



GNSS meting Oppenhuizen

Rapportage GNSS signaleringsmeting
December 2023

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0484842.100
definitief
21 februari 2024

GNSS meting Oppenhuizen

Rapportage GNSS signaleringsmeting December 2023;

projectnummer 0484842.100
definitief
21 februari 2024

Opdrachtgever

Vermilion Energy B.V.
Postbus 71
8860 AB HARLINGEN

Auteur

[Redacted]

datum
21 februari 2024

beschrijving
definitief



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
2.	Meetopzet	5
2.1	Eisen aan de meetopzet	6
2.2	Meetchronologie	6
3.	GPS-meetpalen	7
3.1	Constructie	7
3.2	Kalibratie	8
4.	Metingen	11
4.1	Opbouw GPS meetpalen	11
4.2	Antennemeting na opbouw	11
4.3	Antennemeting voor demontage	12
4.4	Weersomstandigheden	12
5.	Verwerking en resultaten	13
6.	Multistation berekeningen GPS-metingen	15
7.	Verwerking en resultaten (antennemeting en GPS-meting)	16
7.1	Differentiestaat	17
8.	Samenvatting	18
9.	Bijlagen	19
10.	Referenties	20

Bijlage 1 Overzichtskaart meetnet Oppenhuizen

Bijlage 2 Differentiestaat

Bijlage 3 Resultaten vereffening maatvoering AR25-antennes

Bijlage 4 Tekening AR25 choke ring antenne

Bijlage 5 AR25-Antenne kalibratierapporten

Bijlage 6 Foto's GPS-meetlocaties

Bijlage 7 Resultaten vereffening waterpasmetingen

Bijlage 8 Foto's peilmerken per meetlocatie

Bijlage 9 Resultaten Multi-station berekening GPS-metingen

1. Inleiding

In opdracht van Vermilion Energy B.V. heeft Antea Group zowel een vlakdekkende waterpasmeting, als een 1^e GNSS¹ signaleringsmeting (hierna genoemd GPS-meting) uitgevoerd. De werkzaamheden zijn uitgevoerd in het kader van het meetplan 'Oppenhuizen 2018' [1] in de winningsvergunning Zuid Friesland III. In dit meetplan is naast de reeds uitgevoerde en gerapporteerde waterpasmeting [2] een GNSS signaleringsmeting opgenomen.

Voor de GPS-signaleringsmeting zijn de onderstaande werkzaamheden verricht:

1. Statische GPS-metingen op een drietal locaties (Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Leijepoel Oppenhuizen), om het hoogteverschil tussen de 3 locaties te bepalen;
2. Waterpasmetingen op de hierboven genoemde drie locaties, om het hoogteverschil tussen de GPS-antenne en het nabijgelegen ondergronds meetmerk te bepalen.

De GPS-metingen zijn bedoeld als een aanvulling op de vlakdekkende waterpasmeting van het meetnet 'Oppenhuizen' [2]. Naar aanleiding van de resultaten van de GPS metingen kan besloten worden tot het uitvoeren van extra vlakdekkende waterpasmetingen indien het resultaat van een GPS-meting:

- a. Significant afwijkt van de resultaten ten tijde van de voorgaande vlakdekkende waterpassing (dat wil zeggen meer dan 3 maal de standaardafwijking van de meetprecisie);
- b. Een bodemdaling impliceert die groter is dan de prognose zoals is opgenomen in het winningsplan.

In dit rapport worden de werkzaamheden en de resultaten van de nulmeting beschreven. Met dit rapport wordt uitvoering gegeven aan het gestelde in artikel 31, Mijnbouwbesluit, met betrekking tot de uitvoering en de rapportage van metingen overeenkomstig het goedgekeurde Meetplan 'Oppenhuizen 2018' [1].

De in dit rapport opgenomen (relatieve) hoogten zijn gepresenteerd in ETRS89. Dit om een mogelijke verwarring met (absolute) NAP hoogten te voorkomen.

De volgende werkzaamheden zijn voor deze opdracht verricht:

- Het uitvoeren van GPS-metingen op de locaties Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Leijepoel Oppenhuizen;
- Het uitvoeren van antennemetingen (waterpassingen) bij op- en afbouw;
- Het vereffenen van de waterpasmetingen;
- Het postprocessen van de ruwe GPS-meetdata;
- Het combineren van de resulterende hoogteverschillen uit de GPS- en waterpasmetingen;
- Het opstellen van een differentiestaat;
- Het rapporteren van bovengenoemde werkzaamheden.

Het project is uitgevoerd door Antea Group, in samenwerking met 06-GPS vanwege haar GPS-postprocessing expertise.

¹ GNSS: Global Navigation Satellite Systems

2. Meetopzet

Het volledige meetnet Oppenhuizen is beschreven in het 'Meetregister bij het meetplan Oppenhuizen' [1]. Dit meetnet is in 2023 volledig gemeten door het uitvoeren van een vlakdekkende waterpasmeting. Een overzicht van dit meetnet, aangevuld met de locaties van de GPS stations (Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Leijepoel Oppenhuizen) is weergegeven op de bijgevoegde overzichtskaart (zie bijlage 1).

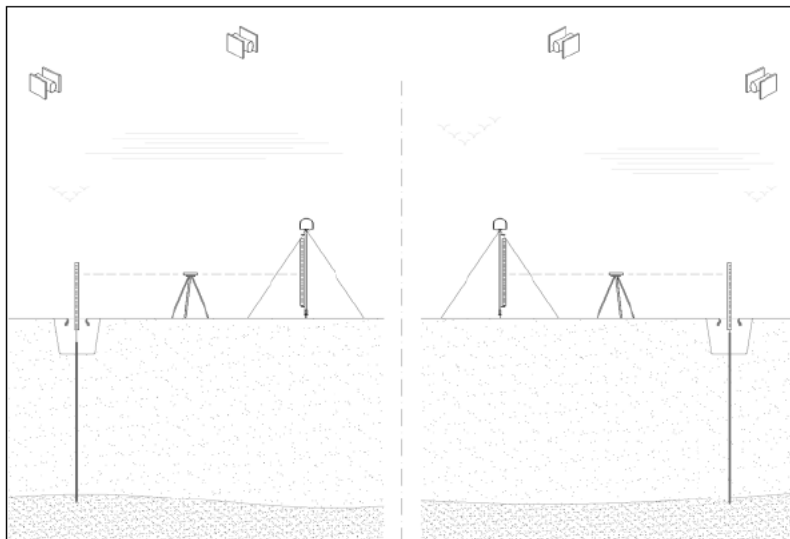
De nu uitgevoerde GPS-meting dient als nulmeting, door het uitvoeren van herhalingsmetingen kan aangetoond worden of er beweging van de ondergrondse meetmerken is opgetreden. Daarvoor worden de huidige hoogteverschillen tussen de ondergrondse meetmerken op een drietal meetlocaties vastgelegd (principeschets meetopstelling zie figuur 1). D.m.v. deze vastlegging kan bij een volgende GPS-meting aangetoond worden of er zettingen zijn opgetreden.

Voorafgaand aan de GPS-meting zijn de onderstaande ondergrondse meetmerken geplaatst en opgenomen in de vlakdekkende waterpasmeting.

Ondergronds meetmerk 000A2915 nabij de Boorlocatie Oppenhuizen
Ondergronds meetmerk 000A2916 te Leijepoel Oppenhuizen

Het ondergronds meetmerk 000A2590 (GPS-locatie Scharnegoutum) wordt eveneens gebruikt voor deze monitoring en betreft een reeds bestaand ondergronds meetmerk. Dit ondergronds meetmerk bevindt zich in de nabijheid van Scharnegoutum en is eveneens opgenomen in de vlakdekkende waterpasmeting.

De afstand tussen de meetlocatie Scharnegoutum, gesitueerd buiten de invloedssfeer van bodemdaling, en de meetlocaties Boorlocatie Oppenhuizen en Leijepoel Oppenhuizen is circa 5 kilometer. Het meten van hoogteverschillen over deze grote afstanden vindt plaats met GPS-technieken. Het meten van hoogteverschillen op elke meetlocatie, tussen het ondergronds meetmerk, overige peilmerken en de GPS-antenne, vindt plaats met secundaire waterpassingen.



Figuur 1: Principeschets van een GPS-meting. Doel van de GPS-meting is het meten van hoogteverschillen tussen de ondergrondse meetmerken en de overige peilmerken op 3 meetlocaties. Een GPS-meting wordt aangevuld met waterpasmetingen en gebruikt voor het bepalen van de hoogten (ETRS89) van de ARP's² van de meetpalen. De waterpasmetingen worden gebruikt om het hoogteverschil te bepalen tussen de peilmerken en de ARP's van de meetpalen.

² ARP: Antenne Referentie punt

2.1 Eisen aan de meetopzet

Zoals omschreven in de toelichting op het 'Meetplan Oppenhuizen' [1] is de na te streven meetnauwkeurigheid van de relatieve hoogteverschillen 1-2 mm in de standaardafwijking. Daarnaast dienen de metingen ingericht te zijn om een diepe bodembeweging, ofwel de beweging van het pleistoceen in hoogte te volgen.

Om deze hoge nauwkeurigheid- en betrouwbaarheid mogelijk te maken zijn de volgende voorwaarden geformuleerd:

1. Er wordt op elke meetlocatie gebruik gemaakt van een ondergronds merk dat aantoonbaar gefundeerd is in de top van het pleistoceen;
2. Multipath, het (mede) ontvangen van GPS signalen via reflecterende oppervlaktes wordt zo veel mogelijk gereduceerd;
3. De GPS-antenne op de meetpaal is noord gericht;
4. Het hoogteverschil tussen het antenne referentiepunt (ARP) en het ondergronds meetmerk, voorafgaand aan en na afloop van de GPS meting, komt overeen met elkaar;
5. De antennemetingen op de meetpaal moeten op alle meetlocaties met dezelfde baak worden uitgevoerd;
6. De hoogten van de meetlocaties buiten de theoretisch invloedssfeer worden bepaald t.o.v. de bestaande verder weg gelegen permanente GPS-referentiestationen.

Aandachtspunt

De GPS-meetpalen³ zijn gevoelig voor technische storingen, verstoringen door omgevingsfactoren, autonome zetting en uitzetting door temperatuursveranderingen. Om eventuele (ver)storingen op te merken vinden er tijdens de GPS-metingen controles plaats op het loggen van de GPS data. Derhalve worden controlemetingen uitgevoerd voorafgaand en na afloop van de GPS-metingen

2.2 Meetchronologie

De uitgevoerde GPS-meting is een combinatie van GPS- en antennemetingen, hier uitgevoerd op een drietal locaties (Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Oppenhuizen) met als doel:

- Het in tijd volgen van de ondergrondse meetmerken 000A2915 en 000A2916 en de peilmerken 010H0271, 010H0283, 010H0309 en 010H0317. Deze peilmerken zijn gesitueerd in het centrale gedeelte van de invloedssfeer van het gasvoorkomen Oppenhuizen.
- Het in tijd volgen van het buiten de theoretische invloedssfeer gelegen ondergronds meetmerk 000A2590 en de peilmerken 010F0200 en 010F0213.

De uitgevoerde meting betreft de 1e signaleringsmeting (nulmeting) en is uitgevoerd in de periode 5 t/m 13 december 2023.

³ GPS-meetpaal: Een paal waaraan een GPS ontvanger en een GPS antenne zijn bevestigd (voor de constructie zie paragraaf 3.1)

3. GPS-meetpalen

3.1 Constructie

Antea Group heeft drie mobiele GPS-meetpalen geconstrueerd op basis van een Leica AR25 choke-ring antenne. Er is voor de Leica AR25 choke ring antenne gekozen vanwege haar zeer goede multipath reductie en het voorstelbare fasecentrum gedrag.

Een GPS-meetpaal bestaat uit een circa 3 meter lange RVS-mast, een GPS-antenne, een GPS-ontvanger in een waterdichte bak en een stroomvoorziening. Voor de mast is gekozen voor RVS vanwege de geringe uitzetting bij temperatuursveranderingen. Aan de boven- en onderzijde van de mast zijn grote moeren bevestigd die geschikt zijn voor het aanmeten met een waterpas baak.

Aan de bovenzijde van de mast bevindt zich een massieve vaste buis met daarin 5/8 schroefdraad. Hierop wordt de AR25 antenne (zie figuur 2) met choke-ring geplaatst. Zie bijlage 4 voor een schets van de choke-ring constructie. De antenne wordt beschermd door een witte kunststoffen radome.

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 AR25 antenne (zie de rode driehoek in bijlage 4).

Onderaan de mast bevindt zich een waterdichte kunststoffen kist waarin de GPS-ontvanger wordt geplaatst. Met de mastvoet wordt de mast vastgeklemd op een in de bodem geslagen pen. De mast wordt verticaal opgericht door de top van de mast te schoren aan drie schoorpalen m.b.v. stalen tuidraden. De stroomvoorziening van de GPS-ontvanger en GPS-antenne kan d.m.v. een tractie accu of via een netaansluiting plaatsvinden.

De antennennummering en bijbehorende meetpaalnummering zijn als volgt:

Meetpaal	Serienummer antenne
1	9150006
2	9150005
3	9150010

Tabel 1: Serienummers antennes.

