



Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2021

projectnummer 0468107.100
definitief revisie 01
25 maart 2022

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2021

projectnummer 0468107.100

revisie 01
25 maart 2022

Opdrachtgever

Frisia Zout B.V.
Lange Lijnbaan 15
8861 NW HARLINGEN

datum vrijgave	beschrijving revisie 01
25-03-2022	definitief

gecontroleerd
P. Meinders

vrijgave
A.J. Speelman

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	3
2	Continue GNSS-monitoring	5
2.1	Meetprocedure- en techniek continue GNSS-monitoring	7
2.2	Verwerking GNSS-data continue GNSS-monitoring	7
2.3	Resultaten continue GNSS-monitoring	8
3	Jaarlijkse GNSS-monitoring	10
3.1	Meetprocedure- en techniek jaarlijkse GNSS-monitoring	11
3.2	Kalibratie GNSS-antennes	12
3.3	Metingen niet permanente GNSS-locaties	12
3.4	Meetchronologie niet permanente GNSS-metingen	13
3.5	Weersomstandigheden	13
3.6	Verwerking en resultaten niet permanente GNSS-metingen	14
3.7	Controle metingen permanente GNSS-stations	18
3.8	Multi-baseline berekeningen GNSS metingen	21
3.9	Combinatie waterpas- en GNSS metingen	21
3.10	Referentiepeilmerk	25
3.11	Differentiestaat	25
4	Waterpasmeting meetnet 'Harlingen-West'	28
4.1	Meetnet	28
4.2	Metingen	29
4.3	Uitvoering	29
4.4	Coördinaten	30
4.5	Toetsing en vereffening	31
4.6	Resultaten	32
5	Samenvatting	33
5.1	Continue GNSS monitoring	33
5.2	Jaarlijkse 'Wad' meetcampagne	33
5.3	Jaarlijkse waterpasmeting	33
6	Referenties	34

Bijlagen:

- Bijlage 1 Overzichtskaarten deformatienet Zoutwinning Waddenzee
- Bijlage 2 Continue GNSS-monitoring Grafieken
- Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring Ruwe GNSS-meetdata in Excelformaat
- Bijlage 4 Continue GNSS-monitoring Logboek
- Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring 3D impressie meetpaal
- Bijlage 6 Continue GNSS-monitoring Foto's GNSS-meetlocaties
- Bijlage 7 Jaarlijkse GNSS meting Differentiestaat
- Bijlage 8 Jaarlijkse GNSS meting Tekening meetpaal voor jaarlijkse GNSS monitoring
- Bijlage 9 Jaarlijkse GNSS meting Kalibratierapport GNSS-antennekalibratie
- Bijlage 10 Jaarlijkse GNSS meting Resultaten kalibratie antennemasten
- Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting Berekening waterpasmetingen (antenne meting)
- Bijlage 12 Jaarlijkse GNSS meting Rapportage multi-station berekening
- Bijlage 13 Differentiestaat waterpasmeting 'Harlingen-West'
- Bijlage 14 Berekening waterpasmeting 'Harlingen-West' (MOVE3)
- Bijlage 15 Goedkeuringsbrief RWS-CIV

1 Inleiding

In opdracht van Esco Frisia Zout B.V. (hierna te noemen Frisia) heeft Antea Group een meetnet en monitoringssysteem ingericht in de Waddenzee en langs de kuststrook, ten noordwesten van Harlingen. Aanleiding hiervoor is de zoutwinning door Frisia en de daartoe ingediende “Gestandaardiseerde aanvraag Instemming meetplan Zoutwinning Waddenzee”, *Meetplan Havenmond* en het bijhorende document ‘Bijlage: Update toelichting meetplan Havenmond definitief revisie 11’ d.d. 13 juli 2018 [1]. De monitoring is onder te verdelen in een continue GNSS monitoring, een jaarlijkse ‘Wad’ meetcampagne en een jaarlijkse waterpasmeting van het meetnet Harlingen-West, en het rapport is als zodanig ook ingedeeld.

Het doel van deze monitoring is het vastleggen van een mogelijk Pleistocene bodembeweging, die kan optreden als gevolg van mijnbouwactiviteiten (zoutwinning). Het tijdsverloop van de Pleistocene bodembeweging wordt bewaakt door een continue GNSS monitoring in het diepste punt van de geprognoseerde dalingskom en een punt halverwege deze kom. Daarnaast wordt jaarlijks een GNSS-meetcampagne en een nauwkeurigheds-waterpasmeting uitgevoerd.

Continue GNSS-monitoring

Het permanente monitoringssysteem bestaat uit twee GNSS-stations in de Waddenzee en één (referentie-) GNSS-station op het vaste land (Zweins). Hierbij worden continue (hoogte-) metingen uitgevoerd. De metingen van de stations in de Waddenzee zijn gestart op 10 oktober 2018. De resultaten tot en met 31 december 2021, van de metingen van de permanente monitoringsstations, worden in deze rapportage weergegeven. De werkzaamheden en resultaten van de continue GNSS-monitoring worden in hoofdstuk 2 weergegeven.

Voor de continue GNSS-monitoring zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Het inrichten en operationeel maken van twee permanente GNSS stations (CGPS01 en CGPS02);
- Het continue uitvoeren van GNSS-metingen op deze locaties vanaf 10 oktober 2018;
- Het verwerken van de meetdata en het berekenen van een moving average;
- Het uitvoeren van een scheefstand meting voor de stations CGPS01 en CGPS02 (1x per jaar i.c.m. de jaarlijkse GNSS-meetcampagne);
- Het uitvoeren van controle metingen van de twee stations en de omliggende meetpunten (1x per jaar i.c.m. de jaarlijkse GNSS-meetcampagne).

Jaarlijkse GNSS-monitoring

Het meetplan omvat naast een continue monitoring, een periodieke (jaarlijkse) GNSS-meting van acht (8) aanvullende monitoringslocaties. Een nulmeting van deze acht locaties is in 2019 uitgevoerd. Een eerste herhalingsmeting van deze niet permanente stations is uitgevoerd in de periode 22-09-2020 / 4-11-2020. De tweede herhalingsmeting is uitgevoerd in de periode 14-09-2021 t/m 28-09-2021 (meetpunten Waddenzee) en 20-10-2021 t/m 28-10-2021 (meetpunten op het land). De werkzaamheden en resultaten van de jaarlijkse GNSS-monitoring worden in hoofdstuk 3 weergegeven.

Voor de jaarlijkse GNSS-monitoring zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Het inrichten en operationeel maken van acht meetlocaties (WPM01, WPM02, WPM04, WPM05, WPM06, WPM07, WPM08 en WPM0A4020);
- Het uitvoeren van GNSS-metingen op deze acht locaties;
- Het uitvoeren van antennemetingen (waterpassingen) bij op- en afbouw;
- Het berekenen en vereffenen van de waterpasmetingen;
- Het postprocessen van de ruwe GNSS-meetdata in samenwerking met de firma 06-GPS.

- Het combineren van de resulterende hoogteverschillen uit de GNSS- en waterpasmetingen;
- Het opstellen van een rapportage incl. differentiestaat.

Waterpasmeting Kuststrook

In de periode 18 oktober t/m 4 november 2021 is een waterpasmeting uitgevoerd van het in het meetplan aangegeven meetnet 'Harlingen-West'. Dit betreft de tweede herhalingsmeting, een nulmeting is in het najaar van 2019 uitgevoerd. Om hetzelfde referentiepunt (Zweins 00A2760) als bij de nulmeting en de eerste herhalingsmeting te kunnen gebruiken zijn een aantal meetkringen van de meetnetten Barradeel en Barradeel II gemeten.

De resultaten van deze waterpasmeting zijn in deze rapportage weergegeven in hoofdstuk 4. Een overzicht van het meetnet is weergegeven in onderstaand figuur 1 en in een differentiekaart (bijlage 1b).



Figuur 1: Overzicht meetnet (zonder meetkringen Barradeel en aansluitpunt 002760 (Zweins))

Met dit rapport wordt uitvoering gegeven aan het gestelde in artikel 31, mijnbouwbesluit 2002, met betrekking tot het uitvoeren en rapporteren van metingen overeenkomstig het goedgekeurde Meetplan 'Havenmond'.

2 Continue GNSS-monitoring

De volledige meetopzet 'Zoutwinning Waddenzee' en een overzicht van het meetnet is beschreven in de *'Bijlage: Update toelichting meetplan Havenmond [1]*. Een overzicht van het waterpasmeetnet, aangevuld met de locaties van de GNSS-stations is weergegeven op een overzichtskaart (zie bijlage 1a).

Het meetnet voor de continue GNSS-monitoring bestaat uit twee permanente GNSS-stations (CGPS01 en CGPS02) welke zich binnen de geprognoseerde invloedsfeer van zoutwinning bevinden en één permanent GNSS-station (Zweins) welke verondersteld wordt buiten de invloedsfeer van mijnbouwactiviteiten te liggen. Dit laatste station dient als het zogenaamde referentiestation en is sinds 2009 operationeel.

De GNSS-locaties CGPS01, CGPS02 en het GNSS-station Zweins zijn ingericht op de onderstaande posities:

GNSS-station CGPS01		<u>Locatie:</u> Waddenzee Coördinaten (Geografisch): Lat.: 53°12'7.5" N Long.: 5°22'34.9" E
GNSS-station CGPS02		<u>Locatie:</u> Waddenzee Coördinaten (Geografisch): Lat.: 53°12'55.0" N Long.: 5°23'19.9" E
GNSS station Zweins		<u>Locatie:</u> Rijksstraatweg 4A, Zweins Coördinaten (Geografisch): Lat.: 53°11'39.7" N Long.: 5°36'9.9" E

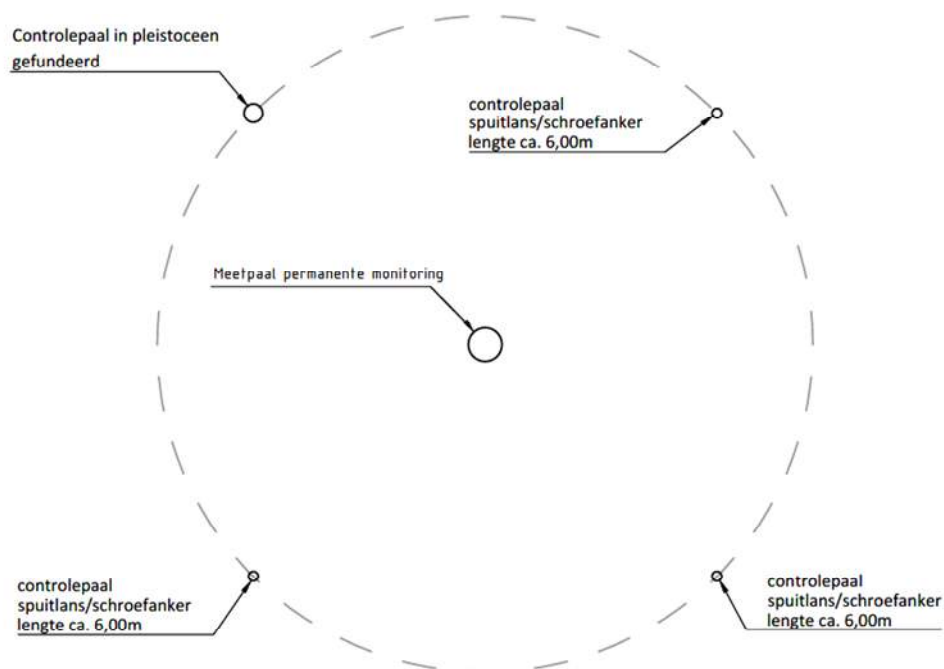
Tabel 1: Posities permanente GNSS-stations

De twee permanente GNSS-stations bestaan elk uit de volgende onderdelen:

- Een op het pleistoceen gefundeerde stalen buis. Deze stalen buis is bestand tegen invloeden van buitenaf. De buis bestaat uit een gecoate buis met een bovendeele waarop de meetapparatuur en aanvullende (energie) voorzieningen zijn bevestigd;
- GNSS ontvanger met bijbehorende antenne die bevestigd wordt op de buis;
- Internet verbinding. Deze verbinding zorgt voor het verzenden van de gemeten GNSS posities en correcties;
- Stroomvoorziening door middel van zonnepanelen;
- Signalering; radarreflector en verlichting.

In de nabije omgeving van de permanente meetpalen op het wad, zijn op beide locaties vier (4) controle palen geplaatst (1 controlepaal in pleistoceen verankerd en twee spuitlans-palen). Zie figuur2.

Tijdens de jaarlijkse meetcampagne (zie hoofdstuk 3) worden deze controlepalen gemeten en vindt er een ijking plaats van de twee permanente GNSS-stations in een landelijk referentienetwerk van GNSS-stations. Daarnaast wordt er een scheefstandsmeting van de twee permanente GNSS-stations uitgevoerd.



Figuur 2: Schematische weergave meetpunten continue monitoring

2.1 Meetprocedure- en techniek continue GNSS-monitoring

Bovenop de meetpaal, ruim acht meter boven het maaiveld (zandplaat), is een Leica AR10 GNSS-antenne geplaatst. Het ARP¹ van de antenne wordt voor wat betreft de XY-positie gevormd door het middelpunt van de GNSS-antenne (hart schroefdraad GNSS-antennestok). De onderkant van de antenne vormt de hoogtecomponent van de Leica AR10 antenne.



Figuur 3: Leica AR10 GNSS-antenne



Figuur 4: Leica GR50 GNSS-ontvanger

De Leica GR50 GNSS-ontvanger is per locatie in een systeemkast geplaatst. De connectie tussen GNSS-antenne en GNSS-ontvanger wordt gevormd met een datakabel. Door middel van vier accu's wordt het GNSS-station van voeding voorzien. De accu's worden opgeladen door vier zonnepanelen (per meetpaal). De energievoorziening wordt bewaakt door middel van een batterij monitoring systeem. Deze gegevens zijn te raadplegen via hetzelfde online-dashboard als waar de resultaten van de GNSS-monitoring te zien zijn.

De GNSS-ontvanger logt continue GNSS-data met een waarnemingsinterval van 15 sec. De gelogde GNSS-data wordt door de GNSS-ontvanger geregistreerd en stuurt deze dagelijks naar een FTP-server.

2.2 Verwerking GNSS-data continue GNSS-monitoring

De gelogde GNSS-data van CGPS01, CGPS02 en Zweins wordt via een beveiligde FTP- verbinding verzonden en opgeslagen op een centrale server van Antea Group. De data wordt vervolgens verwerkt d.m.v. een post-processing (single-baseline berekening) t.o.v. het referentiepunt (Zweins). Deze berekeningen worden uitgevoerd met de applicatie 'Leica Spider' waarmee o.a. ook de dataverbindingen en opslag van de data kan worden gecontroleerd.

Het systeem is zodanig ingericht dat bij storingen en uitval van een GNSS-station een SMS-melding bij Antea Group binnenkomt. Via een online monitoringsdashboard is te herleiden op welke locatie de storing zich voordoet en zijn de gegevens van batterij en opladers beschikbaar.

¹ ARP: Antenne Referentie Punt

2.3 Resultaten continue GNSS-monitoring

In bijlage 2, en onderstaande figuren (fig. 3 en 4), zijn de waarnemingen vanaf 10 oktober 2018 tot en met 31 december 2021 weergegeven van de monitoringstations CGPS01 en CGPS02. De grafiek bestaat uit 24-uurgemiddelde GNSS-observaties en een voortschrijdend gemiddelde (moving average) over een periode van 16 weken.

Daarnaast is in deze grafieken een lineaire fit bepaald vanaf het begin van de metingen (10 oktober 2018) tot aan de start van de zoutwinning (7 september 2020). Deze geeft de bodembeweging vóór de start van de zoutwinning aan.

Lineaire fit voor CGPS01:

Van 2018-10-10 tot 2020-09-06

Totale deformatie over deze periode: -0.80 mm

Lineaire fit = $A + B t$

met initiele hoogte $A = -1.26$ mm

en snelheid $B = -0.42$ mm/jaar

Lineaire fit voor CGPS02:

Van 2018-10-10 tot 2020-09-06

Totale deformatie over deze periode: 0.07 mm

Lineaire fit = $A + B t$

met initiele hoogte $A = 1.80$ mm

en snelheid $B = 0.04$ mm/jaar

Het laatste punt van deze lineaire fit is gekozen als nul-referentie punt op 7 september 2020:

CGPS01: $51.6809 + (-0.00126 - 0.00080) = 51.67884$

CGPS02: $52.5550 + (0.00180 + 0.00007) = 52.55687$

Let op dat deze fit alleen is gebruikt om het nul-referentiepunt te bepalen. De dalingssnelheid (in formule aangegeven met 'B') kan niet worden gebruikt om mogelijke natuurlijke achtergrond daling te extrapoleren de toekomst in.

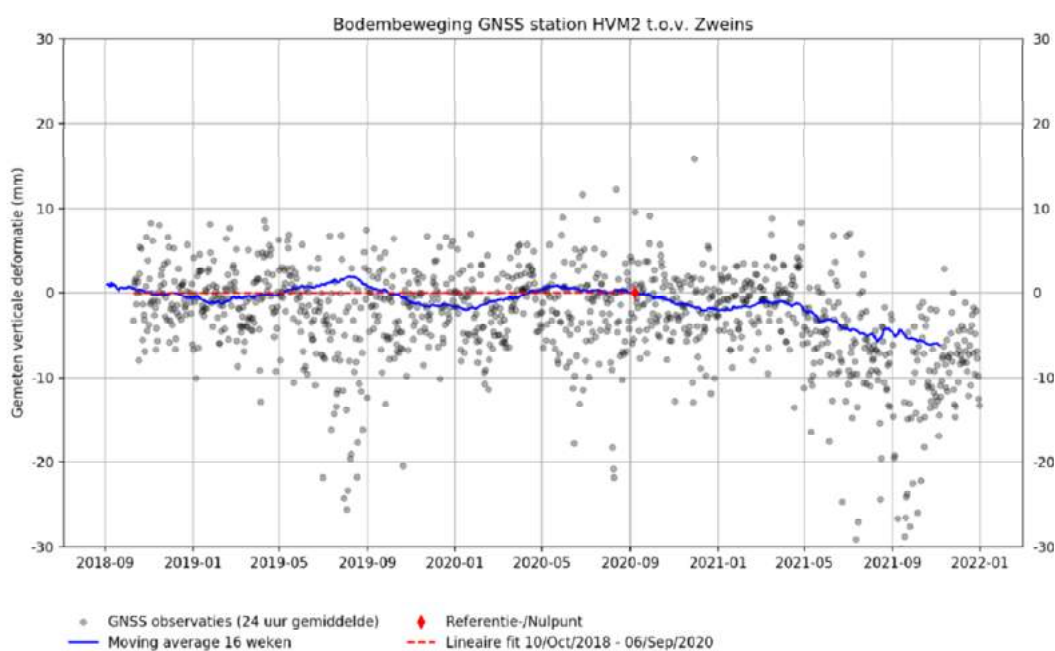
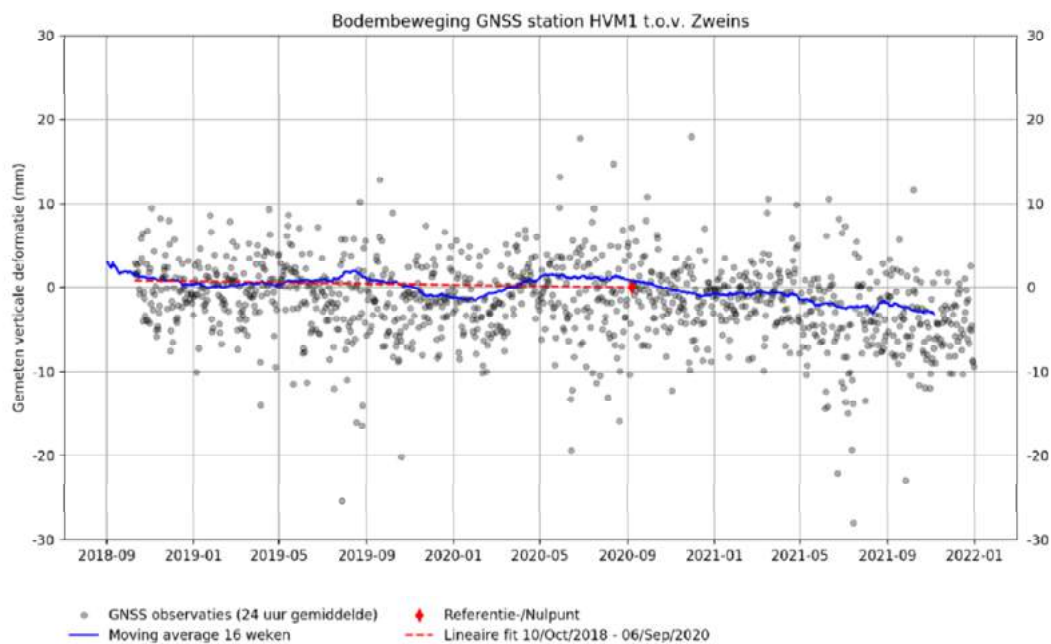
De spreiding van de 1-uurgemiddelde GNSS-observaties wordt gebruikt om de nauwkeurigheid van de metingen aan te geven. De standaarddeviatie van deze spreiding is vastgesteld voor CGPS01 en CGPS02 op 12 mm. De GNSS-observaties die buiten de 95%-bandbreedte van deze spreiding vallen (twee keer de standaarddeviatie) zijn eruit gefilterd.

De kwaliteit van de gemeten 1-uurgemiddelden (CQ-waarde) is een indicatie hoe nauwkeurig en eenduidig deze meting is. Voor het verkrijgen van de moving average en de lineaire fit zijn alleen de punten gebruikt met de beste CQ-waarde, grofweg 50% van alle 1-uurgemiddelden. Hiermee kunnen seizoensgebonden invloeden er beter uitgefilterd worden.

Zoals hierboven aangegeven is de trend van de hoogte van station CGPS01 en CGPS02 vóór aanvang van de zoutwinning nagenoeg stabiel. In de periode oktober 2018 (start metingen) tot september 2020 is er een bodembeweging gemeten van -0.80 mm van CGP01 en van 0,07 mm van station CGPS02.

Sinds de start van de zoutwinning op 7 september 2020 tot en met 31 december 2021 is een daling gemeten van -3,3 mm (gemiddeld -2,5 mm per jaar) van CGPS01 en van -5,9 mm (gemiddeld -4,5 mm per jaar) bij CGPS 02.

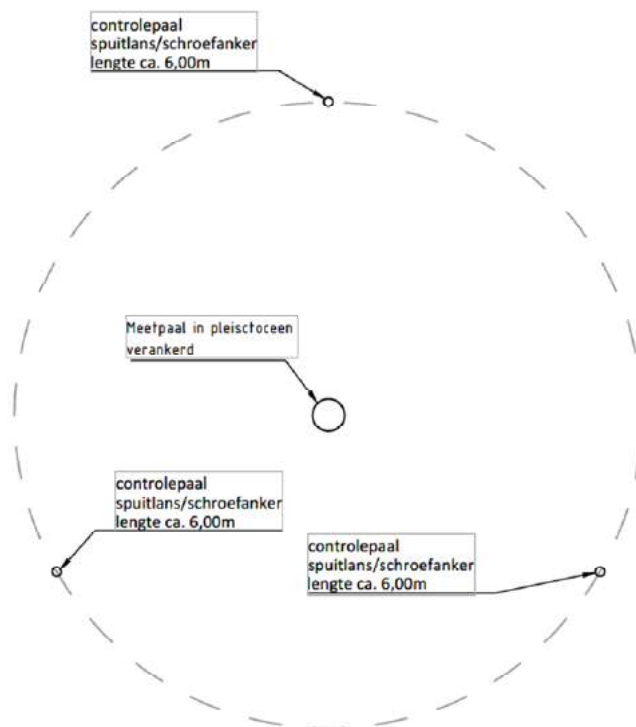
De gemeten dalingen zijn bepaald d.m.v single-baseline berekeningen t.o.v. het referentiestation 'Zweins'.



3 Jaarlijkse GNSS-monitoring

Naast de in hoofdstuk 2 behandelde permanente GNSS-stations zijn in het meetplan acht (8) meetlocaties bepaald welke door middel van een periodieke (jaarlijkse) meetcampagne met mobiele GNSS-masten worden gemeten. De locatie van deze meetlocaties zijn weergegeven in de een overzichtskaart (bijlage1). Tevens worden tijdens de jaarlijkse meetcampagne de twee permanente GNSS stations geijkt.

Voor de jaarlijkse meetcampagnes zijn op vijf (5) meet-locaties in de Waddenzee clusters meetpunten aangebracht. Een cluster bestaat hierbij uit een in het pleistoceen verankerde meetpaal en drie (3) omliggende spuitlans-palen. Daarnaast zijn op drie (3) meet-locaties in de kuststrook, op het land, clusters meetpunten aangebracht. Een cluster bestaat hierbij uit een in het pleistoceen verankerde meetpaal (type Geo-Delft) en drie omliggende peilmerken (hoogtebouten) in goed gefundeerde objecten.



