



**Monitoring bodemdaling
zoutwinning Waddenzee**
Jaarrapportage 2024

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0491113.100
concept revisie 00
20 januari 2025

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2024

projectnummer 0491113.100
concept revisie 00
20 januari 2025

Auteur(s)

J. Sikken
P. Meinders

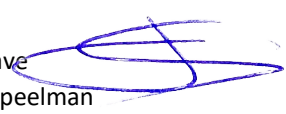
Opdrachtgever

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

datum
20 januari 2025

beschrijving
Definitief rev 0

vrijgave
A.J. Speelman



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Continue GNSS-monitoring	7
2.1	Meetprocedure- en techniek continue GNSS-monitoring	9
2.2	Verwerking GNSS-data continue GNSS-monitoring	9
2.3	Resultaten continue GNSS-monitoring	10
3.	Jaarlijkse GNSS-monitoring	13
3.1	Meetprocedure- en techniek jaarlijkse GNSS-monitoring	14
3.2	Kalibratie GNSS-antennes	15
3.3	Metingen niet permanente GNSS-locaties	15
3.4	Meetchronologie niet permanente GNSS-metingen	16
3.5	Weersomstandigheden	16
3.6	Verwerking en resultaten niet permanente GNSS-metingen	17
3.7	Controle metingen permanente GNSS-stations	22
3.8	Multi-baseline berekeningen GNSS metingen	24
3.9	Combinatie antennemetingen	25
3.10	Referentiepeilmerk	28
3.11	Differentiestaat	28
3.12	Resultaten	30
4.	Waterpasmeting meetnet 'Harlingen-West'	32
4.1	Meetnet	32
4.2	Metingen	33
4.3	Uitvoering	33
4.4	Coördinaten	34
4.5	Toetsing en vereffening	36
4.6	Resultaten waterpasmeting Harlingen-West	37
5.	Samenvatting	38
5.1	Continue GNSS monitoring	38
5.2	Jaarlijkse 'Wad' meetcampagne	38
5.3	Jaarlijkse waterpasmeting	38
6.	Referenties	39

Bijlagen

- Bijlage 1 Deformatienet Zoutwinning Waddenzee - Overzichtskaarten**
- Bijlage 2 Continue GNSS-monitoring - Grafieken**
- Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring - Ruwe meet data in Excel format**
- 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 Waterpasmeting 'Harlingen-West' - Differentiestaat**
- Bijlage 14 Waterpasmeting 'Harlingen-West' (MOVE3) - Berekening**
- 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.

Het doel van deze monitoring is het vastleggen van een mogelijke 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 2024, van de metingen van de permanente monitoringsstations, worden in deze rapportage weergegeven. De werkzaamheden en resultaten van de continue GNSS-monitoring worden in hoofdstuk 2 weergegeven.

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

- Het inrichten 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, CGPS02, Zweins 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 (september 2024) betreft de vijfde 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:

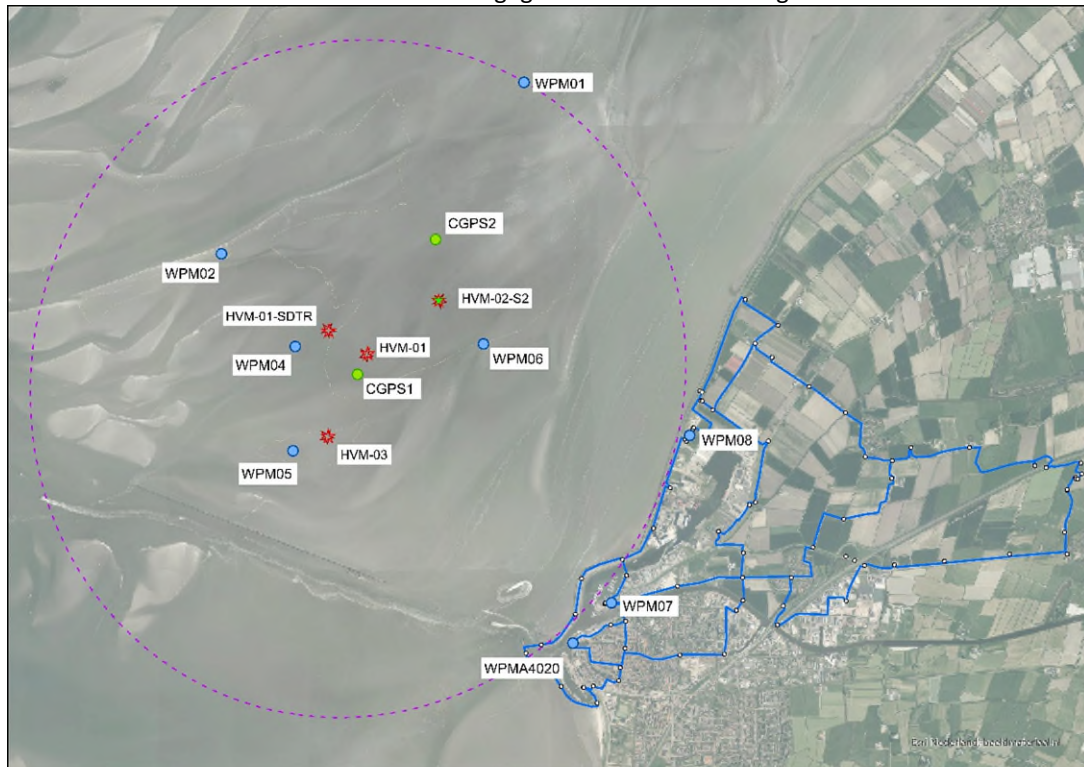
- Het inrichten en operationeel maken van acht meetlocaties (WPM01, WPM02, WPM04, WPM05, WPM06, WPM07, WPM08 en WPM0A4020);
- Het uitvoeren van GNSS-metingen op deze acht locaties;
- Het uitvoeren van antennemetingen (waterpassingen) bij op- en afbouw;
- Het berekenen en vereffenen van de waterpasmetingen;

- 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 2024 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 (2024) betreft de vijfde herhalingsmeting. De resultaten van deze waterpasmeting zijn in deze rapportage weergegeven in hoofdstuk 4.

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



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

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) die zich binnen de geprognostiseerde invloedsfeer van zoutwinning bevinden en één permanent GNSS-station (Zweins) die verondersteld wordt buiten de invloedsfeer van mijnbouwactiviteiten te liggen. Dit laatste station dient als het zogenaamde referentiestation en is sinds 2009 operationeel.

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

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

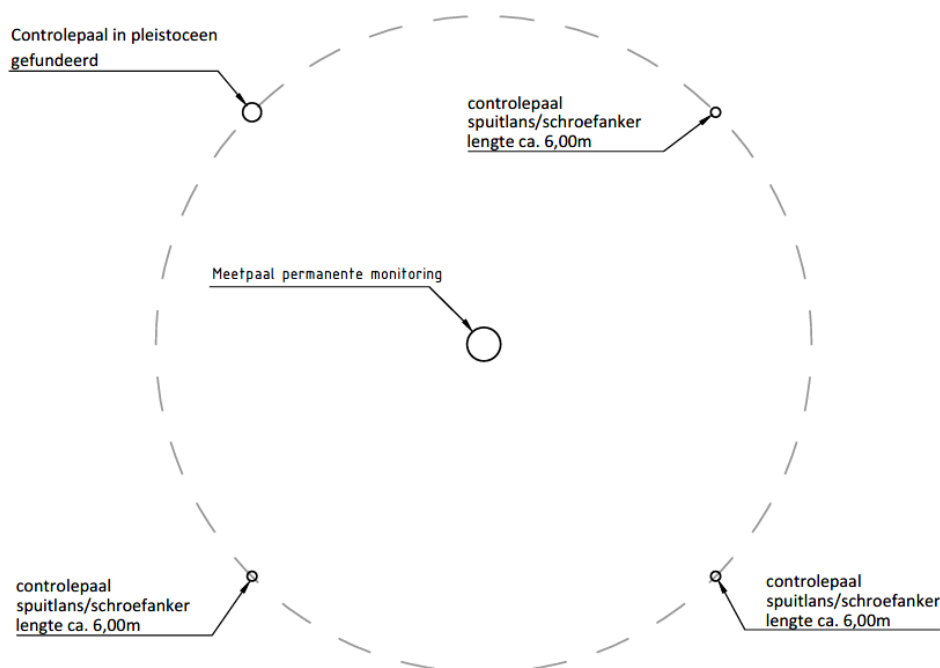
Tabel 1: Posities permanente GNSS-stations

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

- Een op het pleistoceen gefundeerde stalen buis. Deze stalen buis is bestand tegen invloeden van buitenaf. De buis bestaat uit een gecoate buis met een 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 figuur2.

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



Figuur 2: Schematische weergave meetpunten continue monitoring

2.1 Meetprocedure- en techniek continue GNSS-monitoring

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



Figuur 3: Leica AR10 GNSS-antenne



Figuur 4: Leica GR50 GNSS-ontvanger

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

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

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 door middel van een post-processing (single-baseline berekening) ten opzichte van het referentiepunt (Zweins). Deze berekeningen worden uitgevoerd met de applicatie 'Leica Spider' waarmee onder andere 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 december 2024 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 initiële 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 initiële hoogte $A = 1.80$ mm
en snelheid $B = 0.04$ mm/jaar

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

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

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

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

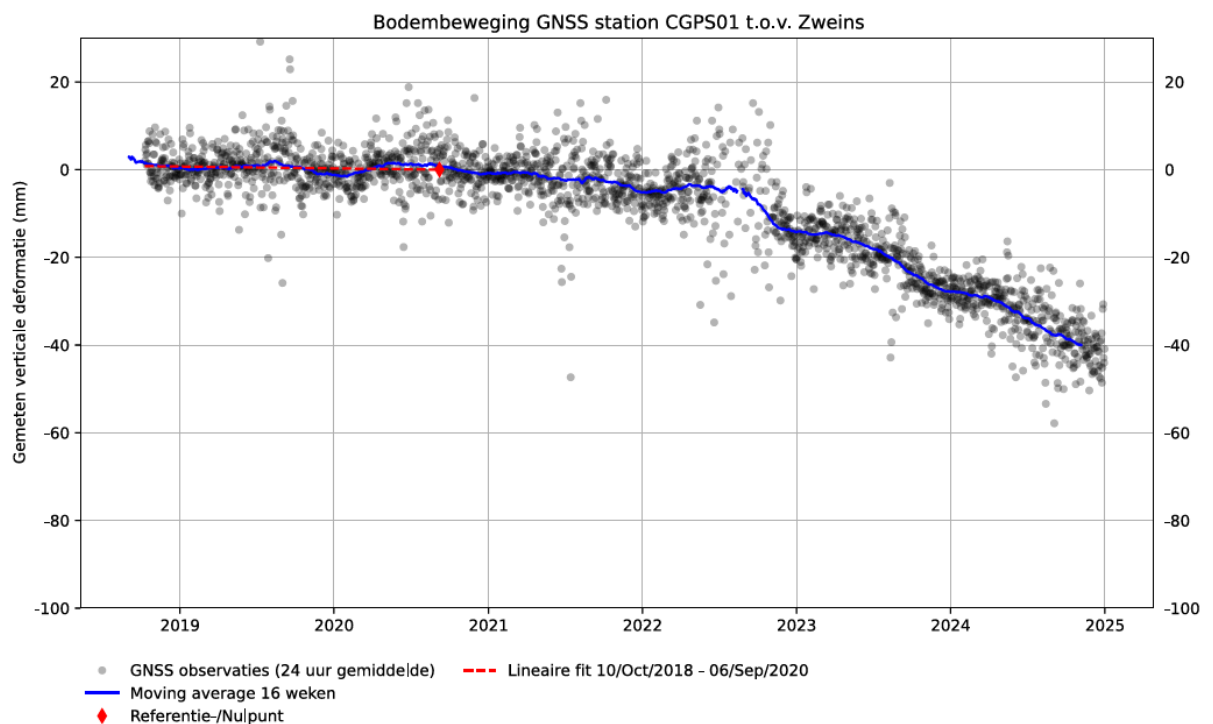
De continue GNSS-metingen worden op basis van single-baseline berekeningen, verwerkt ten opzichte van het referentiestation Zweins. Hierbij vindt een filteringsprocedure plaats om uitschieters te verwijderen en alleen metingen met een voldoende coördinaat-kwaliteit te behouden. Deze methode is minder 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 in de stabiliteit van de bodem. Bij een 24-uurs gemiddelde is de standaard deviatie 12 mm (95%-betrouwbaarheidsinterval).

Ervan 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.

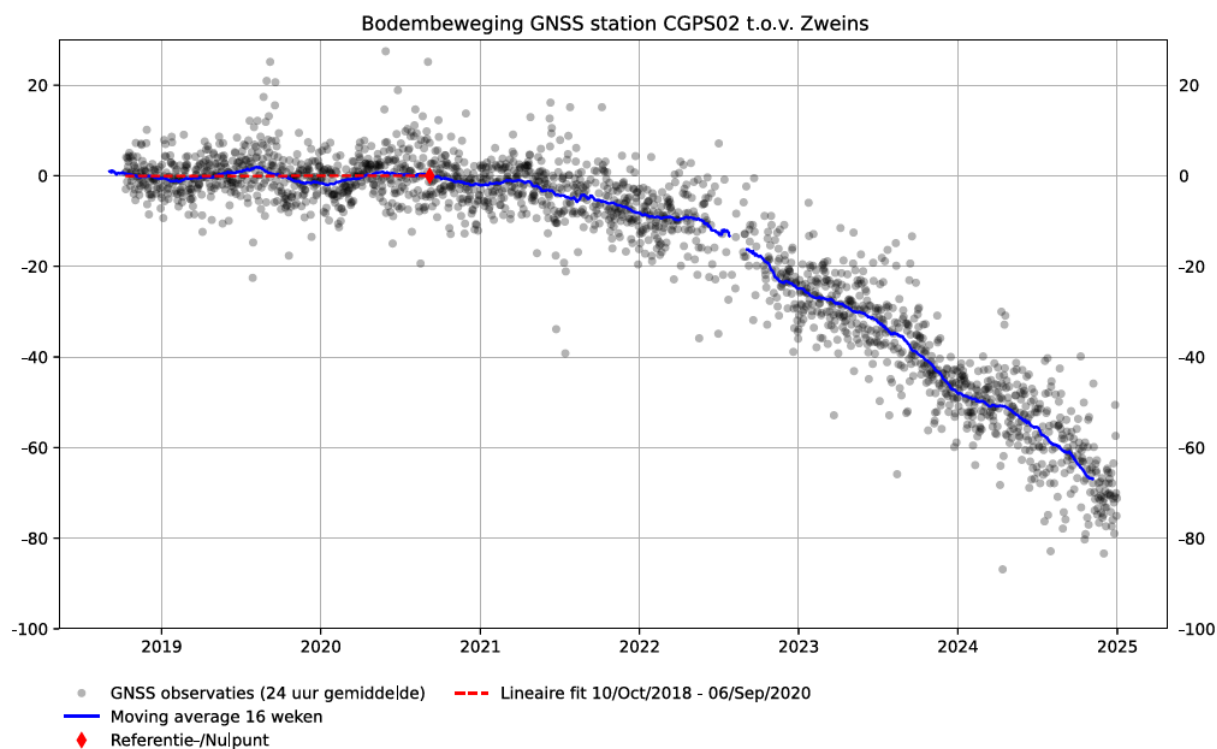
Zoals hierboven aangegeven is de trend van de hoogte van station CGPS01 en CGPS02 vóór aanvang van de zoutwinning nagenoeg stabiel. In de periode oktober 2018 (start metingen) tot september 2020 is er een bodembeweging gemeten van -0.80 mm voor CGP01 en van 0,07 mm voor station CGPS02.

Deze rapportage betreft de periode tot en met 31 december 2024. 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 2024).

Sinds de start van de zoutwinning op 7 september 2020 bedraagt de daling van de twee vaste meetpalen voor continue monitoring (moving average, 8 weken voor einde jaar) -40 mm voor CGPS01 en -67 mm voor CGPS 02. De gemeten dalingen zijn bepaald door middel van single-baseline berekeningen ten opzichte van het referentiestation 'Zweins' en worden in onderstaande grafieken weergegeven (zie ook bijlage 2).



Grafiek 1: Bodembeweging CGPS01

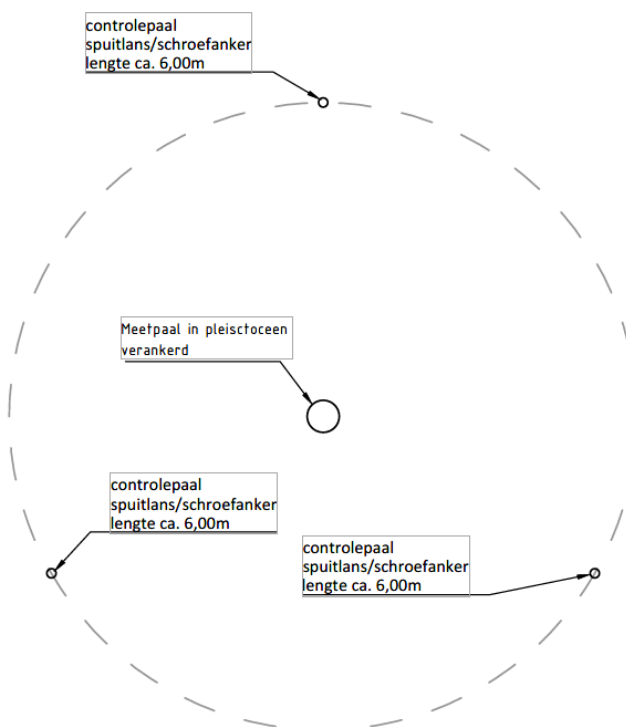


Grafiek 2: Bodembeweging CGPS02

3. Jaarlijkse GNSS-monitoring

Naast de in hoofdstuk 2 behandelde permanente GNSS-stations zijn in het meetplan acht (8) meetlocaties bepaald die door middel van een periodieke (jaarlijkse) meetcampagne met mobiele GNSS-masten worden gemeten. De meetlocaties zijn weergegeven in 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 5: 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 die dienen als meetpunten en geschikt zijn voor het aanmeten met een waterpasbaak. Daarnaast zijn de masten voorzien van een signaleringslicht ten behoeve van de zichtbaarheid voor de scheepvaart.

Op de mast wordt een AR20 antenne geplaatst, die op de mast wordt 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 die nabij het ondergrondse diep gefundeerde meetpunt in de grond wordt aangebracht (WMP07; WMP08 en WMP0A4020). Onderaan de mast bevindt zich een waterdichte kunststof kist waarin de GNSS-ontvanger en een accu worden geplaatst.

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

Door de grote brand bij de Nesta-opslaglocatie van 23 januari 2024 zijn alle hiervoor gebruikte GPS-antennes en antennemasten echter verloren gegaan. Voor de meetcampagne 2024 zijn dan ook nieuwe masten geconstrueerd en antennes aangeschaft. De masten zijn gelijk aan de verloren gegane antennemasten. De nieuw aangeschafte antennes zijn van hetzelfde merk en type (Leica AR20) als de verloren gegane antennes en gekalibreerd.



Figuur 6: Meetopstelling jaarlijkse GNSS monitoring

Meetpaal	Serienummer antenne	Meetlocatie
1	25299021	WPM01 + WPM07
2	25299037	WPM05 + WPM08
4	25299038	WPM04 + 0A4020
5	25299012	WPM02
6	25299022	WPM06

Tabel 2: Nieuwe serienummers GNSS-antennes.

3.2 Kallibratie GNSS-antennes

Absolute antenne kalibratie

Nauwkeurige GNSS-metingen vereisen een gedetailleerde beschrijving van de ontvangst-karakteristieken van de GNSS-antennes. Hiervoor is door GEO++ van elke nieuwe AR20 GNSS-antenne een antenne-kalibratie uitgevoerd. De resultaten van deze kalibratie zijn vermeld in bijlage 9.

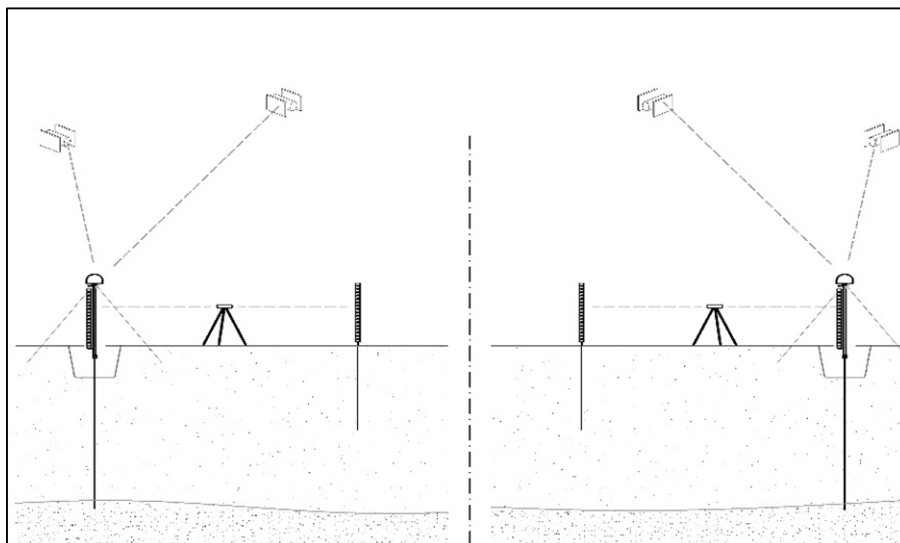
Controle meting masten en antennes

Daarnaast zijn voorafgaand aan en na afloop van het uitvoeren van de jaarlijkse GNSS-metingen controlemetingen 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 minimaal vijf 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 tot en met 12.



Figuur 7: 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	25299021	3230485	9-9-2024	19-9-2024
5	WPM02	25299012	3230491	17-9-2024	23-9-2024
4	WPM04	25299038	3230500	17-9-2024	25-9-2024
2	WPM05	25299037	3230501	16-9-2024	21-9-2024
6	WPM06	25299022	3230502	18-9-2024	24-9-2024
1	WPM07	25299021	3230485	10-10-2024	18-10-2024
2	WPM08	25299037	3230491	10-10-2024	18-10-2024
4	WPM0A4020	25299038	3230500	10-10-2024	18-10-2024

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 gelegen nabij het projectgebied.