Voor de GPS-metingen is gebruik gemaakt van Leica 1200 GPS-ontvangers (zie figuur 3). De GPS-ontvangers, GPS-antennes en masten zijn van stickers voorzien met het betreffende nummer (1, 2 of 3).



Figuur 2: Leica AR25 GPS-antenne.



Figuur 3: Leica 1200 GNSS-ontvanger.

3.2 Kalibratie

Absolute antenne kalibratie

Nauwkeurige GPS-metingen vereisen een goede kennis van de ontvangstkarakteristieken van de gebruikte GPS-antennes. Hiervoor is door Geo++ van elke AR25 antenne een antennekalibratie uitgevoerd (zie voor kalibratierapporten, bijlage 5).

Maatvoering AR25 antenne

De afstand tussen de onderkant van de antennerand en het ARP (afslagrand schroefdraad) is nodig om de GPS resultaten met de waterpasresultaten te kunnen combineren. Voor de AR25 GPS-antenne is deze afstand volgens de technische specificaties van Leica gelijk aan 32 mm (bijlage 3). Bij een controle door Antea Group van de AR25 GPS-antennes blijkt de werkelijke maat echter groter dan deze waarde.

De verschilwaarden tussen de technische specificaties en de werkelijke maat zijn bepaald m.b.v. een waterpassing. Met een Leica DNA03 digitaal waterpasoestel zijn de hoogteverschillen tussen de vier punten op de rand en het ARP viermaal gemeten. Vervolgens zijn de metingen vereffend met Move3 (zie bijlage 3). De verkregen resultaten worden weergegeven in de onderstaande tabel 2.

Antenne 1 (maten in mm)						
			1006			
			34.4			
			-0.9			
1004	34.6	-1.2	33.5	0.7	32.8	1003
			1.5			
			32.0			
			1005			

Antenne 2 (maten in mm)						
			2006			
			33.5			
			0.1			
2004	32.0	1.6	33.6	-1.3	34.8	2003
			-0.4			
			33.9			
			2005			

Antenne 3 (maten in mm)						
			3006			
			32.1			
			0.9			
3004	32.6	0.4	33.0	-0.4	33.4	3003
			-0.9			
			33.9			
			3005			

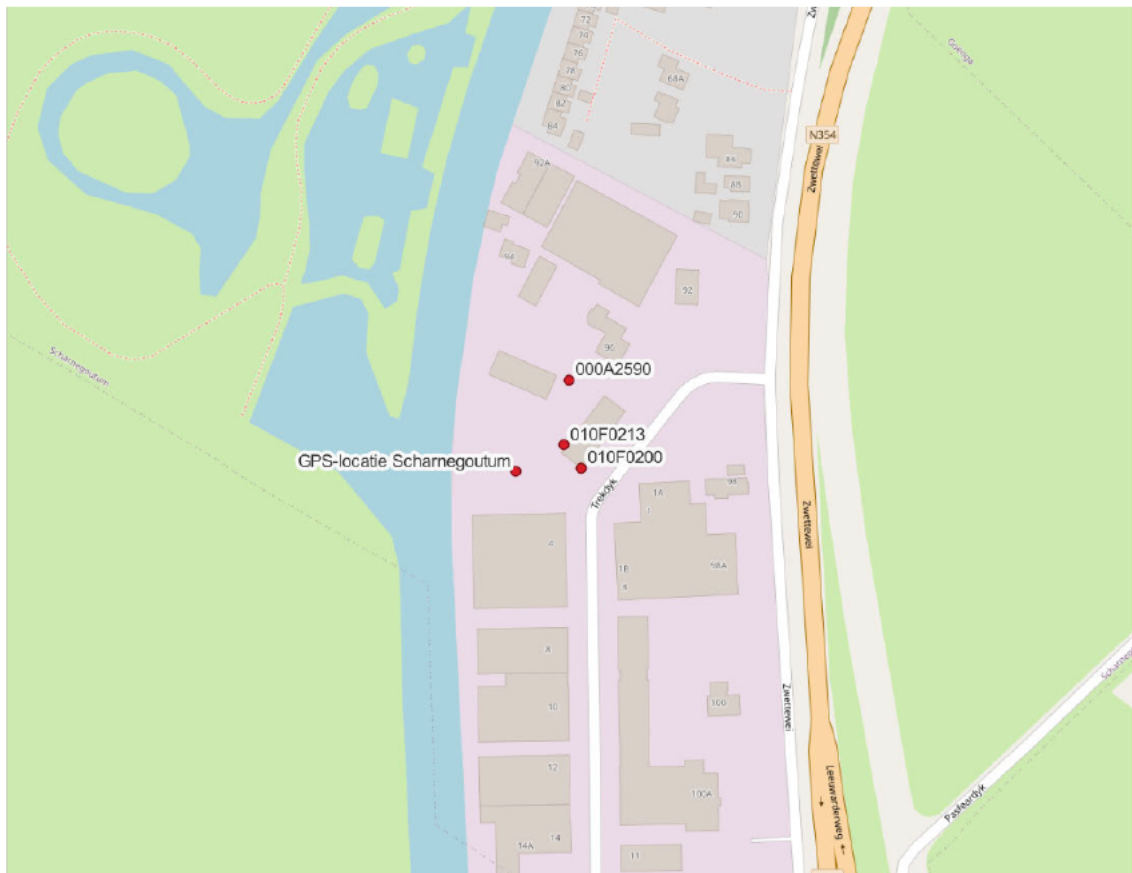
Tabel 2: Resultaten Move3 berekening hoogteverschil antennerand en ARP.

Meetlocaties

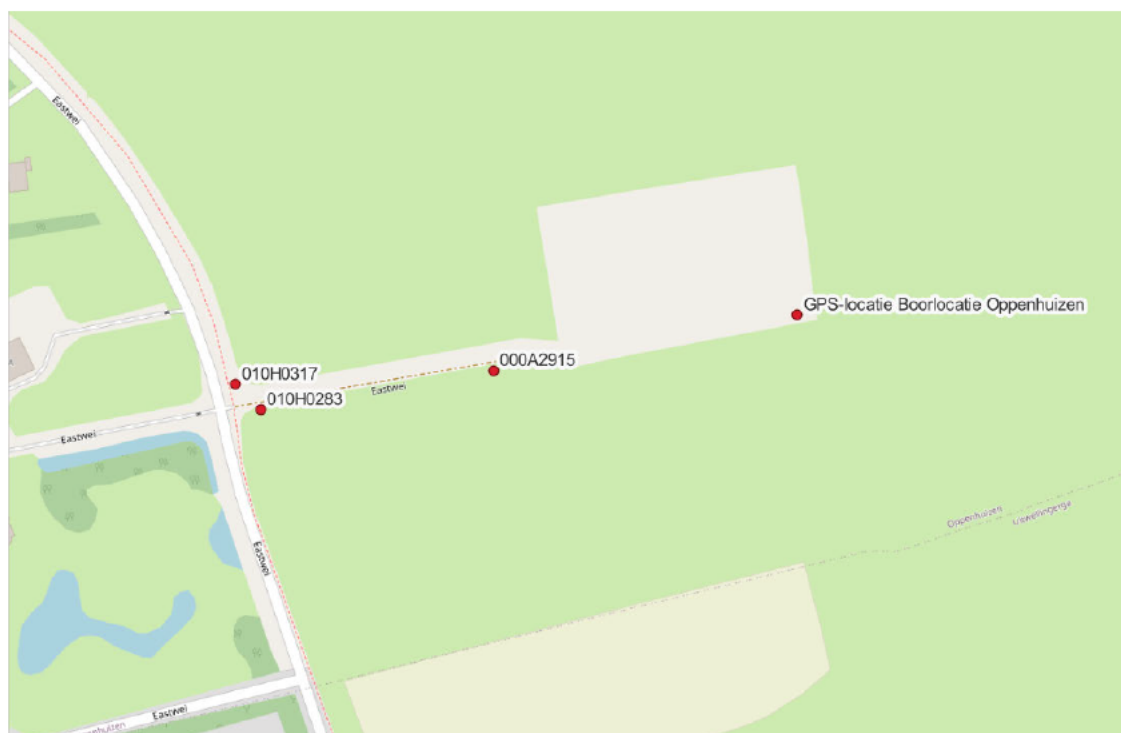
De meetlocaties zijn weergegeven in relatie tot het totale deformatienet in de overzichtskaart bijgevoegd als bijlage 1. De meetlocaties, elk nabij een ondergronds meetmerk en 2 overige peilmerken zijn in 2023 gekozen op basis van:

- Bereikbaarheid;
- Lage kans op verstoring of vernieling;
- Geringe aanwezigheid van reflecterende oppervlakten.

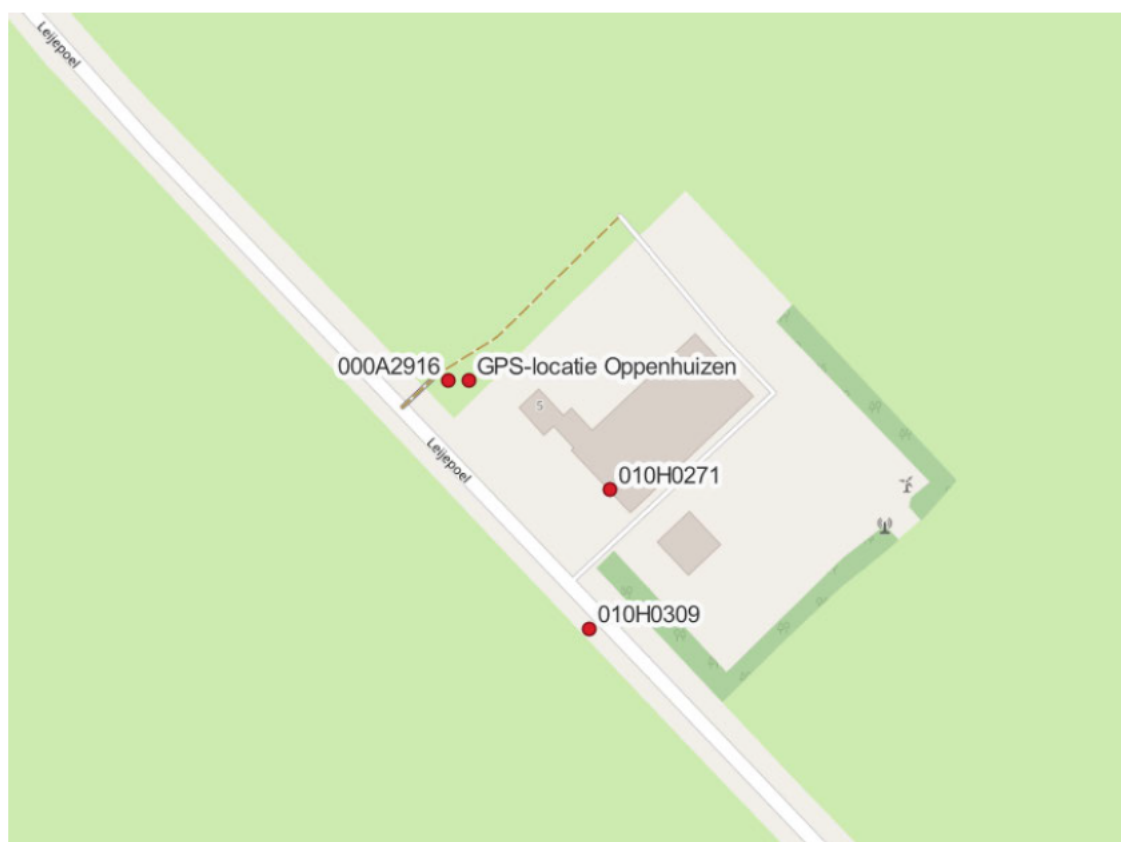
De GPS-meetlocaties, respectievelijk Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Oppenhuizen worden weergegeven in de onderstaande figuren.



Figuur 4: Locatie Scharnegoutum.



Figuur 5: Locatie Boorlocatie Oppenhuizen.



Figuur 6: Locatie Leijepoel Oppenhuizen.

4. Metingen

4.1 Opbouw GPS meetpalen

De GPS-meetpalen zijn als volgt geplaatst:

Meetpaal	Locatie	Antenne	Start-/plaatsingsdatum	Einddatum
1	Scharnegoutum	9150006	5-12-2023	13-12-2023
2	Boorlocatie Oppenhuizen	9150005	5-12-2023	13-12-2023
3	Leijepoel Oppenhuizen	9150010	5-12-2023	13-12-2023

Tabel 3: Overzicht inzet GPS-meetpalen

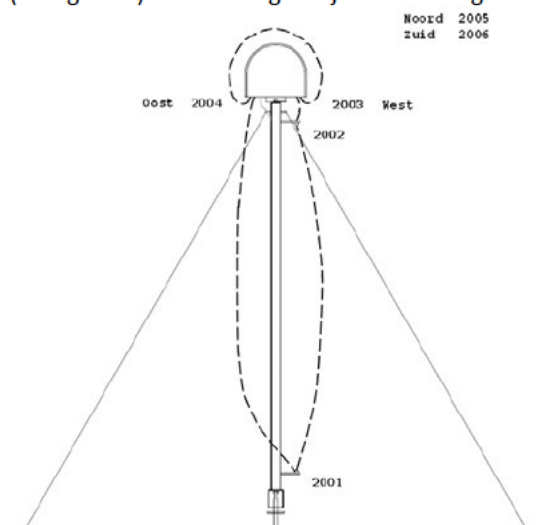
De GPS-meetpalen zijn opgesteld op een 1,2 m lange stalen pen waarop elke GPS-antenne noord-gericht is geplaatst. Elke meting is gestart met een waarnemingsinterval van 10 seconden, een bestandsgrootte van 24 uur aan waarnemingen en een minimale elevatiehoek van 5 graden. De GPS-meetpalen zijn van elektriciteit voorzien door de eerder genoemde semi-tractie accu's.