Figuur 6:: Schematische weergave meetpunten periodieke monitoring (Waddenzee)

3.1 Meetprocedure- en techniek jaarlijkse GNSS-monitoring

Voor het uitvoeren van de jaarlijkse GNSS- meetcampagnes heeft Antea Group vijf mobiele GNSS-meetstations geconstrueerd op basis van een Leica AR20 choke-ring antenne en een Leica GS10 ontvanger. Een dergelijk GNSS-meetstation bestaat uit een vier meter lange aluminium mast, een GNSS-antenne, een GNSS-ontvanger en een stroomvoorziening. Op twee plaatsen aan de mast zijn RVS dopmoeren aangebracht welke dienen als meetpunten en die geschikt zijn voor het aanmeten met een waterpas baak. Daarnaast zijn de masten voorzien van een signaleringslicht t.b.v. de zichtbaarheid voor de scheepsvaart.

Op de mast wordt een AR20 antenne geplaatst, de antenne wordt op de mast gedraaid tot het aanslagpunt. Het ARP van de antenne wordt voor wat betreft de XY-positie gevormd door het middelpunt van het schroefdraad. De onderkant van de antenne vormt de hoogtecomponent van de AR20 antenne. De voet van de mast wordt geplaatst op een in het pleistoceen verankerd meetpunt (WMP01; WMP02; WMP04; WMP05 en WMP06) of op een stalen pen welke nabij het ondergrondse diep gefundeerde meetpunt in de grond wordt aangebracht (WMP07; WMP08 en WMP0A4020). Onderaan de mast bevindt zich een waterdichte kunststoffen kist waarin de GNSS-ontvanger en een accupakket wordt geplaatst.

Het is van belang dat bij elke meting dezelfde antenne op dezelfde mast geplaatst wordt. Hiervoor zijn de GNSS-antenne masten voorzien van een unieke nummering om verwisseling tussen antenne en meetpaal te voorkomen.



Figuur 7: Meetopstelling jaarlijkse GNSS monitoring

Meetpaal	Serienummer antenne	Meetlocatie
1	21274005	WPM01 + WPM07
2	21274006	WPM02 + WPM08
4	21341009	WPM04 + 0A4020
5	21341010	WPM05
6	21349028	WPM06

Tabel 2: Serienummers GNSS-antennes.

3.2 Kallibratie GNSS-antennes

Absolute antenne kalibratie

Nauwkeurige GNSS-metingen vereisen een goede kennis van de ontvangstkarakteristieken van de gebruikte GNSS-antennes. Hiervoor is door GEO++ van elke AR20 GNSS-antenne een antennekalibratie uitgevoerd. De resultaten van deze kalibratie zijn vermeld in bijlage 9.

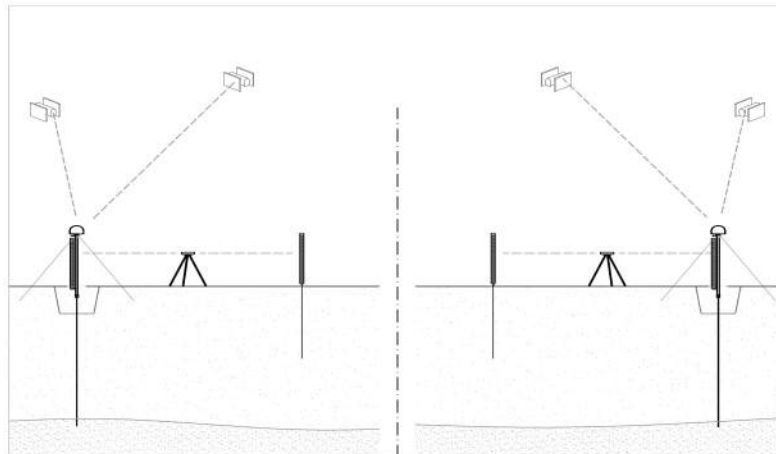
Controle meting masten en antennes

Voorafgaand en na afloop van het uitvoeren van de jaarlijkse GNSS-metingen wordt een controle meting van de twee meetpunten op de masten en de op de mast geplaatste GNSS-antennes uitgevoerd. Waarbij de onderzijde van de GNSS-antenne op vier plaatsen (Noord-, Oost-, Zuid-, en Westzijde) wordt aangemeten. De resultaten van deze controlemetingen zijn vermeld in bijlage 10.

3.3 Metingen niet permanente GNSS-locaties

De GNSS-masten zijn voor een periode van ca. zeven dagen (noord gericht) op een meetlocatie geplaatst. Er is data gelogd met een waarnemingsinterval van 10 seconden, een bestandsgrootte van 24 uur aan waarnemingen en een minimale elevatiehoek van 5 graden.

Om het hoogteverschil te bepalen tussen het ARP van de GNSS-antenne, de meetpunten op de antennemast en de omliggende controlepalen of peilmerken, is een waterpasmeting uitgevoerd tussen deze punten. Deze metingen zijn direct na het plaatsen van de antennemasten uitgevoerd en voorafgaand aan het demonteren van de masten. Door het uitvoeren van een meting aan het begin van de meetperiode en aan het eind van de meetperiode kan geconstateerd worden of er verstoringen in de meetconfiguratie zijn opgetreden. Alle metingen zijn gecontroleerd uitgevoerd in een heen- en teruggang. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in de tabellen 5 t/m 12.



Figuur 8: Principeschets van de jaarlijkse meetcampagne (Waddenzee) met als doel het meten van hoogteverschillen tussen de ondergrondse merken en de overige peilmerken op de meetlocaties. De jaarlijkse meetcampagne bestaat uit GNSS-metingen voor het bepalen van de hoogten (ETRS) van de ARP's van de meetpalen en uit waterpasmetingen om het hoogteverschil te bepalen tussen de peilmerken en de ARP's van de meetpalen.

3.4 Meetchronologie niet permanente GNSS-metingen

Meetpaal	Locatie	GNSS-Antenne	GNSS- ontvanger	Startdatum	Einddatum
1	WPM01	21274005	3230485	15-9-2021	22-9-2021
2	WPM02	21274006	3230491	16-9-2021	22-9-2021
4	WPM04	21341009	3230502	14-9-2021	21-9-2021
5	WPM05	21341010	3230501	15-9-2021	21-9-2021
6	WPM06	21349028	3230500	17-9-2021	24-9-2021
1	WPM07	21274005	3230485	20-10-2021	28-10-2021
2	WPM08	21274006	3230502	20-10-2021	27-10-2021
4	WPM0A4020	21341009	3230501	20-10-2021	27-10-2021

Tabel 3: Overzicht inzet GNSS-meetpalen

3.5 Weersomstandigheden

In de onderstaande tabel worden de weersomstandigheden weergegeven ten tijde van de meetcampagne. De gegevens zijn afkomstig van de KNMI weerstations Hoorn (Terschelling) en Leeuwarden gesitueerd nabij het projectgebied.

Datum	Windrichting	Windkracht (Bft)	Bewolking	Neerslag (mm)	Temp. Lucht (°C)
14-9-2021	O	4	Zwaar bewolkt	0,1	17,1
15-9-2021	W	3	Vrijwel geheel bewolkt	<0.05	17,4
16-9-2021	WNW	3	Zwaar bewolkt	0,2	16,1
17-9-2021	OZO	2	Geheel bewolkt	0,0	16,1
18-9-2021	OZO	3	Zwaar bewolkt	0,0	16,4
19-9-2021	OZO	4	Geheel bewolkt	0,0	15,3
20-9-2021	OZO	2	Vrijwel geheel bewolkt	0,0	14,0
21-9-2021	W	3	Vrijwel geheel bewolkt	0,0	14,4
22-9-2021	WZW	4	Half bewolkt	0,0	15,9
23-9-2021	W	4	Vrijwel geheel bewolkt	0,2	16,1
24-9-2021	WZW	4	Vrijwel geheel bewolkt	<0.05	17,4
25-9-2021	ZZW	2	Vrijwel geheel bewolkt	<0.05	17,4
26-9-2021	ZZO	2	Zwaar bewolkt	0,0	17,3
27-9-2021	ZZW	4	Half tot zwaar bewolkt	7,1	15,6
28-9-2021	Z	4	Zwaar bewolkt	0,3	14,9
20-10-2021	ZW	5	Geheel bewolkt	6,7	14,8
21-10-2021	WNW	5	Vrijwel geheel bewolkt	27,7	10,4
22-10-2021	WNW	5	Zwaar bewolkt	4,4	9,8
23-10-2021	ZW	3	Vrijwel geheel bewolkt	0,0	10,8
24-10-2021	Z	4	Half bewolkt	0,0	9,9
25-10-2021	ZZW	4	Geheel bewolkt	5,4	11,1
26-10-2021	ZW	4	Zwaar bewolkt	<0.05	11,6
27-10-2021	ZW	5	Geheel bewolkt	<0.05	13,6
28-10-2021	Z	5	Licht bewolkt	0	12,1

Tabel 4: Weersomstandigheden gedurende de meetcampagne

3.6 Verwerking en resultaten niet permanente GNSS-metingen

Move3 vereffening (antennemetingen)

De waterpasmetingen bij opbouw en demontage van de antennemasten zijn in Move3 getoetst volgens de Delftse rekenmethode kleinste kwadraten. Hierbij vindt toetsing plaats van het meetnet als geheel (F-toets) en toetsing van de waarnemingen afzonderlijk (W-toets). In de Move3 berekeningen voor de meetlocaties op het wad zijn de in het pleistoceen verankerde meetpalen aangehouden als referentiepunt. Voor de meetlocaties op het land zijn de diep gefundeerde meetpunten aangehouden als referentiepunt. Het volledig Move3 uitvoerbestand per meetlocatie wordt getoond in bijlage 11.

Resultaten waterpasmetingen (antennemetingen)

In de onderstaande tabellen 5 t/m 12 worden de resultaten weergegeven van de antennemetingen (waterpasmeting tussen antenne, ondergronds meetmerk en overige peilmerken). De antennemetingen bij opbouw en demontage zijn vergeleken ter controle op een eventuele verstoring of zetting van de meetpalen. De gemeten waarden vallen allemaal binnen de meettoleranties.

Tijdelijk GNSS-meetstation 1 Locatie WPM01					
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 11004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 15-09-2021	Meetdatum: 22-09-2021		
11001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1366	0,1365	0,1366	-0,0001
11002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1831	0,1830	0,1831	-0,0001
11003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2225	0,2224	0,2225	-0,0001
11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110041	Bout onderzijde antennemast	0,7202	0,7202	0,7202	0,0000
110042	Bout bovenzijde antennemast	3,0172	3,0174	3,0173	0,0002
Antennerand centrum gemiddeld		4,0354	4,0340	4,0347	-0,0014
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0024	

Tabel 5: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM01

Tijdelijk GNSS-meetstation 2 Locatie WPM02 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 12004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 16-09-2021	Meetdatum: 22-09-2021		
12001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2301	0,2302	0,2302	0,0001
12002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2445	0,2444	0,2445	-0,0001
12003	Controlepaal (spuitlanspaal)	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
120041	Bout onderzijde antennemast	0,7209	0,7210	0,7210	0,0001
120042	Bout bovenzijde antennemast	3,0184	3,0180	3,0182	-0,0004
Antennerand centrum gemiddeld		4,0340	4,0336	4,0338	-0,0004
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0015	

Tabel 6: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM02

Tijdelijk GNSS-meetstation 4 Locatie WPM04 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 14004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 14-09-2021	Meetdatum: 21-09-2021		
14001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1918	0,1920	0,1919	0,0002
14002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2185	0,2187	0,2186	0,0002
14003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1720	0,1722	0,1721	0,0002
14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
140041	Bout onderzijde antennemast	0,7207	0,7211	0,7209	0,0004
140042	Bout bovenzijde antennemast	3,0225	3,0226	3,0226	0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,0339	4,0334	4,0336	-0,0005
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0013	

Tabel 7: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM04

Tijdelijk GNSS-meetstation 5 Locatie WPM05 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 15004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 15-09-2021	Meetdatum: 21-09-2021		
15001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,3220	0,3219	0,3220	-0,0001
15002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2242	0,2243	0,2243	0,0001
15003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2334	0,2334	0,2334	0,0000
15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
150041	Bout onderzijde antennemast	0,7211	0,7211	0,7211	0,0000
150042	Bout bovenzijde antennemast	3,0189	3,0188	3,0189	-0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,0344	4,0347	4,0345	0,0003
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0022	

Tabel 8: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM05

Tijdelijk GNSS-meetstation 6 Locatie WPM06 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 16004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)*	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 17-09-2021	Meetdatum: 27-09-2021		
16001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2412	n.g.	0,2412	n.b.
16002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2104	n.g.	0,2104	n.b.
16003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2442	n.g.	0,2442	n.b.
16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	n.g.	0,0000	n.b.
160041	Bout onderzijde antennemast	0,7199	n.g.	0,7199	n.b.
160042	Bout bovenzijde antennemast	3,0183	n.g.	3,0183	n.b.
Antennerand centrum gemiddeld		4,0329	n.g.	4,0329	n.b.
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0006	

Tabel 9: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM06

* Meting bij demontage is niet uitgevoerd vanwege een te hoge waterstand.

Tijdelijk GNSS-metstation Locatie WPM07 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02908					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 20-10-2021	Meetdatum: 28-10-2021		
000A02908	<i>Diep gefundeerd peilmerk</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
329	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,1802	1,1804	1,1803	0,0002
330	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,1806	1,1806	1,1806	0,0000
332	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,1773	1,1772	1,1773	-0,0001
17004	<i>Tijdelijk meetpunt</i>	0,6264	0,6261	0,6263	-0,0004
170041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	1,3478	1,3473	1,3476	-0,0005
170042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,6446	3,6445	3,6446	-0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,6619	4,6601	4,6610	-0,0018
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	<i>Antennereferentiepunt</i>			4,6287	

Tabel 10: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM07

Tijdelijk GNSS-metstation Locatie WPM08 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02907					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 20-10-2021	Meetdatum: 27-10-2021		
000A02907	<i>Diep gefundeerd peilmerk</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
326	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,0935	1,0934	1,0935	-0,0001
327	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,5314	1,5309	1,5312	-0,0005
328	<i>Peilmerk (bout)</i>	1,4930	1,4932	1,4931	0,0002
18004	<i>Tijdelijk meetpunt</i>	0,9045	0,9044	0,9044	0,0000
180041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	1,6263	1,6259	1,6261	-0,0004
180042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,9229	3,9224	3,9227	-0,0005
Antennerand centrum gemiddeld		4,9385	4,9380	4,9382	-0,0004
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	<i>Antennereferentiepunt</i>			4,9059	

Tabel 11: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM08

Tijdelijk GNSS-meetstation Locatie WPM0A4020 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A4020					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 20-10-2021	Meetdatum: 27-10-2021		
000A4020	<i>Diep gefundeerd peilmerk</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
000A5020	<i>Ondergronds merk</i>	-0,5896	-0,5896	-0,5896	0,0000
005D0072	<i>Peilmerk (bout)</i>	-0,8565	-0,8567	-0,8566	-0,0002
005D0081	<i>Peilmerk (bout)</i>	-0,5271	-0,5274	-0,5273	-0,0003
303	<i>Peilmerk (bout)</i>	-0,4325	-0,4330	-0,4328	-0,0005
19004	<i>Tijdelijk meetpunt</i>	-0,7499	-0,7493	-0,7496	0,0006
190041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	-0,0282	-0,0278	-0,0280	0,0004
190042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	2,2727	2,2730	2,2729	0,0003
Antennerand centrum gemiddeld		3,2841	3,2842	3,2841	0,0001
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	<i>Antennereferentiepunt</i>			3,2518	

Tabel 12: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM0A4020

3.7 Controle metingen permanente GNSS-stations

Tijdens de jaarlijkse meetcampagne worden ook de twee permanente GNSS-stations gecontroleerd. Hierbij worden de controlepalen bij de GNSS-stations, punten op de meetpaal en het antenne referentiepunt (ARP) aangemeten. Deze meting is kort na het operationeel worden van de permanente GNSS-stations voor het eerst uitgevoerd (nulmeting 2018). Een eerste herhalingsmeting is uitgevoerd in 2019, de nu uitgevoerde meting was de tweede herhalingsmeting. In de tabellen 13 en 14 worden de resultaten weergegeven van deze metingen.

Tevens vindt er een meting plaats om de scheefstand van de paal te bepalen. De resultaten van deze scheefstandsmeting worden weergegeven in figuur 9 en 10, waarin ook de nummering van de gemeten punten is weergegeven. In tabel 15 is het verschil tussen de nulmeting en de herhalingsmetingen weergegeven.

Permanente meetpaal 1 Locatie CGPS01 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 1001							
Punt-nummer	Omschrijving	0-meting (M1)	herhalings-meting 1 (M2)	herhalings-meting 2 (M3)	herhalings-meting 3 (M4)	Verschil (M4 - M1)	Verschil (M4 - M3)
		Meetdatum: 9-10-2018	Meetdatum: 20-8-2019	Meetdatum: 30-9-2020	Meetdatum: 20-9-2021		
1001	<i>Meetpunt 'pleistoceen verankerd'</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1002	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,1310	0,1296	0,1278	0,1273	-0,0037	-0,0005
1003	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	-0,0011	-0,0017	-0,0024	-0,0029	-0,0018	-0,0005
1004	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,1832	0,1780	0,1775	0,1770	-0,0062	-0,0005
1005	<i>Bout op permanente meetpaal</i>	0,3341	0,3341	0,3343	0,3339	-0,0002	-0,0004
1012	<i>Prisma zijkant bordes</i>			8,8597	8,8561	-0,0036	-0,0036
1013	<i>Prisma zijkant bordes</i>			8,8969	8,8930	-0,0039	-0,0039
1014	<i>Prisma zijkant bordes</i>			8,8613	8,8587	-0,0026	-0,0026
ARP gemiddeld	<i>antennereferentiepunt</i>	11,1697	11,1653	11,1666	11,1642	-0,0055	-0,0024

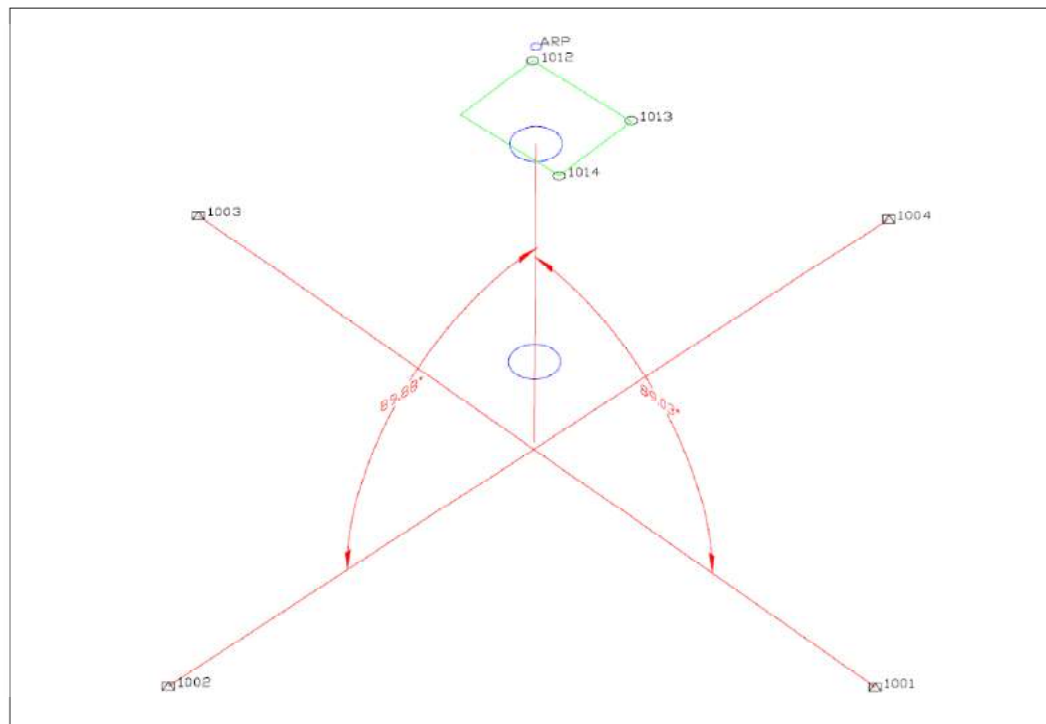
Tabel 13: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS01

Permanente meetpaal 2 Locatie CGPS02 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 2001							
Punt- nummer	Omschrijving	0-meting (M1)	herhalings- meting 1 (M2)	herhalings- meting 2 (M3)	herhalings- meting 3 (M4)	Verschil (M4 - M1)	Verschil (M4 - M3)
		Meetdatum: 8-10-2018	Meetdatum: 12-8-2019	Meetdatum: 1-10-2020	Meetdatum: 28-9-2021		
2001	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1021	0,1007	0,0995	0,0991	-0,0030	-0,0004
2003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1188	0,1184	0,1183	0,1180	-0,0008	-0,0003
2004	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,0899	0,0881	0,0867	0,0861	-0,0038	-0,0006
2005	Bout op permanente meetpaal	0,8264	0,8262	0,8308	0,8257	-0,0007	-0,0051
2012	Prisma zijkant bordes			9,3430	9,3386	9,3386	-0,0044
2013	Prisma zijkant bordes			9,3667	9,3640	9,3640	-0,0027
2014	Prisma zijkant bordes			9,3670	9,3647	9,3647	-0,0023
ARP gemiddeld	antennereferentiepunt	11,6635	11,6614	11,6628	11,6606	-0,0028	-0,0022

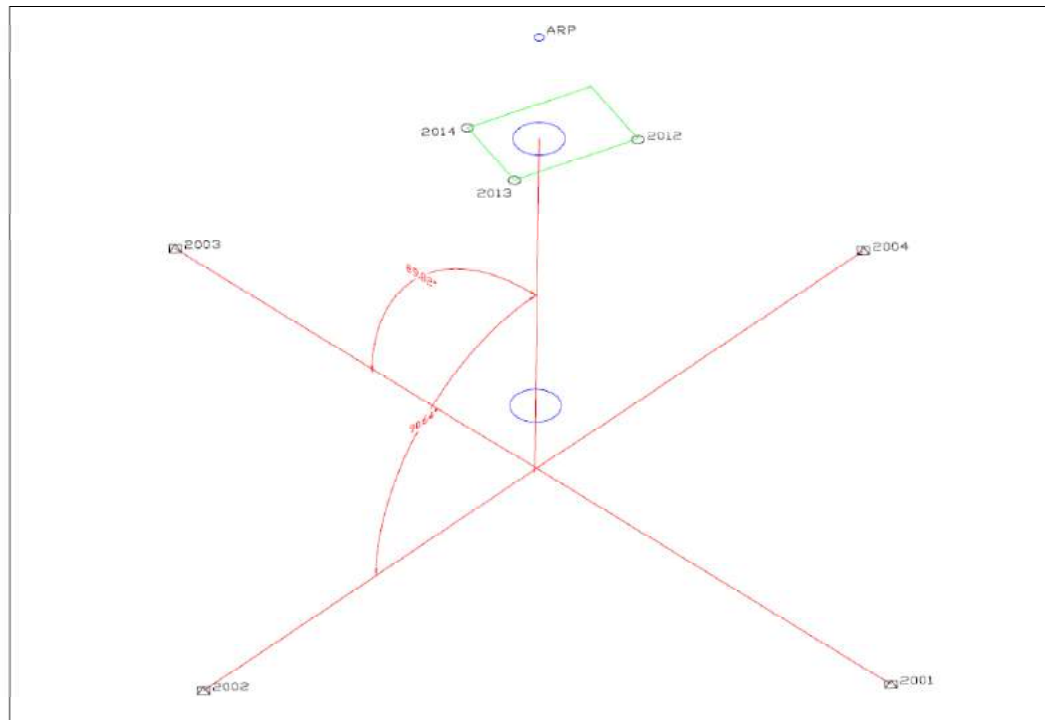
Tabel 14: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS02

	Richting		2019	2020	Verschil 2019-2020	2021	Verschil 2020-2021	Verschil 2019-2021
CGPS01	1001	1003	89.43 °	89.02 °	-0.41 °	89.03 °	0.01 °	-0.40 °
	1002	1004	89.80 °	89.81 °	0.01 °	89.88 °	0.07 °	0.08 °
CGPS02	2001	2003	89.80 °	89.78 °	-0.02 °	89.82 °	0.04 °	0.02 °
	2002	2004	90.65 °	90.47 °	-0.18 °	90.64 °	0.17 °	-0.01 °

Tabel 15: Tabel scheefstandsmeting CGPS01 en CGPS02 (in graden)



Figuur 9: Scheefstand en puntnummering meetpaal CGPS01



Figuur 10: Scheefstand en puntnummering meetpaal CGPS02

3.8 Multi-baseline berekeningen GNSS metingen

Tijdens de post-processing van de GNSS-meetdata worden door middel van een Multi-station oplossing de ETRS89 coördinaten berekend met het Geo++ softwarepakket GNSMART. Hierbij worden alle stations berekend binnen het landelijke referentienetwerk van de firma 06-GPS. Tevens dient deze berekening om de stabiliteit van het referentiestation 'Zweins' te toetsen. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen (16a en 16b). Voor het gehele verwerkingsrapport zie bijlage 12.