Datum	Wind-richting	Windkracht (Bft)	Bewolking	Neerslag (mm)	Temp. Lucht (°C)
9-9-2024	WNW	3	Half tot zwaar bewolkt	0,6	16,3
10-9-2024	WZW	5	Geheel bewolkt	7,5	14,6
11-9-2024	W	3	Zwaar bewolkt	9,6	11,3
12-9-2024	W	3	Vrijwel geheel bewolkt	1,5	11,8
13-9-2024	NNW	3	Half tot zwaar bewolkt	0,1	13,7

Datum	Wind- richting	Windkracht (Bft)	Bewolking	Neerslag (mm)	Temp. Lucht (°C)
14-9-2024	W	2	Half tot zwaar bewolkt	0,0	12,5
15-9-2024	ZW	3	Zwaar bewolkt	0,5	15,7
16-9-2024	N	3	Zwaar bewolkt	0,4	16,3
17-9-2024	NO	4	Geheel bewolkt	0,0	16,6
18-9-2024	ONO	4	Half bewolkt	0,0	16,8
19-9-2024	ONO	4	Half bewolkt	0,0	16,1
20-9-2024	ONO	4	Vrijwel onbewolkt	0,0	17,2
21-9-2024	ONO	3	Onbewolkt	0,0	16,2
22-9-2024	ONO	2	Zwaar bewolkt	0,0	16,1
23-9-2024	Z	3	Zwaar bewolkt	0,2	16,9
24-9-2024	ZW	4	Half bewolkt	2,3	15,2
25-9-2024	ZW	4	Geheel bewolkt	1,8	14,2
10-10-2024	NNW	4	Vrijwel geheel bewolkt	4,6	11,5
11-10-2024	W	4	Licht bewolkt	<0.05	10,4
12-10-2024	Z	4	Vrijwel geheel bewolkt	8,5	9,9
13-10-2024	WNW	5	Zwaar bewolkt	1,3	11,0
14-10-2024	ZO	2	Half bewolkt	0,0	8,4
15-10-2024	OZO	4	Half tot zwaar bewolkt	0,0	9,7
16-10-2024	OZO	4	Vrijwel geheel bewolkt	0,0	12,3
17-10-2024	Z	3	Geheel bewolkt	1,7	14,1
18-10-2024	NO	2	Geheel bewolkt	1,5	13,7

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 tot en met 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: 09-09-2024	Meetdatum: 24-09-2024		
11001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1354	0,1353	0,1354	-0,0001
11002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1820	0,1819	0,1820	-0,0001
11003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2213	0,2213	0,2213	0,0000
11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
110041	Bout onderzijde antennemast	0,7176	0,7178	0,7177	0,0002
110042	Bout bovenzijde antennemast	2,9999	2,9999	2,9999	0,0000
Antennerand centrum gemiddeld		4,0256	4,0257	4,0257	0,0001
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,9934	

Tabel 5: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM01

Tijdelijk GNSS-meetstation 2 Locatie WPM02					
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 12004					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 16-09-2024	Meetdatum: 23-09-2024		
12001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2296	0,2292	0,2294	-0,0004
12002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2435	0,2433	0,2434	-0,0002
12003	Controlepaal (spuitlanspaal)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
120041	Bout onderzijde antennemast	0,7131	0,7128	0,7130	-0,0003
120042	Bout bovenzijde antennemast	2,9997	2,9995	2,9996	-0,0002
Antennerand centrum gemiddeld		4,0264	4,0261	4,0262	-0,0003
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,9939	

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: 17-09-2024	Meetdatum: 25-09-2024		
14001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1909	0,1910	0,1910	0,0001
14002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2173	0,2171	0,2172	-0,0002
14003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1709	0,1712	0,1711	0,0003
14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
140041	Bout onderzijde antennemast	0,7159	0,7159	0,7159	0,0000
140042	Bout bovenzijde antennemast	3,0002	3,0002	3,0002	0,0000
Antennerand centrum gemiddeld		4,0284	4,0284	4,0284	0,0000
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,9961	

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: 17-09-2024	Meetdatum: 23-09-2024		
15001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,3212	0,3212	0,3212	0,0000
15002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2233	0,2233	0,2233	0,0000
15003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2324	0,2324	0,2324	0,0000
15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
150041	Bout onderzijde antennemast	0,7141	0,7141	0,7141	0,0000
150042	Bout bovenzijde antennemast	3,0014	3,0010	3,0012	-0,0004
Antennerand centrum gemiddeld		4,0278	4,0276	4,0277	-0,0002
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,9954	

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: 19-09-2024	Meetdatum: 24-09-2024		
16001	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2405	0,2404	0,2405	-0,0001
16002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2106	0,2104	0,2105	-0,0002
16003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,2435	0,2431	0,2433	-0,0004
16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
160041	Bout onderzijde antennemast	0,7157	0,7154	0,7156	-0,0003
160042	Bout bovenzijde antennemast	3,0005	3,0003	3,0004	-0,0002
Antennerand centrum gemiddeld		4,0280	4,0277	4,0278	-0,0003
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,9955	

Tabel 9: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM06

Tijdelijk GNSS-meetstation Locatie WPM07 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02908					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 11-10-2024	Meetdatum: 17-10-2024		
000A02908	Diep gefundeerd peilmerk (type 'Geo-Delft')	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
329	Peilmerk (bout)	1,1787	1,1789	1,1788	0,0002
330	Peilmerk (bout)	1,1791	1,1792	1,1792	0,0001
332	Peilmerk (bout)	1,1754	1,1755	1,1755	0,0001
17004	Tijdelijk meetpunt	0,6280	0,6283	0,6282	0,0003
170041	Bout onderzijde antennemast	1,3461	1,3463	1,3462	0,0002
170042	Bout bovenzijde antennemast	3,6280	3,6284	3,6282	0,0004
Antennerand centrum gemiddeld		4,6539	4,6542	4,6541	0,0003
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4,6218	

Tabel 10: Resultaten waterpasmeting bij opbouw en demontage WPM07

Tijdelijk GNSS-meetstation Locatie WPM08 Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A02907					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Verschil (M2 - M1)
		Meetdatum: 10-10-2024	Meetdatum: 17-10-2024		
<u>000A02907</u>	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	1.5288	1.5290	-0.0003
328	Peilmerk (bout)	1,4921	1.4919	1.4920	-0.0002
18004	Tijdelijk meetpunt	0,9201	0.9194	0.9198	-0.0007
180041	Bout onderzijde antennemast	1,6344	1.6335	1.6340	-0.0009
180042	Bout bovenzijde antennemast	3,9207	3.9202	3.9205	-0.0005
Antennerand centrum gemiddeld		4,9476	4.9469	4.9473	-0.0007
Δ ARP				0.0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			4.9150	

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: 11-10-2024	Meetdatum: 17-10-2024		
<u>000A4020</u>	Diep gefundeerd peilmerk (type 'Geo-Delft')	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
000A5020	Ondergronds merk	-0,5898	-0,5898	-0,5898	0,0000
005D0072	Peilmerk (bout)	-0,8576	-0,8575	-0,8576	0,0001
005D0081	Peilmerk (bout)	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
005D0112	Peilmerk (bout)	-0,5955	-0,5957	-0,5956	-0,0002
303	Peilmerk (bout)	-0,4342	-0,4340	-0,4341	0,0002
19004	Tijdelijk meetpunt	-0,7467	-0,7467	-0,7467	0,0000
190041	Bout onderzijde antennemast	-0,0302	-0,0302	-0,0302	0,0000
190042	Bout bovenzijde antennemast	2,2530	2,2531	2,2531	0,0001
Antennerand centrum gemiddeld		3,2817	3,2818	3,2817	0,0000
Δ ARP				0,0323	
Antenne gemiddeld	Antennereferentiepunt			3,2494	

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 6^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 8 en 9, 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 4 (M5)	herhalings-meting 5 (M6)	herhalings-meting 6 (M7)	Verschil (M7 - M1)	Verschil (M7 - M6)
		Meetdatum: 9-10-2018	Meetdatum: 21-9-2022	Meetdatum: 7-9-2023	Meetdatum: 19-9-2024		
<u>1001</u>	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1310	0,1267	0,1267	0,1267	-0,0043	0,0000
1003	Controlepaal (spuitlanspaal)	-0,0011	-0,0029	-0,0028	-0,0028	-0,0017	0,0000
1004	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1832	0,1644	0,1643	0,1639	-0,0193	-0,0004
1012	Prisma zijkant bordes		8,8546	8,8551	8,8606	0,0009	0,0055
1013	Prisma zijkant bordes		8,8926	8,8955	8,8959	-0,0010	0,0004
1014	Prisma zijkant bordes		8,8594	8,8599	8,8606	-0,0007	0,0007
ARP gemiddeld	antennereferentiepunt	11,1697	11,1626	11,1647	11,1660	-0,0037	0,0013

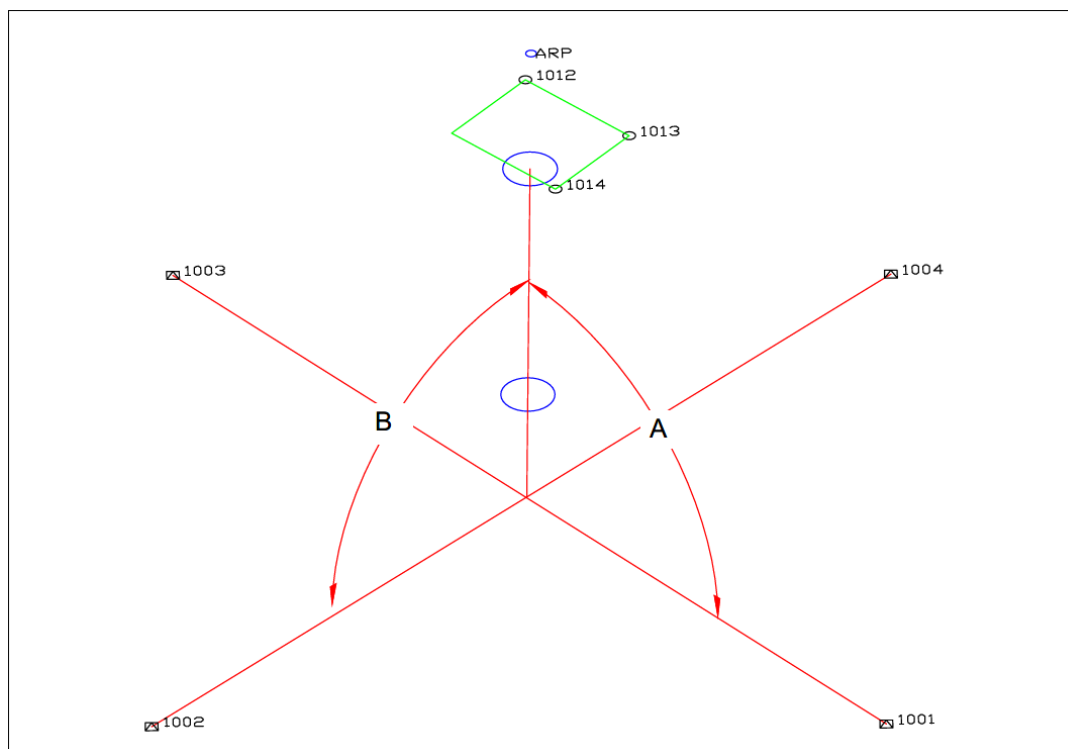
Tabel 13: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS01

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: 15-9-2022	Meetdatum: 8-9-2023	Meetdatum: 20-9-2024		
<u>2001</u>	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2002	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1021	0,0985	0,0983	0,0978	-0,0043	-0,0005
2003	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,1188	0,1177	0,1174	0,1171	-0,0017	-0,0003
2004	Controlepaal (spuitlanspaal)	0,0899	0,0855	0,0853	0,0851	-0,0048	-0,0002
2012	Prisma zijkant bordes		9,3393	9,3385	9,3408	-0,0022	0,0023
2013	Prisma zijkant bordes		9,3625	9,3654	9,3636	-0,0031	-0,0018
2014	Prisma zijkant bordes		9,3633	9,3649	9,3634	-0,0036	-0,0015
ARP gemiddeld	antennereferentiepunt	11,6635	11,6571	11,6585	11,6594	-0,0041	0,0009

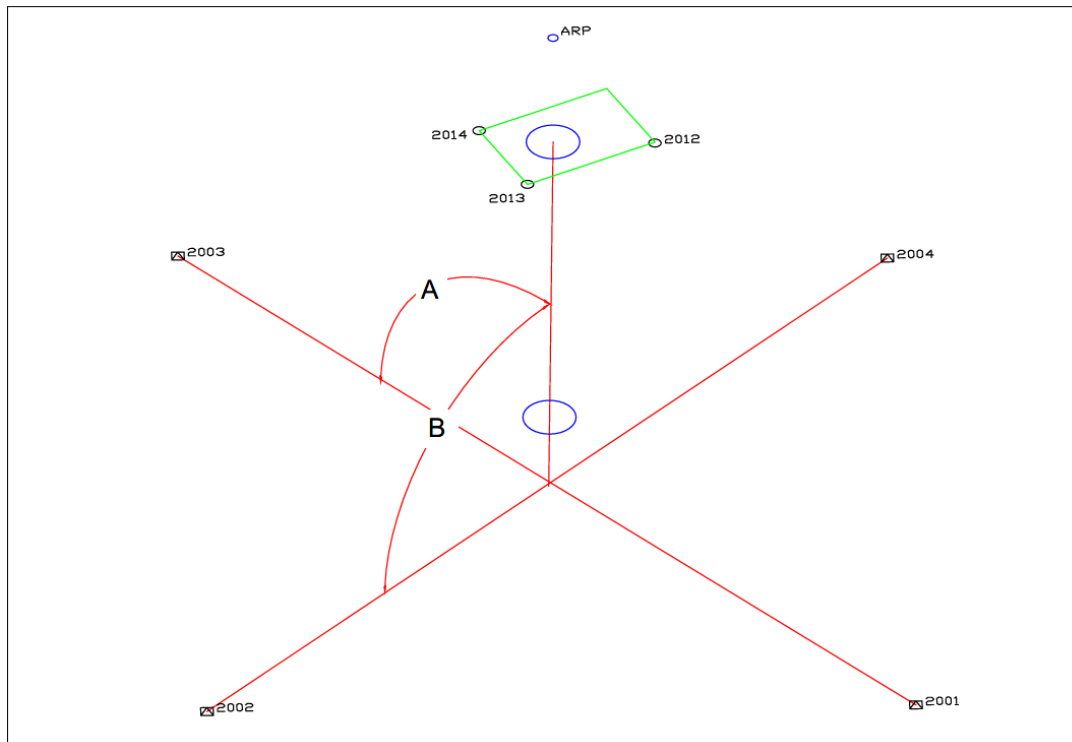
Tabel 14: Resultaten controle meting permanente meetpaal CGPS02

	Richting			2019	2020	2021	2022	2023	2024	Vershil 2023- 2024	Vershil 2019- 2024
CGPS01	A	1001	1003	89,43°	89,02°	89,03°	89,02°	89,07°	88,88°	-0.19	-0.55
	B	1002	1004	89,80°	89,81°	89,88°	89,76°	89,71°	89,70°	-0.01	-0.10
CGPS02	A	2003	2001	89,80°	89,78°	89,82°	89,75°	89,81°	89,80°	0.01	0.00
	B	2002	2004	90,65°	90,47°	90,64°	90,63°	90,57°	90,60°	0,03	-0.05

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



Figuur 8: Scheefstand en puntnummering meetpaal CGPS01



Figuur 9: Scheefstand en puntnummering meetpaal CGPS02

3.8 Multi-baseline berekeningen GNSS metingen

Tijdens de post-processing van de GNSS-metedata worden door middel van een multi-station oplossing 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-baseline berekening 2024			
Locatie	ARP Meetpaal	ETRS89-hoogte (meters)	ETRS89-hoogte-verschillen (meters)
Zweins	ARP-Zweins	47,5087	0,0000
WPM0A4020	ARPWPM0A4020	51,7053	4,1966
WPM01	ARP-WPM01	45,2281	-2,2806
WPM02	ARP-WPM02	44,5921	-2,9166
WPM04	ARP-WPM04	44,3530	-3,1557
WPM05	ARP-WPM05	44,4694	-3,0393
WPM06	ARP-WPM06	44,3246	-3,1841
WPM07	ARP-WPM07	48,7862	1,2775
WPM08	ARP-WPM08	49,7173	2,2086
CGPS01	ARP-CGPS01	51,6421	4,1334
CGPS02	ARP-CGPS02	52,4857	4,9770

Tabel 16a: Resultaten multi-baseline berekening

Datum Multi-baseline berekeningen	Locatie	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ARP (m)	differentie ARP (m) t.o.v. nul-meting
27-09-2019	Zweins	53	11	39.64302	5	36	9.90950	47,5072	
04-11-2020	Zweins	53	11	39.64304	5	36	9.90940	47,5065	-0,0007
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
18-10-2024	Zweins	53	11	39.64295	5	36	9.90926	47,5087	0.0015

Tabel 16b: Resultaten multi-baseline berekening referentiestation

3.9 Combinatie antennemetingen

De lokaal gewaterpaste hoogteverschillen uit de antennemeting, tabellen 6 tot en met 13 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 18.

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2024 (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		5,9175	47,5056	0,0000	47,5056	0,0000	47,5056
	000A2760	41,5881					-5,9175	41,5881
	3040						-5,4481	42,0575
WPM	ARPWPM0A4020				4,1966	51,7022	0,0000	51,7130
0A4020	000A4020						-3,2494	48,4636
	000A5020						-3,8392	47,8738
	005D0072						-4,1070	47,6060
	005D0081						n.g.	n.g.
	005D0112						-3,8450	47,8680
	303						-3,6835	48,0295
	19004						-3,9961	47,7169
	190041						-3,2796	48,4334
	190042						-0,9964	50,7166
WPM01	ARPWPM01				-2,2806	45,2250	0,0000	45,2358
	11001						-3,8580	41,3778
	11002						-3,8114	41,4244
	11003						-3,7721	41,4638
	11004						-3,9934	41,2425
	110041						-3,2757	41,9602
	110042						-0,9935	44,2424
WPM02	ARPWPM02				-2,9166	44,5890	0,0000	44,5998
	12001						-3,7645	40,8353
	12002						-3,7505	40,8493
	12003						n.g.	n.g.
	12004						-3,9939	40,6059
	120041						-3,2810	41,3188
	120042						-0,9943	43,6055
WPM04	ARPWPM04				-3,1557	44,3499	0,0000	44,3607
	14001						-3,8051	40,5556
	14002						-3,7789	40,5819
	14003						-3,8250	40,5357
	14004						-3,9961	40,3647
	140041						-3,2802	41,0806
	140042						-0,9958	43,3649

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2024 (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				-3,0393	44,4663	0,0000	44,4771
	15001						-3,6742	40,8029
	15002						-3,7721	40,7050
	15003						-3,7630	40,7141
	15004						-3,9954	40,4817
	150041						-3,2813	41,1958
	150042						-0,9942	43,4829
WPM06	ARPWPM06				-3,1841	44,3215	0,0000	44,3323
	16001						-3,7551	40,5772
	16002						-3,7850	40,5473
	16003						-3,7522	40,5801
	16004						-3,9955	40,3368
	160041						-3,2800	41,0523
	160042						-0,9951	43,3372
WPM07	ARPWPM07				1,2775	48,7831	0,0000	48,7939
	000A02908						-4,6218	44,1722
	329						-3,4430	45,3510
	330						-3,4426	45,3513
	332						-3,4463	45,3476
	17004						-3,9936	44,8003
	170041						-3,2756	45,5184
	170042						-0,9935	47,8004
WPM08	ARPWPM08				2,2086	49,7142	0,0000	49,7250
	000A02907						-4,9150	44,8101
	326						n.g.	n.g.
	327						-3,3860	46,3390
	328						-3,4230	46,3021
	18004						-3,9952	45,7298
	180041						-3,2810	46,4440
	180042						-0,9945	48,7305
CGPS01	ARPCGPS01				4,1334	51,6390	0,0000	51,6390
	1001						-11,1660	40,4731
	1002						-11,0393	40,5998
	1003						-11,1688	40,4703
	1004						-11,0021	40,6370
	1012						-2,3054	49,3337
	1013						-2,2701	49,3690
	1014						-2,3054	49,3337

Resultaten jaarlijkse GNSS meting 2024 (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)
CGPS02	ARPCGPS02				4,9770	52,4826	0,0000	52,4826
	2001						-11,6594	40,8232
	2002						-11,5616	40,9210
	2003						-11,5423	40,9403
	2004						-11,5743	40,9083
	2012						-2,3186	50,1640
	2013						-2,2958	50,1868
	2014						-2,2960	50,1866

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 ten opzichte van 00A4020, en 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. 2024' weergegeven. De resultaten van de meting bij 'start winning' zijn weergegeven in de kolom 'Sept. 2020'. In de kolom 'diff 2023 - 2024' zijn de verschillen tussen de laatste twee metingen weergegeven en in de laatste kolom de totale differentie ten opzichte van 'start winning' weergegeven. In bijlage 7 zijn alle jaartallen van meting opgenomen (2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024).

DIFFERENTIESTAAT							
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)							
			Sept. 2020	Sept. 2023	Sept. 2024 Incl. corr. 10,8 mm	diff. 2023 - 2024	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
Zweins	000A2760	Diep gefundeerd peilmerk	41,5881	41,5881	41,5881	0,0	0,0
Land (ref)	3040	Peilmerk (bout)	42,0589	42,0581	42,0575	-0,6	-1,4
WPM 0A4020	000A4020	Diep gefundeerd peilmerk	48,4646	48,4622	48,4636	1,3	-1,0
Land	000A5020	Ondergronds meetmerk	47,8749	47,8724	47,8738	1,4	-1,1
	005D0072	Peilmerk (bout)	47,6082	47,6049	47,6060	1,1	-2,1
	005D0081	Peilmerk (bout)	47,9375	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
	005D0112	Peilmerk (bout)		47,8665	47,8680	1,5	n.b.
	303	Peilmerk (bout)	48,0319	48,0283	48,0295	1,2	-2,4

DIFFERENTIESTAAT							
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)							
			Sept. 2020	Sept. 2023	Sept. 2024 Incl. corr. 10,8 mm	diff. 2023 - 2024	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
WPM01	11004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	41,2499	41,2448	41,2425	-2,4	-7,5
Wad	11001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,3872	41,3803	41,3778	-2,5	-9,4
	11002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4331	41,4271	41,4244	-2,7	-8,7
	11003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	41,4729	41,4664	41,4638	-2,7	-9,2
WPM02	12004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,6118	40,6037	40,6059	2,2	-5,9
Wad	12001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8422	40,8333	40,8353	2,0	-6,9
	12002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8561	40,8474	40,8493	1,9	-6,8
	12003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,9668	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
WPM04	14004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3819	40,3679	40,3647	-3,2	-17,2
Wad	14001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5739	40,5591	40,5556	-3,5	-18,3
	14002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6006	40,5856	40,5819	-3,7	-18,8
	14003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,5541	40,5392	40,5357	-3,5	-18,4
WPM05	15004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,4869	40,4821	40,4817	-0,4	-5,2
Wad	15001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,8088	40,8037	40,8029	-0,8	-5,9
	15002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7111	40,7056	40,7050	-0,6	-6,1
	15003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,7202	40,7145	40,7141	-0,4	-6,1
WPM06	16004	Meetpunt 'pleistoceen verankerd'	40,3938	40,3572	40,3368	-20,4	-57,1
Wad	16001	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6353	40,5979	40,5772	-20,7	-58,1
	16002	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6044	40,5678	40,5473	-20,5	-57,2
	16003	Controlepaal (<i>spuitlanspaal</i>)	40,6383	40,6008	40,5801	-20,7	-58,3
WPM07	000A02908	Diep gefundeerd peilmerk	44,1723	44,1706	44,1722	1,6	-0,2
Land	329	Peilmerk (bout)	45,3536	45,3497	45,3510	1,3	-2,6
	330	Peilmerk (bout)	45,3538	45,3501	45,3513	1,2	-2,5
	332	Peilmerk (bout)	45,3504	45,3466	45,3476	1,0	-2,8
WPM08	000A02907	Diep gefundeerd peilmerk	44,8141	44,8118	44,8101	-1,7	-4,0
Land	326	Peilmerk (bout)	45,9093	n.g.	n.g.	n.b.	n.b.
	327	Peilmerk (bout)	46,3463	46,3409	46,3390	-1,9	-7,2
	328	Peilmerk (bout)	46,3083	46,3032	46,3021	-1,1	-6,2

DIFFERENTIESTAAT							
Differenties t.o.v. ondergronds merk 000A2760 (Zweins)							
			Sept. 2020	Sept. 2023	Sept. 2024	diff. 2023 - 2024	cum.diff tov start winning (sept, 2020)
Locatie	Peilmerk		ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)
CGPS01	ARP CGPS01	Antenne referentiepunt	51,6804	51,6606	51,6390	-21,6	-41,4
Wad	1001	Diep gefundeerd peilmerk	40,5138	40,4959	40,4731	-22,9	-40,8
	1002	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	40,6416	40,6226	40,5998	-22,9	-41,9
	1003	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	40,5114	40,4931	40,4703	-22,9	-41,2
	1004	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	40,6913	40,6602	40,6370	-23,3	-54,3
	1012	Prisma zijkant bordes	49,3735	49,3510	49,3337	-17,4	-39,9
	1013	Prisma zijkant bordes	49,4107	49,3914	49,3690	-22,5	-41,8
	1014	Prisma zijkant bordes	49,3751	49,3558	49,3337	-22,2	-41,5
CGPS02	ARP CGPS02	Antenne referentiepunt	52,5502	52,5130	52,4826	-30,4	-67,6
Wad	2001	Diep gefundeerd peilmerk	40,8874	40,8545	40,8232	-31,3	-64,2
	2002	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	40,9869	40,9528	40,9210	-31,8	-65,9
	2003	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	41,0057	40,9719	40,9403	-31,6	-65,4
	2004	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	40,9741	40,9398	40,9083	-31,5	-65,8
	2012	Prisma zijkant bordes	50,2304	50,1930	50,1640	-29,0	-66,4
	2013	Prisma zijkant bordes	50,2541	50,2199	50,1868	-33,1	-67,3
	2014	Prisma zijkant bordes	50,2544	50,2194	50,1866	-32,8	-67,8

Tabel 18: Differentiestaat jaarlijkse monitoring

3.12 Resultaten

Naar aanleiding van de resultaten van de jaarlijkse GNSS-monitoring, zoals weergegeven in de differentiestaat (tabel 18), en een vergelijking met de resultaten van de waterpasmetering (zie hoofdstuk 4), is geconstateerd dat er een verschil is in de gemeten differenties tussen de twee meetmethoden (waterpassing en jaarlijkse GNSS-monitoring) op de kuststrook bij Harlingen van 9,5 – 11,6 mm. Bij nadere analyse van de meetgegevens komt naar voren dat deze verschillen mogelijk veroorzaakt worden doordat er nieuwe GNSS-antennes zijn gebruikt waardoor de gemeten waarden van de jaarlijkse GNSS-monitoring kunnen afwijken van voorgaande metingen. Dit ondanks een onafhankelijke antennekalibratie van de nieuwe GNSS-antennes.

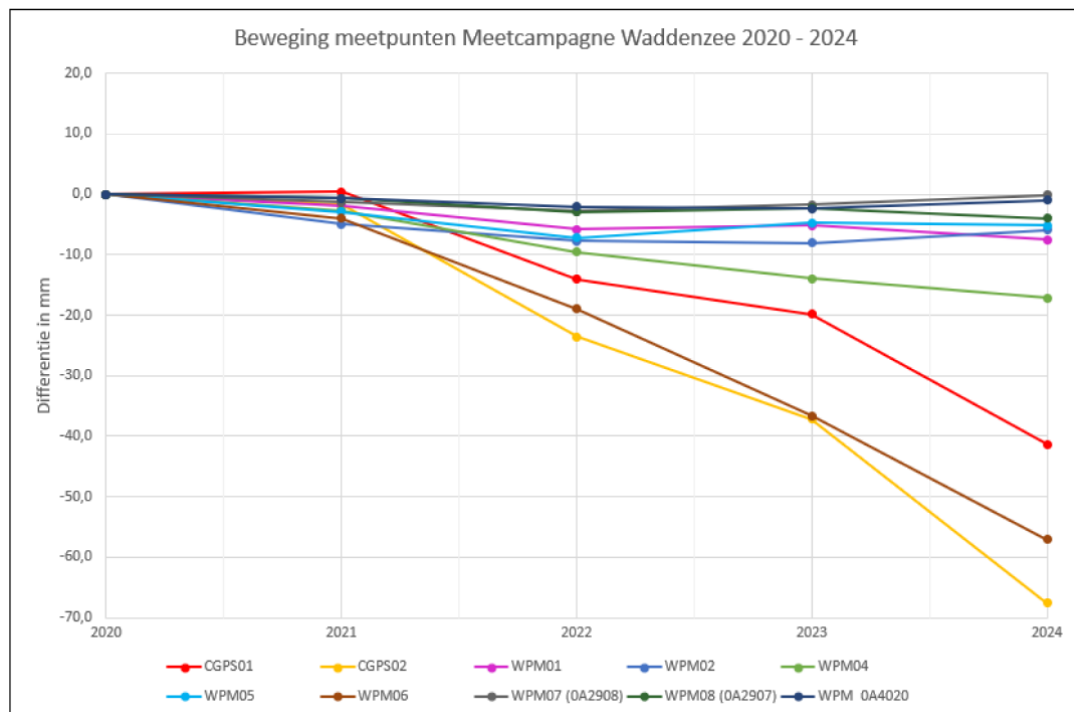
Een toets van deze hypothese door onderling vergelijking tussen de nieuwe en oude, door brand verloren gegane GNSS-antennes, is helaas niet meer mogelijk. Wel zijn na afloop de metingen op de dijk bij wpm08 nogmaals gemeten waaruit een vergelijkbaar verschil naar voren kwam.

Besloten is dan ook om de hoogtes van de drie ondergrondse meetmerken (A2907, A2908, A4020) zoals in de waterpasmetering zijn gemeten als juist aan te houden en is het gemiddelde verschil van deze drie punten bepaald op + 10,8 mm (zie tabel 20). Deze waarde van +10,8 mm is als correctie op de acht meetlocaties van de jaarlijkse GNSS-meting toegepast en als zodanig in de differentiestaat verwerkt.

Peilmerk	Hoogte uit waterpassing (omgerekend naar ETRS 89)	Hoogte uit Wadcampagne september 2024	Vershil
000A2907	44,8140	44,8024	0,0116
000A4020	48,4670	48,4559	0,0111
000A2908	44,1740	44,1645	0,0095
		Gemiddeld	0,0108

Tabel 19: Toegepaste correctie

Uitgaande van de metingen, inclusief genoemde correctie voor de tijdelijke meetlocaties is in onderstaande grafiek de beweging van alle gemeten GNSS stations weergegeven vanaf de start van de zoutwinning (september 2020).



Grafiek 3: Beweging meetpunten vanaf start zoutwinning t/m 2024.

Voorafgaande aan de metingen van september 2025 worden de GNSS-antennes opnieuw ter kalibratie aangeboden aan een nader te bepalen partij en zullen aansluiten de vijf antennes onderling worden getoetst.

4. Waterpasmeting meetnet 'Harlingen-West'

Naast de in hoofdstuk twee beschreven 'Continue GNSS-monitoring' en de in hoofdstuk drie 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 die zich bevinden in gefundeerde objecten en van de ondergrondse peilmerken 00A2907, 00A2908 en 00A4020. Het meetnet is in 2023 uitgebreid met meetkring 16 om aan te kunnen sluiten op ondergronds peilmerk 00A2748. Om dit peilmerk te kunnen meten, moest er door de tunnel onder Rijksweg A31 gemeten worden. Vanwege de veiligheid is besloten om in 2024 een extra meetkring (15) toe te voegen om peilmerk 00A2748 op een veilige en verantwoorde manier te kunnen meten. 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 geprognoseerde invloedsfeer gedetecteerd kan worden. Om deformatie te kunnen vaststellen, zijn na de wijzigingen van 2023 en 2024, 82 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, 2023 en 2024.

Aansluitpunt

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

Aangezien peilmerk 00A2760 op grote afstand van het meetnet 'Harlingen-West' is gelegen, is besloten een ander aansluitpunt (00A2748) te kiezen dat zich aan de rand van het meetnet Harlingen-West, buiten de geprognoseerde invloedsfeer 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 zeven 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 door middel van 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
 - o de afleesnauwkeurigheid is : 0.01mm;
 - o 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 schrijven 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 2024.

4.4 Coördinaten

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

Peilmerk-nummer	X-RD (m)	Y-RD (m)	Opmerking
00010	158503,00	580302,00	
00014	158861,88	580019,57	2024: Niet bereikbaar.
00015	159203,23	579347,30	
00020	159582,18	577893,65	
00021	160107,22	578341,56	
00022	159605,85	577485,99	2024: Niet opgenomen ivm wijziging meetnet
00023	160113,36	578534,29	
00029	158146,00	579092,00	
00030	158612,14	579819,98	
00040	158275,00	576414,00	
00041	157788,00	576404,00	
00045	157682,14	578237,03	
00046	157496,00	577793,00	
00047	157157,46	577450,13	
00065	158406,00	576894,00	
00107	157028,68	576736,05	
00326	157842,92	578769,50	2024: Niet bereikbaar.
00327	157928,93	578878,62	
00328	157940,89	578895,88	
00329	156963,13	576963,76	
00330	156974,30	576967,37	
00332	156971,56	576976,49	
03024	162120,00	578350,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03026	162123,16	578336,32	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03027	162146,65	578333,54	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03034	162000,00	577750,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03035	162030,00	578210,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03036	162030,00	578220,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
03042	157202,89	577277,10	
04031	158004,53	579298,36	
04032	158029,15	579286,87	
04033	158031,78	579189,31	
000A2748*	159809,10	577386,80	Aansluitpunt.
000A2750	162134,66	578334,42	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
000A2760	169295,00	578595,00	

Peilmerk-nummer	X-RD (m)	Y-RD (m)	Opmerking
000A2907	157858,00	578747,00	
000A2908	157023,00	576980,00	
000A4020	156613,04	576552,19	
000A5020	156611,00	576553,19	
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	2024: Niet bereikbaar.
005D0017	158796,00	579667,00	
005D0037	157116,93	576123,56	
005D0040	159818,12	578577,57	
005D0057	158017,96	579193,76	
005D0059	159700,00	577440,00	2024: Peilmerk niet opgenomen ivm wijziging meetnet
005D0066	157760,40	577159,98	
005D0067	158482,00	577524,70	
005D0068	156880,00	575879,00	
005D0070	158210,00	577760,00	
005D0072	156614,30	576558,30	
005D0074	158614,01	578078,86	
005D0081	156630,00	576560,00	2024: Niet bereikbaar.
005D0082	158477,87	577002,97	
005D0083	158086,80	578845,90	
005D0087	158550,00	578050,00	
005D0089	159608,00	576998,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005D0095	156727,00	576050,00	
005D0096	156486,91	576060,44	
005D0097	156100,29	576424,34	
005D0098	156269,28	576517,31	
005D0099	156642,56	576852,57	
005D0100	156709,75	577241,13	
005D0101	157192,00	576776,00	
005D0112	156610,00	576550,00	
005D0113	156733,00	576050,00	
005D0114	159600,00	579062,00	
005D0115	159245,00	577585,00	
005D0116	158855,00	576733,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005D0117	158919,00	576943,00	2024: Nieuw

Peilmerk-nummer	X-RD (m)	Y-RD (m)	Opmerking
005G0007	161400,00	577510,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0145	162180,00	578510,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0179	161800,00	578460,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0205	162030,00	577510,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0206	160685,00	577433,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0219	162190,00	578390,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0266	160320,00	578680,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0287	161676,00	578481,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0297	160960,00	578680,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.
005G0310	160138,00	577393,00	2024: Bestaand peilmerk opgenomen.

Tabel 20: 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 ∇ L, L in km), werd de desbetreffende meting (waterpassing) hermeten.

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

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

Het meetnet is aangesloten op ondergronds merk 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, kringsluitfouten en de vrije netwerkvereffening (Move3-bestanden) zijn digitaal bij deze rapportage geleverd.

Beoordeling metingen

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

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 2024 (zie bijlage 15), heeft Antea Group op 20 december 2024 ontvangen.

4.6 Resultaten waterpasmeting Harlingen-West

De meting van het meetnet Harlingen-West betreft de vijfde herhalingsmeting. De gemeten waarden zijn weergegeven op een differentiekaart (bijlage 1b) en in een differentiestaat (bijlage 13). De gemeten waarden (2023 – 2024) variëren binnen het gehele meetnet tussen -1 en 3 mm.

5. Samenvatting

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

5.1 Continue GNSS monitoring

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

Sinds de start van de zoutwinning september 2020 is een totale diepe bodemdaling gemeten van -40 mm van CGPS01 en -67 van CGPS02 (moving average, 8 weken voor einde jaar). De gemeten dalingen zijn bepaald door middel van single-baseline berekeningen ten opzichte van 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 voorgaande metingen (2019, 2020, 2021, 2022, 2023) kan vastgesteld worden of er deformatie van de diepe 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 door middel van een multistation-berekening en kan als stabiel worden verondersteld.

Door gebruik van nieuwe GNSS antennes, aangezien de eerder gebruikt antennes door brand verloren zijn gegaan, en geconstateerde verschillen tussen de GNSS en waterpasmeteringen is een correctie toegepast van + 10,8 mm op de GNSS metingen. De meetpunten op het Wad vertonen op basis hiervan sinds de start van de winning (september 2020) een differentie variërend tussen -57,1 millimeter (WPM01) en -5,2 millimeter (WPM05). De meetpunten op de drie meetlocaties op het land vertonen een beweging variërend tussen 0 millimeter (WPM07) en -4 millimeter (WPM 4020) ten opzichte van de start van de winning. Deze waarden zijn weergegeven op een overzichtstekening (bijlage 1A).

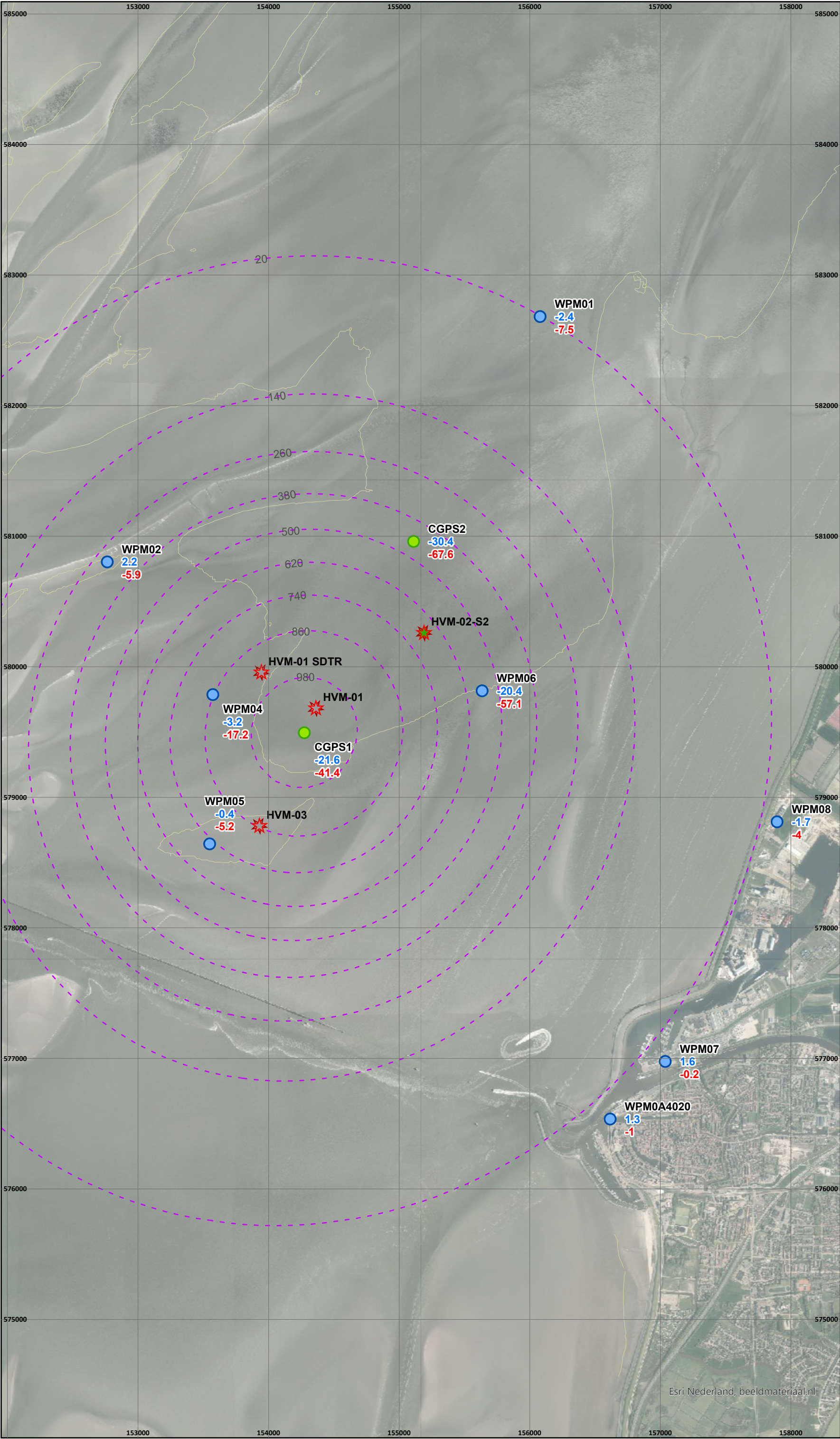
5.3 Jaarlijkse waterpasmetering

Er is een nauwkeurigheds-waterpasmetering uitgevoerd van het meetnet Harlingen-West. In deze herhalingsmeting zijn door middel van een waterpasmetering in totaal 78 peilmerken in hoogte bepaald. De waterpasmetering is beschreven in hoofdstuk 4, de resultaten van deze vlakdekkende waterpasmetering zijn weergegeven in een differentiestaat (bijlage 13). De differenties staan tevens aangegeven op de 'Overzichtkaart differenties waterpasmeetnet Harlingen-West' (bijlage 1b). De gemeten waarden (2023 – 2024) variëren binnen het gehele meetnet tussen -1 en +3 mm.

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 Deformatienet Zoutwinning Waddenzee - Overzichtskaarten



- Legenda**
- Permanente GNSS monitoring
 - Jaarlijkse GNSS monitoring
 - Dalingscontour (eindprognose)
 - Caverne gepland
 - Caverne in productie
 - 1.5 Differentie 2023 - 2024 (mm)
 - 2.8 Differentie 2020 - 2024 (mm)



Frísia Zout B.V.

SCHAAL
1:27,500

OPDRACHTGEVER
Frísia Zout B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
GNSS-meetcampagne Waddenzee 2024

KAARTTITEL
Deformatiekaart

PROJECTLEIDER P. Meinders	GIS SPECIALIST M.S. Chrisstoffels
DATUM 6-1-2025	FORMAAT A3
KAARTNUMMER 491113-WZ-OD-0	WIJZ NR 1
STATUS Concept	



Esri Nederland, beeldmateriaal.nl



Legenda

- Hoogtemerk
- Hoogtemerk / knooppunt
- ✕ Hulp punt / knooppunt
- ▲ Ondergronds merk / aansluitpunt
- ⊙ Ondergronds merk
- ▲ Ondergronds merk / knooppunt
- 15 Kringnummer
- Trajecten
- 5 Differentie 2020 - 2024

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



SCHAAL
1:10,000

OPDRACHTGEVER
Frisia Zout B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Deformatiemeting meetnet Harlingen-West 2024

KAARTTITEL
Overzichtskaat differenties 2020-2024

PROJECTLEIDER
P. Meinders

GIS SPECIALIST
M.S. Christoffels

DATUM
20-1-2025

FORMAAT
A1

KAARTNUMMER
491113-HW-OD-1

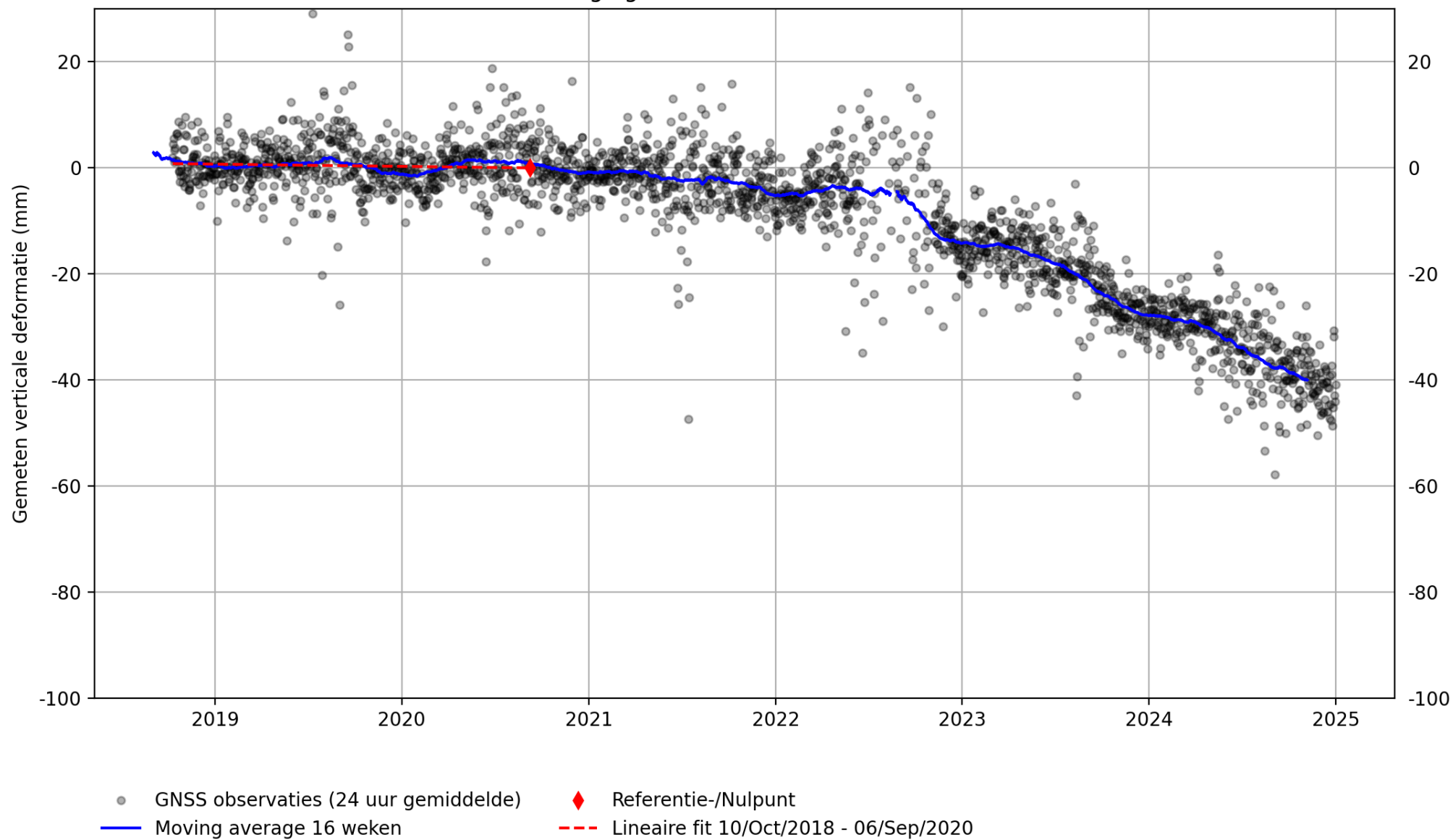
WUJZ NR
D0

STATUS
Definitief

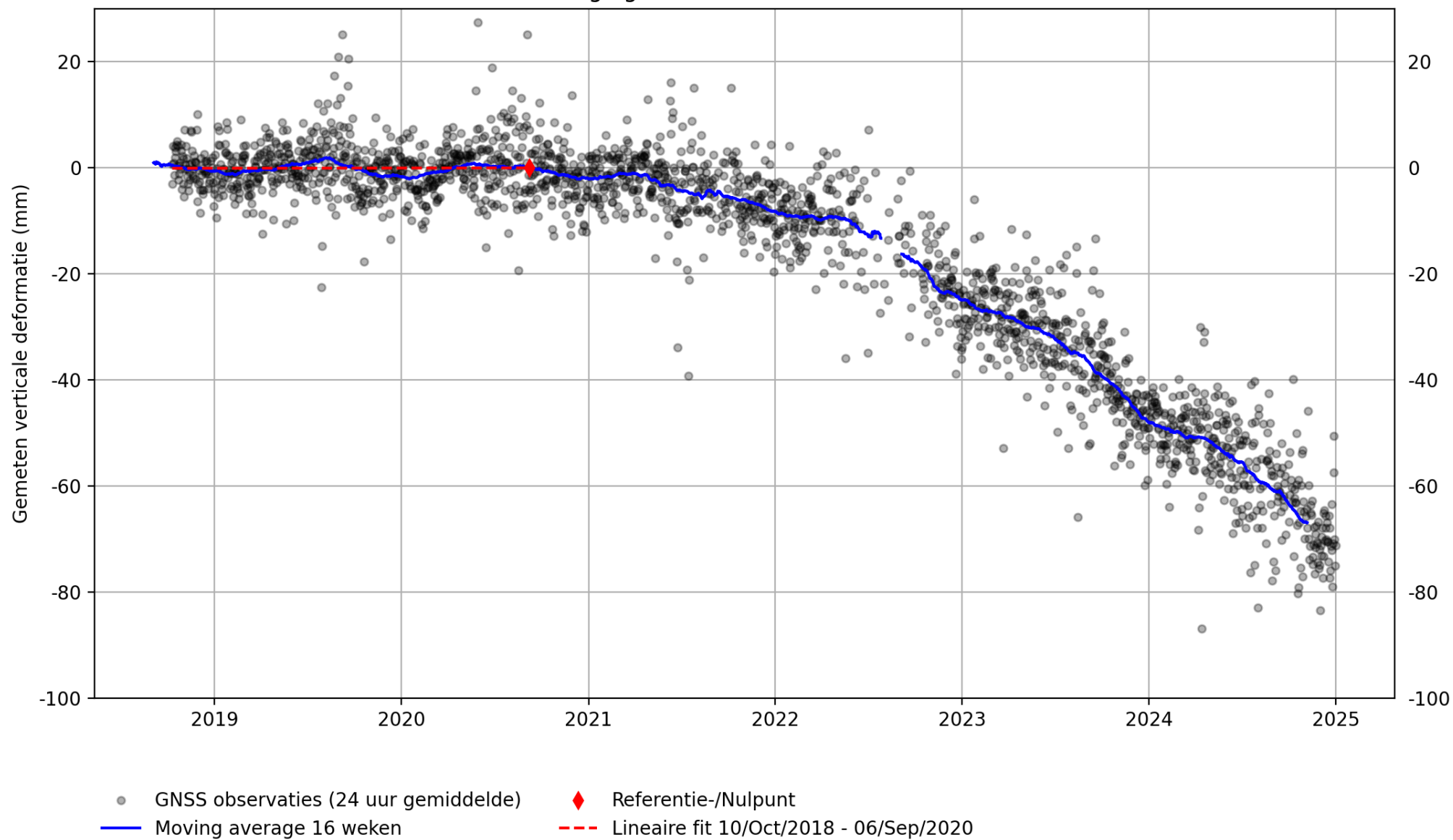


Bijlage 2 Continue GNSS-monitoring - Grafieken

Bodembeweging GNSS station CGPS01 t.o.v. Zweins



Bodembeweging GNSS station CGPS02 t.o.v. Zweins



**Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring - Ruwe
meet data in Excel formaat**

Bijlage 3 Continue GNSS-monitoring - Ruwe meet data in Excel format

De meetdata in Excel format behorende bij deze rapportage wordt digitaal geleverd.

Bijlage 4 Continue GNSS-monitoring - Logboek

GPS monitorings Logboek

HVM1 en HVM2 datum: 9-jan-25

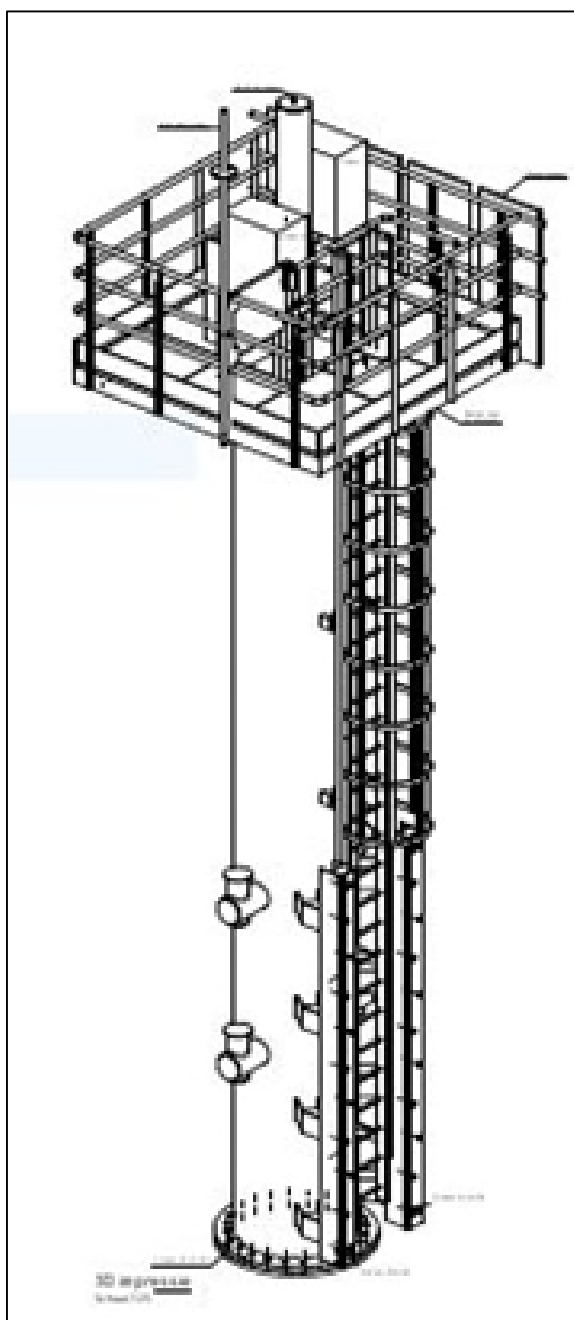
Datum	Station	Opmerking
2018-10-10	CGPS01 & CGPS02	Start monitoring
2018-12-24 / 2018-12-27	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (3 dagen)
2019-02-12	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (9 uur)
2020-04-26	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (32 uur)
2021-02-18	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (11 uur)
2022-03-19	CGPS01 & CGPS02	Onderbreking in de data ontvangst (52 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 server migratie bij Antea Group.
2024-10-16	CGPS02	Y-schaal grafiek station CGPS02 aangepast (levering t/m 30 sept. 2024)
2024-11-07	CGPS01 & CGPS02	Y-schaal grafieken aangepast (levering t/m 31 okt. 2024)

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

Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring - 3D impressie meetpaal

Bijlage 5 Continue GNSS-monitoring - 3D impressie meetpaal

3D impressie meetpaal



Bijlage 6 Continue GNSS-monitoring - Foto's GNSS-meetlocaties

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

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2024

projectnummer 0491113.100

20 januari 2025 revisie 00

Frisia Zout B.V.

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)	Sept. 2024 Incl. 10,8 mm corr.	diff. 2023 - 2024	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)	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	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	42,0575	-0,6	-1,8	-1,4
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	48,4636	1,3	-2,7	-1,0
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	47,8738	1,4	-2,7	-1,1
	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	47,6060	1,1	-3,8	-2,1
	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.	n.g.	n.b.	n.b.	n.b.
	005D0112	Peilmerk (bout)											47,8665	Nulmeting			47,8680	1,5	1,5	n.b.
	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	48,0295	1,2	-3,8	-2,4
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	41,2425	-2,4	-7,0	-7,5
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	41,3778	-2,5	-10,9	-9,4
	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	41,4244	-2,7	-9,1	-8,7
	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	41,4638	-2,7	-10,0	-9,2
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	40,6059	2,2	-5,0	-5,9
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	40,8353	2,0	-7,9	-6,9
	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	40,8493	1,9	-6,5	-6,8
	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.	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	40,3647	-3,2	-17,7	-17,2
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	40,5556	-3,5	-19,4	-18,3
	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	40,5819	-3,7	-20,2	-18,8
	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	40,5357	-3,5	-19,0	-18,4
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	40,4817	-0,4	-5,3	-5,2
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	40,8029	-0,8	-6,5	-5,9
	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	40,7050	-0,6	-8,3	-6,1
	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	40,7141	-0,4	-7,1	-6,1
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	40,3368	-20,4	-57,3	-57,1
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	40,5772	-20,7	-58,5	-58,1
	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	40,5473	-20,5	-57,8	-57,2
	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	40,5801	-20,7	-58,8	-58,3
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	44,1722	1,6	-0,4	-0,2
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	45,3510	1,3	-1,5	-2,6
	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	45,3513	1,2	-2,7	-2,5
	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	45,3476	1,0	-4,8	-2,8
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	44,8101	-1,7	-4,2	-4,0
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.	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	46,3390	-1,9	-8,1	-7,2
	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	46,3021	-1,1	-6,1	-6,2

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2024

projectnummer 0491113.100

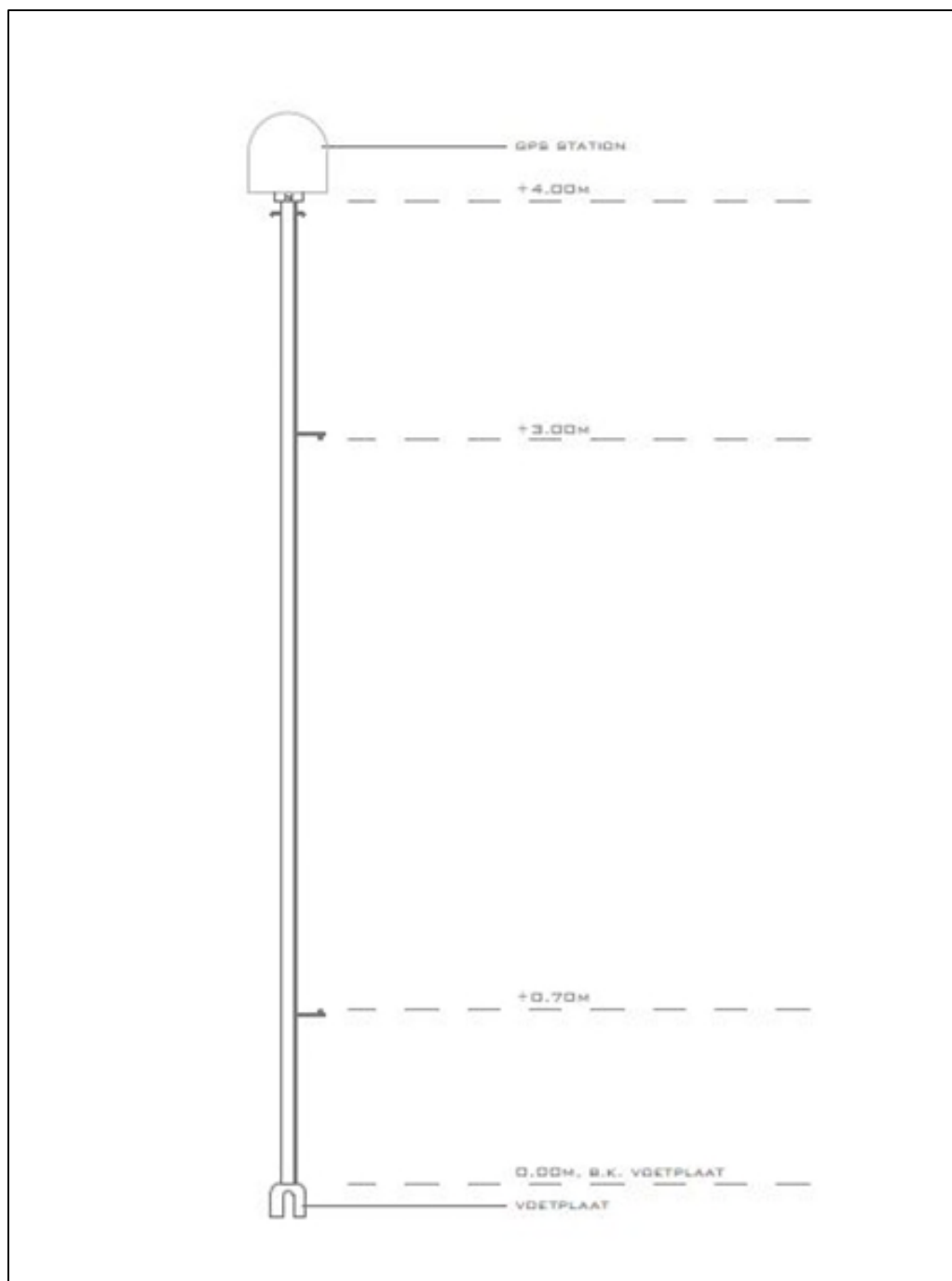
20 januari 2025 revisie 00

Frisia Zout B.V.

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)	Sept. 2024	diff. 2023 - 2024	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)	ETRS9 hoogte(m)	(mm)	(mm)	(mm)
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	51,6390	-21,6	-39,2	-41,4
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	40,4731	-22,9	-39,8	-40,8
	1002	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,5998	-22,9	-42,7	-41,9
	1003	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,4703	-22,9	-40,9	-41,2
	1004	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,6370	-23,3	-53,9	-54,3
	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	49,3337	-17,4	-39,9	-39,9
	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	49,3690	-22,5	-41,8	-41,8
	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	49,3337	-22,2	-41,5	-41,5
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	52,4826	-30,4	-64,2	-67,6
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	40,8232	-31,3	-62,2	-64,2
	2002	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,9210	-31,8	-65,1	-65,9
	2003	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,9403	-31,6	-63,5	-65,4
	2004	Controlepaal (<i>sputlanspaal</i>)	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	40,9083	-31,5	-65,2	-65,8
	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	50,1640	-29,0	-66,4	-66,4
	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	50,1868	-33,1	-67,3	-67,3
	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	50,1866	-32,8	-67,8	-67,8

**Bijlage 8 Jaarlijkse GNSS meting - Tekening
meetpaal (jaarlijkse GNSS monitoring)**

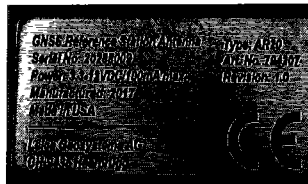
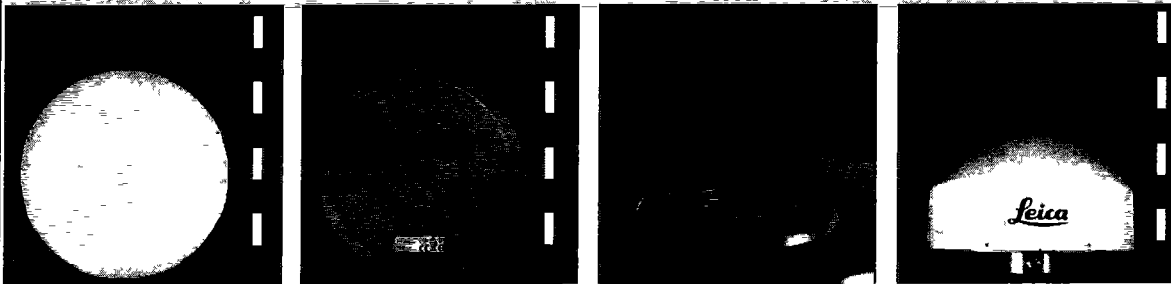
Bijlage 8 Jaarlijkse GNSS meting - Tekening meetpaal (jaarlijkse GNSS monitoring)



**Bijlage 9 Jaarlijkse GNSS meting -
Kalibratierapport GNSS-antennekalibratie**

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 LEIM
	
Radome Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Radome Type	: Dome for LEICA AR20
Product Number	: 794208
IGS-Naming	: LEIM
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	
	
	

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.0)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 25299012
IGS Naming	: LEIAR20 LEIM
Radome Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Radome Type	: Dome for LEICA AR20
Product Number	: 794208
Serial Number	: n/a
IGS-Naming	: LEIM
Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*+GALILEO+BEIDOU
Date	: 2024-05-14
Number of Calibrations	: 4
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 10
Customer	: Leica Geosystems B.V., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen
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 for FDMA signals are estimated for the frequency channel k=0 using a frequency independent calibration approach

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)

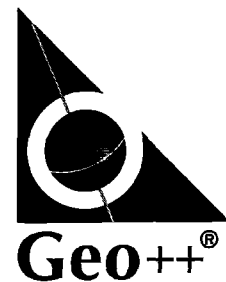


Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.0)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 25299021
IGS Naming	: LEIAR20 LEIM
Radome Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Radome Type	: Dome for LEICA AR20
Product Number	: 794208
Serial Number	: n/a
IGS-Naming	: LEIM
Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*+GALILEO+BEIDOU
Date	: 2024-05-13
Number of Calibrations	: 4
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 10
Customer	: Leica Geosystems B.V., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen
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 for FDMA signals are estimated for the frequency channel k=0 using a frequency independent calibration approach

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.0)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 25299022
IGS Naming	: LEIAR20 LEIM
Radome Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Radome Type	: Dome for LEICA AR20
Product Number	: 794208
Serial Number	: n/a
IGS-Naming	: LEIM
Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*+GALILEO+BEIDOU
Date	: 2024-05-15
Number of Calibrations	: 4
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 10
Customer	: Leica Geosystems B.V., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen
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 for FDMA signals are estimated for the frequency channel k=0 using a frequency independent calibration approach.

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Antenna Type : Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.0)
GNSS : GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number : 794207
Serial number : 25299037
IGS Naming : LEIAR20 LEIM

Radome Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Radome Type : Dome for LEICA AR20
Product Number : 794208
Serial Number : n/a
IGS-Naming : LEIM

Calibration Characteristics

GNSS System : GPS+GLONASS*+GALILEO+BEIDOU
Date : 2024-05-11
Number of Calibrations : 4
Setup-ID : 0
Number of Frequencies : 10
Customer : Leica Geosystems B.V., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen
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 for FDMA signals are estimated for the frequency channel k=0 using a frequency independent calibration approach

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Antenna Type	: Multi purpose GNSS choke ring antenna (Revision 1.0)
GNSS	: GPS, GLO, GAL, BDS, QZSS
Product Number	: 794207
Serial number	: 25299038
IGS Naming	: LEIAR20 LEIM
Radome Data	
Manufacturer	: Leica Geosystems AG
Radome Type	: Dome for LEICA AR20
Product Number	: 794208
Serial Number	: n/a
IGS-Naming	: LEIM
Calibration Characteristics	
GNSS System	: GPS+GLONASS*+GALILEO+BEIDOU
Date	: 2024-05-11
Number of Calibrations	: 4
Setup-ID	: 0
Number of Frequencies	: 10
Customer	: Leica Geosystems B.V., Turfschipper 39, 2292 JC Wateringen
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 for FDMA signals are estimated for the frequency channel k=0 using a frequency independent calibration approach.



Conditions for Antenna Calibration

The Geo++[®]-Method for Absolute Antenna Calibration operates the GNSS antenna to be calibrated on a robot and a second near-by reference station. The second GNSS system consisting of an antenna (normally geodetic chokering antenna with radome) and a standard GNSS receiver is provided by Geo++[®] GmbH / GeoService[®] for the period of calibration and is included in the price.

Generally, standard cables, mount and GNSS receiver available at Geo++[®] GmbH / GeoService[®] GmbH are used with the antenna to be calibrated. The default interfacing at the GNSS antenna is a 5/8" thread.

A GNSS receiver must be made available by the customer, if the antenna cannot be operated with a standard GNSS receiver or if a particular GNSS receiver shall be used. Any special cables, cable connectors and/or mounts to be considered in the calibration must be provided by the customer. The robot used for the automated field calibration is limited with respect of antenna weight and dimensions. In case of having any doubts on the required equipment, this has to be clarified with technical staff beforehand.

Absolute Antenna Calibrations require the **provision** of the following equipment **by the customer**:

- completely functioning GNSS antenna (to be calibrated)
- if applicable, any documentation on GNSS antenna
(geometry, definition of geometric Antenna Reference Point ARP), if the antenna type is not known to the IGS
- if applicable, antenna cable (10 meter) and/or connector to N adapter
- if applicable, DIN adapter or 5/8" screw/interface for mounting antenna

The antenna calibration is no verification of antenna functioning or positioning performance, because only high elevation satellites are used and the antenna is tilted and rotated. Calibrations performed with no completely functioning antennas will be charged.

The result of the antenna calibration is a type description, for each antenna a calibration protocol and absolute offsets as well as absolute elevation and azimuth dependent PCV in the international Antenna Exchange format ANTEX. On the antenna housing, a label will be attached showing the calibration date and, if necessary, the orientation direction used in the calibration.



The **calibration result** has to be used for the processing of data that is observed with the calibrated antenna. It is allowed to publish the results. It is, however, proposed to advise on the loss of quality while applying the corrections for other antennas and to apply rigorous computed type means using below given guideline.

The calibration data is used for the analysis of antenna model series and where appropriate used in the computation of type means of the Geo++[®] GNPCVDB database.

The methods for antenna calibration are continuously advanced and optimised. The conditions shown above represent the state-of-the-art at the time this text was written.

Guideline text for providing the individual result of a GNSS antenna calibration:

The results of the calibration are only valid for the individual antenna. The high accuracy of the absolute field calibration with a robot revealed significant individual differences in model series. Therefore, the high quality is lost while using the individual calibration for other antennas. An analysis of the antenna model series and the rigorous computation of a type mean from extensive calibration data for use with a not individually calibrated antenna is only recommended using the complete variance-covariance matrix. Type means from such a computation are provided under <http://www.gnpcvdb.geopp.de/>.

Description of Antenna Calibration

Geodetic and precise GNSS measurements make the exact knowledge of the reception characteristics of the used GNSS antennas and therefore a calibration necessary.

Generally, it is differentiated between the antenna offset and the phase center variations (PCV), while the antenna offset represents a kind of mean influence of the phase center variations.

The applied Geo++[®] calibration method determines the absolute antenna offset in horizontal and vertical position as well as absolute elevation and azimuth dependent PCV for GNSS frequencies. The resulting PCV are completely independent from the used reference antenna and allow the complete modeling of the receiving characteristic of the antenna. This is required for a combined use of different GNSS antenna types or for differently orientated antennas. In addition, an analysis of the phase center variations and judgment of the general quality and receiving characteristics of the antenna are possible (azimuth dependency).

Basic aspects of the applied absolute field calibration in real-time are:

- absolute offsets and absolute PCV through observation configuration
- special approach with inclined and rotated antenna (robot)
- elimination of multipath
- coverage of the complete elevation range from 0° to 90°
- coverage of complete antenna hemisphere
- significant determination of PCV using a large number of different antenna orientations
- weather independent measurements
- estimation of PCV for GNSS (and Group Delay Variations (GDV) optional)
- at least two redundant calibrations for individual antenna

Basic concept of the calibration method is a separation between multipath and phase center variation. A special observation procedure with different antenna orientations is used for the determination of absolute PCV and for multipath elimination.

The processing is done in real-time. Therefore the complete results are directly available after the calibration. The calibration covers the complete receiving area of the antenna down to elevation angles of 0 degree. Hence, antenna calibrated with this method are suited for *All-In-View* applications (e.g. use on reference stations).

The result is stored in an absolute antenna calibration file, which contains absolute horizontal and vertical offset as well as absolute elevation and azimuth dependent corrections for the calibrated antenna. It can be arranged, that instead of elevation and azimuth dependent corrections only elevation dependent without azimuth dependency are derived. The antenna height must be measured up to the antenna reference point (ARP) of the calibration.

The procedures for the antenna calibration are under steady development and progress. The presented method represents the state-of-the-art technique at writing.

**Bijlage 10 Jaarlijkse GNSS meting - Resultaten
kalibratie antennemasten**

KALIBRATIE MEETPALEN FRISIA											
Lokatie:		Harlingen					Landmeters:		Bert Branderhorst / Victor alonso Bosman		
Datum:		05 September 2024					Equipment:		DNA03(DW35)_TS16(TD133)_TS16(TD136)		
Meetpaal:		1				Temperatuur:		22°			
Antenne:		25299021				Units:		meters			
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1692	0,1692	0,1692	0,1692	0,0000						
PML	0,8872	0,8873	0,8871	0,8872	0,7180						
PMH	3,1699	3,1698	3,1696	3,1698	3,0006						
ANT_N	4,1939	4,1939	4,1937	4,1938	4,0246	0,0015					
ANT_O				#####	#####	#####					
ANT_Z	4,1971	4,1970	4,1969	4,1970	4,0278	-0,0016					
ANT_W	4,1956	4,1956	4,1946	4,1953	4,0261	0,0001					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0262						
Antenne Referentie Punt (ARP)					3,9939						
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0006						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7180						
Controlemaat rechtstand					2,2826						
Meetpaal:		2				Temperatuur:		22°			
Antenne:		217-0545				Units:		meters			
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1692	0,1692	0,1692	0,1692	0,0000						
PML	0,8833	0,8832	0,8832	0,8832	0,7140						
PMH	3,1706	3,1706	3,1706	3,1706	3,0014						
ANT_N				#####	#####	#####					
ANT_O	4,1992	4,1996	4,1996	4,1995	4,0303	-0,0024					
ANT_Z	4,1959	4,1960	4,1960	4,1960	4,0268	0,0011					
ANT_W	4,1959	4,1959	4,1959	4,1959	4,0267	0,0012					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0279						
Antenne Referentie Punt (ARP)					3,9956						
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0014						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7140						
Controlemaat rechtstand					2,2874						
Meetpaal:		4				Temperatuur:		22°			
Antenne:		217-0569				Units:		meters			
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1692	0,1692	0,1692	0,1692	0,0000						
PML	0,8853	0,8854	0,8854	0,8854	0,7162						
PMH	3,1696	3,1697	3,1697	3,1697	3,0005						
ANT_N	4,1969	4,1974	4,1973	4,1972	4,0280	0,0007					
ANT_O				#####	#####	#####					
ANT_Z	4,1978	4,1980	4,1980	4,1979	4,0287	0,0000					
ANT_W	4,1989	4,1984	4,1987	4,1987	4,0295	-0,0007					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0287						
Antenne Referentie Punt (ARP)					3,9964						
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0005						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7162						
Controlemaat rechtstand					2,2843						
Meetpaal:		5				Temperatuur:		22°			
Antenne:		217-0582				Units:		meters			
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1692	0,1692	0,1692	0,1692	0,0000						
PML	0,8826	0,8825	0,8827	0,8826	0,7134						
PMH	3,1691	3,1690	3,1690	3,1690	2,9998						
ANT_N	4,1957	4,1957	4,1956	4,1957	4,0265	0,0001					
ANT_O				#####	#####	#####					
ANT_Z	4,1958	4,1957	4,1957	4,1957	4,0265	0,0000					
ANT_W	4,1960	4,1960	4,1958	4,1959	4,0267	-0,0002					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0266						
Antenne Referentie Punt (ARP)					3,9943						
Meet Punt Hoog (MPH)					2,9998						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7134						
Controlemaat rechtstand					2,2864						
Meetpaal:		6				Temperatuur:		22°			
Antenne:		217-0570				Units:		meters			
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	tov Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1692	0,1692	0,1692	0,1692	0,0000						
PML	0,8845	0,8845	0,8846	0,8845	0,7153						
PMH	3,1696	3,1697	3,1697	3,1697	3,0005						
ANT_N	4,1975	4,1976	4,1974	4,1975	4,0283	-0,0003					
ANT_O	4,1966	4,1967	4,1967	4,1967	4,0275	0,0005					
ANT_Z				#####	#####	#####					
ANT_W	4,1974	4,1972	4,1974	4,1973	4,0281	-0,0002					
Ant. rand centrum gemiddeld					4,0280						
Antenne Referentie Punt (ARP)					3,9957						
Meet Punt Hoog (MPH)					3,0005						
Meet Punt Laag (MPL)					0,7153						
Controlemaat rechtstand					2,2851						
</											

KALIBRATIE MEETPALEN FRISIA

Lokatie: NESTA Harlingen							Landmeters: Bert Branderhorst / Victor Alonso Bosman				
Datum: 06 November 2024							Equipment: DNA03(DW30)_TS16(TD133)_TS16(TD136)				
Meetpaal:	1			Temperatuur:		12°					
Antenne:	217-0594			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	toV Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1278	0,1278	0,1278	0,1278	0,0000			-0,0001		0,0021	
PML	0,8458	0,8458	0,8457	0,8458	0,7179			4,0258		4,0237	
PMH	3,1275	3,1279	3,1279	3,1278	2,9999						
ANT_N	4,1513	4,1516	4,1516	4,1515	4,0237	0,0021					
ANT_O				#####	#####	#####					
ANT_Z	4,1552	4,1558	4,1556	4,1555	4,0277	-0,0020					
ANT_W	4,1533	4,1539	4,1537	4,1536	4,0258	-0,0001					
	Ant. rand centrum gemiddeld				4,0257						
	Antenne Referentie Punt (ARP)				3,9934						
	Meet Punt Hoog (MPH)				2,9999						
	Meet Punt Laag (MPL)				0,7179						
	Controlemaat rechtstand				2,2820						
Meetpaal:	2			Temperatuur:		12°					
Antenne:	217-0545			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	toV Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1278	0,1278	0,1278	0,1278	0,0000			0,0007			
PML	0,8415	0,8415	0,8414	0,8415	0,7136			4,0264		#####	
PMH	3,1287	3,1286	3,1286	3,1286	3,0008						
ANT_N				#####	#####	#####					
ANT_O	4,1572	4,1563	4,1566	4,1567	4,0289	-0,0018					
ANT_Z	4,1540	4,1537	4,1537	4,1538	4,0260	0,0011					
ANT_W	4,1545	4,1542	4,1540	4,1542	4,0264	0,0007					
	Ant. rand centrum gemiddeld				4,0271						
	Antenne Referentie Punt (ARP)				3,9948						
	Meet Punt Hoog (MPH)				3,0008						
	Meet Punt Laag (MPL)				0,7136						
	Controlemaat rechtstand				2,2872						
Meetpaal:	4			Temperatuur:		12°					
Antenne:	217-0569			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	toV Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1278	0,1278	0,1278	0,1278	0,0000			-0,0006		0,0006	
PML	0,8437	0,8436	0,8436	0,8436	0,7158			4,0287		4,0274	
PMH	3,1277	3,1276	3,1276	3,1276	2,9998						
ANT_N	4,1553	4,1551	4,1554	4,1553	4,0274	0,0006					
ANT_O				#####	#####	#####					
ANT_Z	4,1559	4,1557	4,1558	4,1558	4,0280	0,0001					
ANT_W	4,1564	4,1565	4,1566	4,1565	4,0287	-0,0006					
	Ant. rand centrum gemiddeld				4,0280						
	Antenne Referentie Punt (ARP)				3,9957						
	Meet Punt Hoog (MPH)				2,9998						
	Meet Punt Laag (MPL)				0,7158						
	Controlemaat rechtstand				2,2840						
Meetpaal:	5			Temperatuur:		12°					
Antenne:	217-0582			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	toV Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1278	0,1278	0,1278	0,1278	0,0000			-0,0013		-0,0004	
PML	0,8410	0,8409	0,8411	0,8410	0,7132			4,0275		4,0266	
PMH	3,1272	3,1271	3,1272	3,1272	2,9993						
ANT_N	4,1542	4,1545	4,1546	4,1544	4,0266	-0,0004					
ANT_O	4,1521	4,1521	4,1525	4,1522	4,0244	0,0018					
ANT_Z				#####	#####	#####					
ANT_W	4,1553	4,1553	4,1553	4,1553	4,0275	-0,0013					
	Ant. rand centrum gemiddeld				4,0262						
	Antenne Referentie Punt (ARP)				3,9939						
	Meet Punt Hoog (MPH)				2,9993						
	Meet Punt Laag (MPL)				0,7132						
	Controlemaat rechtstand				2,2862						
Meetpaal:	6			Temperatuur:		12°					
Antenne:	217-0570			Units:		meters					
Pnt.nr.:	Meting1	Meting2	Meting3	Gem.	toV Kogel	Afwijking					
Kogel	0,1278	0,1278	0,1278	0,1278	0,0000			-0,0002		-0,0005	
PML	0,8430	0,8432	0,8428	0,8430	0,7152			4,0273		4,0276	
PMH	3,1277	3,1277	3,1277	3,1277	2,9999						
ANT_N	4,1554	4,1555	4,1553	4,1554	4,0276	0,0004					
ANT_O	4,1541	4,1546	4,1542	4,1543	4,0265	0,0015					
ANT_Z				#####	#####	#####					
ANT_W	4,1554	4,1550	4,1550	4,1551	4,0273	0,0007					
	Ant. rand centrum gemiddeld				4,0280						
	Antenne Referentie Punt (ARP)				3,9957						
	Meet Punt Hoog (MPH)				2,9999						
	Meet Punt Laag (MPL)				0,7152						
	Controlemaat rechtstand				2,2847						

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2024

projectnummer 0491113.100

20 januari 2025 revisie 00

Frisia Zout B.V.

CALIBRATIE GEGEVENS MEETMASTEN - WADMETING 2024

Meetmast	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
1	0,7180	3,0003	2,2823	3,9936	0,9934	25299021		
Δ gemiddelde - meting 1	0,0000	-0,0003		-0,0002				
Δ gemiddelde - meting 2	0,0000	0,0003		0,0002				
2	0,7138	3,0011	2,2873	3,9952	0,9941	25299037		
Δ gemiddelde - meting 1	-0,0002	-0,0003		-0,0004				
Δ gemiddelde - meting 2	0,0002	0,0003		0,0004				
4	0,7160	3,0001	2,2842	3,9961	0,9959	25299038		
Δ gemiddelde - meting 1	-0,0002	-0,0003		-0,0004				
Δ gemiddelde - meting 2	0,0002	0,0003		0,0004				
5	0,7133	2,9996	2,2863	3,9941	0,9945	25299012		
Δ gemiddelde - meting 1	-0,0001	-0,0002		-0,0002				
Δ gemiddelde - meting 2	0,0001	0,0002		0,0002				
6	0,7153	3,0002	2,2849	3,9957	0,9955	25299022		
Δ gemiddelde - meting 1	-0,0001	-0,0003		0,0000				
Δ gemiddelde - meting 2	0,0001	0,0003		0,0000				

HISTORISCH OVERZICHT CALIBRATIES MEETMASTEN

Meetmast 1	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7209	3,0180	2,2971	4,0023	0,9843	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7211	3,0184	2,2973	4,0022	0,9837	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7212	3,0184	2,2972	4,0024	0,9840	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022	0,7214	3,0187	2,2973	4,0025	0,9838	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2023	0,7212	3,0186	2,2975	4,0022	0,9835	217-0594		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
Nieuwe palen en antennes								
2024	0,7180	3,0003	2,2823	3,9936	0,9934	25299021		
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
Meetmast 2	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7211	3,0187	2,2977	4,0019	0,9832	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7209	3,0186	2,2977	4,0014	0,9828	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7213	3,0186	2,2974	4,0015	0,9829	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022	0,7213	3,0190	2,2976	4,0018	0,9828	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2023	0,7211	3,0186	2,2975	4,0021	0,9834	217-0545		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
Nieuwe palen en antennes								
2024	0,7138	3,0011	2,2873	3,9952	0,9941	25299037		
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
Meetmast 4	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7210	3,0225	2,3016	4,0021	0,9795	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7212	3,0226	2,3015	4,0012	0,9786	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7211	3,0228	2,3016	4,0013	0,9786	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022	0,7214	3,0231	2,3018	4,0017	0,9785	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2023	0,7210	3,0228	2,3019	4,0017	0,9789	217-0569		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
Nieuwe palen en antennes								
2024	0,7160	3,0001	2,2842	3,9961	0,9959	25299038		
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
Meetmast 5	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7208	3,0186	2,2979	4,0025	0,9838	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7206	3,0188	2,2981	4,0021	0,9834	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7208	3,0188	2,2980	4,0022	0,9834	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022	0,7209	3,0192	2,2983	4,0027	0,9835	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2023	0,7207	3,0189	2,2982	4,0025	0,9836	217-0582		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
Nieuwe palen en antennes								
2024	0,7133	2,9996	2,2863	3,9941	0,9945	25299012		
2025								
2026								
2027								
2028								
2029								
2030								
Meetmast 6	MPL	MPH	Cont. maat	ARP	ARP-MPH	Antennennr.	Datalogger	Opmerking
2019	0,7195	3,0177	2,2982	4,0018	0,9841	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2020	0,7196	3,0178	2,2982	4,0005	0,9827	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2021	0,7196	3,0179	2,2983	4,0006	0,9827	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2022	0,7199	3,0181	2,2983	4,0007	0,9825	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
2023	0,7195	3,0179	2,2984	4,0011	0,9832	217-0570		Gemiddelde waarde over het betreffende jaar
Nieuwe palen en antennes								
2024	0,7153	3,0002	2,2849	3,9957	0,9955	25299022		
2025								

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting - Berekening waterpasmetingen (controle metingen)

Bijlage 11 Jaarlijkse GNSS meting - Berekening waterpasmetingen (controle metingen)

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: 28 oktober 2024
auteur: ir. Frank Dentz, 06-GPS
goedkeuring: ir. Jean-Paul Henry, 06-GPS
versie: 1.5

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Meetopzet	3
3	Foutenbronnen & interpretatie resultaten	5
4	Resultaten GPS-metingen	6
4.1	1 ^e meting (27-09-2019).....	6
4.2	2 ^e meting (04-11-2020).....	8
4.3	3 ^e meting (28-10-2021).....	11
4.4	4 ^e meting (18-10-2022).....	14
4.5	5 ^e meting (10-10-2023).....	16
4.6	6 ^e meting (18-10-2024).....	19
Bijlage A	Coördinaten stations	22

1 Inleiding

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

2 Meetopzet

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



Fig. 1. Locaties GPS opstellingen Antea Group.

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van in totaal 10 referentiestationen, waarvan 8 afkomstig van het 06-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. 06-GPS zal de coördinaten van alle referentiestationen echter jaarlijks opnieuw berekenen om eventuele autonome bewegingen te kunnen detecteren.

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

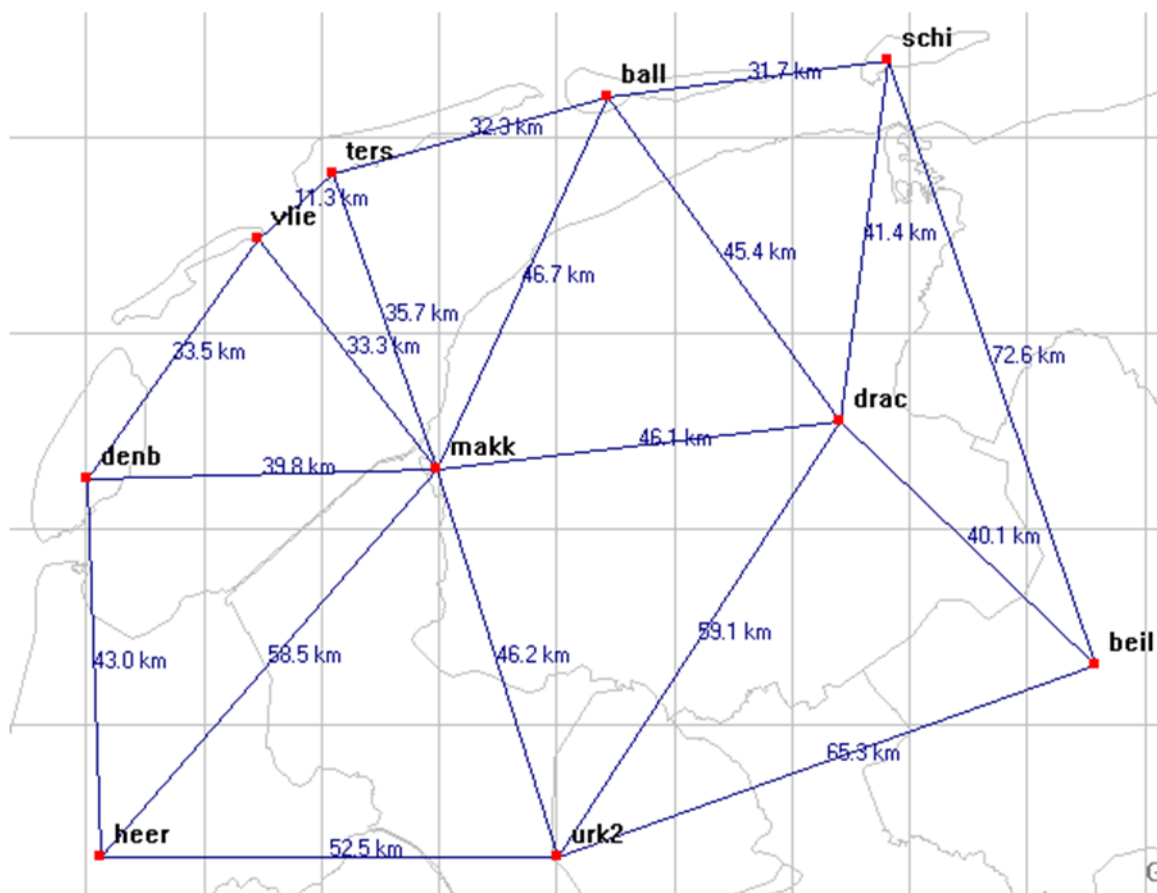


Fig. 2. Referentienetwerk t.b.v. monitoring bodemdaling 'Havenmond'.

3 Foutenbronnen & interpretatie resultaten

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

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

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

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

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

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

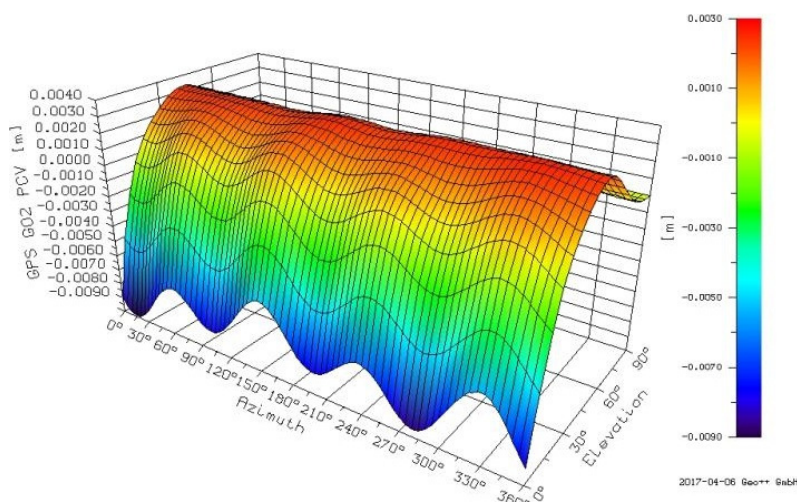


Fig. 3. Fasecentrum variaties van een Leica AR20 antenne.

