



Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2023

projectnummer 0482528.100
definitief revisie 02
29 april 2024

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2023

projectnummer 0482528.100

definitief revisie 02
29 april 2024

Opdrachtgever

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

datum vrijgave
29-04-2024

beschrijving revisie 02
definitief

goedkeuring
P. Meinders



vrijgave
A.J. Speelman



Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
2	Continue GNSS-monitoring	3
2.1	Meetprocedure- en techniek continue GNSS-monitoring	5
2.2	Verwerking GNSS-data continue GNSS-monitoring	5
2.3	Resultaten continue GNSS-monitoring	6
3	Jaarlijkse GNSS-monitoring	8
3.1	Meetprocedure- en techniek jaarlijkse GNSS-monitoring	9
3.2	Kalibratie GNSS-antennes	10
3.3	Metingen niet permanente GNSS-locaties	10
3.4	Meetchronologie niet permanente GNSS-metingen	11
3.5	Weersomstandigheden	11
3.6	Verwerking en resultaten niet permanente GNSS-metingen	12
3.7	Controle metingen permanente GNSS-stations	16
3.8	Multi-baseline berekeningen GNSS metingen	19
3.9	Combinatie waterpas- en GNSS metingen	20
3.10	Referentiepeilmerk	23
3.11	Differentiestaat	24
3.12	Resultaten	26
4	Waterpasmeting meetnet 'Harlingen-West'	27
4.1	Meetnet	27
4.2	Metingen	28
4.3	Uitvoering	28
4.4	Coördinaten	29
4.5	Toetsing en vereffening	30
4.6	Resultaten	31
5	Samenvatting	32
5.1	Continue GNSS monitoring	32
5.2	Jaarlijkse 'Wad' meetcampagne	32
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 (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 (controle metingen)
- 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 Frisia Zout B.V. (hierna te noemen Frisia) heeft Antea Group in 2018 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].

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 op het Wad en een nauwkeurigheds-waterpasmeting van het meetnet Harlingen-West uitgevoerd. 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*’ en is ingedeeld conform de hierin genoemde onderdelen.

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 2023, van de metingen van de permanente monitoringstations, 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 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 GPS-stations CGPS01 en CGPS02 (1x per jaar i.c.m. de jaarlijkse meetcampagne);
- Het uitvoeren van controle metingen voor de GPS-stations CGPS01 en CGPS02 en de omliggende meetpunten (1x per jaar i.c.m. de jaarlijkse 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, waarna jaarlijks een herhalingsmeting wordt uitgevoerd. De nu uitgevoerde meting (2023) betreft de 4^e herhalingsmeting.

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.

Waterpasmeting Kuststrook

In de maand oktober 2023 is een waterpasmeting uitgevoerd van het in het meetplan aangegeven meetnet 'Harlingen-West'. Een nulmeting van dit meetnet is in 2019 uitgevoerd, waarna jaarlijks een herhalingsmeting wordt uitgevoerd. De nu uitgevoerde meting (2023) betreft de 4^e herhalingsmeting.

De resultaten van deze waterpasmeting zijn in deze rapportage weergegeven in hoofdstuk 4.

Een overzicht van de drie onderdelen zijn weergegeven in onderstaand figuur 1:



Figuur 1: Overzicht meetnet (continue monitoring; jaarlijkse monitoring; waterpasmeeetnet)

Aanvullend meetnet Harlingen

Naast bovengenoemde monitoring worden door Antea Group aanvullende metingen uitgevoerd in de binnenstad van Harlingen in opdracht van Stichting Bescherming Historisch Harlingen (SBHH). De resultaten van deze monitoring worden separaat gepubliceerd en zijn geen onderdeel van dit rapport.

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 en 1b).

Het meetnet voor de continue GNSS-monitoring bestaat uit twee permanente GNSS-stations (CGPS01 en CGPS02) welke zich binnen de geprognosticeerde invloedssfeer van zoutwinning bevinden en één permanent GNSS-station (Zweins) welke verondersteld wordt buiten de invloedssfeer 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		<p><u>Locatie:</u> Waddenzee</p> <p>Coördinaten (Geografisch):</p> <p>Lat.: 53°12'7.5" N Long.: 5°22'34.9" E</p>
GNSS-station CGPS02		<p><u>Locatie:</u> Waddenzee</p> <p>Coördinaten (Geografisch):</p> <p>Lat.: 53°12'55.0" N Long.: 5°23'19.9" E</p>
GNSS station Zweins		<p><u>Locatie:</u> Rijksstraatweg 4A, Zweins</p> <p>Coördinaten (Geografisch):</p> <p>Lat.: 53°11'39.7" N Long.: 5°36'9.9" E</p>

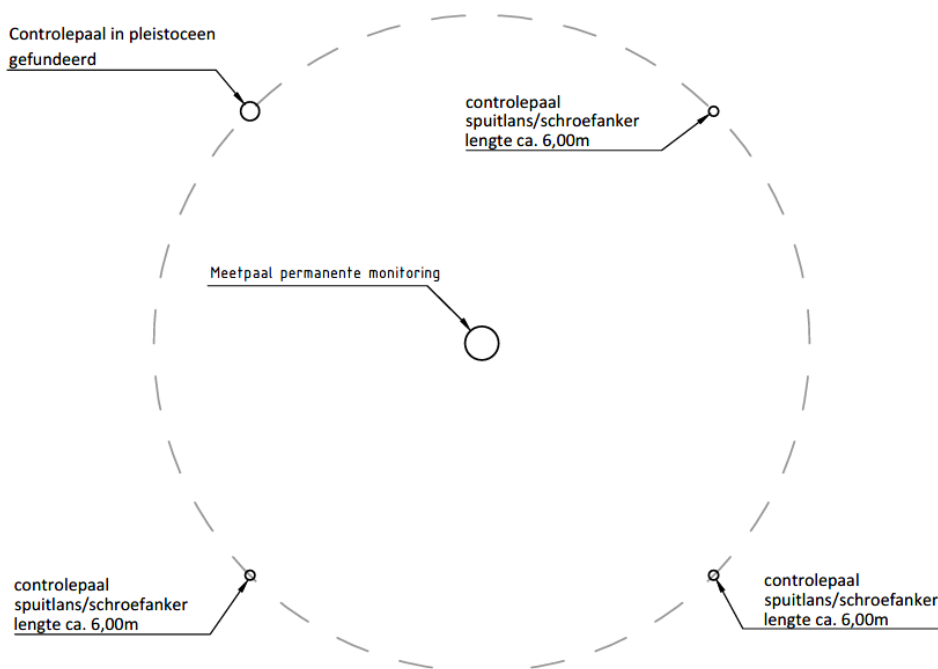
Tabel 1: Posities permanente GNSS-stations

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 bovendeel 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 drie spuitlans-palen). Zie figuur 2.

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 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, zijn de waarnemingen vanaf 10 oktober 2018 tot en met **31 Oktober 2023** 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 dalingsnelheid (in formule aangegeven met 'B') kan niet worden gebruikt om mogelijke natuurlijke achtergrondaling te extrapoleren de toekomst in.

De continue GNSS-metingen worden op basis van single-baseline berekeningen, verwerkt t.o.v. het referentiestation Zweins. Hierbij vindt een filteringsprocedure plaats om uitschieters te verwijderen en alleen metingen met een voldoende coördinaat-kwaliteit te behouden. Deze methode is minder geavanceerd dan de multi-station berekening van 06-GPS, maar voldoet om het nulpunt te bepalen en de lange termijn trend in kaart te brengen. De metingen vóór de zoutwinning bieden zowel inzicht in algemene meetruis en onnauwkeurigheden als de stabiliteit van de bodem. Bij een 24-uurs gemiddelde is de standaard deviatie 12 mm (95%-betrouwbaarheidsinterval).

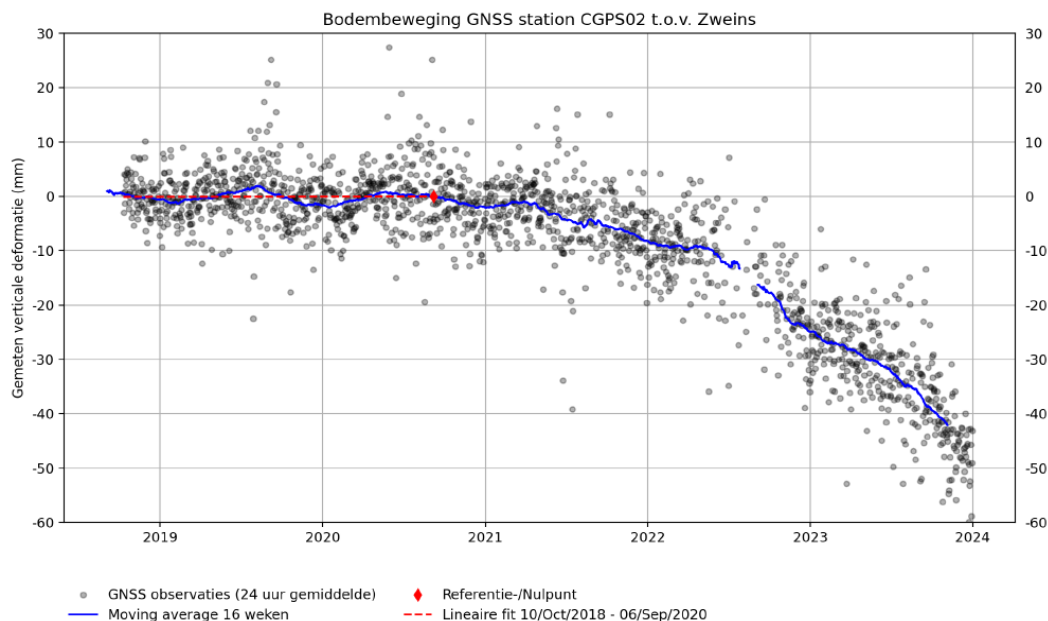
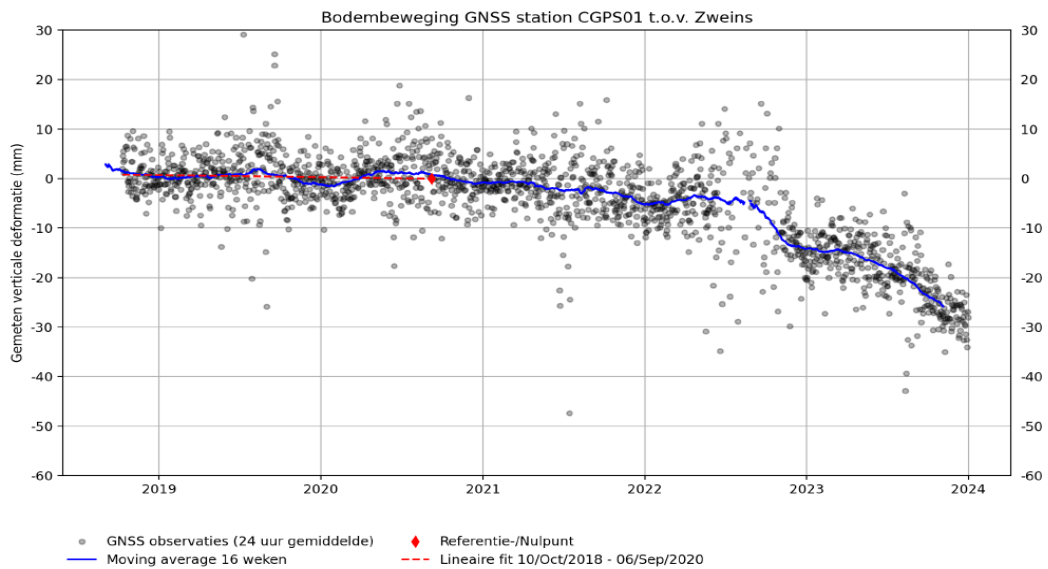
Er van uitgaande dat de bodem vóór de zoutwinning niet beweegt en een stabiel nulpunt heeft, beweegt de moving average (voortschrijdend gemiddelde) binnen een 95%-betrouwbaarheid interval van 2 mm ten opzichte van het nulpunt. Dit geeft een indicatie van de nauwkeurigheid ten opzichte van lange termijn processen. De jaarlijkse eindwaardes zijn ook vastgesteld aan de hand van deze moving average lijn.

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.

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.

Deze rapportage betreft de periode tot en met 31 december 2023. Bij in de berekening van de moving average wordt een periode van 16 weken aangehouden, waardoor de hoogte van 8 weken voor 31 december is te bepalen (5 november 2023).

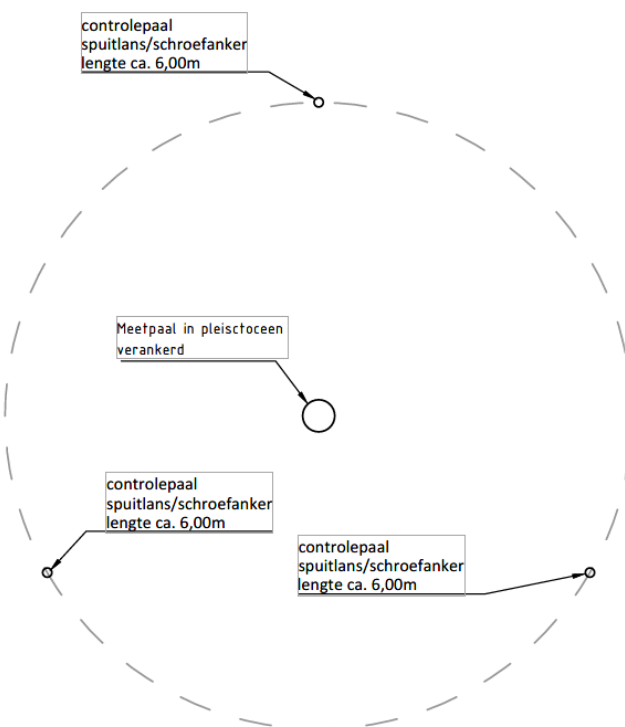
Sinds de start van de zoutwinning op 7 september 2020 bedraagt de daling op 5 november 2023 (8 weken voor 31-12) -25,8 mm van CGPS01 en -42,1 mm van CGPS 02. De gemeten dalingen zijn bepaald d.m.v. single-baseline berekeningen t.o.v. het referentiestation 'Zweins'. Om een vergelijk met de jaarlijkse campagne te kunnen maken waarbij de stations CGPS01 en CGPS02 in een landelijk referentienetwerk worden berekend is de daling op 5 september 2023 bepaald. De daling op 5 september 2023 is vastgesteld voor CGPS01 op -21,7 mm en CGPS02 op 36,6 mm.



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 scheepvaart.

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 + OA4020
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.

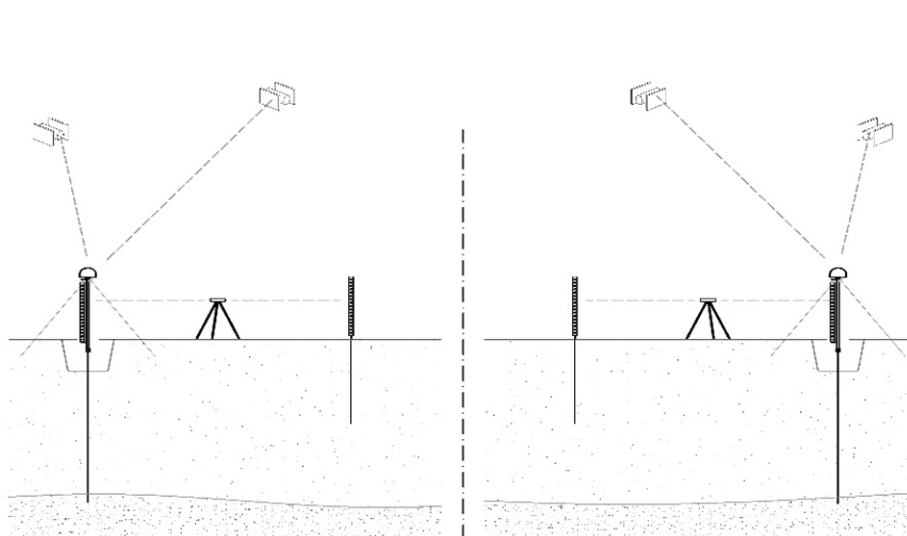
Controle meting masten en antennes

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 de 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	12-9-2023	19-9-2023
2	WPM02	21274006	3230491	6-9-2023	14-9-2023
4	WPM04	21341009	3230500	5-9-2023	13-9-2023
5	WPM05	21341010	3230501	5-9-2023	12-9-2023
6	WPM06	21349028	3230502	4-9-2023	18-9-2023
1	WPM07	21274005	3230485	3-10-2023	9-10-2023
2	WPM08	21274006	3230491	3-10-2023	9-10-2023
4	WPM0A4020	21341009	3230500	3-10-2023	9-10-2023

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	Wind-richting	Windkracht (Bft)	Bewolking	Neerslag (mm)	Temp. Lucht (°C)
4-9-2023	OZO	3	Zwaar bewolkt	0,0	18,2
5-9-2023	ONO	3	Vrijwel onbewolkt	0,0	20,0
6-9-2023	OZO	2	Licht bewolkt	0,0	21,0
7-9-2023	O	3	Half bewolkt	0,0	22,0
8-9-2023	ZZO	2	Half bewolkt	0,0	20,5
9-9-2023	W	2	Vrijwel onbewolkt	0,0	18,9
10-9-2023	ZO	3	Half bewolkt	0,0	22,6
11-9-2023	ZW	3	Half tot zwaar bewolkt	4,0	21,1
12-9-2023	NNW	3	Vrijwel geheel bewolkt	1,0	19,0
13-9-2023	NNO	4	Zwaar bewolkt	15,0	14,9
14-9-2023	Z	3	Vrijwel geheel bewolkt	0,0	15,6
15-9-2023	OZO	3	Half bewolkt	0,0	15,7
16-9-2023	ONO	2	Half tot zwaar bewolkt	0,0	16,8
17-9-2023	O	3	Geheel bewolkt	1,4	17,8
18-9-2023	ZW	5	Vrijwel geheel bewolkt	22,4	18,1
19-9-2023	ZW	6	Geheel bewolkt	4,7	16,9
2-10-2023	ZZW	3	Geheel bewolkt	10,2	18,0
3-10-2023	W	5	Vrijwel geheel bewolkt	3,7	15,9
4-10-2023	WZW	5	Vrijwel geheel bewolkt	0,2	15,4
5-10-2023	WZW	4	Geheel bewolkt	1,2	15,8
6-10-2023	WZW	6	Geheel bewolkt	2,1	17,2
7-10-2023	W	5	Geheel bewolkt	0,3	17,1
8-10-2023	ZO	3	Geheel bewolkt	0,1	14,4
9-10-2023	WNW	3	Geheel bewolkt	2,1	16,3

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: 12-09-2023	Meetdatum: 19-09-2023		
11001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1355	0,1354	0,1355	-0,0001
11002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1823	0,1822	0,1823	-0,0001
11003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2216	0,2216	0,2216	0,0000
<u>11004</u>	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110041	Bout onderzijde antennemast	0,7213	0,7209	0,7211	-0,0004
110042	Bout bovenzijde antennemast	3,0192	3,0184	3,0188	-0,0008
Antennerand centrum gemiddeld		4,0348	4,0342	4,0345	-0,0006
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0022	

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: 06-09-2023	Meetdatum: 14-09-2023		
12001	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2296	0,2296	0,2296	0,0000
12002	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2437	0,2437	0,2437	0,0000
12003	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
<u>12004</u>	<i>Meetpunt 'pleistoceen verankerd'</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
120041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	0,7213	0,7217	0,7215	0,0004
120042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,0190	3,0192	3,0191	0,0002
Antennerand centrum gemiddeld		4,0347	4,0350	4,0348	0,0003
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0025	

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: 05-09-2023	Meetdatum: 13-09-2023		
14001	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,1912	0,1912	0,1912	0,0000
14002	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2177	0,2177	0,2177	0,0000
14003	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,1713	0,1713	0,1713	0,0000
<u>14004</u>	<i>Meetpunt 'pleistoceen verankerd'</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
140041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	0,7209	0,7208	0,7209	-0,0001
140042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,0233	3,0232	3,0233	-0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,0343	4,0342	4,0342	-0,0001
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0019	

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: 05-09-2023	Meetdatum: 12-09-2023		
15001	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,3216	0,3216	0,3216	0,0000
15002	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2235	0,2234	0,2235	-0,0001
15003	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2326	0,2322	0,2324	-0,0004
15004	<i>Meetpunt 'pleistoceen verankerd'</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
150041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	0,7211	0,7211	0,7211	0,0000
150042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,0188	3,0189	3,0189	0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,0350	4,0350	4,0350	0,0000
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0027	

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: 04-09-2023	Meetdatum: 18-09-2023		
16001	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2407	n.g.	0,2407	n.b.
16002	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2106	n.g.	0,2106	n.b.
16003	<i>Controlepaal (spuitlanspaal)</i>	0,2436	n.g.	0,2436	n.b.
16004	<i>Meetpunt 'pleistoceen verankerd'</i>	0,0000	n.g.	0,0000	n.b.
160041	<i>Bout onderzijde antennemast</i>	0,7196	n.g.	0,7196	n.b.
160042	<i>Bout bovenzijde antennemast</i>	3,0174	n.g.	3,0174	n.b.
Antennerand centrum gemiddeld		4,0332	n.g.	4,0332	n.b.
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,0009	

Tabel 9: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM06

Tijdelijk GNSS-maatstation Locatie WPM07 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02908					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 03-10-2023	Meetdatum: 09-10-2023		
000A02908	Diep gefundeerd peilmerk (type 'Geo-Delft')	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
329	Peilmerk (bout)	1,1790	1,1792	1,1791	0,0002
330	Peilmerk (bout)	1,1794	1,1796	1,1795	0,0002
332	Peilmerk (bout)	1,1760	1,1760	1,1760	0,0000
17004	Tijdelijk meetpunt	0,6256	0,6256	0,6256	0,0000
170041	Bout onderzijde antennemast	1,3469	1,3469	1,3469	0,0000
170042	Bout bovenzijde antennemast	3,6442	3,6443	3,6443	0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		4,6601	4,6602	4,6601	0,0000
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,6278	

Tabel 10: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM07

Tijdelijk GNSS-maatstation Locatie WPM08 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02907					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 03-10-2023	Meetdatum: 09-10-2023		
000A02907	Diep gefundeerd peilmerk (type 'Geo-Delft')	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
326	Peilmerk (bout)	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
327	Peilmerk (bout)	1,5291	1,5291	1,5291	0,0000
328	Peilmerk (bout)	1,4914	1,4914	1,4914	0,0000
18004	Tijdelijk meetpunt	0,9880	0,9885	0,9882	0,0005
180041	Bout onderzijde antennemast	1,7093	1,7095	1,7094	0,0002
180042	Bout bovenzijde antennemast	4,0065	4,0072	4,0069	0,0007
Antennerand centrum gemiddeld		5,0224	5,0229	5,0226	0,0005
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,9903	

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: 03-10-2023	Meetdatum: 09-10-2023		
000A4020	Diep gefundeerd peilmerk (type 'Geo-Delft')	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
000A5020	Ondergronds merk	-0,5900	-0,5897	-0,5899	0,0003
005D0072	Peilmerk (bout)	-0,8575	-0,8571	-0,8573	0,0004
005D0081	Peilmerk (bout)	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
005D0112	Peilmerk (bout)	-0,5959	-0,5956	-0,5958	0,0003
303	Peilmerk (bout)	-0,4341	-0,4337	-0,4339	0,0004
19004	Tijdelijk meetpunt	-0,7483	-0,7483	-0,7483	0,0000
190041	Bout onderzijde antennemast	-0,0274	-0,0273	-0,0274	0,0001
190042	Bout bovenzijde antennemast	2,2745	2,2743	2,2744	-0,0002
Antennerand centrum gemiddeld		3,2857	3,2857	3,2857	0,0000
Correctie ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,2534	

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). Vervolgens is jaarlijks een herhalingsmeting uitgevoerd. De nu uitgevoerde meting betreft de 5^e herhalingsmeting. In de tabellen 13 en 14 worden de resultaten weergegeven van de nulmeting en de laatste drie herhalingsmetingen.

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 3 (M4)	herhalings-meting 4 (M5)	herhalings-meting 5 (M6)	Verschil (M6 - M1)	Verschil (M6 - M5)
		Meetdatum: 9-10-2018	Meetdatum: 20-9-2021	Meetdatum: 21-9-2022	Meetdatum: 7-9-2023		
<u>1001</u>	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1310	0,1273	0,1267	0,1267	-0,0043	0,0000
1003	Controlepaal (spuitlanspaal)	-0,0011	-0,0029	-0,0029	-0,0028	-0,0017	0,0001
1004	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1832	0,1770	0,1644	0,1643	-0,0189	-0,0001
1005	Bout op permanente meetpaal	0,3341	0,3339				
1012	Prisma zijkant bordes		8,8561	8,8546	8,8551	-0,0046	0,0005
1013	Prisma zijkant bordes		8,8930	8,8926	8,8955	-0,0014	0,0029
1014	Prisma zijkant bordes		8,8587	8,8594	8,8599	-0,0014	0,0005
ARP gemiddeld	antennereferentiepunt	11,1697	11,1642	11,1626	11,1647	-0,0050	0,0020

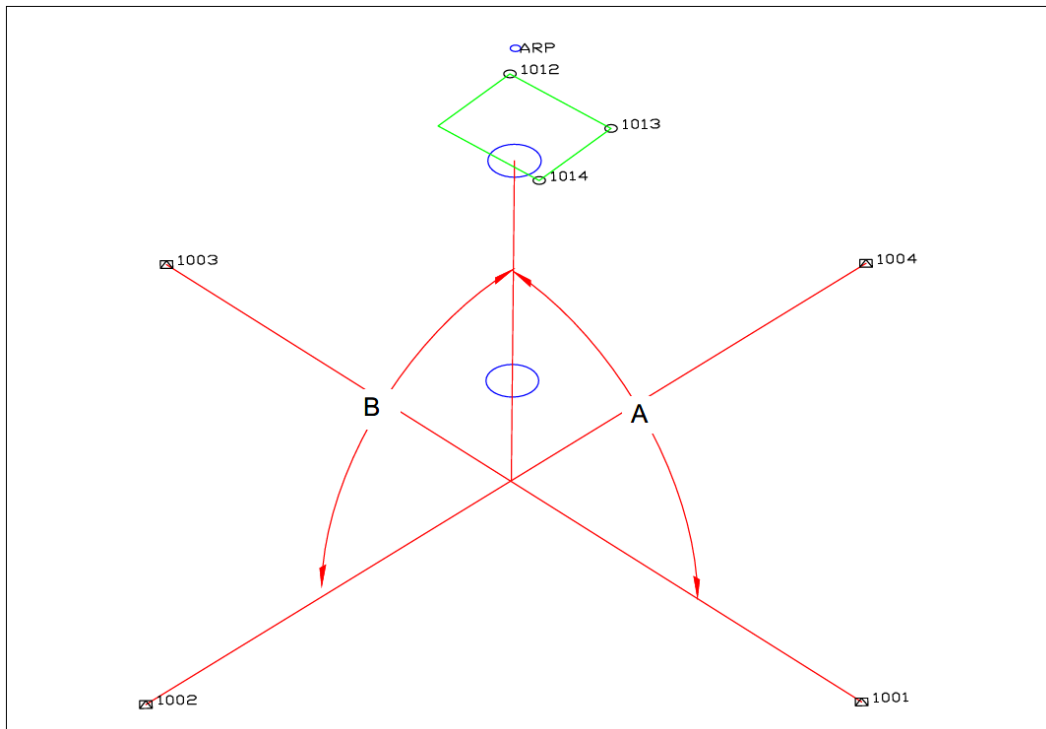
Tabel 13: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS01

Permanente meetpaal 2 Locatie CGPS02							
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 2001							
Punt-nummer	Omschrijving	0-meting (M1)	herhalings-meting 3 (M4)	herhalings-meting 4 (M5)*	herhalings-meting 5 (M6)	Verschil (M6 - M1)	Verschil (M6 - M5)
		Meetdatum: 8-10-2018	Meetdatum: 28-9-2021	Meetdatum: 15-9-2022	Meetdatum: 8-9-2023		
<u>2001</u>	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1021	0,0991	0,0985	0,0983	-0,0038	-0,0002
2003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1188	0,1180	0,1177	0,1174	-0,0014	-0,0003
2004	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,0899	0,0861	0,0855	0,0853	-0,0046	-0,0002
2005	Bout op permanente meetpaal	0,8264	0,8257				
2012	Prisma zijkant bordes		9,3386	9,3393	9,3385	-0,0045	-0,0008
2013	Prisma zijkant bordes		9,3640	9,3625	9,3654	-0,0013	0,0029
2014	Prisma zijkant bordes		9,3647	9,3633	9,3649	-0,0021	0,0016
ARP gemiddeld	antennereferentiepunt	11,6635	11,6606	11,6571	11,6585	-0,0050	0,0014

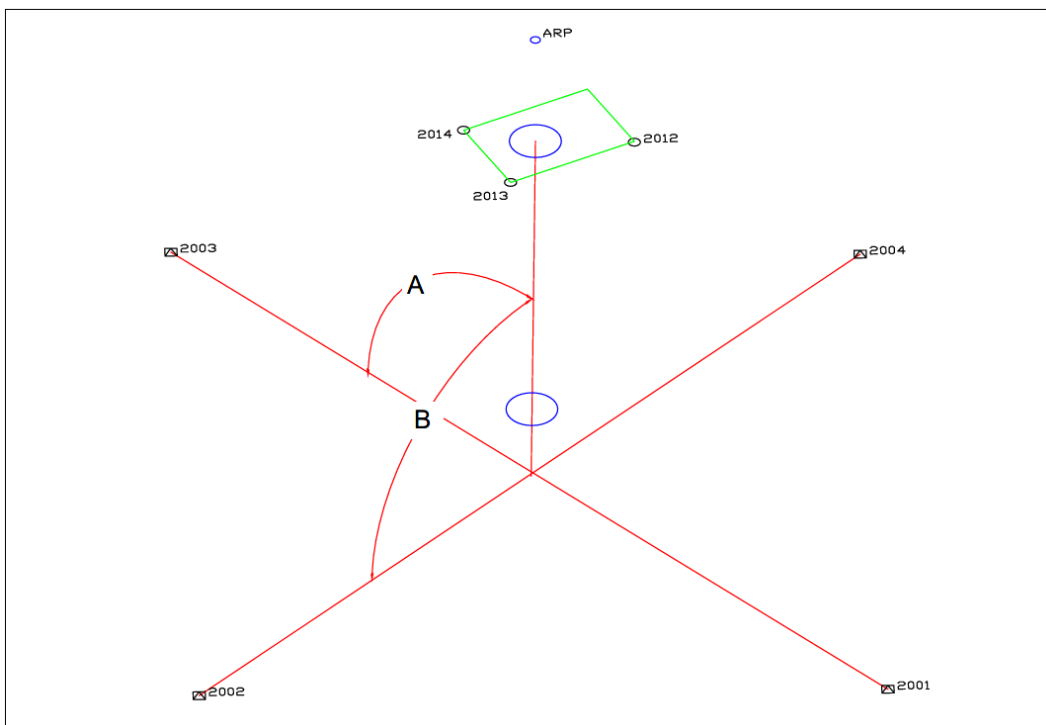
Tabel 14: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS02

	Richting			2019	2020	2021	2022	2023	Verschil 2022-2023	Verschil 2019-2023
CGPS01	A	1001	1003	89,43°	89,02°	89,03°	89,02°	89,07°	0,05	-0,36
	B	1002	1004	89,80°	89,81°	89,88°	89,76°	89,71°	-0,05	-0,09
CGPS02	A	2003	2001	89,80°	89,78°	89,82°	89,75°	89,81°	0,06	0,01
	B	2002	2004	90,65°	90,47°	90,64°	90,63°	90,57°	-0,06	-0,08

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. Deze berekening dient ook om de stabiliteit van het referentiestation 'Zweins' te toetsen.

Door gebruik te maken van meerdere referenties kan een hogere nauwkeurigheid worden bereikt. Voor de nauwkeurigheid van de GNSS-stations wordt gebruikgemaakt van ervaringsgetallen die zijn afgeleid van metingen op het land: uit berekeningen met continue monitoring van 06-GPS blijkt dat het 95% betrouwbaarheidsinterval van de resultaten uit GNNET ligt op 1.2 mm voor de hoogte. Dit betekent dat 95% van de berekende hoogtes na 48 uur op en neer schommelt binnen een bandbreedte van 2.4 mm. Het is belangrijk op te merken dat de omstandigheden op zee kunnen verschillen van die op het land.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel (16a en 16b). Voor het gehele verwerkingsrapport zie bijlage 12.

Resultaten Multi-station berekening 2023			
Locatie	ARP Meetpaal	ETRS89-hoogte (meters)	ETRS89-hoogte-verschillen (meters)
Zweins	ARP-Zweins	47,5060	0.0000
WPM0A4020	ARPWPM0A4020	51,7154	4,2097
WPM01	ARP-WPM01	45,2468	-2,2592
WPM02	ARP-WPM02	44,6060	-2,9000
WPM04	ARP-WPM04	44,3696	-3,1364
WPM05	ARP-WPM05	44,4846	-3,0214
WPM06	ARP-WPM06	44,3579	-3,1481
WPM07	ARP-WPM07	48,7982	1,2922
WPM08	ARP-WPM08	49,8019	2,2959
CGPS01	ARP-CGPS01	51,6604	4,1544
CGPS02	ARP-CGPS02	52,5128	5,0068

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
		53	11	39.64302	5	36	9.90950		
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
28-10-2021	Zweins	53	11	39.64302	5	36	9.90939	47,5090	0,0018
18-10-2022	Zweins	53	11	39.64299	5	36	9.90935	47,5062	-0.0010
10-10-2023	Zweins	53	11	39.64299	5	36	9.90928	47,5060	-0.0012

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 2023 (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		5,9181	47,5062	0,0000	47,5062	0,0000	47,5062
	000A2760	41,5881					-5,9181	41,5881
	3040						-5,4481	42,0581
WPM	ARPWPM0A4020				4,2094	51,7156	0,0000	51,7156
0A4020	000A4020						-3,2534	48,4622
	000A5020						-3,8432	47,8724
	005D0072						-4,1107	47,6049
	005D0081						n.g.	n.g.
	005D0112						-3,8491	47,8665
	303						-3,6873	48,0283
	19004						-4,0017	47,7139
	190041						-3,2807	48,4349
	190042						-0,9790	50,7366
WPM01	ARPWPM01				-2,2592	45,2470	0,0000	45,2470
	11001						-3,8668	41,3803
	11002						-3,8200	41,4271
	11003						-3,7806	41,4664
	11004						-4,0022	41,2448
	110041						-3,2811	41,9659
	110042						-0,9834	44,2636
WPM02	ARPWPM02				-2,9000	44,6062	0,0000	44,6062
	12001						-3,7729	40,8333
	12002						-3,7588	40,8474
	12003						n.g.	n.g.
	12004						-4,0025	40,6037
	120041						-3,2810	41,3252
	120042						-0,9834	43,6228
WPM04	ARPWPM04				-3,1364	44,3698	0,0000	44,3698
	14001						-3,8107	40,5591
	14002						-3,7842	40,5856
	14003						-3,8306	40,5392
	14004						-4,0019	40,3679
	140041						-3,2811	41,0888

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2023 (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				-3,0214	44,4848	0,0000	44,4848
	15001						-3,6811	40,8037
	15002						-3,7792	40,7056
	15003						-3,7703	40,7145
	15004						-4,0027	40,4821
	150041						-3,2816	41,2032
	150042						-0,9838	43,5010
WPM06	ARPWPM06				-3,1481	44,3581	0,0000	44,3581
	16001						-3,7602	40,5979
	16002						-3,7903	40,5678
	16003						-3,7573	40,6008
	16004						-4,0009	40,3572
	160041						-3,2813	41,0768
	160042						-0,9835	43,3746
WPM07	ARPWPM07				1,2922	48,7984	0,0000	48,7984
	000A02908						-4,6278	44,1706
	329						-3,4487	45,3497
	330						-3,4483	45,3501
	332						-3,4518	45,3466
	17004						-4,0022	44,7962
	170041						-3,2809	45,5175
	170042						-0,9836	47,8148
WPM08	ARPWPM08				2,2959	49,8021	0,0000	49,8021
	000A02907						-4,9903	44,8118
	326						n.g.	n.g.
	327						-3,4612	46,3409
	328						-3,4989	46,3032
	18004						-4,0021	45,8000
	180041						-3,2809	46,5212
	180042						-0,9835	48,8186

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2023 (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				4,1544	51,6606	0,0000	51,6606
	1001						-11,1647	40,4959
	1002						-11,0380	40,6226
	1003						-11,1675	40,4931
	1004						-11,0004	40,6602
	1012						-2,3096	49,3510
	1013						-2,2692	49,3914
	1014						-2,3048	49,3558
CGPS02	ARPCGPS02				5,0068	52,5130	0,0000	52,5130
	2001						-11,6585	40,8545
	2002						-11,5602	40,9528
	2003						-11,5411	40,9719
	2004						-11,5732	40,9398
	2012						-2,3200	50,1930
	2013						-2,2931	50,2199
	2014						-2,2936	50,2194

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). De eerste meting (2019) is berekend t.o.v. 00A4020, deze meting is later herberekend ten opzichte van het referentiepunt 000A2760.

3.11 Differentiestaat

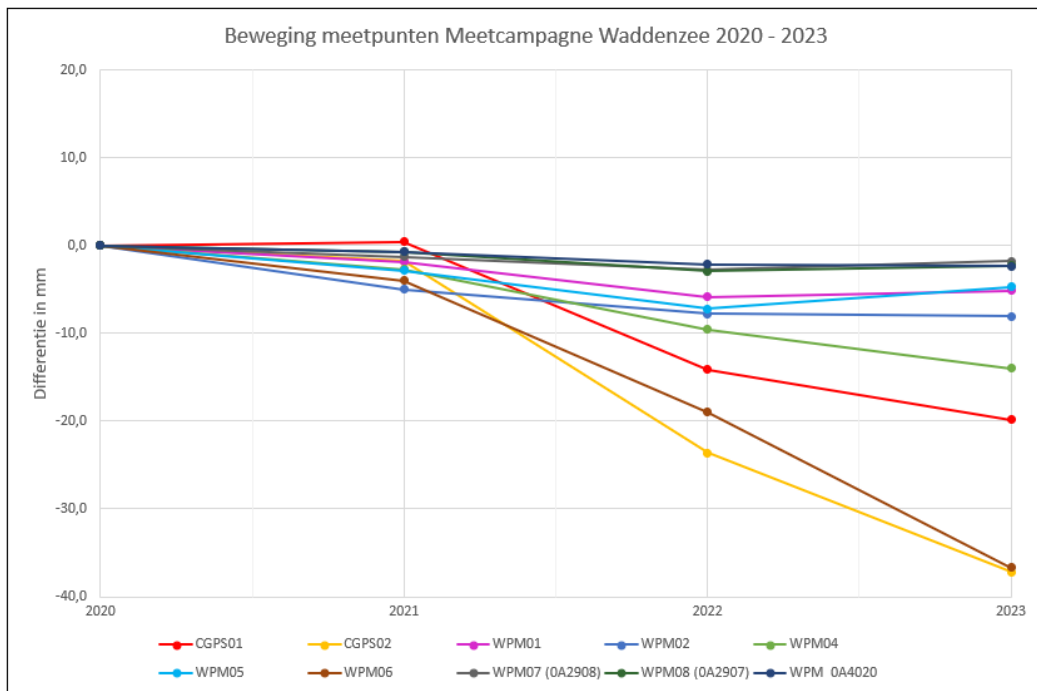
De berekende waarden (§3.9) van de herhalingsmeting zijn in onderstaande tabel in de kolom 'Sept. 2023' weergegeven. De resultaten van de meting bij 'start winning' zijn weergegeven in de kolom 'september 2020'. In de kolom 'diff 2022 - 2023' zijn de verschillen tussen de laatste twee metingen weergegeven en in de laatste kolom de totale differentie t.o.v. 'start winning'. In bijlage 7 zijn alle jaartallen van meting opgenomen (2019,2020, 2021, 2022, 2023).

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Sept. 2020	Sept. 2021	Sept. 2022	Sept. 2023	diff. 2022 - 2023	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
Zweins	000A2760	Diep gefundeerd peilmerk	41,5881	41,5881	41,5881	41,5881	0,0	0,0
Land (ref)	3040	Peilmerk (bout)	42,0589	42,0586	42,0568	42,0581	1,3	-0,8
WPM 0A4020	000A4020	Diep gefundeerd peilmerk	48,4646	48,4639	48,4625	48,4622	-0,3	-2,4
Land	000A5020	Ondergronds meetmerk	47,8749	47,8743	47,8727	47,8724	-0,3	-2,5
	005D0072	Peilmerk (bout)	47,6082	47,6073	47,6053	47,6049	-0,4	-3,2
	005D0081	Peilmerk (bout)	47,9375	47,9367	47,9346	n.g.	n.b.	n.b.
	005D0112	Peilmerk (bout)				47,8665	Nulmeting	
	303	Peilmerk (bout)	48,0319	48,0312	48,0289	48,0283	-0,6	-3,6
WPM01	11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	41,2499	41,2481	41,2441	41,2448	0,7	-5,1
Wad	11001	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,3872	41,3846	41,3798	41,3803	0,5	-6,9
	11002	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,4331	41,4311	41,4265	41,4271	0,6	-6,1
	11003	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,4729	41,4705	41,4659	41,4664	0,5	-6,5
WPM02	12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,6118	40,6068	40,6040	40,6037	-0,3	-8,1
Wad	12001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8422	40,8370	40,8339	40,8333	-0,6	-8,9
	12002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8561	40,8513	40,8481	40,8474	-0,7	-8,7
	12003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9668	n.g.	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
WPM04	14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3819	40,3792	40,3723	40,3679	-4,4	-14,0
Wad	14001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5739	40,5711	40,5637	40,5591	-4,6	-14,8
	14002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6006	40,5978	40,5902	40,5856	-4,6	-15,0
	14003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5541	40,5513	40,5436	40,5392	-4,4	-14,9
WPM05	15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,4869	40,4840	40,4797	40,4821	2,4	-4,7
Wad	15001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8088	40,8059	40,8015	40,8037	2,3	-5,0
	15002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,7111	40,7082	40,7034	40,7056	2,2	-5,5
	15003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,7202	40,7174	40,7125	40,7145	2,0	-5,6
WPM06	16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3938	40,3898	40,3749	40,3572	-17,7	-36,6
Wad	16001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6353	40,6310	40,6158	40,5979	-17,9	-37,4
	16002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6044	40,6002	40,5855	40,5678	-17,7	-36,6
	16003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6383	40,6340	40,6185	40,6008	-17,7	-37,5

DIFFERENTIESTAAT								
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)								
			Sept. 2020	Sept. 2021	Sept. 2022	Sept. 2023	diff. 2022 - 2023	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
WPM07	000A02908	Diep gefundeerd peilmerk	44,1723	44,1711	44,1696	44,1706	1,0	-1,8
Land	329	Peilmerk (bout)	45,3536	45,3514	45,3492	45,3497	0,5	-3,9
	330	Peilmerk (bout)	45,3538	45,3517	45,3497	45,3501	0,4	-3,7
	332	Peilmerk (bout)	45,3504	45,3483	45,3462	45,3466	0,4	-3,8
WPM08	000A02907	Diep gefundeerd peilmerk	44,8141	44,8134	44,8111	44,8118	0,7	-2,3
Land	326	Peilmerk (bout)	45,9093	45,9068	45,9025	n.g.	n.b.	n.b.
	327	Peilmerk (bout)	46,3463	46,3445	46,3409	46,3409	0,0	-5,4
	328	Peilmerk (bout)	46,3083	46,3065	46,3030	46,3032	0,2	-5,1
CGPS01	ARP CGPS01	Antenne referentiepunt	51,6804	51,6808	51,6663	51,6606	-5,7	-19,8
Wad	1001	Diep gefundeerd peilmerk	40,5138	40,5166	40,5037	40,4959	-7,7	-17,9
	1002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6416	40,6439	40,6304	40,6226	-7,7	-19,0
	1003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5114	40,5137	40,5008	40,4931	-7,6	-18,3
	1004	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6913	40,6936	40,6681	40,6602	-7,8	-31,1
	1012	Prisma zijkant bordes	49,3735	49,3727	49,3583	49,3510	-7,2	-22,5
	1013	Prisma zijkant bordes	49,4107	49,4096	49,3963	49,3914	-4,8	-19,3
	1014	Prisma zijkant bordes	49,3751	49,3753	49,3631	49,3558	-7,2	-19,3
CGPS02	ARP CGPS02	Antenne referentiepunt	52,5502	52,5484	52,5266	52,5130	-13,6	-37,2
Wad	2001	Diep gefundeerd peilmerk	40,8874	40,8878	40,8695	40,8545	-15,0	-32,8
	2002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9869	40,9869	40,9680	40,9528	-15,2	-34,0
	2003	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,0057	41,0058	40,9872	40,9719	-15,3	-33,7
	2004	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9741	40,9739	40,9550	40,9398	-15,2	-34,2
	2012	Prisma zijkant bordes	50,2304	50,2264	50,2088	50,1930	-15,8	-37,3
	2013	Prisma zijkant bordes	50,2541	50,2518	50,2320	50,2199	-12,1	-34,1
	2014	Prisma zijkant bordes	50,2544	50,2525	50,2328	50,2194	-13,4	-34,9

3.12 Resultaten

In onderstaande grafiek is de beweging van alle gemeten GNSS stations weergegeven vanaf de start van de zoutwinning (september 2020). De uitkomsten tussen de continue monitoring en de jaarlijkse monitoring van de GNSS stations CGPS01 en CGPS02 zijn vergelijkbaar met een daling van respectievelijk -20 en -37 mm bij de jaarlijkse monitoring en -22 mm en -37 mm bij de continue monitoring (waarde moving average 5 september 2023). Kleine verschillen zijn te verklaren door de relatief korte periode van monitoren tijdens de jaarlijkse meetcampagne.



Figuur 11 Beweging meetpunten vanaf start zoutwinning t/m 2023

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 de bodembeweging vast te stellen door het meten van peilmerken welke zich bevinden in gefundeerde objecten en van de ondergrondse peilmerken 00A2907; 00A2908 en 00A4020. Het meetnet is weergegeven in bijlage 1b.

Voor deze waterpasmeting zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Het uitvoeren van een secundair optische waterpasmeting van het meetnet Harlingen-West.
- Het berekenen en vereffenen van de hoogte van de gewaterpaste peilmerken.

4.1 Meetnet

Het meetnet is in 2020 zodanig ontworpen dat bodemdaling binnen de geprognostiseerde invloedssfeer gedetecteerd kan worden. Om deformatie te kunnen vaststellen zijn 58 peilmerken in het meetnet Harlingen-West opgenomen. De nulmeting is uitgevoerd in 2019 (gecombineerd meetnet Barradeel, Barradeel II, Harlingen-West) [3]. Herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2020, 2021, 2022 en 2023.

Aansluitpunt

Bij het berekenen van de metingen 2019, 2020 en 2021 is het ondergrondse merk 00A2760 als referentie peilmerk gebruikt. Dit peilmerk wordt tevens gebruikt als aansluitpunt voor de meetnetten Barradeel, Barradeel II (Frisia), Leeuwarden-West en Harlingen 101 (Vermilion).

Aangezien Peilmerk 000A2760 op grote afstand van het meetnet 'Harlingen-West' is gelegen, is besloten een ander aansluitpunt (00A2748) te kiezen welke zich aan de rand van het meetnet Harlingen-West, buiten de geprognostiseerde invloedssfeer door zoutwinning bevindt. Hiertoe is in 2022 een extra meetkring (16) aan het meetnet toegevoegd. Als hoogte voor dit peilmerk (00A2748) wordt de hoogte (0.172+ NAP) gebruikt zoals is vastgesteld in de waterpasmeting Leeuwarden-West 2021 (Vermilion Energy) [3].

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 zes 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. Daarnaast worden de metingen uitgevoerd conform de eisen van RWS-CIV voor 'secundair optische waterpassingen' en aansluitend door RWS-CIV getoetst.

4.2 Metingen

Secundair optische waterpassingen

De metingen zijn uitgevoerd conform de vereisten van RWS-CIV weergegeven in het document 'Productspecificaties Beheer NAP 2023' [2]. In deze voorschriften zijn de volgende toetscriteria opgenomen:

3 mm √ 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 DNA03 en LS15
 - de afleesnauwkeurigheid is : 0.01mm;
 - de standaardafwijking is : 0.3 mm/√ km (is de waarde van een kilometer enkele of gemiddelde hoogteverschil);
- 2 meter invarbaken van het merk Nedo, type GPCL2;

De DNA03 en LS15, lezen 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 4.2. 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 maand oktober 2023. Daarnaast zijn er in januari 2024 nog enkele controlemetingen uitgevoerd.

4.4 Coördinaten

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

Peilmerknnummer	X-coördinaat	Y-coördinaat	Opmerking
0000010	158500,42	580307,53	
0000015	159203,23	579347,30	
0000020	159582,18	577893,65	
0000021	160107,22	578341,56	
0000022	159605,85	577485,99	
0000023	160113,36	578534,29	
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	
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	
0003042	157202,89	577277,10	
0004032	158029,15	579286,87	
0004033	158031,78	579189,31	
000A2748	159809,10	577386,80	Aansluitpunt
000A2907	157858,00	578747,00	
000A2908	157023,00	576980,00	
000A4020	156613,04	576552,19	
005D0003	156837,89	576063,35	
005D0004	157132,70	576265,90	
005D0005	157186,54	576478,23	
005D0007	157302,53	576983,16	
005D0012	159006,84	577253,41	
005D0015	158756,53	578750,97	
005D0017	158794,91	579657,27	
005D0037	157116,93	576123,56	
005D0040	159818,12	578577,57	
005D0057	158017,96	579193,76	
005D0059	159700,00	577440,00	
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	
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	
005D0112	156610,00	576550,00	
005D0113	156720,00	576050,00	
005D0114	159610,00	579060,00	
005D0115	159245,00	577585,00	

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 vereffenings- 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 000A2748. Als hoogte voor dit peilmerk wordt de hoogte gebruikt (0.172+ NAP) zoals in de meest recente meting (2021) is vastgesteld in de waterpasmeting Leeuwarden-West (Vermilion Energy) [3]. Een overzicht van de berekende sectiesluitfouten, kringluitfouten 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.

Toetsing door RWS-CIV

De gecontroleerde bestanden van de metingen zijn conform de '*Productspecificaties Beheer NAP 2023*' 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 2023, (zie bijlage 15), heeft Antea Group op 03-11-2023 ontvangen.

4.6 Resultaten waterpasmeting Harlingen-West

De meting van het meetnet Harlingen West betreft de 4^e herhalingsmeting. De gemeten waarden zijn weergegeven op een differentiekaart (bijlage 1b) en in een differentiestaat (bijlage 13). De gemeten waarden (2022 – 2023) variëren tussen 3 mm in het NO buitengebied en -2 mm in Harlingen stad.

5 Samenvatting

Antea Group heeft een meetnet en monitoringssysteem ingericht om bodembeweging in de Waddenzee en Harlingen kust 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 waterpasmeting 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 (start winning) is er een bodembeweging gemeten van -0,80 mm van CGP01 en van 0,07 mm van station CGPS02.

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de continue GNSS monitoring en de jaarlijkse controlemeting van de stations CGPS01 en CGPS02 is de hoogte op 5 september 2023 bepaald. De daling op 5 september 2023 is vastgesteld voor CGPS01 op -21,7 mm en voor CGPS02 op -36,6 mm.

Op 5 november 2023 (8 weken voor 31-12-2023) is een daling gemeten van -25,8 mm van CGPS01 en van -42,1 mm bij CGPS 02, sinds de start van de zoutwinning op 7 september.

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 voorgaande herhalingsmetingen (2020; 2021; 2022) 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 evenals de continue GNSS meetpunten berekend ten opzichte van het ondergrondse meetmerk 000A2760 (Zweins). De stabiliteit van dit meetmerk is gecontroleerd d.m.v. een multistation-berekening en kan als stabiel worden veronderstelt.

De meetpunten op het Wad vertonen sinds de start van de winning (september 2020) een differentie variërend tussen -4,7 en -37,2 millimeter. De meetpunten op de drie meetlocaties op het land vertonen een beweging variërend tussen -1,8 en -2,4 millimeter t.o.v. de start van de winning. Deze waarden zijn weergegeven op een overzichtstekening (bijlage 1A).

Bij de jaarlijkse monitoring, berekend d.m.v. een multi-baseline berekening in een landelijk referentienetwerk is begin september 2023 een daling vastgesteld bij CGPS01 van -19,8 mm en bij CGPS02 van -37,2 mm. Bij de continue monitoring was dit op dezelfde datum respectievelijk -21,7 en -36,6 mm. Deze verschillen zijn te verklaren door de relatief korte periode van monitoren tijdens de jaarlijkse meetcampagne.

5.3 Jaarlijkse waterpasmeting

Tot slot is een nauwkeurigheds-waterpasmeting uitgevoerd van het meetnet Harlingen-West. In deze herhalingsmeting zijn door middel van een waterpasmeting in totaal 58 peilmerken in hoogte bepaald. De waterpasmeting is beschreven in hoofdstuk 4, de resultaten van deze vlakdekkende waterpasmeting zijn weergegeven in een differentiestaat (bijlage 13). De differenties staan tevens aangegeven op de 'Overzichtskaart differenties waterpasmeeetnet Harlingen-West' (bijlage 1b). De gemeten waarden (2022 – 2023) variëren tussen +3 mm in het NO buitengebied tot -2 mm in Harlingen stad

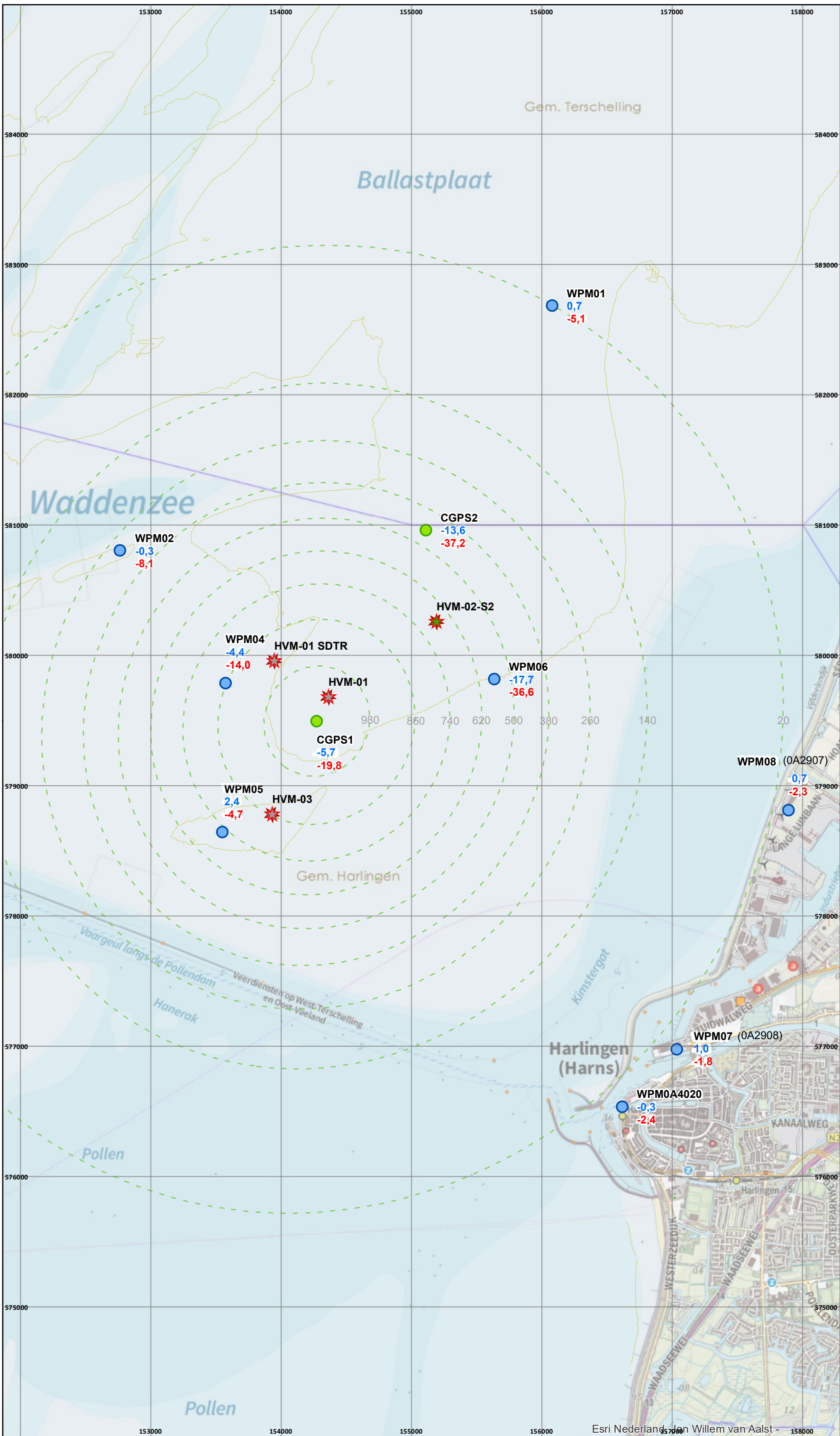
De in dit rapport gepubliceerde hoogten geven alleen de mate van de beweging van de gemeten peilmerken weer. De bijdrage aan deze beweging van een enkele oorzaak en de relatie met maaiveld- en/of bodembewegingen kan men slechts afleiden met doelgerichte verdere analyses. Dergelijke analyses vallen buiten 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 2023_V2.1; d.d. 20-2-2023
- [3] *Meetregister bij het meetplan Leeuwarden West; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2021; kenmerk 0472385.100; d.d. 10 maart 2022*

Bijlage 1 Overzichtskaarten meetnetten zoutwinning Waddenzee

- A. Overzichtskaart meetnet GNSS metingen**
- B. Differentiekaart waterpasmeetnet 'Harlingen-West'**



- Legenda**
- Permanente GNSS monitoring
 - Jaarlijkse GNSS monitoring
 - - - Dalingscontour (eindprognose)
 - ★ Caverne gepland
 - ★ Caverne in productie
 - 1.5 Differentie 2022 - 2023 (mm)
 - 2.8 Differentie 2020 - 2023 (mm)

esco
 european salt company
Frisia Zout B.V.

SCHAAL
 1:27.500

OPDRACHTGEVER
 Frisia Zout B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
 Meetcampagne zoutwinning Waddenzee 2023

KAARTTITEL
 Differentiekaart GNSS metingen 2023

PROJECTLEIDER
 P. Meinders

GIS SPECIALIST
 M.S. Christoffels

DATUM
 20-12-2023

FORMAAT
 A3

KAARTNUMMER
 482528-WZ-OD-0

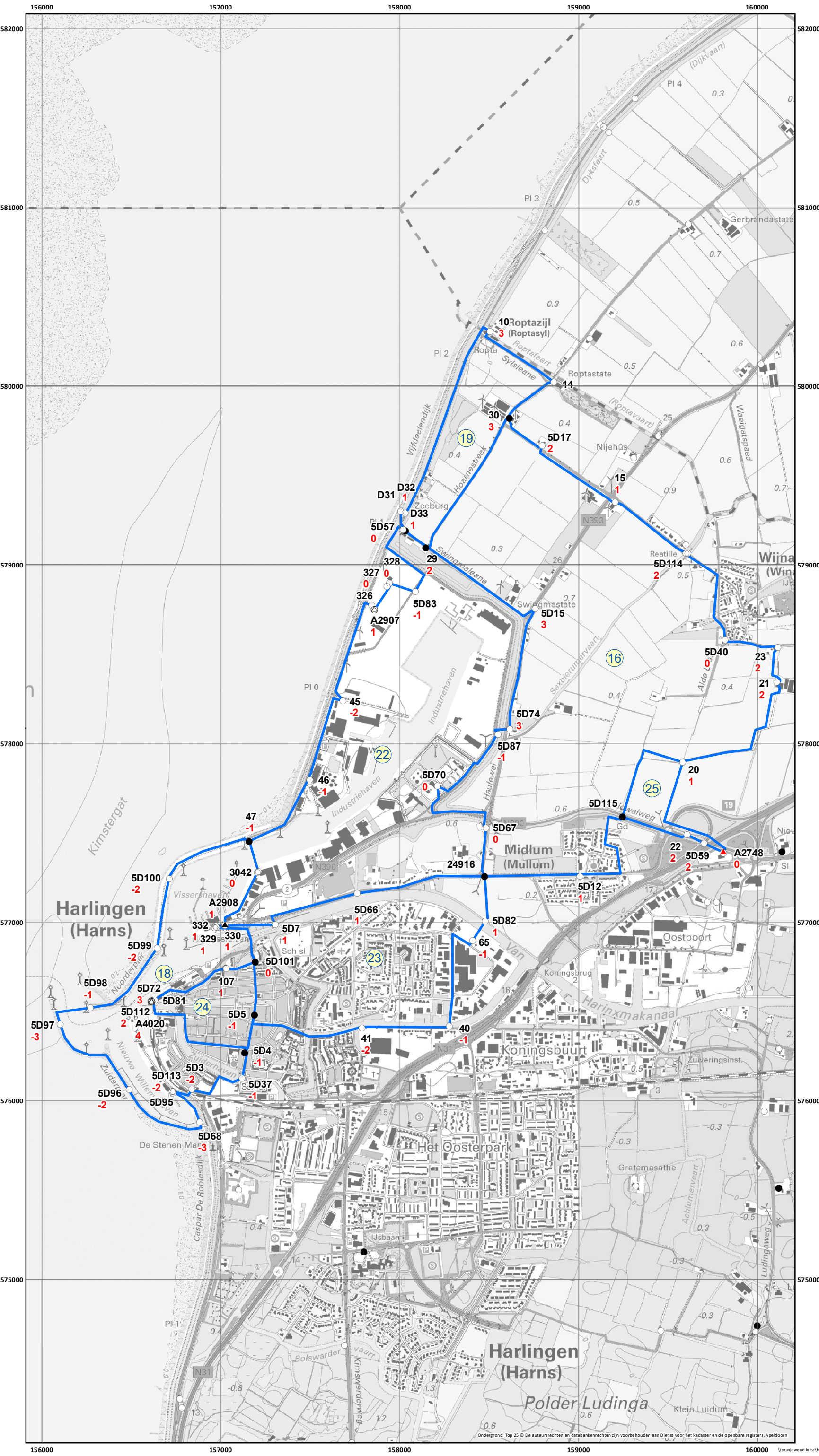
WUZ.NR
 0

STATUS
 Definitief

Esri Nederland | Willem van Aalst

antegroup

\\oranjewoud.intra.hnl.rpjecten\00475000\00475051\05 - ArcGIS\GIS\Kaarten\20221214_475051-WZ-OD-00.mxd



Legenda

- Hoogtemerk
- Hoogtemerk / knooppunt
- ▲ Ondergronds merk / aansluitpunt
- ⊗ Ondergronds merk
- ⊕ Ondergronds merk / knooppunt

Trajecten

- Trajecten

De hoogte van het referentiepeilmerk (00A2748) komt voort uit de berekening van de waterpasmeting Barradeel - Barradeel II - Havenmond 2019.

 **esco**
european salt company

 **Frisia Zout B.V.**

SCHAAL 1:20.000

OPDRACHTGEVER
Frisia Zout B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Deformatiemeting meetnet Harlingen-West 2023

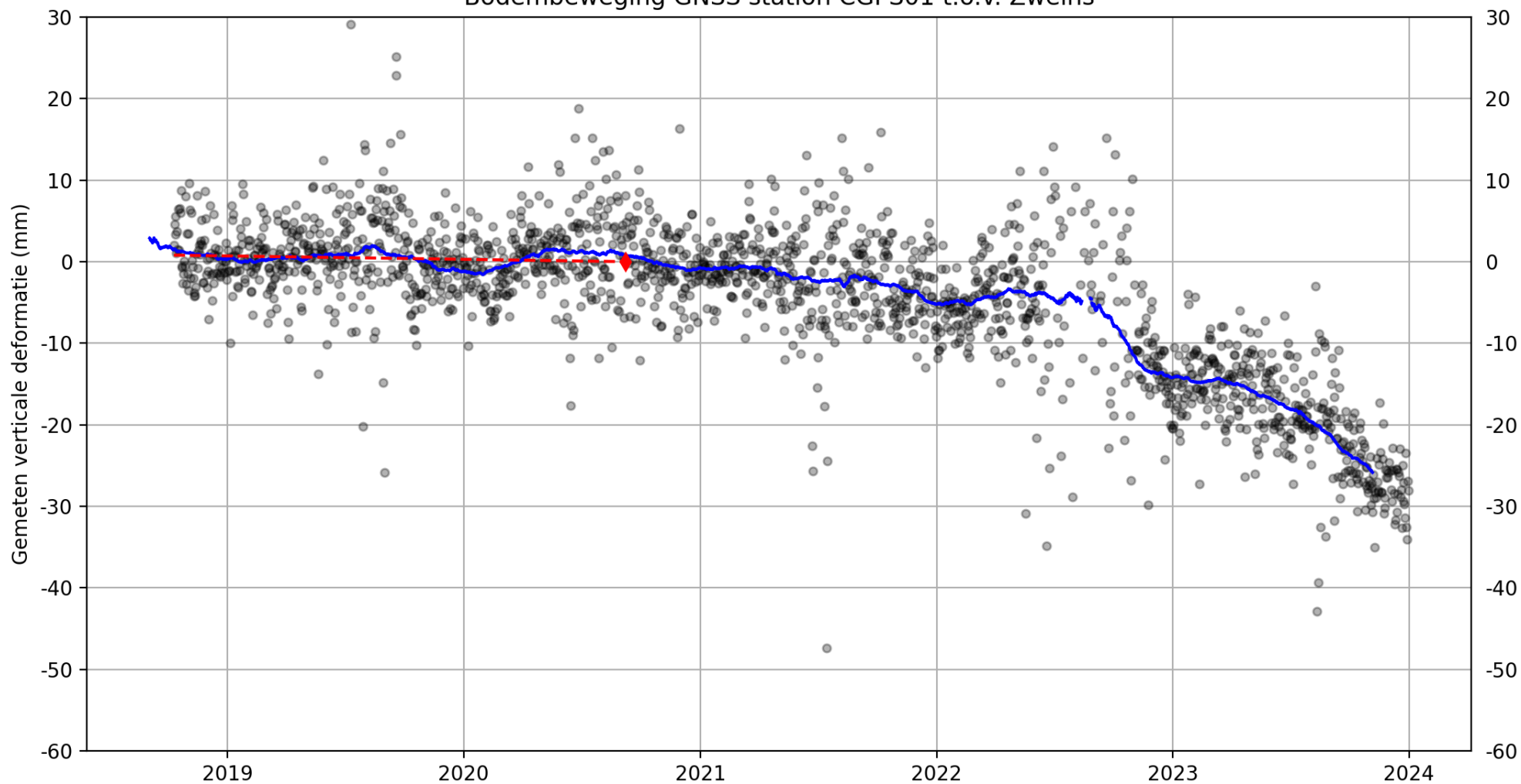
KAARTTITEL
Overzichtskaat differenties 2022-2023

PROJECTLEIDER P. Meinders	GIS SPECIALIST M.S. Christoffels
DATUM 18-1-2024	FORMAAT A3
KAARTNUMMER 482528-HW-OD-0	WIZ.NR. D0
STATUS Definitief	

Bijlage 2 Continue GNSS-monitoring

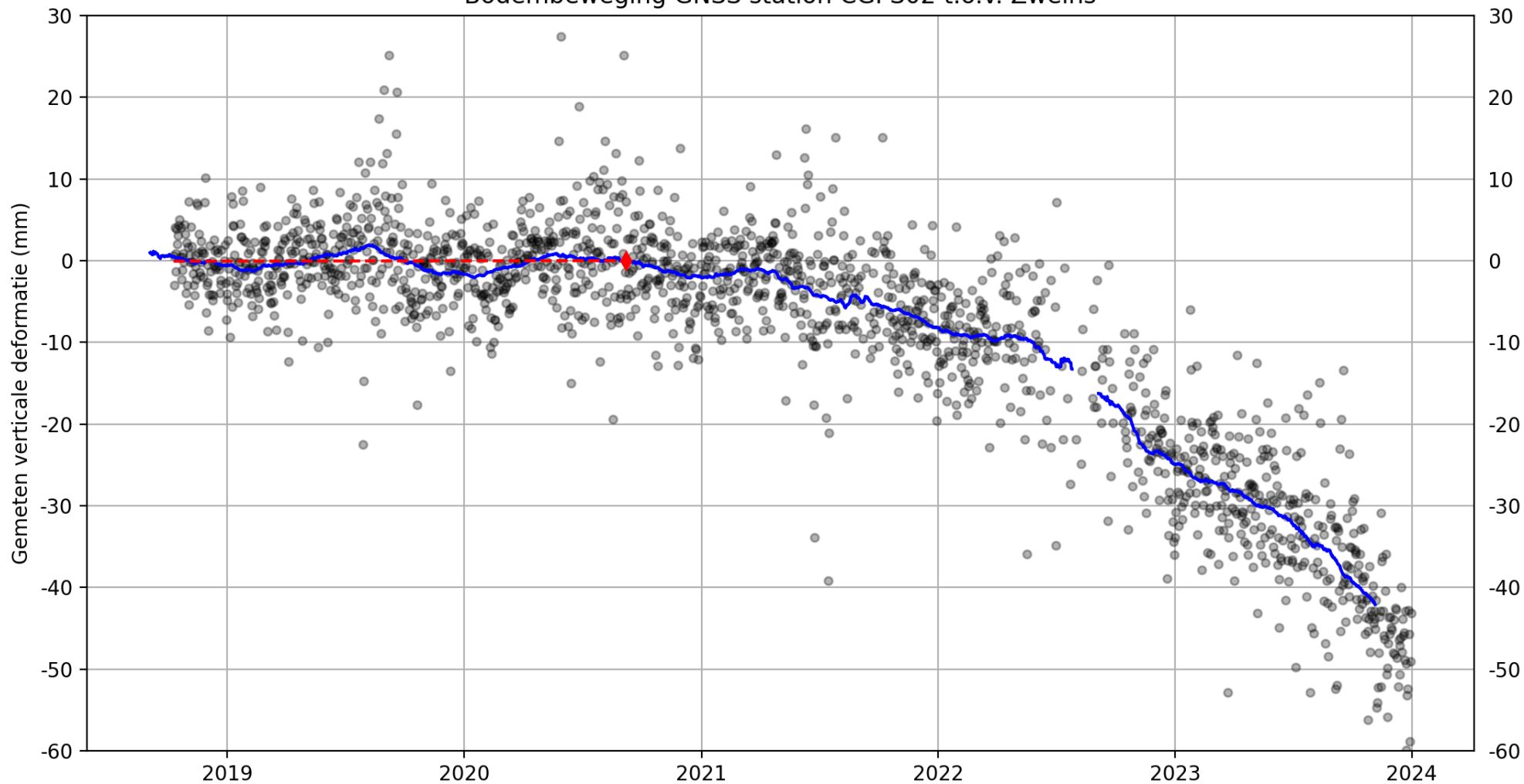
Grafieken

Bodembeweging GNSS station CGPS01 t.o.v. Zweins



- GNSS observaties (24 uur gemiddelde)
- ◆ Referentie-/Nulpunt
- Moving average 16 weken
- - - Lineaire fit 10/Oct/2018 - 06/Sep/2020

Bodembeweging GNSS station CGPS02 t.o.v. Zweins



- GNSS observaties (24 uur gemiddelde)
- ◆ Referentie-/Nulpunt
- Moving average 16 weken
- - - Lineaire fit 10/Oct/2018 - 06/Sep/2020

Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring

Ruwe GNSS-data in Excel formaat

Ruwe GNSS-data in Excel formaat

Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring

Ruwe GNSS-data in Excel format

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

Bijlage 4 Continue GNSS-monitoring

Logboek

GPS monitorings Logboek

HVM1 en HVM2 datum: 5-jan-24

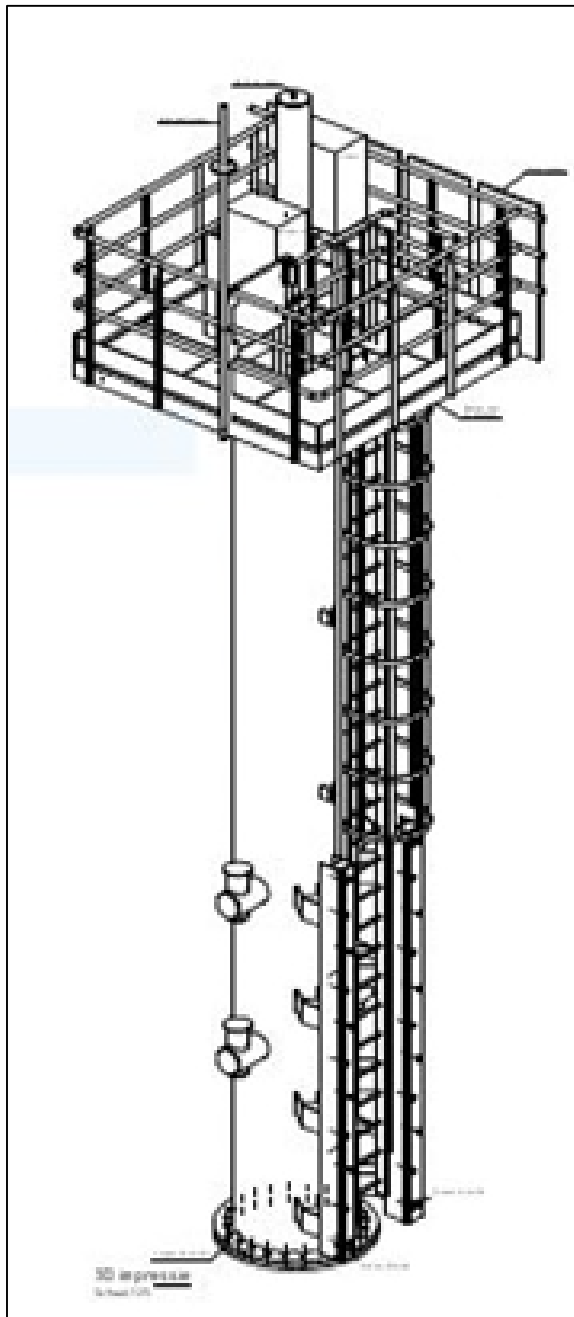
Datum	Station	Opmerking
2018-10-10	CGPS01 & CGPS02	Start monitoring
2018-12-24 / 2018-12-27	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (3 dagen)
2019-02-12	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (9 uur)
2020-04-26	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (8 uur)
2021-02-18	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (11 uur)
2022-03-19	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (51 uur)
Sept – okt 2022	CGPS01 & CGPS02	Hoge mate van ruis door aanwezigheid van vogels op de GNSS stations (antennes)
2023-06-17 / 2023-06-20	CGPS01; CGPS02; Zweins	Door een serverwisseling bij Antea Group een onderbreking in de data ontvangst (75 uur)
2023-12-01 / 2023-12-04	CGPS01 & CGPS02 Zweins	Onderbreking in de data ontvangst (60 uur) Door een servermigratie bij Antea Group).

Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring

3D impressie meetpaal

Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring

3D impressie meetpaal



Bijlage 6 Continue GNSS-monitoring

Foto's GNSS-meetlocaties



Meetpaal CGPS01 bij hoog water



Meetpaal CGPS02 bij laag water

Bijlage 7 Jaarlijkse GNSS meting

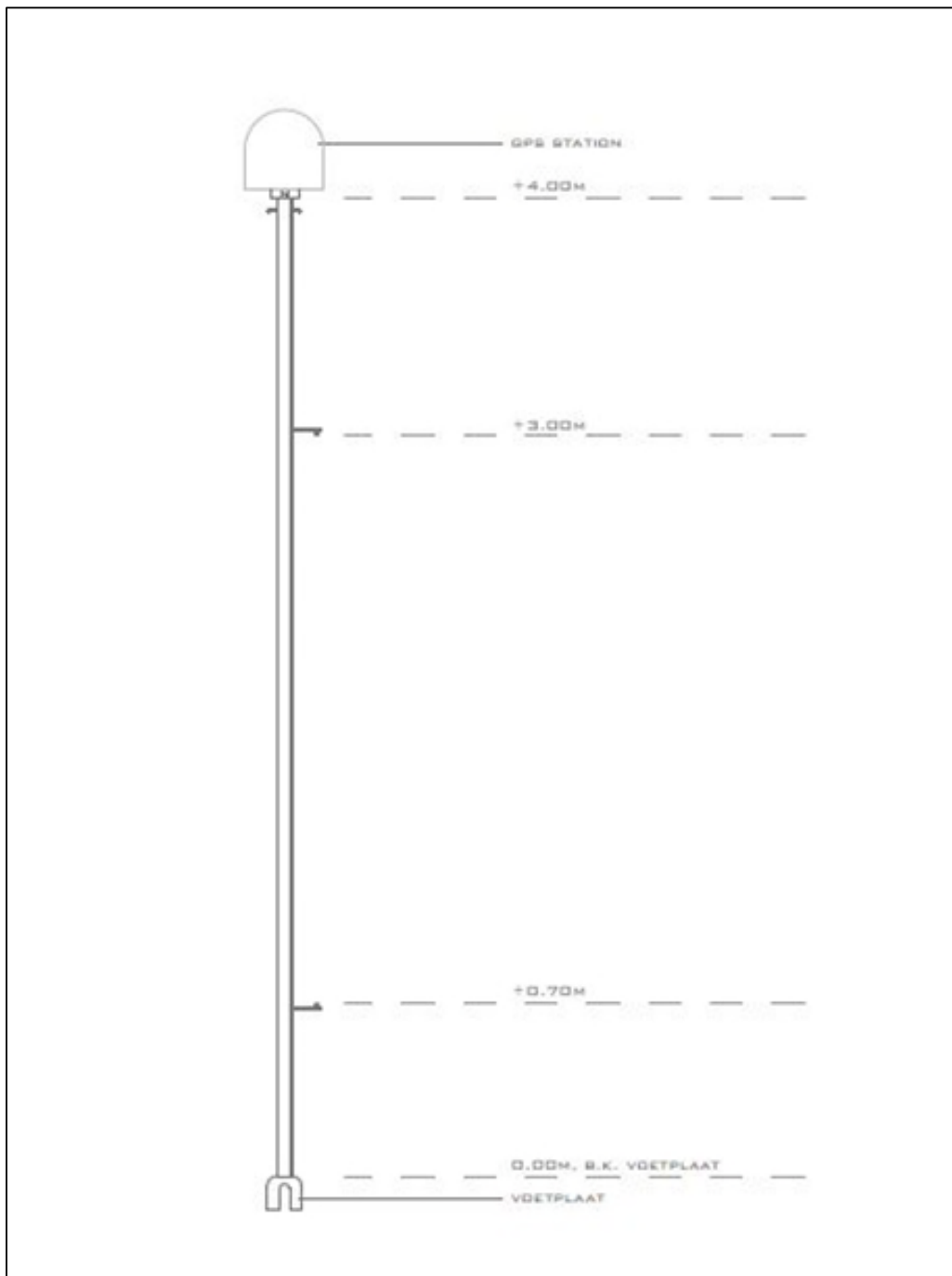
Differentiestaat

DIFFERENTIESTAAT																
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)																
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	cum.diff	Sept. 2022	diff. 2021 - 2022	cum.diff tov nulmeting (2019)	cum.diff tov start winning (sept, 2020)	Sept. 2023	diff. 2022 - 2023	cum.diff tov nulmeting (2019)	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	(mm)
Zweins	000A2760	Diep gefundeerd peilmerk	41,5881	41,5881	0,0	41,5881	0,0	0,0	41,5881	0,0	0,0	0,0	41,5881	0,0	0,0	0,0
Land (ref)	3040	Peilmerk (bout)	42,0593	42,0589	-0,4	42,0586	-0,3	-0,7	42,0568	-1,8	-2,5	-2,1	42,0581	1,3	-1,2	-0,8
WPM 0A4020	000A4020	Diep gefundeerd peilmerk	48,4663	48,4646	-1,7	48,4639	-0,7	-2,4	48,4625	-1,4	-3,8	-2,1	48,4622	-0,3	-4,0	-2,4
Land	000A5020	Ondergronds meetmerk	47,8765	47,8749	-1,6	47,8743	-0,6	-2,2	47,8727	-1,6	-3,8	-2,2	47,8724	-0,3	-4,1	-2,5
	005D0072	Peilmerk (bout)	47,6098	47,6082	-1,6	47,6073	-0,9	-2,5	47,6053	-2,0	-4,5	-2,9	47,6049	-0,4	-4,9	-3,2
	005D0081	Peilmerk (bout)	47,9388	47,9375	-1,3	47,9367	-0,8	-2,1	47,9346	-2,0	-4,1	-2,8	n.g.	n.b.	n.b.	n.b.
	005D0112	Peilmerk (bout)											47,8665	Nulmeting		
	303	Peilmerk (bout)	48,0333	48,0319	-1,4	48,0312	-0,8	-2,1	48,0289	-2,3	-4,4	-3,0	48,0283	-0,6	-4,9	-3,6
WPM01	11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	41,2495	41,2499	0,5	41,2481	-1,8	-1,4	41,2441	-4,0	-5,4	-5,9	41,2448	0,7	-4,7	-5,1
Wad	11001	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,3887	41,3872	-1,5	41,3846	-2,5	-4,0	41,3798	-4,9	-8,9	-7,4	41,3803	0,5	-8,4	-6,9
	11002	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,4336	41,4331	-0,4	41,4311	-2,0	-2,4	41,4265	-4,7	-7,1	-6,7	41,4271	0,6	-6,5	-6,1
	11003	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,4738	41,4729	-0,8	41,4705	-2,4	-3,2	41,4659	-4,6	-7,8	-7,0	41,4664	0,5	-7,4	-6,5
WPM02	12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,6109	40,6118	0,9	40,6068	-5,0	-4,1	40,6040	-2,8	-6,9	-7,7	40,6037	-0,3	-7,2	-8,1
Wad	12001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8432	40,8422	-1,0	40,8370	-5,2	-6,2	40,8339	-3,1	-9,3	-8,3	40,8333	-0,6	-9,9	-8,9
	12002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8558	40,8561	0,3	40,8513	-4,9	-4,5	40,8481	-3,1	-7,7	-8,0	40,8474	-0,7	-8,4	-8,7
	12003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9701	40,9668	-3,3	n.g.	n.b.	n.b.	n.g.	n.b.	n.b.	n.b.	n.g.	n.b.	n.b.	n.b.
WPM04	14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3824	40,3819	-0,5	40,3792	-2,7	-3,2	40,3723	-6,9	-10,1	-9,6	40,3679	-4,4	-14,5	-14,0
Wad	14001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5750	40,5739	-1,1	40,5711	-2,8	-3,9	40,5637	-7,4	-11,3	-10,2	40,5591	-4,6	-15,9	-14,8
	14002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6021	40,6006	-1,5	40,5978	-2,8	-4,3	40,5902	-7,6	-11,9	-10,4	40,5856	-4,6	-16,5	-15,0
	14003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5547	40,5541	-0,6	40,5513	-2,8	-3,4	40,5436	-7,7	-11,1	-10,5	40,5392	-4,4	-15,5	-14,9
WPM05	15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,4871	40,4869	-0,2	40,4840	-2,9	-3,1	40,4797	-4,3	-7,4	-7,2	40,4821	2,4	-4,9	-4,7
Wad	15001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,8094	40,8088	-0,6	40,8059	-2,8	-3,4	40,8015	-4,4	-7,9	-7,3	40,8037	2,3	-5,6	-5,0
	15002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,7133	40,7111	-2,2	40,7082	-2,9	-5,1	40,7034	-4,8	-9,9	-7,7	40,7056	2,2	-7,7	-5,5
	15003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,7213	40,7202	-1,1	40,7174	-2,8	-3,9	40,7125	-4,8	-8,7	-7,6	40,7145	2,0	-6,7	-5,6
WPM06	16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3941	40,3938	-0,2	40,3898	-4,0	-4,2	40,3749	-15,0	-19,2	-19,0	40,3572	-17,7	-36,9	-36,6
Wad	16001	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6358	40,6353	-0,4	40,6310	-4,3	-4,7	40,6158	-15,3	-20,0	-19,6	40,5979	-17,9	-37,8	-37,4
	16002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6051	40,6044	-0,6	40,6002	-4,2	-4,8	40,5855	-14,7	-19,5	-18,9	40,5678	-17,7	-37,3	-36,6
	16003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6389	40,6383	-0,5	40,6340	-4,3	-4,8	40,6185	-15,5	-20,3	-19,8	40,6008	-17,7	-38,0	-37,5

DIFFERENTIESTAAT																
Differentialies t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)																
			Aug. 2019	Sept. 2020	diff. 2019 - 2020	Sept. 2021	diff. 2020 - 2021	cum.diff	Sept. 2022	diff. 2021 - 2022	cum.diff tov nulmeting (2019)	cum.diff tov start winning (sept, 2020)	Sept. 2023	diff. 2022 - 2023	cum.diff tov nulmeting (2019)	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	(mm)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	(mm)
WPM07	000A02908	Diep gefundeerd peilmerk	44,1726	44,1723	-0,2	44,1711	-1,3	-1,5	44,1696	-1,5	-3,0	-2,8	44,1706	1,0	-2,0	-1,8
Land	329	Peilmerk (bout)	45,3525	45,3536	1,1	45,3514	-2,2	-1,1	45,3492	-2,2	-3,3	-4,4	45,3497	0,5	-2,8	-3,9
	330	Peilmerk (bout)	45,3541	45,3538	-0,2	45,3517	-2,2	-2,4	45,3497	-1,9	-4,4	-4,1	45,3501	0,4	-4,0	-3,7
	332	Peilmerk (bout)	45,3524	45,3504	-2,0	45,3483	-2,1	-4,1	45,3462	-2,1	-6,2	-4,2	45,3466	0,4	-5,8	-3,8
WPM08	000A02907	Diep gefundeerd peilmerk	44,8143	44,8141	-0,3	44,8134	-0,7	-0,9	44,8111	-2,3	-3,2	-2,9	44,8118	0,7	-2,5	-2,3
Land	326	Peilmerk (bout)	45,9110	45,9093	-1,7	45,9068	-2,5	-4,2	45,9025	-4,3	-8,5	-6,8	n.g.	n.b.	n.b.	n.b.
	327	Peilmerk (bout)	46,3471	46,3463	-0,8	46,3445	-1,7	-2,5	46,3409	-3,6	-6,1	-5,3	46,3409	0,0	-6,2	-5,4
	328	Peilmerk (bout)	46,3082	46,3083	0,0	46,3065	-1,8	-1,7	46,3030	-3,5	-5,2	-5,2	46,3032	0,2	-5,0	-5,1
CGPS01	ARP CGPS01	Antenne referentiepunt	51,6782	51,6804	2,2	51,6808	0,4	2,6	51,6663	-14,5	-11,9	-14,1	51,6606	-5,7	-17,6	-19,8
Wad	1001	Diep gefundeerd peilmerk	40,5129	40,5138	0,9	40,5166	2,8	3,7	40,5037	-12,9	-9,2	-10,1	40,4959	-7,7	-16,9	-17,9
	1002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6425	40,6416	-0,9	40,6439	2,3	1,4	40,6304	-13,5	-12,1	-11,2	40,6226	-7,7	-19,8	-19,0
	1003	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,5112	40,5114	0,2	40,5137	2,3	2,5	40,5008	-12,9	-10,4	-10,6	40,4931	-7,6	-18,0	-18,3
	1004	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,6909	40,6913	0,4	40,6936	2,3	2,7	40,6681	-25,5	-22,8	-23,2	40,6602	-7,8	-30,6	-31,1
	1012	Prisma zijkant bordes		49,3735	Nulmeting	49,3727	-0,8	-0,8	49,3583	-14,4	-15,2	-15,2	49,3510	-7,2	-22,5	-22,5
	1013	Prisma zijkant bordes		49,4107	Nulmeting	49,4096	-1,1	-1,1	49,3963	-13,3	-14,4	-14,4	49,3914	-4,8	-19,3	-19,3
	1014	Prisma zijkant bordes		49,3751	Nulmeting	49,3753	0,2	0,2	49,3631	-12,2	-12,0	-12,0	49,3558	-7,2	-19,3	-19,3
CGPS02	ARP CGPS02	Antenne referentiepunt	52,5468	52,5502	3,4	52,5484	-1,8	1,6	52,5266	-21,8	-20,2	-23,6	52,5130	-13,6	-33,8	-37,2
Wad	2001	Diep gefundeerd peilmerk	40,8854	40,8874	1,9	40,8878	0,4	2,3	40,8695	-18,3	-15,9	-17,9	40,8545	-15,0	-30,9	-32,8
	2002	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9861	40,9869	0,7	40,9869	0,0	0,7	40,9680	-18,9	-18,1	-18,9	40,9528	-15,2	-33,3	-34,0
	2003	Controlepaal (spuitlanspaal)	41,0038	41,0057	1,8	41,0058	0,1	1,9	40,9872	-18,6	-16,6	-18,5	40,9719	-15,3	-31,9	-33,7
	2004	Controlepaal (spuitlanspaal)	40,9735	40,9741	0,5	40,9739	-0,2	0,3	40,9550	-18,9	-18,5	-19,1	40,9398	-15,2	-33,7	-34,2
	2012	Prisma zijkant bordes		50,2304	Nulmeting	50,2264	-4,0	-4,0	50,2088	-17,6	-21,6	-21,6	50,1930	-15,8	-37,3	-37,3
	2013	Prisma zijkant bordes		50,2541	Nulmeting	50,2518	-2,3	-2,3	50,2320	-19,8	-22,1	-22,1	50,2199	-12,1	-34,1	-34,1
	2014	Prisma zijkant bordes		50,2544	Nulmeting	50,2525	-1,9	-1,9	50,2328	-19,7	-21,6	-21,6	50,2194	-13,4	-34,9	-34,9

Bijlage 8 Jaarlijkse GNSS meting

Tekening meetpaal (jaarlijkse 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	
<ul style="list-style-type: none">➤ 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	
<ul style="list-style-type: none">➤ 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	
<ul style="list-style-type: none">➤ 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	
<ul style="list-style-type: none">➤ 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)



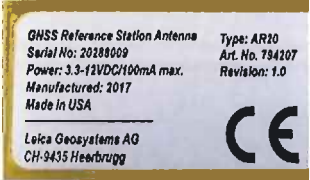
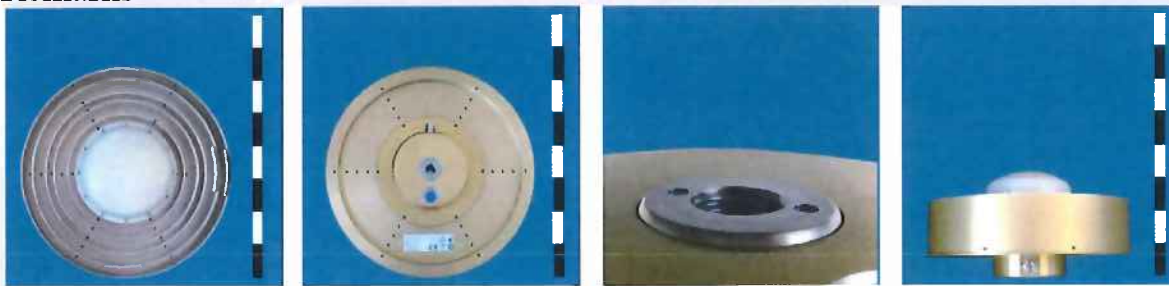

Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.00)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 21349028
IGS Naming	: LEIAR20 NONE
Radome Data	
Manufacturer	:
Radome Type	:
Product Number	:
Serial Number	:
IGS-Naming	: 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: Nesta Harlingen						Landmeters: Bert Branderhorst / Victor Alonso Bosman					
Datum: 31 October 2023						Equipment: LS-10(DW47)_TS16(TD133)_TS16(TD136)					
Meetpaal:	1					Temperatuur:	12°				
Antenne:	217-0594					Units:	meters				
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,0812	0,0812	0,0812	0,0812	0,0000		-0,0037				-0,0058
PML	0,8026	0,8026	0,8024	0,8025	0,7214		4,0384				4,0404
PMH	3,0999	3,0996	3,0997	3,0997	3,0186						
ANT_N	4,1216	4,1214	4,1218	4,1216	4,0404	-0,0058					
ANT_O	4,1116	4,1114	4,1110	4,1113	4,0302	0,0045					
ANT_Z	4,1108	4,1109	4,1107	4,1108	4,0296	0,0050					
ANT_W	4,1195	4,1199	4,1192	4,1195	4,0384	-0,0037					
Ant. rand centrum gemiddeld				4,0347			4,0296			4,0302	
Antenne Referentie Punt (ARP)				4,0024			0,0050			0,0045	
Meet Punt Hoog (MPH)				3,0186							
Meet Punt Laag (MPL)				0,7214							
Controlemaat rechtstand				2,2972							
Gem. Antenne Rand				4,0347							
Meetpaal:	2					Temperatuur:	12°				
Antenne:	217-0545					Units:	meters				
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,0812	0,0812	0,0812	0,0812	0,0000		-0,0006				0,0016
PML	0,8024	0,8024	0,8024	0,8024	0,7212		4,0356				4,0334
PMH	3,0998	3,0997	3,0997	3,0997	3,0186						
ANT_N	4,1148	4,1145	4,1145	4,1146	4,0334	0,0016					
ANT_O	4,1159	4,1157	4,1156	4,1157	4,0346	0,0004					
ANT_Z	4,1179	4,1175	4,1174	4,1176	4,0364	-0,0014					
ANT_W	4,1171	4,1163	4,1170	4,1168	4,0356	-0,0006					
Ant. rand centrum gemiddeld				4,0350			4,0364			4,0346	
Antenne Referentie Punt (ARP)				4,0027			-0,0014			0,0004	
Meet Punt Hoog (MPH)				3,0186							
Meet Punt Laag (MPL)				0,7212							
Controlemaat rechtstand				2,2973							
Gem. Antenne Rand				4,0350							
Meetpaal:	4					Temperatuur:	12°				
Antenne:	217-0569					Units:	meters				
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,0812	0,0812	0,0812	0,0812	0,0000		0,0001				0,0003
PML	0,8022	0,8023	0,8022	0,8022	0,7211		4,0345				4,0342
PMH	3,1041	3,1041	3,1040	3,1041	3,0229						
ANT_N	4,1154	4,1156	4,1152	4,1154	4,0342	0,0003					
ANT_O	4,1157	4,1162	4,1156	4,1158	4,0347	-0,0001					
ANT_Z	4,1163	4,1159	4,1160	4,1161	4,0349	-0,0003					
ANT_W	4,1160	4,1152	4,1158	4,1157	4,0345	0,0001					
Ant. rand centrum gemiddeld				4,0346			4,0349			4,0347	
Antenne Referentie Punt (ARP)				4,0023			-0,0003			-0,0001	
Meet Punt Hoog (MPH)				3,0229							
Meet Punt Laag (MPL)				0,7211							
Controlemaat rechtstand				2,3018							
Gem. Antenne Rand				4,0346							
Meetpaal:	5					Temperatuur:	12°				
Antenne:	217-0582					Units:	meters				
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,0812	0,0812	0,0812	0,0812	0,0000		-0,0014				-0,0025
PML	0,8019	0,8023	0,8021	0,8021	0,7209		4,0360				4,0371
PMH	3,1001	3,1003	3,1001	3,1002	3,0190						
ANT_N	4,1181	4,1185	4,1181	4,1182	4,0371	-0,0025					
ANT_O	4,1141	4,1143	4,1143	4,1142	4,0331	0,0015					
ANT_Z	4,1130	4,1135	4,1130	4,1132	4,0320	0,0025					
ANT_W	4,1170	4,1173	4,1171	4,1171	4,0360	-0,0014					
Ant. rand centrum gemiddeld				4,0345			4,0320			4,0331	
Antenne Referentie Punt (ARP)				4,0022			0,0025			0,0015	
Meet Punt Hoog (MPH)				3,0190							
Meet Punt Laag (MPL)				0,7209							
Controlemaat rechtstand				2,2981							
Gem. Antenne Rand				4,0345							
Meetpaal:	6					Temperatuur:	12°				
Antenne:	217-0570					Units:	meters				
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,0812	0,0812	0,0812	0,0812	0,0000		-0,0014				0,0005
PML	0,8008	0,8008	0,8007	0,8008	0,7196		4,0355				4,0337
PMH	3,0992	3,0991	3,0990	3,0991	3,0179						
ANT_N	4,1150	4,1153	4,1142	4,1148	4,0337	0,0005					
ANT_O	4,1143	4,1143	4,1140	4,1142	4,0330	0,0011					
ANT_Z	4,1158	4,1153	4,1156	4,1156	4,0344	-0,0002					
ANT_W	4,1167	4,1169	4,1165	4,1167	4,0355	-0,0014					
Ant. rand centrum gemiddeld				4,0342			4,0344			4,0330	
Antenne Referentie Punt (ARP)				4,0019			-0,0002			0,0011	
Meet Punt Hoog (MPH)				3,0179							
Meet Punt Laag (MPL)				0,7196							
Controlemaat rechtstand				2,2983							
Gem. Antenne Rand				4,0342							
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	0,0811	0,0811	0,0813	0,0812	0,0000	0,0811	0,0810	0,0812	0,0812	Kogel	
HP2	-0,0439	-0,0437	-0,0437	-0,0438	0,0000	-0,0438	-0,0439	-0,0437	-0,0437	HP2	
HP1	-0,0002	-0,0001	0,0001	-0,0001	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	HP1	

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting

Berekening waterpassing controlemeting

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting

Berekening waterpassing controlemetingen

De berekening van de waterpasmetingen (Move3 bestanden) behorende bij de controlemetingen (begin en eind meting opstellen meetpalen) 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: 17 oktober 2023
auteur: ir. Frank Dentz, 06-GPS
goedkeuring: ir. Jean-Paul Henry, 06-GPS
versie: 1.4

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



Datum
17 oktober 2023

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.4

Pagina
2 van 24

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
4.4	4 ^e meting (18-10-2022).....	14
4.5	5 ^e meting (10-10-2023).....	16
Bijlage A	Coördinaten stations	20

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 06-GPS. 06-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.

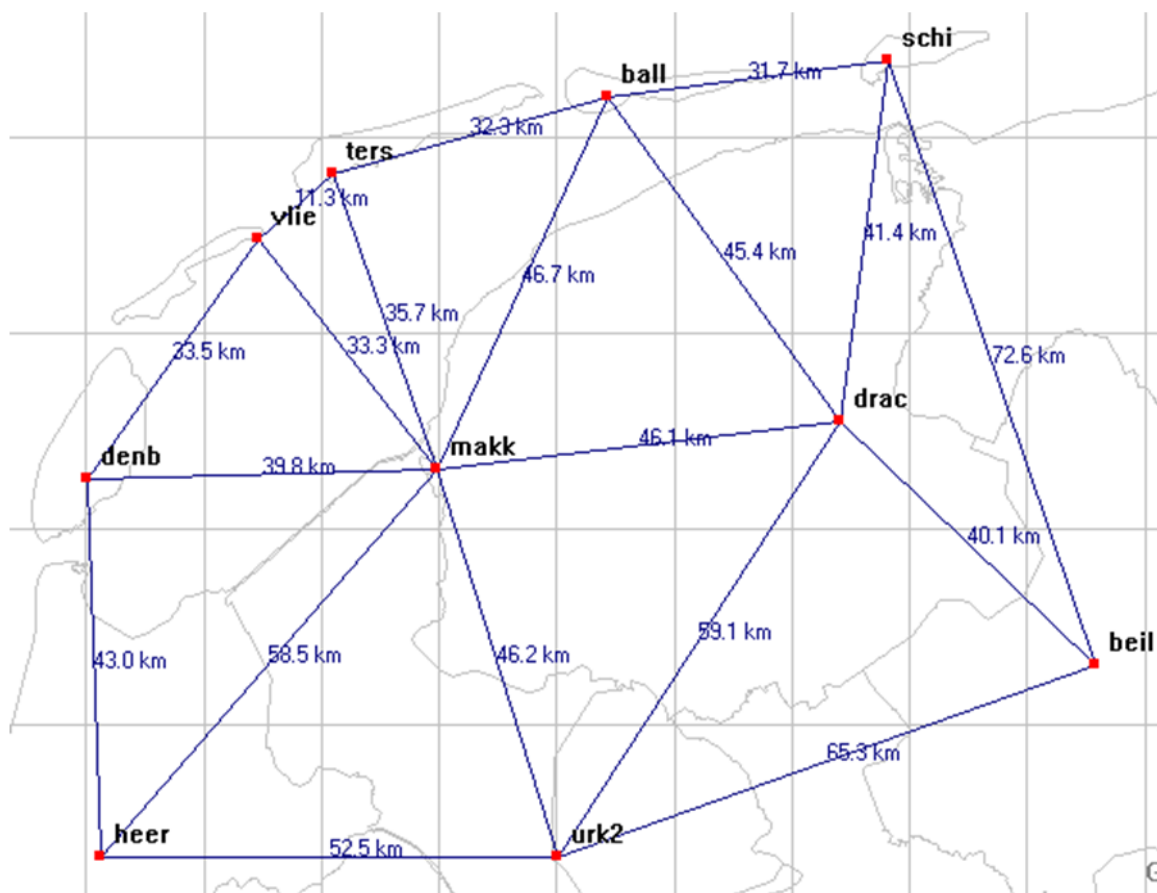


Fig. 2. Referentienetwerk t.b.v. monitoring bodemdaling 'Havenmond'.

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.

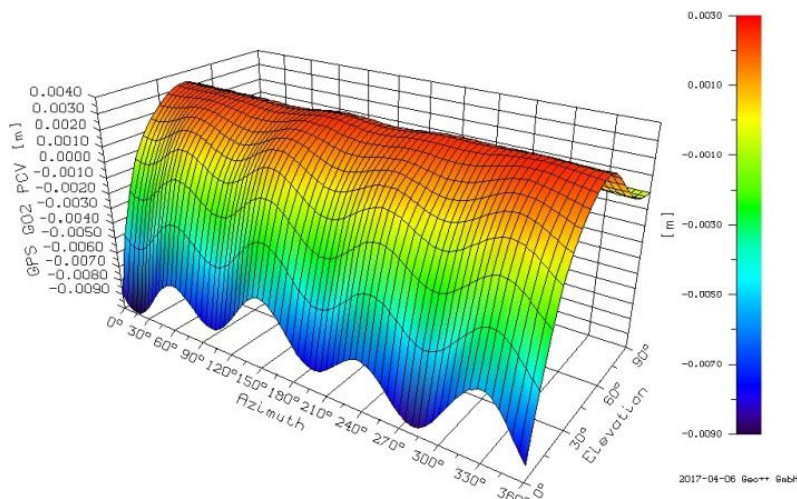


Fig. 3. Fasecentrum variaties van een Leica AR20 antenne.

4 Resultaten GPS-metingen

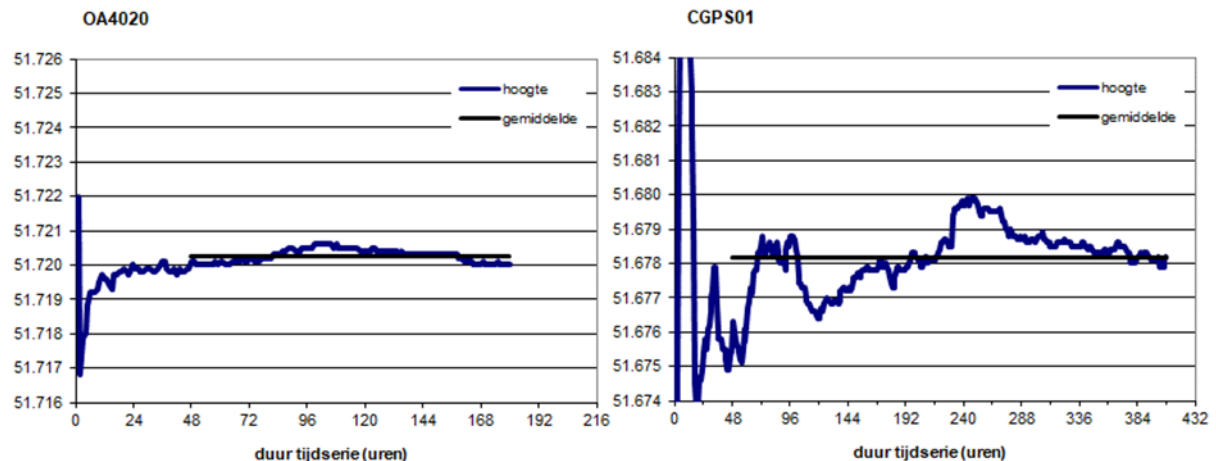
4.1 1^e meting (27-09-2019)

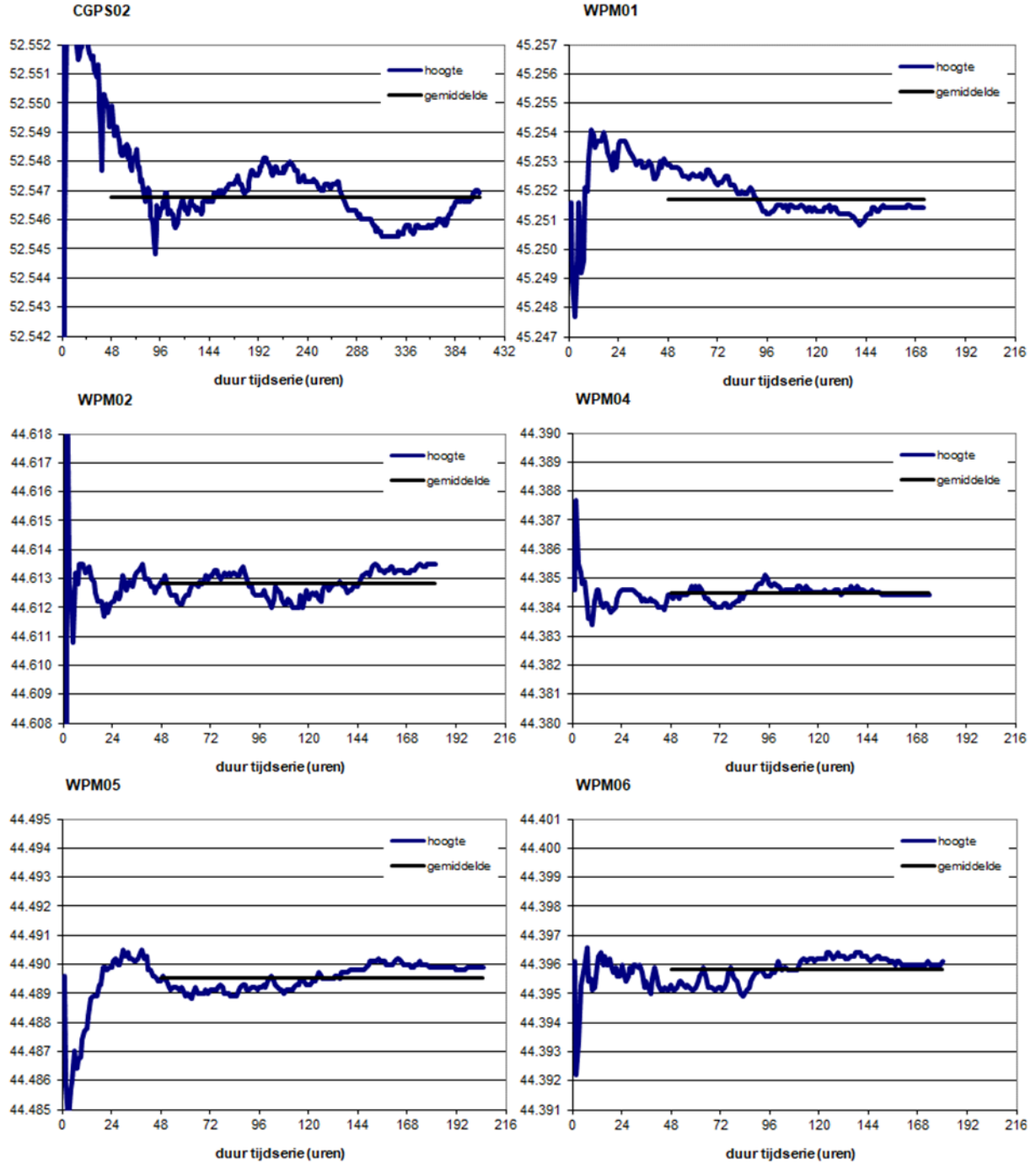
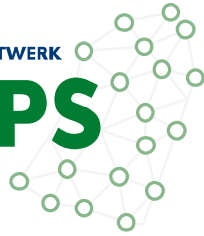
De 1^e meting (nulmeting) heeft plaatsgevonden tussen 4 augustus en 27 september 2019. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

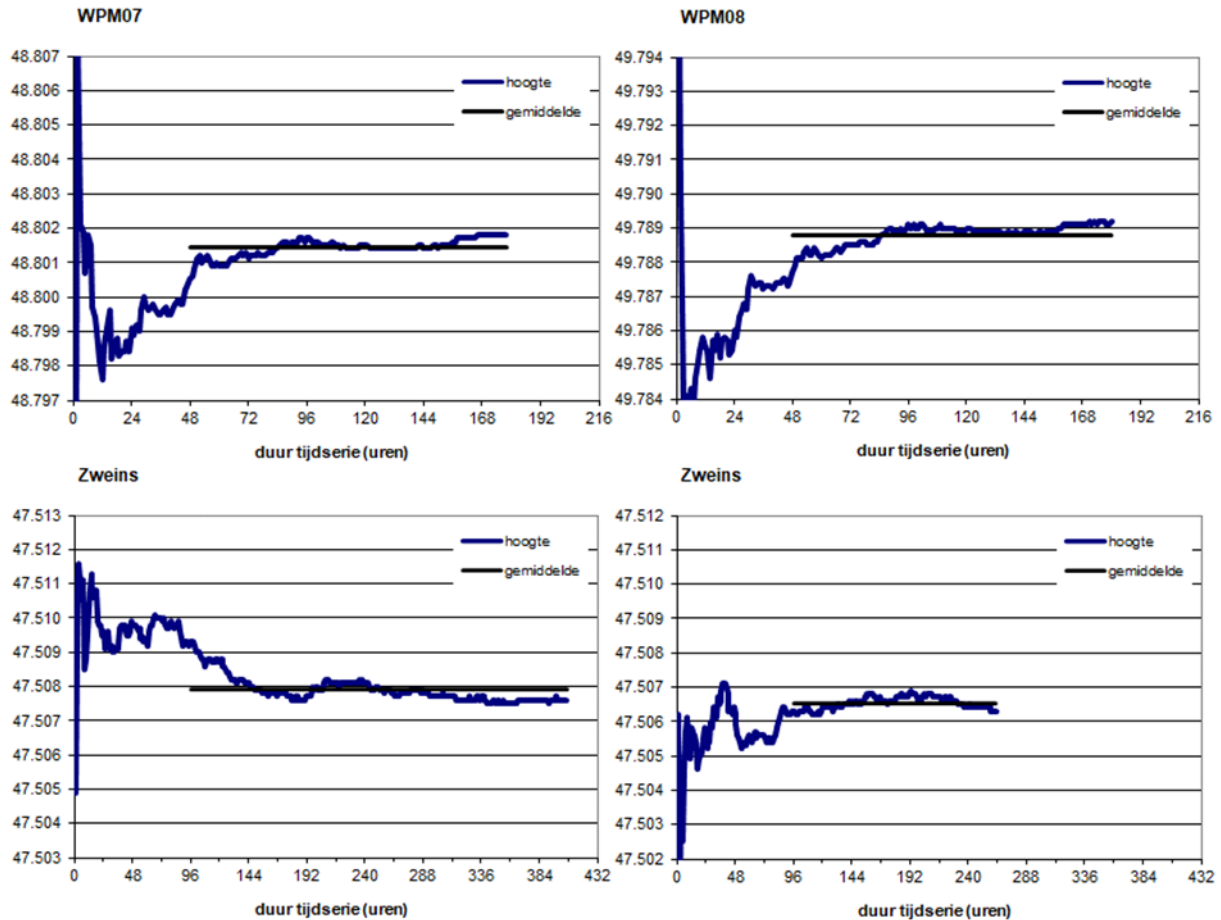
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-09-2019	27-09-2019
CGPS01	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
CGPS02	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
WPM01	1	21274005.atx	04-08-2019	11-08-2019
WPM02	2	21274006.atx	06-08-2019	13-08-2019
WPM04	4	21341009.atx	14-08-2019	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







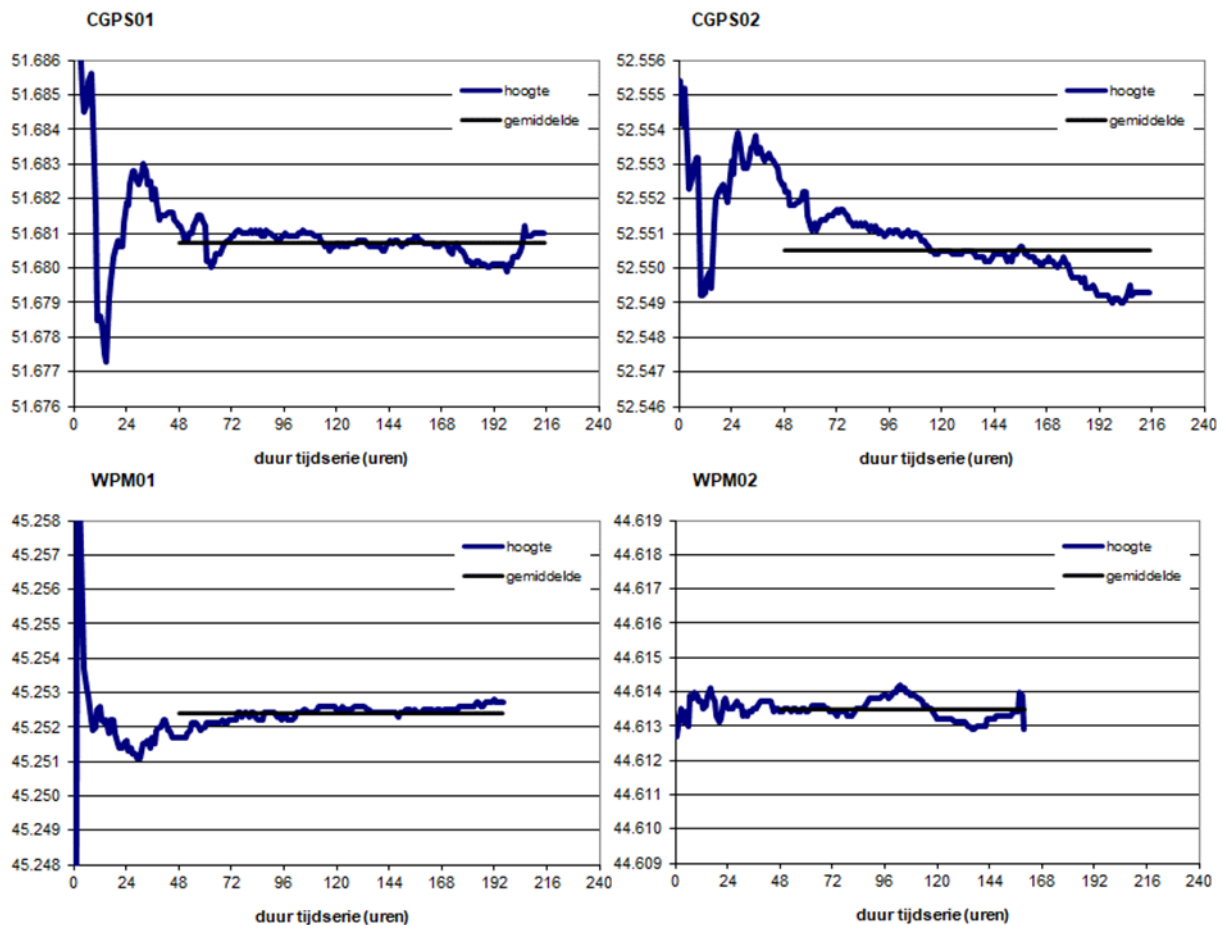
4.2 2^e meting (04-11-2020)

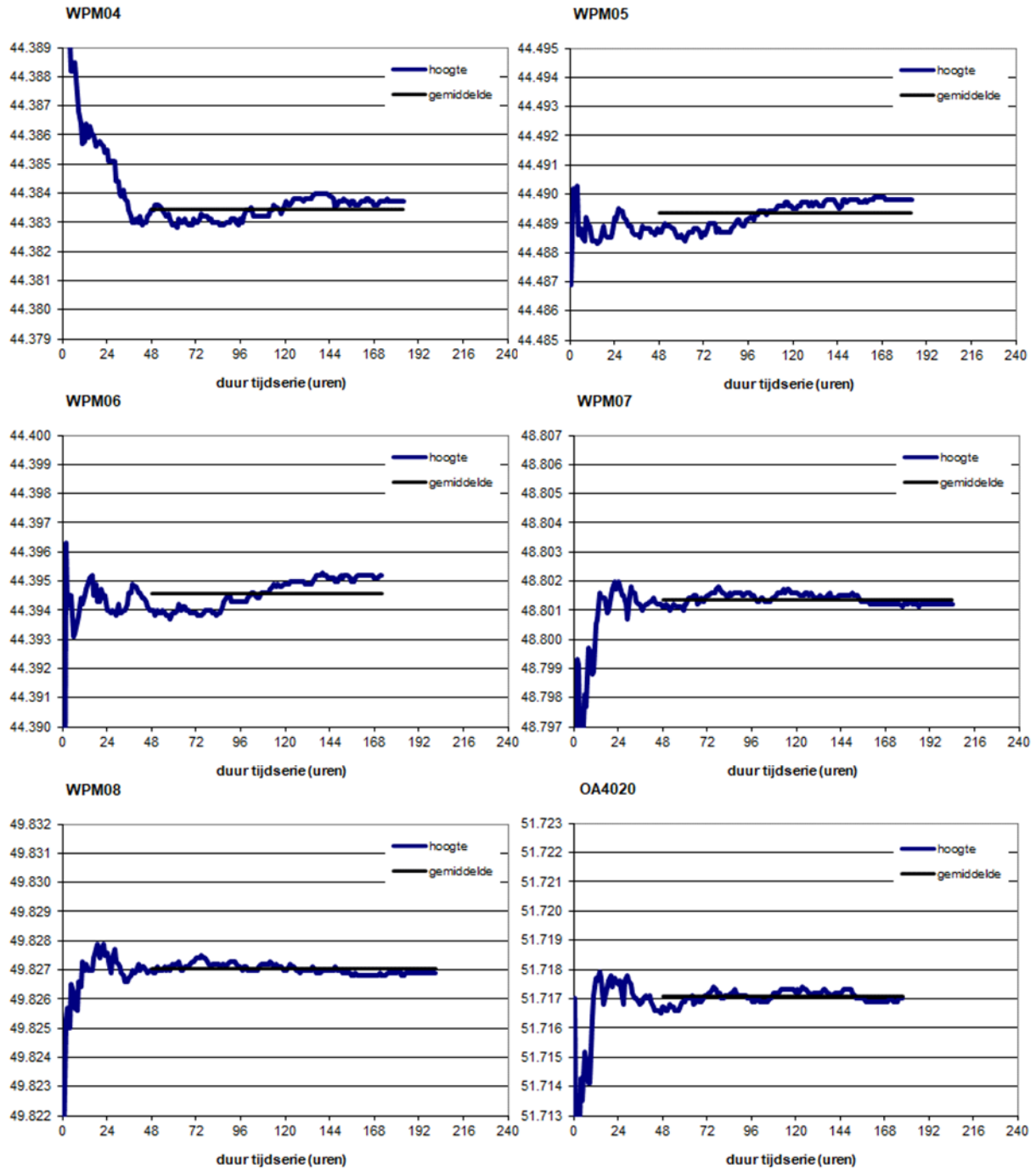
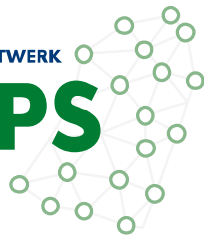
De 2^e meting heeft plaatsgevonden tussen 20 september en 4 november 2020. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

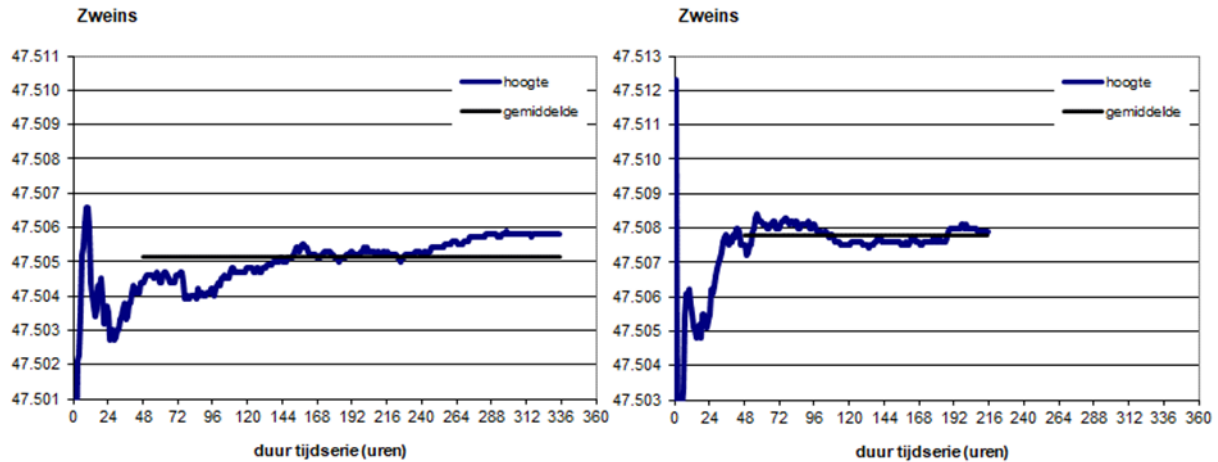
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	27-10-2020	03-11-2020
CGPS01	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
CGPS02	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
WPM01	1	21274005.atx	24-09-2020	02-10-2020
WPM02	2	21274006.atx	28-09-2020	05-10-2020
WPM04	4	21341009.atx	22-09-2020	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	σh	Δh	
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)

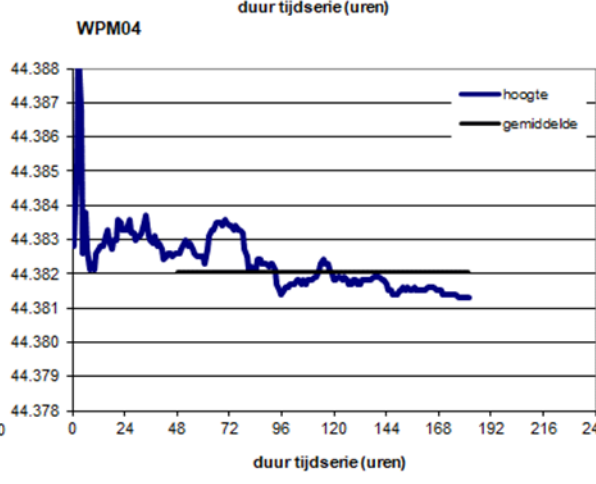
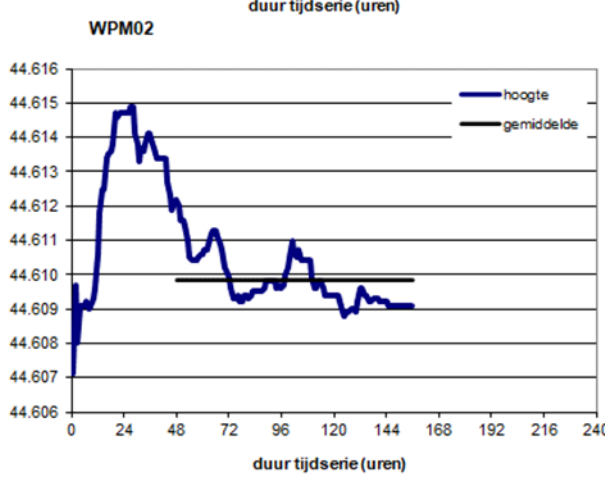
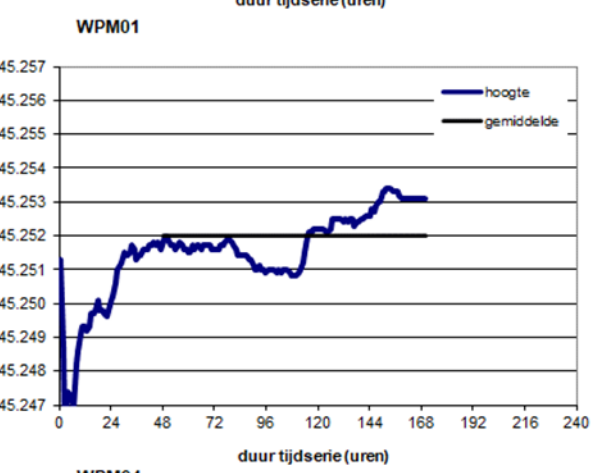
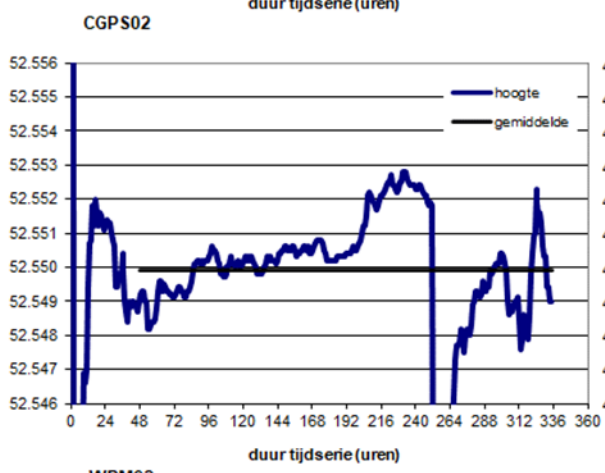
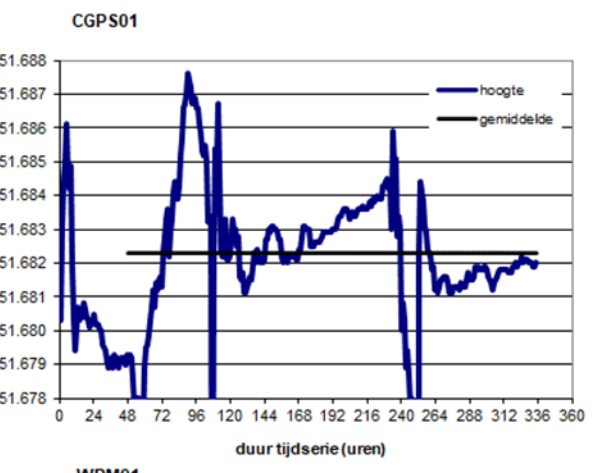
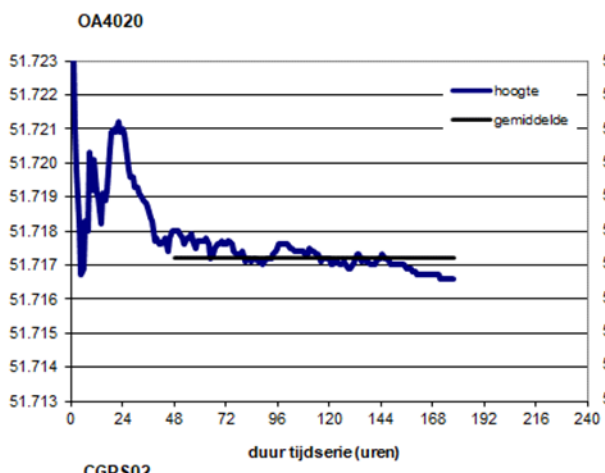
De 3^e meting heeft plaatsgevonden tussen 13 september en 28 oktober 2021. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

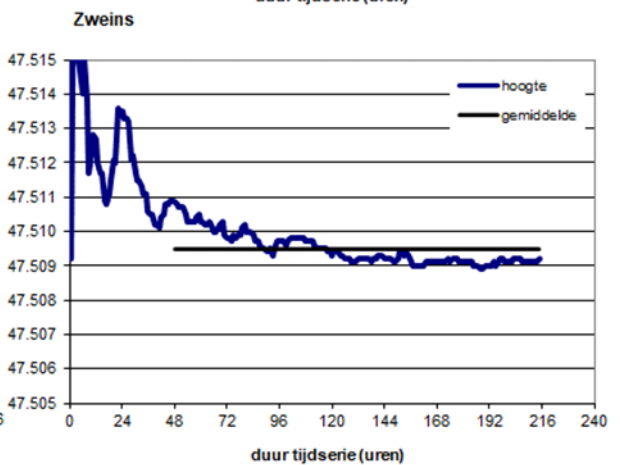
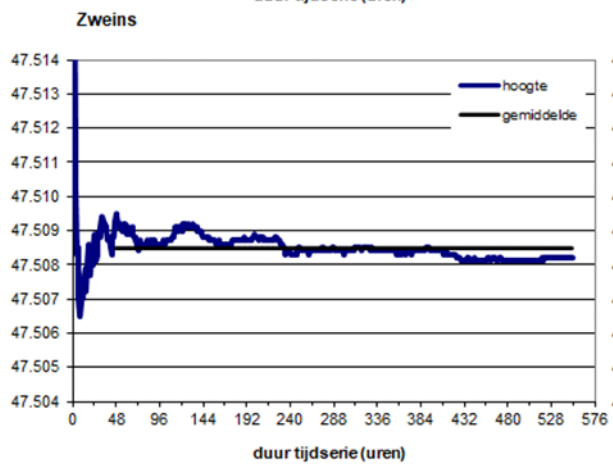
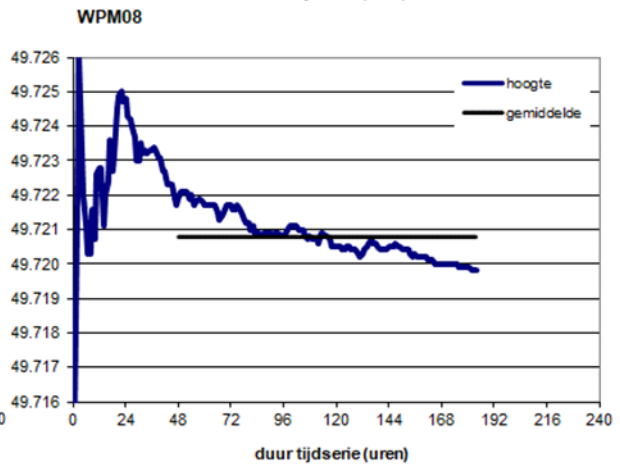
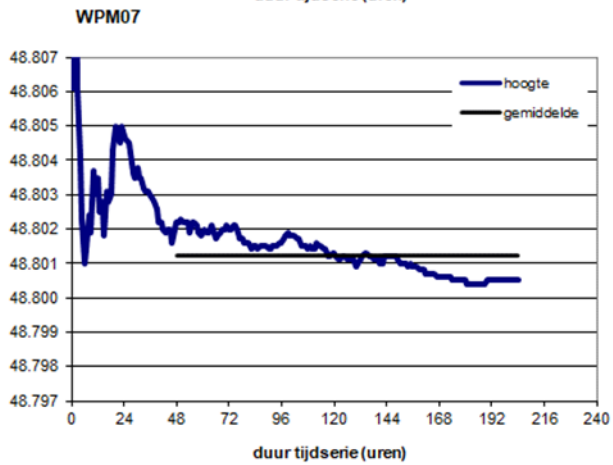
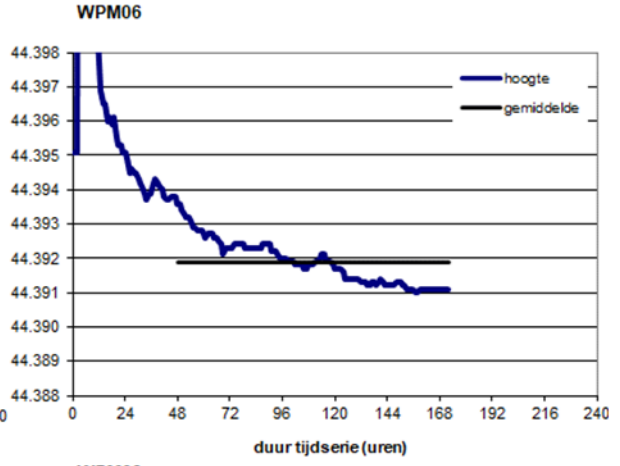
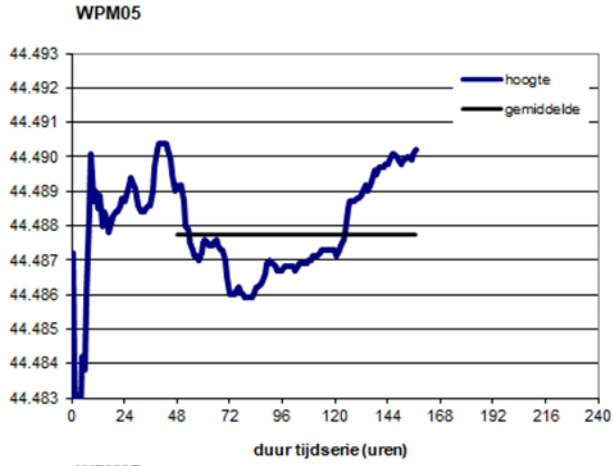
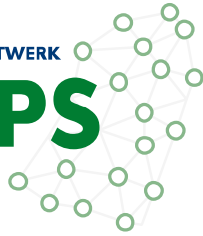
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-10-2021	27-10-2021
CGPS01	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
CGPS02	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
WPM01	1	21274005.atx	15-09-2021	22-09-2021
WPM02	2	21274006.atx	16-09-2021	22-09-2021
WPM04	4	21341009.atx	14-09-2021	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 datakwaliteit van de stations CGPS01 en CGPS02 is onvoldoende voor processing in GNNET, deze stations zijn daarom berekend met basislijnen vanaf station Zweins.

station	N		E		h ARP	σh	Δh		
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





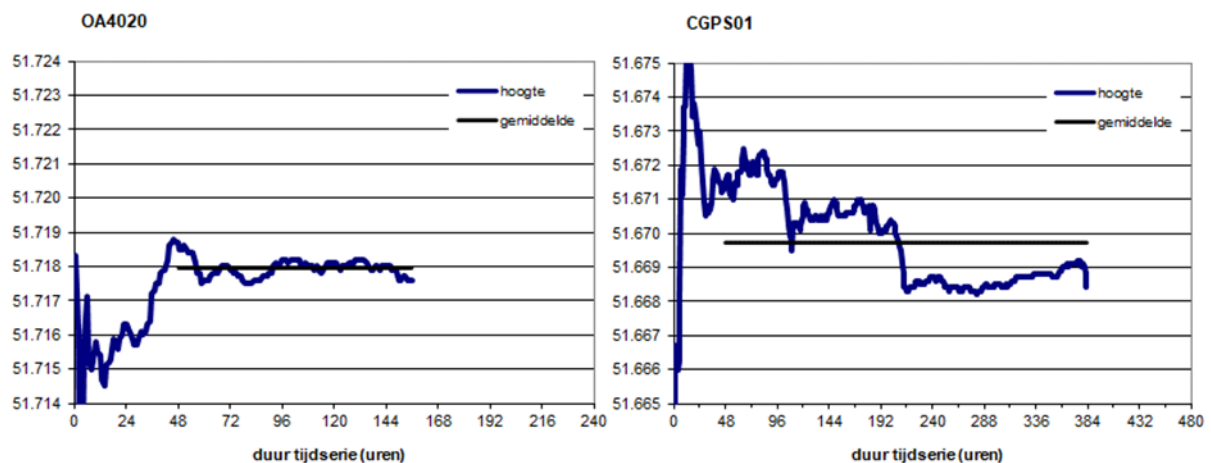
4.4 4^e meting (18-10-2022)

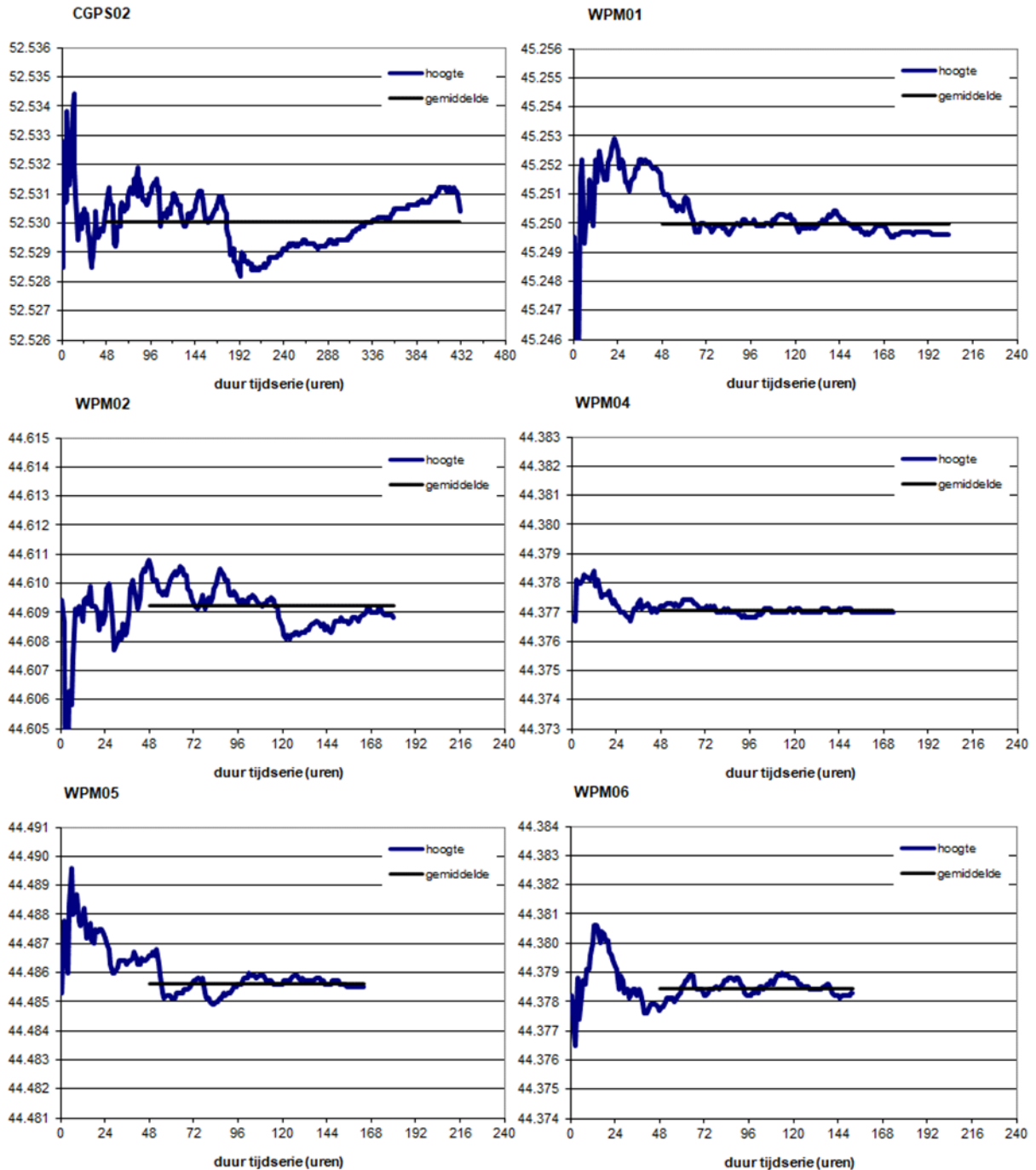
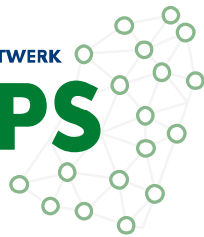
De 4^e meting heeft plaatsgevonden tussen 5 september en 18 oktober 2022. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

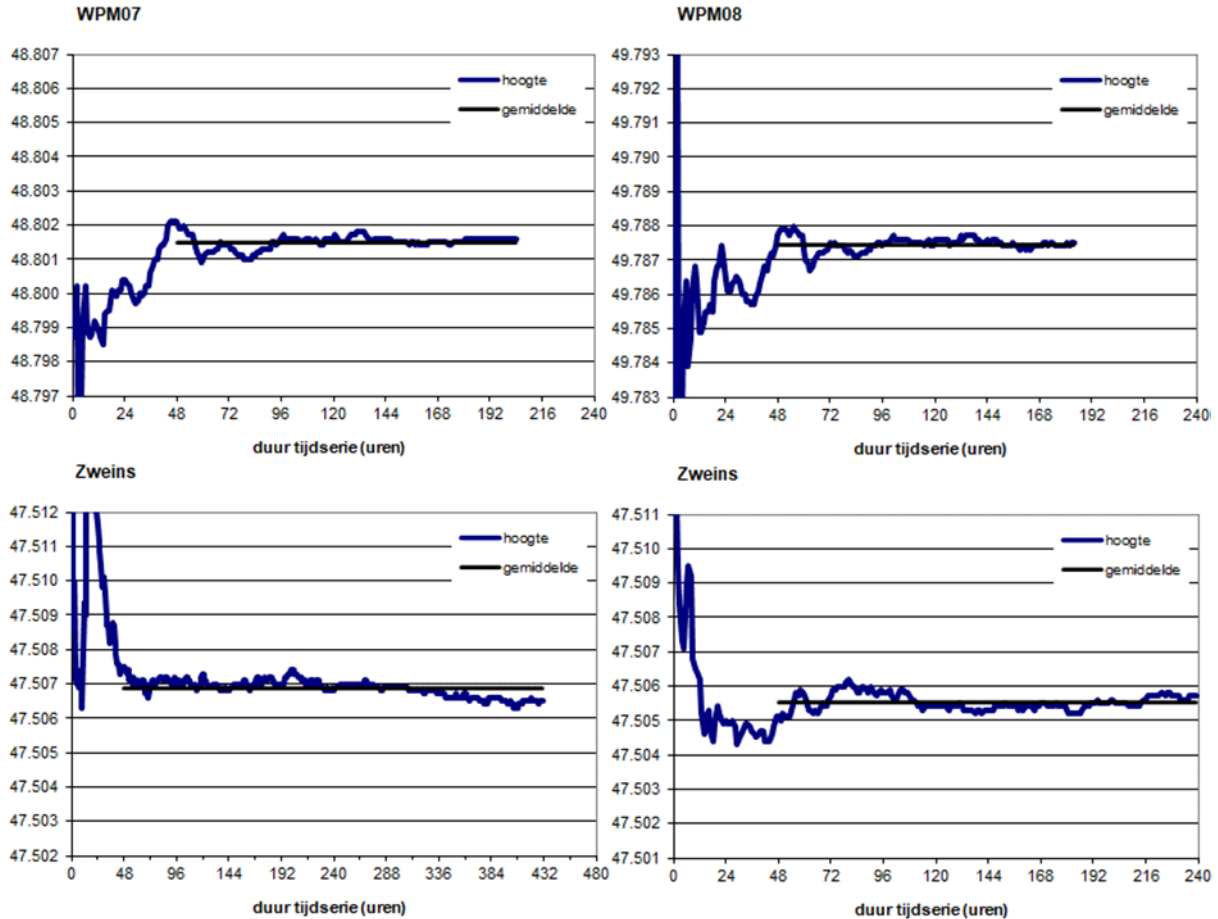
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	10-10-2022	16-10-2022
CGPS01	-	leiar10.atx	05-09-2022	22-09-2022
CGPS02	-	leiar10.atx	05-09-2022	22-09-2022
WPM01	1	21274005.atx	07-09-2022	15-09-2022
WPM02	2	21274006.atx	06-09-2022	13-09-2022
WPM04	4	21341009.atx	12-09-2022	19-09-2022
WPM05	5	21341010.atx	09-09-2022	15-09-2022
WPM06	6	21349028.atx	08-09-2022	14-09-2022
WPM07	1	21274005.atx	10-10-2022	18-10-2022
WPM08	2	21274006.atx	10-10-2022	17-10-2022
Zweins	-	leiar10.atx	05-09-2022	22-09-2022
Zweins	-	leiar10.atx	09-10-2022	18-10-2022

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 31.80949	5 24 40.94375	51.7180	0.0003	-0.0023
CGPS01	53 12 7.53211	5 22 34.79953	51.6697	0.0013	-0.0085
CGPS02	53 12 54.94254	5 23 19.89027	52.5300	0.0008	-0.0168
WPM01	53 13 50.65447	5 24 12.12037	45.2500	0.0003	-0.0017
WPM02	53 12 49.85693	5 21 13.47151	44.6092	0.0007	-0.0036
WPM04	53 12 16.98666	5 21 57.02942	44.3771	0.0001	-0.0074
WPM05	53 11 39.99049	5 21 55.75799	44.4856	0.0003	-0.0039
WPM06	53 12 17.92492	5 23 48.16611	44.3785	0.0003	-0.0173
WPM07	53 10 46.07659	5 25 3.65948	48.8015	0.0002	0.0001
WPM08	53 11 46.89412	5 25 47.17750	49.7875	0.0002	-0.0013
Zweins	53 11 39.64299	5 36 9.90935	47.5069	0.0002	-0.0010
Zweins	53 11 39.64297	5 36 9.90932	47.5055	0.0002	-0.0024







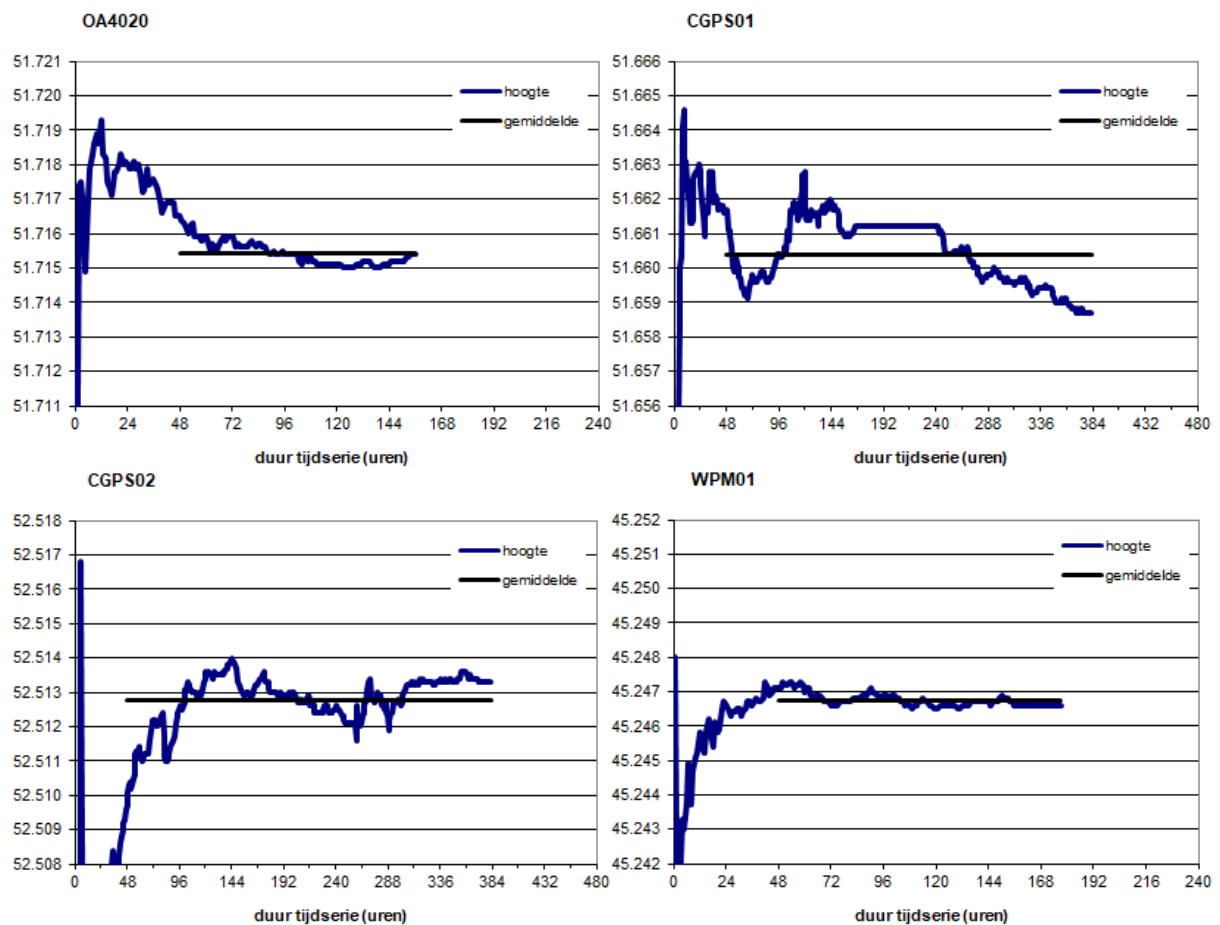
4.5 5^e meting (10-10-2023)

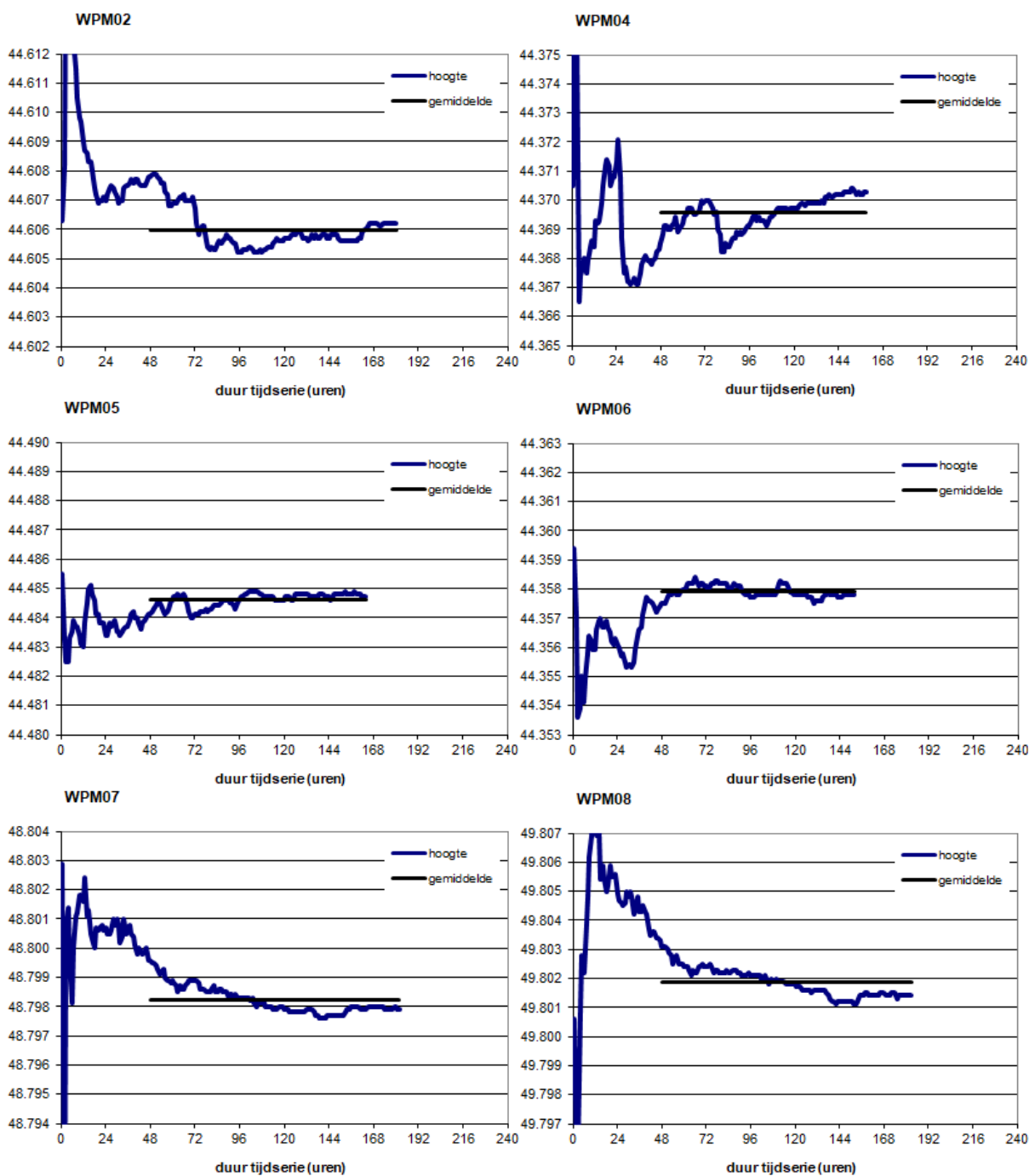
De 5^e meting heeft plaatsgevonden tussen 4 september en 10 oktober 2023. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

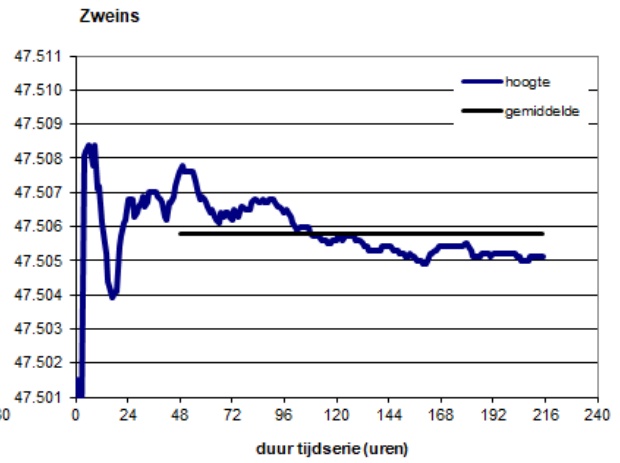
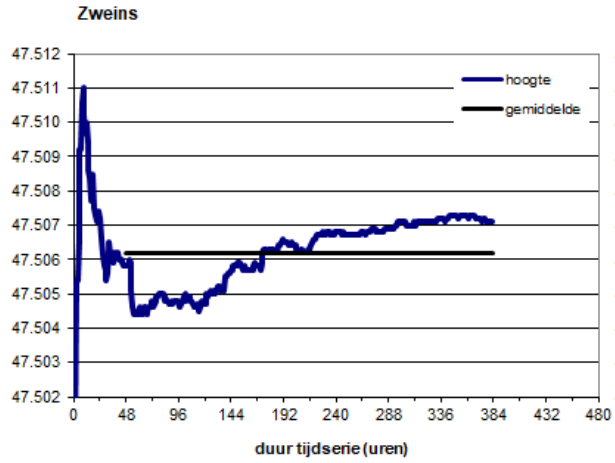
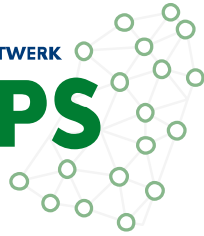
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	02-10-2023	08-10-2023
CGPS01	-	leiar10.atx	04-09-2023	19-09-2023
CGPS02	-	leiar10.atx	04-09-2023	19-09-2023
WPM01	1	21274005.atx	12-09-2023	19-09-2023
WPM02	2	21274006.atx	06-09-2023	13-09-2023
WPM04	4	21341009.atx	05-09-2023	11-09-2023
WPM05	5	21341010.atx	05-09-2023	12-09-2023
WPM06	6	21349028.atx	11-09-2023	17-09-2023
WPM07	1	21274005.atx	02-10-2023	09-10-2023
WPM08	2	21274006.atx	02-10-2023	09-10-2023
Zweins	-	leiar10.atx	04-09-2023	19-09-2023
Zweins	-	leiar10.atx	02-10-2023	10-10-2023

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	σh	Δh
OA4020	53	10	31.80921	5	24	40.94325	51.7154	0.0004	-0.0049
CGPS01	53	12	7.53230	5	22	34.79995	51.6604	0.0010	-0.0178
CGPS02	53	12	54.94225	5	23	19.89035	52.5128	0.0007	-0.0340
WPM01	53	13	50.65424	5	24	12.12090	45.2468	0.0002	-0.0049
WPM02	53	12	49.85700	5	21	13.47290	44.6060	0.0007	-0.0068
WPM04	53	12	16.98602	5	21	57.03265	44.3696	0.0005	-0.0149
WPM05	53	11	39.98999	5	21	55.75814	44.4846	0.0002	-0.0049
WPM06	53	12	17.92446	5	23	48.16457	44.3579	0.0002	-0.0379
WPM07	53	10	46.07615	5	25	3.66007	48.7982	0.0005	-0.0032
WPM08	53	11	46.68541	5	25	47.08537	49.8019	0.0005	0.0131
Zweins	53	11	39.64299	5	36	9.90929	47.5062	0.0009	-0.0017
Zweins	53	11	39.64298	5	36	9.90927	47.5058	0.0007	-0.0021









Datum
17 oktober 2023

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.4

Pagina
20 van 24

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. callibratiefile
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. callibratiefile
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

coördinaten referentiestations 22-09-2022

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	22-9-2022	53	3	1.77426	4	48	10.09336	56.2998	0.148	-0.0030	TPSCR.G5C.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	22-9-2022	53	6	31.75494	6	4	58.04624	56.3540	0.147	-0.0019	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	22-9-2022	53	28	38.43887	6	9	44.16432	50.8030	0.148	-0.0002	2170643.ant
ters	terschelling	AGRS	fixed	22-9-2022	53	21	45.84857	5	13	9.78837	56.0968	0.000	-0.0015	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 18-10-2022

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	16-10-2022	53	10	31.80949	5	24	40.94375	51.7180	0.000	-0.0023	21341009.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	22-9-2022	53	12	7.53211	5	22	34.79953	51.6697	0.000	-0.0085	leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	22-9-2022	53	12	54.94254	5	23	19.89027	52.5300	0.000	-0.0168	leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	15-9-2022	53	13	50.65447	5	24	12.12037	45.2500	0.000	-0.0017	21274005.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	13-9-2022	53	12	49.85693	5	21	13.47151	44.6092	0.000	-0.0036	21274006.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	19-9-2022	53	12	16.98666	5	21	57.02942	44.3771	0.000	-0.0074	21341009.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	15-9-2022	53	11	39.99049	5	21	55.75799	44.4856	0.000	-0.0039	21341010.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	14-9-2022	53	12	17.92492	5	23	48.16611	44.3785	0.000	-0.0173	21349028.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	18-10-2022	53	10	46.07659	5	25	3.65948	48.8015	0.000	0.0001	21274005.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	17-10-2022	53	11	46.89412	5	25	47.17750	49.7875	0.000	-0.0013	21274006.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	22-9-2022	53	11	39.64299	5	36	9.90935	47.5069	0.000	-0.0010	leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	18-10-2022	53	11	39.64297	5	36	9.90932	47.5055	0.000	-0.0024	leiar10.atx



Datum
17 oktober 2023

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.4

Pagina
24 van 24

coördinaten referentiestations 19-09-2023

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	22-9-2022	53	3	1.77426	4	48	10.09336	56.2998	0.148	-0.0030	TPSCR.G5C.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	22-9-2022	53	6	31.75494	6	4	58.04624	56.3540	0.147	-0.0019	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	22-9-2022	53	28	38.43887	6	9	44.16432	50.8030	0.148	-0.0002	2170643.ant
ters	terschelling	AGRS	fixed	22-9-2022	53	21	45.84857	5	13	9.78837	56.0968	0.000	-0.0015	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 10-10-2023

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	8-10-2023	53	10	31.80921	5	24	40.94325	51.7154	0.000	-0.0049	21341009.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	19-9-2023	53	12	7.53230	5	22	34.79995	51.6604	0.000	-0.0178	leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	19-9-2023	53	12	54.94225	5	23	19.89035	52.5128	0.000	-0.0340	leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	19-9-2023	53	13	50.65424	5	24	12.12090	45.2468	0.000	-0.0049	21274005.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	13-9-2023	53	12	49.85700	5	21	13.47290	44.6060	0.000	-0.0068	21274006.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	11-9-2023	53	12	16.98602	5	21	57.03265	44.3696	0.000	-0.0149	21341009.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	12-9-2023	53	11	39.98999	5	21	55.75814	44.4846	0.000	-0.0049	21341010.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	17-9-2023	53	12	17.92446	5	23	48.16457	44.3579	0.000	-0.0379	21349028.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	9-10-2023	53	10	46.07615	5	25	3.66007	48.7982	0.000	-0.0032	21274005.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	9-10-2023	53	11	46.68541	5	25	47.08537	49.8019	0.000	0.0131	21274006.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	19-9-2023	53	11	39.64299	5	36	9.90929	47.5062	0.000	-0.0017	leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	10-10-2023	53	11	39.64298	5	36	9.90927	47.5058	0.000	-0.0021	leiar10.atx

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

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2023

projectnummer 04825281.100

24 januari 2024 revisie 01

Frisia Zout B.V.



Referentiemeting			2020**	2021	2022	2023						
Peilmerk- nummer	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Datum	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff t.o.v. nulmeting (mm)	Diff 2020- 2023 (mm)	Diff 2022- 2023 (mm)	Opmerking	X-RD (m)	Y-RD (m)
00010	0,989	11-19	0,984	0,986	0,985	0,988	-2	4	3		158503,00	580302,00
00014	2,086	11-19	2,078	2,077	2,070					2023: Niet bereikbaar.	158861,88	580019,57
00015	1,955	12-21	1,955	1,956	1,954	1,955	0	0	1		159203,23	579347,30
00020	-1,004	12-21	-1,004	-1,004	-1,003	-1,002	2	2	1		159582,18	577893,65
00021	0,722	12-21	0,722	0,721	0,720	0,722	0	0	2		160107,22	578341,56
00022	0,086	12-21	0,086	0,084	0,085	0,087	1	1	2		159605,85	577485,99
00023	-0,065	12-21	-0,065	-0,065	-0,066	-0,064	1	1	2		160113,36	578534,29
00029	0,794	11-19	0,789	0,790	0,788	0,790	-4	0	2		158146,00	579092,00
00030	1,391	11-19	1,386	1,387	1,385	1,388	-4	1	3		158612,14	579819,98
00040	0,779	11-19	0,779	0,780	0,780	0,779	0	-1	-1		158275,00	576414,00
00041	0,863	11-19	0,862	0,863	0,861	0,859	-4	-3	-2		157788,00	576404,00
00045	5,573	11-19	5,569	5,566	5,567	5,565	-7	-4	-2		157682,14	578237,03
00046	6,142	11-19	6,138	6,136	6,139	6,138	-3	0	-1		157496,00	577793,00
00047	2,934	11-19	2,933	2,932	2,933	2,932	-2	-1	-1		157157,46	577450,13
00065	0,770	11-19	0,770	0,770	0,770	0,769	-1	-1	-1		158406,00	576894,00
00107	1,668	11-19	1,667	1,667	1,666	1,667	-1	0	1		157028,68	576736,05
00326	4,481	11-19	4,477	4,474	4,472					2023: Niet bereikbaar.	157842,92	578769,50
00327	4,917	11-19	4,913	4,914	4,910	4,910	-7	-3	0		157928,93	578878,62
00328	4,878	11-19	4,875	4,876	4,872	4,873	-5	-2	0		157940,89	578895,88
00329	3,888	11-19	3,886	3,886	3,884	3,885	-3	-1	1		156963,13	576963,76
00330	3,888	11-19	3,886	3,886	3,884	3,885	-3	-1	1		156974,30	576967,37
00332	3,885	11-19	3,883	3,882	3,881	3,882	-3	-1	1		156971,56	576976,49
03042	4,182	11-19	4,182	4,182	4,181	4,181	-1	-1	0		157202,89	577277,10
04031	9,586	11-19	9,577	9,581	9,579					2023: Niet bereikbaar.	158004,53	579298,36
04032	1,238	11-19	1,231	1,235	1,233	1,234	-4	3	1		158029,15	579286,87
04033	0,027	11-19	0,018	0,022	0,021	0,022	-4	4	1		158031,78	579189,31
000A2748*	0,172	12-21	0,172	0,172	0,172	0,172	0		0	Aansluitpunt.	159809,10	577386,80
000A2760	0,284	11-19	0,284	0,284							169295,00	578595,00
000A2907	3,385	11-19	3,382	3,381	3,381	3,381	-3	-1	1		157858,00	578747,00
000A2908	2,706	11-19	2,705	2,705	2,705	2,706	0	1	1		157023,00	576980,00
000A4020	6,988	11-19	6,986	6,988	6,985	6,988	0	2	4		156613,04	576552,19
000A5020	6,398	10-21		6,398		6,398	0				156611,00	576553,19
005D0003	3,399	11-19	3,395	3,395	3,395	3,393	-5	-2	-2		156837,89	576063,35
005D0004	1,721	11-19	1,720	1,720	1,720	1,719	-2	0	-1		157132,70	576265,90
005D0005	2,012	11-19	2,011	2,012	2,011	2,010	-2	-1	-1		157186,54	576478,23
005D0007	2,114	11-19	2,115	2,115	2,115	2,116	2	1	1		157302,53	576983,16
005D0012	2,648	12-21	2,648	2,650	2,648	2,649	1	1	1		159006,84	577253,41
005D0015	0,815	11-19	0,810	0,811	0,808	0,811	-4	1	3		158756,53	578750,97
005D0017	1,006	12-21	1,006	1,007	1,004	1,006	1	1	2		158796,00	579667,00
005D0037	2,699	11-19	2,695	2,697	2,697	2,696	-3	0	-1		157116,93	576123,56
005D0040	0,384	12-21	0,384	0,383	0,382	0,382	-2	-2	0		159818,12	578577,57
005D0057	0,815	11-19	0,810	0,811	0,810	0,810	-5	0	0		158017,96	579193,76
005D0059	1,784	12-21		1,784	1,782	1,784	0		2		159700,00	577440,00
005D0066	2,255	11-19	2,255	2,255	2,256	2,257	1	1	1		157760,40	577159,98
005D0067	0,954	11-19	0,952	0,952	0,952	0,952	-2	0	0		158482,00	577524,70
005D0068	3,655	11-19	3,653	3,651	3,653	3,649	-6	-3	-3		156880,00	575879,00
005D0070	5,470	11-19	5,469	5,468	5,469	5,470	0	1	0		158210,00	577760,00
005D0072	6,132	11-19	6,130	6,131	6,128	6,131	-1	1	3		156614,30	576558,30
005D0074	1,047	11-19	1,042	1,044	1,040	1,043	-4	1	3		158614,01	578078,86
005D0081	6,461	11-19	6,459	6,461		6,459	-3	-1		2023: Opnieuw opgenomen	156630,00	576560,00
005D0082	0,650	11-19	0,649	0,650	0,650	0,651	1	2	1		158477,87	577002,97
005D0083	4,784	11-19	4,780	4,781	4,777	4,776	-8	-4	-1		158086,80	578845,90
005D0087	4,952	11-19	4,943	4,943	4,942	4,940	-12	-3	-1		158550,00	578050,00
005D0095	4,531	11-19	4,528	4,526							156727,00	576050,00
005D0096	4,513	11-19	4,511	4,509	4,511	4,508	-5	-2	-2		156486,91	576060,44
005D0097	4,756	11-19	4,753	4,751	4,753	4,750	-5	-3	-3		156100,29	576424,34
005D0098	5,275	11-19	5,273	5,272	5,271	5,270	-5	-3	-1		156269,28	576517,31

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2023

projectnummer 04825281.100

24 januari 2024 revisie 01

Frisia Zout B.V.



Referentiemeting												
Peilmerknummer	Hoogte t.o.v. NAP (m)	Datum	2020** Hoogte t.o.v. NAP (m)	2021 Hoogte t.o.v. NAP (m)	2022 Hoogte t.o.v. NAP (m)	2023 Hoogte t.o.v. NAP (m)	Diff t.o.v. nulmeting (mm)	Diff 2020-2023 (mm)	Diff 2022-2023 (mm)	Opmerking	X-RD (m)	Y-RD (m)
005D0099	6,750	11-19	6,748	6,747	6,747	6,745	-5	-3	-2		156642,56	576852,57
005D0100	7,872	11-19	7,869	7,866	7,866	7,865	-7	-4	-2		156709,75	577241,13
005D0101	2,109	11-19	2,109	2,109	2,109	2,109	-1	-1	0		157192,00	576776,00
005D0112	6,390	11-22			6,390	6,393	2		2		156610,00	576550,00
005D0113	4,351	11-22			4,351	4,349	-2		-2		156733,00	576050,00
005D0114	2,160	11-22			2,160	2,162	2		2		159600,00	579062,00
005D0115	-1,023	10-23				-1,023				2023: Nieuw	159245,00	577585,00

* De hoogte van het referentiepeilmerk (00A2748) komt voort uit de berekening van de waterpasmeting Leeuwarden West 2021, gepubliceerd in het document: "Meetregister bij het meetplan Leeuwarden West", "Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2021", kenmerk 472385, d.d. 10 maart 2022.

** Start zoutwinning.

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

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

De berekening van de waterpasmeteringen (Move3 bestanden) behorende bij de waterpasmetering 'Harlingen-West' worden digitaal geleverd bij deze rapportage.

Bijlage 15 Goedkeuringsbrief RWS



Retouradres: Rijkswaterstaat | Postbus 2232 | 3500 GE Utrecht

RWS INFORMATIE

Antea group
t.a.v. dhr. J. Sikken
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN

**Rijkswaterstaat Centrale
Informatievoorziening**

Derde Wereldreef 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

Ons kenmerk

RWS-2023/45025

Uw kenmerk

-

Bijlage(n)

-

Datum 3 november 2023
Onderwerp Concessiemeting Harlingen-west 2023

Geachte heer Sikken,

Bij deze bericht ik u dat we de concessiemeting Harlingen-west 2023, door Antea uitgevoerd in opdracht van Frisia, hebben gecontroleerd. De geleverde producten en de resultaten voldoen aan de productspecificaties "Beheer NAP 2023" van Rijkswaterstaat voor secundaire waterpassingen t.b.v. de bijhouding van het NAP.

Een kopie van deze een brief wordt naar Staatstoezicht op de Mijnen gestuurd.

Met vriendelijke groet,

**B. van
Goor**  Digitaal ondertekend
door B. van Goor
Datum: 2023.11.03
12:02:14 +01'00'

Bas van Goor
Adviseur geodetische infrastructuur

De informatie die in ### is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor ### is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan ### ontlelen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

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 © 2023

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.