4.2 Antennemeting na opbouw

Aansluitend na plaatsing is er een secundaire kringwaterpassing uitgevoerd waarin zijn opgenomen:

- Onderste dopmoer van de GPS-meetpaal;
- Ondergronds meetmerk;
- Overige meetpunten.

Middels deze antennemeting worden de hoogteverschillen bepaald tussen de onderzijde van de GPS-antenne, het ondergronds merk en de overige meetpunten bij de meetlocatie. Vanaf de onderste dopmoer van de GPS-meetpaal zijn de bovenste dopmoer en vier (4) punten op de rand van de antenne gemeten (zie figuur 7). Alle metingen zijn tweemaal gecontroleerd uitgevoerd in een heen- en teruggang.



Figuur 7: Illustratie van de gemeten secties tijdens een antennemeting (onderbroken lijn). Daarnaast is er vanaf punt 2001 naar de nabijgelegen ondergrondse merken gemeten (niet getoond).

4.3 Antennemeting voor demontage

Op 13 december 2023 zijn op de drie meetlocaties de afsluitende secundaire waterpassingen uitgevoerd, identiek aan de meetmethodiek weergegeven in paragraaf 5.2. De resultaten zijn gecontroleerd en vervolgens is het loggen van de GPS-data per locatie gestopt. Aansluitend zijn de meetpalen verwijderd.

4.4 Weersomstandigheden

In de onderstaande tabel 4 worden de weersomstandigheden weergegeven ten tijde van de werkzaamheden (periode 5 t/m 13 december 2023). De gegevens zijn afkomstig van het KNMI weerstation Leeuwarden gesitueerd ten noorden van het projectgebied.

Datum	Windrichting	Windkracht (Bft)	Bewolking	Neerslag (mm)	Temp. Lucht (°C)
5-12-2023	NO	3	Geheel bewolkt	0.6	1.3
6-12-2023	NW	2	Vrijwel geheel bewolkt	0.0	0.6
7-12-2023	ZO	3	Zwaar bewolkt	<0.05	0.0
8-12-2023	ZZO	3	Geheel bewolkt	<0.05	1.8
9-12-2023	Z	4	Geheel bewolkt	0.0	11.1
10-12-2023	WZW	5	Geheel bewolkt	4.5	12.1
11-12-2023	WZW	4	Geheel bewolkt	1.7	4.3
12-12-2023	ZO	3	Vrijwel geheel bewolkt	3.9	7.3
13-12-2023	ONO	3	Geheel bewolkt	9.4	0.1

Tabel 4: Weersomstandigheden gedurende de meetdagen.

5. Verwerking en resultaten

Move vereffening waterpasresultaten

De GPS-antennemetingen bij opbouw en demontage zijn in Move3 getoetst volgens de Delftse rekenmethode Kleinste Kwadraten. Bij deze rekenmethode vindt toetsing plaats van het meetnet als geheel (F-toets) en toetsing van de waarnemingen afzonderlijk (W-toets). In de Move3 berekeningen zijn voor de antennemetingen (waterpassingen) de ondergrondse meetmerken 000A2590 (Scharnegoutum), 000A2915 (Boorlocatie Oppenhuizen) en 000A2916 (Leijepoel Oppenhuizen) aangehouden als referentiepunt.

Resultaten waterpasmetingen

In de onderstaande tabellen 5 t/m 7 worden de resultaten weergegeven van de antennemetingen (waterpasmeting tussen antenne, ondergronds meetmerk en overige peilmerken).

De antennemetingen bij opbouw en demontage (bijlage 7) zijn vergeleken ter controle op een eventuele verstoring of zetting van de meetpalen. De uiteindelijke verschillen op de drie meetlocaties tussen meting bij opbouw en de eindmeting voor demontage betreffen ≤ -1.4 mm (zie de tabellen 5 t/m 7). Gezien de gewaterpaste afstand per meetlocatie van ca. 0.3 km (Scharnegoutum), ca 0.7 km (Boorlocatie Oppenhuizen) en ca. 0.3 km (Oppenhuizen) vallen deze verschillen binnen de meettolerantie (3vL L in kilometers).

Meetpaal 1 Locatie Scharnegoutum					
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A2590					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Vershil (M2 - M1)
000A2590	<i>ondergronds meetmerk</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
010F0200	<i>peilmerk (NAP-bout)</i>	0.6025	0.6025	0.6025	0.0000
010F0213	<i>peilmerk (NAP-bout)</i>	0.5996	0.5996	0.5996	0.0000
1001	<i>onderste bout</i>	0.2358	0.2361	0.2360	0.0003
1002	<i>bovenste bout</i>	2.8444	2.8449	2.8447	0.0005
1003	<i>antenne punt 1</i>	3.0136	3.0143	3.0140	0.0007
1004	<i>antenne punt 2</i>	3.0118	3.0121	3.0120	0.0003
1005	<i>antenne punt 3</i>	3.0129	3.0134	3.0132	0.0005
1006	<i>antenne punt 4</i>	3.0124	3.0125	3.0125	0.0001
antenne gemiddeld				3.0129	
correctie ARP1				0.0335	
ARP1	<i>antennereferentiepunt</i>			2.9794	

Tabel 5: Resultaten uit Move3 berekening van de waterpasmetingen voor de hoogteverschillen tussen het in het pleistoceen geplaatste ondergrondse merk, de peilmerken, de meetpunten op de meetpaal, onderkant van de antenne, correctie ARP en het ARP van de meetpaal van locatie Scharnegoutum.

Meetpaal 2 Locatie Boorlocatie Oppenhuizen					
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A2915					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Vershil (M2 - M1)
000A2915	<i>ondergronds meetmerk</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
010H0283	<i>schroefanker</i>	0.3746	0.3745	0.3746	-0.0001
010H0317	<i>schroefanker</i>	0.3658	0.3658	0.3658	0.0000
2001	<i>onderste bout</i>	1.1341	1.1341	1.1341	0.0000
2002	<i>bovenste bout</i>	3.7403	3.7407	3.7405	0.0004
2003	<i>antenne punt 1</i>	3.9084	3.9094	3.9089	0.0010
2004	<i>antenne punt 2</i>	3.9064	3.9063	3.9064	-0.0001
2005	<i>antenne punt 3</i>	3.9067	3.9068	3.9068	0.0001
2006	<i>antenne punt 4</i>	3.9092	3.9078	3.9085	-0.0014
antenne gemiddeld				3.9076	
correctie ARP2				0.0336	
ARP2	<i>antennereferentiepunt</i>			3.8741	

Tabel 6: Resultaten uit Move3 berekening van de waterpasmetingen voor de hoogteverschillen tussen het in het pleistoceen geplaatste ondergrondse merk, de peilmerken, de meetpunten op de meetpaal, onderkant van de antenne, correctie ARP en het ARP van de meetpaal van locatie Boorlocatie Oppenhuizen.

Meetpaal 3 Locatie Leijepoel Oppenhuizen					
Hoogteverschillen in meters t.o.v. 000A2916					
Puntnummer	Omschrijving	Meting bij opbouw (M1)	Meting bij demontage (M2)	Gemiddeld	Vershil (M2 - M1)
000A2916	<i>ondergronds meetmerk</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
010H0271	<i>peilmerk (NAP-bout)</i>	1.4983	1.4969	1.4976	-0.0014
010H0309	<i>schroefanker</i>	0.7180	0.7170	0.7175	-0.0010
3001	<i>onderste bout</i>	0.8608	0.8600	0.8604	-0.0008
3002	<i>bovenste bout</i>	3.4720	3.4716	3.4718	-0.0004
3003	<i>antenne punt 1</i>	3.6349	3.6345	3.6347	-0.0004
3004	<i>antenne punt 2</i>	3.6397	3.6390	3.6394	-0.0007
3005	<i>antenne punt 3</i>	3.6383	3.6380	3.6382	-0.0003
3006	<i>antenne punt 4</i>	3.6366	3.6361	3.6364	-0.0005
antenne gemiddeld				3.6371	
correctie ARP3				0.0330	
ARP3	<i>antennereferentiepunt</i>			3.6041	

Tabel 7: Resultaten uit Move3 berekening van de waterpasmetingen voor de hoogteverschillen tussen het in het pleistoceen geplaatste ondergrondse merk, de peilmerken, de meetpunten op de meetpaal, onderkant van de antenne, correctie ARP en het ARP van de meetpaal van locatie Leijepoel Oppenhuizen.

6. Multistation berekeningen GPS-metingen

De post-processing tot ETRS89 coördinaten van de GPS-antennestations is door de firma 06-GPS uitgevoerd met het Geo++ softwarepakket GNSMART. De resultaten zijn opgenomen als een verwerkingsrapport in bijlage 9.

Resultaten Multi-station berekening 2023			
Locatie	ARP Meetpaal	ETRS89-hoogte (meters)	ETRS89-hoogte-verschillen (meters)
Scharnegoutum	ARP1	44.5953	0.0000
Boorlocatie Oppenhuizen	ARP2	44.2346	-0.3607
Leijepoel Oppenhuizen	ARP3	43.5956	-0.9997

Tabel 8: Resultaten van de Multi-station berekening, ETRS89-hoogtewaarden in meters.

7. Verwerking en resultaten (antennemeting en GPS-meting)

De gewaterpaste hoogteverschillen uit de antennemeting, tabellen 5 t/m 7 zijn gecombineerd met de door 06-GPS bepaalde hoogten in ETRS89 van de ARP's van de meetpalen (tabel 8). Dit resulteert in één waarde voor de hoogten van de peilmerken op de diverse locaties. Voor de GPS-antennemeting zijn de gemiddelde waarden van de meting bij opbouw en de meting bij demontage gebruikt. De resultaten t.o.v. de meetlocatie Scharnegoutum zijn weergegeven in tabel 9.

Resultaten GPS Signaleringsmeting 2023 (t.o.v. Locatie Scharnegoutum)								
Locatie	Peilmerk	ETRS89-hoogte referentie punt (meters)	hoogte verschil antenne meting (meters)	ETRS89-hoogte ARP1 (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)
Scharnegoutum	ARP1		2.9794	44.5953	0.0000	44.5953		
	000A2590	41.6159	0.0000				-2.9794	41.6159
	010F0200						-2.3769	42.2184
	010F0213						-2.3798	42.2155
Boorlocatie Oppenhuizen	ARP2				-0.3607	44.2346		
	000A2915						-3.8741	40.3605
	010H0283						-3.4995	40.7351
	010H0317						-3.5083	40.7263
Leijepoel Oppenhuizen	ARP3				-0.9997	43.5956		
	000A2916						-3.6041	39.9915
	010H0271						-2.1065	41.4891
	010H0309						-2.8866	40.7090

Tabel 9: Resultaten GPS-metingen (hoogtewaarden in meters).

7.1 Differentiëestaat

Differentiëestaat Differenties ten opzichte van ondergronds merk 000A2590 (Locatie Scharnegoutum)		
locatie	peilmerk	dec 2023
		ETRS89 hoogte (m)
Scharnegoutum	000A2590	41.6159
	010F0200	42.2184
	010F0213	42.2155
Boorlocatie Oppenhuizen	000A2915	40.3605
	010H0283	40.7351
	010H0317	40.7263
Leijepoel Oppenhuizen	000A2916	39.9915
	010H0271	41.4891
	010H0309	40.7090

Tabel 10: Differentiëestaat.

8. Samenvatting

Antea Group heeft in de maand december 2023 de 1^e signaleringsmeting (nulmeting) uitgevoerd in het kader van het meetplan 'Oppenhuizen' in de winningsvergunning Zuid Friesland III.

M.b.v. een combinatie van GPS- en antennemetingen zijn de ETRS89 hoogten bepaald van de ondergrondse meetmerken 000A2590, 000A2915, 000A2916 en de omliggende peilmerken 010F0200, 010F0213, 010H0271, 010H0283, 010H0309 en 010H0317.

Het ondergronds meetmerk 000A2590 (locatie Scharnegoutum) dient bij deze nulmeting en in de toekomst uit te voeren herhalingsmetingen als referentiepunt.

De nu uitgevoerde meting betreft een 1^e signaleringsmeting (nulmeting), derhalve zijn geen differenties t.o.v. voorgaande metingen te bepalen en is er geen vergelijk van differenties mogelijk met uitgevoerde vlakdekkende waterpasmetingen.

9. Bijlagen

In dit hoofdstuk treft u een toelichting aan op de bijgevoegde bijlagen.