4 Resultaten GPS-metingen

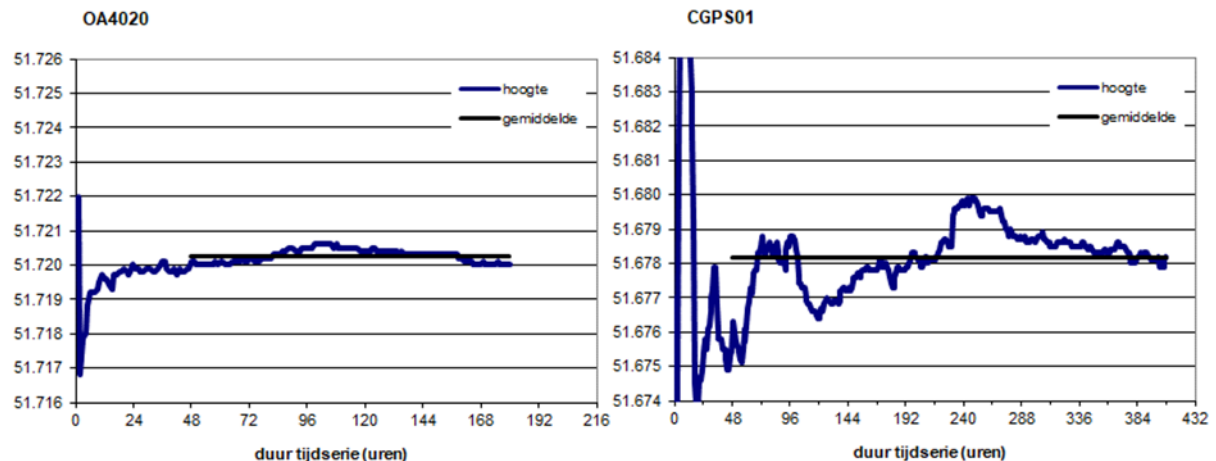
4.1 1^e meting (27-09-2019)

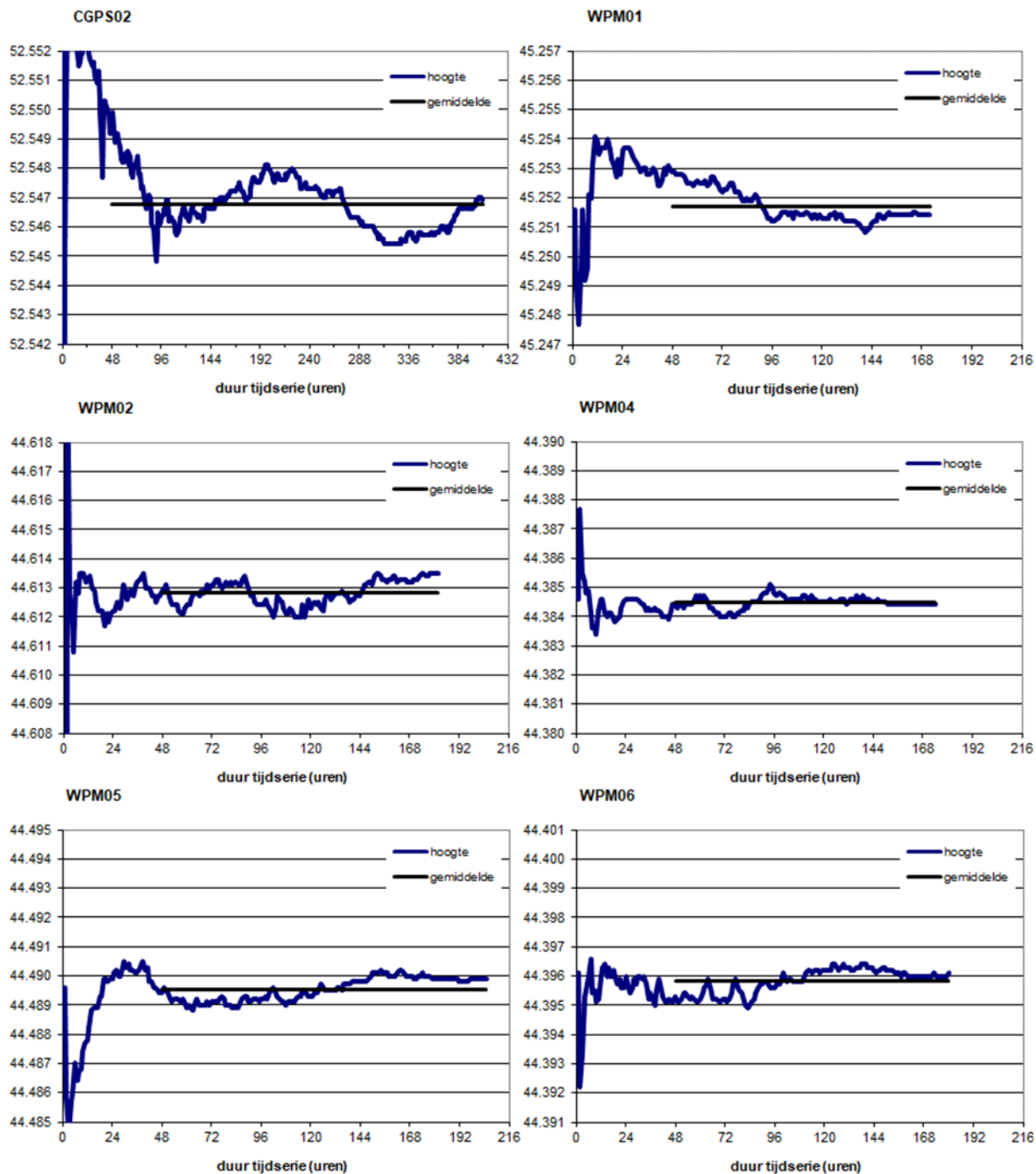
De 1^e meting (nulmeting) heeft plaatsgevonden tussen 4 augustus en 27 september 2019. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

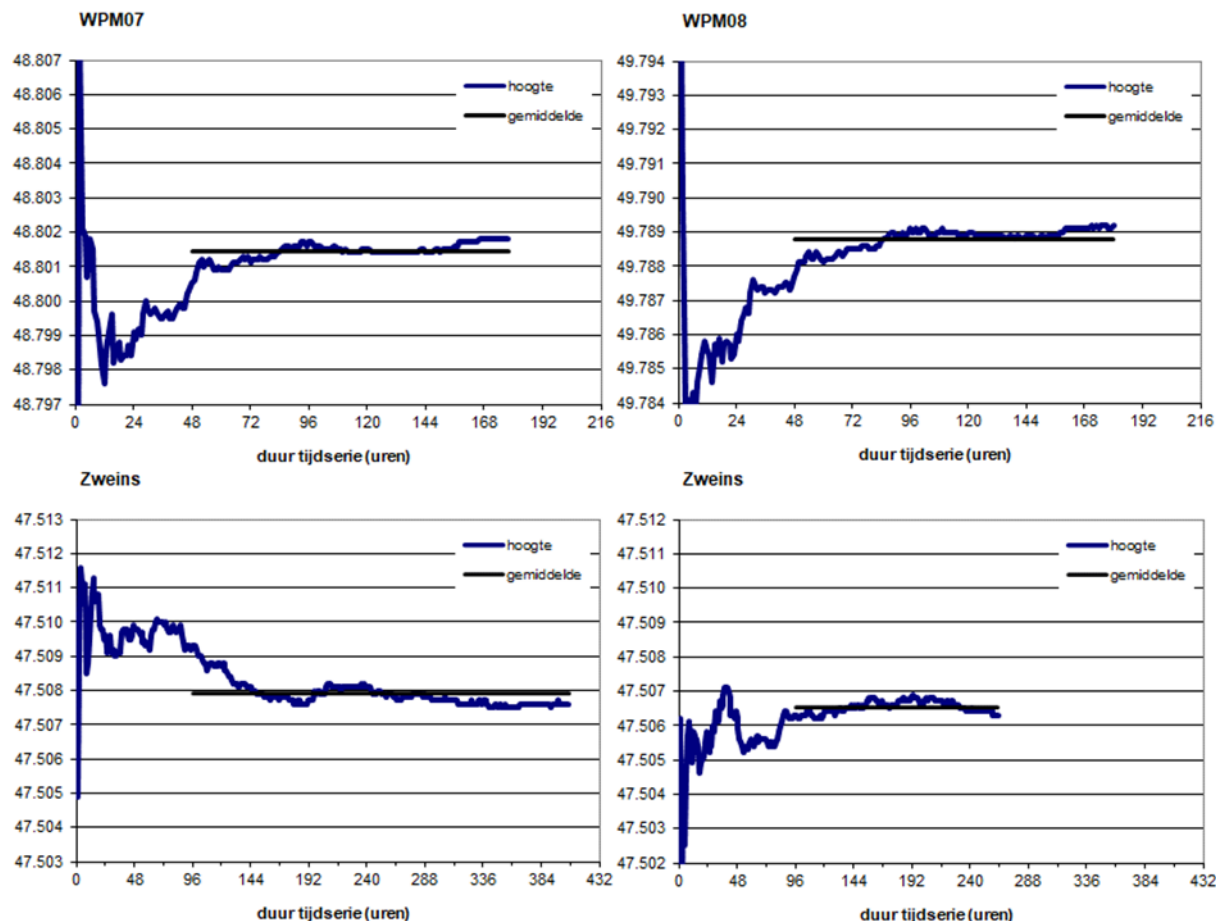
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-09-2019	27-09-2019
CGPS01	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
CGPS02	-	leiar10.atx	05-08-2019	21-08-2019
WPM01	1	21274005.atx	04-08-2019	11-08-2019
WPM02	2	21274006.atx	06-08-2019	13-08-2019
WPM04	4	21341009.atx	14-08-2019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

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

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







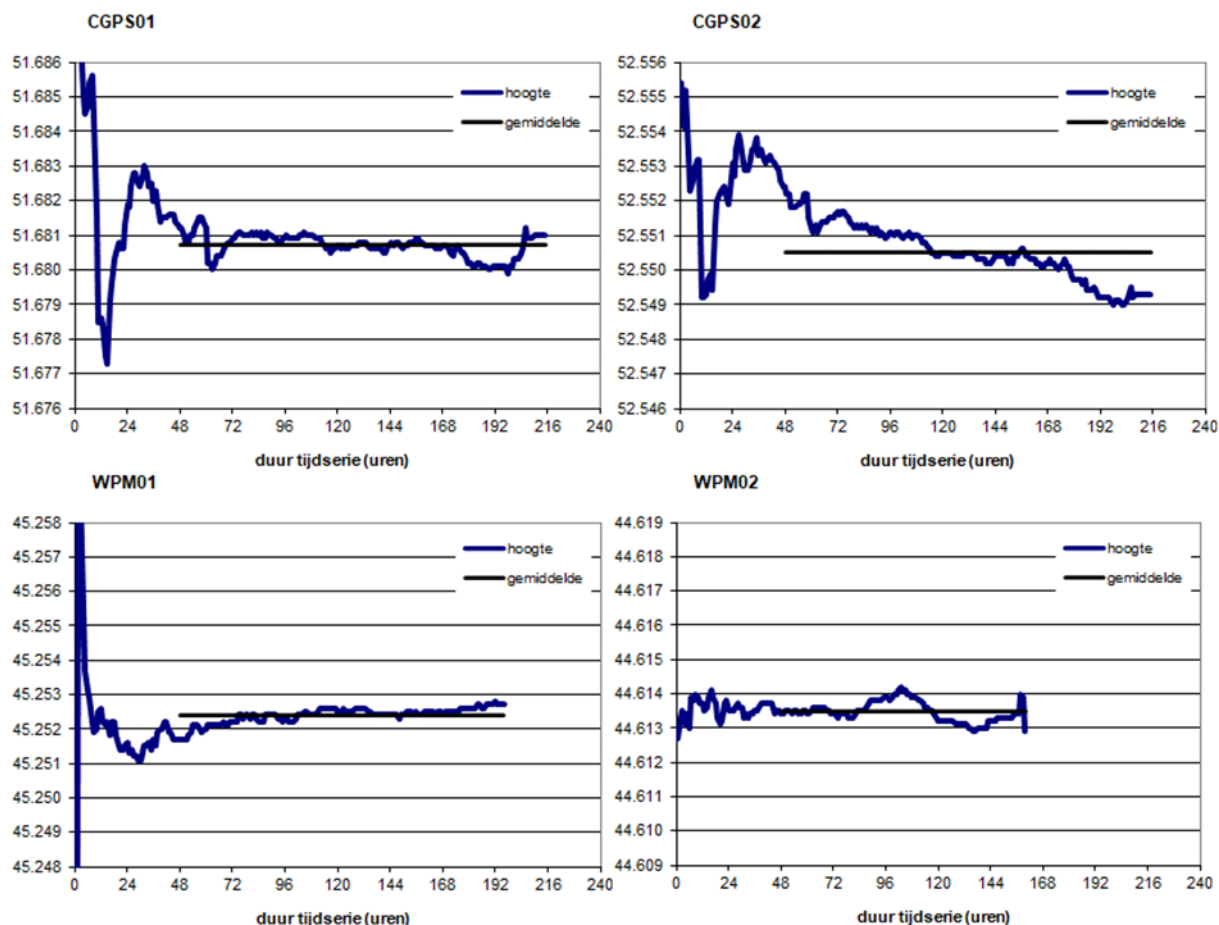
4.2 2^e meting (04-11-2020)

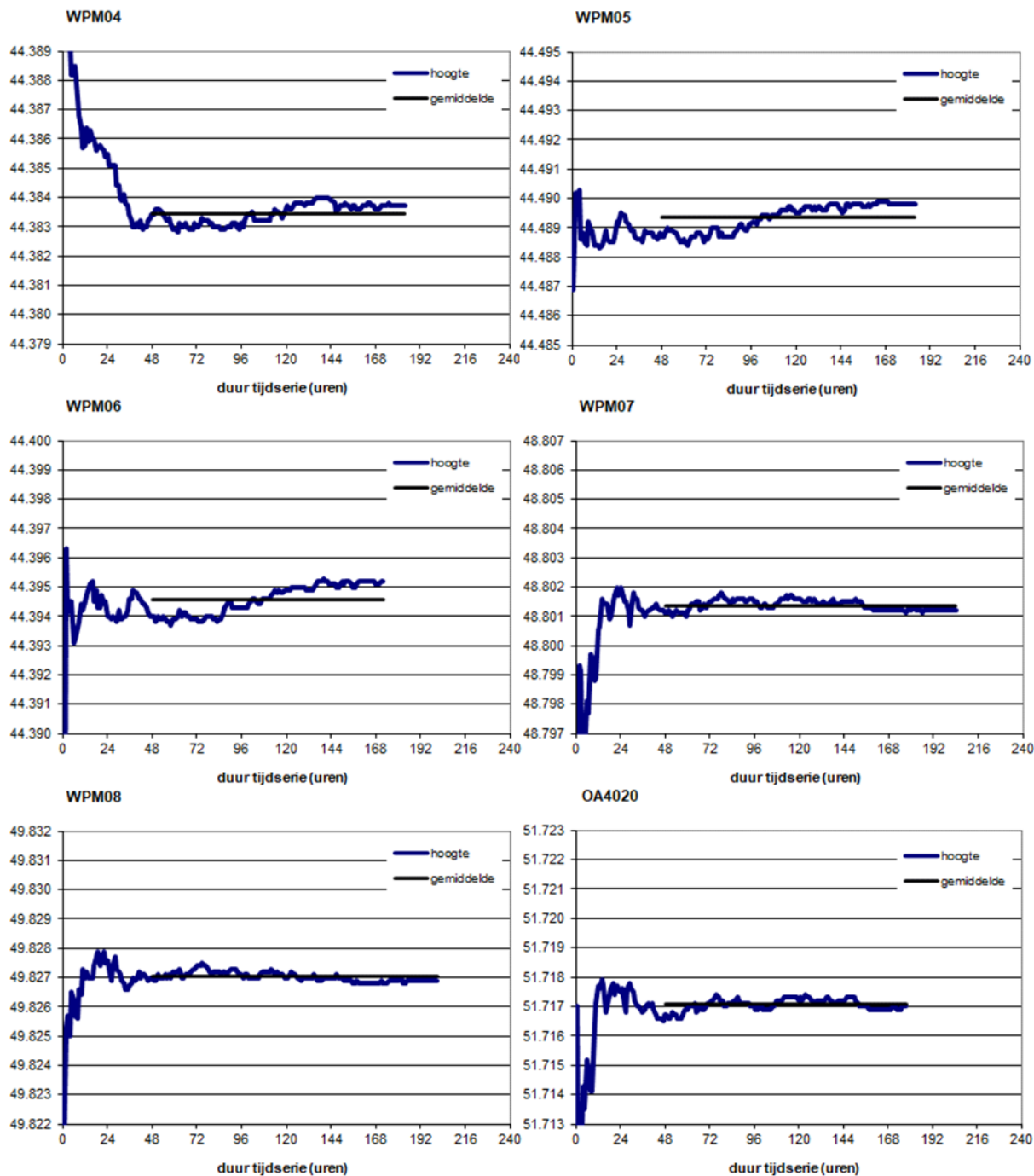
De 2^e meting heeft plaatsgevonden tussen 20 september en 4 november 2020. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

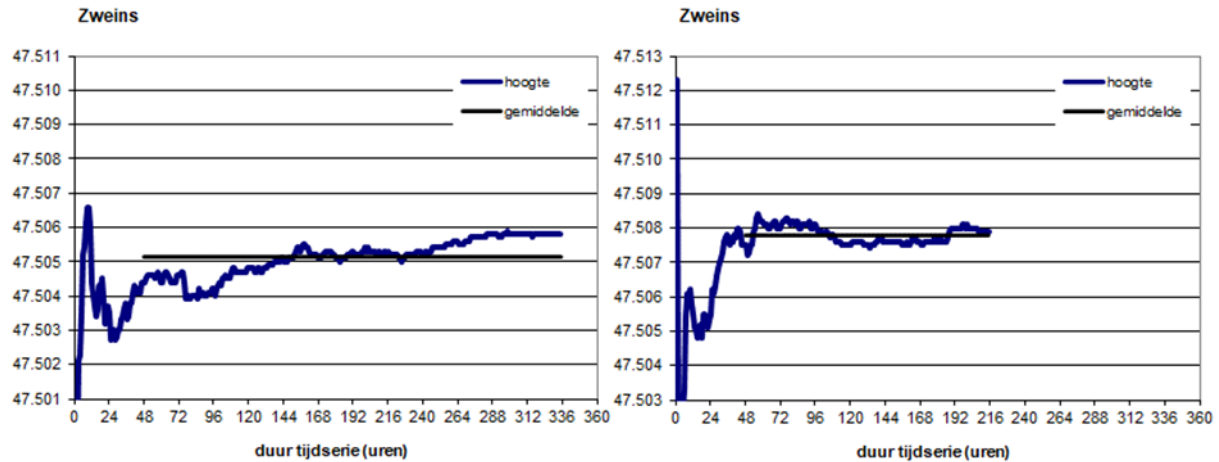
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	27-10-2020	03-11-2020
CGPS01	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
CGPS02	-	leiar10.atx	20-09-2020	28-09-2020
WPM01	1	21274005.atx	24-09-2020	02-10-2020
WPM02	2	21274006.atx	28-09-2020	05-10-2020
WPM04	4	21341009.atx	22-09-2020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

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

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







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

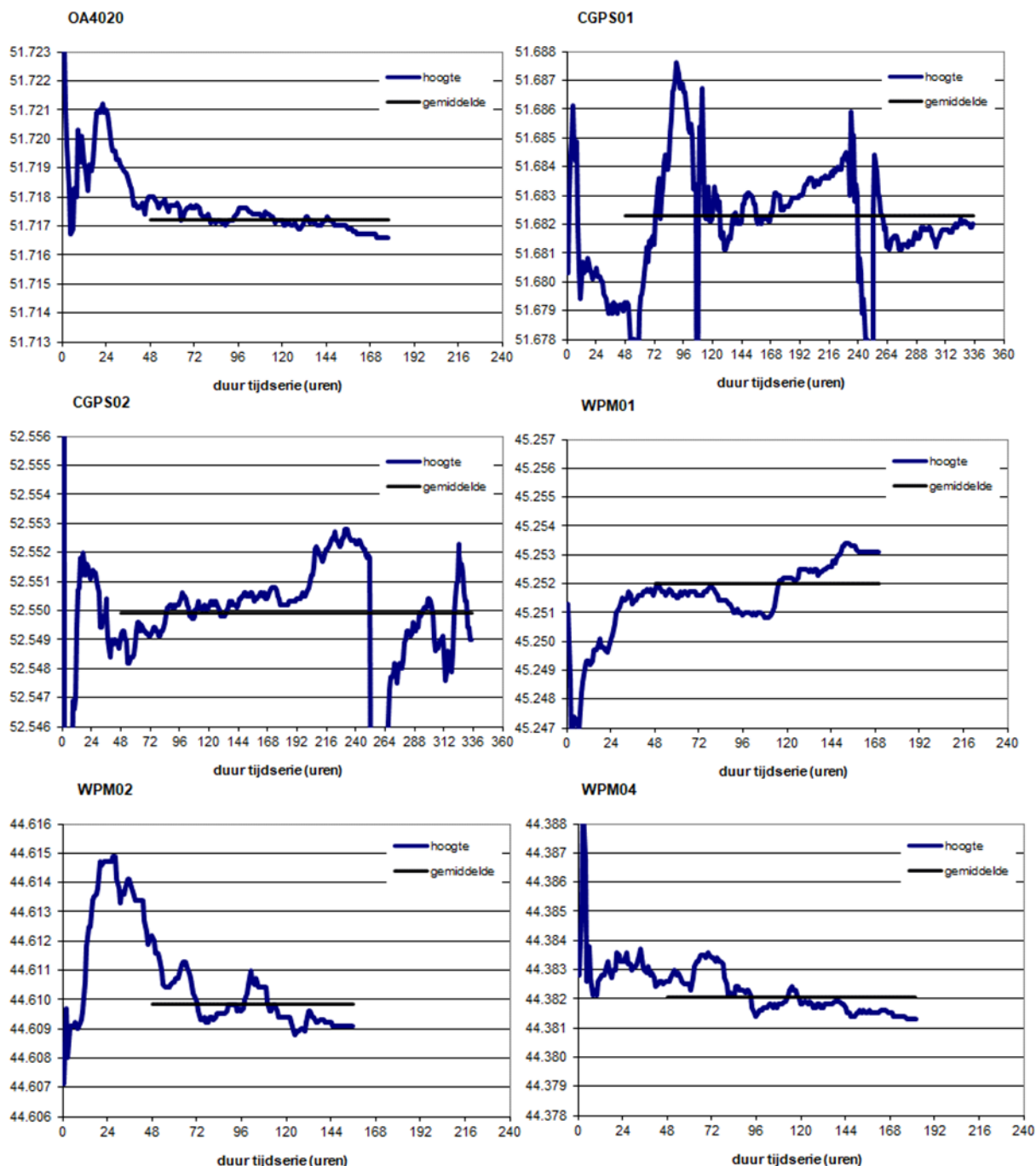
De 3^e meting heeft plaatsgevonden tussen 13 september en 28 oktober 2021. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

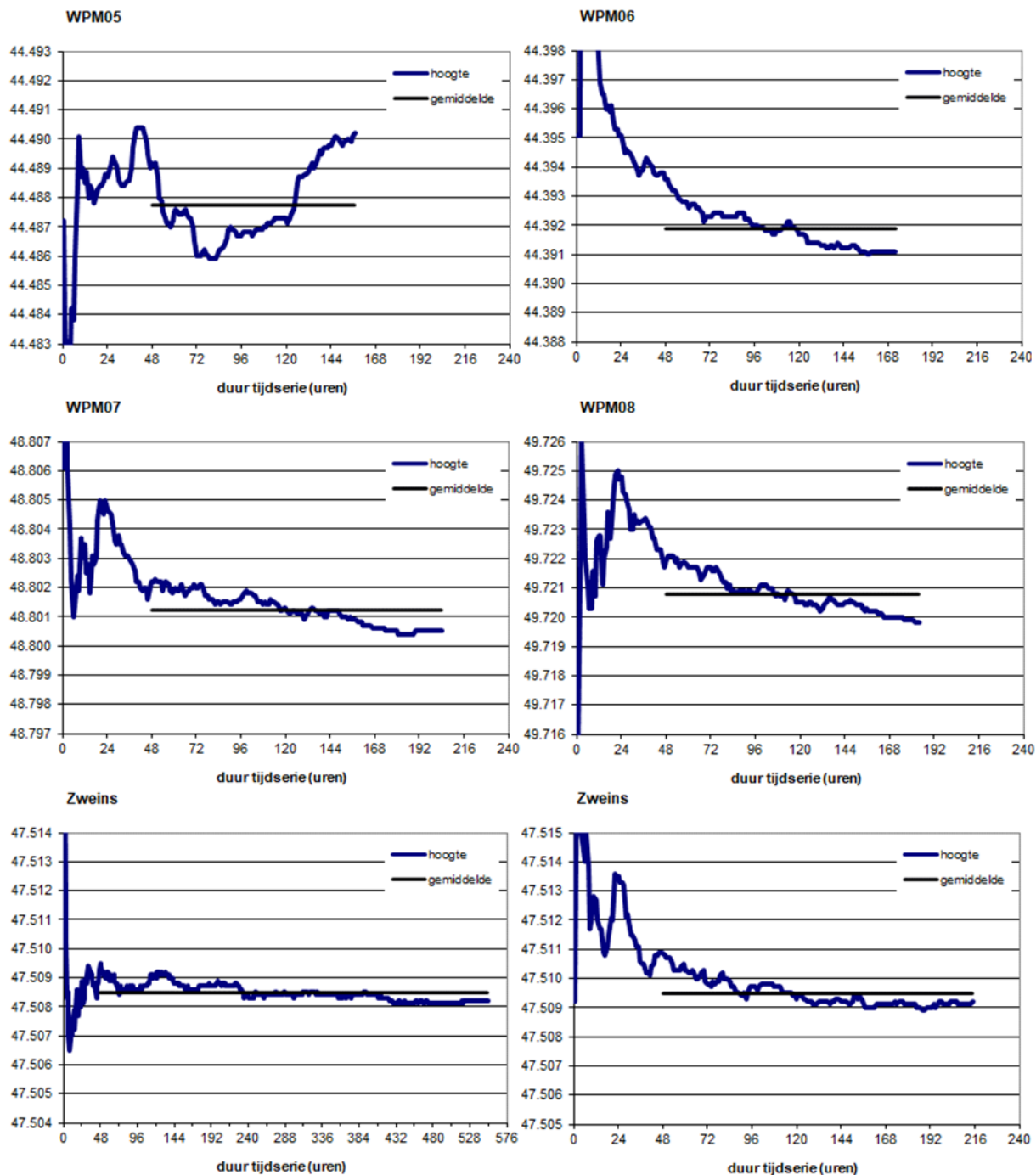
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	20-10-2021	27-10-2021
CGPS01	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
CGPS02	-	leiar10.atx	16-08-2021	29-08-2021
WPM01	1	21274005.atx	15-09-2021	22-09-2021
WPM02	2	21274006.atx	16-09-2021	22-09-2021
WPM04	4	21341009.atx	14-09-2021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

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

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





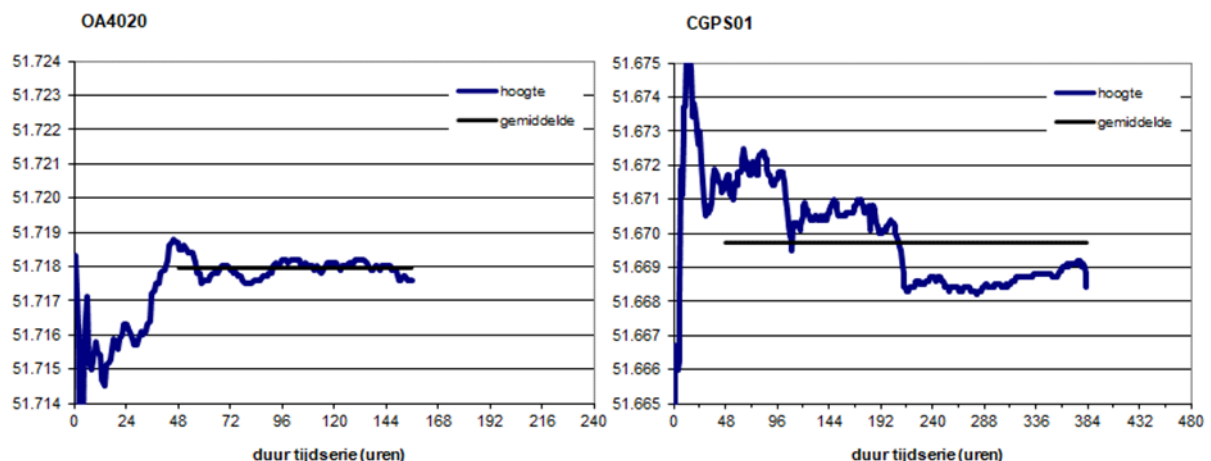
4.4 4^e meting (18-10-2022)

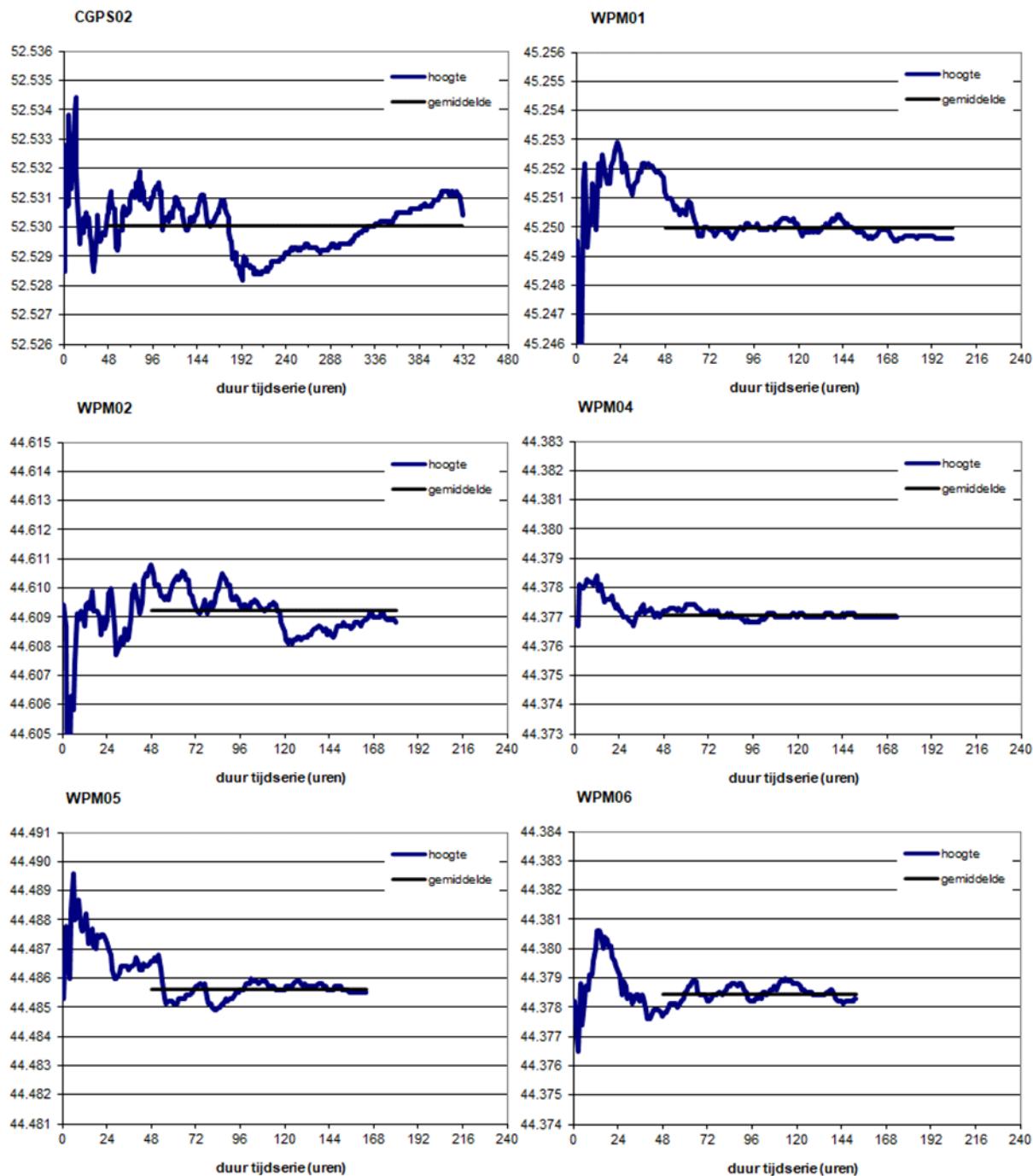
De 4^e meting heeft plaatsgevonden tussen 5 september en 18 oktober 2022. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

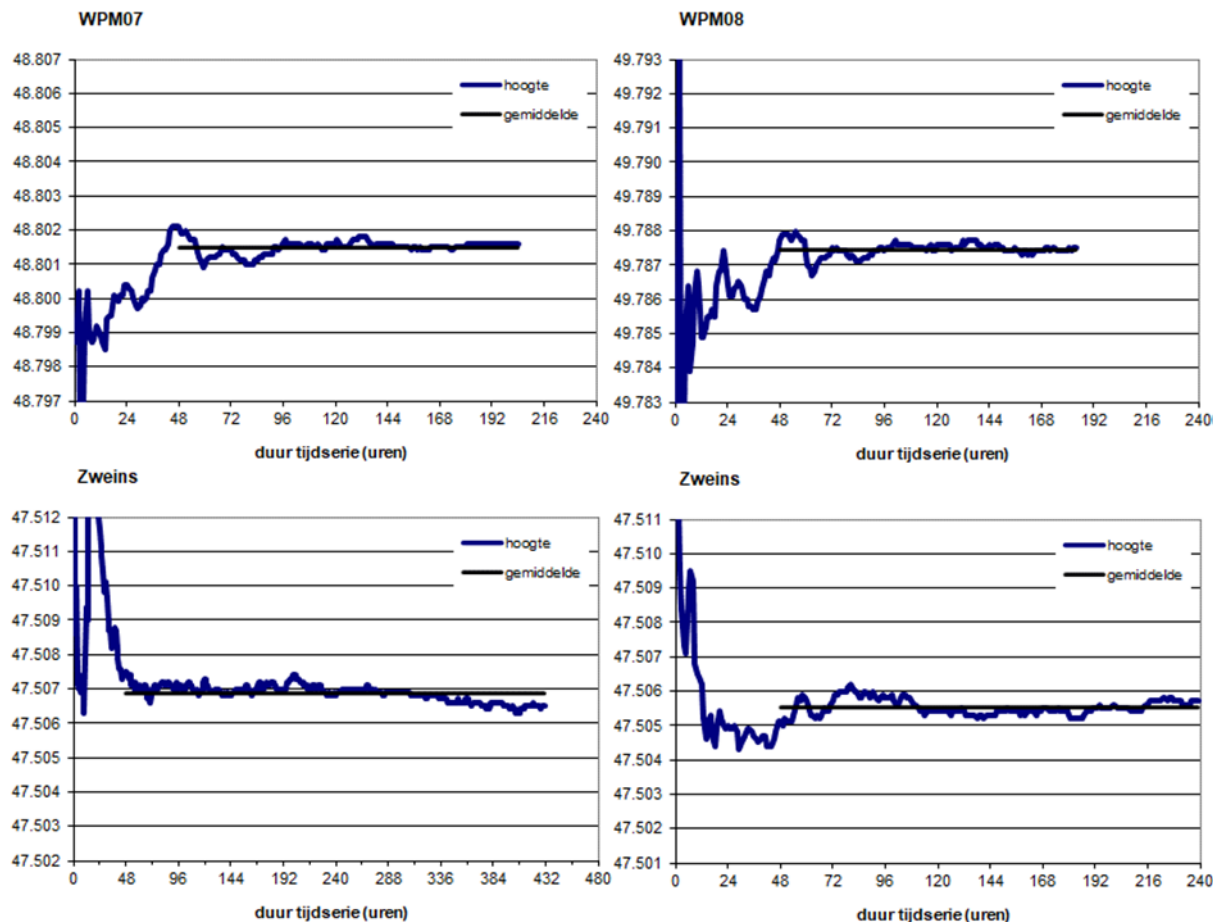
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	10-10-2022	16-10-2022
CGPS01	-	leiar10.atx	05-09-2022	22-09-2022
CGPS02	-	leiar10.atx	05-09-2022	22-09-2022
WPM01	1	21274005.atx	07-09-2022	15-09-2022
WPM02	2	21274006.atx	06-09-2022	13-09-2022
WPM04	4	21341009.atx	12-09-2022	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	σh	Δh
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







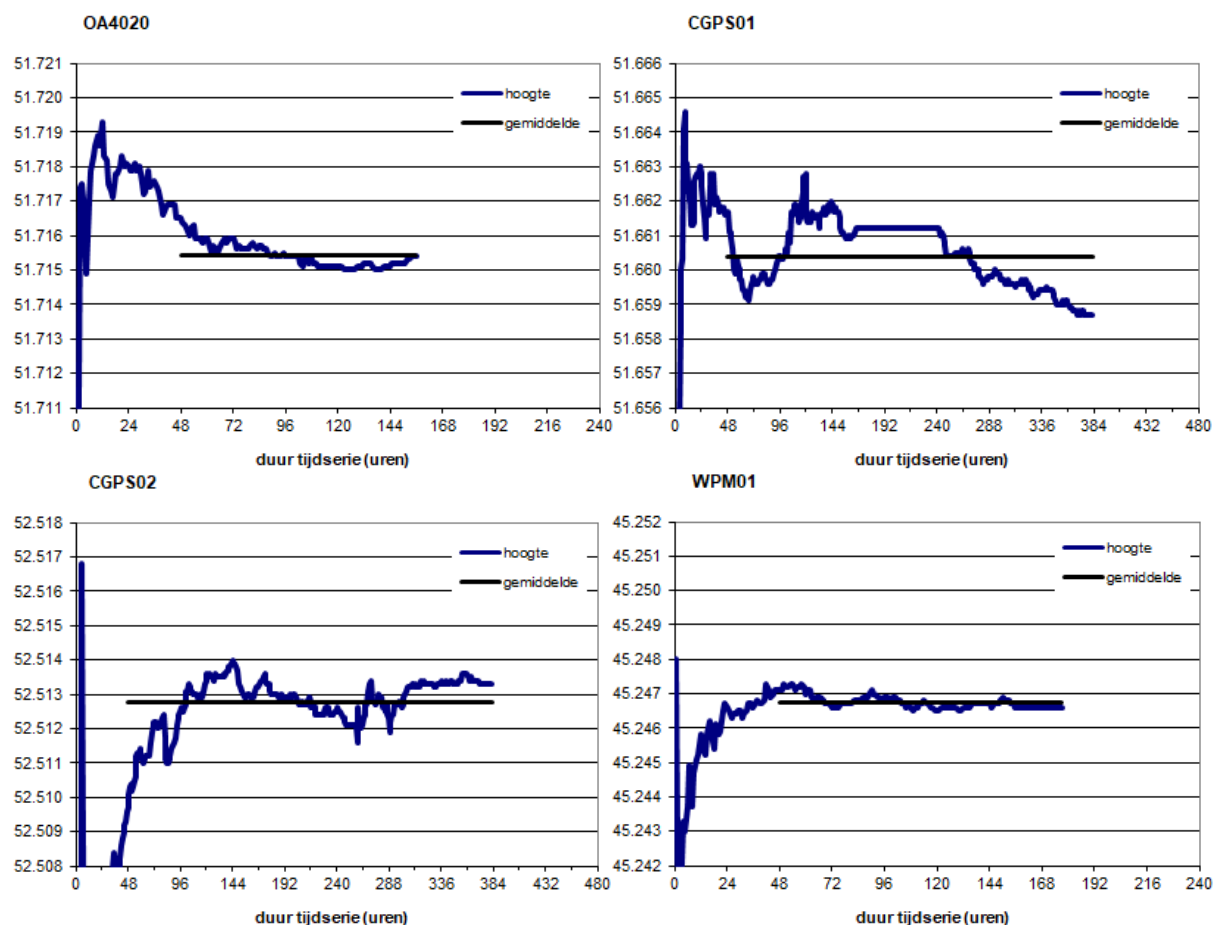
4.5 5^e meting (10-10-2023)

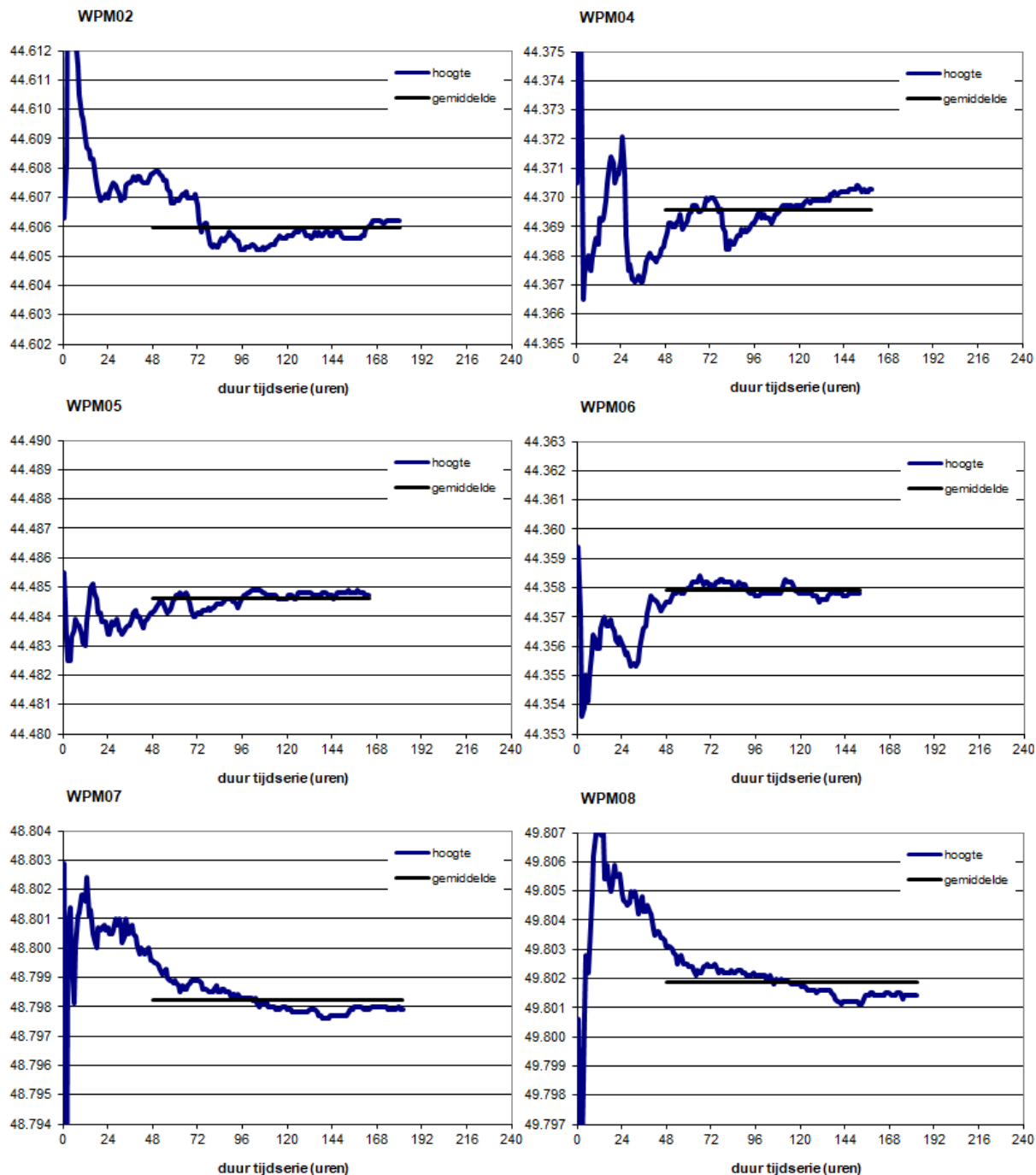
De 5^e meting heeft plaatsgevonden tussen 4 september en 10 oktober 2023. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

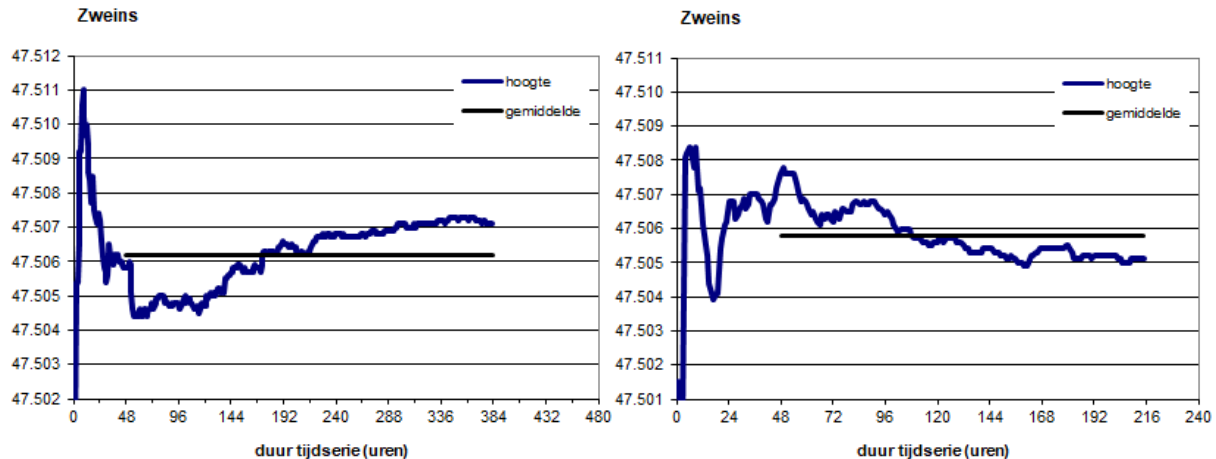
Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	21341009.atx	02-10-2023	08-10-2023
CGPS01	-	leiar10.atx	04-09-2023	19-09-2023
CGPS02	-	leiar10.atx	04-09-2023	19-09-2023
WPM01	1	21274005.atx	12-09-2023	19-09-2023
WPM02	2	21274006.atx	06-09-2023	13-09-2023
WPM04	4	21341009.atx	05-09-2023	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







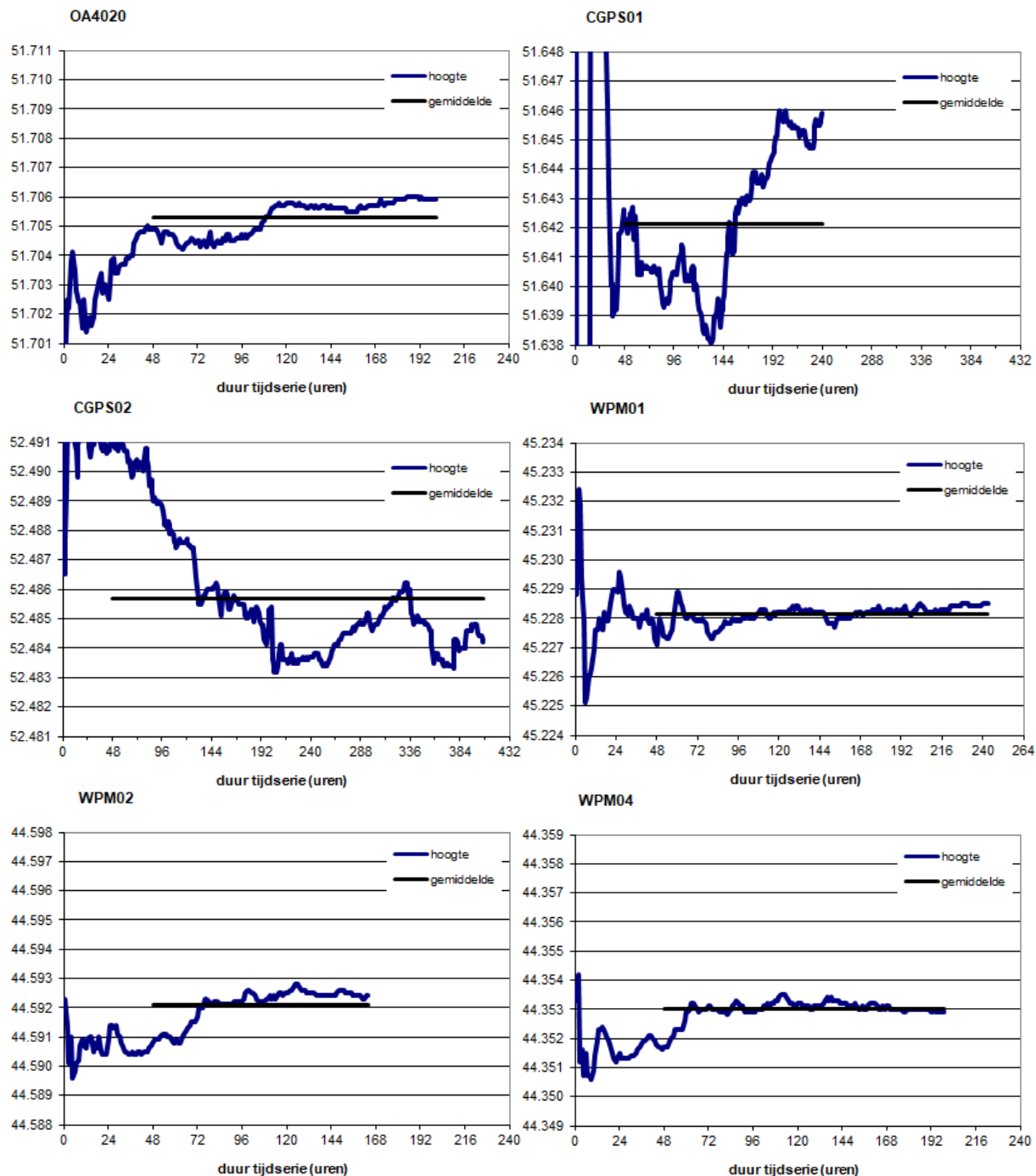
4.6 6^e meting (18-10-2024)

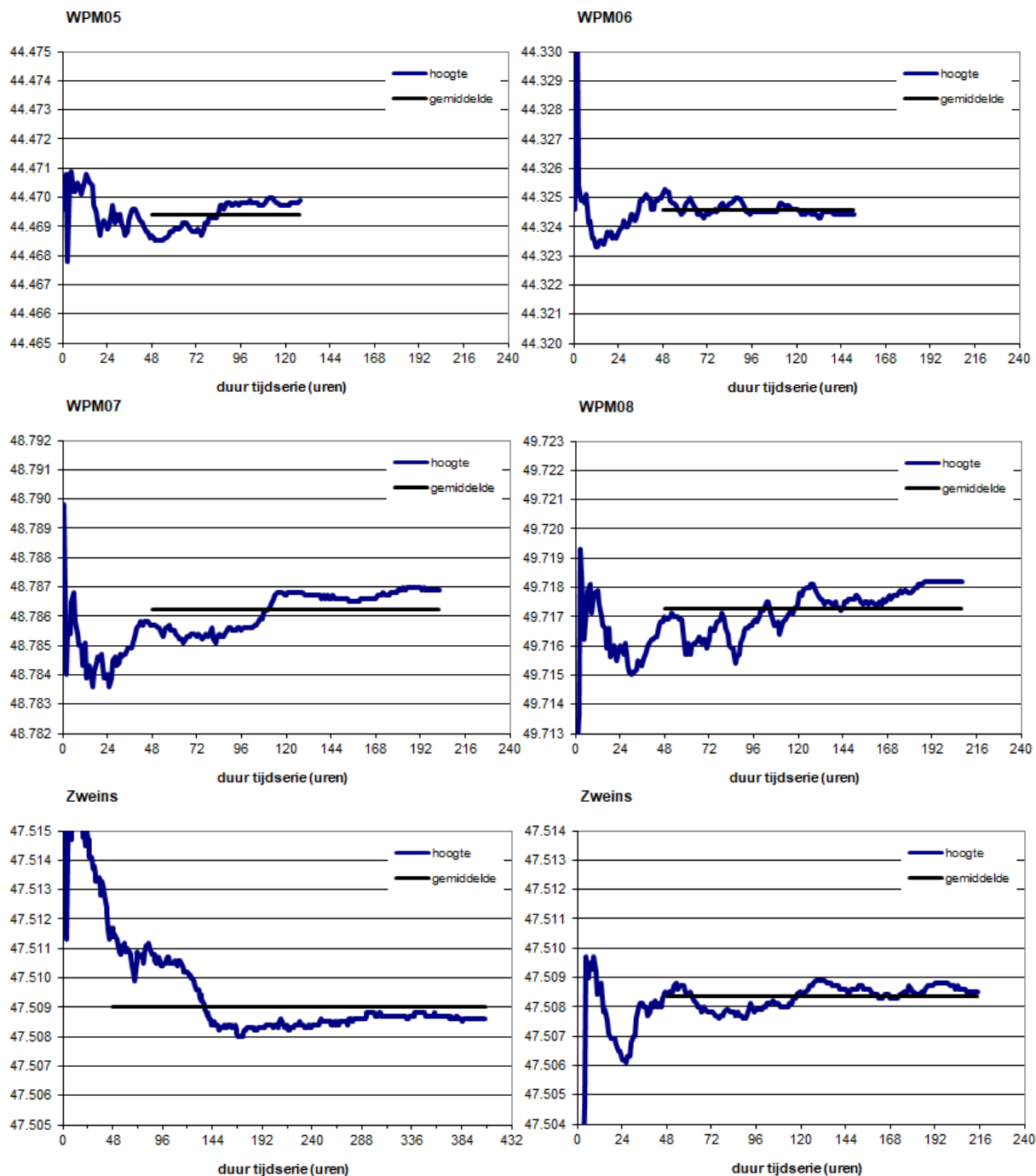
De 6^e meting heeft plaatsgevonden tussen 9 september en 18 oktober 2024. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende antenne en start- en einddatum van de tijdreeks:

Station	meetpaal	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
OA4020	4	25299038.atx	10-10-2024	18-10-2024
CGPS01	-	leiar10.atx	09-09-2024	25-09-2024
CGPS02	-	leiar10.atx	09-09-2024	25-09-2024
WPM01	1	25299021.atx	09-09-2024	19-09-2024
WPM02	5	25299012.atx	17-09-2024	23-09-2024
WPM04	4	25299038.atx	17-09-2024	25-09-2024
WPM05	2	25299037.atx	16-09-2024	21-09-2024
WPM06	6	25299022.atx	18-09-2024	24-09-2024
WPM07	1	25299021.atx	10-10-2024	18-10-2024
WPM08	2	25299037.atx	10-10-2024	18-10-2024
Zweins	-	leiar10.atx	09-09-2024	25-09-2024
Zweins	-	leiar10.atx	10-10-2024	18-10-2024

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	31.81038	5	24	40.94329	51.7053	0.0006	-0.0150
CGPS01	53	12	7.53253	5	22	34.80044	51.6421	0.0024	-0.0361
CGPS02	53	12	54.94193	5	23	19.89039	52.4857	0.0021	-0.0611
WPM01	53	13	50.65416	5	24	12.11827	45.2281	0.0003	-0.0236
WPM02	53	12	49.85610	5	21	13.47200	44.5921	0.0006	-0.0207
WPM04	53	12	16.98656	5	21	57.03182	44.3530	0.0003	-0.0315
WPM05	53	11	39.99111	5	21	55.75854	44.4694	0.0005	-0.0201
WPM06	53	12	17.92498	5	23	48.16469	44.3246	0.0002	-0.0712
WPM07	53	10	46.07619	5	25	3.66031	48.7862	0.0006	-0.0152
WPM08	53	11	47.36655	5	25	47.46398	49.7173	0.0007	-0.0715
Zweins	53	11	39.64294	5	36	9.90926	47.5090	0.0009	0.0011
Zweins	53	11	39.64295	5	36	9.90925	47.5084	0.0004	0.0005







Datum
28 oktober 2024

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.5

Pagina
22 van 27

Bijlage A Coördinaten stations

coördinaten referentiestation 21-08-2019

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

coördinaten monitorstations 27-09-2019

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



Datum
28 oktober 2024

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.5

Pagina
23 van 27

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



Datum
28 oktober 2024

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.5

Pagina
24 van 27

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

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



Datum
28 oktober 2024

Titel
Resultaten GPS-metingen Havenmond

Versie
1.5

Pagina
27 van 27

coördinaten referentiestations 25-09-2024

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 18-10-2024

Station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
4020	OA4020	Antea Group	relaxed	18-10-2024	53	10	31.81038	5	24	40.94329	51.7053	0.000	-0.0150	25299038.atx
cgp1	CGPS01	Antea Group	relaxed	25-9-2024	53	12	7.53253	5	22	34.80044	51.6421	0.000	-0.0361	leiar10.atx
cgp2	CGPS02	Antea Group	relaxed	25-9-2024	53	12	54.94193	5	23	19.89039	52.4857	0.000	-0.0611	leiar10.atx
wpm1	WPM01	Antea Group	relaxed	19-9-2024	53	13	50.65416	5	24	12.11827	45.2281	0.000	-0.0236	25299021.atx
wpm2	WPM02	Antea Group	relaxed	23-9-2024	53	12	49.85610	5	21	13.47200	44.5921	0.000	-0.0207	25299012.atx
wpm4	WPM04	Antea Group	relaxed	25-9-2024	53	12	16.98656	5	21	57.03182	44.3530	0.000	-0.0315	25299038.atx
wpm5	WPM05	Antea Group	relaxed	21-9-2024	53	11	39.99111	5	21	55.75854	44.4694	0.000	-0.0201	25299037.atx
wpm6	WPM06	Antea Group	relaxed	24-9-2024	53	12	17.92498	5	23	48.16469	44.3246	0.000	-0.0712	25299022.atx
wpm7	WPM07	Antea Group	relaxed	18-10-2024	53	10	46.07619	5	25	3.66031	48.7862	0.000	-0.0152	25299021.atx
wpm8	WPM08	Antea Group	relaxed	18-10-2024	53	11	47.36655	5	25	47.46398	49.7173	0.000	-0.0715	25299037.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	25-9-2024	53	11	39.64294	5	36	9.90926	47.5090	0.000	0.0011	leiar10.atx
zwei	Zweins	Antea Group	relaxed	18-10-2024	53	11	39.64295	5	36	9.90925	47.5084	0.000	0.0005	leiar10.atx

Bijlage 13 Waterpasmeting 'Harlingen-West' - Differentiestaat

Referentiemeting												
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- 2024 (mm)	Diff 2023- 2024 (mm)	Opmerking	X-RD (m)	Y-RD (m)
00010	0,989	11-19	0,984	0,985	0,988	0,989	-1	5	1		158503,00	580302,00
00014	2,086	11-19	2,078	2,070						2024: Niet bereikbaar.	158861,88	580019,57
00015	1,955	12-21	1,955	1,954	1,955	1,958	2	2	2		159203,23	579347,30
00020	-1,004	12-21	-1,004	-1,003	-1,002	-1,000	4	4	3		159582,18	577893,65
00021	0,722	12-21	0,722	0,720	0,722	0,724	2	2	2		160107,22	578341,56
00022	0,086	12-21	0,086	0,085	0,087					2024: Peilmerk niet opgenomen ivm wijziging meetnet	159605,85	577485,99
00023	-0,065	12-21	-0,065	-0,066	-0,064	-0,063	2	2	1		160113,36	578534,29
00029	0,794	11-19	0,789	0,788	0,790	0,791	-3	2	2		158146,00	579092,00
00030	1,391	11-19	1,386	1,385	1,388	1,388	-3	2	1		158612,14	579819,98
00040	0,779	11-19	0,779	0,780	0,779	0,781	2	1	2		158275,00	576414,00
00041	0,863	11-19	0,862	0,861	0,859	0,862	-1	0	3		157788,00	576404,00
00045	5,573	11-19	5,569	5,567	5,565	5,566	-7	-3	1		157682,14	578237,03
00046	6,142	11-19	6,138	6,139	6,138	6,140	-2	2	2		157496,00	577793,00
00047	2,934	11-19	2,933	2,933	2,932	2,932	-2	0	0		157157,46	577450,13
00065	0,770	11-19	0,770	0,770	0,769	0,770	0	0	1		158406,00	576894,00
00107	1,668	11-19	1,667	1,666	1,667	1,668	0	1	1		157028,68	576736,05
00326	4,481	11-19	4,477	4,472						2024: Niet bereikbaar.	157842,92	578769,50
00327	4,917	11-19	4,913	4,910	4,910	4,911	-6	-2	1		157928,93	578878,62
00328	4,878	11-19	4,875	4,872	4,873	4,874	-4	-1	1		157940,89	578895,88
00329	3,888	11-19	3,886	3,884	3,885	3,886	-2	1	2		156963,13	576963,76
00330	3,888	11-19	3,886	3,884	3,885	3,887	-1	0	2		156974,30	576967,37
00332	3,885	11-19	3,883	3,881	3,882	3,883	-2	0	1		156971,56	576976,49
03024	0,755	10-24				0,755				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162120,00	578350,00
03026	0,123	10-24				0,123				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162123,16	578336,32
03027	0,166	10-24				0,166				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162146,65	578333,54
03034	0,890	10-24				0,890				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162000,00	577750,00
03035	0,634	10-24				0,634				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162030,00	578210,00
03036	0,590	10-24				0,590				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162030,00	578220,00
03042	4,182	11-19	4,182	4,181	4,181	4,181	-1	-1	0		157202,89	577277,10
04031	9,586	11-19	9,577	9,579		9,577	-9	0			158004,53	579298,36
04032	1,238	11-19	1,231	1,233	1,234	1,236	-2	5	2		158029,15	579286,87
04033	0,027	11-19	0,018	0,021	0,022	0,024	-3	6	2		158031,78	579189,31
000A2748*	0,172	12-21		0,172	0,172	0,172	0		0	Aansluitpunt.	159809,10	577386,80
000A2750	-0,060	10-24				-0,060				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162134,66	578334,42
000A2760	0,284	11-19	0,284								169295,00	578595,00
000A2907	3,385	11-19	3,382	3,381	3,381	3,381	-4	-1	0		157858,00	578747,00
000A2908	2,706	11-19	2,705	2,705	2,706	2,707	1	2	1		157023,00	576980,00
000A4020	6,988	11-19	6,986	6,985	6,988	6,989	1	3	1		156613,04	576552,19
000A5020	6,398	10-21			6,398	6,399	1		1		156611,00	576553,19
005D0003	3,399	11-19	3,395	3,395	3,393	3,396	-3	1	2		156837,89	576063,35
005D0004	1,721	11-19	1,720	1,720	1,719	1,721	0	2	2		157132,70	576265,90
005D0005	2,012	11-19	2,011	2,011	2,010	2,012	1	1	2		157186,54	576478,23
005D0007	2,114	11-19	2,115	2,115	2,116	2,115	1	1	-1		157302,53	576983,16
005D0012	2,648	12-21	2,648	2,648	2,649	2,650	2	2	1		159006,84	577253,41
005D0015	0,815	11-19	0,810	0,808	0,811					2024: Niet bereikbaar.	158756,53	578750,97
005D0017	1,006	12-21	1,006	1,004	1,006	1,008	3	3	2		158796,00	579667,00
005D0037	2,699	11-19	2,695	2,697	2,696	2,698	0	3	3		157116,93	576123,56
005D0040	0,384	12-21	0,384	0,382	0,382	0,382	-2	-2	0		159818,12	578577,57
005D0057	0,815	11-19	0,810	0,810	0,810	0,812	-3	2	2		158017,96	579193,76

Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee

Jaarrapportage 2024

projectnummer 0491113.100

20 januari 2025 revisie 00

Frisia Zout B.V.

Referentiemeting												
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 2020-2024 (mm)	Diff 2023-2024 (mm)	Opmerking	X-RD (m)	Y-RD (m)
005D0059	1,784	12-21		1,782	1,784					2024: Peilmerk niet opgenomen ivm wijziging meetnet	159700,00	577440,00
005D0066	2,255	11-19	2,255	2,256	2,257	2,256	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	3,653	3,649	3,652	-3	-1	2		156880,00	575879,00
005D0070	5,470	11-19	5,469	5,469	5,470	5,470	0	1	0		158210,00	577760,00
005D0072	6,132	11-19	6,130	6,128	6,131	6,131	-1	1	0		156614,30	576558,30
005D0074	1,047	11-19	1,042	1,040	1,043	1,044	-3	2	1		158614,01	578078,86
005D0081	6,461	11-19	6,459		6,459					2024: Niet bereikbaar.	156630,00	576560,00
005D0082	0,650	11-19	0,649	0,650	0,651	0,652	2	3	2		158477,87	577002,97
005D0083	4,784	11-19	4,780	4,777	4,776	4,778	-6	-2	2		158086,80	578845,90
005D0087	4,952	11-19	4,943	4,942	4,940	4,940	-12	-3	0		158550,00	578050,00
005D0089	0,461	10-24				0,461				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	159608,00	576998,00
005D0096	4,513	11-19	4,511	4,511	4,508	4,510	-4	-1	1		156486,91	576060,44
005D0097	4,756	11-19	4,753	4,753	4,750	4,751	-5	-2	1		156100,29	576424,34
005D0098	5,275	11-19	5,273	5,271	5,270	5,271	-4	-2	1		156269,28	576517,31
005D0099	6,750	11-19	6,748	6,747	6,745	6,746	-5	-2	0		156642,56	576852,57
005D0100	7,872	11-19	7,869	7,866	7,865	7,864	-7	-4	0		156709,75	577241,13
005D0101	2,109	11-19	2,109	2,109	2,109	2,110	1	1	2		157192,00	576776,00
005D0112	6,390	11-22		6,390	6,393	6,393	3		1		156610,00	576550,00
005D0113	4,351	11-22		4,351	4,349	4,350	-1		2		156733,00	576050,00
005D0114	2,160	11-22		2,160	2,162	2,164	4		2		159600,00	579062,00
005D0115	-1,023	10-23			-1,023	-1,023	0		0		159245,00	577585,00
005D0116	0,544	10-24				0,544				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	158855,00	576733,00
005D0117	0,053	10-24				0,053				2024: Nieuw	158919,00	576943,00
005G0007	-0,272	10-24				-0,272				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	161400,00	577510,00
005G0145	0,108	10-24				0,108				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162180,00	578510,00
005G0179	0,250	10-24				0,250				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	161800,00	578460,00
005G0205	1,208	10-24				1,208				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162030,00	577510,00
005G0206	0,972	10-24				0,972				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	160685,00	577433,00
005G0219	0,876	10-24				0,876				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	162190,00	578390,00
005G0266	0,841	10-24				0,841				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	160320,00	578680,00
005G0287	-0,488	10-24				-0,488				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	161676,00	578481,00
005G0297	-0,262	10-24				-0,262				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	160960,00	578680,00
005G0310	1,020	10-24				1,020				2024: Bestaand peilmerk opgenomen.	160138,00	577393,00

* 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 Waterpasmeting 'Harlingen-West' (MOVE3) - Berekening

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

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

Bijlage 15 Goedkeuringsbrief RWS-CIV



Retouradres: Rijkswaterstaat | Postbus 2232 | 3500 GE Utrecht

RWS INFORMATIE

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

Datum 20 december 2024
Onderwerp Concessiemeting Harlingen-west 2024

Geachte heer Sikken,

Bij deze bericht ik u dat we de concessiemeting Harlingen-west 2024, door Antea uitgevoerd in opdracht van Frisia Zout, 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,

Floris de Koning
Adviseur geodetische infrastructuur

**Rijkswaterstaat Centrale
Informatievoorziening**

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

Contactpersoon

Floris de Koning
adviseur geodetische
infrastructuur

M 06 50 19 79 59
floris.de.koning@rws.nl

Ons kenmerk

RWS-2024/42491

Uw kenmerk

-

Bijlage(n)

-

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 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

Copyright ©

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.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor 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 dit rapport 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 niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@antegroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlelen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl