

Herberekening van het primaire net van het NAP

**Verbetering precisie en betrouwbaarheid ten
behoefte van de nieuwe NAP publicatie**

augustus 2004

Herberekening van het primaire net van het NAP

Verbetering precisie en betrouwbaarheid ten
behoefte van de nieuwe NAP publicatie

augustus 2004

Auteur	G.B.M. Brand (AGI-GAP)
Met medewerking van	G. van Brussel (AGI-GAN) J.H. ten Damme (AGI-GAN) J. Gerritsen (AGI-GAN)
Opdracht	25744 Nieuwe hoogten HIS-database
Opdrachtgever	A.J.M. Kösters (AGI-GAN)
Versie en status	Versie 1.0
Rapportnummer	AGI/GAP-04/004

Samenvatting

Het primaire net van ondergrondse merken en nulpalen vormt de basis van het nationale hoogterefentiesysteem het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Het is de grondslag van het secundaire net van peilmerken, zoals dat middels de reguliere NAP publicatie door abonnees/gebruikers wordt gebruikt. Middels de cyclus van planperiodes wordt het secundaire net van peilmerken projectsgewijs iedere 10 jaar opnieuw gewaterpast, herberekend en gepubliceerd, teneinde de NAP publicatie actueel te houden. Herberekening van het primaire net heeft sinds de 2^e Nauwkeurigheidswaterpassing (1928-1940) niet meer plaatsgevonden.

Door de invloed van bodembeweging en 'oude' fouten beschrijft het huidige primaire net van het NAP onvoldoende de werkelijke hoogteverschillen in Nederland. De afwijkingen variëren landelijk van -4 tot +2 cm, bij een meetnauwkeurigheid van ca. 5 mm over 50 km. Dit is merkbaar bij grootschalige waterpasprojecten maar vooral bij het gebruik van satellietplaatsbepaling voor hoogtemeting. Deze afwijkingen beïnvloeden het efficiënt gebruik van satellietplaatsbepaling bij de inwinning van hoogtegegevens in de praktijk.

Daarnaast speelt nog de problematiek van een stabiele vastlegging van het nulpunt van het NAP. Het huidige basispunt (0A2350) op de Dam in Amsterdam is niet voldoende stabiel. Gezien de geologische situatie en de gebruikte fundering is het waarschijnlijk dat dit punt harder zakt dan zijn omgeving.

Genoemde problemen hebben mede aanleiding gegeven tot uitvoering van de 5^e Nauwkeurigheidswaterpassing. Uiteindelijk is er voor gekozen om de hoogten van het primaire net van het NAP te herzien, waarbij van de volgende doelstellingen bereikt moeten worden:

- Stabiele vastlegging van het nulpunt van het NAP, waarbij zo goed mogelijk wordt aangesloten op de historische definitie van het nulniveau.
- Berekening nieuwe hoogten voor de punten van het primaire net, waarbij de precisie en betrouwbaarheid voldoende moeten zijn voor praktisch gebruik. De afwijkingen mogen dus niet merkbaar zijn bij grootschalige waterpasprojecten en bij gebruik van satellietplaatsbepaling voor hoogtemeting.
- Aanpassing van geoidemodel dat gebruikt wordt voor het omrekenen van GPS-hoogten (ETRS89) naar NAP-hoogten. Het nieuwe geoidemodel moet goed afgestemd zijn op de nieuwe hoogten van het primaire net.

De nieuwe hoogten van het primaire net zijn berekend in een vrije vereffening, waarbij uitgegaan is van een nieuwe hoogte voor basispunt Amsterdam.

De nieuwe hoogte van Amsterdam is berekend door aan te sluiten op een cluster van stabiele ondergrondse merken, waarbij voor deze merken de hoogten uit de 2^e NWP zijn aangehouden. Op deze manier is bereikt dat het nulniveau van het NAP, zoals gedefinieerd in het primaire net van de 2^e NWP, zo goed mogelijk is gehandhaafd.

Voor beide berekeningen (basispunt en overige hoogten primair net) is gebruik gemaakt van één en dezelfde set recente waterpasmetingen die speciaal voor dit doel is samengesteld. De set bestaat uit de metingen van de 5^e NWP aangevuld met metingen voor het secundaire net.

In het westen van Nederland liggen de nieuwe hoogten ongeveer 1-3 cm lager dan de oude hoogten. In het oosten van het land komt het ook voor dat de hoogten naar boven zijn bijgesteld (max. 2 cm). In Groningen/Friesland hebben olie, gas en zoutwinning gezorgd voor een grote "witte vlek" in het primaire net.

Uitgaande van de resultaten van de vereffening is berekend wat de relatieve precisie van de nieuwe hoogten is:

$$\sigma_{rel} = 2 \text{ mm} + 0,2 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

Voor ongeveer 95% van de punten van het primaire net wordt aan deze precisie voldaan. Zwakkere plekken zijn bijvoorbeeld het Waddengebied, Zeeland, Limburg en de aansluiting op punten in het buitenland.

De verbeteringen in de hoogten van het primaire net zullen ook worden doorgevoerd in het secundaire net van peilmerken. Om dit te bereiken worden de relevante projecten voor het secundaire net herberekend. Daarbij wordt aangesloten op de nieuwe hoogten van het primaire net. In januari 2005 zullen de nieuwe NAP hoogten in de publicatie verschijnen.

Bij de publicatie van de nieuwe NAP hoogten zal ook een aangepast geoïdemodel beschikbaar komen. Dit geoïdemodel is nodig voor het omrekenen van GPS-hoogten (ETRS89) naar NAP-hoogten. Om aanpassing van het geoïdemodel mogelijk te maken zijn er nieuwe NAP-hoogten berekend voor de aansluitingspunten waarop de geoïde wordt ingepast. In verband met een herberekening van de hoogten van het AGRS (Pol & Kösters, 2004) zijn tegelijk ook de ETRS89-hoogten van de aansluitingspunten aangepast.

Inhoudsopgave

.....

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	7
1.1 Achtergrond en doelstelling	7
1.2 Leeswijzer	8
2 Gevolgde aanpak en gebruikte data	9
2.1 Gevolgde aanpak	9
2.2 Gebruikte set waterpasmetingen	10
3 Nieuwe hoogte basispunt Amsterdam	13
3.1 Selectie cluster van stabiele ondergrondse merken	13
3.2 Berekening nieuwe hoogte	15
4 Nieuwe hoogten primaire net	17
4.1 Precisie	18
4.2 Interne betrouwbaarheid	19
4.3 Externe betrouwbaarheid	21
5 Aansluitingspunten geïde	23
5.1 Berekening NAP hoogten	24
5.2 Berekening GPS-hoogten	24
6 Conclusies	27
7 Referenties	29
Bijlage 1: Combinatie van 1d-puntenvelden	31
Bijlage 2: Berekening 1d-puntenveld 5e NWP	33
Bijlage 3: Berekening 1d-puntenvelden 2e en 3e planperiode	35
Bijlage 4: Nieuwe hoogten primaire net NAP.	37
Bijlage 5: Verschillen tussen nieuwe hoogten en oude hoogten.	39
Bijlage 6: Hoogten aansluitingspunten geïde.	41

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

Het primaire net van ondergrondse merken en nulpalen vormt de basis van het nationale hoogterefereentiesysteem het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Het is de grondslag van het secundaire net van peilmerken, zoals dat middels de reguliere NAP publicatie door abonnees/gebruikers wordt gebruikt. Middels de cyclus van planperiodes wordt het secundaire net van peilmerken projectsgewijs iedere 10 jaar opnieuw gewaterpast, herberekend en gepubliceerd, teneinde de NAP publicatie actueel te houden. Herberekening van het primaire net heeft sinds de 2^e Nauwkeurigheidswaterpassing (1928-1940) niet meer plaatsgevonden.

Door de invloed van bodembeweging en 'oude' fouten beschrijft het huidige primaire net van het NAP onvoldoende de werkelijke hoogteverschillen in Nederland. De afwijkingen variëren landelijk van - 4 tot +2 cm, bij een meetnauwkeurigheid van ca. 5 mm over 50 km. Dit is merkbaar bij grootschalige waterpasprojecten maar vooral bij het gebruik van satellietplaatsbepaling voor hoogtemeting. Deze afwijkingen beïnvloeden het efficiënt gebruik van satellietplaatsbepaling bij de inwinning van hoogtegegevens in de praktijk.

Daarnaast speelt nog de problematiek van een stabiele vastlegging van het nulpunt van het NAP. Het huidige basispunt (0A2350) op de Dam in Amsterdam is niet voldoende stabiel. Gezien de geologische situatie en de gebruikte fundering is het waarschijnlijk dat dit punt harder zakt dan zijn omgeving. De reden is dat er in de ondergrond van Amsterdam tot op een diepte van meer dan 60 meter dikke samendrukbare lagen voorkomen. In 1953 was het nog niet mogelijk om het punt te funderen op de stabielere 3^e zandlaag die hier onder ligt. In plaats daarvan is voor het merk op de Dam (0A2350) een relatief ondiepe fundering gebruikt van het type "De Waal" waarbij er ook onder de fundering nog samendrukbare lagen voorkomen.

Genoemde problemen hebben mede aanleiding gegeven tot uitvoering van de 5^e Nauwkeurigheidswaterpassing. Uiteindelijk is er voor gekozen om de hoogten van het primaire net van het NAP te herzien, waarbij van de volgende doelstellingen bereikt moeten worden:

- Stabiele vastlegging van het nulpunt van het NAP, waarbij zo goed mogelijk wordt aangesloten op de historische definitie van het nulniveau.
- Berekening nieuwe hoogten voor de punten van het primaire net, waarbij de precisie en betrouwbaarheid voldoende moeten zijn voor

praktisch gebruik. De afwijkingen mogen dus niet merkbaar zijn bij grootschalige waterpasprojecten en bij gebruik van satellietplaatsbepaling voor hoogtemeting.

- Aanpassing van geïdemodel dat gebruikt wordt voor het omrekenen van GPS-hoogten (ETRS89) naar NAP-hoogten. Het nieuwe geïdemodel moet goed afgestemd zijn op de nieuwe hoogten van het primaire net.

De verbeteringen in de hoogten van het primaire net zullen ook worden doorgevoerd in het secundaire net van peilmerken. Om dit te bereiken worden de relevante projecten voor het secundaire net herberekend. Daarbij wordt aangesloten op de nieuwe hoogten van het primaire net. In januari 2005 zullen de nieuwe NAP hoogten in de publicatie verschijnen.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde aanpak verder toegelicht. Daarbij wordt uitgebreid beschreven hoe er een set van recente waterpaswaarnemingen is samengesteld uit metingen van de 5^e Nauwkeurigheidswaterpassing en een selectie van recente metingen voor het secundaire net.

In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe er een nieuwe hoogte is berekend voor het basispunt van het NAP in Amsterdam.

In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe de nieuwe hoogten voor het primaire net van het NAP zijn berekend, uitgaande van de nieuwe hoogte van het basispunt in Amsterdam (H3) en de set van recente waterpasmetingen (H2). Daarbij wordt ook ingegaan op de precisie en de betrouwbaarheid van de nieuwe hoogten.

In hoofdstuk 5 wordt beschreven hoe de (NAP en ETRS89) hoogten zijn bepaald van de punten die gebruikt zijn voor het inpassen van de nieuwe geoïde (NLGEO2004). De inpassing van de geoïde wordt niet beschreven in dit rapport. Hiervoor wordt verwezen naar Crombaghs & De Bruijne (2004)

In hoofdstuk 6 wordt afgesloten met enkele conclusies over de bereikte resultaten.

2 Gevolgde aanpak en gebruikte data

2.1 Gevolgde aanpak

Bij het bepalen van de aanpak is uitgegaan van de notitie "Het NAP opnieuw bezien", die destijds is voorgelegd aan de Nederlands Commissie voor Geodesie (Van Beusekom et. al., 1999). In deze notitie wordt onder meer voorgesteld om het Normaal Amsterdams Peil als hoogte referentiesysteem van Nederland als volgt te definiëren:

NAP hoogten worden gedefinieerd als hoogten, afgeleid van de in de 2e Nauwkeurigheidswaterpassing aangenomen hoogte van de laatste dijkpeilsteen, berekend uit gewaterpaste hoogteverschillen waarbij aangesloten is op een cluster van stabiele ondergrondse merken.

De nieuwe hoogten van het primaire net worden berekend in een vrije vereffening, waarbij uitgegaan wordt van een nieuwe hoogte voor basispunt Amsterdam (ondergronds merk 0A2350).

De nieuwe hoogte van Amsterdam (0A2350) wordt berekend door aan te sluiten op een cluster van stabiele ondergrondse merken, waarbij voor deze merken de hoogten uit de 2^e NWP worden aangehouden. Op deze manier wordt bereikt dat het nulniveau van het NAP, zoals gedefinieerd in de 2^e NWP (Waalewijn, 1979), zo goed mogelijk wordt gehandhaafd.

Voor beide berekeningen (basispunt en overige hoogten primair net) wordt gebruik gemaakt van één en dezelfde set recente waterpasmetingen die speciaal voor dit doel is samengesteld. De set bestaat uit de metingen van de 5^e NWP aangevuld met metingen voor het secundaire net.

Bij de publicatie van de nieuwe NAP hoogten moet ook een aangepast geoïdemodel beschikbaar komen. Dit geoïdemodel is nodig voor het omrekenen van GPS-hoogten (ETRS89) naar NAP-hoogten. Om aanpassing van het geoïdemodel mogelijk te maken worden er nieuwe NAP-hoogten berekend voor de aansluitingspunten waarop de geoïde wordt ingepast. In verband met een herberekening van de hoogten van het AGRS (Pol & Kösters, 2004) worden tegelijk ook de ETRS89-hoogten van de aansluitingspunten aangepast.

In de rest van dit hoofdstuk wordt verder ingegaan op het samenstellen van de gebruikte set van recente waterpasmetingen. Voor de feitelijke berekening van nieuwe hoogten wordt verwezen naar hoofdstukken 3, 4 en 5.

2.2 Gebruikte set waterpasmetingen

Voor het samenstellen van de gebruikte set van recente waterpasmetingen zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. Selectie waterpasprojecten.
2. Berekening 1d-puntenveld per project.
3. Deselectie van niet stabiel veronderstelde punten.
4. Combinatie van alle 1d-puntenvelden tot 1 coherente dataset.

Stap 1: Selectie waterpasprojecten

In stap 1 is er voor gekozen om uit te gaan van de metingen van de 5^e NWP aangevuld met metingen voor het secundaire net. De secundaire metingen zijn toegevoegd om de precisie en betrouwbaarheid te verbeteren. Dit was vooral wenselijk voor de historisch zwakke delen van het netwerk (met name Zeeland). Voor alle delen van Nederland is nu naast de 5^e NWP ook de meest recente meting voor het secundaire net meegenomen. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte waterpasprojecten.

Tabel 1: Invoer voor de gecombineerde berekening.

1d-puntenveld		jaar van meting	aantal OM oorspronkelijk	aantal OM na deselectie
5 ^e NWP		1996-2000	302	270
2 ^e Planperiode	Limburg	1991/1992	9	9
	Achterhoek	1993/1994	15	15
	Drenthe / Overijssel	1994	19	19
	Twente	1995	14	13
	Brabant-Oost	1995/1996	8	8
	Limburg-Noord	1996	13	13
	Veluwe-Noord	1996	15	15
3 ^e Planperiode	Noord-Holland Midden	1997	31	31
	Rivieren West deel A	1998/1999	70	69
	Rivieren West deel B	1999/2000	33	33
	Noord-Holland Noord	1999	29	29
	Holland Midden Oost + West	2000/2001	43	43
	Wadden	2000-2002	21	20
	Zeeland	2001	37	34
	Rivieren Oost	2002	37	36
	Friesland Zuidwest	2003	8	8
	Groningen / Friesland	2003	75	44

Stap 2: Berekening 1d-puntenveld per project

De berekening van 1d-puntenvelden is nodig om de geselecteerde waterpasprojecten op een handige manier te kunnen combineren (zie bijlage 1). De berekening van het 1d-puntenveld van de 5^e NWP wordt beschreven in bijlage 2 en voor de 1d-puntenvelden van de secundaire project wordt de berekening beschreven in bijlage 3.

Stap 3: Deselectie van niet stabiel veronderstelde punten.

In de berekeningen is uitgegaan van de hypothese dat er geen hoogteveranderingen (van ondergrondse merken) hebben plaatsgevonden in de periode waarover de metingen zich uitstrekken. Op grond van diverse studies (Leusink, 2003, Brand et al., 2002, Houtenbos & Kenselaar 2001, Lorenz et al., 1991) wordt verwacht dat er wél kleine hoogteveranderingen zijn opgetreden, maar dat deze niet aantoonbaar zijn in de hier gebruikte meetperiode van 12 jaar.

De hypothese dat de ondergrondse merken niet van hoogte veranderd zijn geldt niet voor Groningen en het noorden van Friesland en Drenthe. In dit gebied beweegt de bodem op veel plaatsen ten gevolge van olie, gas en zoutwinning. Hier is een beperkte set ondergrondse merken geselecteerd waarvan duidelijk is dat ze stabiel zijn (zie tabel 2). De overige ondergrondse merken in dit gebied doen niet mee in de berekeningen.

Tabel 2: Stabiele ondergrondse merken in Groningen en het noorden van Friesland en Drenthe.

puntnummer	plaats
OB0103/0107	Bunde (D)
0A2040	Sellingen
0A2050	Murmerwoude
0A2070	Oranjewoud
0A2080	Gasselte
0A2470	Appelscha
0A2590	Scharnegoutum
0A2596	Vrouwenparochie
0A4020	Harlingen
0A4051	Kornwederzand
0A4070	Holwerd

Een tweede uitzondering betreft enkele ondergrondse merken waarvan bekend is dat de fundering niet stabiel is (zie tabel 3). Ook deze ondergrondse merken doen niet mee in de berekening.

Tabel 3: Ondergrondse merken waarvan bekend is dat de fundering niet stabiel is.

puntnummer	plaats
OB0101, 0104, 0105 en 0106	Bunde
0A3480	Ooltgensplaat
0A3490	Ooltgensplaat

Stap 4: Combinatie van alle 1d puntenvelden tot 1 coherente dataset.

Na de deselectie van de niet stabiel veronderstelde punten zijn alle 1d-puntenvelden samengevoegd in één gecombineerde berekening. Voor de opzet van deze berekening wordt verwezen naar bijlage1. De

resultaten zijn te zien in tabel 4. Er is een data snooping uitgevoerd waarbij nog 6 waarnemingen zijn verwijderd.

Tabel 4: Resultaten van de data-snooping voor de gecombineerde berekening.
(FTQ en WTQ staan voor respectievelijk de toetsquotiënt van de globale toets en de toetsquotiënt van de grootste W-toets)

verwijderde waarnemingen	globale toets	aantal overtaligheden	FTQ	WTQ	geschatte fout (mm)	
	2,1342	317	2,17	2,99	0,6	in OA1051 Hellendoorn
OA1051 uit 3 ^e PP	2,0387	316	2,07	2,85	4,7	in OA2620 Schouwen Duiveland
OA2620 uit 3 ^e PP en 5 ^e NWP	1,9472	315	1,98	2,51	8,6	in OA4068 Vlissingen
OA4068 uit 3 ^e PP en 5 ^e NWP	1,8669	314	1,90	1,99	9,0	in OA2606 Son
OA2606 uit 3 ^e PP	1,8039	313	1,83	1,70		

Voor de ondergrondse merken OA2620 en OA4068 waren slechts 2 hoogtewaarnemingen beschikbaar, zodat het niet mogelijk was om aan te wijzen waar de fout zat. In deze gevallen zijn beide waarnemingen verwijderd. Bij de ondergrondse merken OA1051 en OA2606 was het wèl mogelijk om de fout aan te wijzen en is er één waarneming verwijderd. De data-snooping is gestopt op het punt dat de toetsquotiënt van de globale toets groter is geworden dan de toetsquotiënt van de grootste W-toets. Het eindresultaat is verkregen door alle ingevoerde covariantiematrices te vermenigvuldigen met factor 1,8039 (de waarde van de globale toets na de data snooping).

3 Nieuwe hoogte basispunt Amsterdam

De nieuwe hoogte van Amsterdam (0A2350) is berekend door aan te sluiten op een cluster van stabiele ondergrondse merken, waarbij voor deze merken de hoogten uit de 2^e NWP zijn aangehouden. Op deze manier wordt is dat het nulniveau van het NAP, zoals gedefinieerd in het primaire net van de 2^e NWP (Waalewijn, 1979), zo goed mogelijk is gehandhaafd.

In dit hoofdstuk wordt eerst beschreven hoe hiervoor een cluster van ondergrondse merken is geselecteerd in het gebied Utrechtse Heuvelrug / Veluwe. Daarna wordt beschreven hoe de nieuwe hoogte van het basispunt is berekend.

3.1 Selectie cluster van stabiele ondergrondse merken

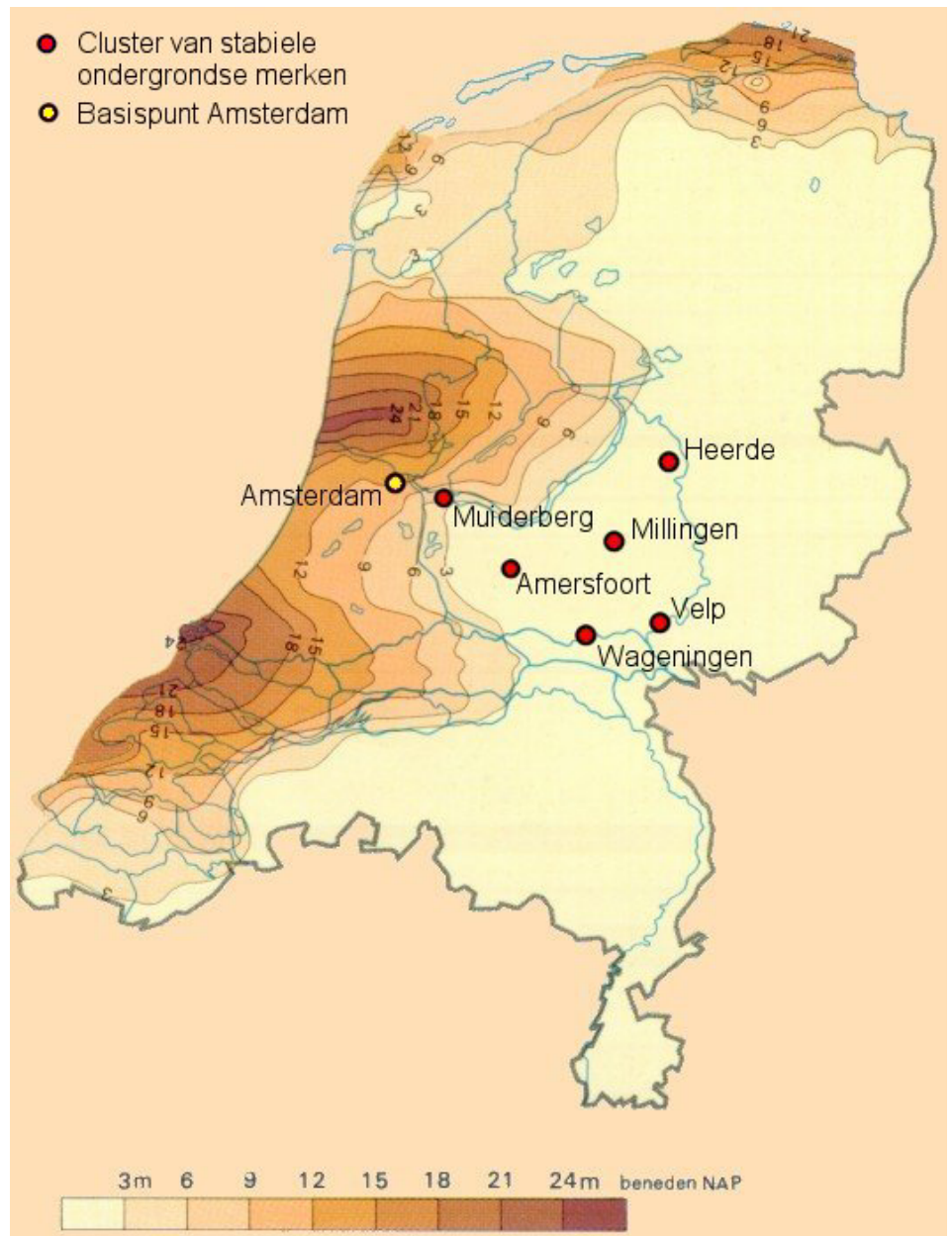
Het cluster moet bestaan uit ondergrondse merken:

- waarvan op grond van de geologie van de ondergrond en stabiliteit van de fundering verwacht mag worden dat ze niet aantoonbaar bewegen ten opzichte van elkaar;
- die dicht bij elkaar liggen zodat de stabiliteit geverifieerd kan worden door de analyse van historische waterpasmetingen;
- die een goede waterpasverbinding hebben met Amsterdam;
- die aangemeten zijn in recente waterpassingen (5^e NWP, planperiodes) en in de 2^e NWP;

Gezien de diepteligging van het Pleistoceen en de loop van de rivieren (zie figuur 1) komt er slechts één gebied dat in aanmerking voor de selectie van het cluster: het gebied van de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. In de meer zeewaarts gelegen gebieden ligt het Pleistoceen te diep zodat de funderingen minder stabiel zijn. De resterende hoge gebieden vallen af omdat de waterpasverbindingen met Amsterdam minder goed zijn doordat er rivieren overgestoken moeten worden. In het gebied Utrechtse Heuvelrug / Veluwe is ook geen bodembeweging te verwachten als gevolg van tektoniek of delfstofwinning.

In het gebied Utrechtse Heuvelrug / Veluwe is een zestal ondergrondse merken geselecteerd die allen aangemeten zijn in de 2^e, 3^e, 4^e en 5^e NWP en in de 1^e, 2^e en 3^e Planperiode van de metingen voor het secundaire net (zie figuur 1 en tabel 5 op de volgende pagina).

.....
 Figuur 1: Diepte van de top van het Pleistoceen ten opzichte van het NAP en de ligging van het cluster van stabiele ondergrondse merken en het basispunt in Amsterdam.



Tabel 5: Selectie voor het cluster van stabiele ondergrondse merken.

plaats	nummer
Heerde	0A1071
Velp	0A1092
Amersfoort	0A1111
Millingen	0A2160
Wageningen	0A2170
Muiderberg	0A2180

3.2 Berekening nieuwe hoogte

De nieuwe hoogte van het basispunt in Amsterdam (0A2350) is berekend door met de set waterpaswaarnemingen uit paragraaf 2.2 (5^e NWP aangevuld met metingen voor het secundaire net) een strenge kleinste kwadraten aansluiting te maken op het cluster van stabiele ondergrondse merken (paragraaf 3.1), waarbij voor deze merken de hoogten uit de 2^e NWP zijn aangehouden.

In een strenge kleinste kwadraten aansluiting krijgen de aansluitingspunten een correctie in de vereffening. Dit in tegenstelling tot een pseudo kleinste kwadratenaansluiting waarbij de aansluitingspunten vast worden aangehouden. Er is hier gekozen voor een strenge kleinste kwadratenaansluiting omdat kleine afwijkingen in de hoogten van de aansluitingspunten daarbij worden uitgesmeerd.

De aansluitingsberekening is uitgevoerd met SCAN3 en de nieuwe hoogte van Amsterdam (0A2350) bedroeg +1,40801 m. Voor het toekomstig gebruik wordt deze hoogte afgerond tot **+1,408 m**. Dit is ongeveer 2 cm lager dan de oude publicabele hoogte van +1,4278 m.

De waarde van de globale toets in deze berekening was 1,0257. Het aantal voorwaarden was 318. In tabel 6 is het verslag van de toetsing van de aansluitingspunten te zien.

Tabel 6: Verslag toetsing aansluitingspunten.

A Priori Covariance Matrix:								
Substitute: C_0 = 0.00 (m ²) C_1 = 0.200E-06 (m ² /km) D ² = 0.664E-04 (m ²)								
Residuals and Conventional 1d Hypotheses:								
Point	Observation (m)	Residual (mm)	A Priori St. Dev. (mm)	Minimum Det. Bias (mm)	Sq. Root Lambda-X1	Est. Err. (mm)	F Test Quotient	
000A1071	7.1470	-2.3	8.1	15.6	2.6		0.40	
000A1092	16.6497	0.8	8.1	13.6	3.3		0.10	
000A1111	41.5546	-0.9	8.1	11.7	3.1		0.58	
000A2160	28.1928	4.3	8.1	11.4	3.2		0.62	
000A2170	26.2641	3.6	8.1	12.1	3.1		0.19	
000A2180	3.2904	2.3	8.1	16.1	3.2		0.15	

Uit het toetsingsverslag blijkt dat er met de gebruikte gegevens geen hoogteveranderingen aangetoond kunnen worden voor de gekozen stabiele ondergrondse merken. Op grond van de grenswaarden (Minimum Det. Bias) kan geconcludeerd worden dat er over de beschouwde periode van ca. 70 jaar tussen de 2^e en 5^e NWP waarschijnlijk geen hoogteveranderingen zijn geweest van meer dan 16,1 mm.

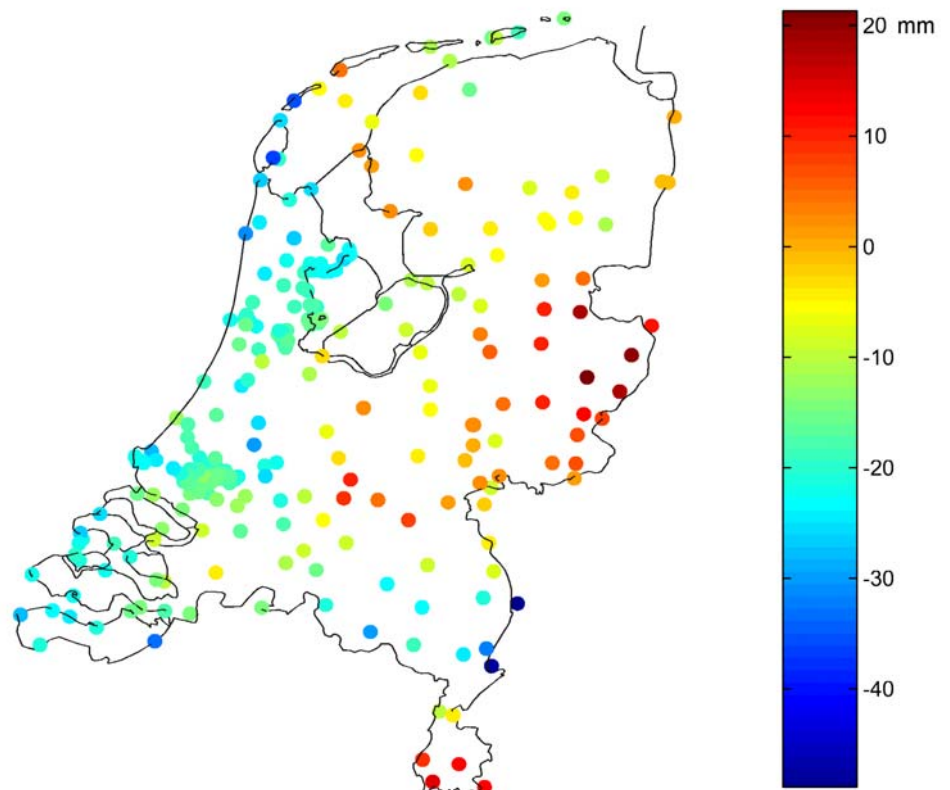
4 Nieuwe hoogten primaire net

Voor het berekenen van de overige hoogten van het primaire net is dezelfde dataset van waterpasmetingen gebruikt als bij de berekening van de nieuwe hoogte van het basispunt in Amsterdam (zie paragraaf 2.2). Het verschil is dat er nu niet is aangesloten op het cluster van stabiele ondergrondse merken, maar dat er een vrije vereffening is uitgevoerd met voor basispunt Amsterdam de in hoofdstuk 3 berekende hoogte van +1,408 m.

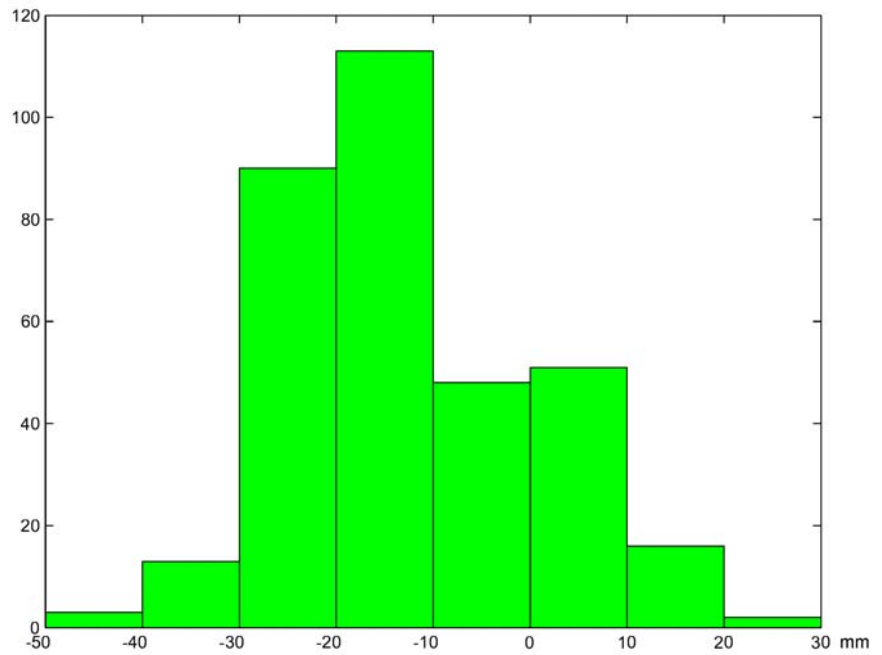
In de figuren 2 en 3 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen de nieuwe hoogten en de oude hoogten uit de NAP-publicatie. In het westen van Nederland liggen de nieuwe hoogten ongeveer 1-3 cm lager dan de oude hoogten. In het oosten van het land komt het ook voor dat de hoogten naar boven zijn bijgesteld (max 2 cm). In Groningen/Friesland hebben olie, gas en zoutwinning gezorgd voor een grote "witte vlek" in het primaire net.

Voor een lijst met alle nieuwe hoogten van het primaire net wordt verwezen naar bijlage 4. In bijlage 5 is een kaart opgenomen met de verschillen in cijfers.

Figuur 2: Kaart van de verschillen tussen de nieuwe hoogten van het primaire net en de oude hoogten uit de NAP-publicatie.



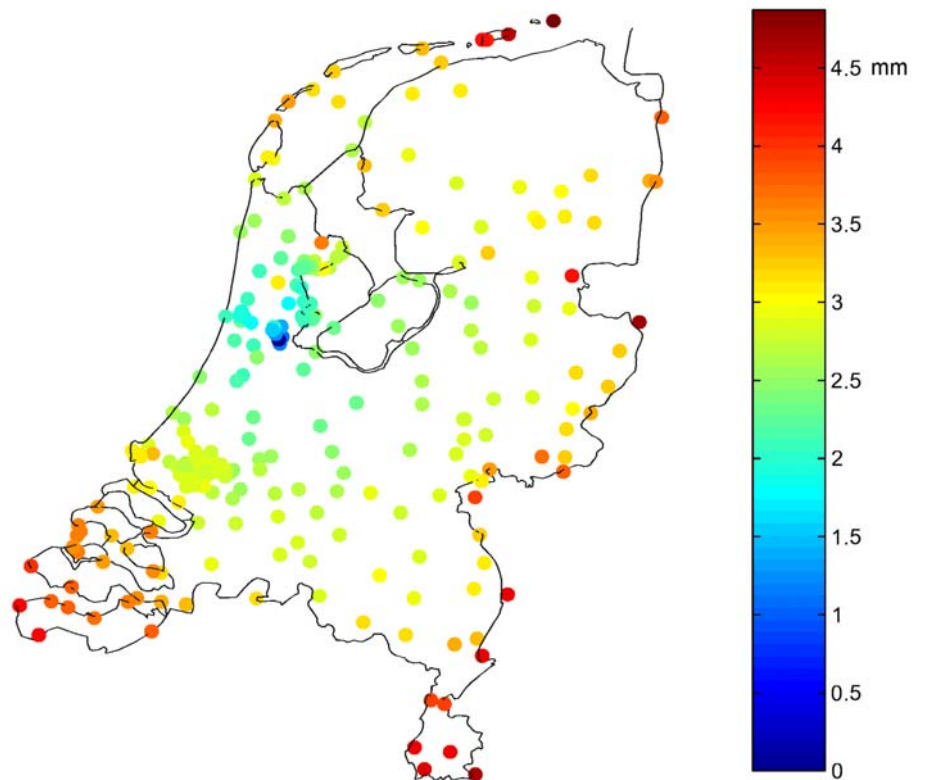
.....
Figuur 3: Histogram van de verschillen tussen de nieuwe hoogten van het primaire net en de oude hoogten uit de NAP-publicatie.



4.1 Precisie

De standaardafwijkingen uit de nieuwe hoogten zoals die volgen uit de vrije vereffening (basispunt Amsterdam) zijn weergegeven in figuur 4.

.....
Figuur 4: Kaart van de standaardafwijkingen van de nieuwe hoogten van het primaire net.



In figuur 4 is te zien dat de standaardafwijking op korte afstanden van Amsterdam ongeveer 2 mm bedraagt en dat deze oploopt naar ongeveer 4 mm aan de randen van Nederland (afstand ca. 200 km).

Voor de praktijk is vooral de relatieve precisie van belang, ofwel de standaardafwijking van het hoogteverschil tussen twee punten. Uitgaande van de resultaten van de vereffening is berekend wat de relatieve precisie van de nieuwe hoogten is:

$$\sigma_{rel} = 2 \text{ mm} + 0,2 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

Voor ongeveer 95% van de punten van het primaire net wordt aan deze precisie voldaan. Zwakkere plekken zijn bijvoorbeeld het Waddengebied, Zeeland, Limburg en de aansluiting op punten in het buitenland.

Gewone peilmerken zijn minder stabiel dan de ondergrondse merken van het primaire net. Bij de hoogten van deze peilmerken moet ook rekening gehouden worden met fysieke hoogteveranderingen van de meetpunten die voor een deel stochastisch en voor een deel systematisch zijn (Houtenbos & Kenselaar, 2001). De grootte van de fout die ontstaat is afhankelijk van het tijdsverschil tussen de meting voor het bepalen van de NAP-hoogte en de meting waarin de hoogte gebruikt wordt.

Gemiddeld over Nederland bedraagt de standaardafwijking van de stochastische component van de hoogteveranderingen over een periode van 10 jaar (bijhoudingsfrequentie van het NAP) ongeveer 2 mm. Daarnaast kunnen over die zelfde periode van 10 jaar systematische zettingen (en stijgingen) optreden, die kunnen oplopen tot enkele centimeters voor slecht gefundeerde punten in gebieden met een slappe ondergrond en in de omgeving van delfstofwinning (Brand e.a., 2002).

Ter illustratie volgt hier de berekening van de standaardafwijking van het hoogteverschil tussen twee peilmerken op een afstand van 25 km, waarbij ervan uitgegaan wordt dat de standaardafwijking van de stochastische component van de beweging (σ_z) 2 mm bedraagt, en dat de systematische beweging verwaarloosd kan worden:

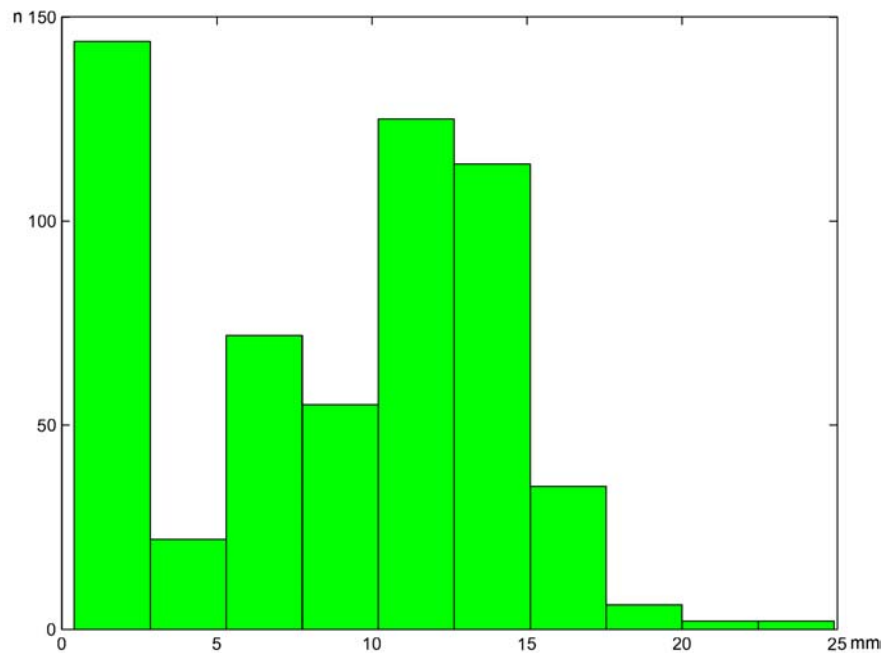
$$\begin{aligned}\sigma_{rel} &= \sqrt{(\sigma_{z1})^2 + \sigma_{z2}^2 + \sigma_{rel}^2} = \\ &= \sqrt{(2^2 + 2^2 + (2+0,2\sqrt{25})^2)} = \\ &= \sqrt{(4 + 4 + (2 + 0,2*5)^2)} = \\ &= \sqrt{(17)} = 4,1 \text{ mm}.\end{aligned}$$

4.2 Interne betrouwbaarheid

Interne betrouwbaarheid is de mate waarin fouten (in waarnemingen en rekenmodel) kunnen worden gedetecteerd. Voor de beschrijving hiervan wordt gebruik gemaakt van grenswaarden: kentallen die aangeven bij welke grootte een fout nog gedetecteerd kan worden. Met alleen de 5^e NWP (kringlengte 100-150 km) zouden de grenswaarden ongeveer 40 mm bedragen. Door het toevoegen van de data van de 2^e en 3^e Planperiode van metingen voor het secundaire net is dit sterk verbeterd. De kleinere kringen uit de secundaire netten

(kringlengte ca. 16 km) leiden tot grenswaarden van gemiddeld ongeveer 12 mm. Ongeveer 90% van de 577 berekende grenswaarden is kleiner dan 15 mm en de grootste grenswaarde bedraagt 24,9 mm. In figuur 5 zijn de grenswaarden weergegeven in een histogram.

.....
 Figuur 5: Grenswaarden van de waarnemingen in de berekening van de hoogten van het primaire net. De waarnemingen bestaan hier uit de hoogten van de 1d-puntenvelden.



Voor 99 hoogten is geen grenswaarde berekend omdat de betreffende punten in slechts één puntenveld voorkomen. In de meeste gevallen zijn deze hoogten wèl gecontroleerd in de waterpasnetten waarin ze zijn gemeten. Voor punten uit de secundaire netten zullen de grenswaarden gezien de kringlengte ongeveer 12 mm bedragen. In de 5^e NWP zijn de kringen langer, maar hier is een extra controle uitgevoerd door de combinatie met secundaire netten.

Bij 14 van de 99 hoogten die in slechts één puntenveld zijn aangemeten gaat het om losse poten, zodat de betreffende hoogten in principe niet gecontroleerd zijn, alhoewel er natuurlijk wèl in heen- en teruggang is gemeten (zie tabel 7). Het 1^e orde ondergronds merk 0A1074 (Heerde) maakt onderdeel uit van een groep van 2 merken waarbij het andere merk (0A1071) wèl in meerdere puntenvelden voor komt.

Tabel 7: Losse poten

nummer	locatie	project
000A1074	Heerde (27E)	5 ^e NWP
000A2643	Oosterblokker (19F)	Noord-Holland noord
000A2726	Willemstunnel trace(37H)	Rivieren West deel A
000A2772	Rotterdam (37H)	Rivieren West deel A
000A2854	Hoogvliet (37G)	Rivieren West deel A
000A3010	Rotterdam (37F)	Rivieren West deel A
000A3030	Rotterdam (37H)	Rivieren West deel A
000A3080	Rotterdam (37E)	Rivieren West deel A

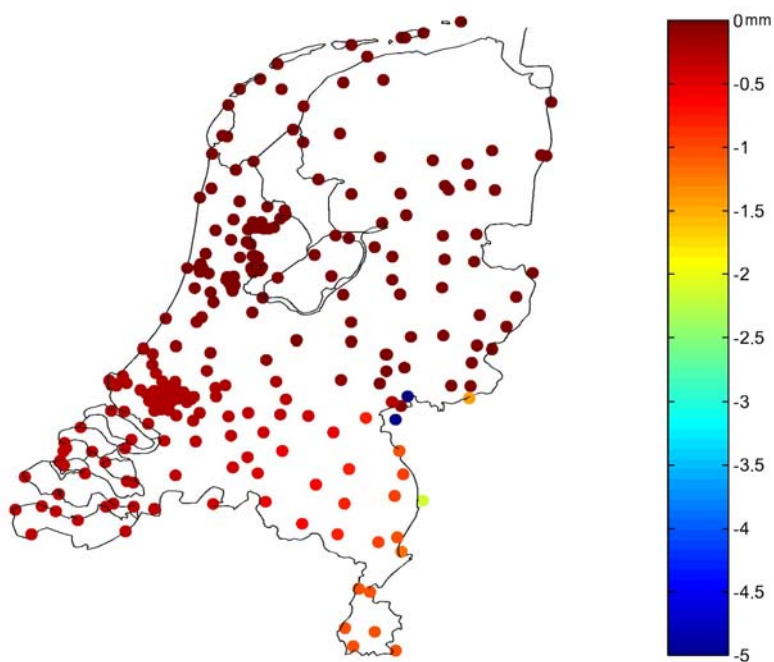
nummer	locatie	project
000A3120	Rotterdam (37H)	Rivieren West deel A
000A4078	Goidschalxoord (37H)	Rivieren West deel A
000A4082	Spijkenisse (37G)	Rivieren West deel A
000A4090	Krammersluis (43C)	Zeeland
000A4091	niet publicabel	Zeeland
000B0210	Nordhorn (D)	5° NWP

4.3 Externe betrouwbaarheid

Externe betrouwbaarheid is de gevoeligheid van het eindproduct voor onontdekte fouten. Om een indruk te krijgen van de externe betrouwbaarheid van de nieuwe hoogten van het primaire net zijn fouten geïntroduceerd ter grootte van de grenswaarden en vervolgens is gekeken naar het effect op de berekende nieuwe hoogten. Dit is gedaan bij twee punten: één punt aan de rand van het net (Elten, 0B0191) met de grootste grenswaarde (24,9 mm) en één punt in het centrum (Nederhorst den Berg, 0A2190) met een relatief grote grenswaarde van 16,7 mm. In beide gevallen is de fout geïntroduceerd in de hoogten uit de secundaire verdichtingsmeting. Als dezelfde fout aangebracht zou worden in de hoogten van de 5° NWP zou het effect op de berekende hoogten kleiner zijn.

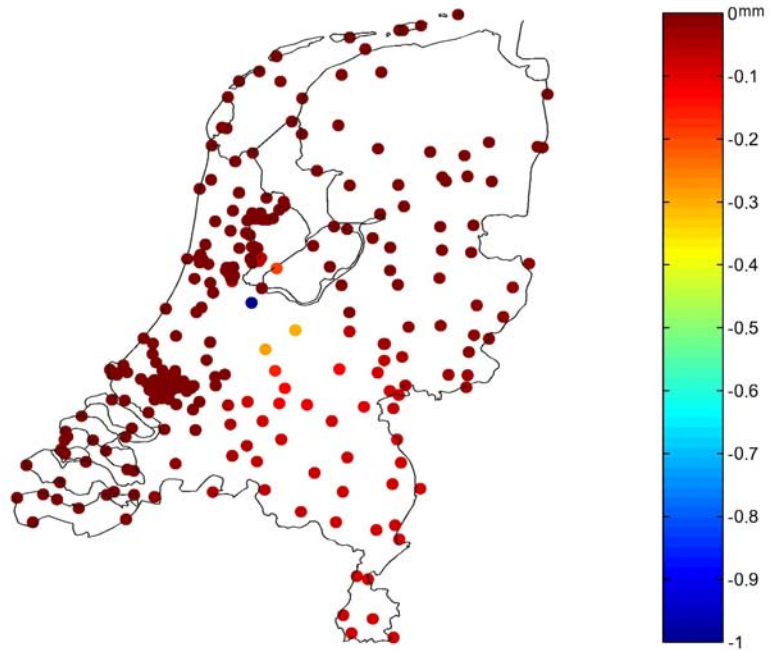
.....
 Figuur 6: Effect op de hoogten van een fout ter grootte van de grenswaarde (24,9 mm) aan de rand van het net (Elten).

Om het regionale beeld beter te kunnen zien is de kleurschaal afgekapt. De afwijking op de berekende hoogte in Elten bedraagt 19,3 mm. De grootste afwijking in de nabije omgeving bedroeg 5,0 mm. Op grotere afstanden komen afwijkingen voor tot ongeveer 1,5 mm.



Figuur 7: Effect op de hoogten van een fout ter grootte van de grenswaarde (16,7 mm) in het centrum van het net (Nederhorst den Berg).

Om het regionale beeld beter te kunnen zien is de kleurschaal afgekapt. De afwijking op de berekende hoogte in Nederhorst den Berg bedraagt 12,8 mm. De grootste afwijking in de nabije omgeving was kleiner dan 1 mm. Op grotere afstanden gaat het om afwijkingen van enkele tienden van mm.



In de figuren 6 en 7 is te zien wat het effect van de geïntroduceerde fouten op de berekende hoogten van het primaire net. Uit de rekenexperimenten blijkt dat de grootste afwijkingen beperkt blijven tot de punten waarop de fouten zijn gemaakt en dat de afwijkingen in de omgeving vrij klein zijn. Dit komt het sterkst naar voren bij de fout in het centrum van het net (figuur 6). Een fout aan de rand van het net werkt meer door naar de omgeving (figuur 7).

5 Aansluitingspunten geöïde

Tegelijk met de nieuwe hoogten van het NAP wordt er ook een nieuw geöïdemodel gepubliceerd (NLGEO2004). Dit model kan gebruikt worden voor het omrekenen van GPS-hoogten (ETRS89) naar NAP-hoogten:

$$h_{ETRS89} = H_{NAP} + N_{NLGEO2004}$$

Om de omrekening zo precies mogelijk te maken wordt de gravimetrische geöïde ingepast op 84 punten die in de 5e NWP zijn ingemeten met waterpasmetingen en met GPS (zie figuur 8). In paragraaf 5.1 wordt beschreven hoe de NAP hoogten van deze aansluitingspunten zijn berekend. In verband met een herberekening van de hoogten van het AGRS (Pol & Kösters, 2004) zijn tegelijk ook de ETRS89 hoogten van de aansluitingspunten aangepast. Dit is beschreven in paragraaf 5.2.

De berekening en inpassing van het nieuwe geöïdemodel (NLGEO2004) is beschreven in Crombaghs & De Bruijne (2004).

Figuur 8: Geografische ligging van de aansluitingspunten voor de geöïde.



5.1 Berekening NAP hoogten

Om optimale NAP hoogten te krijgen is dezelfde berekeningsmethode gehanteerd als bij de aansluiting van de metingen van het secundaire net. Er is een pseudo kleinste kwadraten aansluiting gemaakt van de 5^e NWP op de nieuwe hoogten van het primaire net. De aansluiting paste prima, zoals te verwachten was, omdat de 5^e NWP ook onderdeel uitmaakt van de dataset waarmee de nieuwe primaire hoogten zijn berekend. De berekende hoogten met bijbehorende standaardafwijkingen staan in bijlage 6.

Precisie

De precisie van de berekende hoogten is vergelijkbaar met die van de ondergrondse merken van het primaire net. De standaardafwijkingen lopen op van 1,8 bij Amsterdam tot 4,5 mm in Zeeland en aan de randen van Nederland. Gemiddeld bedraagt de standaardafwijking 3,1 mm.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid is vergelijkbaar met die van het primaire net. Gezien de kringlengtes in de 5^e NWP zouden de grenswaarden ongeveer 40 mm bedragen, maar omdat het net van de 5^e NWP is gecontroleerd met secundaire verdichtingsmetingen is de betrouwbaarheid in werkelijkheid duidelijk beter. Een kanttekening moet gemaakt worden voor de 18 (van de 84) punten die als losse poot zijn aangemeten (zie tabel 8). Deze punten zijn in principe niet gecontroleerd, alhoewel er natuurlijk wel in heen- en teruggang is gemeten.

Tabel 8: Losse poten

CC03	NH08	OB02	OH08	OM13	WC03
CD04	NJ10	OC03	OI09	OO15	WH08
CF06	OA01	OE05	OK11	OP16	WK11

5.2 Berekening GPS-hoogten

Bij het berekenen van ETRS89-hoogten is er naar gestreefd om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de actuele hoogten van het AGRS. Om dit te bereiken is aangesloten op de AGRS-jaarplossing van 2002: AGRSYR02 (Pol & Kusters, 2004). In deze jaarplossing zijn naast de AGRS stations ook de IGS stations uit de 5^e NWP meegenomen. Er is gebruik gemaakt van een strenge kleinste kwadraten aansluiting zodat kleine afwijkingen in de coördinaten van de aansluitingspunten worden uitgesmeerd.

Het gebruik van een pseudo kleinste kwadraten oplossing was niet nodig omdat de vereffende coördinaten van de aansluitingspunten geen rol spelen bij het inpassen van de geoïde.

Voor het kansmodel van de aansluitpunten is uitgegaan van een standaardafwijking van 4 mm voor de hoogte en 2 mm voor de

horizontale component. Op grond van ervaring wordt aangenomen dat dit realistische waarden zijn voor de precisie van de gebruikte AGRS-jaarplossing. Voor de invoer in SCAN3 zijn de standaardafwijkingen omgerekend naar varianties in XYZ-richting.

Voor de GPS metingen bestond het resultaat van de vrije vereffening van de 5^e NWP uit een set van 84 hoogten met bijbehorende covariantiematrix. De standaardafwijkingen van de berekende hoogten liggen rond de 1 mm. Bij nadere beschouwing blijkt dat dit veel te optimistisch is. Om een sluitende berekening te krijgen is de covariantiematrix vermenigvuldigd met factor 100. Op deze manier wordt het effect van eventuele bodembeweging opgevangen in de correcties op de hoogten van de 5^e NWP.

Er is aangesloten op acht stations: de AGRS stations in Delft, Eijsden, Terschelling en Westerbork en de IGS stations in Brussel, Onsala, Potsdam en Wetzell. De IGS stations in Kootwijk en Herstmonceux zijn losgelaten omdat ze slecht passen (geschatte fouten respectievelijk 15 mm en 27 mm) en omdat er aanwijzingen zijn dat dit het gevolg is van wijzigingen in antennes en ontvangers. Bij Kootwijk gaat het niet om een wijziging op het station zelf, maar om wijzigingen op de vier AGRS stations die er omheen liggen. Omwille de homogeniteit van de oplossing binnen Nederland is er voor gekozen om station Kootwijk los te laten.

De belangrijkste resultaten van de toetsing van de eindoplossing staan in tabel 9 en 10. De berekende hoogten en bijbehorende standaardafwijkingen staan in bijlage 6. Gemiddeld bedragen de standaardafwijkingen van de berekende hoogten ongeveer 12 mm.

Tabel 9: Toetsingsresultaten hoogtefout

Special Hypotheses: Height Error (1D)				
Point	Min. Det. Bias (mm)	Square Root Lambda-X1	Estimated Error (mm)	1D F Test Quotient
BRUS 131	19.6	3.9		0.61
DELF 135	19.0	3.6		0.00
EIJS 135	18.8	3.5		0.53
ONSA 104	36.8	9.7		0.04
POTS 141	21.6	4.7		0.32
TERS 135	19.0	3.5		0.11
WSRT 135	17.0	2.6		0.02
WTZR 142	30.7	8.1		0.21

Tabel 10: Toetsingsresultaten centreerfout

Special Hypotheses: Centering Error (2D)						
Point	Min. Det.		Square Root		Estimated Error (mm)	2D F Test Quotient
	Bias (mm)		Lambda-X1			
	15.8	9.9	2.3	2.7		0.19
DELF 135	15.6	9.6	2.1	2.5		0.23
EIJS 135	15.6	9.6	2.1	2.4		0.02
ONSA 104	17.6	14.4	3.4	5.9		0.01
POTS 141	15.9	10.5	2.3	3.2		0.02
TERS 135	15.4	9.5	2.1	2.4		0.61
WSRT 135	15.1	9.1	1.8	1.9		0.09
WTZR 142	16.7	12.6	2.7	4.7		0.03

6 Conclusies

1. Met de definitie van het cluster van stabiele merken op de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug is een stabiele vastlegging van het NAP gerealiseerd. Door het bijstellen van de hoogte van het basispunt op de Dam in Amsterdam is het historisch bepaalde nulniveau van het NAP zo goed mogelijk gehandhaafd. De nieuwe hoogte van het basispunt is +1,408 m.
2. Met behulp van de metingen van de 5^e NWP en de meest recente secundaire verdichtingsmetingen zijn nieuwe hoogten berekend voor het primaire net van het NAP. In het westen van Nederland liggen de nieuwe hoogten ongeveer 1-3 cm lager dan de oude hoogten. In het oosten van het land komt het ook voor dat de hoogten naar boven zijn bijgesteld (max. 2 cm). Uitgaande van de resultaten van de vereffening is berekend wat de relatieve precisie van de nieuwe hoogten is:

$$\sigma_{rel} = 2 \text{ mm} + 0,2 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

Voor ongeveer 95% van de punten van het primaire net wordt aan deze precisie voldaan. Zwakkere plekken zijn bijvoorbeeld het Waddengebied, Zeeland, Limburg en de aansluiting op punten in het buitenland. De bereikte kwaliteit is voldoende om te komen tot een nieuwe NAP publicatie met een kwaliteit die tegemoet komt aan de eisen voor het huidige gebruik.

3. In Groningen/Friesland hebben olie, gas en zoutwinning gezorgd voor een grote "witte vlek" in het primaire net. De secundaire verdichtingsmetingen kunnen hier aangesloten worden op de stabiele ondergrondse merken aan de randen.
4. Uitgaande van de metingen van de 5^e NWP zijn er NAP- en ETRS89-hoogten berekend voor de aansluitingspunten voor het geoïdemodel. De precisie van de berekende NAP-hoogten is vergelijkbaar met die van het primaire net. De standaardafwijkingen lopen op van 1,8 bij Amsterdam tot 4,5 mm in Zeeland en aan de randen van Nederland. De standaardafwijkingen van de berekende ETRS89-hoogten bedragen gemiddeld ongeveer 12 mm.

7 Referenties

- Van Beusekom, W.A., Molendijk, R.E., Willigen, G.W., 1999, Het NAP opnieuw bezien, NAP99-116, Meetkundige Dienst, november 1999.
- Brand, G.B.M., De Bruijne, A.J.Th., Molendijk, R.E., 2002, Oorzaken van de bewegingen van de meetpunten van het NAP, MDGAP – 2002.26, Meetkundige Dienst, augustus 2002.
- Brand, G.B.M. & Ten Damme, J.H., 2004, De watermetingen van de 5^e NWP, AGI-GAP-2004.15, Rijkswaterstaat AGI, maart 2004.
- Crombaghs, M.J.E. & De Bruijne, A.J.Th., 2004, NLGEO2004, AGI-GAP-2004.25, Rijkswaterstaat AGI, augustus 2004.
- Houtenbos, A.P.E.M. & Kenselaar, F., 2001, Peilmerk hoogte variaties, Stochastische analyse van peilmerkbeweging in Nederland, TU Delft, december 2001.
- Kleijer, F., 1998, De projecten van de planperioden, MDGA-NAP-9803, Meetkundige Dienst, januari 1998.
- Leusink, J.G., 2003, Wat waterpasgegevens vertellen over geologische bodembeweging, De schatbaarheid van een tijd-plaatsmodel voor de beweging van de meetpunten van het NAP, afstudeerscriptie TU Delft, Delft, april 2003.
- Lorenz, G.K., W. Groenewoud, F. Schokking, M.W. van den Berg, H. Wiersma, S. Jelgersma, F. Brouwer, 1991, Heden en verleden - Nederland naar beneden??? Interim rapport over het onderzoek naar bodembeweging in Nederland. Rijkswaterstaat Delft/Rijswijk, Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 72 pp.
- Pol, A and A. Kusters, 2004, Nieuwe ETRS89-coördinaten voor het AGRS.nl, GPS Nieuwsbrief, 19(1), pp. 10-19 (2004), Delft, mei 2004.
- Waalewijn, A., 1979, De tweede nauwkeurigheidswaterpassing van Nederland 1926-1940, Rijkscommissie voor Geodesie, Delft, 1979.

Bijlage 1: Combinatie van 1d-puntenvelden

De combinatie van de 5e NWP met de secundaire verdichtingsmetingen (ofwel de "gecombineerde berekening") is uitgevoerd als een "aansluiting van puntenvelden". De waterpasnetwerken zijn hiervoor gereduceerd tot 1d-puntenvelden, waarbij alleen de ondergrondse merken zijn meegenomen. De gewone peilmerken zijn weggelaten uit de berekening omdat deze merken duidelijk minder stabiel zijn.

Een 1d-puntenveld $P^{(i)}$ kan als volgt worden genoteerd (Kleijer, 1998):

$$H^{(i)} = \begin{bmatrix} H_1^{(i)} \\ H_2^{(i)} \\ \vdots \\ H_n^{(i)} \end{bmatrix} ; \quad Q_H^{(i)} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

Met alle 1d-puntenvelden ($P^{(1)}, P^{(2)}, \dots$) wordt een integrale vereffening uitgevoerd. De hoogten worden opgevat als waarnemingen. De gewichten waarmee deze worden vereffend worden bepaald door de covariantiematrix. De verhoudingen tussen de covarianties en de varianties in deze matrix bepalen hoe sterk de hoogten van elkaar afhankelijk zijn. Zo zullen hoogten van ondergrondse merken in een cluster (ca. 10 m van elkaar) sterk van elkaar afhankelijk zijn, maar de hoogten van 2 punten aan verschillende kanten van het netwerk niet.

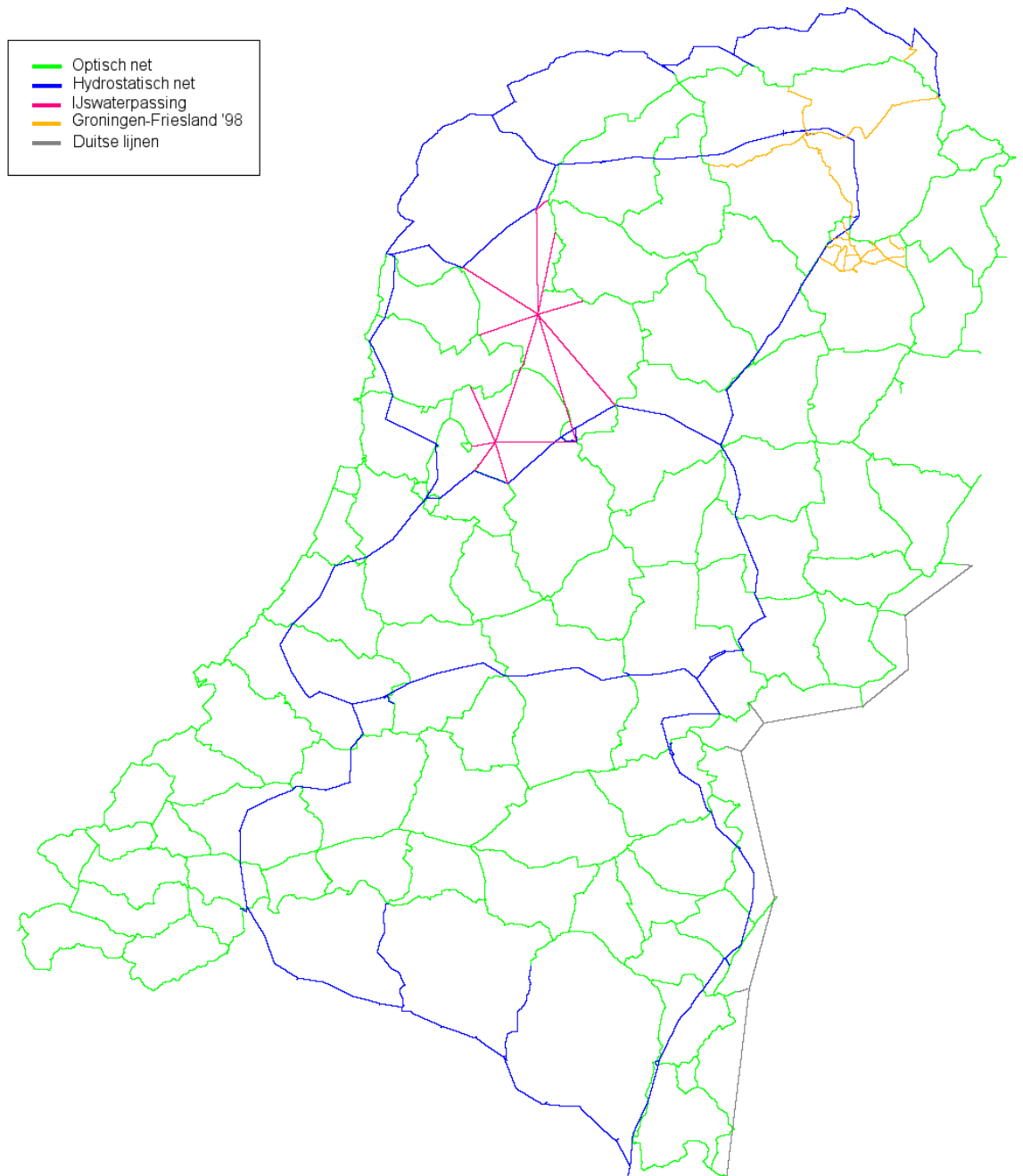
Voor elke puntenset wordt als extra onbekende een translatie berekend ten opzichte van de gebruikte schrankingsbasis. In feite wordt er dus gewerkt met relatieve hoogten binnen de puntenvelden.

Als de hoogten onafhankelijk zouden worden verondersteld, zouden alleen die punten die in meerdere puntenvelden zitten (de aansluitingspunten) een kleinste-kwadratencorrectie krijgen. Nu worden de hoogten wél afhankelijk verondersteld, zodat alle hoogten uit de 1d-puntenvelden correcties krijgen. Als de hoogte van een aansluitingspunt sterk gecorrigeerd wordt, zal ook de hoogte van een vrij punt sterk worden gecorrigeerd, als er een korte verbinding bestaat naar dat aansluitingspunt.

De toepassing van de aansluiting van puntenvelden komt neer op een reductieslag in vergelijking met een gezamenlijke vereffening van alle waterpasmetingen. Het resultaat blijft gelijk. Dit is gecontroleerd door het uitvoeren van een gecombineerde vereffening van de waterpasmetingen zelf, waarbij de puntnummers zijn aangepast zodat de verschillende projecten worden gekoppeld op de zelfde ondergrondse merken als in de berekening met puntenvelden.

Bijlage 2: Berekening 1d-puntenveld 5e NWP

In figuur 9 is te zien dat de 5^e NWP bestaat uit de combinatie van een aantal onderdelen, waaronder metingen uit het buitenland, ijswaterpassingen en delen van het project Groningen-Friesland'98 uit het secundaire net.



Figuur 9: Overzicht van de gemeten lijnen van de 5^e NWP.

Voor een uitgebreide beschrijving van de 5^e NWP wordt verwezen naar de notitie "De waterpassingen van de 5^e NWP" (Brand & Ten Damme, 2004).

Voor het berekenen van het 1d-puntenveld voor de gecombineerde berekening is het onderdeel "Bijmeting Muiderberg" verwijderd, omdat de betreffende metingen anders dubbel gebruikt zouden zijn (in de 5^e NWP en in de 3^e Planperiode van metingen voor het secundaire net). Uiteindelijk bevatte het 1d-puntenveld van de 5eNWP 302 ondergrondse merken.

Bijlage 3: Berekening 1d-puntenvelden 2e en 3e planperiode

In figuur 10 op de volgende pagina is een overzicht te zien van de gebruikte projecten van de 2^e en 3^e Planperiode van metingen voor het secundaire net.

De projecten van de 2^e en 3^e Planperiode zijn destijds gebruikt voor het actualiseren van de NAP-publicatie. De metingen zijn toen gecontroleerd en opgeslagen in het HIS. Voor het berekenen van de 1d-puntenvelden zijn de waterpasmetingen van de betreffende projecten opgehaald uit HIS en in ongewijzigde vorm vereffend met scan3. Ook het kansmodel is ongewijzigd overgenomen. Een overzicht van de toetsresultaten wordt gegeven in tabel 11.

Tabel 11: Toetsresultaten van vereffening van de 2^e en 3^e Planperiode met scan3.

plan-periode	project	jaar van meting	globale toets	aantal OM	aantal verworpen waarnemingen
2 ^e PP	Limburg	1991/1992	1,0100	9	0
	Achterhoek	1993/1994	0,8485	15	0
	Drenthe / Overijssel	1994	0,7651	19	2
	Twente	1995	0,7727	14	0
	Brabant-Oost	1995/1996	0,5472	8	0
	Limburg-Noord	1996	0,8242	13	7
	Veluwe-Noord	1996	0,9275	15	0
3 ^e PP	Noord-Holland Midden	1997	1,1291	31	0
	Rivieren West deel A	1998/1999	1,1867	70	7
	Rivieren West deel B	1999/2000	1,1718	33	0
	Noord-Holland Noord	1999	0,9197	29	0
	Holland Midden Oost + West	2000/2001	1,0063	43	0
	Wadden	2000-2002	3,4698	21	15
	Zeeland	2001	1,4874	37	2
	Rivieren Oost	2002	1,1347	37	7
	Friesland Zuidwest	2003	1,8389	8	5
	Groningen / Friesland	2003	1,4200	75	52



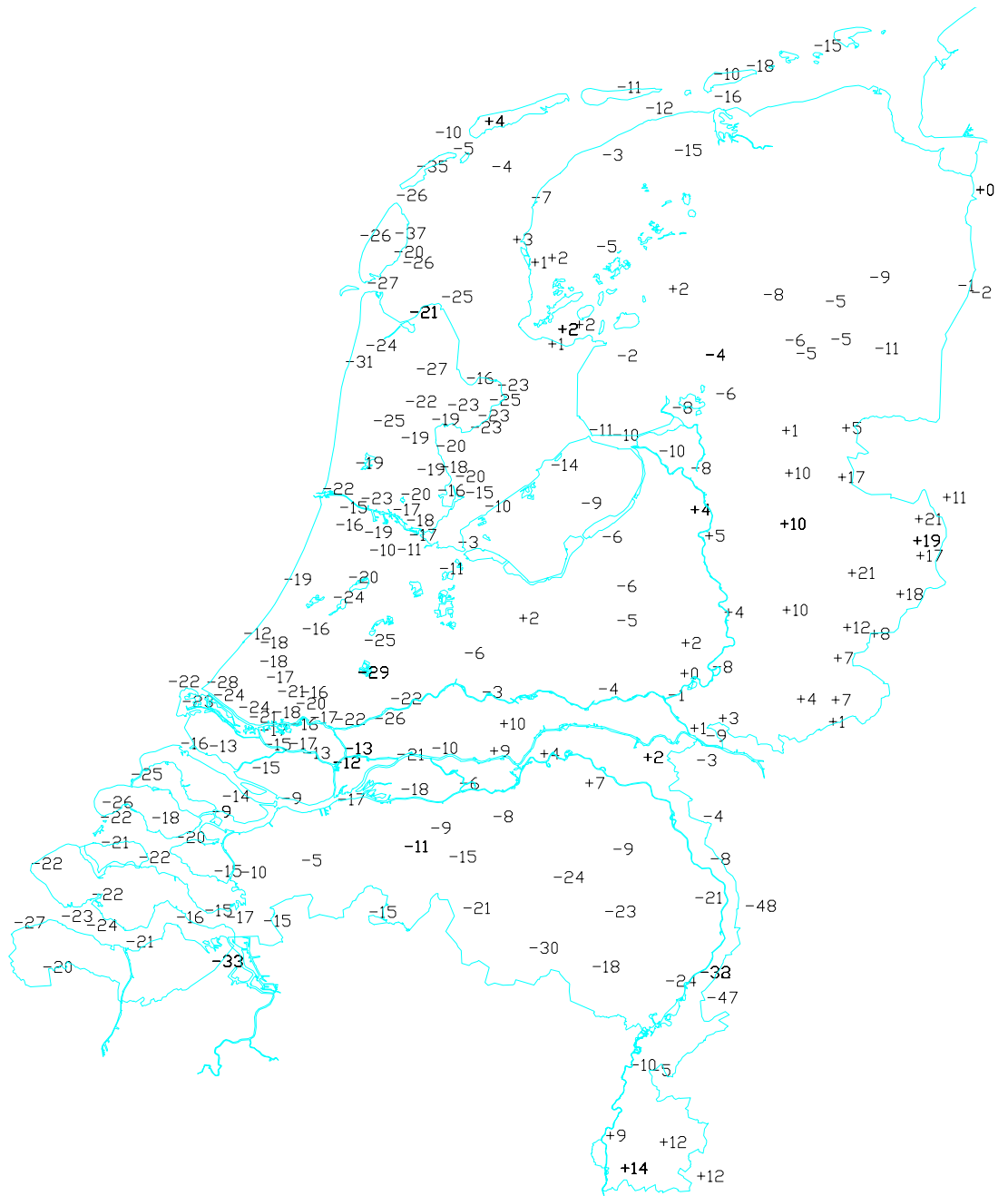
Figuur 10: Overzicht van de gebruikte verdichtingsmetingen van de 2^e en 3^e Planperiode van metingen voor het secundaire net.

Bijlage 4: Nieuwe hoogten primaire net NAP.

NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)
0A1011	5,1224	0A1153	10,4362	0A2240	24,9318	0A2612	-1,9811
0A1012	5,3346	0A1160	1,5464	0A2250	24,0871	0A2614	3,3664
0A1013	5,7289	0A1161	1,3814	0A2260	5,2810	0A2616	-1,0724
0A1014	6,5926	0A1162	1,3122	0A2270	19,3807	0A2618	3,9749
0A1015	5,1386	0A1163	1,3029	0A2290	23,2759	0A2619	6,0473
0A1042	6,0368	0A1164	2,1844	0A2300	0,3804	0A2623	-1,8317
0A1043	5,9416	0A1171	24,3495	0A2320	3,3131	0A2628	15,3670
0A1051	12,5478	0A1172	24,3762	0A2330	4,9494	0A2629	5,9057
0A1052	12,8088	0A1173	24,3768	0A2350	1,4080	0A2630	-2,0670
0A1053	12,7798	0A1174	25,3869	0A2370	-3,9359	0A2631	15,8882
0A1054	14,0519	0A1175	24,2025	0A2380	-2,7371	0A2635	-3,7794
0A1060	59,1307	0A1181	87,2310	0A2390	-0,0080	0A2636	0,5256
0A1061	59,2085	0A1182	86,6589	0A2400	1,0173	0A2637	14,0610
0A1062	59,2056	0A1183	86,7866	0A2410	0,3901	0A2638	15,3724
0A1063	58,5624	0A1185	87,8041	0A2420	2,3749	0A2639	18,5233
0A1064	59,5590	0A1200	39,5744	0A2430	-1,4436	0A2643	-0,6599
0A1071	7,1506	0A1201	39,5613	0A2450	166,1928	0A2647	-2,4484
0A1074	8,2187	0A1202	39,5412	0A2460	-4,9300	0A2648	-3,1506
0A1081	16,4190	0A1203	39,4643	0A2470	10,1700	0A2649	-2,3314
0A1092	16,6498	0A1204	39,1354	0A2490	2,0139	0A2650	0,4433
0A1100	16,5098	0A1205	38,2754	0A2500	1,1216	0A2651	2,1259
0A1101	16,3280	0A1206	36,9692	0A2520	7,1668	0A2653	-1,4403
0A1103	15,9226	0A2000	-0,0205	0A2534	0,3638	0A2654	26,1402
0A1111	41,5570	0A2040	8,1653	0A2540	1,4088	0A2655	0,3185
0A1112	41,7853	0A2050	1,2216	0A2570	30,1777	0A2656	-0,0547
0A1113	41,2690	0A2060	0,5770	0A2572	10,6790	0A2657	-0,6059
0A1114	41,9879	0A2070	0,9710	0A2574	1,5187	0A2658	-4,0316
0A1115	41,2633	0A2080	14,1632	0A2576	30,8660	0A2659	23,2575
0A1121	6,6858	0A2090	13,2558	0A2578	4,7508	0A2660	15,2188
0A1122	6,4551	0A2100	17,2739	0A2586	4,9793	0A2661	-1,6945
0A1123	6,7519	0A2110	7,3151	0A2588	3,6845	0A2662	8,6673
0A1124	8,0552	0A2120	18,5631	0A2590	-0,0280	0A2663	18,0552
0A1131	6,8694	0A2130	22,9735	0A2592	3,7611	0A2664	-0,1752
0A1132	6,7497	0A2140	26,6111	0A2594	2,3462	0A2666	-0,6395
0A1133	6,1433	0A2160	28,1866	0A2596	-0,0416	0A2668	0,8509
0A1140	1,8164	0A2170	26,2597	0A2598	-3,8610	0A2669	-1,8684
0A1141	1,3858	0A2180	3,2869	0A2600	1,9129	0A2670	-1,5521
0A1142	1,8578	0A2190	1,4576	0A2602	-0,2214	0A2671	-0,7908
0A1143	1,8628	0A2200	-0,4969	0A2604	-0,3842	0A2672	16,3362
0A1150	10,3834	0A2210	0,3323	0A2606	15,0947	0A2674	-1,1670
0A1151	10,5228	0A2220	14,4397	0A2608	21,5815	0A2675	-0,6717
0A1152	10,3269	0A2230	21,5022	0A2610	25,7088	0A2676	-1,1064

NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)	NAP nummer	NAP hoogte (m)
0A2678	-1,6923	0A2818	-1,2733	0A3450	-1,8303	0A4049	4,4495
0A2692	-1,2467	0A2820	-0,3637	0A3460	1,1303	0A4050	4,9154
0A2695	16,1141	0A2824	-0,5840	0A3500	-0,0347	0A4051	5,2705
0A2696	0,5680	0A2826	2,3943	0A3510	3,6165	0A4052	5,7113
0A2697	-1,1879	0A2828	-4,5091	0A3520	4,5840	0A4053	5,1628
0A2698	-1,2138	0A2830	-4,4282	0A3522	36,6299	0A4054	6,7967
0A2704	-1,0546	0A2832	0,0987	0A3526	1,5330	0A4056	7,1408
0A2708	-0,6646	0A2834	14,7229	0A3528	1,3369	0A4058	19,2354
0A2709	-1,1396	0A2836	4,5465	0A3530	1,2621	0A4060	5,5543
0A2710	-0,8476	0A2838	1,8906	0A3532	8,0283	0A4062	46,9034
0A2711	-0,7530	0A2840	1,5496	0A3534	6,5050	0A4064	7,7172
0A2712	-0,3345	0A2842	3,4013	0A4000	6,5950	0A4066	6,5530
0A2713	-1,5215	0A2844	0,1478	0A4001	16,0244	0A4070	2,9164
0A2720	-3,5234	0A2846	3,9610	0A4003	4,0660	0A4072	5,9183
0A2722	-3,0703	0A2848	2,7564	0A4004	4,5559	0A4073	3,0063
0A2724	-1,6096	0A2850	2,8168	0A4005	5,6889	0A4074	12,2920
0A2726	3,4831	0A2852	2,8428	0A4007	5,8003	0A4076	6,8425
0A2728	4,6871	0A2854	-2,2254	0A4008	2,9340	0A4078	4,9157
0A2732	1,6164	0A2856	-0,4321	0A4009	7,3907	0A4080	6,4644
0A2734	2,8335	0A2860	-1,0713	0A4011	2,8842	0A4082	5,2993
0A2740	-0,3465	0A2862	4,7415	0A4013	4,6865	0A4084	18,5449
0A2744	0,4089	0A2864	0,5047	0A4015	8,6248	0A4086	5,9064
0A2762	2,0486	0A2866	1,6075	0A4016	6,0843	0A4088	6,0426
0A2764	-2,2989	0A2868	12,6140	0A4017	2,2120	0A4090	6,5237
0A2768	1,9044	0A2869	36,0164	0A4018	7,2981	0A4091	6,0018
0A2770	-1,5717	0A2870	5,2012	0A4019	5,0199	0A4092	7,3483
0A2772	-1,6612	0A2872	-0,8622	0A4020	6,9860	0A4095	4,4603
0A2776	-2,3006	0A3010	-1,5246	0A4021	4,8271	0A4096	1,9509
0A2778	-1,2539	0A3020	-1,6889	0A4022	6,4899	0A4097	4,0893
0A2782	-2,0706	0A3030	0,3212	0A4026	12,9807	0A4100	6,2784
0A2784	-1,7602	0A3040	2,5309	0A4027	10,0070	0B0103	-0,0732
0A2786	-0,0951	0A3050	2,9723	0A4028	8,0181	0B0107	-0,0120
0A2788	-1,7018	0A3070	-2,5873	0A4029	7,0011	0B0130	28,6609
0A2790	0,1413	0A3080	-2,0355	0A4030	3,6403	0B0140	34,6629
0A2792	0,8016	0A3090	-1,2449	0A4031	2,7145	0B0150	18,0309
0A2794	-0,0912	0A3110	-1,4733	0A4033	7,4819	0B0160	43,1762
0A2795	-0,8751	0A3120	-1,8828	0A4034	-0,3670	0B0163	41,4291
0A2796	-1,1601	0A3160	6,0888	0A4035	4,7888	0B0170	58,5738
0A2798	-0,9443	0A3180	5,4515	0A4036	6,2539	0B0180	215,5860
0A2799	-0,7973	0A3190	6,9619	0A4037	6,7181	0B0191	14,9224
0A2800	-1,1671	0A3230	0,2267	0A4038	6,7428	0B0193	14,9610
0A2801	-1,0152	0A3250	-4,7902	0A4045	10,3944	0B0200	7,8536
0A2812	4,7472	0A3300	13,5019	0A4046	9,2191	0B0210	22,3845
0A2814	-0,2601	0A3320	-1,4768	0A4047	4,6853		
0A2816	-0,1030	0A3421	7,2490	0A4048	6,7340		

Bijlage 5: Verschillen tussen nieuwe hoogten en oude hoogten.



Figuur 11: Verschillen tussen de nieuwe hoogten van het primaire net en de oude hoogten uit de NAP-publicatie (nieuw-oud).

Bijlage 6: Hoogten aansluitingspunten geoid.

GPS nummer	NAP nummer	NAP hoogte (m)	stdev tov Amsterdam (mm)	GPS hoogte (m)	stdev (mm)
CA01	032B0317	10,2492	2,85	53,4948	15,3
CB02	014E0148	2,6145	2,91	44,8282	15,5
CC03	009D0181	4,7355	3,00	46,7553	14,2
CD04	010D0102	5,6649	3,18	47,4247	12,4
CE05	025H0210	29,0978	2,47	72,0957	12,2
CF06	014G0277	1,8677	2,65	44,2029	11,8
CG07	020A0122	4,6063	2,72	47,0077	12,5
CH08	005D0080	8,8870	2,89	50,3438	11,8
CI09	020F0127	8,8566	2,57	51,3695	16,7
CJ10	009D0182	9,9190	2,98	52,0807	13,7
CK11	024F0038	11,7201	2,15	54,6486	12,3
CL12	014C0177	4,5394	2,60	46,9636	10,8
CM13	031H0500	8,4340	2,54	51,8298	10,8
CN14	026H0221	14,1322	2,78	57,0584	11,7
CO15	019G0381	5,1026	3,08	47,7117	12,3
CP16	025B0387	3,7140	1,80	46,6111	11,3
CR17	004F0033	8,6828	3,19	50,2685	12,0
CS18	pre0007890	0,8548	2,19	44,0349	14,0
NA01	015E0176	3,9067	3,28	46,0507	12,7
NB02	008C0227	-0,0629	3,92	40,8023	12,2
NC03	012D0216	16,3780	3,13	57,6338	12,2
ND04	003C0140	4,6972	4,10	45,1915	12,3
NE05	007C0218	6,5584	3,47	47,3080	10,0
NF06	013D0159	11,3706	3,39	52,7584	12,4
NG07	006B0313	1,6691	3,16	42,5756	11,3
NH08	011D0229	3,6835	3,11	45,4949	11,1
NI09	012G0220	23,2333	3,24	64,5118	14,7
NJ10	011E0265	0,9902	3,51	42,3915	14,5
NK11	010F0223	0,1688	2,93	41,8150	11,5
NL12	002G0100	9,8965	4,10	50,3450	8,6
NM13	007F0265	8,4844	4,05	49,0037	13,6
NN14	003H0106	3,9704	4,39	44,3290	13,1
NO15	002C0127	6,2178	3,38	46,9653	9,9
NP16	005F0113	1,1293	3,26	42,1868	14,3
OA01	016H0236	11,1745	3,43	53,2368	16,6
OB02	028C0196	13,9451	3,21	57,0372	12,7
OC03	029C0209	47,8837	3,39	91,2582	12,4
OD04	027D0220	15,4589	2,94	58,4573	11,1
OE05	034A0299	17,6179	2,95	61,1607	10,2
OF06	040G0206	21,4823	3,11	65,3204	11,3
OG07	016G0240	6,5441	2,99	48,6864	12,1
OH08	017H0212	21,7630	3,31	63,7320	13,9
OI09	022G0155	20,1291	2,98	62,8909	12,0

GPS nummer	NAP nummer	NAP hoogte (m)	stdev tov Amsterdam (mm)	GPS hoogte (m)	stdev (mm)
OJ10	034G0220	29,6059	3,17	73,3731	10,9
OK11	041B0306	33,2107	3,30	77,2247	10,9
OL12	032F0173	25,8715	2,88	69,1215	12,8
OM13	039F0273	16,0851	3,05	59,5482	13,1
ON14	040B0297	17,0133	2,91	60,5997	12,1
OO15	016C0168	3,0932	3,18	45,4086	14,2
OP16	022A0204	12,5477	3,00	54,9976	11,3
OQ17	033E0353	12,4338	2,78	55,8718	12,4
OR18	021D0286	5,9988	2,66	48,6249	10,9
WA01	038D0383	8,2271	2,70	51,8060	11,2
WB02	055A0203	5,0348	4,13	49,5789	15,0
WC03	037H0598	9,3436	2,73	52,9324	11,3
WD04	048H0193	6,9292	3,55	51,2823	11,4
WE05	054E0222	12,1675	3,77	56,6256	12,7
WF06	037A0148	7,6825	2,92	51,2431	12,1
WG07	030D0120	9,8401	2,64	53,2450	12,3
WH08	048C0136	13,1572	3,86	57,5144	12,0
WI09	042D0053	8,5836	3,61	52,7815	13,0
WJ10	031D0225	2,7687	2,42	46,1640	11,0
WK11	053F0104	5,1004	4,54	49,5538	12,5
WL12	037C0173	11,1046	3,08	54,9330	11,6
WM13	043G0251	12,9389	2,86	56,8757	12,2
WN14	042E0150	6,8525	3,46	50,8824	16,6
WO15	042H0177	9,3911	3,32	53,5788	11,8
ZA01	046A0238	21,5158	2,91	65,2855	10,8
ZB02	050E0165	13,2832	2,96	57,1997	11,4
ZC03	058E0196	35,7818	3,38	80,5215	11,2
ZD04	061F0190	54,7292	4,28	100,3996	12,5
ZE05	045F0263	21,7227	2,80	65,4455	11,5
ZF06	051F0432	25,8463	2,85	69,7739	12,2
ZG07	050H0144	33,5383	3,17	77,7625	14,2
ZH08	049F0311	9,3537	3,10	53,4847	10,6
ZI09	052G0258	37,7328	3,08	82,1534	11,0
ZJ10	039C0319	8,5835	2,65	52,0868	11,4
ZK11	045C0323	8,6802	2,84	52,2883	12,9
ZL12	062B0431	178,3836	4,38	224,2546	11,7
ZM13	060A0242	34,9908	3,90	80,0492	11,3
ZN14	057F0195	35,9101	3,24	80,2136	11,7
ZO15	051E0230	20,9317	3,05	64,7368	12,7
ZP16	044C0244	6,7295	2,78	50,5843	11,5
ZR17	038G0417	8,8383	2,71	52,4066	13,9