Resultaten Multi-station berekening 2021			
Locatie	ARP Meetpaal	ETRS89-hoogte (meters)	ETRS89-hoogte-verschillen (meters)
Zweins	ARP-Zweins	47,5090	0,0000
WPM0A4020	ARPWPM0A4020	51,7172	4,2082
WPM01	ARP-WPM01	45,2520	-2,2570
WPM02	ARP-WPM02	44,6098	-2,8992
WPM04	ARP-WPM04	44,3820	-3,1270
WPM05	ARP-WPM05	44,4877	-3,0213
WPM06	ARP-WPM06	44,3919	-3,1171
WPM07	ARP-WPM07	48,8012	1,2922
WPM08	ARP-WPM08	49,7208	2,2118
CGPS01	ARP-CGPS01	51,6823	4,1733
CGPS02	ARP-CGPS02	52,5499	5,0409

Tabel 16a: Resultaten multi-baseline berekening

Datum Multi-baseline berekeningen	Locatie	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ARP (m)	differentie ARP (m) t.o.v. nul-meting
27-09-2019	Zweins	53	11	39.64302	5	36	9.90950	47,5072	
04-11-2020	Zweins	53	11	39.64304	5	36	9.90940	47,5065	-0,0007
29-08-2021	Zweins	53	11	39.64302	5	36	9.90939	47,5090	0,0018

Tabel 16b: Resultaten multi-baseline berekening referentiestation

3.9 Combinatie waterpas- en GNSS metingen

De gewaterpaste hoogteverschillen uit de antennemeting, tabellen 5 t/m 12 zijn gecombineerd met de resultaten van de multi-baseline berekening van de ARP's van de meetpalen. Dit resulteert in één waarde (in ETRS89) voor de hoogten van de peilmerken op de diverse locaties. Voor de GNSS-antennemeting zijn de gemiddelde waarden van de meting bij opbouw en de meting bij demontage gebruikt. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel 17.

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2021 (t.o.v. Zweins)								
Locatie	Peilmerk	ETRS89- hoogte referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ondergronds merk-ARP (meters)	ETRS89- hoogte ARP- Zweins (meters)	Hoogte verschillen uit GPS meting (meters)	ETRS89- hoogte ARP's t.o.v. referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ARP- hoogtemerk (meters)	ETRS89- hoogte hoogtemerk (meters)
Zweins	ARP-Zweins		5,9194	47,5075	0,0000	47,5075	0,0000	47,5075
	000A2760	41,5881					-5,9194	41,5881
	3040						-5,4489	42,0586
WPM	ARPWPM0A4020				4,2082	51,7157	0,0000	51,7157
0A4020	000A4020						-3,2518	48,4639
	000A5020						-3,8414	47,8743
	005D0072						-4,1084	47,6073
	005D0081						-3,7791	47,9367
	303						-3,6846	48,0312
	19004						-4,0014	47,7144
	190041						-3,2798	48,4359
	190042						-0,9789	50,7368
WPM01	ARPWPM01				-2,2570	45,2505	0,0000	45,2505
	11001						-3,8659	41,3846
	11002						-3,8194	41,4311
	11003						-3,7800	41,4705
	11004						-4,0024	41,2481
	110041						-3,2822	41,9683
	110042						-0,9851	44,2654
WPM02	ARPWPM02				-2,8992	44,6083	0,0000	44,6083
	12001						-3,7713	40,8370
	12002						-3,7570	40,8513
	12003						n.g.	n.g.
	12004						-4,0015	40,6068
	120041						-3,2805	41,3278
	120042						-0,9833	43,6250
WPM04	ARPWPM04				-3,1270	44,3805	0,0000	44,3805
	14001						-3,8094	40,5711
	14002						-3,7827	40,5978
	14003						-3,8292	40,5513
	14004						-4,0013	40,3792
	140041						-3,2804	41,1001
	140042						-0,9788	43,4017

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2021 (t.o.v. Zweins)								
Locatie	Peilmerk	ETRS89- hoogte referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ondergronds merk-ARP (meters)	ETRS89- hoogte ARP- Zweins (meters)	Hoogte verschillen uit GPS meting (meters)	ETRS89- hoogte ARP's t.o.v. referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ARP- hoogtemerk (meters)	ETRS89- hoogte hoogtemerk (meters)
WPM05	ARPWPM05				-3,0213	44,4862	0,0000	44,4862
	15001						-3,6803	40,8059
	15002						-3,7780	40,7082
	15003						-3,7688	40,7174
	15004						-4,0022	40,4840
	150041						-3,2811	41,2051
	150042						-0,9834	43,5028
WPM06	ARPWPM06				-3,1171	44,3904	0,0000	44,3904
	16001						-3,7594	40,6310
	16002						-3,7902	40,6002
	16003						-3,7564	40,6340
	16004						-4,0006	40,3898
	160041						-3,2807	41,1097
	160042						-0,9823	43,4081
WPM07	ARPWPM07				1,2922	48,7997	0,0000	48,7997
	000A02908						-4,6287	44,1711
	329						-3,4484	45,3514
	330						-3,4481	45,3517
	332						-3,4514	45,3483
	17004						-4,0024	44,7973
	170041						-3,2811	45,5186
	170042						-0,9841	47,8156
WPM08	ARPWPM08				2,2118	49,7193	0,0000	49,7193
	000A02907						-4,9059	44,8134
	326						-3,8125	45,9068
	327						-3,3748	46,3445
	328						-3,4128	46,3065
	18004						-4,0015	45,7178
	180041						-3,2798	46,4395
	180042						-0,9833	48,7360

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2021 (t.o.v. Zweins)								
Locatie	Peilmerk	ETRS89- hoogte referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ondergronds merk-ARP (meters)	ETRS89- hoogte ARP- Zweins (meters)	Hoogte verschillen uit GPS meting (meters)	ETRS89- hoogte ARP's t.o.v. referentie punt (meters)	Hoogteverschil antennemeting ARP- hoogtemerk (meters)	ETRS89- hoogte hoogtemerk (meters)
CGPS01	ARPCGPS01				4,1733	51,6808	0,0000	51,6808
	1001						-11,1642	40,5166
	1002						-11,0369	40,6439
	1003						-11,1671	40,5137
	1004						-10,9872	40,6936
	1005						-10,8303	40,8505
	1012						-2,3081	49,3727
	1013						-2,2712	49,4096
	1014						-2,3055	49,3753
CGPS02	ARPCGPS02				5,0409	52,5484	0,0000	52,5484
	2001						-11,6606	40,8878
	2002						-11,5615	40,9869
	2003						-11,5426	41,0058
	2004						-11,5745	40,9739
	2005						-10,8349	41,7135
	2012						-2,3220	50,2264
	2013						-2,2966	50,2518
	2014						-2,2959	50,2525

Tabel 17: Resultaten jaarlijkse GNSS meting

3.10 Referentiepeilmerk

De jaarlijkse GNSS-metingen zijn berekend ten opzichte van het ondergrondse meetmerk 000A2760 (Zweins). Dit referentiepeilmerk wordt tevens gebruikt als referentiepunt voor de continue GNSS monitoring (zie hoofdstuk 2) en als referentiepunt voor het berekenen van de waterpasmetering Harlingen-West (zie hoofdstuk 4). De eerste meting (2019) is berekend t.o.v. 000A4020, deze meting is later herberekend ten opzichte van het referentiepunt 000A2760.

3.11 Differentiëestaat

De berekende waarden (3.9) van de 2^e herhalingsmeting zijn in onderstaande tabel in de kolom 'Sept. 2021' weergegeven. De resultaten van de 1^e herhalingsmeting zijn weergegeven in de kolom 'september 2020'. In de kolom 'diff' zijn de verschillen tussen de metingen weergegeven. Deze differentiëestaat is ook als bijlage 7 in deze rapportage opgenomen.

DIFFERENTIËESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	Diff. cumulatief
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
Zweins	000A2760	Diep gefundeerd peilmerk	41,5881	41,5881	0,0	41,5881	0,0	0,0
	3040	Peilmerk (bout)	42,0593	42,0589	-0,4	42,0586	-0,3	-0,7
WPM 0A4020	000A4020	Diep gefundeerd peilmerk	48,4663	48,4646	-1,7	48,4639	-0,7	-2,4
	000A5020	Ondergronds meetmerk	47,8765	47,8749	-1,6	47,8743	-0,6	-2,2
	005D0072	Peilmerk (bout)	47,6098	47,6082	-1,6	47,6073	-0,9	-2,5
	005D0081	Peilmerk (bout)	47,9388	47,9375	-1,3	47,9367	-0,8	-2,1
	303	Peilmerk (bout)	48,0333	48,0319	-1,4	48,0312	-0,8	-2,1
WPM01	11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	41,2495	41,2499	0,5	41,2481	-1,8	-1,4
	11001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,3887	41,3872	-1,5	41,3846	-2,5	-4,0
	11002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4336	41,4331	-0,4	41,4311	-2,0	-2,4
	11003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4738	41,4729	-0,8	41,4705	-2,4	-3,2
WPM02	12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,6109	40,6118	0,9	40,6068	-5,0	-4,1
	12001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8432	40,8422	-1,0	40,8370	-5,2	-6,2
	12002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8558	40,8561	0,3	40,8513	-4,9	-4,5
	12003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9701	40,9668	-3,3	n.g.	n.b.	n.b.

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	Diff. cumulatief
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
WPM04	14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3824	40,3819	-0,5	40,3792	-2,7	-3,2
	14001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5750	40,5739	-1,1	40,5711	-2,8	-3,9
	14002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6021	40,6006	-1,5	40,5978	-2,8	-4,3
	14003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5547	40,5541	-0,6	40,5513	-2,8	-3,4
WPM05	15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,4871	40,4869	-0,2	40,4840	-2,9	-3,1
	15001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8094	40,8088	-0,6	40,8059	-2,8	-3,4
	15002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7133	40,7111	-2,2	40,7082	-2,9	-5,1
	15003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7213	40,7202	-1,1	40,7174	-2,8	-3,9
WPM06	16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3941	40,3938	-0,2	40,3898	-4,0	-4,2
	16001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6358	40,6353	-0,4	40,6310	-4,3	-4,7
	16002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6051	40,6044	-0,6	40,6002	-4,2	-4,8
	16003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6389	40,6383	-0,5	40,6340	-4,3	-4,8
WPM07	000A02908	Diep gefundeerd peilmerk	44,1726	44,1723	-0,2	44,1711	-1,3	-1,5
	329	Peilmerk (bout)	45,3525	45,3536	1,1	45,3514	-2,2	-1,1
	330	Peilmerk (bout)	45,3541	45,3538	-0,2	45,3517	-2,2	-2,4
	332	Peilmerk (bout)	45,3524	45,3504	-2,0	45,3483	-2,1	-4,1
WPM08	000A02907	Diep gefundeerd peilmerk	44,8143	44,8141	-0,3	44,8134	-0,7	-0,9
	326	Peilmerk (bout)	45,9110	45,9093	-1,7	45,9068	-2,5	-4,2
	327	Peilmerk (bout)	46,3471	46,3463	-0,8	46,3445	-1,7	-2,5
	328	Peilmerk (bout)	46,3082	46,3083	0,0	46,3065	-1,8	-1,7
CGPS01	ARP CGPS01	Antenne referentiepunt	51,6782	51,6804	2,2	51,6808	0,4	2,6
	1001	Diep gefundeerd peilmerk	40,5129	40,5138	0,9	40,5166	2,8	3,7
	1002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6425	40,6416	-0,9	40,6439	2,3	1,4
	1003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5112	40,5114	0,2	40,5137	2,3	2,5
	1004	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6909	40,6913	0,4	40,6936	2,3	2,7
	1005	Bout op permanente meetpaal	40,8470	40,8481	1,1	40,8505	2,4	3,5
	1012	Prisma zijkant bordes		49,3735	Nulmeting	49,3727	-0,8	-0,8
	1013	Prisma zijkant bordes		49,4107	Nulmeting	49,4096	-1,1	-1,1
	1014	Prisma zijkant bordes		49,3751	Nulmeting	49,3753	0,2	0,2

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	Diff. cumulatief
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
CGPS02	ARP CGPS02	Antenne referentiepunt	52,5468	52,5502	3,4	52,5484	-1,8	1,6
	2001	Diep gefundeerd peilmerk	40,8854	40,8874	1,9	40,8878	0,4	2,3
	2002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9861	40,9869	0,7	40,9869	0,0	0,7
	2003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,0038	41,0057	1,8	41,0058	0,1	1,9
	2004	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9735	40,9741	0,5	40,9739	-0,2	0,3
	2005	Bout op permanente meetpaal	41,7116	41,7182	6,5	41,7135	-4,7	1,8
	2012	Prisma zijkant bordes		50,2304	Nulmeting	50,2264	-4,0	-4,0
	2013	Prisma zijkant bordes		50,2541	Nulmeting	50,2518	-2,3	-2,3
	2014	Prisma zijkant bordes		50,2544	Nulmeting	50,2525	-1,9	-1,9

4 Waterpasmeting meetnet 'Harlingen-West'

Naast de in hoofdstuk 2 beschreven 'Continue GNSS-monitoring' en de in hoofdstuk 3 beschreven 'Jaarlijkse GNSS-monitoring' is er een nauwkeurigheidswaterpasmeting uitgevoerd. Het betreft hier een waterpasmeting van een meetnet ten noorden en aan de westzijde van Harlingen. Het doel van deze waterpasmeting is het in hoogte vastleggen van peilmerken welke zich bevinden in vaste objecten en van de ondergrondse peilmerken 00A2907; 00A2908 en 00A4020. Het meetnet is weergegeven in bijlage 1.

Voor deze waterpasmeting zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Het uitvoeren van een secundair optische waterpasmeting van het meetnet Harlingen-West inclusief een aansluiting naar het referentiepeilmerk 000A2760 (Zweins).
- Het uitvoeren van een tachymetrische overgangsmeting.
- Het berekenen en vereffenen van de hoogte van de gewaterpaste peilmerken.

4.1 Meetnet

Het meetnet is zodanig ontworpen dat bodemdaling aan de rand van de geprognosticeerde invloedsfeer gedetecteerd kan worden. Om deformatie te kunnen vaststellen zijn 50 peilmerken in het meetnet Harlingen-West opgenomen. Om een aansluiting op het referentiepeilmerk 000A2760 mogelijk te maken zijn extra meetkringen uit het meetnet Barradeel II gemeten. De peilmerken uit deze meetkringen zijn niet in de differentiestaat Harlingen-West opgenomen en zijn niet in de coördinatenlijst weergegeven.

Aansluitpunt

Voor het berekenen van de meting is als referentie peilmerk het ondergrondse merk 000A2760 gebruikt. Dit peilmerk wordt ook gebruikt als aansluitpunt voor de meetnetten Barradeel en Barradeel II. Dit punt is diep gefundeerd in het pleistocene zand en wordt aangemerkt als stabiel punt. Dit peilmerk ligt echter op ruime afstand van het meetnet 'Harlingen-West'. Om aansluiting op hetzelfde peilmerk als de vorige metingen (2019 en 2020) mogelijk te maken zijn een aantal meetkringen van het meetnet Barradeel en Barradeel II aan het meetnet Harlingen-West toegevoegd en gemeten.

Kringen en trajecten

Alle hoogtemerken zijn opgenomen in gesloten kringen, een belangrijke voorwaarde om de betrouwbaarheid van de meetresultaten te kunnen toetsen. Het meetnet 'Harlingen-West' bestaat uit vijf gesloten kringen. Deze kringen worden gevormd door trajecten. De trajecten bestaan uit één of meerdere secties en zijn zoveel mogelijk langs bestaande wegen gepland.

Betrouwbaarheid en precisie

De betrouwbaarheid wordt enerzijds gewaarborgd door de configuratie van het meetnet, anderzijds door het uitvoeren van herhalingsmetingen waarbij 'foutieve' waarden kunnen worden opgespoord.

De precisie wordt enerzijds gewaarborgd door de waterpassingen te laten voldoen aan de eisen van RWS-CIV voor 'secundair optische waterpassingen', anderzijds door de huidige configuratie van het meetnet.

4.2 Metingen

Secundair optische waterpassingen

De metingen zijn uitgevoerd conform de vereisten van RWS-CIV weergegeven in het document 'Productspecificaties Beheer NAP 2019' [2]. In deze voorschriften zijn de volgende toetscriteria opgenomen:

3 mm v L	Sectietolerantie in mm, L in km (toets op het verschil tussen heen- en teruggang)
1200 m	Maximum lengte van een sectie
50 m (baakafstand)	Maximale afleesafstand instrument - baak
3 m (afstandsverloop)	Maximaal verloop tussen som afstanden achter minus som afstanden voor. Deze eis is van toepassing op zowel per slag als cumulatief per sectie

Toetsing van het vrije-netwerk volgens de Delftse rekenmethode Kleinste Kwadraten, waarbij gebruik wordt gemaakt van een F- (algemene toets van het netwerk) en een W-toets (toetsing van elke waarneming afzonderlijk). Deze 2 toetsen mogen niet leiden tot een verwerping.

F-toets	$\alpha(0) = 0.01$ en $\beta = 0.80$ voor grote en kleine netwerken
W-toets	$\alpha(0) = 0.01$ en $\beta = 0.80$ voor grote en kleine netwerken

Overgangsmetingen

Door de aanwezigheid van water (> 50meter) tussen de peilmerken 005D0097 en 005D0098 kon dit traject niet gemeten worden d.m.v. een waterpasmeting. Om het hoogteverschil tussen deze peilmerken te meten is een tachymetrische overgangsmeting uitgevoerd. Deze meting is uitgevoerd conform de eisen van RWS-CIV [2].

De metingen zijn verwerkt met het RWS-CIV spreadsheet voor Tachymetrisch_overgang versie 5.0 d.d. 20081215. De uitkomsten zijn volgens voorschrift handmatig ingevoerd in Move3.

Instrumentarium

De waterpassingen zijn uitgevoerd met onderstaand instrumentarium:

- Digitaal waterpastoestel van het merk Leica, type LS10;
 - o de afleesnauwkeurigheid is : 0.01mm;
 - o de standaardafwijking is : 0.3 mm/ $\sqrt{L}$ km (is de waarde van een kilometer enkele of gemiddelde hoogteverschil);
- 2 meter invarbaken van het merk Nedo, type GPCL2;

De LS10, leest alle waarnemingen op de baken digitaal af en schrijft deze vervolgens naar een geheugenkaart in het waterpastoestel. Jaarlijks wordt het waterpasinstrument gecontroleerd en gekalibreerd.

4.3 Uitvoering

Er is gemeten conform de eisen van RWS-CIV voor secundair optische waterpassingen. De toetsingscriteria staan vermeld in paragraaf 4.3. De secties zijn in een heen- en teruggang gemeten. Er is gemeten volgens de methode achter-voor. De metingen van het meetnet Harlingen-West zijn uitgevoerd in de periode 18 oktober t/m 4 november 2021.

4.4 Coördinaten

De volgende peilmerken zijn in het meetnet Harlingen-West opgenomen.

Peilmerknummer	X-coördinaat	Y-coördinaat	Opmerking
000A2760	169295.00	578595.00	
000A2907	157858.00	578747.00	
000A2908	157023.00	576980.00	
000A4020	156613.04	576552.19	
000A5020	156610.00	576550.00	Toegevoegd aan het meetnet
0000010	158500.42	580307.53	
0000014	158861.88	580019.57	
0000029	158160.04	579092.20	
0000030	158612.14	579819.98	
0000040	158265.00	576408.00	
0000041	157771.00	576407.00	
0000045	157682.14	578237.03	
0000046	157517.26	577812.18	
0000047	157157.46	577450.13	
0000065	158406.00	576894.00	
0000107	157028.68	576736.05	
0000326	157842.92	578769.50	
0000327	157928.93	578878.62	
0000328	157940.89	578895.88	
0000329	156963.13	576963.76	
0000330	156974.30	576967.37	
0000332	156971.56	576976.49	
0000998	158490.00	577246.00	
0003042	157202.89	577277.10	
0004031	158004.53	579298.36	
0004032	158029.15	579286.87	
0004033	158031.78	579189.31	
005D0003	156837.89	576063.35	
005D0004	157132.70	576265.90	
005D0005	157186.54	576478.23	
005D0007	157302.53	576983.16	
005D0015	158756.53	578750.97	
005D0037	157116.93	576123.56	
005D0057	158017.96	579193.76	
005D0066	157760.40	577159.98	
005D0067	158482.00	577524.70	
005D0068	156890.20	575870.40	
005D0070	158210.00	577760.00	
005D0072	156614.30	576558.30	
005D0074	158614.01	578078.86	
005D0081	156632.20	576561.60	
005D0082	158477.87	577002.97	
005D0083	158086.80	578845.90	
005D0087	158550.00	578050.00	
005D0095	156727.00	576050.00	

005D0096	156486.91	576060.44	
005D0097	156100.29	576424.34	
005D0098	156269.28	576517.31	
005D0099	156642.56	576852.57	
005D0100	156709.75	577241.13	
005D0101	157192.00	576776.00	

Tabel 18: Coördinatenlijst peilmerken waterpasmeetnet Harlingen-West

4.5 Toetsing en vereffening

Voorafgaand aan de vereffening zijn de metingen getoetst aan de gestelde eisen van RWS-CIV met betrekking tot een secundaire waterpassing. Indien een meting een overschrijding had van de sectietolerantie (3 mm $\sqrt{L}$, L in km) werd de desbetreffende meting (waterpassing) hermeten.

Met behulp van de waterpassingen zijn de hoogteverschillen en de afstanden tussen de hoogtemerken bepaald in een heen en teruggang. Deze hoogteverschillen (tussen heen en teruggang) in combinatie met de afstanden en de referentiehoogte van het aansluitpunt vormen de invoer voor het vereffening- en berekeningsprogramma Move3.

Daarna is er een eerste fase vereffening (vrije netwerkvereffening) uitgevoerd ter controle op de waarnemingen volgens de methode van de kleinste kwadraten. Hierbij is het meetnet intern getoetst als geheel (F-toets) en zijn de waarnemingen afzonderlijk (W-toets) van elkaar getoetst. Zowel de F-toets als de W-toets voldoen aan de toetsingscriteria. In geval van een verwerping werden één of meerdere secties hermeten totdat er aan de toetsingscriteria werd voldaan.

Het meetnet is aangesloten op ondergronds merk 000A2760 (Zweins). Als hoogte voor dit peilmerk wordt de hoogte gebruikt (0.2840+ NAP) zoals die in 1998 door RWS-CIV is vastgesteld. Een overzicht van de berekende sectiesluitfouten, kringsluitfouten en de vrije netwerkvereffening (Move3 bestanden) zijn digitaal bij deze rapportage geleverd.

Beoordeling metingen

- Alle gemeten secties en kringen hebben sluitfouten die liggen binnen de gestelde toleranties vermeld in hoofdstuk 4.2 'Secundair optische waterpassingen'.
- De eerste fase vereffening (vrije netwerk vereffening) van het meetnet met Move3, waarbij alleen de waarnemingen worden getoetst, levert geen verwerpingen op. De gedeselecteerde waarnemingen betreffen secties, die al tijdens de uitvoering van de metingen zijn hermeten.

Toetsing door RWS-CIV

De gecontroleerde bestanden van de metingen zijn conform de 'Productspecificaties Beheer NAP 2019' [2] digitaal aangeboden aan RWS-CIV. RWS-CIV heeft de aangeboden bestanden getoetst en goedgekeurd. Deze goedkeuring, geformuleerd in een brief met als onderwerp: Concessiemeting Harlingen-west 2021, (zie bijlage 14), heeft Antea Group op 14-01-2022 ontvangen.

4.6 Resultaten

De meting van het meetnet Harlingen West betreft een tweede herhalingsmeting. De gemeten waarden zijn weergegeven in een differentiestaat (bijlage 13). De gemeten differenties in de periode 2020 -2021 liggen tussen +4 en -3 millimeter. T.o.v. de nulmeting in 2019 liggen de differenties tussen +1 en -9 millimeter.

Door metingen in de toekomst te relateren aan de nulmeting en de nu uitgevoerde meting kan vastgesteld worden of er deformatie van de peilmerken is opgetreden.

5 Samenvatting

Antea Group heeft een meetnet en monitoringssysteem ingericht om bodembeweging in de Waddenzee te monitoren. Doel van deze monitoring is het vastleggen van mogelijk pleistocene bodembeweging als gevolg van diepe mijnbouwactiviteiten (zoutwinning). Deze monitoring is onder te verdelen in een continue GNSS monitoring, een jaarlijkse 'Wad' meetcampagne en een jaarlijkse waterpasmetering van het meetnet Harlingen-West.

5.1 Continue GNSS monitoring

In dit rapport (hoofdstuk 2) is de continue GNSS monitoring beschreven welke uitgevoerd wordt met twee permanente GNSS-monitoringsstations CGPS01 en CGPS02.

De stations CGPS01 en CGPS02 zijn vóór aanvang van de zoutwinning nagenoeg stabiel. In de periode oktober 2018 (start metingen) tot september 2020 is er een bodembeweging gemeten van -0.80 mm van CGP01 en van 0,07 mm van station CGPS02.

Sinds de start van de zoutwinning op 7 september 2020 tot en met 31 december 2021 is een daling gemeten van -3,3mm (gemiddeld -2,5 mm per jaar) van CGPS01 en van -5,9 mm (gemiddeld -4,5 mm per jaar) bij CGPS 02.

De gemeten dalingen zijn bepaald d.m.v. single-baseline berekeningen t.o.v. het referentiestation 'Zweins'.

5.2 Jaarlijkse 'Wad' meetcampagne

Naast de continue GNSS monitoring heeft een jaarlijkse 'Wad' meetcampagne plaatsgevonden. Hierbij worden op de Waddenzee vijf clusters van meetpunten en op het land drie clusters van meetpunten in hoogte bepaald door middel van tijdelijke GNSS metingen. Door de uitkomsten van onderhavige meting te vergelijken met de resultaten van de nulmeting (2019) en met de 1^e herhalingsmeting (2020) kan vastgesteld worden of er deformatie van de meetpunten in deze clusters is opgetreden. De resultaten hiervan zijn in deze rapportage in hoofdstuk 3 vastgelegd.

De metingen zijn zoals aangegeven in het Meetplan berekend ten opzichte van het ondergrondse meetmerk 000A2760 (Zweins). Dit referentiepeilmerk wordt tevens gebruikt als referentiepunt voor de continue GNSS monitoring (zie hoofdstuk 2) en als referentiepunt voor het berekenen van de waterpasmetering Harlingen-West (zie hoofdstuk 4). De stabiliteit van dit meetmerk is gecontroleerd d.m.v. een multistation-berekening en kan als stabiel worden verondersteld.

De meetpunten op het Wad vertonen t.o.v. de voorgaande meting in 2020 een differentie variërend tussen -1 en -4 millimeter. De meetpunten op de drie meetlocaties op het land vertonen een beweging van ca. 1 millimetert.o.v. de voorgaande meting (2020).

5.3 Jaarlijkse waterpasmetering

Tot slot is een nauwkeurigheds-waterpasmetering uitgevoerd van het meetnet Harlingen-West. In deze herhalingsmeting zijn door middel van een waterpasmetering in totaal 50 peilmerken in hoogte bepaald. De gemeten differenties in de periode 2020 -2021 liggen tussen +4 en -3 millimeter. T.o.v. de nulmeting in 2019 liggen de differenties tussen +1 en -9 millimeter. De waterpasmetering is beschreven in hoofdstuk 4, de resultaten van deze vlakdekkende waterpasmetering zijn weergegeven in een differentiestaat (bijlage 13). De differenties staan tevens aangegeven op de 'Overzichtskaart differenties waterpasmeetnet Harlingen-West' (bijlage 1b).

De in dit rapport gepubliceerde hoogten geven alleen de mate van de beweging van de gemeten peilmerken weer. De bijdrage aan deze beweging van een enkele oorzaak en de relatie met maaiveld- en/of bodembewegingen kan men slechts afleiden met doelgerichte verdere analyses. Dergelijke analyses vallen buiten het kader van dit rapport.

6 Referenties

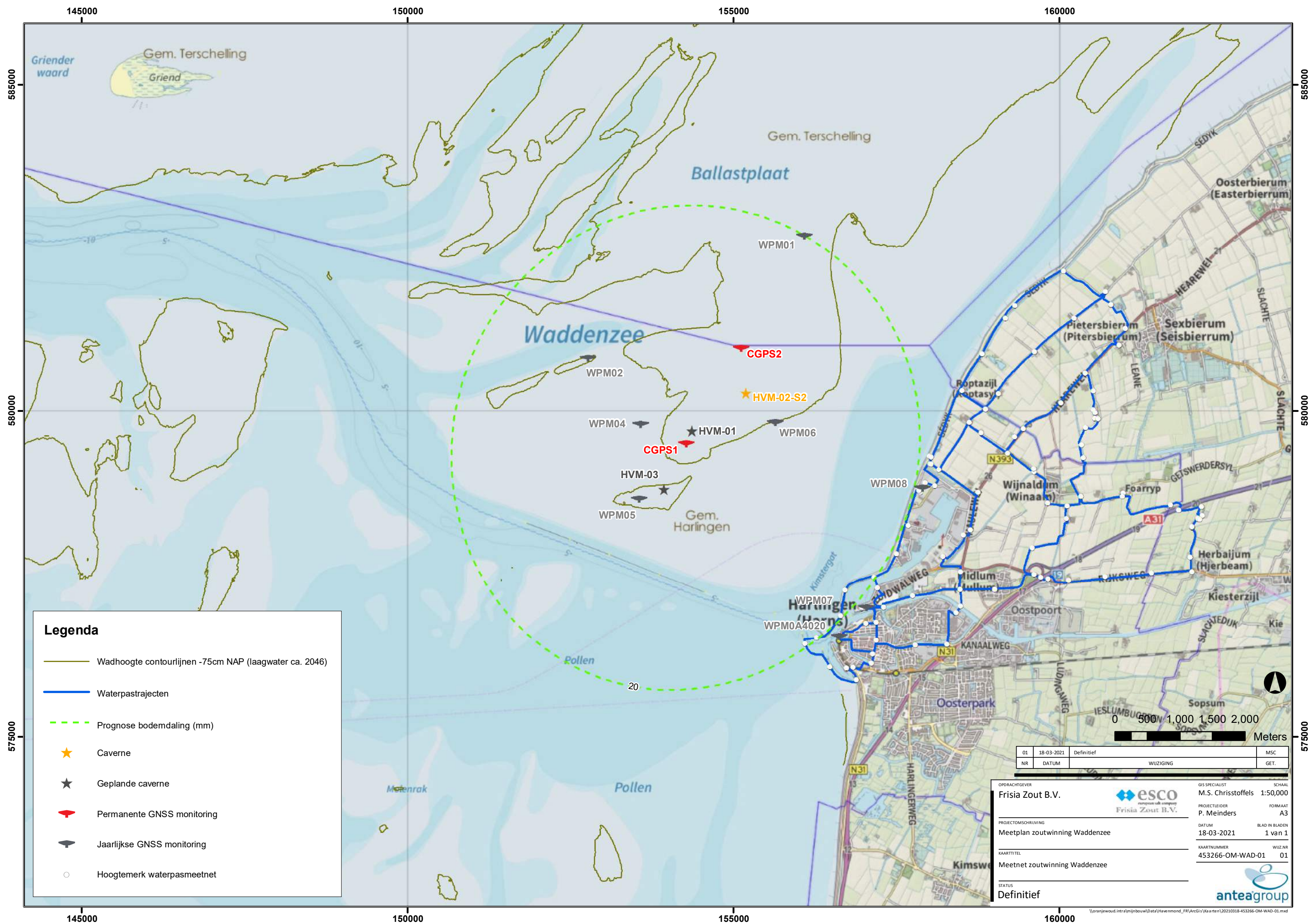
- [1] *'Bijlage: Update toelichting meetplan Havenmond'* kenmerk 267807, revisie. 11, d.d. 13 juli 2018
- [2] Productspecificaties Beheer NAP 2019 d.d. 15 Januari 2019_versie 01

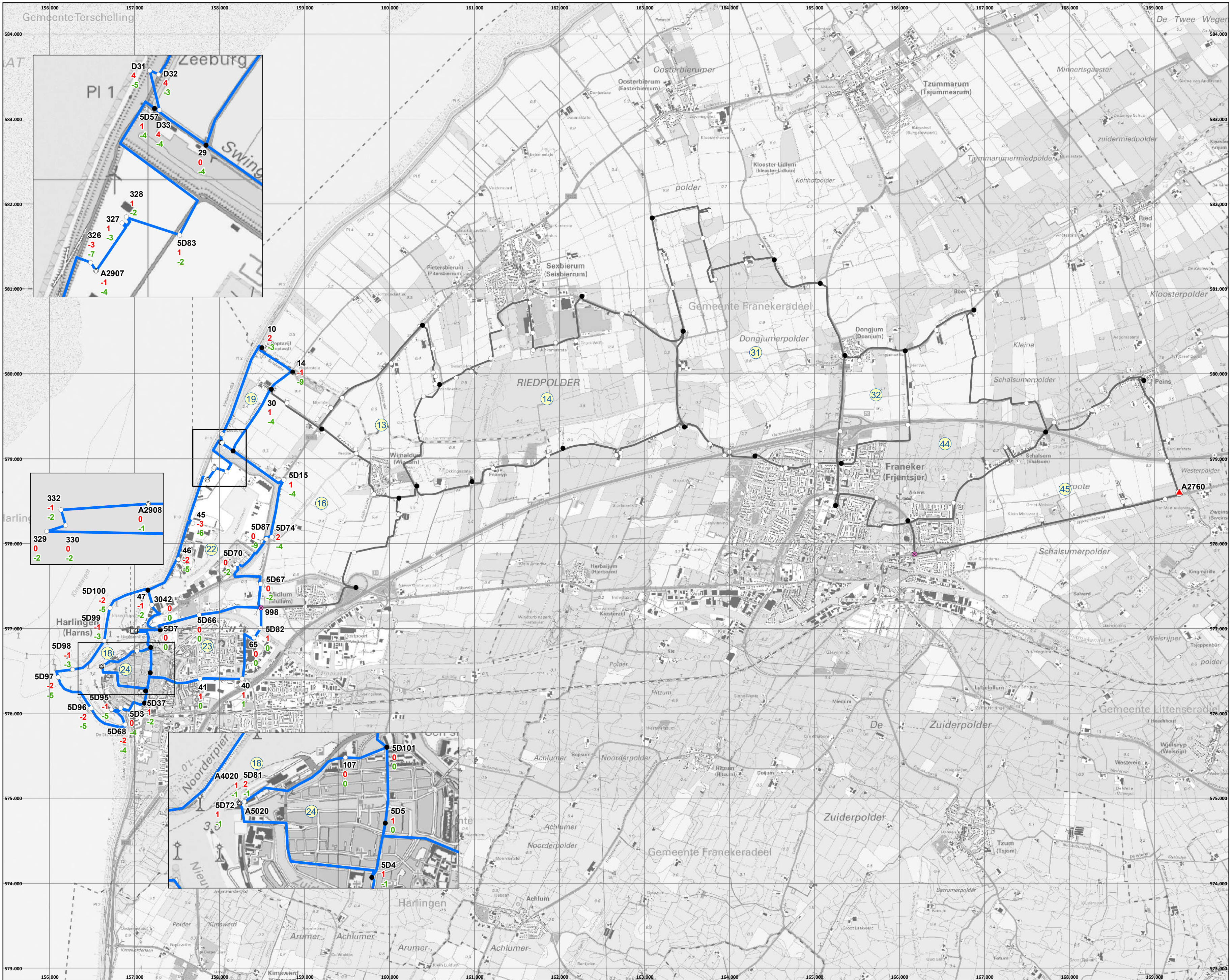
Bijlage 1 Overzichtskaart deformatienet Zoutwinning Waddenzee

- A. Totaal overzichtskaart meetnet GNSS metingen – waterpasmeetnet 'Harlingen-West'**
- B. Differentiekaart waterpasmeetnet 'Harlingen-West'**

Bijlage 1 Overzichtskaarten deformatienet Zoutwinning Waddenzee

- A. Totaal overzichtskaart meetnet GNSS metingen – waterpasmeetnet 'Harlingen-West'
- B. Differentiekaart waterpasmeetnet 'Harlingen-West'





- Legenda**
- Hoogtemerk
 - Hoogtemerk / knooppunt
 - ✕ Hulp punt / knooppunt
 - ▲ Ondergronds merk / aansluitpunt
 - ⊗ Ondergronds merk
 - 12 Kringnummer
 - Waterpastraject Harlingen-West
 - Waterpastraject Barradeel II
 - 1 Differentie 2020 - 2021
 - 1 Differentie 2019 - 2021



esco
european salt company
Frisia Zout B.V.

OPDRACHTGEVER
Frisia Zout B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Deformatiemeting
Harlingen-West 2021

KAARTTITEL
Overzichtskaart differenties 2021

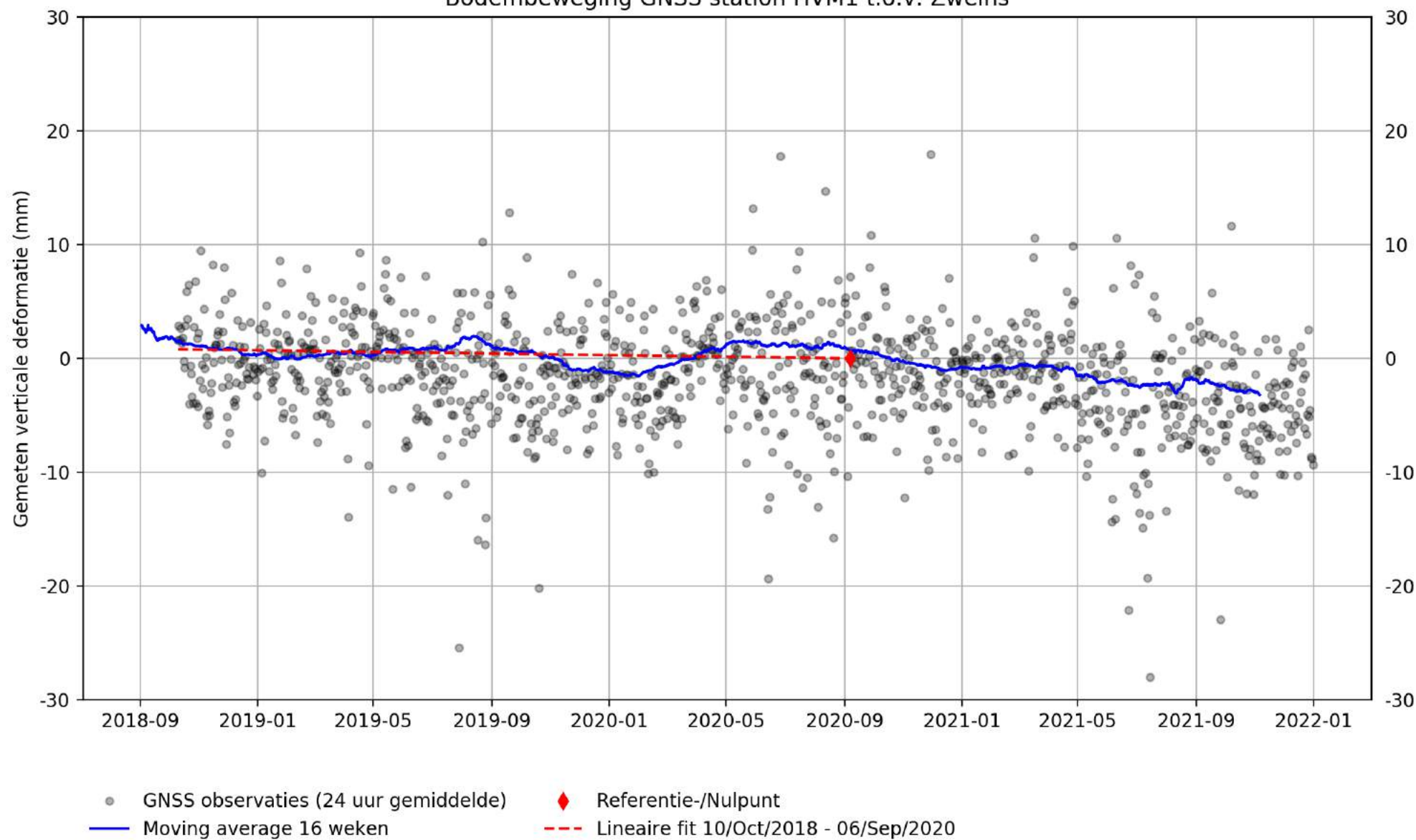
PROJECTLEIDER P. Meinders	GIS SPECIALIST M.S. Chrisstoffels
DATUM 7-2-2022	FORMAAT A2
KAARTNUMMER 468107-HW-OD-0	WIJZ.NR 2
STATUS Definitief	



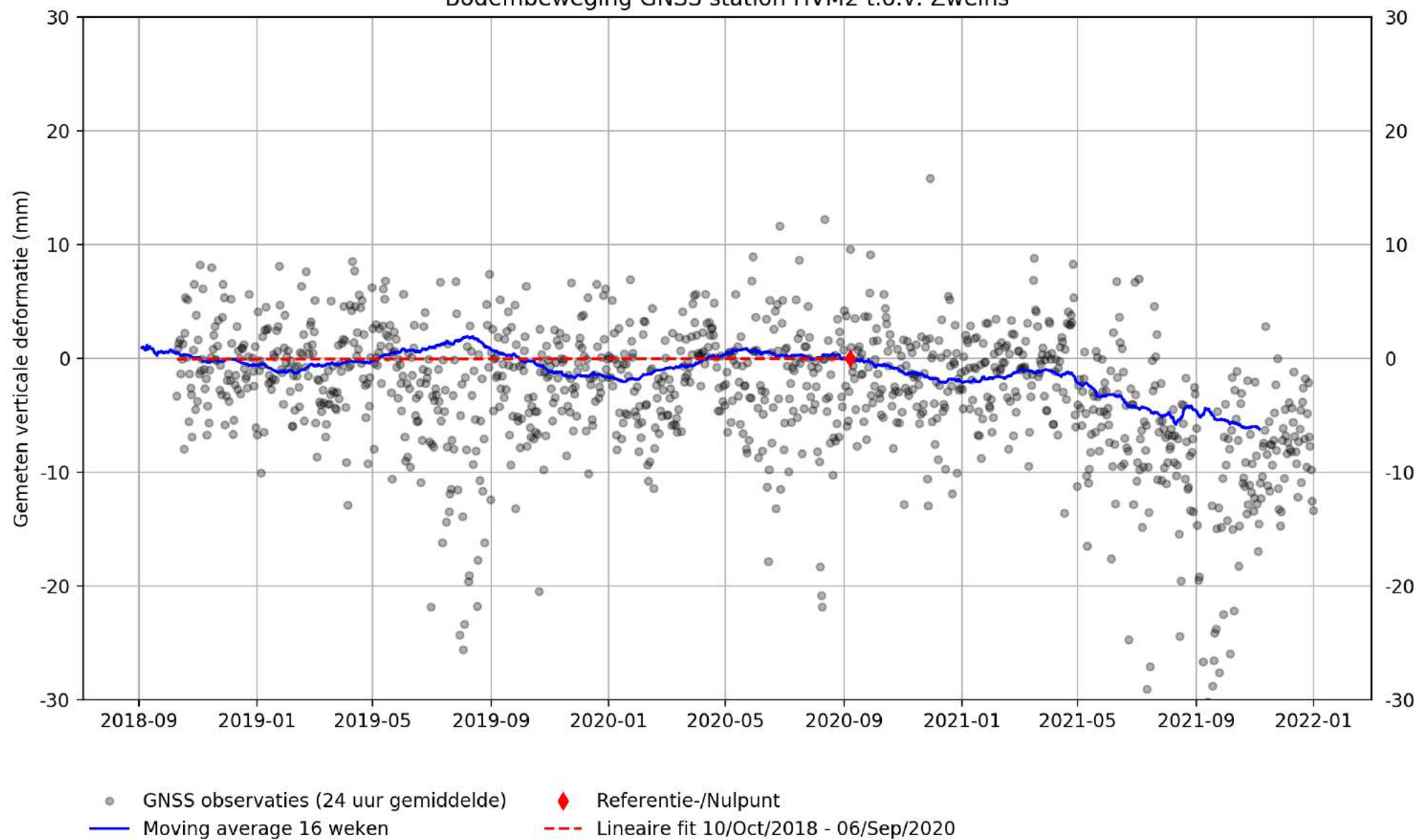
Bijlage 2 Continue GNSS-monitoring

Grafieken

Bodembeweging GNSS station HVM1 t.o.v. Zweins



Bodembeweging GNSS station HVM2 t.o.v. Zweins



Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring
Ruwe GNSS-meetdata in Excelformaat

Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring

Ruwe GNSS-meetdata in Excelformaat

De meetdata in Excel format behorende bij deze rapportage wordt digitaal (via e-mail) geleverd aan de opdrachtgever.

Bijlage 4 Continue GNSS-monitoring

Logboek

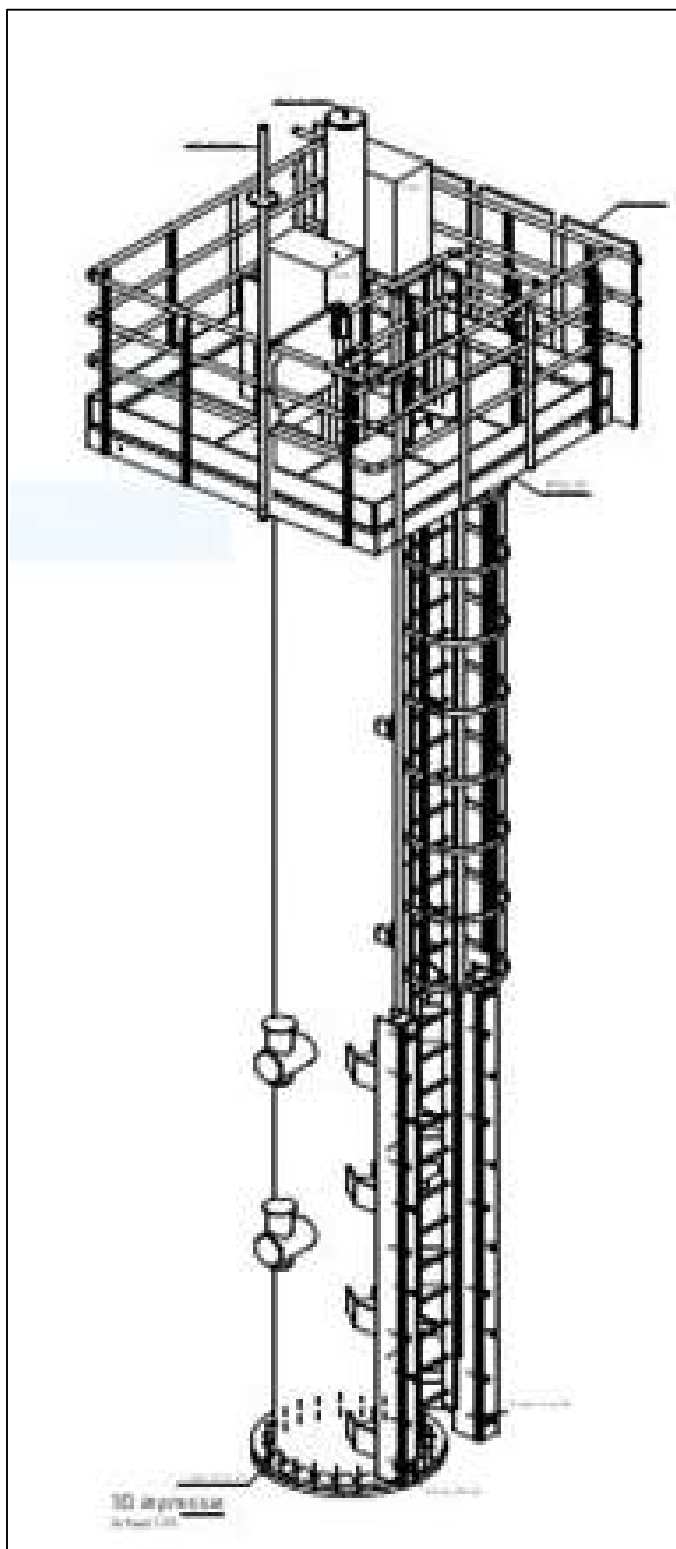
Logboek continue GNSS monitoring zoutwinning Waddenzee

Datum	GNSS-station	Omschrijving melding*
24-12-2018 t/m 27-12-2018	CGPS01 & CGPS02	<i>Onderbreking data ontvangst van 24-12-2018 1:59 t/m 27-12-2018 9:59.</i>
12-2-2019	CGPS01 & CGPS02	<i>Enkele uren onderbreking in de data ontvangst (13:59:12 - 22:59:12).</i>
26-04-2020	CGPS01 & CGPS02	<i>Onderbreking in de data ontvangst (32 uur).</i>
18-02-2021	CGPS01 & CPGS02	<i>Onderbreking in de data ontvangst (11 uur)</i>

* Onderbrekingen in data ontvangst ≥ 6 uur worden in het logboek weergegeven

Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring

3D impressie meetpaal



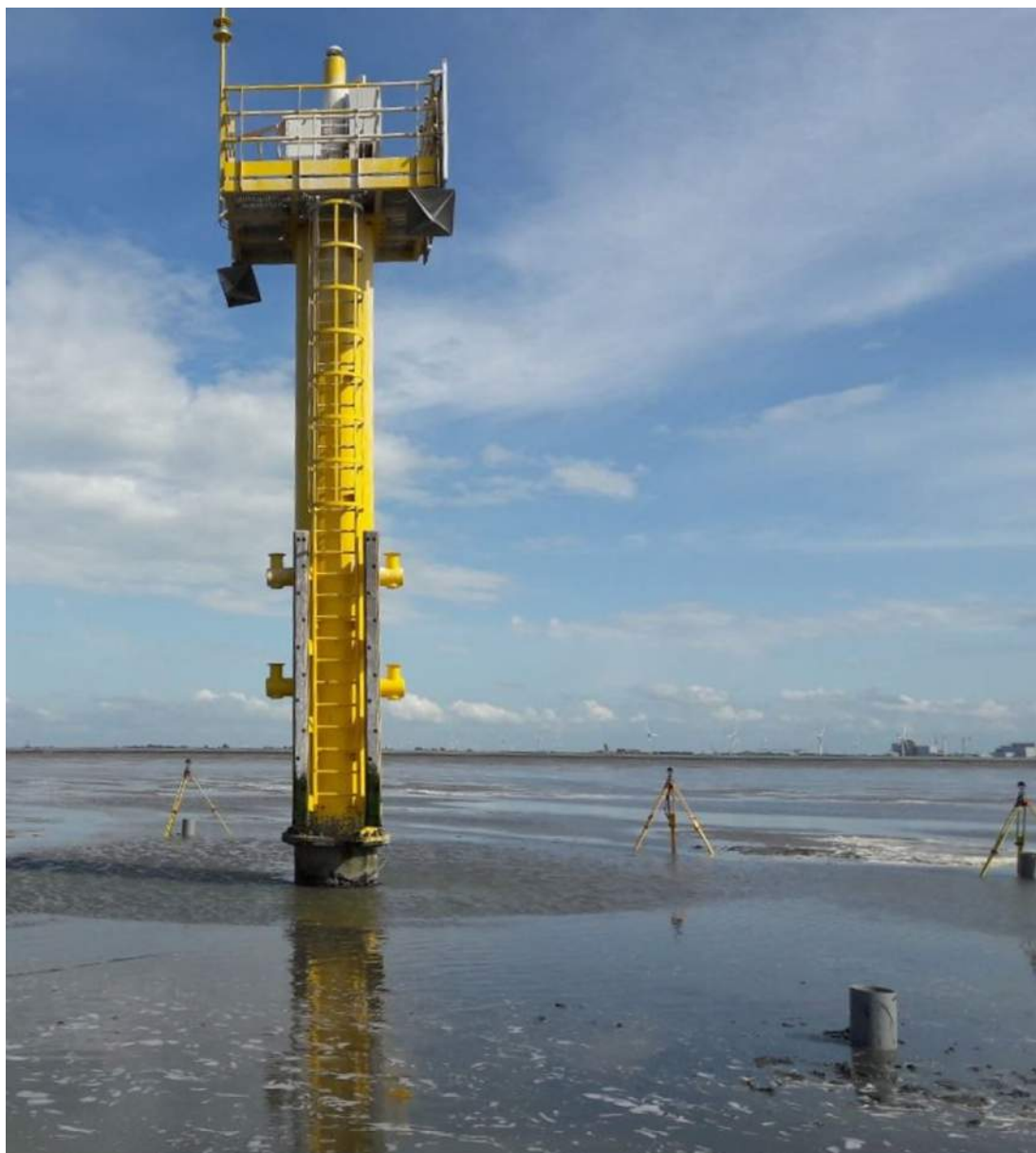
Overzichtstekening (17.1095 – 177.043 – U0 201 versie B De Boer en de Groot Civiele Werken)

Bijlage 6 Continue GNSS-monitoring

Foto's GNSS-meetlocaties



Meetpaal CGPS01 bij hoog water



Meetpaal CGPS02 bij laag water

Bijlage 7 Jaarlijkse GNSS meting

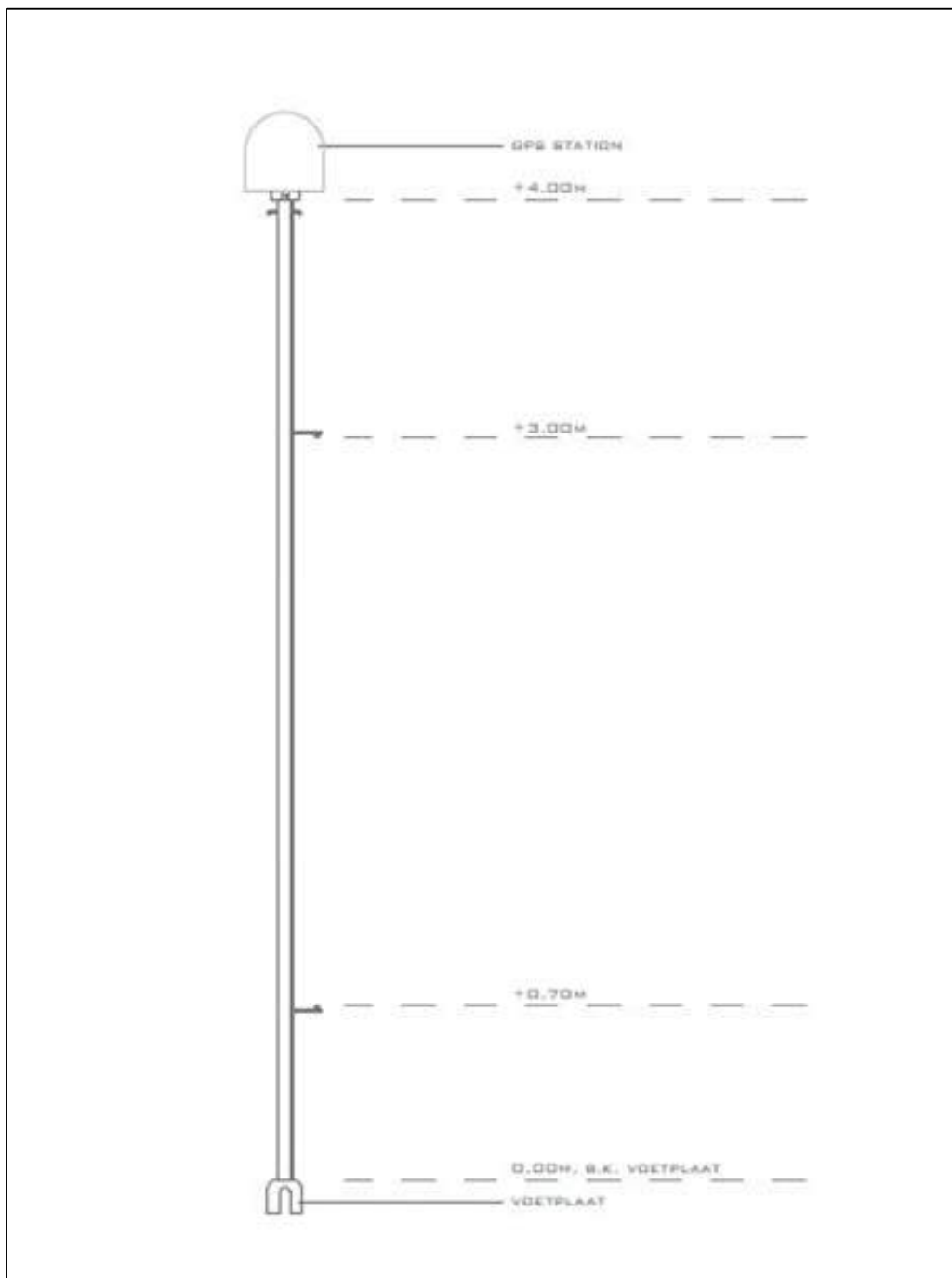
Differentiestaat

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	cum.diff
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
Zweins	000A2760	Diep gefundeerd peilmerk	41,5881	41,5881	0,0	41,5881	0,0	0,0
	3040	Peilmerk (bout)	42,0593	42,0589	-0,4	42,0586	-0,3	-0,7
WPM 0A4020	000A4020	Diep gefundeerd peilmerk	48,4663	48,4646	-1,7	48,4639	-0,7	-2,4
	000A5020	Ondergronds meetmerk	47,8765	47,8749	-1,6	47,8743	-0,6	-2,2
	005D0072	Peilmerk (bout)	47,6098	47,6082	-1,6	47,6073	-0,9	-2,5
	005D0081	Peilmerk (bout)	47,9388	47,9375	-1,3	47,9367	-0,8	-2,1
	303	Peilmerk (bout)	48,0333	48,0319	-1,4	48,0312	-0,8	-2,1
WPM01	11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	41,2495	41,2499	0,5	41,2481	-1,8	-1,4
	11001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,3887	41,3872	-1,5	41,3846	-2,5	-4,0
	11002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4336	41,4331	-0,4	41,4311	-2,0	-2,4
	11003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4738	41,4729	-0,8	41,4705	-2,4	-3,2
WPM02	12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,6109	40,6118	0,9	40,6068	-5,0	-4,1
	12001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8432	40,8422	-1,0	40,8370	-5,2	-6,2
	12002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8558	40,8561	0,3	40,8513	-4,9	-4,5
	12003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9701	40,9668	-3,3	n.g.	n.b.	n.b.
WPM04	14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3824	40,3819	-0,5	40,3792	-2,7	-3,2
	14001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5750	40,5739	-1,1	40,5711	-2,8	-3,9
	14002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6021	40,6006	-1,5	40,5978	-2,8	-4,3
	14003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5547	40,5541	-0,6	40,5513	-2,8	-3,4
WPM05	15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,4871	40,4869	-0,2	40,4840	-2,9	-3,1
	15001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8094	40,8088	-0,6	40,8059	-2,8	-3,4
	15002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7133	40,7111	-2,2	40,7082	-2,9	-5,1
	15003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7213	40,7202	-1,1	40,7174	-2,8	-3,9
WPM06	16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3941	40,3938	-0,2	40,3898	-4,0	-4,2
	16001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6358	40,6353	-0,4	40,6310	-4,3	-4,7
	16002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6051	40,6044	-0,6	40,6002	-4,2	-4,8
	16003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6389	40,6383	-0,5	40,6340	-4,3	-4,8
WPM07	000A02908	Diep gefundeerd peilmerk	44,1726	44,1723	-0,2	44,1711	-1,3	-1,5
	329	Peilmerk (bout)	45,3525	45,3536	1,1	45,3514	-2,2	-1,1
	330	Peilmerk (bout)	45,3541	45,3538	-0,2	45,3517	-2,2	-2,4
	332	Peilmerk (bout)	45,3524	45,3504	-2,0	45,3483	-2,1	-4,1
WPM08	000A02907	Diep gefundeerd peilmerk	44,8143	44,8141	-0,3	44,8134	-0,7	-0,9
	326	Peilmerk (bout)	45,9110	45,9093	-1,7	45,9068	-2,5	-4,2
	327	Peilmerk (bout)	46,3471	46,3463	-0,8	46,3445	-1,7	-2,5
	328	Peilmerk (bout)	46,3082	46,3083	0,0	46,3065	-1,8	-1,7
CGPS01	ARP CGPS01	Antenne referentiepunt	51,6782	51,6804	2,2	51,6808	0,4	2,6
	1001	Diep gefundeerd peilmerk	40,5129	40,5138	0,9	40,5166	2,8	3,7
	1002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6425	40,6416	-0,9	40,6439	2,3	1,4
	1003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5112	40,5114	0,2	40,5137	2,3	2,5
	1004	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6909	40,6913	0,4	40,6936	2,3	2,7
	1005	Bout op permanente meetpaal	40,8470	40,8481	1,1	40,8505	2,4	3,5
	1012	Prisma zijkant bordes		49,3735	Nulmeting	49,3727	-0,8	-0,8
	1013	Prisma zijkant bordes		49,4107	Nulmeting	49,4096	-1,1	-1,1
	1014	Prisma zijkant bordes		49,3751	Nulmeting	49,3753	0,2	0,2

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	cum.diff
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
CGPS02	ARP CGPS02	Antenne referentiepunt	52,5468	52,5502	3,4	52,5484	-1,8	1,6
	2001	Diep gefundeerd peilmerk	40,8854	40,8874	1,9	40,8878	0,4	2,3
	2002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9861	40,9869	0,7	40,9869	0,0	0,7
	2003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,0038	41,0057	1,8	41,0058	0,1	1,9
	2004	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9735	40,9741	0,5	40,9739	-0,2	0,3
	2005	Bout op permanente meetpaal	41,7116	41,7182	6,5	41,7135	-4,7	1,8
	2012	Prisma zijkant bordes		50,2304	Nulmeting	50,2264	-4,0	-4,0
	2013	Prisma zijkant bordes		50,2541	Nulmeting	50,2518	-2,3	-2,3
	2014	Prisma zijkant bordes		50,2544	Nulmeting	50,2525	-1,9	-1,9

Bijlage 8 Jaarlijkse GNSS meting

Tekening meetpaal voor jaarlijkse GNSS monitoring



Meetpaal voor jaarlijkse GNSS monitoring

Bijlage 9 Jaarlijkse GNSS meting
Kalibratierapport GNSS-antennekalibratie

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Antenna Type : Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS : GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number : 794207
Serial number : 21274005
IGS Naming : LEIAR20 NONE

Radome Data

Manufacturer :
Radome Type :
Product Number :
Serial Number :
IGS-Naming : NONE

Calibration Characteristics

GNSS System : GPS+GLONASS*
Date : 2019-03-19
Number of Calibrations : 2
Setup-ID : 0
Number of Frequencies : 2
Customer : Leica Geosystems b.v., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen NL
Elevation Increment : 5°
Azimuth Increment : 5°

PCV Characteristics

- absolute 3D offsets
- absolute PCV
- PCV from 0° to 90° elevation
- elevation and azimuth dependent PCV
- free of any multipath influence

Remarks

* Individual GLONASS PCV were estimated using frequency independent L1, L2 GLO calibrations.

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Antenna Type : Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS : GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number : 794207
Serial number : 21274006
IGS Naming : LEIAR20 NONE

Radome Data

Manufacturer :
Radome Type :
Product Number :
Serial Number :
IGS-Naming : NONE

Calibration Characteristics

GNSS System : GPS+GLONASS*
Date : 2019-03-18
Number of Calibrations : 2
Setup-ID : 0
Number of Frequencies : 2
Customer : Leica Geosystems b.v., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen NL
Elevation Increment : 5°
Azimuth Increment : 5°

PCV Characteristics

- absolute 3D offsets
- absolute PCV
- PCV from 0° to 90° elevation
- elevation and azimuth dependent PCV
- free of any multipath influence

Remarks

* Individual GLONASS PCV were estimated using frequency independent L1, L2 GLO calibrations.

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 21341009
IGS Naming	: LEIAR20 NONE

Radome Data	
Manufacturer	:
Radome Type	:
Product Number	:
Serial Number	:
IGS-Naming	: NONE

Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*
Date	: 2019-03-19
Number of Calibrations	: 2
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 2
Customer	: Leica Geosystems b.v., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen NL
Elevation Increment	: 5°
Azimuth Increment	: 5°

PCV Characteristics	
➤ absolute 3D offsets ➤ absolute PCV ➤ PCV from 0° to 90° elevation ➤ elevation and azimuth dependent PCV ➤ free of any multipath influence	

Remarks	

* Individual GLONASS PCV were estimated using frequency independent L1, L2 GLO calibrations.

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Antenna Type	:	Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS	:	GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	:	794207
Serial number	:	21341010
IGS Naming	:	LEIAR20 NONE

Radome Data

Manufacturer	:	
Radome Type	:	
Product Number	:	
Serial Number	:	
IGS-Naming	:	NONE

Calibration Characteristics

GNSS System	:	GPS+GLONASS*
Date	:	2019-03-20
Number of Calibrations	:	3
Setup-ID	:	0
Number of Frequencies	:	2
Customer	:	Leica Geosystems b.v., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen NL
Elevation Increment	:	5°
Azimuth Increment	:	5°

PCV Characteristics

- absolute 3D offsets
- absolute PCV
- PCV from 0° to 90° elevation
- elevation and azimuth dependent PCV
- free of any multipath influence

Remarks

* Individual GLONASS PCV were estimated using frequency independent L1, L2 GLO calibrations.

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



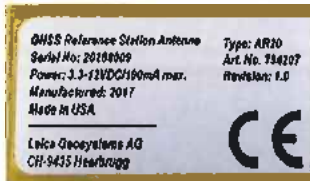
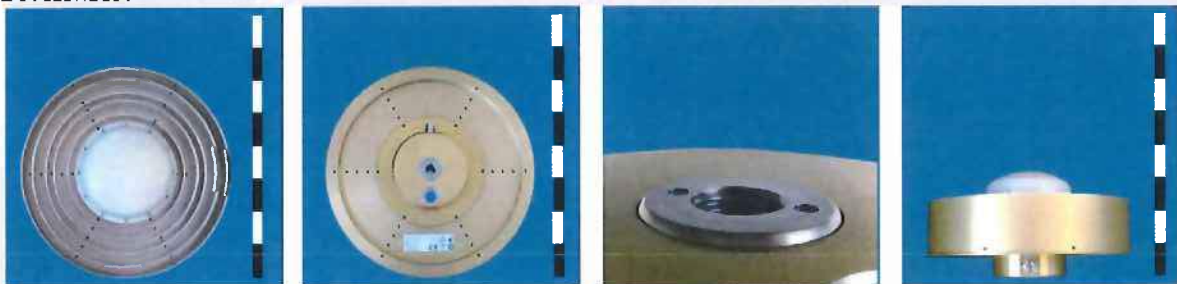
Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 21349028
IGS Naming	: LEIAR20 NONE
Radome Data	
Manufacturer	:
Radome Type	:
Product Number	:
Serial Number	:
IGS-Naming	: NONE
Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*
Date	: 2019-03-21
Number of Calibrations	: 2
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 2
Customer	: Leica Geosystems b.v., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen NL
Elevation Increment	: 5°
Azimuth Increment	: 5°
PCV Characteristics	
➤ absolute 3D offsets ➤ absolute PCV ➤ PCV from 0° to 90° elevation ➤ elevation and azimuth dependent PCV ➤ free of any multipath influence	
Remarks	

* Individual GLONASS PCV were estimated using frequency independent L1, L2 GLO calibrations.

Absolute Antenna Calibration

(Characteristics of Antenna Type)



Method	
Geo++®-GNPCV Real-Time Calibration	
Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: AR20 multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
IGS Naming	: LEIAR20 NONE
	
Radome Data	
Manufacturer	:
Radome Type	:
Product Number	:
IGS-Naming	: NONE
Antenna Reference Point (ARP)	
Horizontal Position	: rotation axis, center of 5/8" thread
Vertical Position	: (BAM) bottom of antenna mount
IGS-ARP	: (BAM) bottom of antenna mount
North Reference Point (NRP)	
Description	: north mark on bottom side of antenna, cable connector points north
IGS-NRP	: (NOM) north mark
Remarks	
	
	

Bedingungen zur Antennenkalibrierung

Das Geo++[®]-Verfahren zur absoluten Antennenkalibrierung betreibt die zu kalibrierende GNSS Antenne auf einen Roboter und eine zweite, benachbarte Referenzstation. Die zweite GNSS Ausrüstung bestehend aus Referenzantenne (i.d.R. Leica Chokering mit Radome) und Standard GNSS Empfänger wird durch Geo++[®] GmbH / GeoService[®] GmbH für die Dauer der Kalibrierung bereitgestellt und ist im Preis enthalten.

Im Allgemeinen werden Standard-Kabel, Adapter und GNSS Empfänger, die bei Geo++[®] GmbH / GeoService[®] GmbH vorhanden sind, mit der zu kalibrierenden Antenne verwendet. Die Standardaufnahme an der GNSS Antenne ist ein 5/8" Gewinde.

Ein GNSS-Empfänger muss vom Auftraggeber bereitgestellt werden, falls die Antenne nicht mit einem Standard-GNSS-Empfänger betrieben werden kann oder ein spezieller GNSS Empfänger genutzt werden soll. Spezielle Kabel, Kabel-Anschlüsse und/oder Antennen-Adapter die bei der Kalibrierung berücksichtigt werden sollen, müssen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. Der Roboter, der für die automatische Feldkalibrierung genutzt wird, ist hinsichtlich Gewicht und Dimensionen der Antenne eingeschränkt. In Zweifelsfällen ist über die benötigte Ausrüstung vorab mit technischen Personal zu klären.

Absolute Antennenkalibrierungen erfordern die **Bereitstellung** der nachfolgenden Ausrüstung **durch den Auftraggeber**:

- 1.) voll funktionsfähige GNSS-Antenne (Prüfling)
- 2.) vorliegende Dokumentation zur GNSS-Antenne
(Geometrie, Definition des geometrischen Antennenbezugspunktes ARP)
- 3.) ggf. Antennenkabel (10 Meter) und/oder Adaption auf N-Anschluss
- 4.) ggf. DIN-Zapfen oder 5/8"-Gewinde/Adaption zur Montage der Antenne

Die Antennenkalibrierung ist keine Prüfung der Antennenfunktion oder Positionierungsfähigkeit, da nur Satelliten mit großer Elevation verwendet werden und die Antenne gekippt und gedreht wird. Kalibrierungen, die mit nicht voll funktionsfähigen Antennen durchgeführt wurden, werden in Rechnung gestellt.

Eine Terminabsprache für den tatsächlichen Kalibrierungszeitraum ist erforderlich und muss mit dem technischen Personal abgestimmt werden. Der notwendige Zeitbedarf für eine einzelne Antenne inkl. Abwicklung und Auswertung benötigt ca. 1-2 Wochen. Im Falle mehrerer Antennen innerhalb eines Auftrages reduziert sich die Abwicklung und jede zusätzliche Kalibrierung erfordert grob einen Tag. Trotzdem können jedoch wegen der Komplexität des Systems keine verbindlichen Termine zugesagt werden. Bitte berücksichtigen Sie dies in ihrer Disposition. Es ist zwingend notwendig Geo++[®] GmbH / GeoService[®] GmbH zu kontaktieren bevor Antennen versendet werden.

Die Lieferung der Ergebnisse erfolgt ca. 1-2 Wochen nach Abschluss der Messungen. Das Ergebnis der Antennenkalibrierung werden bestehend aus einer Typbeschreibung, einem Kalibrierungsprotokoll für jede Antenne und absolute Offsets und absolute elevations- und azimutabhängige PCV im internationalen Antennenaustauschformat ANTEX bereitgestellt. Die Antenne erhält einen Aufkleber, aus dem das Datum der Kalibrierung hervorgeht und gegebenenfalls die der Kalibrierung zu Grunde liegende Bezugsrichtung.

Die **Kalibrierungsergebnisse** sind für die Auswertung von Daten, die mit der kalibrierten Antenne gemessen werden, zu verwenden. Es wird gestattet die Ergebnisse zu veröffentlichen. Es wird jedoch vorgeschlagen auf die Qualitätsverluste bei Anwendung der Korrekturen auf andere Antennen hinzuweisen und die Verwendung von streng berechneten Typmitteln mit dem unten stehenden Hinweistext zu empfehlen.



Die Kalibrierungsdaten werden zur Analyse der Antennen-Serie und ggf. zur Berechnung von Typmittel der Geo++[®] GNPCVDB Datenbank verwendet.

Eine **Leistungsbeschreibung Antennenkalibrierung** mit Erläuterungen der Antennenkalibrierung kann auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.

Die Verfahren zur Antennenkalibrierung werden ständig weiterentwickelt und optimiert. Die hier genannten Bedingungen stellen den Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung dar.

Hinweistext bei Abgabe der individuellen Ergebnisse einer GNSS-Antennenkalibrierung:

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind nur für die individuelle Antenne gültig. Die hohe Genauigkeit der absoluten Feldkalibrierung mit Roboter hat signifikante individuelle Differenzen in Bauserien nachgewiesen. Deshalb geht die hohe Qualität bei der Verwendung einer individuellen Kalibrierung für andere Antennen verloren. Eine Analyse der Antennen-Serie und eine strenge Berechnung eines Typmittels aus umfangreichen Kalibrierungsdaten ist nur unter Berücksichtigung der vollständigen Varianz-Kovarianz für nicht individuell kalibrierte Antennen zu empfehlen. Typmittel aus derartigen Berechnungen werden unter <http://www.gnpcvdb.geopp.de/> bereitgestellt.

Leistungsbeschreibung Antennenkalibrierung

Geodätische und präzise GNSS-Messungen machen die genaue Kenntnis der Empfangseigenschaften der eingesetzten GNSS-Antennen und somit eine Kalibrierung notwendig.

Grundsätzlich wird zwischen Antennen-Offset und Phasenzentrumsvariationen (PCV) unterschieden, wobei der Antennen-Offset einen mittleren Einfluss der Phasenzentrumsvariation beschreibt.

Das eingesetzte Geo++[®]-Kalibrierungsverfahren bestimmt absolute Antennen-Offsets in Lage und Höhe sowie absolute elevations- und azimutabhängige PCV für beide Frequenzen. Die erhaltenen Ergebnisse sind vollständig unabhängig von der verwendeten Referenzantenne und erlauben die vollständige Modellierung der Empfangscharakteristik der Antenne. Dies ist erforderlich für einen gemeinsamen Einsatz von unterschiedlichen GNSS-Antennentypen oder bei unterschiedlich orientierten Antennen. Gleichzeitig ist durch die Analyse der Phasenzentrumsvariationen eine Aussage über die grundsätzliche Qualität und die Empfangseigenschaften der Antenne möglich (Azimutabhängigkeit).

Wesentliche Aspekte der eingesetzten absoluten Echtzeit-Feldkalibrierung:

- absolute Offsets und absolute PCV durch Beobachtungsanordnung
- spezielle Methodik mit geneigter und gedrehter Antenne (Roboterarm)
- Multipath Eliminierung
- Abdeckung des gesamten Elevationsbereichs von 0° bis 90°
- Abdeckung der gesamten Antennenhemisphäre
- signifikante Bestimmung der PCV durch hohe Anzahl unterschiedlicher Orientierungen
- wetterunabhängige Messungen
- simultane Bestimmung von L1 und L2 PCV für GNSS
- mindestens zwei redundante Kalibrierungen pro individueller Antenne

Grundlage des Verfahrens ist eine Trennung von Multipath und Phasenzentrumsvariationen. Zur Bestimmung absoluter PCV und zur Multipath-Eliminierung wird ein spezielles Meßverfahren mit Orientierungsänderungen eingesetzt.

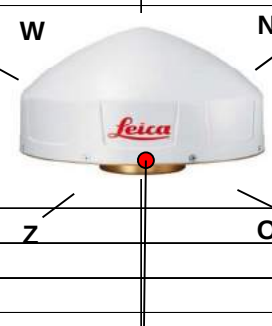
Die Auswertung erfolgt in Echtzeit, so dass vollständige Ergebnisse direkt nach der Messung vorliegen. Das Verfahren deckt grundsätzlich den gesamten Empfangsbereich der Antenne bis hinab zu Elevationswinkeln von 0 Grad ab. Damit sind die nach diesem Verfahren kalibrierten Antennen für *All-In-View* Anwendungen (z.B. Einsatz auf Referenzstationen) geeignet.

Das Ergebnis ist eine absolute Antennenkalibrierungsdatei, die absolute Lage- und Höhenoffsets sowie absolute elevations- und azimutabhängige Korrekturen der kalibrierten Antenne beinhaltet. In Absprache können statt elevations- und azimutabhängiger Korrekturen auch nur vom Elevationswinkel und nicht vom Azimut abhängige Korrekturen bestimmt werden. Die Antennenhöhe ist bis zum Antennenreferenzpunkt (ARP) der Kalibrierung zu messen.

Die Verfahren zur Antennenkalibrierung werden ständig weiterentwickelt und optimiert. Die hier vorgestellten Verfahren stellen den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Drucklegung dar.

Bijlage 10 Jaarlijkse GNSS meting

Resultaten kalibratie antennemasten

KALIBRATIE MEETPALEN FRISIA											
Lokatie:		Harlingen					Landmeters:		Bert Branderhorst / Victor Alonso Bosman		
Datum:		08 September 2021					Equipment:		LS-10(DW47)_TS16(TD133)_TS16(TD136)		
Meetpaal:	1			Temperatuur:		17°					
Antenne:	217-0594			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,0000			-0,0038		-0,0042	
PML	0,8398	0,8401	0,8398	0,8399	0,7211			4,0392	W	4,0396	N
PMH	3,1371	3,1374	3,1372	3,1372	3,0184						
ANT_N	4,1583	4,1585	4,1585	4,1584	4,0396	-0,0042					
ANT_O	4,1494	4,1502	4,1506	4,1501	4,0313	0,0041					
ANT_Z	4,1511	4,1504	4,1495	4,1503	4,0315	0,0039					
ANT_W	4,1584	4,1577	4,1579	4,1580	4,0392	-0,0038					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0354			4,0315	Z	4,0313	O
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0031			0,0039		0,0041	
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0184						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7211			Gem. Antenne Rand			
Controlemaat rechtstand					2,2973			4,0354			
Meetpaal:	2			Temperatuur:		17°					
Antenne:	217-0545			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,0000			-0,0014		-0,0004	
PML	0,8406	0,8403	0,8404	0,8404	0,7216			4,0354	W	4,0344	N
PMH	3,1376	3,1374	3,1376	3,1375	3,0187						
ANT_N	4,1532	4,1530	4,1533	4,1532	4,0344	-0,0004					
ANT_O	4,1516	4,1514	4,1513	4,1514	4,0326	0,0014					
ANT_Z	4,1521	4,1525	4,1525	4,1524	4,0336	0,0004					
ANT_W	4,1544	4,1540	4,1543	4,1542	4,0354	-0,0014					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0340			4,0336	Z	4,0326	O
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0017			0,0004		0,0014	
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0187						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7216			Gem. Antenne Rand			
Controlemaat rechtstand					2,2971			4,0340			
Meetpaal:	4			Temperatuur:		17°					
Antenne:	217-0569			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,0000			0,0000		-0,0006	
PML	0,8399	0,8402	0,8403	0,8401	0,7213			4,0339	W	4,0345	N
PMH	3,1417	3,1418	3,1416	3,1417	3,0229						
ANT_N	4,1529	4,1535	4,1534	4,1533	4,0345	-0,0006					
ANT_O	4,1519	4,1531	4,1530	4,1527	4,0339	0,0000					
ANT_Z	4,1520	4,1522	4,1522	4,1521	4,0333	0,0006					
ANT_W	4,1523	4,1530	4,1529	4,1527	4,0339	0,0000					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0339			4,0333	Z	4,0339	O
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0016			0,0006		0,0000	
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0229						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7213			Gem. Antenne Rand			
Controlemaat rechtstand					2,3016			4,0339			
Meetpaal:	5			Temperatuur:		17°					
Antenne:	217-0582			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,0000			0,0012		0,0012	
PML	0,8395	0,8396	0,8398	0,8396	0,7208			4,0332	W	4,0332	N
PMH	3,1376	3,1377	3,1377	3,1377	3,0189						
ANT_N	4,1520	4,1520	4,1521	4,1520	4,0332	0,0011					
ANT_O	4,1551	4,1556	4,1556	4,1554	4,0366	-0,0023					
ANT_Z	4,1530	4,1530	4,1539	4,1533	4,0345	-0,0001					
ANT_W	4,1520	4,1517	4,1522	4,1520	4,0332	0,0012					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0344			4,0345	Z	4,0366	O
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0021			-0,0001		-0,0023	
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0189						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7208			Gem. Antenne Rand			
Controlemaat rechtstand					2,2980			4,0344			
Meetpaal:	6			Temperatuur:		17°					
Antenne:	217-0570			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,0000			0,0007		0,0016	
PML	0,8385	0,8385	0,8382	0,8384	0,7196			4,0321	W	4,0311	N
PMH	3,1367	3,1367	3,1366	3,1367	3,0179						
ANT_N	4,1497	4,1501	4,1499	4,1499	4,0311	0,0016					
ANT_O	4,1520	4,1516	4,1518	4,1518	4,0330	-0,0003					
ANT_Z	4,1533	4,1534	4,1541	4,1536	4,0348	-0,0021					
ANT_W	4,1504	4,1510	4,1512	4,1509	4,0321	0,0007					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0327			4,0348	Z	4,0330	O
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0004			-0,0021		-0,0003	
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0179						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7196			Gem. Antenne Rand			
Controlemaat rechtstand					2,2983			4,0327			
Start kalibratiemeting											
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem	Δ Start- Einde		Gem	Meting1	Meting2	Meting3	Pnt.nr.:
HP1	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HP1
Kogel	0,1188	0,1188	0,1188		0,1188		0,1185	0,1182	0,1186	0,1187	Kogel
HP2	-0,0054	-0,0052	-0,0053		-0,0053		-0,0058	-0,0060	-0,0057	-0,0056	HP2
HP1	0,0002	0,0000	0,0000		0,0001		-0,0002	-0,0003	-0,0002	0,0000	HP1

KALIBRATIE MEETPALEN FRISIA												
Lokatie:	Nesta Harilingen						Landmeters:	Bert Branderhorst / Victor Alonso Bosman				
Datum:	03 November 2021						Equipment:	LS-10(DW47)_TS16(TD133)_TS16(TD136)				
Meetpaal:	1					Temperatuur:						
Antenne:	217-0594					Units:						
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking						
Kogel	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324	0,0000							
PML	0,8537	0,8536	0,8537	0,8537	0,7213							
PMH	3,1508	3,1507	3,1508	3,1508	3,0184							
ANT_N	4,1706	4,1702	4,1699	4,1702	4,0379	-0,0038						
ANT_O	4,1624	4,1624	4,1620	4,1623	4,0299	0,0041						
ANT_Z	4,1627	4,1628	4,1626	4,1627	4,0303	0,0037						
ANT_W	4,1691	4,1699	4,1721	4,1704	4,0380	-0,0040						
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0340							
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0017							
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0184							
Meet Punt Laag (MPL)					0,7213							
Controlemaat rechtstand					2,2971							
Meetpaal:	2					Temperatuur:						
Antenne:	217-0545					Units:						
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking						
Kogel	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324	0,0000							
PML	0,8533	0,8533	0,8533	0,8533	0,7209							
PMH	3,1510	3,1509	3,1509	3,1509	3,0186							
ANT_N	4,1671	4,1669	4,1672	4,1671	4,0347	-0,0011						
ANT_O	4,1646	4,1645	4,1646	4,1646	4,0322	0,0014						
ANT_Z	4,1650	4,1649	4,1652	4,1650	4,0327	0,0009						
ANT_W	4,1672	4,1671	4,1673	4,1672	4,0348	-0,0012						
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0336							
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0013							
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0186							
Meet Punt Laag (MPL)					0,7209							
Controlemaat rechtstand					2,2976							
Meetpaal:	4					Temperatuur:						
Antenne:	217-0569					Units:						
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking						
Kogel	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324	0,0000							
PML	0,8533	0,8533	0,8534	0,8533	0,7210							
PMH	3,1550	3,1550	3,1550	3,1550	3,0226							
ANT_N	4,1660	4,1660	4,1661	4,1660	4,0337	-0,0003						
ANT_O	4,1650	4,1652	4,1651	4,1651	4,0327	0,0006						
ANT_Z	4,1652	4,1654	4,1656	4,1654	4,0330	0,0003						
ANT_W	4,1664	4,1664	4,1665	4,1664	4,0341	-0,0007						
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0334							
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0011							
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0226							
Meet Punt Laag (MPL)					0,7210							
Controlemaat rechtstand					2,3017							
Meetpaal:	5					Temperatuur:						
Antenne:	217-0582					Units:						
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking						
Kogel	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324	0,0000							
PML	0,8531	0,8530	0,8531	0,8531	0,7207							
PMH	3,1511	3,1511	3,1511	3,1511	3,0187							
ANT_N	4,1650	4,1665	4,1667	4,1661	4,0337	0,0010						
ANT_O	4,1687	4,1688	4,1689	4,1688	4,0364	-0,0017						
ANT_Z	4,1677	4,1678	4,1674	4,1676	4,0353	-0,0006						
ANT_W	4,1659	4,1655	4,1657	4,1657	4,0333	0,0014						
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0347							
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0024							
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0187							
Meet Punt Laag (MPL)					0,7207							
Controlemaat rechtstand					2,2980							
Meetpaal:	6					Temperatuur:						
Antenne:	217-0570					Units:						
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking						
Kogel	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324	0,0000							
PML	0,8520	0,8519	0,8519	0,8519	0,7196							
PMH	3,1503	3,1503	3,1503	3,1503	3,0179							
ANT_N	4,1636	4,1633	4,1633	4,1634	4,0310	0,0020						
ANT_O	4,1663	4,1660	4,1659	4,1661	4,0337	-0,0007						
ANT_Z	4,1673	4,1671	4,1672	4,1672	4,0348	-0,0018						
ANT_W	4,1650	4,1649	4,1650	4,1650	4,0326	0,0004						
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0330							
Antenne Referentie Punt (ARP)					4,0007							
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0179							
Meet Punt Laag (MPL)					0,7196							
Controlemaat rechtstand					2,2984							
Start kalibratiemeting							Einde kalibratiemeting					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3		Gem	Δ Start- Einde	Gem	Meting1	Meting2	Meting3	Pnt.nr.:	
HP1	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HP1	
Kogel	0,1322	0,1324	0,1324		0,1323	-0,0001	0,1324	0,1324	0,1324	0,1325	Kogel	
HP2	0,0467	0,0469	0,0468		0,0468	-0,0003	0,0471	0,0471	0,0472	0,0469	HP2	
HP1	-0,0001	0,0001	0,0000		0,0000	-0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	HP1	

CALIBRATIE GEGEVENS MEETMASTEN - WADMETING 2021								
Meetmast	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
1	0,7212	3,0184	2,2972	4,0024	0,9840	217-0594		
<i>Δ gemiddelde - meting 1</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0000</i>		<i>-0,0007</i>				
<i>Δ gemiddelde - meting 2</i>	<i>-0,0001</i>	<i>0,0000</i>		<i>0,0007</i>				
2	0,7213	3,0186	2,2974	4,0015	0,9829	217-0545		
<i>Δ gemiddelde - meting 1</i>	<i>-0,0004</i>	<i>-0,0001</i>		<i>-0,0002</i>				
<i>Δ gemiddelde - meting 2</i>	<i>0,0004</i>	<i>0,0001</i>		<i>0,0002</i>				
4	0,7211	3,0228	2,3016	4,0013	0,9786	217-0569		
<i>Δ gemiddelde - meting 1</i>	<i>-0,0002</i>	<i>-0,0001</i>		<i>-0,0003</i>				
<i>Δ gemiddelde - meting 2</i>	<i>0,0002</i>	<i>0,0001</i>		<i>0,0003</i>				
5	0,7208	3,0188	2,2980	4,0022	0,9834	217-0582		
<i>Δ gemiddelde - meting 1</i>	<i>-0,0001</i>	<i>-0,0001</i>		<i>0,0001</i>				
<i>Δ gemiddelde - meting 2</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>		<i>-0,0001</i>				
6	0,7196	3,0179	2,2983	4,0006	0,9827	217-0570		
<i>Δ gemiddelde - meting 1</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>		<i>0,0001</i>				
<i>Δ gemiddelde - meting 2</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>		<i>-0,0001</i>				

HISTORISCH OVERZICHT CALIBRATIES MEETMASTEN								
Meetmast 1	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7209	3,0180	2,2971	4,0023	0,9843	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7211	3,0184	2,2973	4,0022	0,9837	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7212	3,0184	2,2972	4,0024	0,9840	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022								
Meetmast 2	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7211	3,0187	2,2977	4,0019	0,9832	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7209	3,0186	2,2977	4,0014	0,9828	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7213	3,0186	2,2974	4,0015	0,9829	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022								
Meetmast 4	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7210	3,0225	2,3016	4,0021	0,9795	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7212	3,0226	2,3015	4,0012	0,9786	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7211	3,0228	2,3016	4,0013	0,9786	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022								
Meetmast 5	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7208	3,0186	2,2979	4,0025	0,9838	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7206	3,0188	2,2981	4,0021	0,9834	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7208	3,0188	2,2980	4,0022	0,9834	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022								
Meetmast 6	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7195	3,0177	2,2982	4,0018	0,9841	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7196	3,0178	2,2982	4,0005	0,9827	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7196	3,0179	2,2983	4,0006	0,9827	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022								

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting

Berekening waterpasmetingen

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting

Berekening waterpasmetingen (antenne meting)

De berekening van de waterpasmetingen (Move3 bestanden) behorende bij dit project worden digitaal geleverd bij deze rapportage. De resultaten zijn vermeld in tabel 5 t/m 14 in deze rapportage.

Bijlage 12 Jaarlijkse GNSS meting

Rapportage multi-station berekening



Resultaten GPS-metingen Havenmond

In opdracht van: Antea Group

datum: 25 januari 2022
auteur: ir. Frank Dentz, 06-GPS
goedkeuring: ir. Jean-Paul Henry, 06-GPS
versie: 1.2

06-GPS B.V.
Kubus 11
3364 DG Sliedrecht
Tel.: 0184 – 44 89 00
Fax: 0184 – 44 89 09

e-mail: info@06-gps.nl
internet: www.06-gps.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Meetopzet	3
3	Foutenbronnen & interpretatie resultaten	5
4	Resultaten GPS-metingen	6
4.1	1 ^e meting (27-09-2019).....	6
4.2	2 ^e meting (04-11-2020).....	8
4.3	3 ^e meting (28-10-2021).....	11
Bijlage A	Coördinaten stations	14

1 Inleiding

In de Waddenzee ten noordwesten van Harlingen vindt bodemdaling plaats als gevolg van zoutwinning. Antea Group monitort deze bodemdaling met behulp van een tweetal permanente GPS stations en meerdere tijdelijke GPS-opstellingen. Deze stations bevinden zich merendeels binnen de bodemdalingskom. Antea Group laat de hoogten van alle stations eenmaal per jaar berekenen binnen het netwerk van OG-GPS. OG-GPS verwerkt de GPS data met het Geo++ softwarepakket GNSMART. Dit rapport bevat de resultaten van de nulmeting.

2 Meetopzet

De tijdelijke GPS-meetpalen (meetpunten wpm1 t/m wpm8 en 4020) zijn uitgerust met elk een Leica AR20 antenne. Van elk van de AR20 antennes is een Geo++ absolute antennekalibratie uitgevoerd en een kalibratierapport geleverd (inclusief antennefiles). De permanente stations cgp1 en cgp2 zijn voorzien van een Leica AR10 antenne, waarvoor tijdens de berekening een typegemiddelde kalibratie wordt toegepast. Fig. 1 geeft de locaties weer waar gedurende de meetcampagne de GPS-meetpalen worden opgesteld.



Fig. 1. Locaties GPS opstellingen Antea Group.

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van in totaal 10 referentiestationen, waarvan 8 afkomstig van het OG-GPS netwerk en 2 van het AGRS (Terschelling en Vlieland). Dit betreft hetzelfde referentienetwerk als wordt toegepast voor andere GPS-metingen van Antea Groep rondom Harlingen. De ETRS89 coördinaten van de stations zijn gebaseerd op de Kadaster certificatie van 2011. Ten opzichte van deze publicatie zijn de coördinaten wel onderling vereffend door deze in een lange, aparte berekening met GNSMART een geringe vrijheid te geven. De vereffende coördinaten van de referentiestationen worden tijdens de berekening van de stations van Antea Group vastgehouden. OG-GPS zal de coördinaten van alle referentiestationen echter jaarlijks opnieuw berekenen om eventuele autonome bewegingen te kunnen detecteren.

De benaderde coördinaten van de tijdelijke opstellingen krijgen een a priori standaardafwijking van 5 mm in de horizontale positie en 10 mm in de hoogte toegekend. Deze vrijheid is nodig om de positiefilters in GNSMART naar de juiste positie en hoogte te laten convergeren. De standaardafwijking van de hoogte na berekening met GNSMART ligt op sub-millimeter niveau.

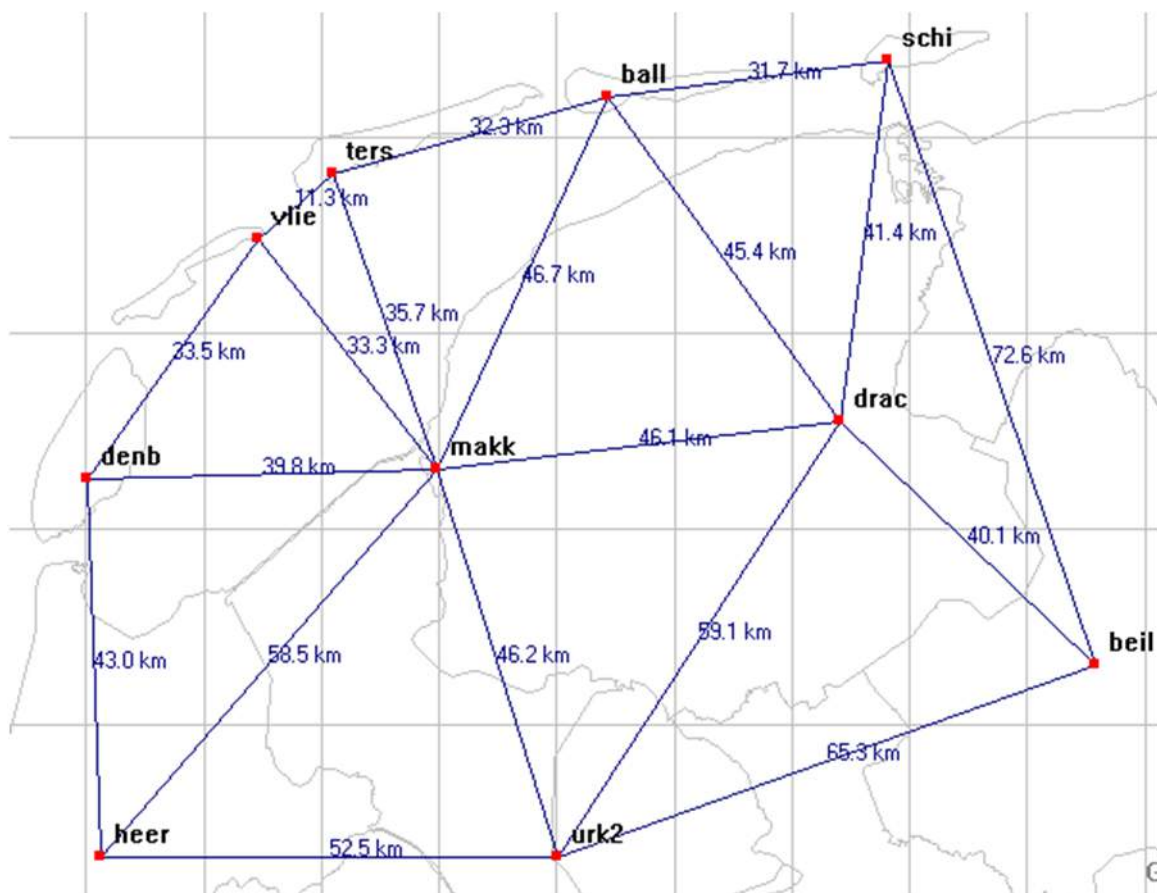


Fig. 2. Referentienetwerk t.b.v. monitoring bodemdaling 'Havenmond'.

3 Foutenbronnen & interpretatie resultaten

De GPS-opstellingen van project 'Havenmond' worden samen met de referentiestations opgenomen in de netwerkmodellering van GNSMART (GNNET). Binnen GNNET worden alle foutenbronnen, zoals ionosfeer, troposfeer, baan- en klokfouten nauwkeurig gemodelleerd. Aan de hand van deze modellering is het mogelijk een nauwkeurige coördinaat te berekenen voor ieder (onbekend) station binnen het netwerk. Hiertoe moet het onbekende station wel een a priori standaardafwijking toegekend krijgen, zodat de positiefilters in GNNET de coördinaten kunnen laten convergeren.

Een andere foutenbron zijn fasecentrum variaties, zie Fig. 3. Om deze variaties van meerdere millimeters te elimineren is het noodzakelijk de GPS antenne te laten kalibreren. Het kalibratie model wordt meegenomen in de berekening in GNSMART. Omdat de fasecentrum variaties azimut afhankelijk zijn is het belangrijk dat de GPS antenne altijd op het noorden wordt georiënteerd.

Per uur geeft GNNET een oplossing voor de best passende coördinaat. De resultaten van de gehele tijdreeks kunnen worden weergegeven in een grafiek, zie hoofdstuk 4 voor enkele voorbeelden. Hierin valt af te lezen dat de berekening een iteratief proces is; de eerste 48 uur is de grafiek zeer grillig, waarna de positie zich geleidelijk stabiliseert rond één waarde. De belangrijkste reden voor de iteratieve proces is het oplossen van fouten door multipad. Fouten door multipad variëren over de dag door de veranderende satellietconstellatie. Omdat de satellietconstellatie zich na één siderische dag herhaalt, herhalen de multipad effecten zich ook na één siderische dag. Door minimaal 2 siderische dagen waar te nemen kunnen multipad effecten vrijwel geheel worden geëlimineerd. In de plots is terug te zien dat na 48 uur de eindcoördinaat inderdaad al tot op een mm genaderd is.

Uit berekeningen met continue monitoring voor de NAM blijkt dat het 95% betrouwbaarheidsinterval van de resultaten uit GNNET ligt op 1.2 mm voor de hoogte. Met andere woorden, 95% van de berekende hoogtes schommelt na 48 uur op en neer binnen een bandbreedte van 2.4 mm. Deze schommeling wordt veroorzaakt door meerdere factoren, de voornaamste zijn:

- Verschil in initiële waarden van diverse filters.
- Restfouten in de atmosferische modellering en satellietbanen.
- 'Near field' invloeden op het fasecentrum, bijvoorbeeld regen en sneeuw.
- Bodembeweging door variërende grondwaterstanden.
- Meetruis.

Door een wat langere tijdreeks te meten is het echter wel mogelijk dit schommeleffect uit te middelen, waardoor sub-millimeternauwkeurigheid behaald kan worden.

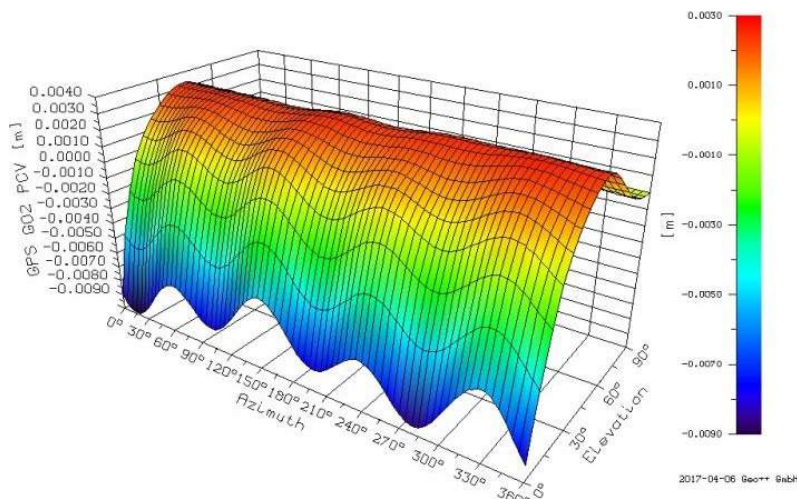


Fig. 3. Fasecentrum variaties van een Leica AR20 antenne.

4 Resultaten GPS-metingen

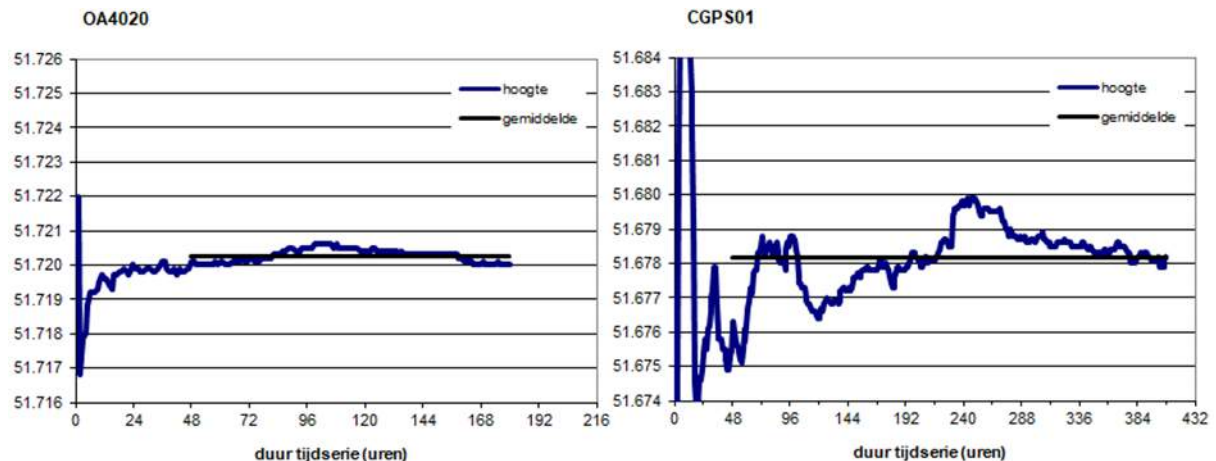
4.1 1^e meting (27-09-2019)

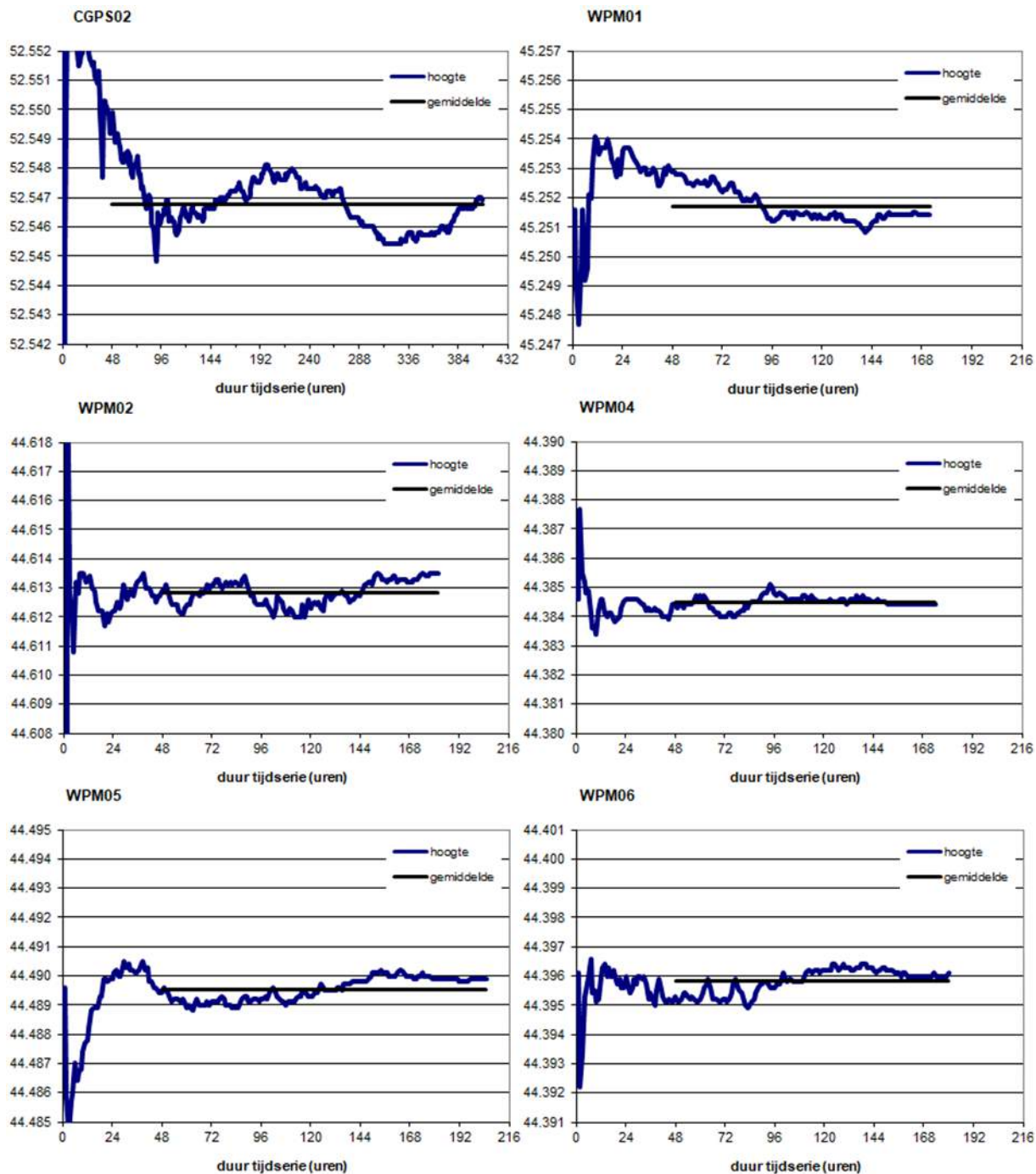
De 1^e meting (nulmeting) heeft plaatsgevonden tussen 4 augustus en 27 september 2019. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

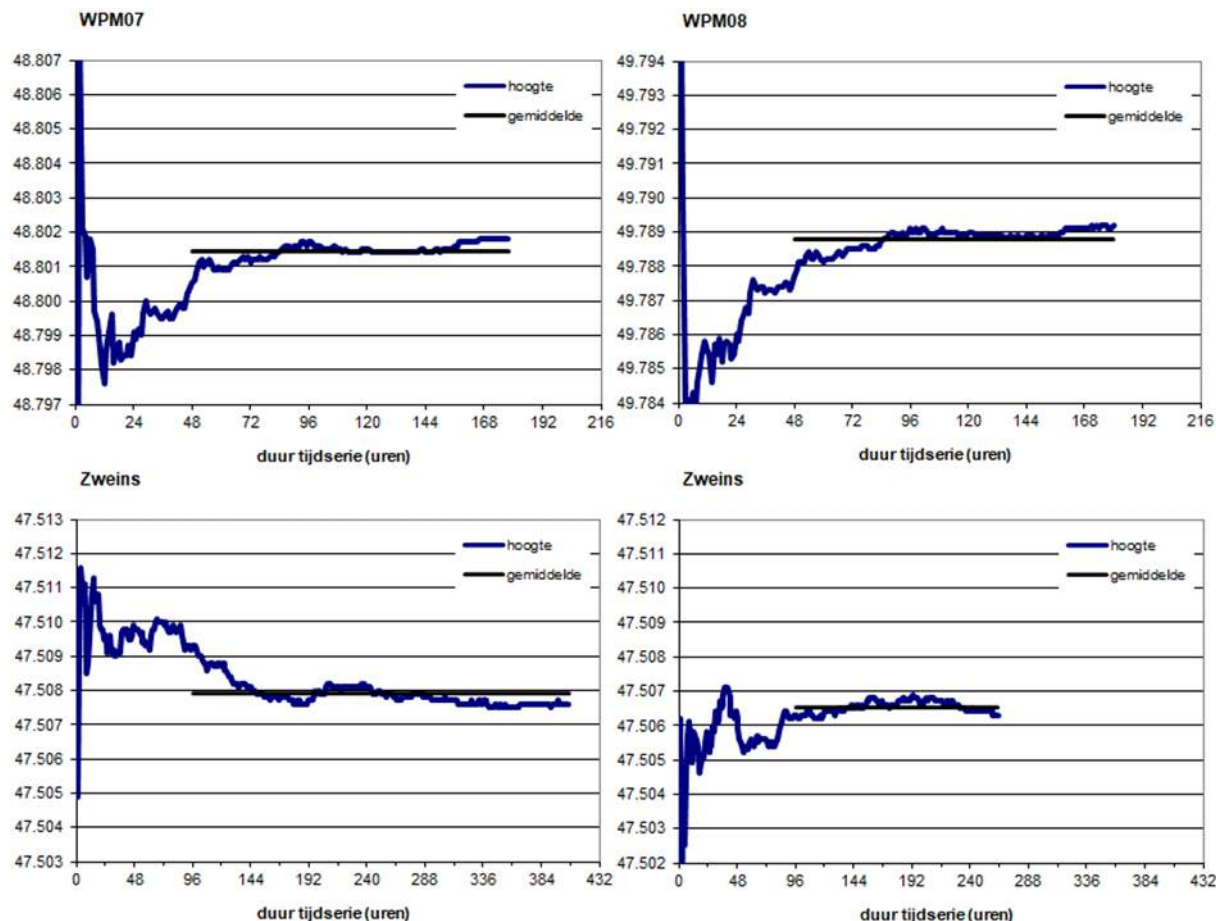
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-09-2019	27-09-2019
CGPS01	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
CGPS02	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
WPM01	1	21274005.atx	04-08-2019	11-08-2019
WPM02	2	21274006.atx	06-08-2019	13-08-2019
WPM04	4	21341009.atx	14-08-2019	21-08-2019
WPM05	5	21341010.atx	08-08-2019	16-08-2019
WPM06	6	21349028.atx	09-08-2019	16-08-2019
WPM07	1	21274005.atx	17-09-2019	24-09-2019
WPM08	2	21274006.atx	17-09-2019	24-09-2019
Zweins	-	leiar10.atx	04-08-2019	20-08-2019
Zweins	-	leiar10.atx	17-09-2019	27-09-2019

De onderstaande tabel bevat de berekende coördinaten van de monitorstations in ETRS89. Vanwege de convergentietijd betreft dit gemiddelden vanaf 48 uur. De grafieken onderaan deze bladzijde laten de schommeling in de hoogte zien gedurende processing in GNNET, de zwarte lijn geeft het gemiddelde vanaf 48 uur weer.

station			N			E	h ARP	σ h
OA4020	53	10	31.80950	5	24	40.94467	51.7203	0.0002
CGPS01	53	12	7.53195	5	22	34.79912	51.6782	0.0009
CGPS02	53	12	54.94280	5	23	19.89021	52.5468	0.0009
WPM01	53	13	50.65456	5	24	12.11978	45.2517	0.0005
WPM02	53	12	49.85699	5	21	13.47397	44.6128	0.0004
WPM04	53	12	16.98635	5	21	57.03067	44.3845	0.0002
WPM05	53	11	39.99064	5	21	55.75714	44.4895	0.0004
WPM06	53	12	17.92496	5	23	48.16649	44.3958	0.0004
WPM07	53	10	46.07710	5	25	3.65997	48.8014	0.0003
WPM08	53	11	45.43771	5	25	49.83152	49.7888	0.0003
Zweins	53	11	39.64303	5	36	9.90949	47.5079	0.0004
Zweins	53	11	39.64301	5	36	9.90951	47.5065	0.0002







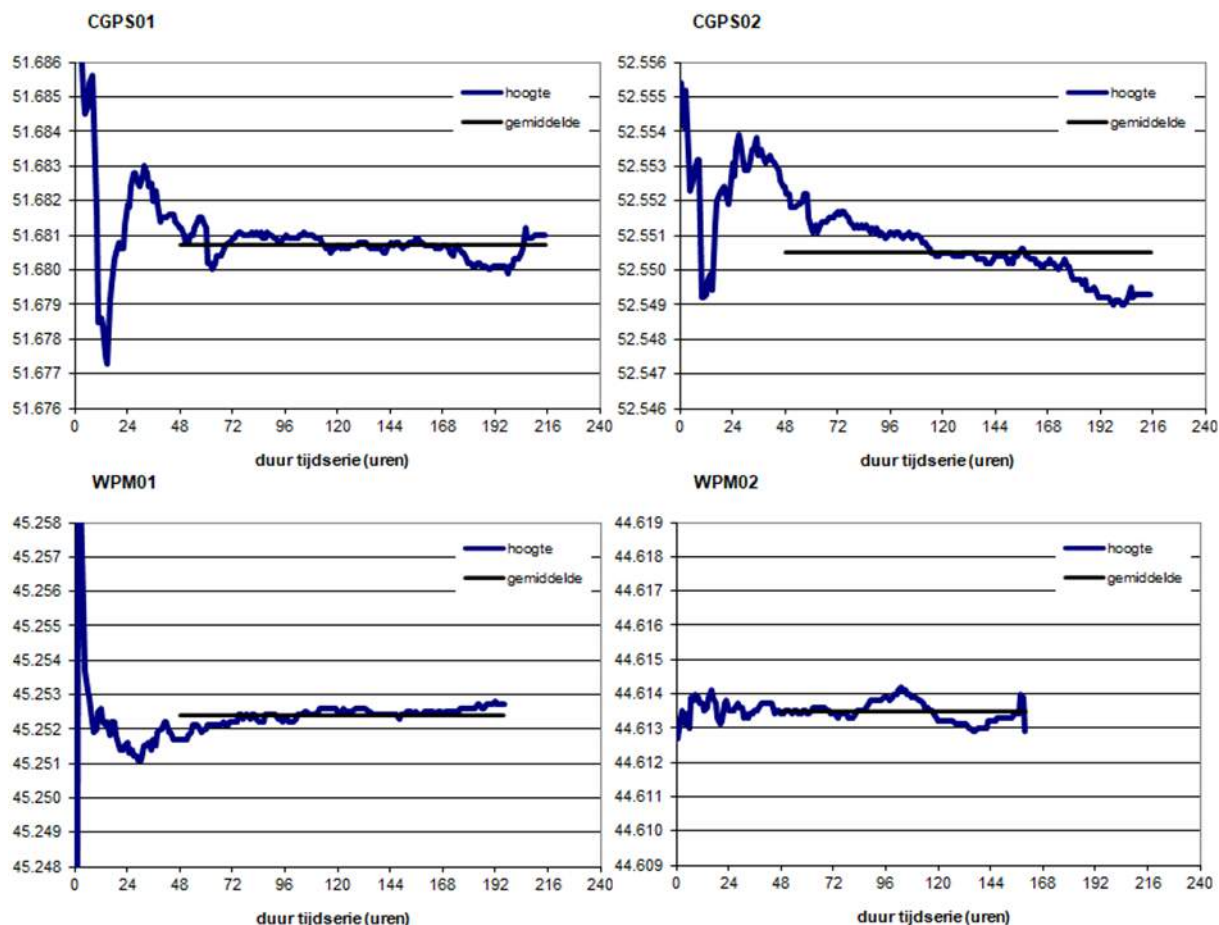
4.2 2^e meting (04-11-2020)

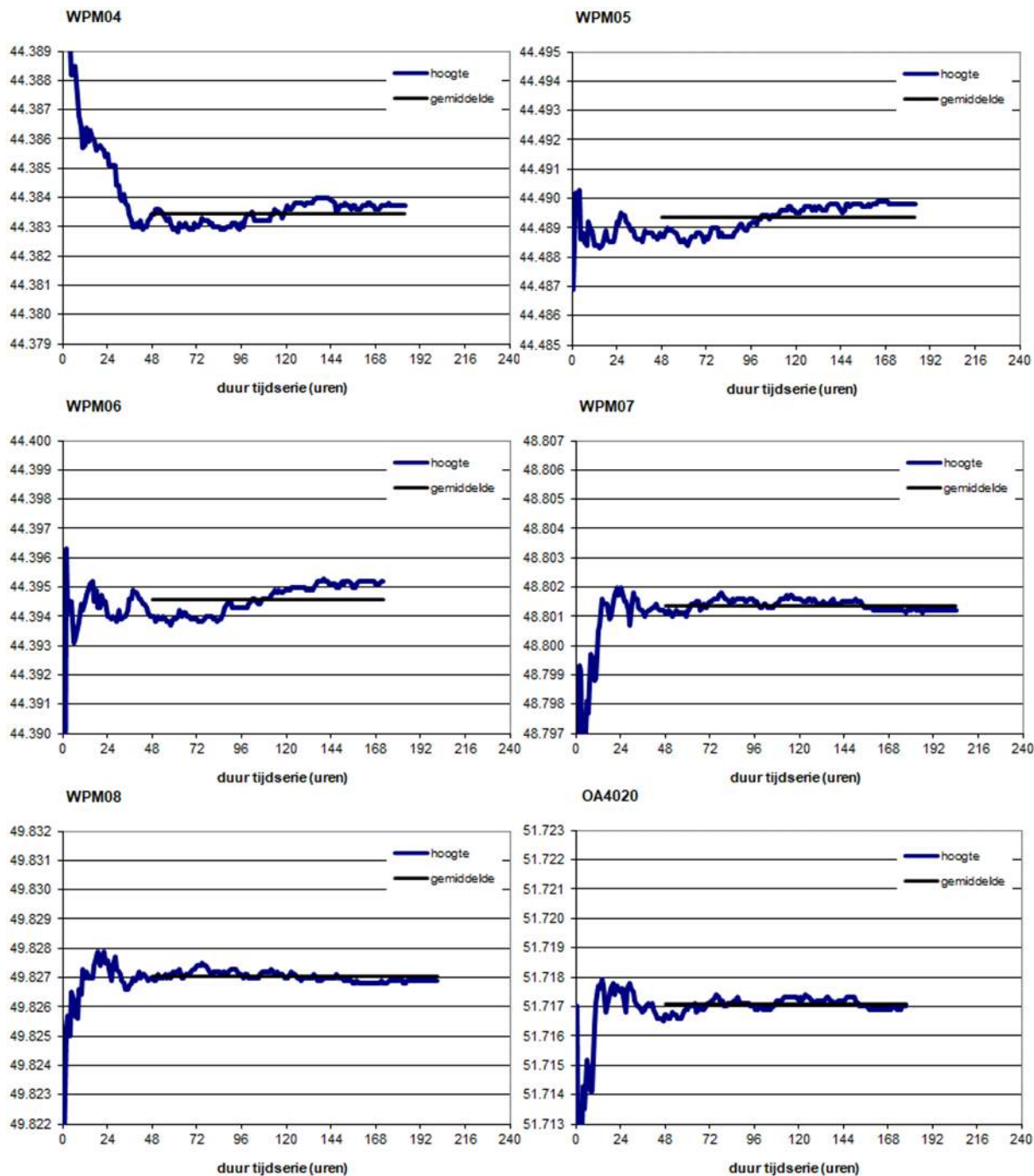
De 2^e meting heeft plaatsgevonden tussen 20 september en 4 november 2020. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

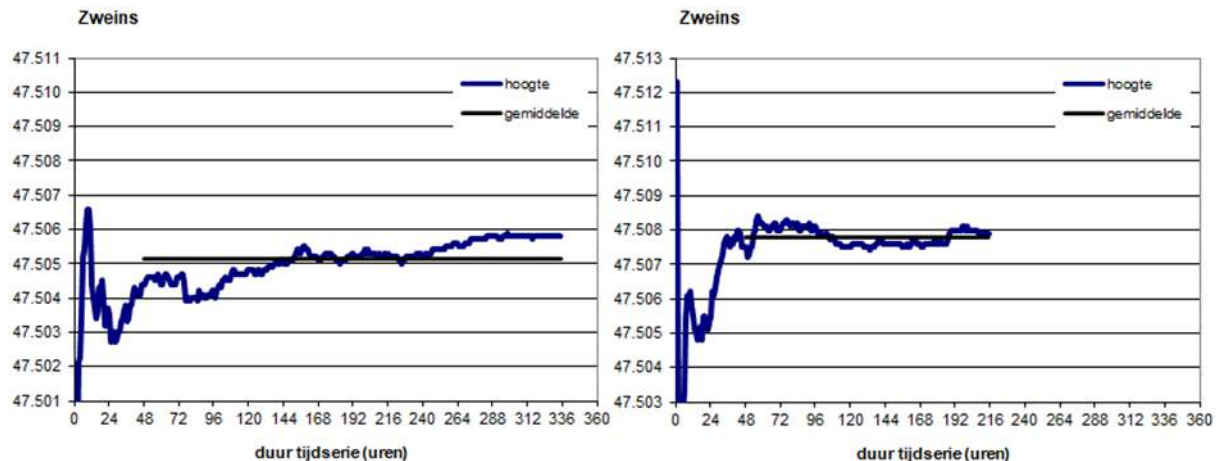
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	27-10-2020	03-11-2020
CGPS01	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
CGPS02	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
WPM01	1	21274005.atx	24-09-2020	02-10-2020
WPM02	2	21274006.atx	28-09-2020	05-10-2020
WPM04	4	21341009.atx	22-09-2020	29-09-2020
WPM05	5	21341010.atx	23-09-2020	30-09-2020
WPM06	6	21349028.atx	22-09-2020	29-09-2020
WPM07	1	21274005.atx	27-10-2020	04-11-2020
WPM08	2	21274006.atx	27-10-2020	04-11-2020
Zweins	-	leiar10.atx	22-09-2020	05-10-2020
Zweins	-	leiar10.atx	27-10-2020	04-11-2020

De onderstaande tabel bevat de berekende coördinaten van de monitorstations in ETRS89. Vanwege de convergentietijd betreft dit gemiddelden vanaf 48 uur. De grafieken onderaan deze bladzijde laten de schommeling in de hoogte zien gedurende processing in GNNET, de zwarte lijn geeft het gemiddelde vanaf 48 uur weer.

station	N			E		h ARP	σ h	Δ h	
OA4020	53	10	31.80993	5	24	40.94387	51.7171	0.0002	-0.0032
CGPS01	53	12	7.53195	5	22	34.79910	51.6807	0.0003	0.0025
CGPS02	53	12	54.94281	5	23	19.89017	52.5505	0.0008	0.0037
WPM01	53	13	50.65420	5	24	12.12014	45.2524	0.0002	0.0007
WPM02	53	12	49.85741	5	21	13.47247	44.6135	0.0003	0.0007
WPM04	53	12	16.98685	5	21	57.03007	44.3834	0.0003	-0.0011
WPM05	53	11	39.99069	5	21	55.75838	44.4893	0.0005	-0.0002
WPM06	53	12	17.92436	5	23	48.16496	44.3946	0.0005	-0.0012
WPM07	53	10	46.07639	5	25	3.66005	48.8014	0.0002	0.0000
WPM08	53	11	45.93271	5	25	50.38815	49.8270	0.0002	0.0382
Zweins	53	11	39.64304	5	36	9.90940	47.5051	0.0005	-0.0028
Zweins	53	11	39.64303	5	36	9.90939	47.5078	0.0003	-0.0001