Bijlage 1: Overzichtskaart deformatienet Oppenhuizen

In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van het meetnet Oppenhuizen, inclusief de GPS-locaties (Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Leijepoel Oppenhuizen).

Bijlage 2: Differentiestaat

Bijlage 2 toont de differentiestaat waarin zijn opgenomen de resultaten van de nulmeting van de ondergrondse meetmerken en de omliggende peilmerken.

Bijlage 3: Resultaten vereffening maatvoering AR25 antennes

Bijlage 3 toont de maatvoering resultaten van de AR25-antennes die gebruikt zijn tijdens deze GPS-meting. De maatvoering is gemeten door middel van een waterpassing en berekend met Move3 voorafgaand aan het in gebruik nemen van de AR25 antennes.

Bijlage 4: Tekening AR25 choke-ring antenne

Bijlage 4 betreft een fotorapportage van een AR25 choke ring antenne. Deze choke-ring antenne bevindt zich in het radome van de gebruikte AR25 GPS-antenne.

Bijlage 5: AR25 Antenne kalibratierapporten

Bijlage 5 geeft de kalibratierapporten inclusief de kallibratieprocedure weer van de gebruikte AR25 antennes tijdens deze signaleringsmeting. De kallibratie van deze AR25 antennes is in 2009 uitgevoerd door GEO++. Bij onderzoek naar de ontvangstkarakteristieken van de antenne is gebleken dat het fasecentrum van de choke-ring antennes zeer stabiel is. Veranderingen bij dit type antenne in tijd zijn te verwaarlozen. Een (jaarlijkse) herkalibratie van de antennes is hierom niet noodzakelijk.

Bijlage 6: Foto's GPS meetlocaties

In bijlage 6 worden de GPS-metlocaties Scharnegoutum, Boorlocatie Oppenhuizen en Oppenhuizen per meetlocatie met een foto getoond. Per meetopstelling is zichtbaar hoe en waar de meetpaal exact is geplaatst tijdens deze GPS-meting.

Bijlage 7: Resultaten vereffening waterpasmetingen

In bijlage 7 zijn de verkregen resultaten in de berekening weergegeven bestaand uit de originele uitvoerbestanden uit Move3.

Bijlage 8: Foto's peilmerken per meetlocatie

Per meetlocatie wordt in bijlage 8 voor elk gemeten peilmerk een foto getoond.

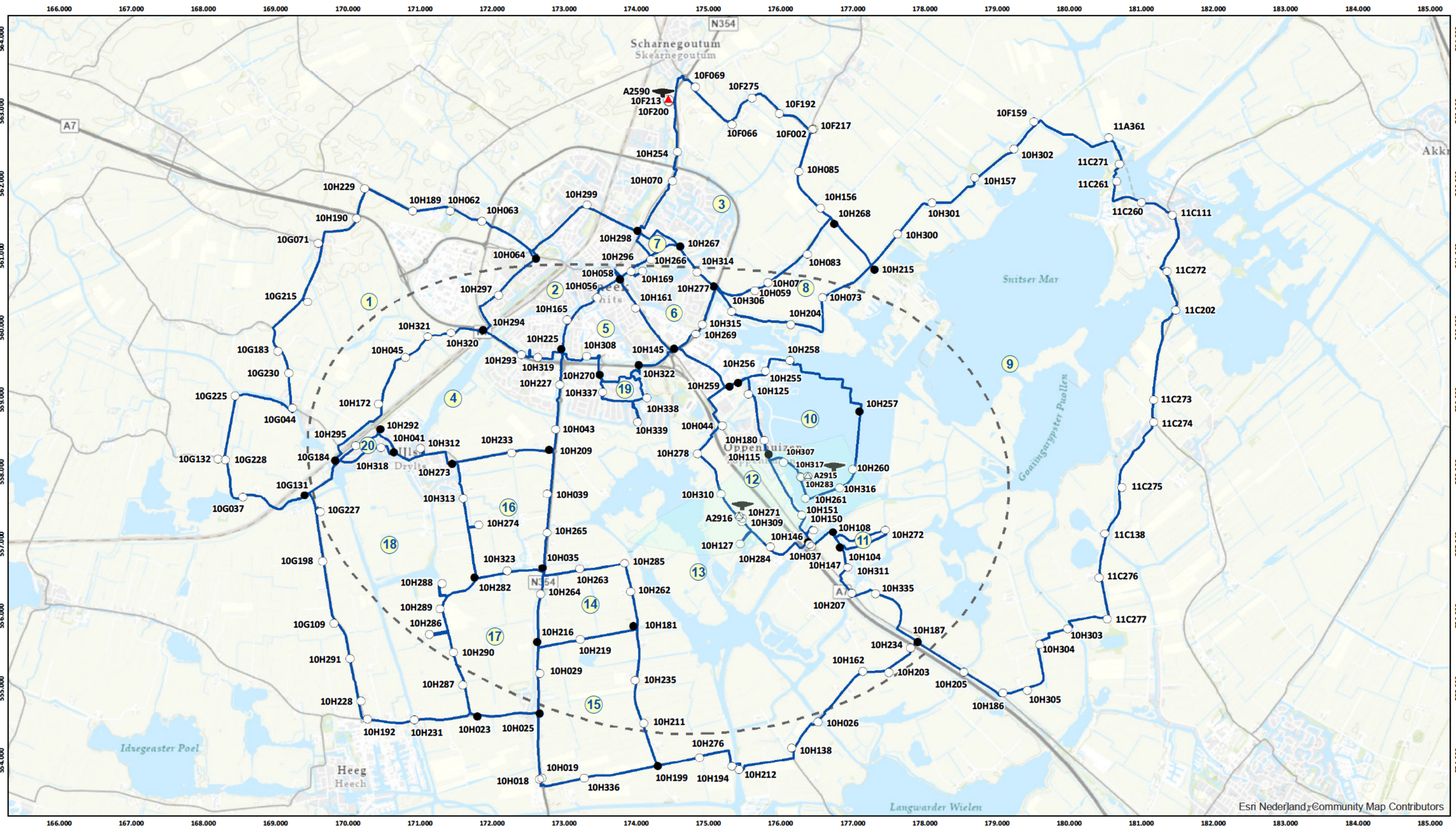
Bijlage 9: Resultaten Multistation berekening GPS-metingen

Het resultaat van de berekende GPS-data door 06-GPS wordt weergegeven met een verwerkingsrapport in bijlage 9.

10. Referenties

- [1] 'Toelichting meetplan Oppenhuizen 2018' *'Mijnbouwlocatie Oppenhuizen'*, kenmerk: 0431643.100, d.d. 19 januari 2018
- [2] 'Meetregister bij het meetplan Oppenhuizen' *'Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2023'*, kenmerk: 0484842.100.

Bijlage 1 Overzichtskaart meetnet Oppenhuizen



Legenda

- | | | | |
|--|-----------------|--|---------------------------------|
| | Kringnummer | | Meetpunten |
| | GPS locatie | | Ondergronds merk / aansluitpunt |
| | Waterpastraject | | Ondergronds merk |
| | Invloedsfeer * | | Hoogtemerk |
| | | | Hoogtemerk / knooppunt |

* 1mm bodemdalingscontour (aangeleverd door Vermilion Energy B.V.)

PROJECTOMSCHRIJVING
Oppenhuizen

KAARTTITEL
Meetplan 2023

PROJECTLEIDER
P. Meinders

DATUM
26-2-2024

KAARTNUMMER
484842-OP-ME-2023-0

GIS SPECIALIST
M.S. Christoffels

FORMAAT
A3

WUZ.NR
4



0 250 500 1.000 Meter

OPDRACHTGEVER
Vermilion Energy B.V.

STATUS
Concept



SCHAAL
1:50.000



Bijlage 2 Differentiestaat

datum 21 februari 2024
projectnummer 0484842.100
betreft GNSS meting Oppenhuizen

Differentiestaat Differenties ten opzichte van ondergronds merk 000A2590 (Locatie Scharnegoutum)		
locatie	peilmerk	dec 2023 ETRS89 hoogte (m)
Scharnegoutum	000A2590	41.6159
	010F0200	42.2184
	010F0213	42.2155
Boorlocatie Oppenhuizen	000A2915	40.3605
	010H0283	40.7351
	010H0317	40.7263
Oppenhuizen	000A2916	39.9915
	010H0271	41.4891
	010H0309	40.7090

Bijlage 3 Resultaten vereffening maatvoering AR25-antennes

AR25-antenne 1; serienummer 09150006

```
*****
**                                     **
**             M O V E 3   Versie 3.4.3             **
**                                     **
**             Verkenning en Vereffening             **
**                   van                               **
**             3D 2D en 1D Geodetische Netwerken     **
**                                     **
**                   www.MOVE3.nl                     **
**             (c) 1993-2008 Grontmij                 **
**                                     **
** 187726-ARP-corr-mast 1                             **
**                                     **
**                                     09-12-2010 13:22:29 **
*****
```

1D aangesloten netwerk vereffening (pseudo) in Lokaal (Stereografisch) projectie

PROJECT

O:\...\3-verwerking\Waterpassingen\Mast 1-ARP-meting\187726-ARP-corr-mast 1.prj

STATIONS

Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	1
Aantal onbekende stations	4
Totaal	5

WAARNEMINGEN

Hoogteverschillen	20
Bekende coördinaten	1
Totaal	21

ONBEKENDEN

Coördinaten	5
Totaal	5

Aantal voorwaarden	16
--------------------	----

VEREFFENING

Aantal iteraties	1
Max coord correctie in laatste iteratie	0.0000 m

TOETSING

Alfa (meer dimensionaal)	0.0793
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde F-toets	1.53
F-toets	0.273 geaccepteerd

VARIANTIE COMPONENT ANALYSE

	Variantie	Redundantie
Terrestrisch	0.273	16.0
Hoogteverschillen	0.273	16.0

PROJECTIE EN ELLIPSOIDE CONSTANTEN

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



Projectie Lokaal (Stereografisch)
 Lengte oorsprong/centrale meridiaan 0 00 00.00000 O
 Breedte oorsprong 0 00 00.00000 N
 Projectie schaalfactor 1.000000000
 Translatie Oost 0.0000 m
 Translatie Noord 0.0000 m

Ellipsoïde Bessel 1841
 Halve lange as 6377397.1550 m
 Inverse afplatting 299.152812800

INVOER BENADERDE TERRESTRISCHE COORDINATEN

Station	X Oost (m)	Y Noord (m)	Hoogte (m)	Id.Sa XY (m)	Id.Sa h (m)	
1001	0.0000	0.0000	0.0000*	0.0000	0.0000	bekend
1003	0.0000	0.0000	-0.0328	0.0000	0.0000	
1004	0.0000	0.0000	-0.0347	0.0000	0.0000	
1005	0.0000	0.0000	-0.0321	0.0000	0.0000	
1006	0.0000	0.0000	-0.0343	0.0000	0.0000	

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN BEKENDE STATIONS

Station	Sa X Oost (m)	Sa Y Noord (m)	Sa Hoogte (m)
1001			0.0001

INVOER WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	St ih	Rp ih	Aflezings
DH	1001	1003			-0.03280 m
DH	1003	1004			-0.00190 m
DH	1004	1005			0.00260 m
DH	1005	1006			-0.00240 m
DH	1006	1001			0.03430 m
DH	1001	1006			-0.03450 m
DH	1006	1005			0.00240 m
DH	1005	1004			-0.00270 m
DH	1004	1003			0.00170 m
DH	1003	1001			0.03270 m
DH	1001	1003			-0.03280 m
DH	1003	1004			-0.00170 m
DH	1004	1005			0.00270 m
DH	1005	1006			-0.00240 m
DH	1006	1001			0.03450 m
DH	1001	1006			-0.03440 m
DH	1006	1005			0.00250 m
DH	1005	1004			-0.00250 m
DH	1004	1003			0.00190 m
DH	1003	1001			0.03280 m

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN WAARNEMINGEN

Centreerafwijking 0.0000 m
 Instrumenthoogte afwijking 0.0000 m

	Station	Richtpunt	Sa abs	Sa rel	Sa tot
DH	1001	1003			0.00016 m
DH	1003	1004			0.00016 m
DH	1004	1005			0.00016 m
DH	1005	1006			0.00016 m
DH	1006	1001			0.00016 m
DH	1001	1006			0.00016 m
DH	1006	1005			0.00016 m
DH	1005	1004			0.00016 m
DH	1004	1003			0.00016 m
DH	1003	1001			0.00016 m
DH	1001	1003			0.00016 m
DH	1003	1004			0.00016 m
DH	1004	1005			0.00016 m
DH	1005	1006			0.00016 m
DH	1006	1001			0.00016 m

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



DH	1001	1006	0.00016 m
DH	1006	1005	0.00016 m
DH	1005	1004	0.00016 m
DH	1004	1003	0.00016 m
DH	1003	1001	0.00016 m

COORDINATEN (PSEUDO KLEINSTE KWADRATEN OPLOSSING EN PRECISIE)

Station		Coördinaat	Corr	Sa
1001	Hoogte	0.0000*	0.0000	0.0001 m
1003	Hoogte	-0.0328	0.0000	0.0001 m
1004	Hoogte	-0.0346	0.0001	0.0001 m
1005	Hoogte	-0.0320	0.0001	0.0001 m
1006	Hoogte	-0.0344	-0.0001	0.0001 m

