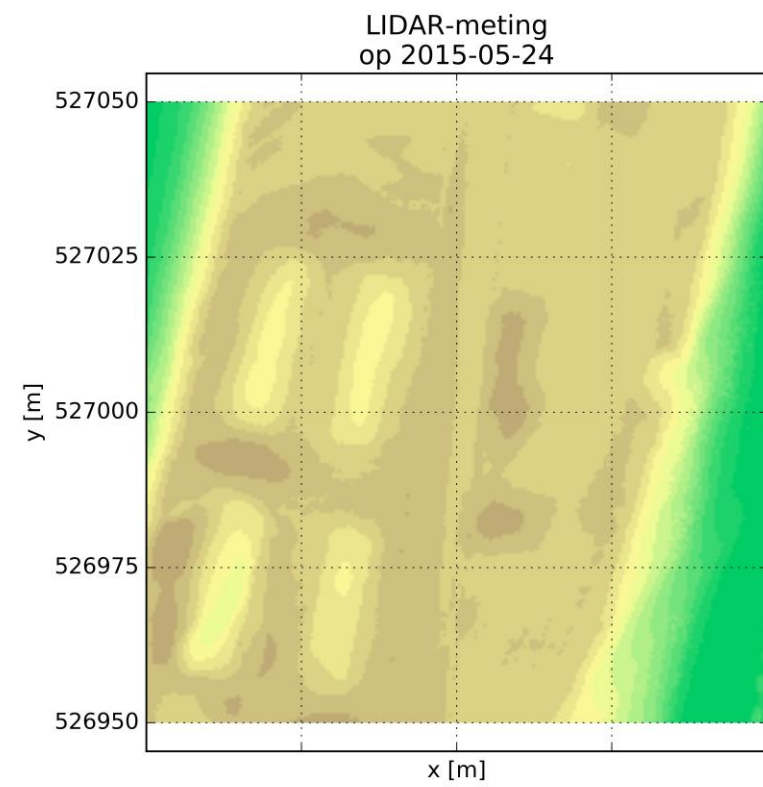








VERGELIJKING DRONE EN LIDAR METINGEN (RWS EN ECOSHAPE)



VI

BIJLAGE: MONITORING VEGETATIE

Innovatieproject Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ)

Monitoringsrapportage 2016

Smits, N.A.C., H.P.J. Huiskes, D. de Vries & A.T. Kuiters

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (Alterra) in opdracht van Ecoshape.

Wageningen Environmental Research (Alterra)
Wageningen, maand 2016

Rapport XXXX
ISSN 1566-7197

© 2016 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport | ISSN 1566-7197

Inhoud

Table of Contents

Inhoud	3	
1	Inleiding	6
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Doel	6
2	Methode	7
	2.1 Vegetatie	7
	2.1.1 Permanente proefvlakken	7
	2.1.2 Soortenlijst transecten & oude zeedijk	8
	2.2 Abiotiek	8
	2.3 Data analyse	8
	2.4 Globale vegetatiekaart	8
	2.4.1 Waargenomen eenheden en vegetatie	28
	2.4.2 Onderscheiden typen in de vegetatieopnamen	29
	2.4.3 Toebedeling proefvlakken aan Vegetatie van Nederland	29
	2.4.4 Technische data vegetatiekaart	30
	2.4.5 Werkwijze 2017 en verder	31
3	Resultaten	9
	3.1 Vegetatie	9
	3.1.1 Permanente proefvlakken	9
	3.1.2 Soortenlijst transecten & oude zeedijk	9
	3.2 Abiotiek	12
	3.3 Data analyse	13
	3.4 Globale vegetatiekaart	13
	17	
Literatuur	18	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is een innovatieproject aangegaan binnen het innovatieprogramma van Hoog Water Beschermings Programma 2 (HWBP2) rondom de versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ).

De HPZ is versterkt met een volledig zandige oplossing om de dubbele doelstelling, veiligheid én ruimtelijke kwaliteit, van het project te realiseren. Het ontwerp bestaat uit een zachte ondiepe vooroever (strand) met verschillende soorten duinhabitats. Deze gekoppelde systemen voorzien in de primaire veiligheid en realiseren tegelijkertijd de gevraagde ruimtelijke kwaliteit. Het project biedt een unieke kans om het realiseren van natuurdoelen met zachte oplossingen te bestuderen op grote schaal.

Het HPZ-innovatieproject bestaat uit drie hoofdonderwerpen: voorspelbaarheid habitatontwikkeling, ontwerpoptimalisatie en meewegen beleving. Voor de overkoepelende doelstelling van het innovatieproject wordt verwezen naar het Projectmanagementplan. Het voorliggende rapport beschrijft de activiteiten van Alterra met betrekking tot themalijn A: Voorspelbaarheid habitatontwikkeling. Bij habitatontwikkeling op een zandige versterking gaat het in de scope van het EcoShape HPZ project voornamelijk over het proces van zandvang en -verlies, de ontwikkeling van vegetatie, en de relatie daartussen.

Het gebied heeft de potentie zich te ontwikkelen in de richting van enkele waardevolle Natura 2000-habitattypen. Vanuit de opdrachtgever van de kustversterking is de eis gesteld dat de Natuurzone bij acceptatie van de aanleg maximale condities dient te bieden voor natuurontwikkeling van de duinvalleihabitattypen H2190A, 2190B en 2190D. Daarnaast kunnen zich delen van het duingebied potentieel ontwikkelen richting een aantal op Europees niveau vastgestelde en goed beschreven duin- en duinvalleihabitattypen. Deze vormen de referentie voor de ontwikkelingen op de HPZ. In het ontwerp zelf zijn geen concrete eisen aan de te ontwikkelen habitats gesteld, behalve rond de fysische randvoorwaarden van de duinvalleihabitats. Het scheppen van fysische randvoorwaarden is echter geen garantie voor het daadwerkelijk ontwikkelen van deze habitats, omdat biologische processen zoals verspreiding van biota ook een belangrijke rol spelen. Als gevolg daarvan zijn alleen schetsen en kansen voor het vestigen van planten- en diersoorten gegeven en is de onzekerheid rond de vraag hoe het habitat er na 4 en 20 jaar uitziet en welke soorten er dan in voorkomen zeer groot.

1.2 Doel

Het project biedt een unieke gelegenheid om te evalueren of de maatregelen, die als 'plus' ten opzichte van andere ontwerpen (mede) ten behoeve van het ecosysteem zijn uitgevoerd, inderdaad een positief effect op de ontwikkeling van het ecosysteem hebben. Zo zijn op de HPZ innovatieve elementen aangelegd om de ecologische kwaliteit van het duingebied te verhogen, zoals luwe laagtes, stuifschermen en een natte duinvallei. In de onderhavige rapportage worden alleen de resultaten van de vegetatiemonitoring (2016) weergegeven, alsmede een globale vegetatiekaart van de natuurzone in 2016.

2 Methode

2.1 Vegetatie

Voor de onderzoeksvraag of de beoogde habitats zich daadwerkelijk ontwikkelen, zijn in 2015 vijf transecten aangelegd waarvan we in 2015-2016-2017-2018 per transect een soortenlijst maken van de voorkomende soorten. Vanaf 2016 worden in totaal 50 pq's vastgelegd die in 2016-2017-2018 zullen worden gemonitord. We zoomen hierbij met name in op de beoogde habitats strand, duin, aangeplant duin, struweel en oever (beoogd wordt een duinvallei).

2.1.1 Permanente proefvlakken

De vegetatie van het gebied is in kaart gebracht door middel van vijf transecten, met elk een aantal permanente kwadraten (ruimtelijk vastgelegde vaste proefvlakken). De binnenste twee van deze raaien (nummer 3 en 4, die de duinvallei doorkruisen) bevatten twaalf permanente kwadraten, de andere drie transecten bestaan uit acht permanente kwadraten. Aan weerszijden van de duinvallei (noord en zuid, zie Figuur 1) zijn twee extra permanente kwadraten uitgezet. De permanente proefvlakken zijn uitgezet in de verschillende aanwezige habitats (strand, duin, aangeplant duin, struweel, oever) om een volledig beeld van de vegetatie in het onderzoeksgebied te krijgen. De permanente proefvlakken zijn gemarkeerd met behulp van 'worteltjes' (elektrische spoeltjes), zodat ze volgende jaren weer eenvoudig teruggevonden kunnen worden. Ook is elk proefvlak ingemeten met een Differential Global Positioning System (DGPS). De coördinaten van de punten staan weergegeven in Bijlage 1. Met het door de DGPS gemeten punt als middelpunt is een cirkel uitgezet van 4m² (straal≈ 1,13m). Binnen deze cirkel is de totale bedekking van de vegetatie bepaald, evenals de eventuele bedekking van dood materiaal. Vervolgens zijn alle soorten in het plot gedetermineerd en is de bedekking per soort ingeschat (Londo schaal; Bijlage 2).



Figuur 1 Onderzoeksgebied met de raaien (vijf transecten) en permanente kwadraten (rode puntjes). De nummers van de proefvlakken lopen steeds op van het strand naar de oude zeedijk.

2.1.2 Soortenlijst transecten & oude zeedijk

Naast de vegetatieopnames zijn per transect ook de aangetroffen plantensoorten genoteerd. Verder is een soortenlijst gemaakt van de vegetatie voorkomend op de oude zeedijk. Deze dijk valt weliswaar niet binnen het onderzoeksgebied, maar is floristisch interessant, omdat soorten van hier zich eenvoudig kunnen verspreiden naar het onderzoeksgebied.

Op 13 t/m 16 september 2016 is het veldwerk uitgevoerd.

2.2 Abiotiek

In elk permanent kwadraat is in 2016 een bodemonster genomen om zo een beeld te krijgen van de chemische samenstelling van de bodem. Met een grondboor zijn tien submonsters van de bovenste 10 centimeter van de bodem – verspreid over het gehele proefvlak – genomen en samengevoegd tot één monster per plot. De monsters zijn vervolgens opgeslagen in gelabelde plastic zakken tot de analyse.

De bodemanalyse is uitgevoerd door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem in Wageningen. Monsters werden na aanlevering eerst gedroogd op 40°C, gezeefd (2 mm, om schelpfragmenten eruit te halen) en colloïd gemalen (50 µm, om een egaal monster te krijgen). Vervolgens zijn de volgende analyses uitgevoerd: carbonaat, organische stof en droge stofgehalten, pH-H₂O en pH-CaCl₂, destructie HNO₃-HCL (voor bepaling: totaal Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na en P), extractie 0,01M CaCl₂ (voor bepaling: uitwisselbaar Al, Fe, K, Mg, Mn, Na en P, evenals NH₄, NO₃+NO₂ en PO₄), P-Olsen (PO₄) en LECO (C en N elementair).

2.3 Data analyse

De vegetatiegegevens zijn ingevoerd in Turboveg (Hennekens & Schamineé 2001) en na identificatie met Associa (van Tongeren et al. 2008) in Juice (Tichy 2002) geëxporteerd. Hierbij wordt de ontwikkeling van de verschillende habitats (strand, duin, aangeplant, kale duin, struweel en oever kunstmatige duinvallei) separaat onderzocht. Wanneer de vegetatieontwikkeling verder op gang is gekomen, zal met behulp van vegetatieanalyse programma's de trend in de ontwikkeling worden gevolgd (o.a. Twinspan/Canoco).

De vegetatieontwikkeling in 2016 is nog in een dusdanig pionierstadium, dat verdere analyse vooralsnog weinig zinvol is. Voor de komende jaren is de bedoeling om met het informatiesysteem SynBioSys de abiotische randvoorwaarden voor habitattypen te vergelijken met de huidige vegetatie. Hierbij kan de Landelijke Vegetatie Databank worden ingezet als referentie voor de gewenste plantengemeenschappen.

2.4 Globale vegetatiekaart

In opdracht van Van Oord wordt er jaarlijks in oktober een globale vegetatiekaart opgeleverd. Voor de volledigheid (deze kaart behoort niet tot het oorspronkelijke Ecoshape-projectplan) is deze ook in bijgaande rapportage opgenomen. In Bijlage 5 staat de werkwijze en technische data voor deze vegetatiekaart toegelicht.

3 Resultaten

3.1 Vegetatie

Opvallend, maar ook logisch is dat er in 2015, net na de aanleg, nog zeer weinig plantensoorten voorkomen in de natuurzone van de Hondbossche en Pettemer Zeewering. In grote lijnen zijn strand, duinen, aangeplant struweel en oeverzone op basis van hun ligging te onderscheiden, maar er is meer tijd nodig voordat de vegetatie zich ook daadwerkelijk in deze verschillende onderdelen van het terrein zal ontwikkelen.

3.1.1 Permanente proefvlakken

De vegetatiegegevens zijn ingevoerd in Turboveg en naar Juice geëxporteerd. Hierbij zijn de verschillende habitats (strand, duin, aangeplant, kale duin, struweel en oever kunstmatige duinvallei) in aparte kolommen weergegeven (Tabel 1). Verdere identificatie (Associa, Twinspan, Canoco) heeft voor de huidige pionierfase nog weinig toegevoegde waarde en zal in latere jaren plaatsvinden.

3.1.2 Soortenlijst transecten en oude zeedijk

In 2015 is een soortenlijst van het onderzoeksgebied gemaakt. Deze is toegevoegd aan de tabel met soortgegevens van 2016, zodat een vergelijking in de gemaakt kan worden. De tabel is geplaatst in Bijlage 3. In 2016 zijn er 59 soorten aangetroffen in het gehele onderzoeksgebied, dat zijn er 38 meer dan het jaar daarvoor. De 'nieuwe' soorten lijken niet afkomstig van de dijk. Vooral op de oever van de aangelegde duinvallei hebben zich nieuwe soorten gevestigd, waarvan een aantal niet eerder is waargenomen. Ook op het niveau van transecten zien we een trend in de aantallen tussen 2015 en 2016. Op transect 1 na hebben alle transecten meer soorten dan vorig jaar. Het soortenaantal van transect 1 is opvallend laag. In 2016 zijn hier slechts 10 soorten waargenomen, wat een stuk lager is dan het aantal aanwezige soorten (16) in het jaar daarvoor. Er kwamen toen vooral meer ruderaal soorten voor in het aangeplante struweel.

Vooral de oever aan de noordkant maakt een interessante ontwikkeling door. Werd hier in 2015 nog maar 1 soort gevonden, nu zijn dat er 18. Verschillende brakke (deels duinvallei-) soorten hebben hun plekje gevonden aan deze kant van de oever, zoals gerande schijnspurrie (*Spergularia media*), kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*), stekend loogkruid (*Salsola kali*), lamsoor (*Limonium vulgare*), goudknopje (*Cotula coronopifolia*) en spiesmelde (*Atriplex prostrata*). Zelfs kleine exemplaren van blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*) zijn gevonden, maar deze lijken gezaaid. Aan de zuidkant van de oever hebben zich nog weinig soorten gevestigd, met enkel zeeraket (*Cakile maritima*) als nieuw gevestigde soort.

Voor de jaren 2015 en 2016 is ook een lijst met soorten op de oude zeedijk gemaakt, zie hiervoor Bijlage 4. In 2016 zijn in totaal 64 soorten waargenomen op de zeedijk, dit zijn er 14 meer dan het jaar daarvoor. Alle transecten, op transect 3 na, volgen deze positieve trend. Er is geen opvallende verandering in soortensamenstelling te duiden.

Tabel 1 Vegetatiesamenstelling (permanent kwadraat) per onderzocht habitat

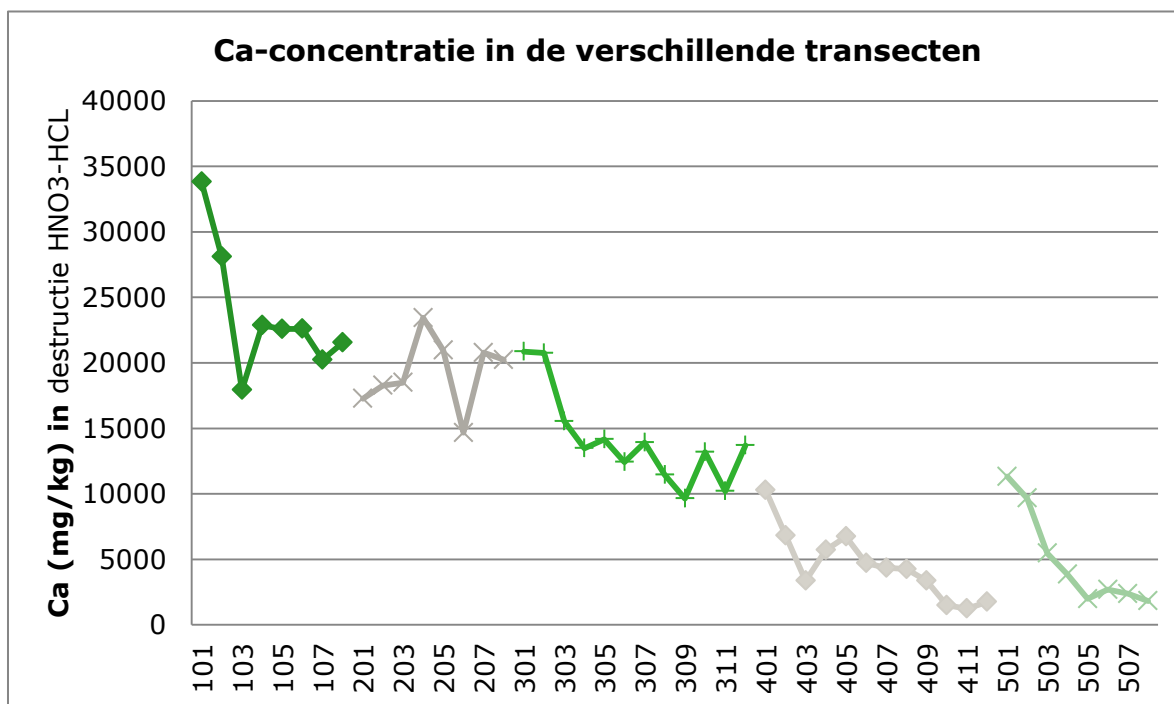
	Strand					Ingeplante duinen					Duinen, niet ingeplant					Aangeplant struweel					Oever																																					
raai nr	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	1	1	1	2	2	3	4	5	5	5	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	3	3	3	3	4	4	4	4	0	0							
ppqvolgnr	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4	6	4	5	4	3	4	5	3	5	3	6	3	5	6	4	5	6	6	7	8	7	8	8	7	7	8	7	8	9	10	11	12	9	10	11	12	0	2								
Cakile maritima	2	.	2									
Ammophila arenaria	.	2	.	r	r	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	r	r	r	.	+	+	2	.	2	r	.	.	2	.	+	3	r	r	2	2	.	+	.	r									
Elytrigia juncea s. boreoatlantica	.	2	.	2	.	2	.	2	2	r	.	.	.	2	2	.	2	.	.	r	2									
Festuca arenaria	r	.	2									
Hippophae rhamnoides	2	2	3	3	3	2	.	.	.	3	.	.	2	2	.
Sambucus nigra									
Rosa canina s.l.									
Holcus lanatus									
Cirsium species									
Taraxacum species									
Crataegus monogyna									
Lolium perenne									
Elytrigia repens									
Tripleurospermum maritimum									
Rosa rubiginosa s.l.									
Bromus hordeaceus									
Senecio vulgaris									
Sonchus arvensis									
Plantago coronopus									
Sonchus oleraceus									
Senecio inaequidens									
Atriplex prostrata									
Agrostis stolonifera									
Hypochaeris radicata									
Spergularia media									
Cotula coronopifolia									
Honckenya peploides	r									
Cirsium vulgare									
Ligustrum vulgare									
aantallen gevonden soorten	1	2	1	2	0	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	1	2	1	2	4	0	0	0	0	0	1	1	2	0	6	4	4	4	4	2	0	1	2	9	7	2	2	3	8	3	1	2	8	3	1								

3.2 Abiotiek

Het carbonaatgehalte (%CaCO₃, berekend uit de gemeten totaalgehalten aan C en Ca-waarden) bedroeg gemiddeld 2,6%, maar varieerde sterk tussen de monsterlocaties van 0,2-8,1%. In de kalkarme duinen bedraagt het kalkgehalte doorgaans 0,5-2%. (vergelijk kalkrijke duinen: 2-10%). De gemeten gehalten lagen voor het merendeel boven de 2% en konden daarmee worden getypeerd als redelijk kalkrijk zand. Er was binnen de meeste transecten sprake van een geleidelijk afnemende gradiënt van zuid naar noord in het kalkgehalte van het zand (Figuur 2). Een mogelijke verklaring is dat het opgebrachte zand afkomstig is uit verschillende dieptes binnen een winningsput, waarbij de oppervlakkige lagen van de winningsput (met de meeste schelpfragmenten) in het zuiden zijn opgebracht en richting het noorden zand is opgebracht uit steeds diepere lagen van de winningsput.

Het totaalgehalte aan calcium (en C) was positief gecorreleerd aan de totaalgehalten van veel van de andere gemeten elementen (Mg, P, K, Mn, Al en Fe). Het aandeel organische stof is bepaald door middel van gloeiverlies in een moffeloven, waarbij slechts twee monsters (307 en 406) de aantoonbaarheidsgrens overschreden. Organische stof kon dus bijna nergens worden aangetoond. De aanwezige Calcium is waarschijnlijk grotendeels als CaCO₃ aanwezig (daarnaast kunnen wellicht ook Calcium-Magnesium verbindingen (dolomiet) uit de diepte zijn opgespoten (mond. meded. R.W. de Waal)). De relatie tussen beide vertoont ook een keurige rechte lijn (zie ook Bijlage 6, Figuur 6.4 en 6.5).

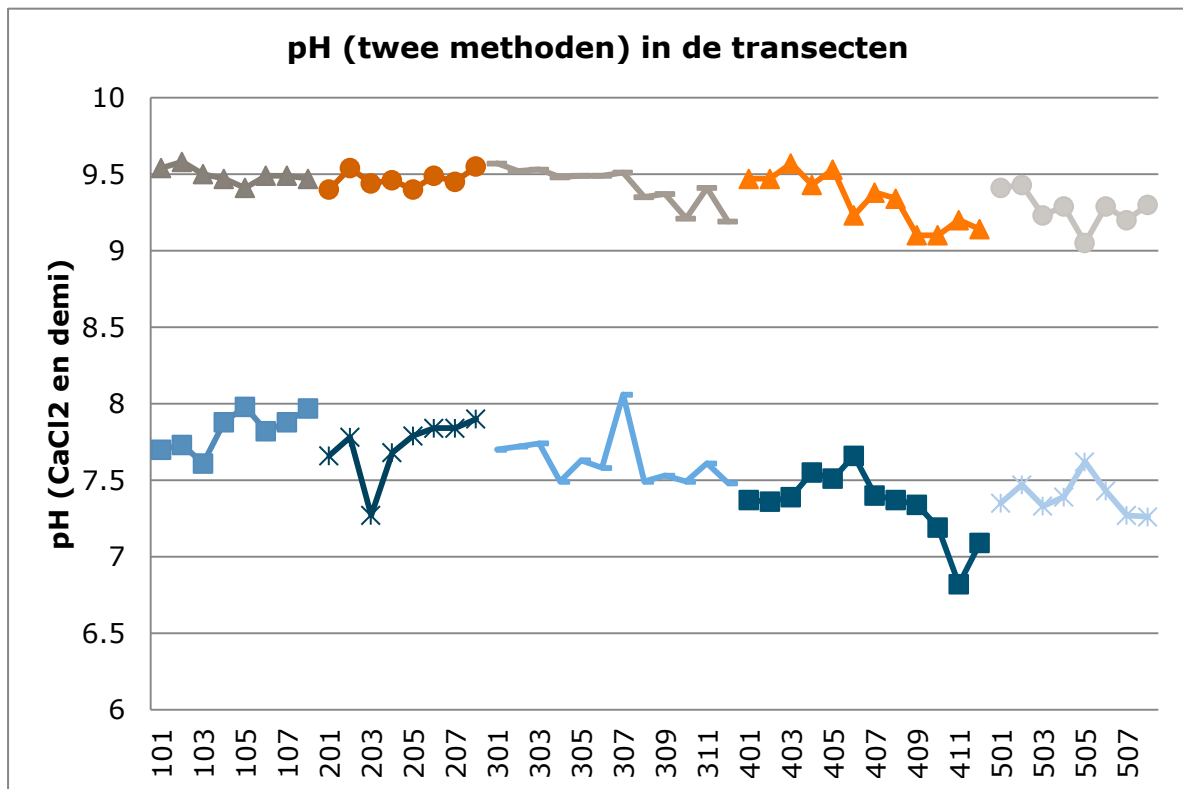
In het mineraalarme zand, dat ook nog arm is aan organische stof (<0,3%), was de uitwisselbare concentratie (0,01 M CaCl₂) van veel elementen te laag om betrouwbaar te kunnen meten. Dit gold voor: Al, Fe, Mn, P, P-PO₄, P-Olsen, N-NH₄, N-NO₃+NO₂, N-elementair. Wel goed meetbaar waren uitwisselbaar K, Mg en Na.



Figuur 2. Calcium-concentratie (destructie HNO₃-HCL (aqua regia)) ICP-AES van de afzonderlijke 48 meetpunten, gelegen in 5 transecten van Zuid naar Noord, waarbij elk transect start aan de strandzijde.

Ook de pH nam af van zuid naar noord, gelijk met het afnemend Ca-gehalte van het zand. De pH is gemeten in een H₂O oplossing (bij 20±1°C) en in een extractie van 0.01M CaCl₂ (Figuur 3). Opvallend is dat de pH-metingen in de demi-oplossing veel minder variatie vertoonden dan die in de

CaCl₂-extractie (er zijn duplo metingen en referentiemonsters meegenomen). De oorzaak hiervan zou kunnen liggen bij de schelpfragmentjes die veel moeilijker oplossen in 0.01 M CaCl₂ oplossing dan in water door het al aanwezige Ca. Gevolg hiervan kan zijn dat er in water meer carbonaat in oplossing komt en daarnaast dat in het 'schone' zand geen andere organische stoffen/mineralen in oplossing gaan die een bufferende werking kunnen hebben op de pH-verandering door oplossen van carbonaat.



Figuur 3. pH (demi en CaCl₂) van de afzonderlijke 48 meetpunten, gelegen in 5 transecten van Zuid naar Noord, waarbij elk transect start aan de strandzijde.

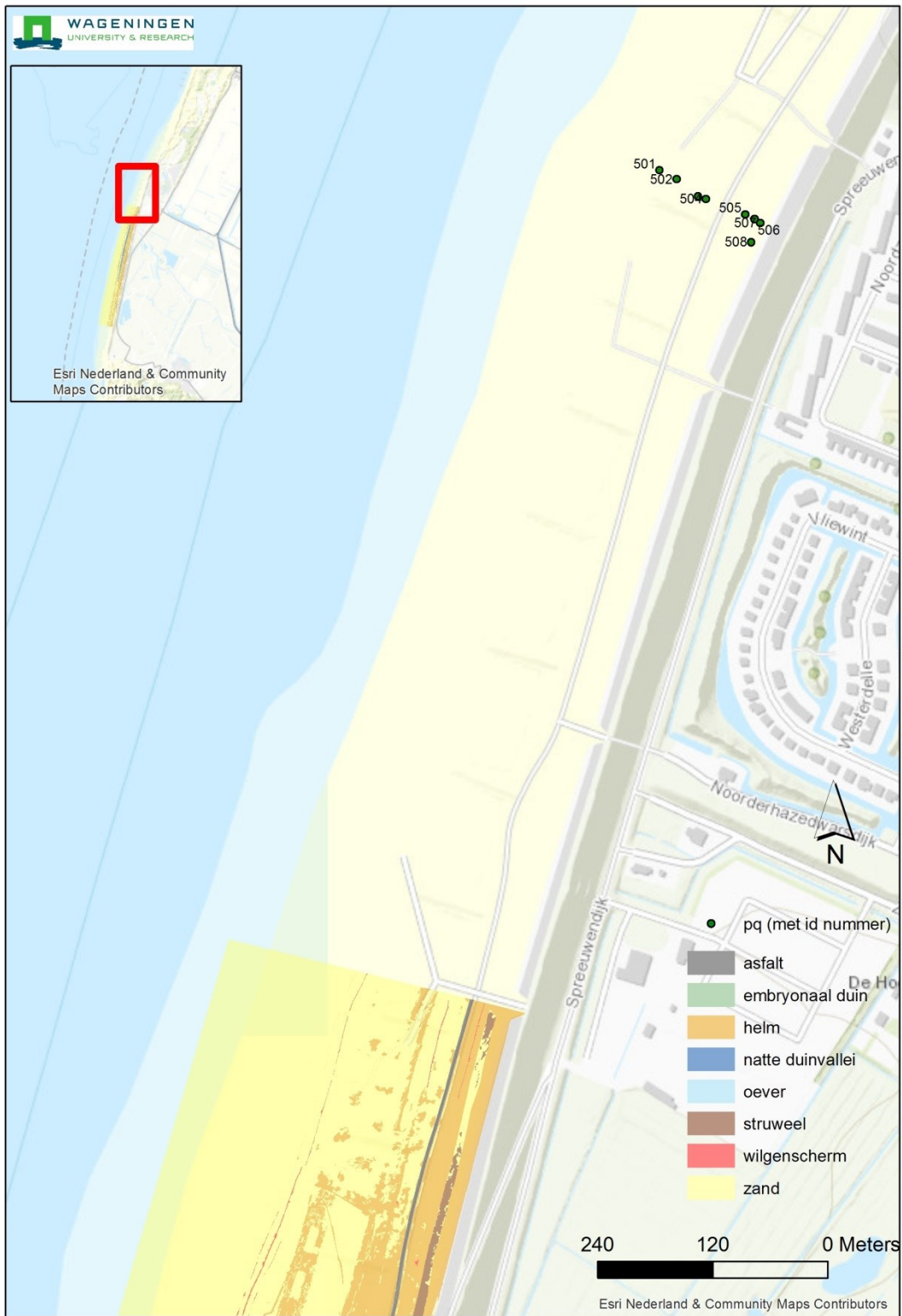
De overige resultaten van de gemeten bodem-parameters zijn weergegeven in Bijlage 6. Opvallend is dat monsters 307 en 406 relatief hoge concentraties Mn, Na, Mg en organische stof bevatten, mogelijk samenhangend met het voorkomen van wortel/mestfragmenten in beide monsters

3.3 Data analyse

Vanwege de soortenarme vegetatie (die bovendien grotendeels is aangeplant), is verdere analyse in dit eerste meetjaar niet aan de orde.

3.4 Globale vegetatiekaart

De Globale vegetatiekaart van de natuurzone HPZ 2016 is weergegeven in vier deelgebieden (Figuur 4a t/m 4d). In Bijlage 5 is de technische verantwoording van het kaartbeeld opgenomen.



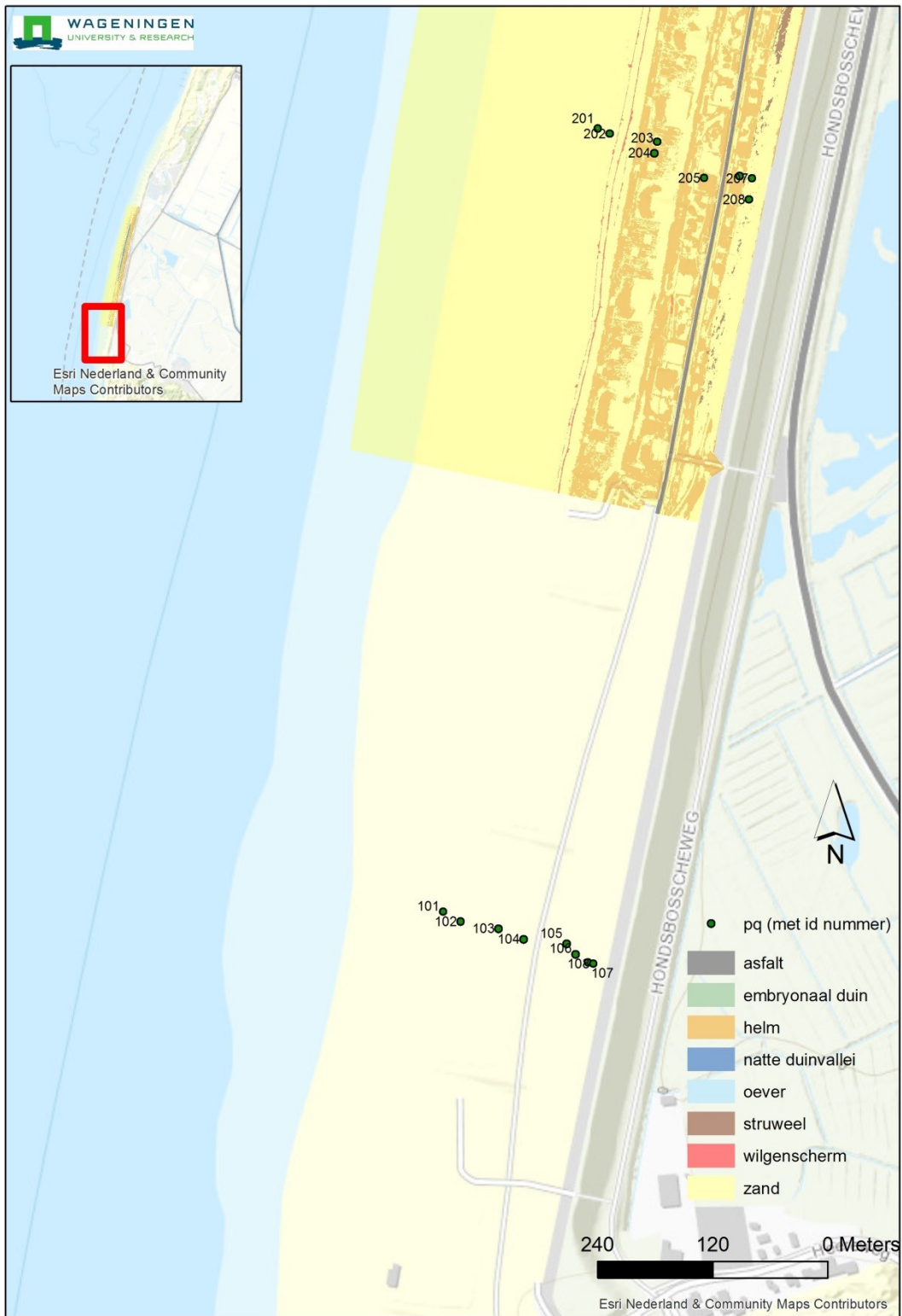
Figuur 4a. Meest Noordelijke kaartbeeld van de Globale vegetatiekartering natuurzone HPZ



Figuur 4b. Tweede kaartbeeld van de Globale vegetatiekartering natuurzone HPZ



Figuur 4c. Derde kaartbeeld van de Globale vegetatiekartering natuurzone HPZ



Figuur 4d. Meest Zuidelijke kaartbeeld van de Globale vegetatiekartering natuurzone HPZ

Literatuur

Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminée (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.

Tichy, L. (2002) Juice, Software for Vegetation Classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453

Tongeren, O. van, N. Gremmen & S.M. Hennekens (2008). Assignment of relevés to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. *Journal of Vegetation Science* 19: 525-536.

Bijlage 1 Coördinaten van de permanente kwadraten

Tabel 1 Coördinaten X, Y en Z van de permanente kwadraten. Bij het unieke nummer van het proefvlak verwijst het honderdtal naar het betreffende transect.

Uniek nummer pq	Oost (RD X in m)	Noord (RD Y in m)	Hoogte (m + NAP)
101	104414.466	527181.259	2.22
102	104432.559	527171.068	2.90
103	104471.854	527163.583	6.58
104	104498.191	527152.574	12.85
105	104542.900	527147.697	11.31
106	104552.431	527136.805	12.01
107	104565.586	527128.353	8.72
108	104571.134	527126.991	6.58
301	104758.246	529096.117	1.97
302	104772.376	529093.505	2.48
303	104791.479	529092.484	4.22
304	104819.891	529087.083	6.69
305	104826.018	529088.534	5.87
306	104859.342	529076.470	0.67
307	104875.057	529073.302	0.50
308	104879.501	529072.634	0.75
309	104875.725	529050.669	1.07
310	104901.257	529064.595	7.22
311	104961.493	529056.942	8.90
312	104967.829	529055.194	6.39
401	104960.483	529981.548	2.29
402	104977.825	529978.952	2.79
403	105018.454	529956.294	6.05
404	105021.907	529967.545	5.36
405	105046.551	529953.733	0.72
501	105506.775	531520.740	3.25
502	105524.195	531511.247	5.86
503	105546.704	531493.351	11.46
504	105555.012	531490.649	12.58
505	105596.054	531474.430	12.23
506	105605.571	531469.672	9.29
507	105611.587	531465.645	6.92
508	105602.074	531445.790	6.78
406	105065.884	529948.762	0.56
407	105072.670	529947.367	0.86
408	105073.735	529938.846	1.57
409	105094.156	529939.674	6.59

410	105142.692	529943.816	10.21
411	105152.843	529925.757	8.50
412	105159.999	529940.656	6.78
201	104575.775	527998.046	1.92
202	104588.146	527992.575	2.53
203	104637.627	527984.001	5.69
204	104634.522	527972.276	5.98
205	104686.699	527946.264	11.50
206	104723.410	527948.709	10.04
207	104736.664	527945.838	7.38
208	104733.305	527923.966	7.08
Oever Zuid	104803.126	528750.045	0.80
Oever Noord	105133.404	530241.723	0.86

Bijlage 2 De Londo bedekkingsschaal

Tabel 2 Gehanteerde Londo bedekkingsschaal (bedekkingspercentage en aantal individuen)

Londo	Bedekking (%)	Aantal individuen
1r	<1	(raro) = sporadisch
1p	<1	(paupulum) = niet talrijk
1a	<1	(amplius) = talrijk
1m	<1	(multum) = zeer talrijk
2r	1 - 3	(raro) = sporadisch
2p	1 - 3	(paupulum) = niet talrijk
2a	1 - 3	(amplius) = talrijk
2m	1 - 3	(multum) = zeer talrijk
4r	3 - 5	(raro) = sporadisch
4p	3 - 5	(paupulum) = niet talrijk
4a	3 - 5	(amplius) = talrijk
4m	3 - 5	(multum) = zeer talrijk
1	5 - 15	-
2	15 - 25	-
3	25 - 35	-
4	35 - 45	-
5	45 - 55	-
6	55 - 65	-
7	65 - 75	-
8	75 - 85	-
9	85 - 95	-
10	95 - 100	-

Bijlage 3 Soortenlijst transecten 2015 & 2016

Tabel 3 Lijst van soorten waargenomen in de transecten in 2015 en 2016.

Soortnaam	Soortnaam NL	Transect 1		Transect 2		Transect 3		Transect 4		Transect 5		Oever			Transect totaal	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	N	Z	2015	2016	
Agrostis stolonifera	Fioringras				•				o		o					X
Ambrosia artemisiifolia	Alsemambrosia										o					x
Ammophila arenaria	Helm	x	•	x	•	x	•	x	•	x	•	x	o	•	x	x
Anagallis arvensis arvensis	Rood guichelheil				o											x
Artemisia maritima	Zeealsem								o							x
Artemisia vulgaris	Bijvoet						o									x
Atriplex prostrata	Spiesmelde				o				•		•		•			x
Bromus hordeaceus	Zachte dravik						•									x
Cakile maritima	Zeeraket	x	•	x	•	x	o	x					o	o	x	x
Calammophila baltica (x)	Noordse Helm		o													x
Calystegia sepium	Haagwinde								o							x
Cirsium arvense	Akkerdistel						o		o				o			x
Cirsium palustre	Kale jonker										o					x
Cirsium spec.	Distel spec.		•													x
Cirsium vulgare	Speerdistel						o		•				o			x
Colvolvulus soldanella	Zeewinde	x													x	
Cotula coronopifolia	Goudknopje												•			x

<i>Crataegus monogyna</i>	Eenstijlige meidoorn			x	o	x	•	x		x				x	x
<i>Elytrigia juncea boreoatlantica</i>	Biestarwegras		•		•		•		•		•		o		x
<i>Elytrigia repens</i>	Kweek						•				o				x
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje								o						x
<i>Eryngium maritimum</i>	Blauwe zeedistel				o								o		x
<i>Euonymus europaeus</i>	Wilde kardinaalsmuts			x		x		x	o					x	x
<i>Festuca arenaria</i>	Duinzwengkras	x	•	x	•	x	•	x	o	x				x	x
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Duindoorn	x	•	x	•	x	•	x	•	x	•			x	x
<i>Holcus lanatus</i>	Gestreepte witbol	x	•	x	o	x	•							x	x
<i>Honckenya peploides</i>	Zeepostelein				o				•		o				x
<i>Hypochaeris radicata</i>	Biggenkruid				•				o						x
<i>Juncus ambiguous</i>	Zilte greppelrus												o		x
<i>Juncus spec.</i>	Rus spec.												o		x
<i>Leymus arenarius</i>	Zandhaver	x						x						x	
<i>Ligustrum vulgare</i>	Wilde liguster	x		x				x	•	x				x	x
<i>Limonium vulgare</i>	Lamsoor												o		x
<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras					x	•	x						x	x
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewone rolklaver				o										x
<i>Medicago lupulina</i>	Hopklaver								o						x
<i>Phragmites australis</i>	Riet												o		x
<i>Plantago coronopus</i>	Hertshoornweegbree				o				•		•				x
<i>Plantago major</i>	Grote weegbree										o				x
<i>Poa pratensis</i>	Veldbeemdgras								o						x
<i>Polygonum aviculare</i>	Gewoon varkensgras				o		o		o						x
<i>Polygonum persicaria</i>	Perzikkruid						o								x
<i>Prunus spec.</i>	Kers spec.	x		x										x	
<i>Ranunculus spec.</i>	Boterbloem spec.												o		x

Rosa canina s.l.	Hondsroos		•		o					•						x
Rosa rubiginosa s.l.	Egelantier	x		x		x	•		•	x					x	x
Rosa spec.	Roos	x				x		x		x					x	
Rubus spec.	Braam				o						o					x
Rumex crispus	Krulzuring	x													x	
Salicornia europaea	Kortarige zeekraal											o				x
Salix repens	Kruipwilg											o				x
Salsola kali	Stekend loogkruid						o					o				x
Sambucus nigra	Gewone vlier	x	•	x	o		o	x			•				x	x
Senecio inaequidens	Bezemkruid				o	x	o	x	o		•				x	x
Senecio jacobaea	Jacobskruid							x							x	
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid	x		x	•				•	x	•				x	x
Sisymbrium officinale	Gewone raket										o					x
Solanum nigrum	Zwarte nachtschade				o											x
Sonchus arvensis	Akkermelkdistel				•		o		o		•					x
Sonchus arvensis maritimus	Zeemelkdistel	x		x	o	x			o						x	x
Sonchus oleraceus	Gewone melkdistel										•					x
Spergularia media	Gerande schijnspurrie												•			x
Taraxacum officinale	Gewone paardenbloem	x				x									x	
Taraxacum spec.	Paardenbloem spec.						•		o		•		o			x
Tripleurospermum maritimum	Reukloze kamille				•		•		•		•					x
Tussilago farfara	Klein hoefblad				o				o		o					x
Totaal aantal soorten		16	10	13	26	13	22	13	27	8	22	1	18	2	21	59

• = in Permanente proefvlakken; o = buiten Permanente proefvlakken; x = aanwezig (geen onderscheid in/buiten Permanente proefvlakken)

Bijlage 4 Soortenlijst oude zeedijk 2015 & 2016

Tabel 4 Lijst van soorten waargenomen op de oude zeedijk in 2015 en 2016.

Soortnaam	Soortnaam NL	Zeedijk 1		Zeedijk 2		Zeedijk 3		Zeedijk 4		Zeedijk 5		Totaal	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Agrostis stolonifera	Fioringras	x	x	x	x	x	x				x	x	x
Ammophila arenaria	Helm		x		x			x	x			x	x
Anagallis arvensis arvensis	Rood guichelheil										x		x
Angelica sylvestris	Gewone engelwortel								x				x
Arrhenatherum elatius	Gewone glanshaver										x		x
Artemisia maritima	Zeealsem										x		x
Aster tripolium	Zulte							x			x	x	x
Atriplex glabruscula	Kustmelde			x		x		x		x		x	
Atriplex prostrata	Spiesmelde		x		x		x	x	x		x	x	x
Bromus hordeaceus	Bromus hordeaceus		x		x						x		x
Cakile maritima	Zeeraket									x	x	x	x
Calamagrostis epigejos	Duinriet				x								x
Cardamine hirsuta	Kleine veldkers	x		x	x					x		x	x
Cerastium semidecandrum	Zandhoornbloem		x		x		x		x		x		x
Cerastium spec.	Hoornbloem spec.	x										x	
Cirsium arvense	Akkerdistel		x		x	x		x	x			x	x
Cirsium palustre	Kalejonker						x						x
Cirsium vulgare	Speerdistel		x	x	x		x		x	x	x	x	x
Cochlearia danica	Deens lepelblad				x				x				x

<i>Conyza canadensis</i>	Canadese fijnstraal											x		x
<i>Coronopus squamatus</i>	Grove varkenskers											x		x
<i>Crambe maritima</i>	Zeekool				x	x	x	x	x	x			x	x
<i>Daucus carota</i>	Peen								x			x		x
<i>Elymus juncea</i>	Biestarwegras										x		x	
<i>Elytrigia atherica</i>	Zeekweek											x		x
<i>Elytrigia repens</i>	Kweek		x		x		x		x			x		x
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje				x	x			x				x	x
<i>Eschscholzia californica</i>	Slaapmutsje											x		x
<i>Festuca arenaria</i>	Duinzwengkras		x		x									x
<i>Festuca rubra</i>	Roodzwengkras		x	x				x		x		x	x	x
<i>Galium aparine</i>	Kleefkruid										x	x	x	x
<i>Geranium molle</i>	Zachte ooievaarsbek		x	x	x	x							x	x
<i>Holcus lanatus</i>	Gestreepte witbol		x	x	x	x		x		x			x	x
<i>Honkenya peploides</i>	Zeepostelein									x	x	x	x	x
<i>Hypochaeris radicata</i>	Biggenkruid	x		x	x	x			x				x	x
<i>Jacobaea vulgaris</i> subsp. <i>dunensis</i>	Duinkruiskruid		x		x									x
<i>Leontodon saxatilis</i>	Kleine leeuwentand		x									x		x
<i>Leontodon spec.</i>	Leeuwentand					x							x	
<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras	x	x			x				x			x	x
<i>Lupinus</i> spp.	Lupine spp.											x		x
<i>Medicago arabica</i>	Gevlekte rupsklaver											x		x
<i>Medicago lupulina</i>	Hopklaver											x		x
<i>Phragmites australis</i>	Riet				x									x
<i>Plantago coronopus</i>	Hertshoornweegbree	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree	x	x		x	x	x			x	x	x	x	x
<i>Plantago major</i>	Grote weegbree				x						x	x	x	x
<i>Poa annua</i>	Straatgras				x									x

Poa pratensis	Veldbeemdgras				x		x		x		x		x
Polygonum aviculare	Gewoon varkensgras		x				x		x		x		x
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem						x						x
Rosa rugosa	Rimpelroos								x	x	x	x	x
Rubus caesius	Dauwbraam									x			x
Rubus spec.	Braam spec.								x	x	x	x	x
Rumex acetosa	Veldzuring		x			x			x			x	x
Rumex crispus	Krulzuring		x		x	x	x	x	x		x	x	x
Rumex obtusifolius	Ridderzuring	x										x	
Salsola kali	Stekend loogkruid									x		x	
Sedum acre	Muurpeper			x	x							x	x
Senecio inaequidens	Bezemkruid								x				x
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sisymbrium spec.	Raket spec.	x										x	
Sonchus arvensis	Akkermelkdistel		x		x						x		x
sonchus arvensis maritimus	Zeemelkdistel									x	x	x	x
Sonchus oleraceus	Gewone melkdistel	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
Spergularia media	Gerande schijnspurrie		x		x		x		x				x
Spergularia salina	Zilte schijnspurrie			x		x		x					x
Stellaria media	Gerande schijnspurrie				x								x
Taraxacum officinale	Gewone paardenbloem		x		x		x		x		x		x
Taraxacum spec.	Paardenbloem spec.	x		x				x		x		x	
Trifolium pratense	Rode klaver	x				x						x	
Trifolium repens	Witte klaver		x								x		x
Tripleurospermum maritimum	Reukloze kamille	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Tussilago farfara	Klein hoefblad					x					x	x	x
Vicia spec.	Wikke spec.										x		x
Aantal soorten		13	27	13	33	20	18	12	25	20	41	40	64

Bijlage 5 Werkwijze Globale vegetatiekaart

Om de gehanteerde type indeling van de globale vegetatiekaart te onderbouwen is de set van 50 opnamen gebruikt die in 5 transecten dwars over het gebied liggen (van zee naar het achterland). De inschatting was dat de vegetatie zo kort naar aanleg van verschillende elementen zeer uniform en weinig natuurlijk oogt.

Omdat deze kartering in de volgende onderzoeksjaren moet worden herhaald, wordt bij de huidige onderscheidde legenda eenheden zowel rekening gehouden met de landschappelijke ligging cq. landschapselementen als de vegetatiekundige inhoud van de typen.

Waargenomen eenheden en vegetatie

Het onderzoeksgebied beslaat strand, zone met embryonale duinen, vastgelegd (helm) duin, duinstruweel (zowel Duindoorn als Gewone vlier en Eenstijlige meidoorn). Op termijn is er ook droog duingrasland te verwachten. Daarnaast zijn er natte elementen aanwezig, waaronder momenteel open water en oevervegetatie.

Strand

Deze zone bestaat grotendeels uit open, kaal zand en zeer spaarzame begroeiing op eventuele vloedmerken. Deze vegetatietypen zijn gezien het recreatief medegebruik van het strand van tijdelijke aard. Mocht er vloedmerk voorkomen, dan worden zij als een toevoeging in een ander vlak meegenomen en niet specifiek gekarteerd.

Embryonaal duin

De spontane begroeiing van Biestarwegras en later in de duin ontwikkeling ook Helm, op kleine duintjes zijn vooral te vinden tussen de zee en het eerste stuifscherm, vooral in de laatste 20 à 30 meter strand tot het stuifscherm. Een deel van deze duintjes zijn tijdelijk en worden door winterstormen weer opgeruimd of vervormd.

Vastgelegd helm duin

Deze grote oppervlakken zijn allemaal ingepland met helm. Incidenteel zijn er soorten meegekomen met het gestoken plantgoed. Op termijn zal het nu nog waar te nemen plantverband verdwijnen door het uitgroeien van de helmplanten. In de loop van de komende jaren zal dit type op de kaart worden opgesplitst in twee typen: ingeplante helmvegetatie en spontane helmvegetatie. In dit laatste type is de helm herkenbaar als grote robuuste pollen veelal meegroeïend met het ingewaaid zand. Tevens zijn in deze zone specifieke stukken duin niet ingeplant (de zogenaamde luwe laagtes). In de vegetatie opnamen worden deze vlakken apart gemonsterd. Momenteel kunnen deze vlakken niet onderscheiden worden van het open zand op de vegetatiekaart.

Struweel

Binnen de HPZ is een menging van drie struikvormers aangeplant, te weten Duindoorn, Gewone vlier en Eenstijlige meidoorn. Het is te verwachten dat zich in de luwte van de nieuwe duinen zich twee typen struweel kunnen ontwikkelen: een door Duindoorn gedomineerd struweel en een gemengd struweel. Momenteel lijkt de Duindoorn zich redelijk te ontwikkelen, maar er is maar beperkt sprake van sluiting van de struiklaag, zodat er maar pleksgewijs sprake is van struweel.

In onderstaand overzicht staan alle vegetatieopnamen (relevés) gegroepeerd per legenda-eenheid in de kaart. De eenheid niet ingeplante vlakke in helmaanplant is dit keer niet onderscheiden in de vegetatiekaart.

Onderscheiden typen in de vegetatieopnamen

In tabel I zijn de 50 vegetatieopnamen en hun indeling in de hierboven genoemde typen aangegeven. In het water van de natte duinvallei zijn (nog) geen hogere planten aangetroffen en er zijn geen opnamen gemaakt.

Relevés 50	3	12	131	234	442	32	2	2131	4	4133	4531	1114	32443	4	2212
Species 29	891	91097	210	651	223	443	52386	05731	42076	453	57986	74808	96		
<i>Elytrigia juncea s. boreoatlantica</i>	0		222222	+2222				2							
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0													322232	33..2
<i>Ammophila arenaria</i>	0			+2222	222223232332	r.2				rr	33			..+.2	.222++
<i>Cotula coronopifolia</i>	0										r.				
<i>Cirsium vulgare</i>	0										r.				
<i>Taraxacum species</i>	0						r.				r.			2	..2
<i>Spergularia media</i>	0										r.				
<i>Atriplex prostrata</i>	0			2							r.			2+2	..2
<i>Senecio inaequidens</i>	0													2	..2
<i>Festuca arenaria</i>	0							2+2							
<i>Senecio vulgaris</i>	0			2		r.								2+3	..2
<i>Elytrigia repens</i>	0														+
<i>Hypochaeris radicata</i>	0													3	..2
<i>Crataegus monogyna</i>	0														2
<i>Cirsium species</i>	0														3
<i>Cakile maritima</i>	0		22												
<i>Sonchus arvensis</i>	0													32	..2
<i>Honckenya peploides</i>	0	r.													
<i>Sonchus oleraceus</i>	0													2	..r.2
<i>Sambucus nigra</i>	0													2	..+.2
<i>Rosa rubiginosa s.l.</i>	0													2	..2
<i>Plantago coronopus</i>	0													+	..2.2
<i>Tripleurospermum maritimum</i>	0													2+3	r.+..2
<i>Holcus lanatus</i>	0														33
<i>Bromus hordeaceus</i>	0														2
<i>Agrostis stolonifera</i>	0														
<i>Ligustrum vulgare</i>	0														+
<i>Rosa canina s.l.</i>	0														+.+
<i>Lolium perenne</i>	0														3.2

Tabel I. Opnamen met de indeling in lokale typen op basis van het programma Twinspan. De gebruikte kleuren staan voor: Geel= strand, roze= embryonaal duin, groen= ingeplante helm, blauw= niet-ingeplante vlakte in helmaanplant, paars= natte duinvallei oever, wit/ongekleurd= ingeplant struweel. De permanente proefvlakken zijn voorlopig, vegetatiekundig ingedeeld conform de Vegetatie van Nederland.

Toebedeling eenheden aan Vegetatie van Nederland

Strand:

kaal geen vegetatie

Embryonaal duin:

22RG01 Rompgemeenschap met Zeeraket

23AA01 Associatie zandhaver en Biestarwegras

Inplant helm:

23AB01A Associatie van Zandhaver en helm, typische associatie

23AB01B Associatie van Zandhaver en helm met Duinzwenkgras

Struweel:

37AC02 Associatie van duindoorn en liguster

33AA04 Associatie van look zonder look en dollekervel

37AC01 Associatie van duindoorn en vlier

32BA03 Associatie van strandkweek en Echte heemst

Met ondergroei:

23AB01A Associatie van Zandhaver en helm, typische associatie

22AA01 Strandmelde associatie

Oever:

Momenteel nog geen vegetatie aanwezig.

Verwacht wordt 26RG01 Rompgemeenschap van Heen, 22RG01 Rompgemeenschap van Zeeraket , 25AA03 Schorrekruid associatie

Technische data vegetatiekaart

Gebruikte luchtfoto 04-05-2016, true color.

De kaart is gemaakt door Wageningen Environmental Research (Alterra); Henk Kramer (Ecognition) en Rik Huiskes (ArcGis).

Segmentatie uitgevoerd met behulp van Ecognition. Basis voor de klasse indeling is GLCM contrast.

De luchtfoto is ruim begrensd rondom de natuurzone waarbij zee en blokkenverharding, grasdijk en achterland buiten beschouwing gelaten zijn.

De basissegmentatie uit Ecognition is met behulp van ArcGis 10.2.1 voorzien van een legenda en zijn verschillende polygonen gemerged (samengevoegd) op basis van visuele inspectie van de kaart via de luchtfoto. De gemaakte vegetatieopnamen zijn gebruikt als groundtrouthing.

Nauwkeurigheid gebruikte legenda eenheden:

- Strand /open zand: goed. Door overzanding van betonplaten en asfalt kan er een oppervlak overschatting zijn.
- Embryonaal duin: matig. Op het gevlogen luchtfotobeeld lijkt op opnamelocaties met embryonaal duin een niet consequent onderscheidbare eenheid aanwezig te zijn. Een recentere luchtfoto biedt waarschijnlijk uitkomst.
- Ingeplante helm: goed.
- Struweel; matig. Veel struweel bleek afgestorven (voor Gewone vlier en Eenstijlige meidoorn) en de aanwezige duindoornstruwelen waren zeer open van structuur. Dit maakt ook het onderscheid op de luchtfoto moeilijk.
- Natte duinvallei: goed.
- Oever: matig. Doordat de oeverzone grotendeels onbegroeid is, bepaald vochtigheid op de dag van het vliegen van de luchtfoto de onderscheidbaarheid van deze zone. Oppervlak is waarschijnlijk onderschat.

Oppervlakte verdeling in kaartbeeld 2016 (dd 3-19-2016)

legenda eenheden	opp in m2	opp in ha
asfalt	12200.13	1.220
embryonaal duin	36.01	0.004
helm	245748.90	24.575
natte duinvallei	34828.42	3.483
oever	1656.03	0.166
struweel	18304.40	1.830
verharding	50.51	0.005
wilgenscherm	3150.54	0.315
zand	814603.37	81.460
totaal	1130578.32	113.058

Vanaf 2017 zullen daar de volgende legenda eenheden bij gaan komen:

"Natuurlijke" helm. Dit type zal te vinden zijn in de kaartvlakken die in 2016 als open zand, helm of struweel werden aangeduid. Maar niet direct over grote oppervlakten.

Droog duingrasland. Op de plekken waar de helmvegetatie niet meer dominant is in het vlak maar soorten als Duinsterretje (bladmos), Duinriet en Festuca soorten de dominantie overnemen.

Werkwijze 2017 en verder

Gezien het jonge karakter van de vegetatie is rechtstreekse beeldklassificatie via ArcGis nog geen werkbare optie. De inzet van Ecognition levert goed werkbare kaarten op. Extent (maximale x en y coördinaten voor het kaartbeeld) wordt bepaald door het kaartbeeld van 2016. Dit komt overeen met een ruime begrenzing van de natuurzone van de HPZ. Om analyse en doorrekentijd te beperken, worden de nieuwe luchtfoto's geclipt met de vegetatiekaart 2016 voordat de luchtfoto wordt gesegmenteerd met behulp van Ecognition

Om de veranderingen in de vlakken goed te kunnen volgen worden de vlakgrenzen van de vegetatiekaart 2016 gebruikt om binnen deze vlakken nieuwe segmentatie grenzen te 'berekenen'. Segmentatie wordt uitgevoerd met behulp van Ecognition. Basis voor de klasseindeling bij de segmentatie is GLCM contrast. Waarbij het onderscheid open zand / anders de belangrijkste vlakgrenzen zal geven.

De segmentatie wordt als shape file aangeleverd aan personen die het veldwerk uitvoeren. De schaal voor veldkaarten is 1:5000 tot 1:2500. Vlakken van minder dan 10 x 10 m (dwz vlakjes kleiner dan 2 x 2 cm op een kaartschaal van 1:5000 in het veld) worden niet apart onderscheiden.

Op basis van het aanvullende veldwerk en interpretatie/beoordeling van de grenzen op de luchtfoto en de basisbestanden van de situatie bij aanleg* (ingeplante vakken, ligging wegen etc) worden vlakgrenzen opnieuw vastgesteld en worden vlakken van een legenda eenheid voorzien.

* vlakkenbestanden van de aanleg HPZ die de ligging van plantvakken struweel, helm, wegen/verharding (autocadestanden *asbuild)

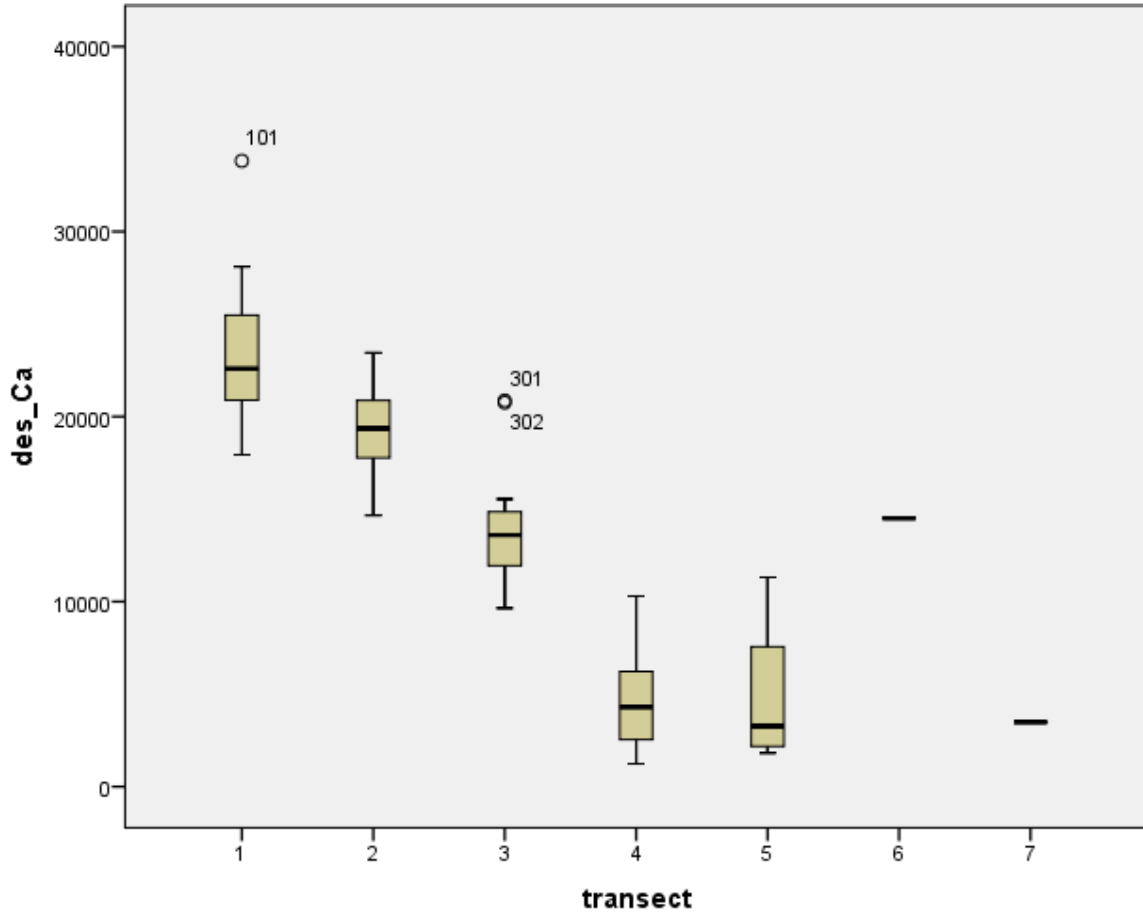
Attribuut tabel

Kolom	Wat is de inhoud
OBJECTID	Uniek polygoonnummer in deze kaart, dit nummer is niet uniek voor dat specifieke polygoon over alle versies van de kaart
klasse5	De initiële toedeling van het polygoon door Ecognition
legendaRH	Duiding van de polygoon inhoud na veldwerk en analyse
FID_asfalt	1 of 0 verharding, -1 geen verharding op basis van de cadbestanden
FID_aanpla	-1 niet ingeplant 6,7,8,9,10 initieel ingeplant met struweel op basis van de cad bestanden
Shape_Area	Oppervlakte polygoon
Shape_Le_1	Omtrek polygoon

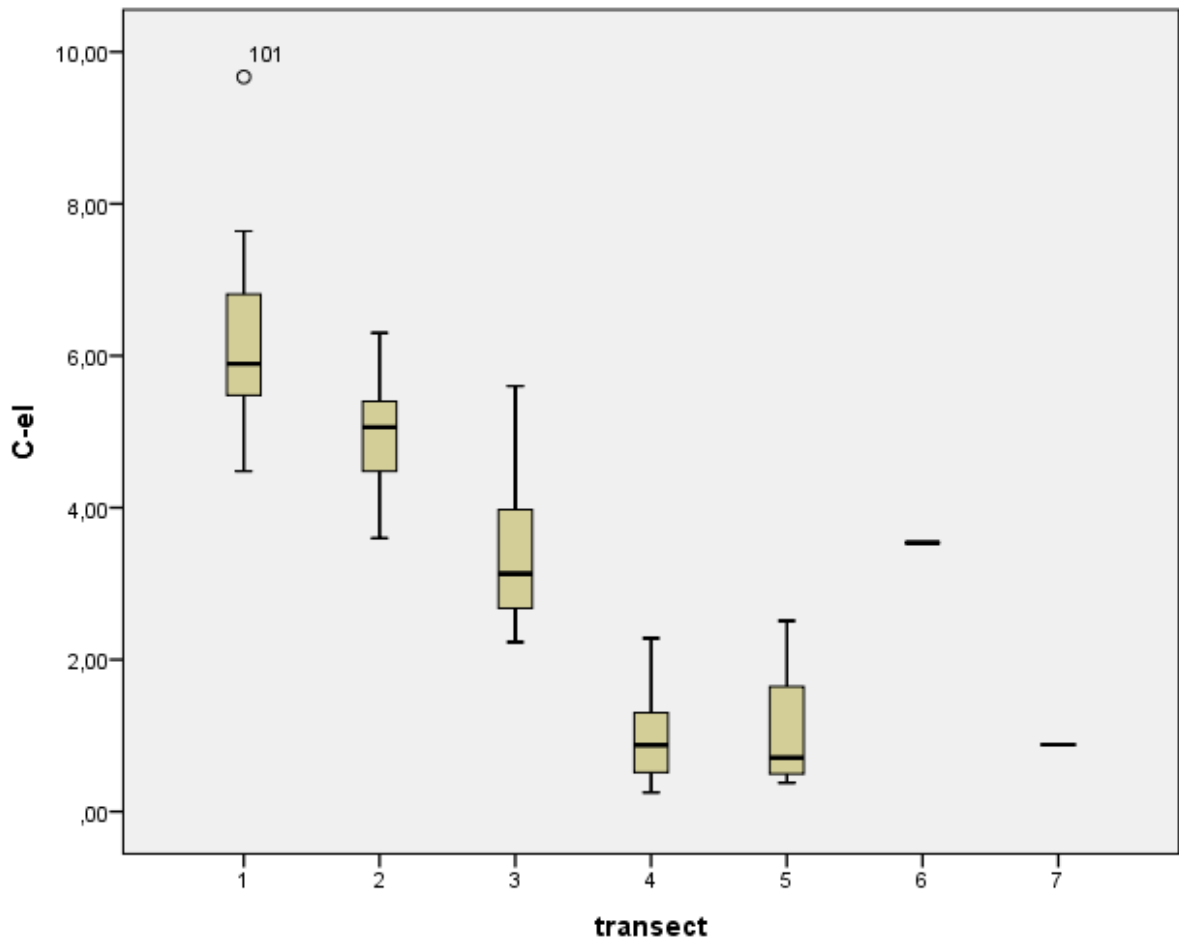
Het is niet nodig om van elk polygoon sinds 2016 de geschiedenis te kunnen achterhalen in de daarop volgende jaren. Wel is het van belang om uiteindelijk per legenda type aan te kunnen geven of het vegetatietype voor een habitattype kwalificeert en hoe de oppervlakten van de vegetatietypen zich ontwikkelen van jaar op jaar.

Bijlage 6 Resultaten bodemparameters

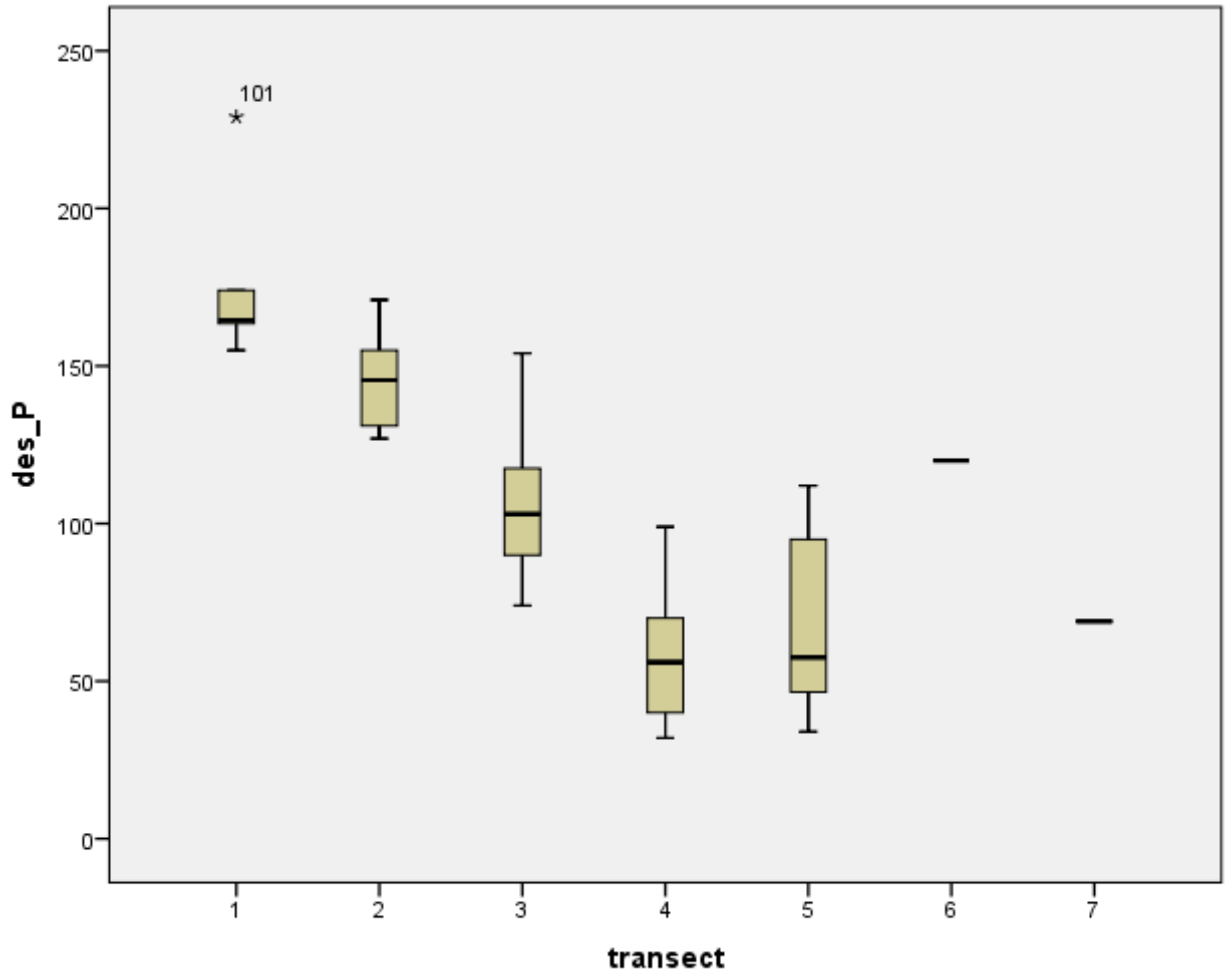
In deze bijlage is een samenvatting van de meest relevante bodemparameters weergegeven.



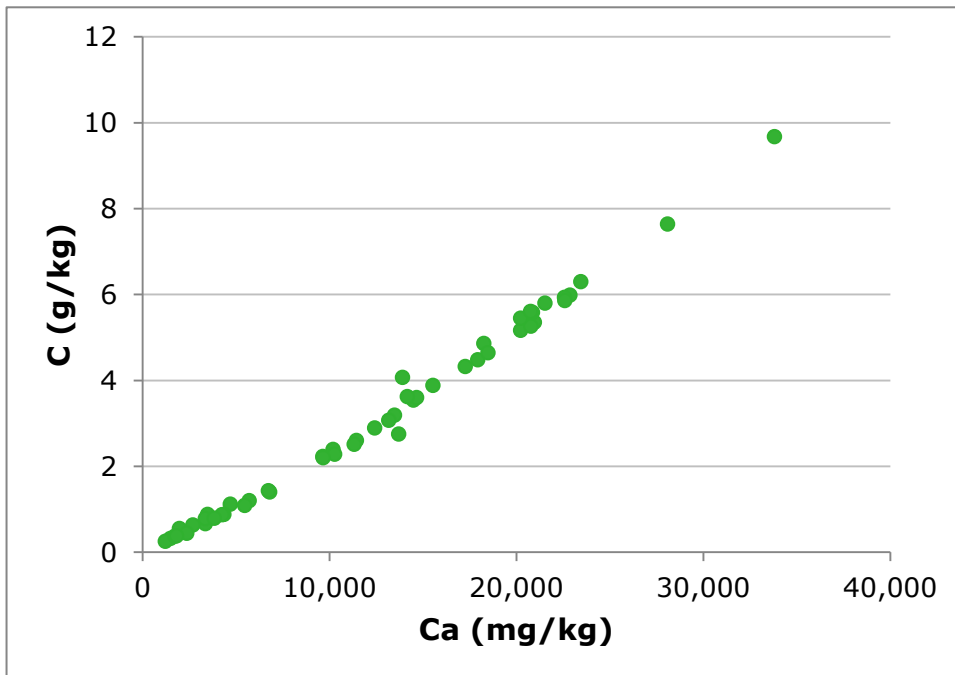
Figuur 6.1. Boxplots van de Calcium-concentratie (totaal-gehalten) in de afzonderlijke meetpunten in de vijf transecten, alsmede de twee losse meetpunten aan de noord- en zuidzijde van de 'duinvallei'. De verhoudingen in de transecten voor Fe, K, Mg, Mn en P (gegevens destructies) laten globaal hetzelfde beeld zien.



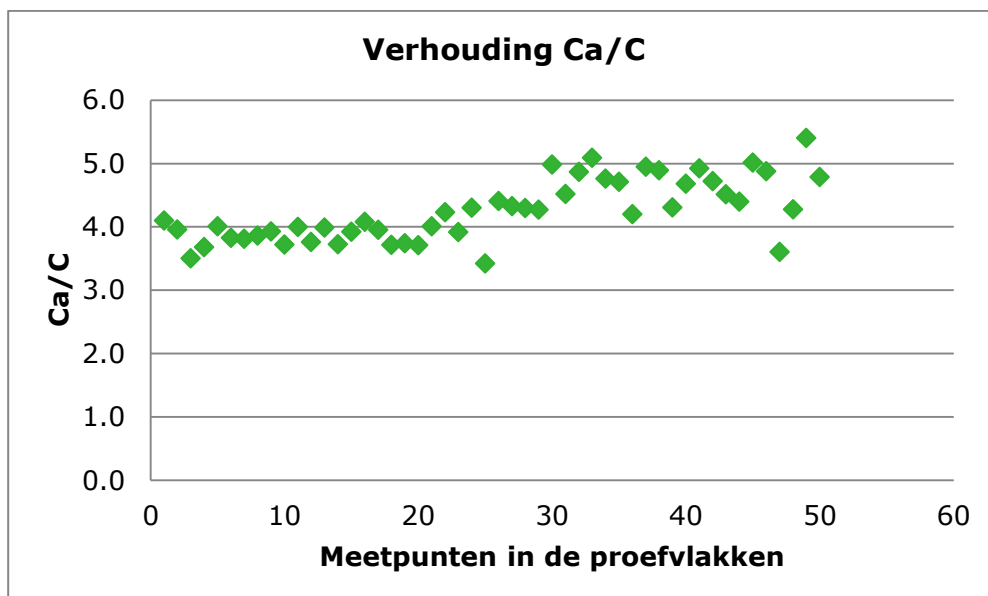
Figuur 6.2. Boxplots van de koolstof-concentratie (C-elementair: LECO) in de afzonderlijke meetpunten in de vijf transecten, alsmede de twee losse meetpunten aan de noord- en zuidzijde van de 'duinvallei'.



Figuur 6.3. Boxplots van de Fosfor-concentratie (totaal-gehalten) in de afzonderlijke meetpunten in de vijf transecten, alsmede de twee losse meetpunten aan de noord- en zuidzijde van de 'duinvallei'.



Figuur 6.4. Relatie tussen C en Ca in de afzonderlijke 50 meetpunten.



Figuur 6.5. Verhouding C en Ca (berekend als $Ca/C \cdot 1000$) in de afzonderlijke 50 meetpunten. Wanneer alle Calcium in de vorm van $CaCO_3$ aanwezig zou zijn in de bodemmonster, zou de verhouding ($40/12=3.3$) moeten zijn. Dit klopt ongeveer aan de zuidzijde, maar het deel in de NO-hoek (rechterzijde grafiek) geeft een andere Ca- CO_3 verhouding.