4.3 3^e meting (28-10-2021)

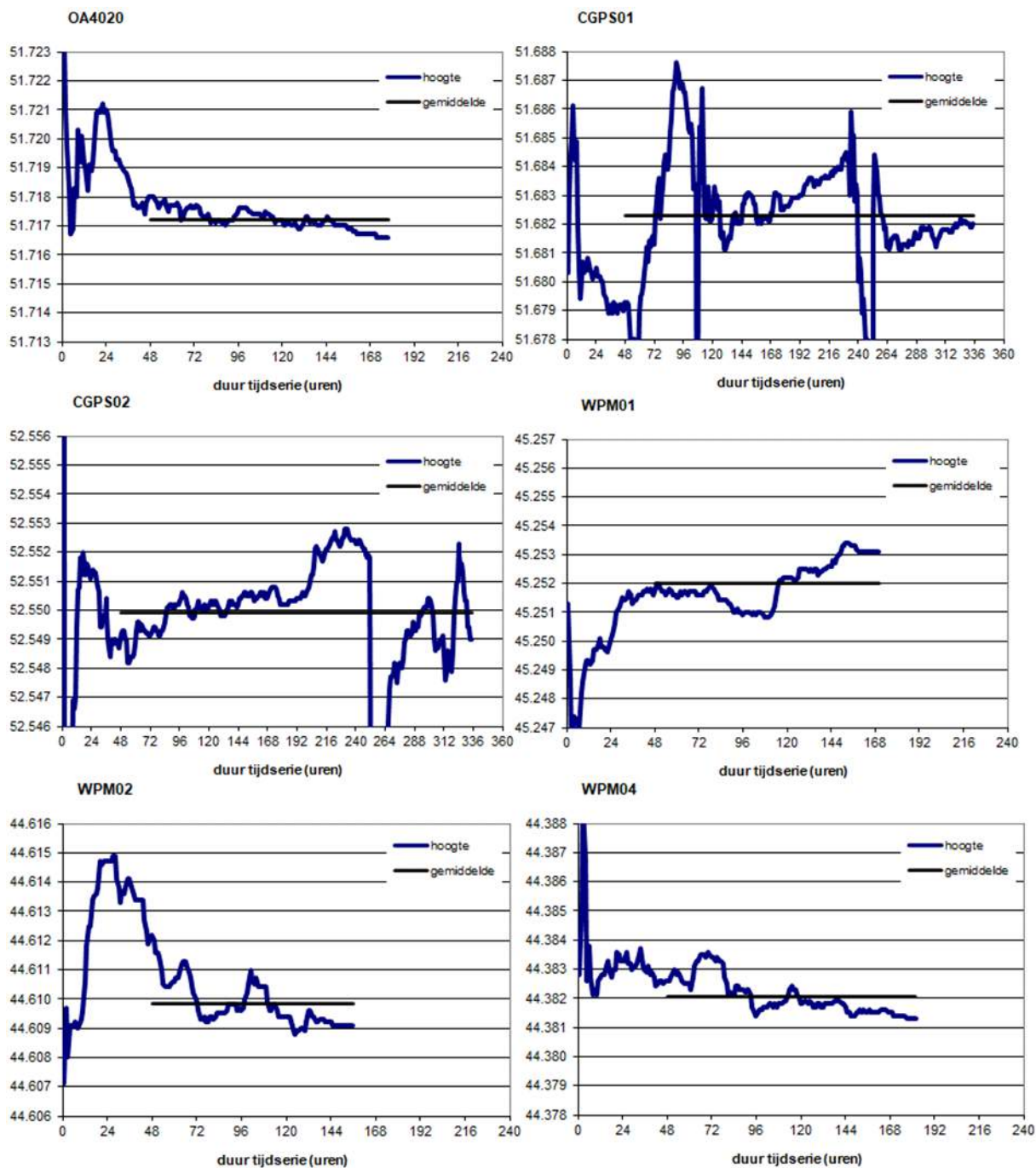
De 3^e meting heeft plaatsgevonden tussen 13 september en 28 oktober 2021. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

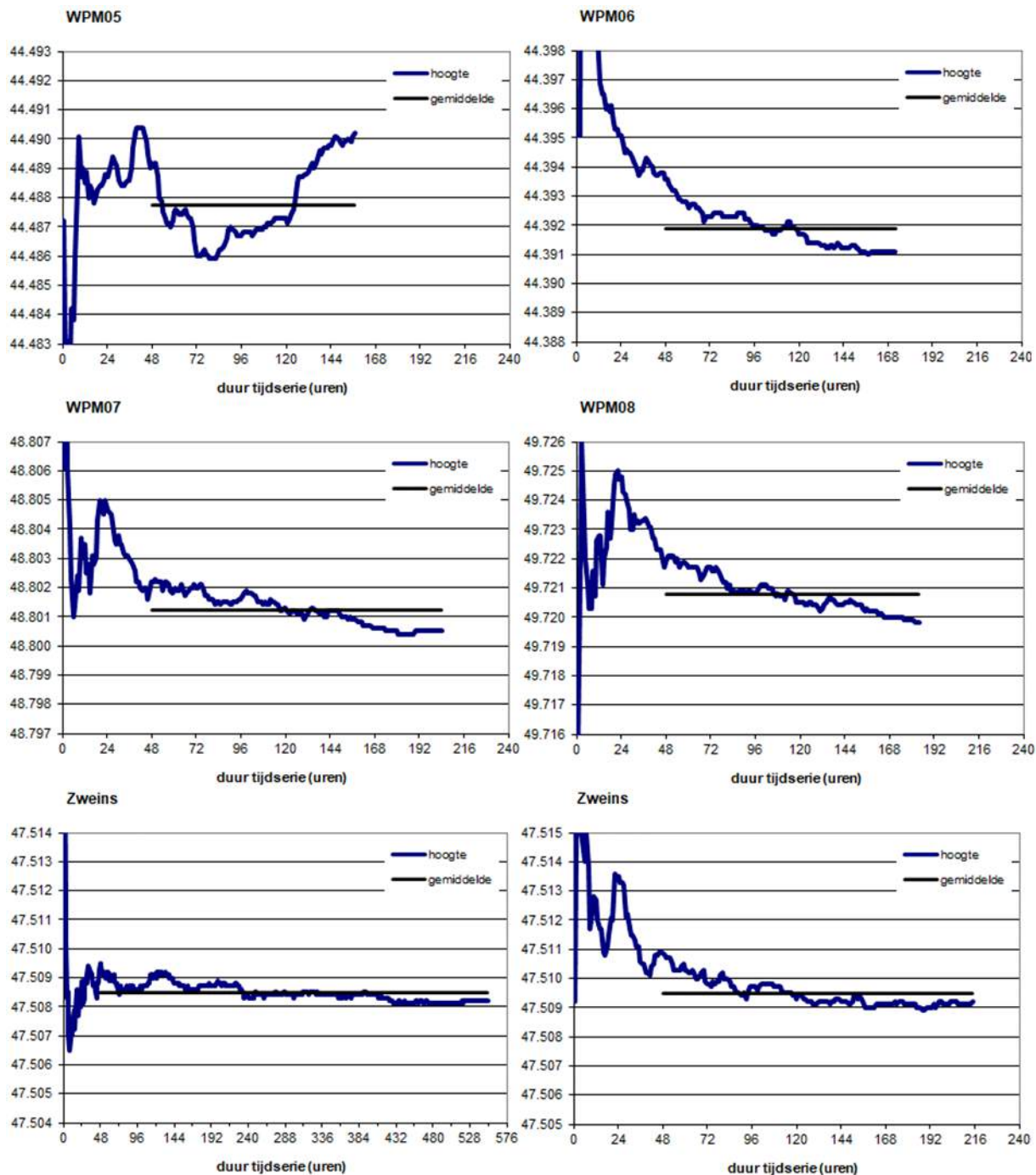
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-10-2021	27-10-2021
CGPS01	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
CGPS02	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
WPM01	1	21274005.atx	15-09-2021	22-09-2021
WPM02	2	21274006.atx	16-09-2021	22-09-2021
WPM04	4	21341009.atx	14-09-2021	21-09-2021
WPM05	5	21341010.atx	15-09-2021	21-09-2021
WPM06	6	21349028.atx	17-09-2021	24-09-2021
WPM07	1	21274005.atx	20-10-2021	28-10-2021
WPM08	2	21274006.atx	20-10-2021	27-10-2021
Zweins	-	leiar10.atx	13-09-2021	05-10-2021
Zweins	-	leiar10.atx	20-10-2021	28-10-2021

De onderstaande tabel bevat de berekende coördinaten van de monitorstations in ETRS89. Vanwege de convergentietijd betreft dit gemiddelden vanaf 48 uur. De grafieken onderaan deze bladzijde laten de schommeling in de hoogte zien gedurende processing in GNNET, de zwarte lijn geeft het gemiddelde vanaf 48 uur weer.

De stations CGPS01 en CGPS02 zijn berekend met GNSS data over de periode 16-08-2021 t/m 30-08-2021.

station			N			E	h ARP	σ h	Δ h
OA4020	53	10	31.80887	5	24	40.94289	51.7172	0.0004	-0.0031
CGPS01	53	12	7.53198	5	22	34.79916	51.6823	0.0021	0.0041
CGPS02	53	12	54.94273	5	23	19.89020	52.5499	0.0018	0.0031
WPM01	53	13	50.65700	5	24	12.11900	45.2520	0.0008	0.0003
WPM02	53	12	49.85694	5	21	13.47074	44.6098	0.0008	-0.0030
WPM04	53	12	16.98569	5	21	57.03175	44.3820	0.0006	-0.0025
WPM05	53	11	39.98980	5	21	55.75607	44.4877	0.0013	-0.0018
WPM06	53	12	17.92495	5	23	48.16609	44.3919	0.0007	-0.0039
WPM07	53	10	46.07599	5	25	3.66147	48.8012	0.0006	-0.0002
WPM08	53	11	45.43828	5	25	49.83253	49.7208	0.0006	-0.0680
Zweins	53	11	39.64301	5	36	9.90938	47.5085	0.0003	0.0006
Zweins	53	11	39.64302	5	36	9.90939	47.5095	0.0005	0.0016





Bijlage A Coördinaten stations

coördinaten referentiestation 21-08-2019

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. calibratiefile
ball	ballum	06-GPS	fixed	11-10-2016	53	26	29.58838	5	41	15.66999	54.5410	0.101	0.0000	762-11923.atx
beil	beilen	06-GPS	fixed	11-10-2016	52	51	37.49859	6	30	54.37355	71.3830	0.099	0.0000	762-11910.atx
denb	den burg	06-GPS	fixed	23-11-2018	53	3	1.77422	4	48	10.09342	56.3028	0.148	0.0000	762-11327.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	11-10-2016	53	6	31.75481	6	4	58.04633	56.3559	0.147	0.0000	762-11924.atx
heer	heerhugowaard	06-GPS	fixed	21-8-2019	52	39	52.85672	4	49	28.49271	60.2827	0.147	0.0000	762-11877.atx
makk	makkum	06-GPS	fixed	11-10-2016	53	3	36.43460	5	23	50.91259	59.4112	0.147	0.0000	762-11919.atx
schi	schiermonnikoog	06-GPS	fixed	21-8-2019	53	28	38.43898	6	9	44.16433	50.8011	0.148	-0.0021	2170643.ant
ters	terschelling	AGRS	fixed	21-8-2019	53	21	45.84868	5	13	9.78836	56.0957	0.000	-0.0026	726700.atx
urk2	urk	06-GPS	fixed	11-10-2016	52	39	49.41052	5	36	8.55275	54.3931	0.148	0.0000	762-11916.atx
vlie	vlieland	AGRS	fixed	21-8-2019	53	17	46.40406	5	5	30.68418	53.4627	0.000	-0.0022	383-0605.atx

coördinaten monitorstations 27-09-2019

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. calibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	27-9-2019	53	10	31.80950	5	24	40.94467	51.7203	0.000		21341009.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	21-8-2019	53	12	7.53195	5	22	34.79912	51.6782	0.000		leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	21-8-2019	53	12	54.94280	5	23	19.89021	52.5468	0.000		leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	11-8-2019	53	13	50.65456	5	24	12.11978	45.2517	0.000		21274005.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	13-8-2019	53	12	49.85699	5	21	13.47397	44.6128	0.000		21274006.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	21-8-2019	53	12	16.98635	5	21	57.03067	44.3845	0.000		21341009.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	16-8-2019	53	11	39.99064	5	21	55.75714	44.4895	0.000		21341010.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	16-8-2019	53	12	17.92496	5	23	48.16649	44.3958	0.000		21349028.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	24-9-2019	53	10	46.07710	5	25	3.65997	48.8014	0.000		21274005.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	24-9-2019	53	11	45.43771	5	25	49.83152	49.7888	0.000		21274006.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	20-8-2019	53	11	39.64303	5	36	9.90949	47.5079	0.000		leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	27-9-2019	53	11	39.64301	5	36	9.90951	47.5065	0.000	-0.0014	leiar10.atx

coördinaten referentiestations 05-10-2020

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
ball	ballum	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	26	29.58839	5	41	15.67000	54.5424	0.101	0.0014	762-11923.atx
beil	beilen	06-GPS	fixed	5-10-2020	52	51	37.49861	6	30	54.37354	71.3856	0.099	0.0026	762-11910.atx
denb	den burg	06-GPS	fixed	23-11-2018	53	3	1.77422	4	48	10.09342	56.3028	0.148	0.0000	762-11327.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	6	31.75487	6	4	58.04635	56.3552	0.147	-0.0007	762-11924.atx
heer	heerhugowaard	06-GPS	fixed	5-10-2020	52	39	52.85667	4	49	28.49272	60.2808	0.147	-0.0019	762-11877.atx
makk	makkum	06-GPS	fixed	11-10-2016	53	3	36.43460	5	23	50.91259	59.4112	0.147	0.0000	762-11919.atx
schi	schiermonnikoog	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	28	38.43894	6	9	44.16431	50.8035	0.148	0.0003	2170643.ant
ters	terschelling	AGRS	fixed	5-10-2020	53	21	45.84866	5	13	9.78837	56.0985	0.000	0.0002	726700.atx
urk2	urk	06-GPS	fixed	11-10-2016	52	39	49.41052	5	36	8.55275	54.3931	0.148	0.0000	762-11916.atx
vlie	vlieland	AGRS	fixed	21-8-2019	53	17	46.40406	5	5	30.68418	53.4627	0.000	-0.0022	383-0605.atx

coördinaten monitorstations 04-11-2020

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	3-11-2020	53	10	31.80993	5	24	40.94387	51.7171	0.000	-0.0032	21341009.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	28-9-2020	53	12	7.53195	5	22	34.79910	51.6807	0.000	0.0025	leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	28-9-2020	53	12	54.94281	5	23	19.89017	52.5505	0.000	0.0037	leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	2-10-2020	53	13	50.65420	5	24	12.12014	45.2524	0.000	0.0007	21274005.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	5-10-2020	53	12	49.85741	5	21	13.47247	44.6135	0.000	0.0007	21274006.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	29-9-2020	53	12	16.98685	5	21	57.03007	44.3834	0.000	-0.0011	21341009.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	30-9-2020	53	11	39.99069	5	21	55.75838	44.4893	0.000	-0.0002	21341010.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	29-9-2020	53	12	17.92436	5	23	48.16496	44.3946	0.000	-0.0012	21349028.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	4-11-2020	53	10	46.07639	5	25	3.66005	48.8014	0.000	0.0000	21274005.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	4-11-2020	53	11	45.93271	5	25	50.38815	49.8270	0.000	0.0382	21274006.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	5-10-2020	53	11	39.64304	5	36	9.90940	47.5051	0.000	-0.0028	leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	4-11-2020	53	11	39.64303	5	36	9.90939	47.5078	0.000	-0.0001	leiar10.atx

coördinaten referentiestations 05-10-2021

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
ball	ballum	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	26	29.58839	5	41	15.67000	54.5424	0.101	0.0014	TPSCR.G5C.atx
beil	beilen	06-GPS	fixed	5-10-2020	52	51	37.49861	6	30	54.37354	71.3856	0.099	0.0026	TPSCR.G5C.atx
denb	den burg	06-GPS	fixed	23-11-2018	53	3	1.77422	4	48	10.09342	56.3028	0.148	0.0000	TPSCR.G5C.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	6	31.75487	6	4	58.04635	56.3552	0.147	-0.0007	TPSCR.G5C.atx
heer	heerhugowaard	06-GPS	fixed	5-10-2021	52	39	52.85659	4	49	28.49251	60.2808	0.147	-0.0019	TPSCR.G5C.atx
makk	makkum	06-GPS	fixed	11-10-2016	53	3	36.43460	5	23	50.91259	59.4112	0.147	0.0000	TPSCR.G5C.atx
schi	schiermonnikoog	06-GPS	fixed	5-10-2020	53	28	38.43894	6	9	44.16431	50.8035	0.148	0.0003	2170643.ant
ters	terschelling	AGRS	fixed	5-10-2020	53	21	45.84866	5	13	9.78837	56.0985	0.000	0.0002	726700.atx
urk2	urk	06-GPS	fixed	5-10-2021	52	39	49.41056	5	36	8.55268	54.3972	0.148	0.0041	TPSCR.G5C.atx
vlie	vlieland	AGRS	fixed	21-8-2019	53	17	46.40406	5	5	30.68418	53.4627	0.000	-0.0022	383-0605.atx

coördinaten monitorstations 28-10-2021

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	27-10-2021	53	10	31.80887	5	24	40.94289	51.7172	0.000	-0.0031	21341009.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	29-8-2021	53	12	7.53198	5	22	34.79916	51.6823	0.000	0.0041	leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	29-8-2021	53	12	54.94273	5	23	19.89020	52.5499	0.000	0.0031	leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	22-9-2021	53	13	50.65700	5	24	12.11900	45.2520	0.000	0.0003	21274005.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	22-9-2021	53	12	49.85694	5	21	13.47074	44.6098	0.000	-0.0030	21274006.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	21-9-2021	53	12	16.98569	5	21	57.03175	44.3820	0.000	-0.0025	21341009.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	21-9-2021	53	11	39.98980	5	21	55.75607	44.4877	0.000	-0.0018	21341010.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	24-9-2021	53	12	17.92495	5	23	48.16609	44.3919	0.000	-0.0039	21349028.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	28-10-2021	53	10	46.07599	5	25	3.66147	48.8012	0.000	-0.0002	21274005.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	27-10-2021	53	11	45.43828	5	25	49.83253	49.7208	0.000	-0.0680	21274006.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	5-10-2021	53	11	39.64301	5	36	9.90938	47.5085	0.000	0.0006	leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	28-10-2021	53	11	39.64302	5	36	9.90939	47.5095	0.000	0.0016	leiar10.atx

**Bijlage 13 Differentiestaat waterpasmeting
'Harlingen - West'**

Hoogte- merk	Nulmeting		November 2020		Oktober 2021	
	Maand/ jaar nul- meting	Hoogte nulmeting t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)
				Cumul.diff. nulmeting (mm)		Cumul.diff. nulmeting (mm)
000A4020	nov-19	6.988	6.986	-2	6.988	1 -1
000A5020	okt-21	6.398			6.398	
000A2907	nov-19	3.385	3.382	-3	3.381	-1 -4
000A2908	nov-19	2.706	2.705	-1	2.705	0 -1
005D0003	nov-19	3.399	3.395	-3	3.395	0 -4
005D0004	nov-19	1.721	1.720	-1.7	1.720	1 -1
005D0005	nov-19	2.012	2.011	-1	2.012	1 0
005D0007	nov-19	2.114	2.115	0	2.115	0 0
005D0015	nov-19	0.815	0.810	-5	0.811	1 -4
005D0037	nov-19	2.699	2.695	-3	2.697	1 -2
005D0057	nov-19	0.815	0.810	-5	0.811	1 -4
005D0066	nov-19	2.255	2.255	0	2.255	0 0
005D0067	nov-19	0.954	0.952	-2	0.952	0 -2
005D0068	nov-19	3.655	3.653	-2	3.651	-2 -4
005D0070	nov-19	5.470	5.469	-2	5.468	0 -2

Hoogte- merk	Nulmeting		November 2020		Oktober 2021	
	Maand/ jaar nul- meting	Hoogte nulmeting t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)
				Cumul.diff. nulmeting (mm)		Cumul.diff. nulmeting (mm)
005D0072	nov-19	6.132	6.130	-2	6.131	1 -1
005D0074	nov-19	1.047	1.042	-5	1.044	2 -4
005D0081	nov-19	6.461	6.459	-2	6.461	2 -1
005D0082	nov-19	0.650	0.649	-1	0.650	1 0
005D0083	nov-19	4.784	4.780	-3	4.781	1 -2
005D0087	nov-19	4.952	4.943	-9	4.943	0 -9
005D0095	nov-19	4.531	4.528	-3	4.526	-1 -5
005D0096	nov-19	4.513	4.511	-3	4.509	-2 -5
005D0097	nov-19	4.756	4.753	-3	4.751	-2 -5
005D0098	nov-19	5.275	5.273	-2	5.272	-1 -3
005D0099	nov-19	6.750	6.748	-2	6.747	-1 -3
005D0100	nov-19	7.872	7.869	-3	7.866	-2 -5
005D0101	nov-19	2.109	2.109	0	2.109	0 0
0000010	nov-19	0.989	0.984	-5	0.986	2 -3
0000014	nov-19	2.086	2.078	-8	2.077	-1 -9

Hoogte- merk	Nulmeting		November 2020		Oktober 2021	
	Maand/ jaar nul- meting	Hoogte nulmeting t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)
				Cumul.diff. nulmeting (mm)		Cumul.diff. nulmeting (mm)
0000029	nov-19	0.794	0.789	-5	0.790	0 -4
0000030	nov-19	1.391	1.386	-5	1.387	1 -4
0000040	nov-19	0.779	0.779	0	0.780	1 1
0000041	nov-19	0.863	0.862	-1	0.863	1 0
0000045	nov-19	5.573	5.569	-4	5.566	-3 -6
0000046	nov-19	6.142	6.138	-3	6.136	-2 -5
0000047	nov-19	2.934	2.933	-2	2.932	-1 -2
0000065	nov-19	0.770	0.770	0	0.770	0 0
0000107	nov-19	1.668	1.667	-1	1.667	0 0
0000326	nov-19	4.481	4.477	-4	4.474	-3 -7
0000327	nov-19	4.917	4.913	-3	4.914	1 -3
0000328	nov-19	4.878	4.875	-3	4.876	1 -2
0000329	nov-19	3.888	3.886	-2	3.886	0 -2
0000330	nov-19	3.888	3.886	-2	3.886	0 -2

Hoogte- merk	Nulmeting		November 2020		Oktober 2021	
	Maand/ jaar nul- meting	Hoogte nulmeting t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff. (mm)
				Cumul.diff. nulmeting (mm)		Cumul.diff. nulmeting (mm)
0000332	nov-19	3.885	3.883	-2	3.882	-1 -2
0003042	nov-19	4.182	4.182	0	4.182	0 0
0004031 D31	nov-19	9.586	9.577	-9	9.581	4 -5
0004032 D32	nov-19	1.238	1.231	-7	1.235	4 -3
0004033 D33	nov-19	0.027	0.018	-8	0.022	4 -4

Bijlage 14 Berekening waterpasmeting 'Harlingen-West' (MOVE3)

Bijlage 14 Berekening waterpasmeting 'Harlingen-West' (MOVE3)

De berekening van de waterpasmetingen (Move3 bestanden) behorende bij dit project worden digitaal geleverd bij deze rapportage.

Bijlage 15 Goedkeuringsbrief RWS



Retouradres: Rijkswaterstaat | Postbus 2232 | 3500 GE Utrecht

RWS INFORMATIE

Antea group
dhr. J. Sikken

**Rijkswaterstaat Centrale
Informatievoorziening**

Derde Werelddreef 1
2622 HA Delft
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
T 088 797 28 00
F 088 797 29 09
civ-info@rws.nl
www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon

Bas van Goor
adviseur geodetische
infrastructuur

M 06 50 16 62 21
bas.van.goor@rws.nl

Datum 14 januari 2022
Onderwerp Concessiemeting Harlingen-west 2021

Ons kenmerk
RWS-20221287

Uw kenmerk
-

Bijlage(n)
-

Geachte heer Sikken,

Bij deze bericht ik u dat we de concessiemeting Harlingen-west 2021 hebben gecontroleerd. De geleverde producten en de resultaten voldoen aan de productspecificaties "Beheer NAP 2021" van Rijkswaterstaat voor secundaire waterpassingen t.b.v. de bijhouding van het NAP.

Ik heb tevens een brief gestuurd naar Staatstoezicht op de Mijnen met deze conclusie.

Met vriendelijke groet,

**B. van
Goor**
Digitaal
ondertekend door
B. van Goor
Datum: 2022.01.14
11:25:17 +01'00'

Bas van Goor
Adviseur geodetische infrastructuur

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN

E. info@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.