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB	BNR	W-toets
1001	Hoogte	99.9999 m	999.9	0.00

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
DH	1001	1003	-0.03279	-0.00001	0.00007 m
DH	1003	1004	-0.00181	-0.00009	0.00007 m
DH	1004	1005	0.00262	-0.00002	0.00007 m
DH	1005	1006	-0.00244	0.00004	0.00007 m
DH	1006	1001	0.03441	-0.00011	0.00007 m
DH	1001	1006	-0.03441	-0.00009	0.00007 m
DH	1006	1005	0.00244	-0.00004	0.00007 m
DH	1005	1004	-0.00262	-0.00008	0.00007 m
DH	1004	1003	0.00181	-0.00011	0.00007 m
DH	1003	1001	0.03279	-0.00009	0.00007 m
DH	1001	1003	-0.03279	-0.00001	0.00007 m
DH	1003	1004	-0.00181	0.00011	0.00007 m
DH	1004	1005	0.00262	0.00008	0.00007 m
DH	1005	1006	-0.00244	0.00004	0.00007 m
DH	1006	1001	0.03441	0.00009	0.00007 m
DH	1001	1006	-0.03441	0.00001	0.00007 m
DH	1006	1005	0.00244	0.00006	0.00007 m
DH	1005	1004	-0.00262	0.00012	0.00007 m
DH	1004	1003	0.00181	0.00009	0.00007 m
DH	1003	1001	0.03279	0.00001	0.00007 m

TOETSING VAN WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	MDB	Red	BNR	W-toets
DH	1001	1003	0.00075 m	80	2.1	-0.10
DH	1003	1004	0.00074 m	80	2.1	-0.63
DH	1004	1005	0.00074 m	80	2.1	-0.11
DH	1005	1006	0.00074 m	80	2.1	0.24
DH	1006	1001	0.00074 m	80	2.1	-0.80
DH	1001	1006	0.00074 m	80	2.1	-0.59
DH	1006	1005	0.00074 m	80	2.1	-0.25
DH	1005	1004	0.00073 m	80	2.1	-0.60
DH	1004	1003	0.00074 m	80	2.1	-0.77
DH	1003	1001	0.00074 m	80	2.1	-0.59
DH	1001	1003	0.00074 m	80	2.1	-0.10
DH	1003	1004	0.00074 m	80	2.1	0.77
DH	1004	1005	0.00073 m	80	2.1	0.60
DH	1005	1006	0.00074 m	80	2.1	0.24
DH	1006	1001	0.00074 m	80	2.1	0.59
DH	1001	1006	0.00074 m	80	2.1	0.10
DH	1006	1005	0.00074 m	80	2.1	0.45
DH	1005	1004	0.00074 m	80	2.1	0.81
DH	1004	1003	0.00074 m	80	2.1	0.63
DH	1003	1001	0.00074 m	80	2.1	0.10

[Einde file]

AR25-antenne 2; serienummer 09150005

```
*****  
**                                     **  
**             M O V E 3   Versie 3.4.3             **  
**                                     **  
**             Verkenning en Vereffening             **  
**                   van                               **  
**             3D 2D en 1D Geodetische Netwerken     **  
**                                     **  
**                   www.MOVE3.nl                     **  
**             (c) 1993-2008 Grontmij                 **  
**                                     **  
** 187726-ARP-corr-mast 2                             **  
**                                     09-12-2010 13:23:40 **  
*****
```

1D aangesloten netwerk vereffening (pseudo) in Lokaal (Stereografisch) projectie

PROJECT

O:\....\3-verwerking\Waterpassingen\Mast 2-ARP-meting\187726-ARP-corr-mast 2.prj

STATIONS

Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	1
Aantal onbekende stations	4
Totaal	5

WAARNEMINGEN

Hoogteverschillen	20
Bekende coördinaten	1
Totaal	21

ONBEKENDEN

Coördinaten	5
Totaal	5

Aantal voorwaarden	16
--------------------	----

VEREFFENING

Aantal iteraties	1
Max coord correctie in laatste iteratie	0.0000 m

TOETSING

Alfa (meer dimensionaal)	0.0793
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde F-toets	1.53
F-toets	0.205 geaccepteerd

VARIANTIE COMPONENT ANALYSE

	Variantie	Redundantie
Terrestrisch	0.205	16.0
Hoogteverschillen	0.205	16.0

PROJECTIE EN ELLIPSOIDE CONSTANTEN

Projectie	Lokaal (Stereografisch)
Lengte oorsprong/centrale meridiaan	0 00 00.00000 O
Breedte oorsprong	0 00 00.00000 N
Projectie schaalfactor	1.000000000
Translatie Oost	0.0000 m

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



Translatie Noord 0.0000 m
 Ellipsoïde Bessel 1841
 Halve lange as 6377397.1550 m
 Inverse afplatting 299.152812800

INVOER BENADERDE TERRESTRISCHE COORDINATEN

Station	X Oost (m)	Y Noord (m)	Hoogte (m)	Id.Sa XY (m)	Id.Sa h (m)	
2	0.0000	0.0000	0.0000*	0.0000	0.0000	bekend
2003	0.0000	0.0000	-0.0349	0.0000	0.0000	
2004	0.0000	0.0000	-0.0321	0.0000	0.0000	
2005	0.0000	0.0000	-0.0340	0.0000	0.0000	
2006	0.0000	0.0000	-0.0336	0.0000	0.0000	

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN BEKENDE STATIONS

Station	Sa X Oost (m)	Sa Y Noord (m)	Sa Hoogte (m)
2			0.0001

INVOER WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	St ih	Rp ih	Aflecting
DH	2	2003			-0.03490 m
DH	2003	2004			0.00280 m
DH	2004	2005			-0.00190 m
DH	2005	2006			0.00040 m
DH	2006	2			0.03360 m
DH	2	2006			-0.03350 m
DH	2006	2005			-0.00040 m
DH	2005	2004			0.00190 m
DH	2004	2003			-0.00260 m
DH	2003	2			0.03480 m
DH	2	2003			-0.03480 m
DH	2003	2004			0.00270 m
DH	2004	2005			-0.00190 m
DH	2005	2006			0.00040 m
DH	2006	2			0.03350 m
DH	2	2006			-0.03350 m
DH	2006	2005			-0.00020 m
DH	2005	2004			0.00190 m
DH	2004	2003			-0.00280 m
DH	2003	2			0.03480 m

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN WAARNEMINGEN

Centreerafwijking 0.0000 m
 Instrumenthoogte afwijking 0.0000 m

	Station	Richtpunt	Sa abs	Sa rel	Sa tot
DH	2	2003			0.00016 m
DH	2003	2004			0.00016 m
DH	2004	2005			0.00016 m
DH	2005	2006			0.00016 m
DH	2006	2			0.00016 m
DH	2	2006			0.00016 m
DH	2006	2005			0.00016 m
DH	2005	2004			0.00016 m
DH	2004	2003			0.00016 m
DH	2003	2			0.00016 m
DH	2	2003			0.00016 m
DH	2003	2004			0.00016 m
DH	2004	2005			0.00016 m
DH	2005	2006			0.00016 m
DH	2006	2			0.00016 m
DH	2	2006			0.00016 m
DH	2006	2005			0.00016 m
DH	2005	2004			0.00016 m
DH	2004	2003			0.00016 m
DH	2003	2			0.00016 m

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



COORDINATEN (PSEUDO KLEINSTE KWADRATEN OPLOSSING EN PRECISIE)

Station		Coördinaat	Corr	Sa
2	Hoogte	-0.0000*	-0.0000	0.0001 m
2003	Hoogte	-0.0348	0.0001	0.0001 m
2004	Hoogte	-0.0320	0.0001	0.0001 m
2005	Hoogte	-0.0339	0.0001	0.0001 m
2006	Hoogte	-0.0335	0.0001	0.0001 m

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB	BNR	W-toets
2	Hoogte	99.9999 m	999.9	0.00

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
DH	2	2003	-0.03480	-0.00010	0.00007 m
DH	2003	2004	0.00275	0.00005	0.00007 m
DH	2004	2005	-0.00187	-0.00003	0.00007 m
DH	2005	2006	0.00037	0.00003	0.00007 m
DH	2006	2	0.03355	0.00005	0.00007 m
DH	2	2006	-0.03355	0.00005	0.00007 m
DH	2006	2005	-0.00037	-0.00003	0.00007 m
DH	2005	2004	0.00187	0.00003	0.00007 m
DH	2004	2003	-0.00275	0.00015	0.00007 m
DH	2003	2	0.03480	0.00000	0.00007 m
DH	2	2003	-0.03480	-0.00000	0.00007 m
DH	2003	2004	0.00275	-0.00005	0.00007 m
DH	2004	2005	-0.00187	-0.00003	0.00007 m
DH	2005	2006	0.00037	0.00003	0.00007 m
DH	2006	2	0.03355	-0.00005	0.00007 m
DH	2	2006	-0.03355	0.00005	0.00007 m
DH	2006	2005	-0.00037	0.00017	0.00007 m
DH	2005	2004	0.00187	0.00003	0.00007 m
DH	2004	2003	-0.00275	-0.00005	0.00007 m
DH	2003	2	0.03480	0.00000	0.00007 m

TOETSING VAN WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	MDB	Red	BNR	W-toets
DH	2	2003	0.00075 m	80	2.1	-0.69
DH	2003	2004	0.00074 m	80	2.1	0.35
DH	2004	2005	0.00075 m	80	2.1	-0.17
DH	2005	2006	0.00074 m	80	2.1	0.17
DH	2006	2	0.00074 m	80	2.1	0.35
DH	2	2006	0.00074 m	80	2.1	0.35
DH	2006	2005	0.00074 m	80	2.1	-0.17
DH	2005	2004	0.00074 m	80	2.1	0.17
DH	2004	2003	0.00074 m	80	2.1	1.04
DH	2003	2	0.00075 m	80	2.1	0.00
DH	2	2003	0.00075 m	80	2.1	-0.00
DH	2003	2004	0.00074 m	80	2.1	-0.35
DH	2004	2005	0.00075 m	80	2.1	-0.17
DH	2005	2006	0.00074 m	80	2.1	0.17
DH	2006	2	0.00074 m	80	2.1	-0.35
DH	2	2006	0.00074 m	80	2.1	0.35
DH	2006	2005	0.00074 m	80	2.1	1.21
DH	2005	2004	0.00074 m	80	2.1	0.17
DH	2004	2003	0.00074 m	80	2.1	-0.35
DH	2003	2	0.00075 m	80	2.1	0.00

[Einde file]

AR25-antenne 3; serienummer 09150010

```
*****  
**                                     **  
**           M O V E 3   Versie 3.4.3           **  
**                                     **  
**           Verkenning en Vereffening           **  
**           van                                           **  
**           3D 2D en 1D Geodetische Netwerken       **  
**                                     **  
**           www.MOVE3.nl                               **  
**           (c) 1993-2008 Grontmij                   **  
**                                     **  
** 187726-ARP-corr-mast 3                               **  
**                                     09-12-2010 13:24:48 **  
*****
```

1D aangesloten netwerk vereffening (pseudo) in Lokaal (Stereografisch) projectie

PROJECT

O:\....\3-verwerking\Waterpassingen\Mast 3-ARP-meting\187726-ARP-corr-mast 3.prj

STATIONS

Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	1
Aantal onbekende stations	4
Totaal	5

WAARNEMINGEN

Hoogteverschillen	20
Bekende coördinaten	1
Totaal	21

ONBEKENDEN

Coördinaten	5
Totaal	5

Aantal voorwaarden	16
--------------------	----

VEREFFENING

Aantal iteraties	1
Max coord correctie in laatste iteratie	0.0000 m

TOETSING

Alfa (meer dimensionaal)	0.0793
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde F-toets	1.53
F-toets	0.354 geaccepteerd

VARIANTIE COMPONENT ANALYSE

	Variantie	Redundantie
Terrestrisch	0.354	16.0
Hoogteverschillen	0.354	16.0

PROJECTIE EN ELLIPSOIDE CONSTANTEN

Projectie	Lokaal (Stereografisch)
Lengte oorsprong/centrale meridiaan	0 00 00.00000 O
Breedte oorsprong	0 00 00.00000 N
Projectie schaalfactor	1.000000000
Translatie Oost	0.0000 m

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



Translatie Noord 0.0000 m
 Ellipsoïde Bessel 1841
 Halve lange as 6377397.1550 m
 Inverse afplatting 299.152812800

INVOER BENADERDE TERRESTRISCHE COORDINATEN

Station	X Oost (m)	Y Noord (m)	Hoogte (m)	Id.Sa XY (m)	Id.Sa h (m)	
3	0.0000	0.0000	0.0000*	0.0000	0.0000	bekend
3003	0.0000	0.0000	-0.0332	0.0000	0.0000	
3004	0.0000	0.0000	-0.0325	0.0000	0.0000	
3005	0.0000	0.0000	-0.0337	0.0000	0.0000	
3006	0.0000	0.0000	-0.0322	0.0000	0.0000	

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN BEKENDE STATIONS

Station	Sa X Oost (m)	Sa Y Noord (m)	Sa Hoogte (m)
3			0.0001

INVOER WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	St ih	Rp ih	Aflecting
DH	3	3003			-0.03320 m
DH	3003	3004			0.00070 m
DH	3004	3005			-0.00120 m
DH	3005	3006			0.00160 m
DH	3006	3			0.03220 m
DH	3	3006			-0.03220 m
DH	3006	3005			-0.00170 m
DH	3005	3004			0.00120 m
DH	3004	3003			-0.00080 m
DH	3003	3			0.03340 m
DH	3	3003			-0.03340 m
DH	3003	3004			0.00090 m
DH	3004	3005			-0.00140 m
DH	3005	3006			0.00180 m
DH	3006	3			0.03210 m
DH	3	3006			-0.03210 m
DH	3006	3005			-0.00190 m
DH	3005	3004			0.00140 m
DH	3004	3003			-0.00080 m
DH	3003	3			0.03340 m

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN WAARNEMINGEN

Centreerafwijking 0.0000 m
 Instrumenthoogte afwijking 0.0000 m

	Station	Richtpunt	Sa abs	Sa rel	Sa tot
DH	3	3003			0.00016 m
DH	3003	3004			0.00016 m
DH	3004	3005			0.00016 m
DH	3005	3006			0.00016 m
DH	3006	3			0.00016 m
DH	3	3006			0.00016 m
DH	3006	3005			0.00016 m
DH	3005	3004			0.00016 m
DH	3004	3003			0.00016 m
DH	3003	3			0.00016 m
DH	3	3003			0.00016 m
DH	3003	3004			0.00016 m
DH	3004	3005			0.00016 m
DH	3005	3006			0.00016 m
DH	3006	3			0.00016 m
DH	3	3006			0.00016 m
DH	3006	3005			0.00016 m
DH	3005	3004			0.00016 m
DH	3004	3003			0.00016 m
DH	3003	3			0.00016 m

datum 21 februari 2024
 projectnummer 0484842.100
 betreft GNSS meting Oppenhuizen



COORDINATEN (PSEUDO KLEINSTE KWADRATEN OPLOSSING EN PRECISIE)

Station		Coördinaat	Corr	Sa
3	Hoogte	0.0000*	0.0000	0.0001 m
3003	Hoogte	-0.0334	-0.0002	0.0001 m
3004	Hoogte	-0.0326	-0.0001	0.0001 m
3005	Hoogte	-0.0339	-0.0002	0.0001 m
3006	Hoogte	-0.0321	0.0001	0.0001 m

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB	BNR	W-toets
3	Hoogte	99.9999 m	999.9	0.00

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
DH	3	3003	-0.03336	0.00016	0.00007 m
DH	3003	3004	0.00079	-0.00009	0.00007 m
DH	3004	3005	-0.00131	0.00011	0.00007 m
DH	3005	3006	0.00174	-0.00014	0.00007 m
DH	3006	3	0.03214	0.00006	0.00007 m
DH	3	3006	-0.03214	-0.00006	0.00007 m
DH	3006	3005	-0.00174	0.00004	0.00007 m
DH	3005	3004	0.00131	-0.00011	0.00007 m
DH	3004	3003	-0.00079	-0.00001	0.00007 m
DH	3003	3	0.03336	0.00004	0.00007 m
DH	3	3003	-0.03336	-0.00004	0.00007 m
DH	3003	3004	0.00079	0.00011	0.00007 m
DH	3004	3005	-0.00131	-0.00009	0.00007 m
DH	3005	3006	0.00174	0.00006	0.00007 m
DH	3006	3	0.03214	-0.00004	0.00007 m
DH	3	3006	-0.03214	0.00004	0.00007 m
DH	3006	3005	-0.00174	-0.00016	0.00007 m
DH	3005	3004	0.00131	0.00009	0.00007 m
DH	3004	3003	-0.00079	-0.00001	0.00007 m
DH	3003	3	0.03336	0.00004	0.00007 m

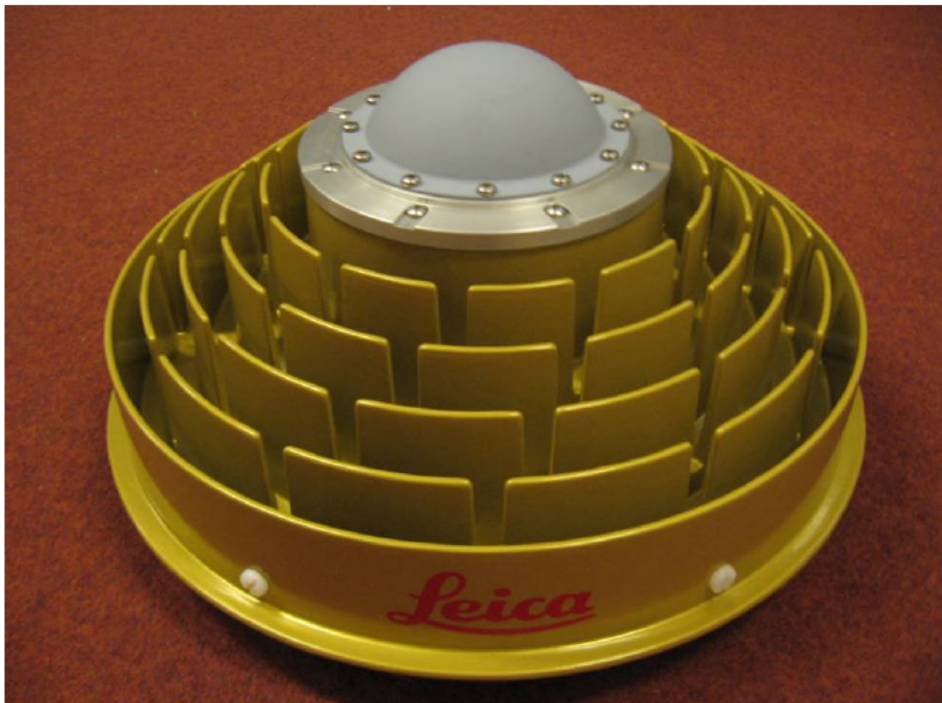
TOETSING VAN WAARNEMINGEN

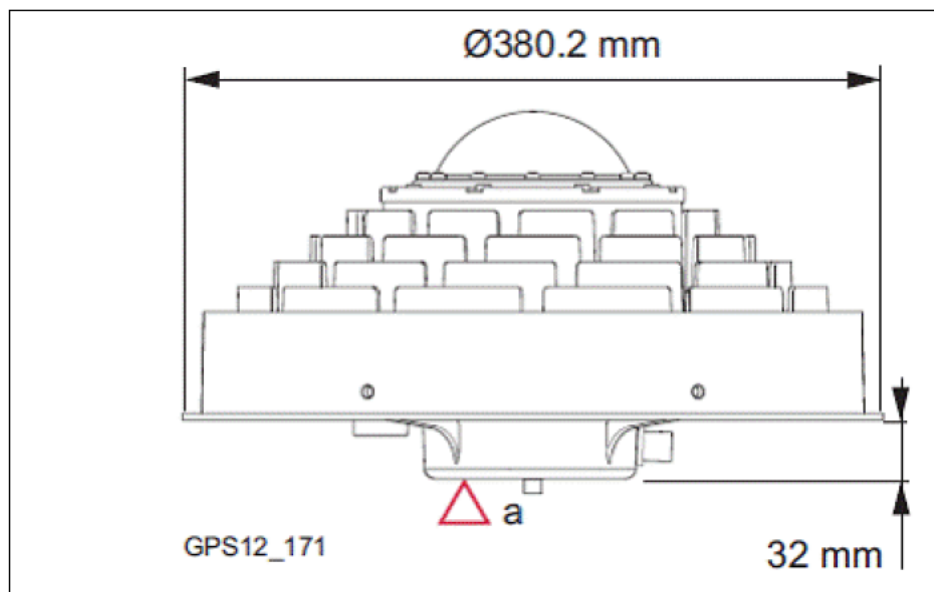
	Station	Richtpunt	MDB	Red	BNR	W-toets
DH	3	3003	0.00076 m	80	2.1	1.09
DH	3003	3004	0.00076 m	80	2.1	-0.61
DH	3004	3005	0.00076 m	80	2.1	0.75
DH	3005	3006	0.00076 m	80	2.1	-0.96
DH	3006	3	0.00075 m	80	2.1	0.41
DH	3	3006	0.00075 m	80	2.1	-0.41
DH	3006	3005	0.00076 m	80	2.1	0.27
DH	3005	3004	0.00076 m	80	2.1	-0.75
DH	3004	3003	0.00076 m	80	2.1	-0.07
DH	3003	3	0.00076 m	80	2.1	0.27
DH	3	3003	0.00076 m	80	2.1	-0.27
DH	3003	3004	0.00076 m	80	2.1	0.75
DH	3004	3005	0.00076 m	80	2.1	-0.62
DH	3005	3006	0.00076 m	80	2.1	0.41
DH	3006	3	0.00075 m	80	2.1	-0.27
DH	3	3006	0.00075 m	80	2.1	0.27
DH	3006	3005	0.00076 m	80	2.1	-1.09
DH	3005	3004	0.00076 m	80	2.1	0.62
DH	3004	3003	0.00076 m	80	2.1	-0.07
DH	3003	3	0.00076 m	80	2.1	0.27

[Einde file]

Bijlage 4 Tekening AR25 choke ring antenne

datum 21 februari 2024
projectnummer 0484842.100
betreft GNSS meting Oppenhuizen

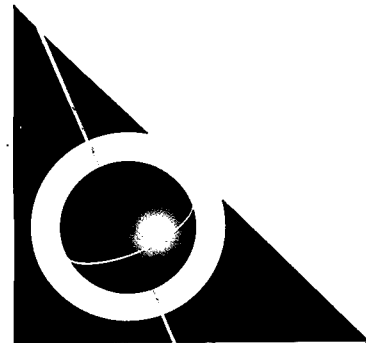




Bijlage 5 AR25-Antenne kalibratierapporten

Absolute Antenna Calibration

(Characteristics of Antenna Type)



Method

Geo++®-GNPCV Real-Time Calibration

Antenna Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Antenna Type : AR25
Product Number : 01018079
IGS-Naming : LEIAR25 LEIT

Radome Data

Manufacturer : Leica Geosystems AG
Radome Type : AR25 Radome
Product Number : n/a
IGS-Naming : LEIT

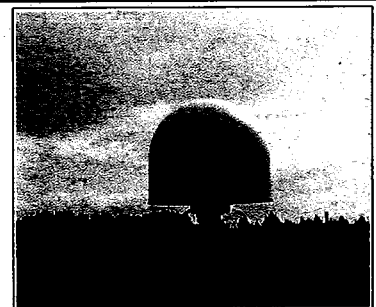
Antenna Reference Point (ARP)

Horizontal Position : rotation axis, center of 5/8" thread
Vertical Position : lowest point of antenna body, 5/8" thread

North Mark

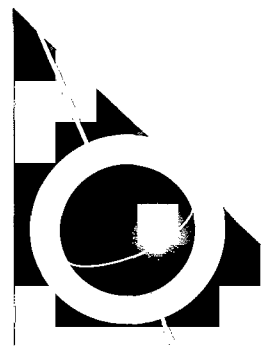
north mark on bottom side of antenna, cable connector points north

Remarks



Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Antenna Type	:	AR25
Product Number	:	01018079
Serial Number	:	09150010
IGS Naming	:	LEIAR25 LEIT

Radome Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Radome Type	:	AR25 Radome
Product Number	:	n/a
Serial Number	:	n/a
IGS-Naming	:	LEIT

Calibration Characteristics

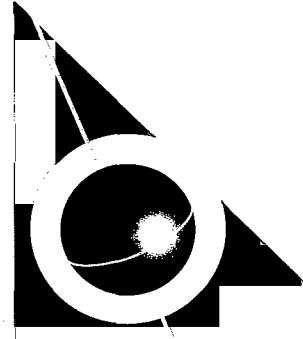
GNSS System	:	GPS
Date	:	2009-08-21
Number of Calibrations	:	2
Setup-ID	:	0
Number of Frequencies	:	2
Customer	:	Leica Geosystems b.v. NL-2292 JC Wateringen
Elevation Increment	:	5°
Azimuth Increment	:	5°

PCV Characteristics

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

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Antenna Type	:	AR25
Product Number	:	01018079
Serial Number	:	09150006
IGS Naming	:	LEIAR25 LEIT

Radome Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Radome Type	:	AR25 Radome
Product Number	:	n/a
Serial Number	:	n/a
IGS-Naming	:	LEIT

Calibration Characteristics

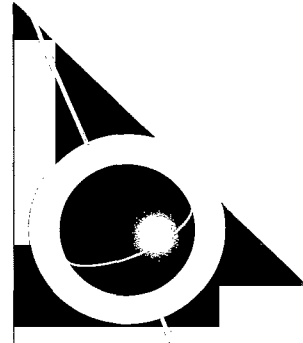
GNSS System	:	GPS
Date	:	2009-08-28
Number of Calibrations	:	2
Setup-ID	:	0
Number of Frequencies	:	2
Customer	:	Leica Geosystems b.v. NL-2292 JC Wateringen
Elevation Increment	:	5°
Azimuth Increment	:	5°

PCV Characteristics

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

Absolute Antenna Calibration

(Individual Characteristics of Antenna)



Antenna Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Antenna Type	:	AR25
Product Number	:	01018079
Serial Number	:	09150005
IGS Naming	:	LEIAR25 LEIT

Radome Data

Manufacturer	:	Leica Geosystems AG
Radome Type	:	AR25 Radome
Product Number	:	n/a
Serial Number	:	n/a
IGS-Naming	:	LEIT

Calibration Characteristics

GNSS System	:	GPS
Date	:	2009-08-28
Number of Calibrations	:	2
Setup-ID	:	0
Number of Frequencies	:	2
Customer	:	Leica Geosystems b.v. NL-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



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 an Ashtech Choke Ring 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**:

- 1.) completely functioning GNSS antenna (to be calibrated)
- 2.) any documentation on GNSS antenna
(geometry, definition of geometric Antenna Reference Point ARP)
- 3.) if applicable, antenna cable (10 meter) and/or connector to N adapter
- 4.) 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.

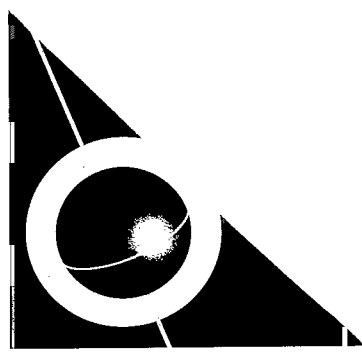
An appointment for the actual time period of calibrations is required and must be agreed upon with the technical staff. The period of time required for a single antenna calibration including handling and evaluation takes approximately 1 to 2 weeks. In case of several antennas within one order, handling is reduced and every additional calibration requires roughly one day. Nevertheless, due to the complexity of the system, fixed deadlines cannot be guaranteed. Please consider this for your disposition. It is absolutely necessary to contact Geo++[®] GmbH / GeoService[®] GmbH before sending any antenna.

The results will be delivered approx. 1 to 2 weeks after final measurements. 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 Geo++[®] format. This format is directly readable for the current versions of the Geo++[®] software packages. In addition the results are provided 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.

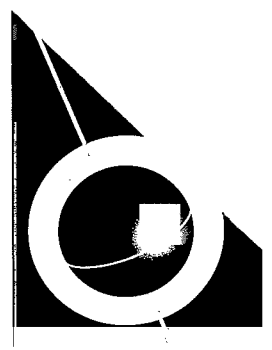
A **Description of the Antenna Calibration** with explanations about the calibration procedure can be made available on request.



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 both 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
- simultaneous estimation of L1 and L2 PCV for GNSS
- 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.

Format of Geo++[®] PCV Antenna File



1. NAME

Geo++[®] antenna file

2. DESCRIPTION

The following text describes the format of the Geo++[®] antenna files.

Antenna files may contain information on the three dimensional antenna phase center offsets and antenna phase center variations (PCV). The PCV can be elevation dependent or both, elevation and azimuth dependent.

3. File Format

The format of the Geo++[®] antenna file uses keywords to indicate different information. Comment lines are allowed and do have a '#' as the first sign of the line. However, comment lines are not allowed within a data section (i.e. the data section, which are labeled with the keyword VARIATIONS L1= and/or VARIATIONS L2=).

The meaning of the keywords is described in the following. The '=' sign is part of the keyword and is not separated by a blank from the previous alphanumerical character.

TYPE=

is an alphanumerical description of the antenna type. The TYPE= entry generally contains the IGS naming convention consisting of Antenna code and IGS Antenna Dome code.

NO OF FREQUENCIES=

indicates the number of frequencies, which follow in the Geo++[®] antenna file. For dual frequency antenna the entry is "2", for single frequency antenna "1".

OFFSETS L1=

contains the L1 offsets of the phase center in north, east and height component for the L1 frequency. The unit of the values is in meter [m]. The three numbers are separated by a blank.

OFFSETS L2=

contains the L2 offsets of the phase center in north, east and height component for the L2 frequency. The unit of the values is in meter [m]. The three numbers are separated by a blank.

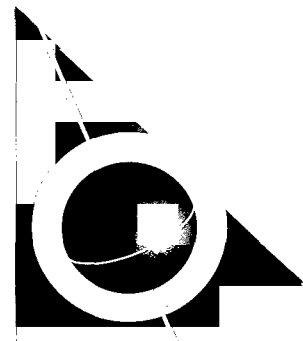
ELEVATION INCREMENT=

is the increment of elevation of the PCV. The unit of the increment is degree [deg]. The increment can be individually selected, however, a common value for the ELEVATION INCREMENT= is 5 deg.

AZIMUTH INCREMENT=

is the increment of azimuth of the PCV. The unit of the increment is degree [deg]. The increment can be individually selected, however, a common value for the AZIMUTH INCREMENT= is 5 deg. An increment of 0° specifies a file with only elevation dependent PCV.

Format of Geo++[®] PCV Antenna File



VARIATIONS L1=

is followed in the next line by the actual PCV values of L1. The lines contain PCV values sorted by increasing elevations from 0 to 90 deg. The number of PCV values within the line is determined by "columns: 90/(elevation increment)+1". For just an elevation dependent data set, only one line of PCV correction is given. Additional azimuth dependent PCV follow in a new line. The corresponding number of lines is determined by "rows: 360/(azimuth increment)+1" and starts from 0 deg and ends with 360 deg azimuth. The row for 0 deg has to be repeated for the 360 deg row. The PCV values are given in units of meter [m].

VARIATIONS L2=

is followed in the next line by the actual PCV values of L2. The lines contain PCV values sorted by increasing elevations from 0 to 90 deg. The number of PCV values within the line is determined by "columns: 90/(elevation increment)+1". For just an elevation dependent data set, only one line of PCV correction is given. Additional azimuth dependent PCV follow in a new line. The corresponding number of lines is determined by "rows: 360/(azimuth increment)+1" and starts from 0 deg and ends with 360 deg azimuth. The row for 0 deg has to be repeated for the 360 deg row. The PCV values are given in units of meter [m].

STANDARD DEVIATIONS L1=

is followed in the next line by the standard deviation (1 sigma) of PCV values from the complete spherical harmonic model for the L1 frequency. The same format as for PCV is used. Refer to „VARIATIONS L1=“. This entry is optional.

STANDARD DEVIATIONS L2=

is followed in the next line by the standard deviation (1 sigma) of PCV values from the complete spherical harmonic model for the L2 frequency. The same format as for PCV is used. Refer to „VARIATIONS L2=“. This entry is optional.

4. DIFFERENCES to IGS/NGS FORMAT

The Geo++[®] antenna files are different to PCV definition at IGS in the following aspects:

- all values given in meter (instead of mm in IGS)
- all parameters (offset and PCV) with the same sign convention (opposite to IGS)
- sign of PCV (opposite to IGS)
- PCV listed starting from 0 to 90 deg elevation (opposite to IGS)

The Geo++[®] sign of the PCV originates from the intention to have consistent corrections for offset and PCV. The offsets of the phase center (PC) are added. Therefore the PCV should be added to a range or phase range as well. This defines the sign of the PCV in the Geo++[®] antenna file, which is opposite to the IGS.

Bijlage 6 Foto's GPS-meetlocaties



GPS-locatie Scharnegoutum



GPS-locatie Leijepoel Oppenhuizen

datum 21 februari 2024
projectnummer 0484842.100
betreft GNSS meting Oppenhuizen



GPS-locatie boorlocatie Oppenhuizen

Bijlage 7 Resultaten vereffening waterpasmetingen

Bijlage 7 Resultaten vereffening waterpasmetingen

De 'Resultaten vereffening waterpasmetingen' zijn bestanden (Move3 bestanden) van de toetsing en vereffeningberekening van de waterpasmeting bij opbouw en afbouw (demontage) van de antennemasten. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in de tabellen 5 t/m 7. De Move3 bestanden worden digitaal bij deze rapportage geleverd.

Bijlage 8 Foto's peilmerken per meetlocatie

Bijlage 8 Foto's peilmerken per meetlocatie

GPS-meetlocatie Scharnegoutum



Ondergronds meetmerk 000A2590



Peilmerk 010F0200



Peilmerk 010F0213

GPS-meetlocatie Boorlocatie Oppenhuizen



Ondergronds meetmerk 000A2915



Peilmerk 010H0283



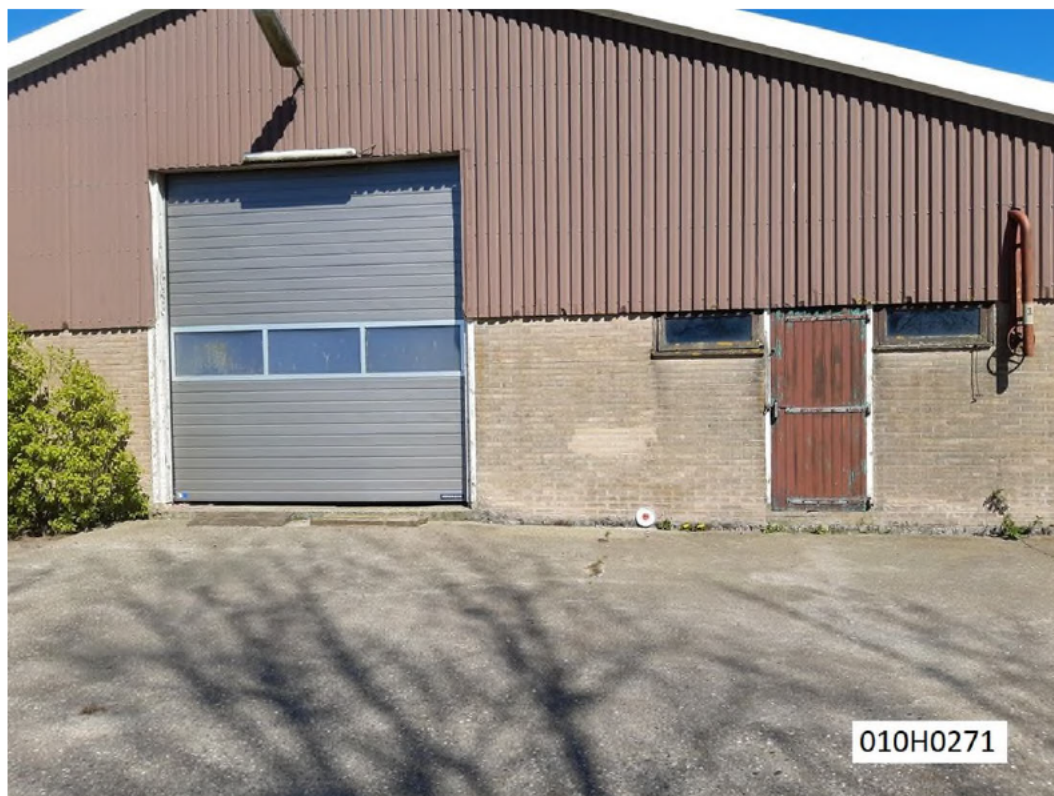
Peilmerk 010H0317

GPS-meetlocatie Oppenhuizen



000A2916

Ondergronds meetmerk 000A2916



010H0271

datum 21 februari 2024
projectnummer 0484842.100
betreft GNSS meting Oppenhuizen



Peilmerk 010H0309

Bijlage 9 Resultaten Multi-station berekening GPS-metingen

Resultaten GPS-metingen Oppenhuizen

In opdracht van: Antea Group

datum: 18 december 2023
auteur: ir. Frank Dentz, 06-GPS
goedkeuring: ir. Jean-Paul Henry, 06-GPS
versie: 1.0

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 (13-12-2023).....	6
Bijlage A	Coördinaten stations	7

1 Inleiding

In het gebied rond Oppenhuizen (Friesland) wordt aardgas gewonnen uit een klein voorkomen. Als gevolg hiervan wordt er in het gebied een geringe bodemdaling verwacht. Antea Group heeft de opdracht gekregen deze bodemdaling te monitoren. Voor de uitvoering heeft Antea Group GPS-meetpalen geconstrueerd, welke ook bij vergelijkbare projecten worden ingezet. Deze palen zullen gedurende een GPS-meetcampagne op diverse locaties in en rond het zakkingsgebied worden geplaatst. De GPS-meetpalen worden via waterpassing gerelateerd aan een aantal nabijgelegen verzekerde hoogtemerken. Op iedere meetpaal wordt statische GPS-data gelogd. Deze GPS-data wordt door OG-GPS verwerkt met het Geo++ softwarepakket GNSMART. Dit rapport bevat de resultaten van de GPS metingen.

2 Meetopzet

De GPS-meetpalen zijn uitgerust met elk een Leica AR25 antenne met dome en een Leica GX1230GG GPS ontvanger. Van elk van de AR25 antennes is een Geo++ absolute antenne kalibratie uitgevoerd en een kalibratierapport geleverd (inclusief antennefiles). De ontvangers, antennes en masten zijn van stickers voorzien met het betreffende nummer (1, 2 of 3). Fig. 1 geeft de locaties weer waar gedurende de meetcampagne de GPS-meetpalen worden opgesteld.



Fig. 1. Locaties GPS-meetpalen; boor (Boorlocatie), oppe (Oppenhuizen) en scha (Scharnegoutum).

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van in totaal 9 referentiestationen, waarvan 8 beheerd door OG-GPS en 1 AGRS station (Westerbork). Fig. 2 geeft een overzicht van het referentienetwerk met de onderlinge afstanden tussen de stations. De ETRS89 coördinaten van de stations zijn overgenomen uit het referentienetwerk dat wordt gebruikt voor bodemdalingsmetingen voor de NAM. Binnen dit netwerk worden de referentiestationen jaarlijks gecontroleerd op autonome bewegingen. Indien nodig worden op basis van deze controle de coördinaten aangepast.

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.

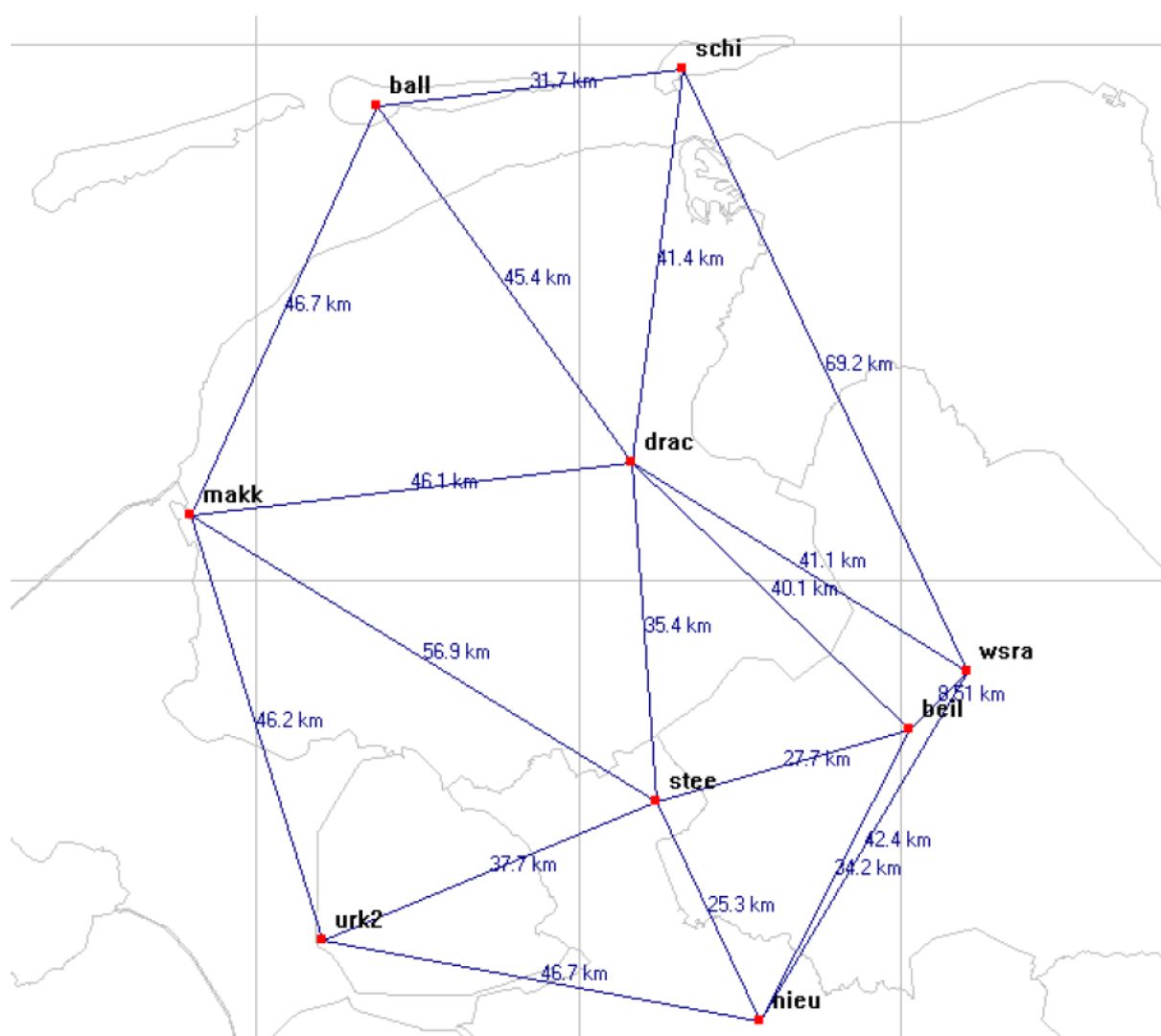


Fig. 2. Referentienetwerk t.b.v. verwerking monitorstations.

3 Foutenbronnen & interpretatie resultaten

De tijdelijke GPS-opstellingen rond Oppenhuizen 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 fasecentrumvariaties azimuth 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 tijdserie 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 tijdserie te meten is het echter wel mogelijk dit schommeleffect uit te middelen, waardoor sub-millimeter nauwkeurigheid behaald kan worden.

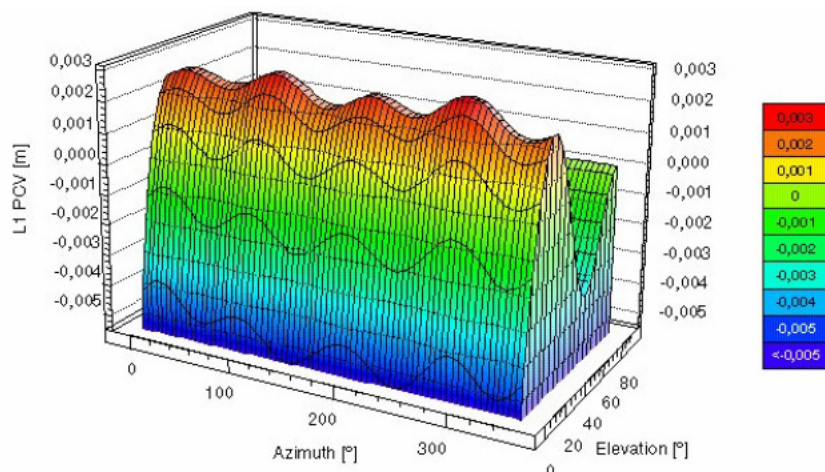


Fig. 3. Fasecentrum variaties van een Leica AR25 antenne (L1).

4 Resultaten GPS-metingen

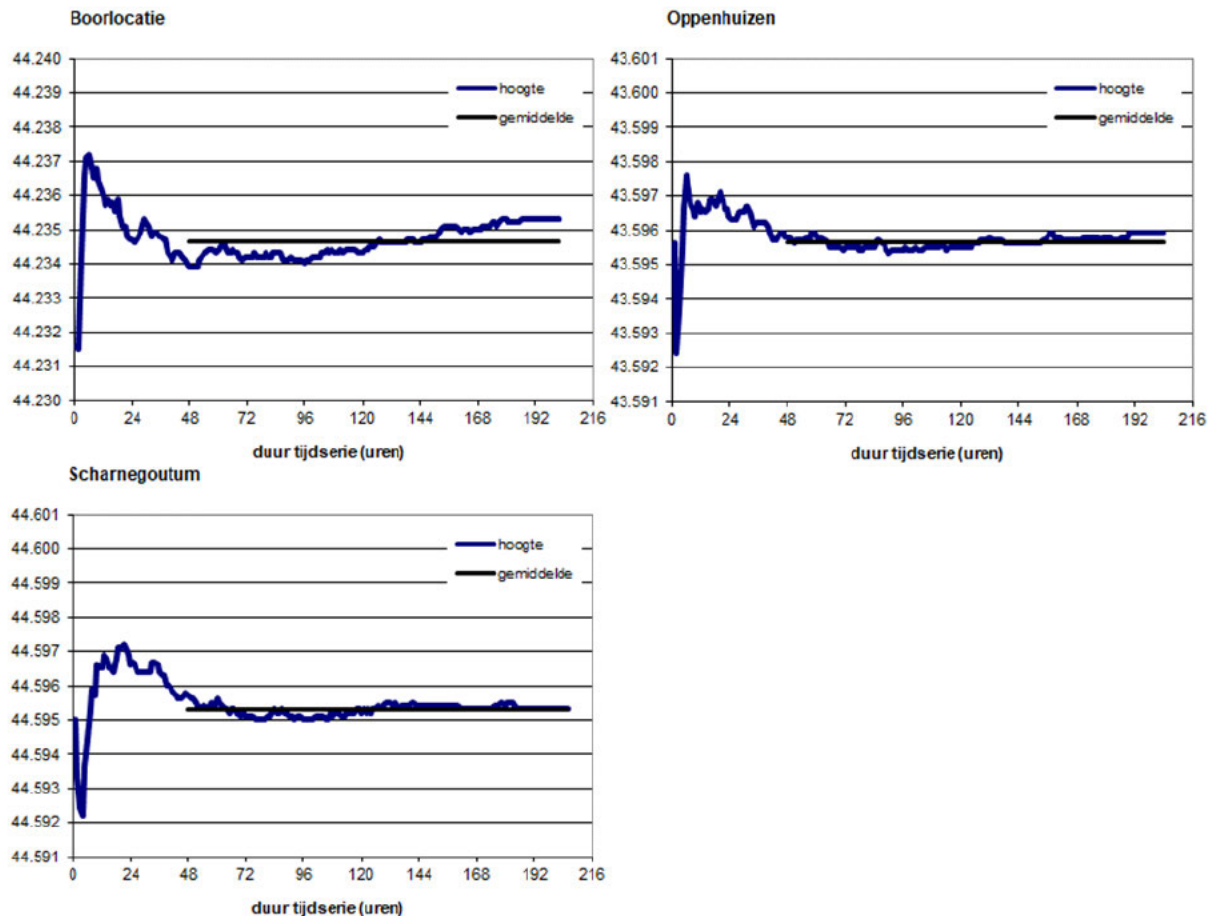
4.1 1^e meting (13-12-2023)

De 1^e meting (nulmeting) heeft plaats gevonden van 5 t/m 13 december 2023. Zie de onderstaande tabel voor een overzicht van de stations met de bijbehorende meetpaal en start- en einddatum van de tijdserie:

Station	Paal nr	Ant. kalibratie	Startdatum	Einddatum
Boorlocatie	2	09150005.atx	05-12-2023	13-12-2023
Oppenhuizen	3	09150010.atx	05-12-2023	13-12-2023
Scharnegoutum	1	09150006.atx	05-12-2023	13-12-2023

De onderstaande tabel bevat de berekende coördinaten van de twee opstellingen 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	NB				OL	h ARP	σ h
Boorlocatie	53	0	29.59177	5 42	27.04374	44.2346	0.0004
Oppenhuizen	53	0	11.15029	5 41	29.38986	43.5956	0.0002
Scharnegoutum	53	3	16.72276	5 40	36.94094	44.5953	0.0001





Datum
18 december 2023

Titel
Resultaten GPS-metingen Oppenhuizen

Versie
1.0

Pagina
7 van 7

Bijlage A Coördinaten stations

Coördinaten 13-12-2023

station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	Δh (m)	ant. callibratiefile
ball	ballum	06-GPS	fixed	3-6-2023	53	26	29.58838	5	41	15.67021	54.5436	0.101		TPSCR.G5C.atx
beil	beilen	06-GPS	fixed	3-6-2023	52	51	37.49860	6	30	54.37380	71.3884	0.099		TPSCR.G5C.atx
drac	drachten	06-GPS	fixed	3-6-2023	53	6	31.75492	6	4	58.04663	56.3566	0.147		TPSCR.G5C.atx
makk	makkum	06-GPS	fixed	3-6-2023	53	3	36.43459	5	23	50.91292	59.4130	0.147		TPSCR.G5C.atx
nieu	nieuwleusen	06-GPS	fixed	3-6-2023	52	35	13.93482	6	16	54.80675	61.1904	0.148		TPSCR.G5C.atx
schi	schiermonnikoog	06-GPS	fixed	3-6-2023	53	28	38.43879	6	9	44.16465	50.8039	0.148		2170643.ant
stee	steenwijk	06-GPS	fixed	14-11-2023	52	47	30.50473	6	7	11.79338	54.4033	0.000		TPSCR.G5C.atx
urk2	urk	06-GPS	fixed	3-6-2023	52	39	49.41051	5	36	8.55299	54.3968	0.148		TPSCR.G5C.atx
wsra	westerbork	AGRS	fixed	3-6-2023	52	54	52.58962	6	36	16.20623	82.2751	0.389		aoadm_t.ant

station	naam	eigenaar	status	datum	N ETRS89 (° ' ")			E ETRS89 (° ' ")			ell.h. (m)	ant.h. (m)	ARP (m)	ant. callibratiefile
boor	boorlocatie	Antea Group	relaxed	13-12-2023	53	0	29.59177	5	42	27.04374	44.2346	0.000	44.2346	09150005.atx
oppe	oppenhuizen	Antea Group	relaxed	13-12-2023	53	0	11.15029	5	41	29.38986	43.5956	0.000	43.5956	09150010.atx
scha	scharnegoutum	Antea Group	relaxed	13-12-2023	53	3	16.72276	5	40	36.94094	44.5953	0.000	44.5953	09150006.atx

Over Antea Group

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

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV Heerenveen
Postbus 24
8440 AA Heerenveen
E. info@anteagroup.nl

Copyright © 2024

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@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl