

Bodemdaling Zuid Holland

satelliet radar interferometrie

rapportage behorende bij het meetplan
Zuid Holland 2014

Inhoudsopgave

1	Introductie	4
2	Naverwerking van de meetgegevens	5
2.1	InSAR	5
2.2	Referentie conversie	6
2.3	Aansluiting van tijdseries op elkaar	6
2.4	Virtuele peilmerklocaties	7
3	Validatie	9
3.1	Waterpassing in de validatiegebieden	9
3.2	InSAR dubbel-differenties	10
3.3	Vergelijking	10
4	Conclusies.....	13

Bijlagen

A	Geleverde data	14
A.1	Gecombineerde differentiestaten	14
A.2	Visualisatie peilmerken in validatiegebieden.....	14
B	Verklaring der tekens	15
C	Beschouwing van grote afwijkingen.....	16
D	Waterpassing validatiegebieden	20
D.1	Overzicht sectie- en trajectsluitfouten	20
D.2	Overzicht kringsluitfouten	20
D.3	Resultaten eerste fase (vrije) vereffening	20
D.4	Differentiestaten	20
D.5	Overzicht deformatienet met differenties [2011 - 2014]	21
D.6	Calibratie rapporten.....	21

Samenvatting

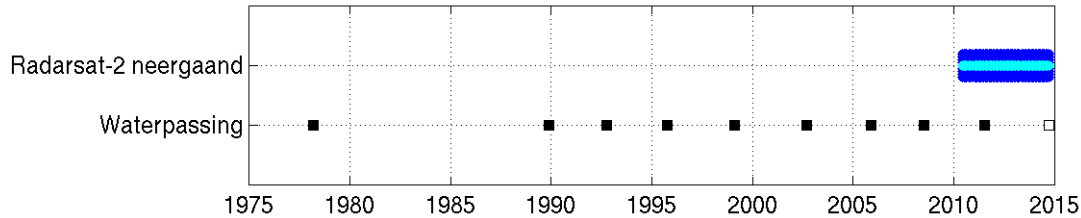
Dit rapport beschrijft de toepassing en validatie van satelliet radar interferometrie (InSAR) ter monitoring van bodemdaling in het kader van het meetplan Zuid Holland 2014. In overeenstemming met het meetplan wordt de InSAR deformatie analyse gerapporteerd en wordt deze door twee kleinere waterpasgebieden gevalideerd. De validatie toont aan, dat de met waterpassing en InSAR in het tijdvak 2011-2014 waargenomen hoogteverschillen in goede overeenstemming zijn.

1 Introductie

In het meetplan Zuid Holland 2014 (EP201311200319) wordt aangegeven, dat in 2014 InSAR resultaten worden gerapporteerd, die worden gevalideerd aan de hand van een steekproef met waterpassingen in twee validatiegebieden. In dit document wordt toegelicht, hoe de InSAR metingen aan de bestaande reeks van waterpassingen worden aangesloten en tevens worden de validatieresultaten getoond. Voor meer uitgebreide opmerkingen over de toepassing, precisie en betrouwbaarheid van InSAR ter monitoring van bodemdaling wordt naar de binnenkort verschijnende rapportage behorende bij het meetregister Noord-Nederland 2014 verwezen.

2 Naverwerking van de meetgegevens

In het verleden werd de bodemdaling in Zuid Holland gemonitord door regelmatige waterpassingen, en de resultaten werden na epoche-wijze vereffening ten opzichte van één referentiepunt als tijdseries per peilmerk in differentiestaten gerapporteerd. Vanaf medio 2010 zijn InSAR waarnemingen van het rapportagegebied beschikbaar, afkomstig van de satellietmissie Radarsat-2 (neergaande baan; zie Figuur 1). Nu de meetreeksen met InSAR worden voortgezet, moeten de metingen van beide technieken met elkaar worden gecombineerd.



Figuur 1: Temporele bemonstering van satelliet opnames en tijdstippen van de waterpassingen. In 2014 zijn slechts twee validatiegebieden (zie Figuur 3) gewaterpast.

Dit hoofdstuk beschrijft, hoe InSAR deformatie tijdseries in de peilmerk-gewijze tijdseries van waterpassingen zijn geïntegreerd. De gecombineerde tijdseries zijn in een differentiestaat gerapporteerd (zie bijlage A.1). Ter overzicht zijn tevens ook plaatjes gegenereerd, waarin alle metingen per peilmerk gevisualiseerd worden.

2.1 InSAR

In de InSAR techniek wordt gebruik gemaakt van een tijdserie van radar opnames met een satelliet. De meetpunten (Persistent Scatterers, PS) hebben een consistente reflectie in de tijd, en corresponderen voornamelijk met bebouwing in het terrein. De opname frequentie is 24 dagen, en de PS dichtheid is in het dicht bebouwde rapportagegebied ruim voldoende.

Ruimtelijke componenten

Met het oog op de latere integratie met de waterpassing is er rekening mee gehouden, dat de door InSAR gemeten bewegingen in de kijkrichting van de satelliet gemeten zijn en niet direct als hoogteveranderingen kunnen worden beschouwd. De metingen zijn daarom naar de verticaal geconverteerd onder de aanname, dat geen horizontale beweging heeft plaatsgevonden. De verwachte horizontale bewegingen zijn echter relatief klein, en vanwege de steile kijkhoek is de InSAR techniek ook minder gevoelig voor horizontale dan voor verticale deformatie. Per 1 mm/a horizontale beweging is het effect op de geconstateerde verticale beweging ongeveer 0,6...0,7 mm/a.

Selectie van representatieve punten

De berekende deformatie uit InSAR is niet zonder meer representatief voor de bodembeweging als gevolg van delfstoffenwinning. De beweging van de PS is mogelijk een superpositie van deformatie als gevolg van verschillende oorzaken (instabiele fundering, ondiepe en diepe compactie). Ook kan het verschil tussen directe en indirecte reflecties een rol spelen. Daarom zijn in deze analyse uitsluitend PS meegenomen, waarvan de deformatie met naburige punten in

overeenstemming is. Deze overeenstemming wordt beoordeeld aan de hand van het glijdend gemiddelde over de deformatie tijdserie van een individuele PS (middeling over drie opeenvolgende opnames). Dit wordt vergeleken met een referentietijdserie, die per epoche de mediaan van het glijdende gemiddelde over de tijdseries van naburige PS bevat. Criteria voor overeenstemming zijn een maximaal verschil in lineaire bewegingssnelheid van 1,5 mm/a en dat de bandbreedte van epoche-wijze afwijkingen niet groter is dan 14 mm.

2.2 Referentie conversie

De waterpassingen worden in overeenstemming met eerdere meetregisters als hoogteverschillen ten opzichte van het peilmerk 030D0004 in de watertoren te Monster gerapporteerd. Ter integratie van InSAR waarnemingen is het essentieel, dat de ruimtelijke referenties van beide meettechnieken in overeenstemming zijn. Om dit te bereiken, ondergaan alle InSAR deformatie tijdseries de volgende datumtransformatie: Voor de InSAR tijdseries wordt een referentietijdserie berekend, die per epoche de mediaan (in ruimte) van de deformatie van alle PS binnen een straal van 1 km rond het referentiepeilmerk 030D0004 bevat. Veronderstellend, dat de op deze PS gemeten deformatie representatief is voor het bewegingsgedrag van het peilmerk, wordt de referentietijdserie van alle InSAR tijdseries afgetrokken. Vervolgens geven alle InSAR tijdseries de hoogteverschillen ten opzichte van het referentiepeilmerk weer.

Het moet worden opgemerkt, dat ter waarborging van een consistente ruimtelijke referentie niet alle in 2014 uitgevoerde waterpassingen in de gecombineerde differentiestaat kunnen worden opgenomen, maar alleen diegene, die in het netwerk direct aan het referentiepeilmerk zijn verbonden. Dit is niet het geval voor de waterpassingen in het validatiegebied "Berke" (zie Figuur 3).

2.3 Aansluiting van tijdseries op elkaar

Door waterpassing en InSAR worden niet dezelfde meetpunten waargenomen (peilmerken versus PS). Om een combinatie toch mogelijk te maken, wordt aangenomen, dat het gemiddelde bewegingsgedrag van alle PS binnen een straal van 500 m rond een peilmerk gelijk is aan de beweging van het peilmerk zelf.

Als eerste stap wordt één representatieve deformatie tijdserie van de PS binnen een straal van 500 m rond een peilmerk berekend. Hiertoe wordt per tijdserie de, in de tijd gemiddelde deformatie afgetrokken en vervolgens per epoche de mediaan (in ruimte) over alle tijdseries genomen. Vervolgens wordt de InSAR tijdserie op het gemiddelde tijdstip van de waterpassing 2011 aan de tijdserie van de waterpassing aangesloten. Hiertoe wordt een gemiddelde InSAR deformatie berekend als het gemiddelde van de InSAR tijdserie binnen een tijdvak van een half jaar vóór en na het gemiddelde tijdstip van de waterpassing. De offset t.o.v. de waterpassing is dan de differentie tussen deze gemiddelde InSAR deformatie waarde en het gewaterpaste hoogteverschil. Deze offset wordt toegepast, door deze van de gehele InSAR tijdserie af te trekken.

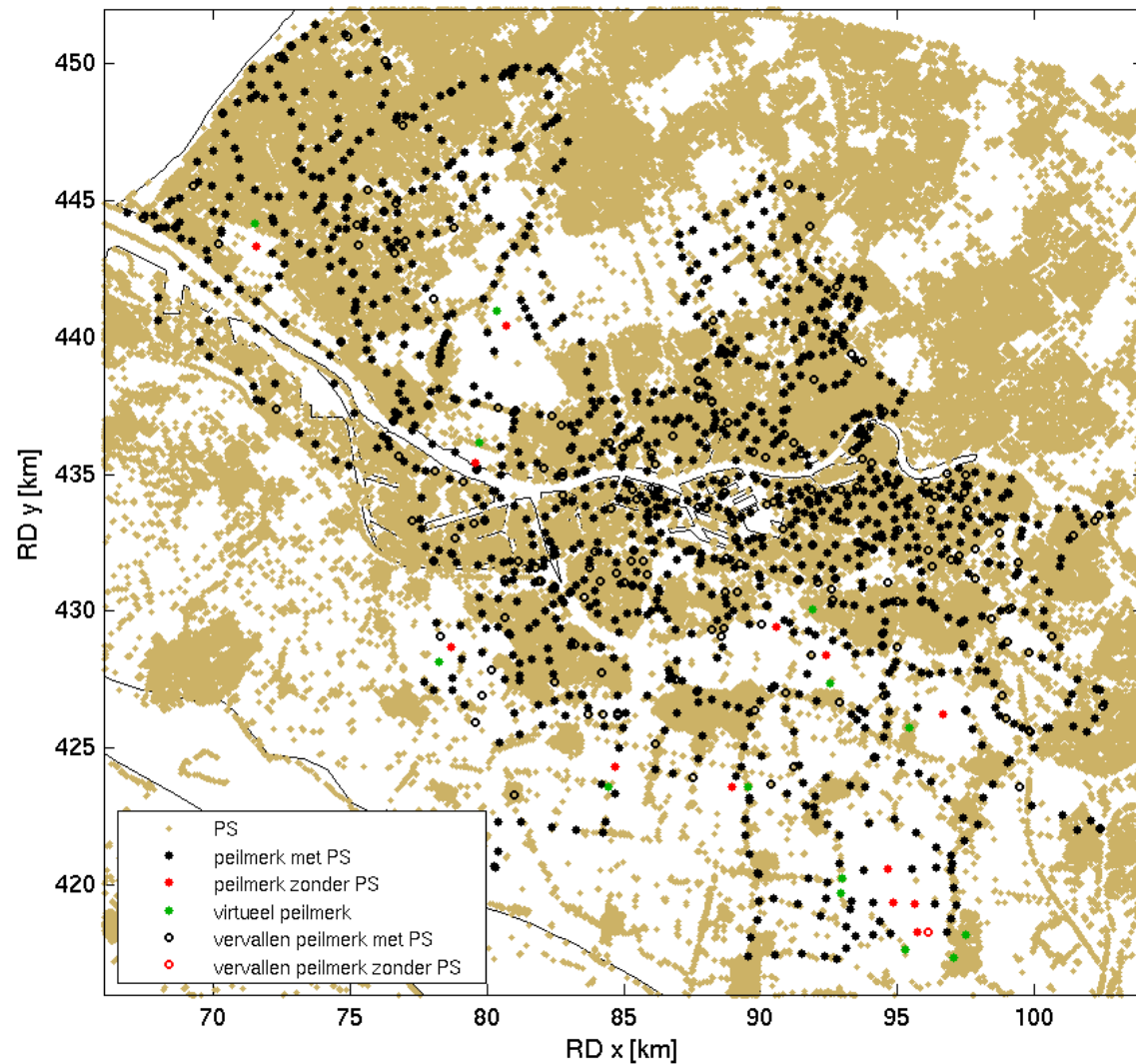
Aansluiting van de resulterende InSAR tijdserie op de waterpassing kan alleen bij overlap in de tijd. Aangezien de laatste InSAR acquisitie in 2014 kort voor het gemiddelde tijdstip van de waterpassing in het validatiegebied "Gaag/Monster" (zie Figuur 3) plaatsvond, bestaat in dat jaar formeel geen overlap tussen de meettechnieken, en de aansluiting gebeurt uitsluitend t.o.v. de waterpassing in 2011. Voor peilmerken, die in 2011 niet zijn gewaterpast, is geen aansluiting mogelijk, en worden er twee aparte tijdseries voor waterpassing en InSAR aangeleverd. Voor de InSAR tijdserie betekent dit, dat ook een referentie in de tijd moet worden gedefinieerd, omdat met InSAR in tegenstelling tot waterpassing geen absolute ruimtelijke hoogteverschillen, maar alleen veranderingen van ruimtelijke hoogteverschillen kunnen worden waargenomen. De InSAR

tijdserie wordt dus met de gemiddelde deformatie in het eerste jaar op nul gesteld en in de differentiestaat als aparte regel met het achtervoegsel “a” aan het peilmerknummer opgenomen.

2.4 Virtuele peilmerklocaties

De bemonstering met peilmerken en PS is zodanig, dat er een klein aantal peilmerken bestaat, waar binnen een straal van 500 m PS ontbreken. Eveneens zijn er ook gebieden met PS-bedekking, waar niet is gewaterpast (zie Figuur 2). Aangezien deformatie tijdseries per peilmerk worden gerapporteerd, kan op grond van ontbrekende PS in de onmiddellijke omgeving van sommige peilmerken geen InSAR deformatie voor 2014 worden gerapporteerd. Dit betreft 14 van de 1379 peilmerken in het monitoringsgebied, waarvan één peilmerk reeds is vervallen.

Om dit tekort te compenseren, worden op verzoek van SodM voor alle peilmerken zonder PS binnen een straal van 500 m zogenoemde *virtuele peilmerklocaties* gedefinieerd. Deze mogen niet verder dan 2 km van het corresponderende fysieke peilmerk verwijderd zijn, en er moeten binnen een straal van 500 m PS bestaan, die tevens buiten een buffer van eveneens 500 m rond alle andere peilmerken liggen. Op deze virtuele locaties, wordt uitsluitend InSAR deformatie van de nabije PS gerapporteerd. Virtuele peilmerk locaties zijn in de bijliggende bestanden door het achtervoegsel “va” aan het peilmerknummer gekenmerkt.



Figuur 2: Ruimtelijke verdeling van Radarsat-2 Persistent Scatterers (PS), peilmerken met minimaal 1 PS binnen een straal van 500 m, peilmerken zonder PS binnen deze straal en virtuele peilmerklocaties. Door niet gevulde kringen gemarkeerde peilmerken zijn vervallen.

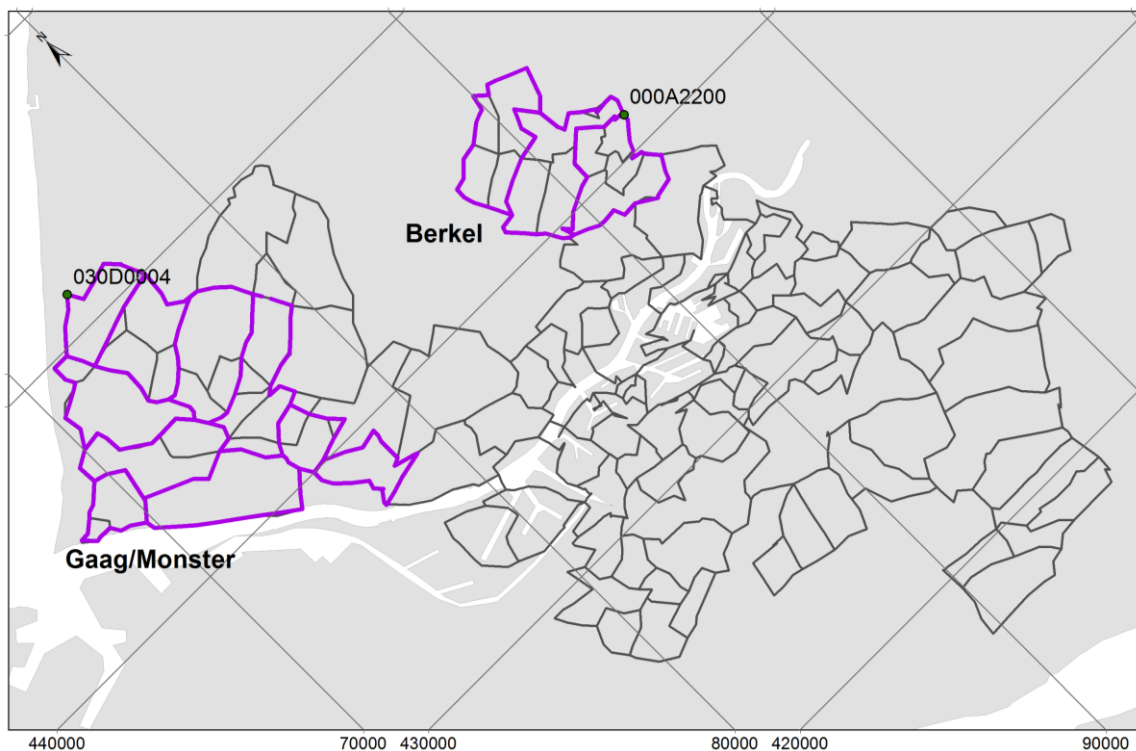
3 Validatie

Beide technieken hebben sterke punten, die zij geschikt maken, om bodemdaling door gaswinning bij te houden. In het algemeen stellen peilmerken stabielere meetpunten voor dan PS, omdat zij deskundig zijn geplaatst, terwijl de locaties van PS niet kunnen worden beïnvloed. Desalniettemin lopen individuele peilmerken het risico, dat hun bewegingsgedrag niet representatief is voor de onmiddellijke omgeving (zie bijlage C). Dat risico is in het geval van PS (onder veronderstelling van toereikende bemonstering) verminderd, omdat het effect van afzonderlijk bewegingsgedrag door grote overtaligheid in verband met robuuste verwerking van meetgegevens wordt afgezwakt.

Het rapportagegebied staat echter bekend voor én sterke veencompactie in de bovenste grondlagen én uiteenlopend zettingsgedrag van de dichte bebouwing en infrastructuur. Bij de analyse van hoogteveranderingen zijn “ondiepe” effecten moeilijk te scheiden van de door compactie van gas- en oliereservoirs veroorzaakte “diepe” bodemdaling. Bij de validatie van een meettechniek (InSAR) door een andere (waterpassing), moet in acht worden genomen, dat de meetpunten fysiek niet identiek zijn.

3.1 Waterpassing in de validatiegebieden

De InSAR resultaten voor Zuid Holland worden gevalideerd aan de hand van waterpassing in de twee validatiegebieden “Gaag/Monster” en “Berkel” (zie Figuur 3).



Figuur 3: Validatiegebieden 2014 met de referentiepunten 030D0004 (Monster) en 000A2200 (Hillegersberg).

Aangezien de InSAR waarnemingen vanaf medio 2010 beschikbaar zijn, komen alleen de waterpassingen uit de jaren 2011 en 2014 voor de validatie in aanmerking (zie Figuur 1). In totaal zijn 224 peilmerken gemeten (147 in het gebied Gaag/Monster, waarvan 7 nieuw geplaatste peilmerken en 77 in gebied Berkel, waarvan 1 nieuw geplaatst peilmerk). Er zijn 22 peilmerken méér gemeten dan in het meetplan was voorzien. 9 peilmerken bleken te zijn vervallen. 211 peilmerken zijn én in 2011 én in 2014 gemeten (waarvan 136 in het gebied Gaag/Monster en 75 in het gebied Berkel). Omdat bij één peilmerk in het gebied Gaag/Monster PS in de onmiddellijke nabijheid ontbreken en de twee referentiepeilmerken niet meetellen, bevat de validatie in totaal 208 peilmerken. Voor iedere campagne is een vrije netwerk vereffening uitgevoerd, waarbij de volgende referentiepunten zijn vastgehouden:

Gaag/Monster:	030D0004 (Monster)	x = 73720	y = 451450
Berkel:	000A2200 (Hillegersberg)	x = 93560	y = 441290

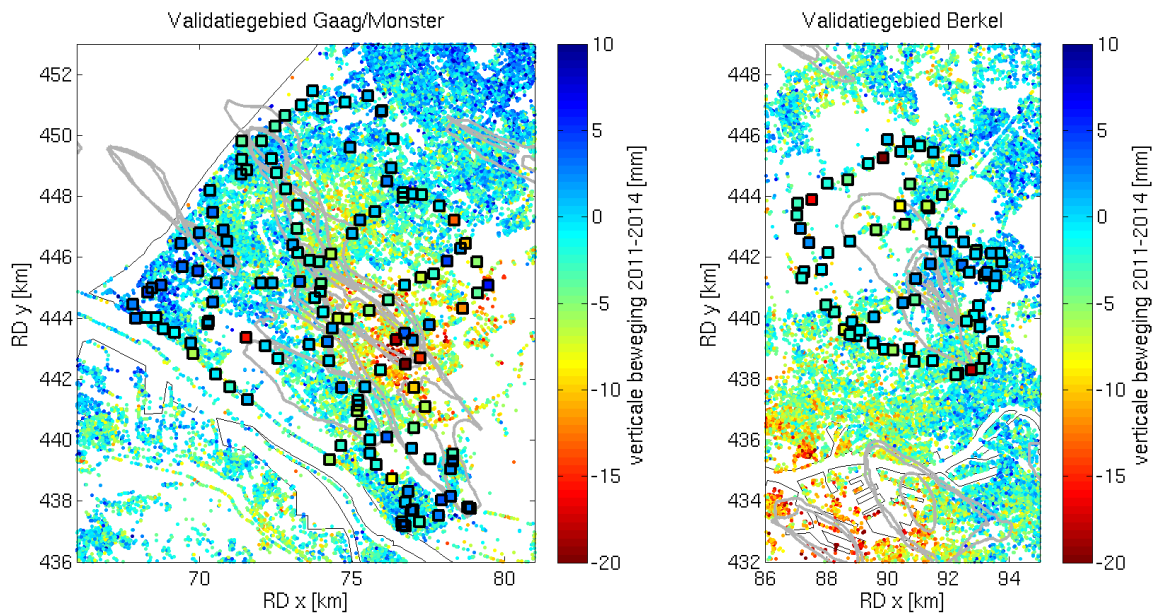
3.2 InSAR dubbel-differenties

De validatie is gebaseerd op veranderingen van peilmerk-gewijze hoogteverschillen ten opzichte van de repectievelijke referentiepunten tussen 2011 en 2014. Gezien het differenties in én ruimte én tijd zijn, is er sprake van zogenoemde dubbel-differenties. Terwijl deze uit de waterpassing direct kunnen worden afgeleid, zijn InSAR waarnemingen nóch op dezelfde tijdstippen nóch op dezelfde locaties beschikbaar. De benodigde dubbel-differenties moeten dus van de beschikbare PS-gewijze tijdseries gegenereerd worden.

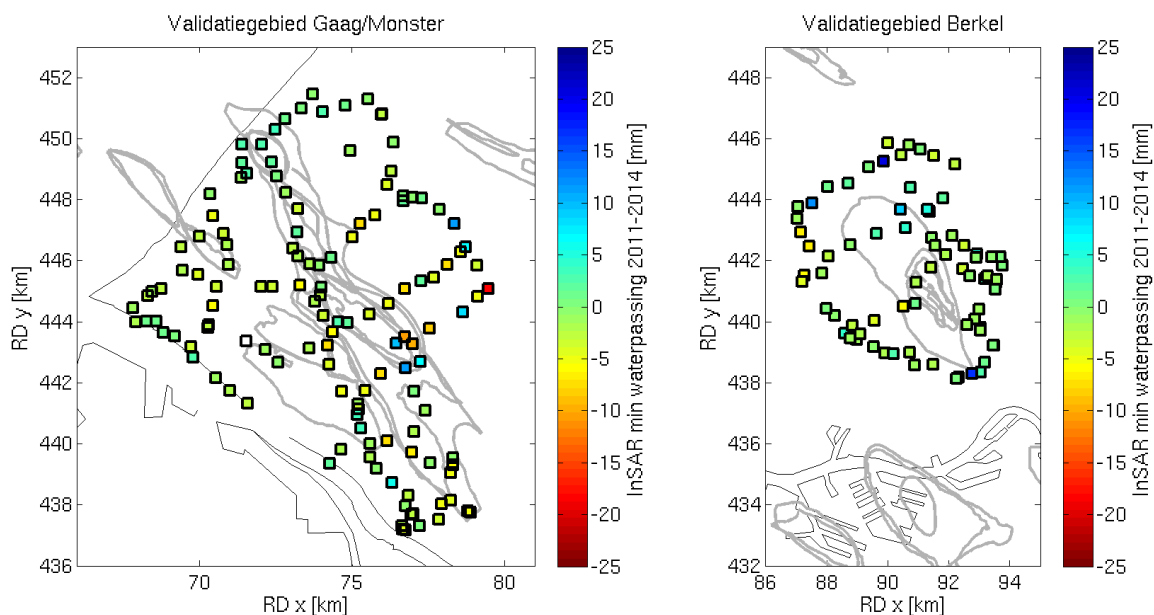
Congruentie in de ruimte wordt bereikt door de tijdseries van alle PS binnen een straal van 500 m rond een peilmerk te verenigen naar analogie van de in paragraaf 6 beschreven procedure: Per tijdserie wordt de in de tijd gemiddelde deformatie afgetrokken en vervolgens per epoche de mediaan (in ruimte) over alle tijdseries genomen. Qua congruentie in de tijd wordt de deformatie in twee tijdvakken van drie maanden vóór- en na de waterpassingen gemiddeld. De differenties van deze twee waardes kunnen vervolgens met de gewaterpaste dubbel-differenties worden vergeleken.

3.3 Vergelijking

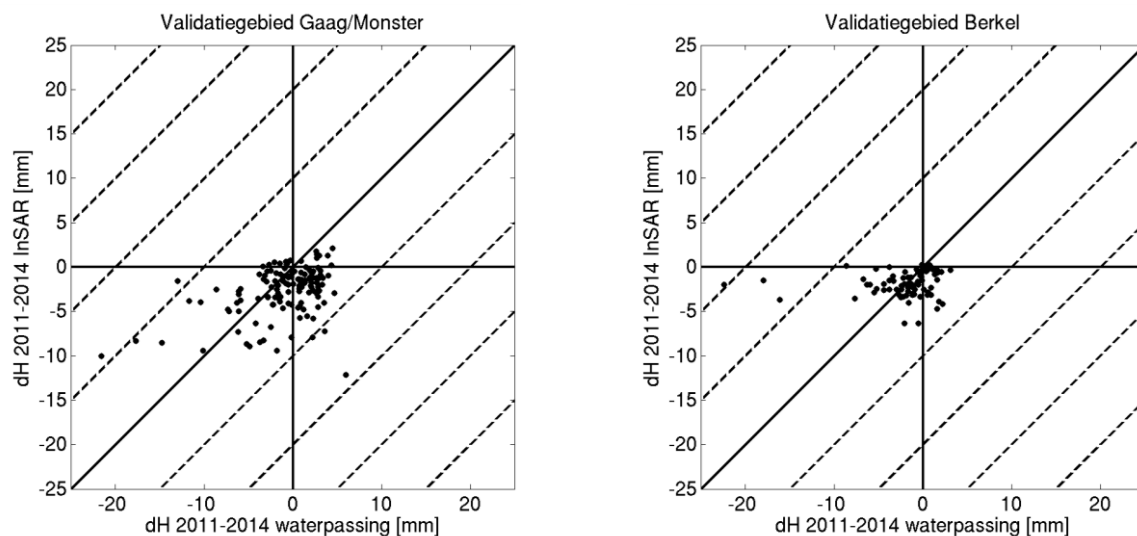
Figuren 5 t/m 8 laten zien, dat de met de twee meettechnieken waargenomen hoogteverschillen op een paar uitzonderingen na in goede overeenstemming zijn.



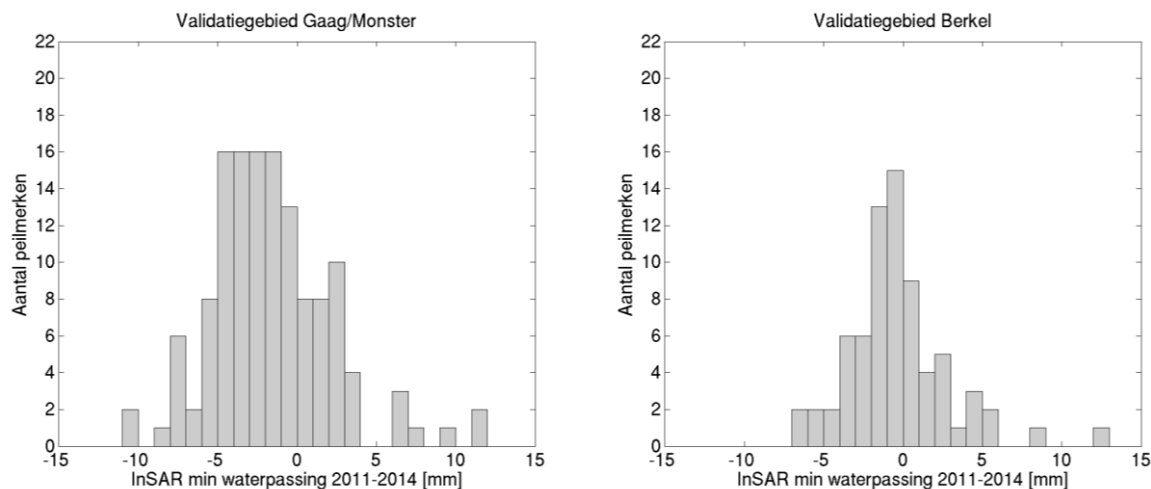
Figuur 4: Ruimtelijke visualisatie van hoogteverschillen uit waterpassing (kwadraten) en InSAR (kleine punten).



Figuur 5: Ruimtelijke visualisatie van verschillen tussen waterpassing en InSAR.



Figuur 6: Vergelijking van hoogteverschillen uit waterpassing en InSAR.



Figuur 7: Mutuele afwijkingen van hoogteverschillen uit waterpassing en InSAR.

De afwijkingen tussen waterpassing en InSAR zijn voor 171 peilmerken (82 %) kleiner dan 5 mm en voor 200 peilmerken (96 %) kleiner dan 10 mm. De spreiding (kwadratisch gemiddelde 4,4 mm, standaarddeviatie 4,2 mm) is met inachtneming van het variabele zettingsgedrag en veencompactie in het rapportagegebied in een redelijke orde van grootte. Voor de acht peilmerken met verschillen boven de 10 mm zijn in bijlage C plausibele verklaringen verzameld. In de meeste gevallen kan worden aangetoond, dat zich individuele peilmerken anders gedragen dan én peilmerken én PS in de onmiddellijke omgeving.

Het histogram van de afwijkingen in het validatiegebied Gaag/Monster (zie Figuur 7) is door een linkswaartse verschuiving gekenmerkt: de gemiddelde afwijking is -1,7 mm. Dit effect zou kunnen aantonen, dat PS in dat gebied gemiddeld harder dalen dan peilmerken. Het is echter veel waarschijnlijker, dat de verschuiving door een residuele onnauwkeurigheid bij de referentie conversie (zie paragraaf 2.2) tot stand komt. Gezien deze conversie op slechts één peilmerk gebaseerd is, valt de afwijking van 1,7 mm binnen de aanvaardbare marge.

4 Conclusies

De validatie toont aan, dat de met waterpassing en InSAR in het tijdvak 2011-2014 waargenomen hoogteverschillen in goede overeenstemming zijn. Er is geen indicatie van significante discrepanties, die aan de InSAR techniek te wijten zijn.

Het moet echter worden opgemerkt, dat de binnen drie jaar optredende bodemdaling meestal in de orde van de onzekerheid is, die naast de meetonzekerheid vooral ook ondiepe effecten zoals zetting van gebouwen en veencompactie bevat. Terwijl de overeenstemming van de twee meettechnieken voor het monitoringsgebied en het validatietijdvak wél kan worden beoordeeld, zijn de hier beschikbare meetgegevens niet geschikt, om algemeen geldige conclusies af te leiden.

Zowel voor waterpassing als ook voor InSAR geldt, dat vanwege ondiepe effecten niet voor elk punt de gemeten deformatie representatief is voor de diepe bodemdaling. Het voordeel van InSAR is, dat het vaak van de grote hoeveelheid aan PS kan profiteren, waarbij de invloed van autonome bewegingen op de gemiddelde deformatie van meerdere punten beperkt is. Qua waterpassing worden soms significante autonome bewegingen gedetecteerd, hoewel de meeste peilmerken in stabiel veronderstelbare bouwwerken geplaatst zijn.

.

Bijlagen

A Geleverde data

A.1 Gecombineerde differentiestaten

Voor het hele rapportagegebied zijn differentiestaten met gecombineerde tijdseries uit waterpassen en InSAR opgeleverd, waarbij de InSAR deformatie schattingen in de tijdseries van de waterpas peilmerken geïntegreerd zijn:

```
030D0004_1978-01-01_Zuidholland2014.csv
```

De differentiestaten bevatten tijdseries voor alle peilmerken. De combinatie met InSAR volgt de in paragraaf 2.3 toegelichte procedure. Indien er InSAR waarnemingen bestaan, die wegens gebrek aan overlap in de tijd niet aan de waterpassing kunnen worden aangesloten, zijn aparte tijdseries gerapporteerd met het suffix “a” op het puntnummer. Puntnummers met het suffix “v” zijn virtuele peilmerk locaties, waarop alleen InSAR wordt gerapporteerd (zie paragraaf 7).

De InSAR tijdseries per peilmerk worden berekend als mediaan van de individuele tijdseries van alle (dus minimaal één) PS binnen een straal van 500 m. Om de hoeveelheid aan data te beperken en de precisie en betrouwbaarheid te verhogen, wordt alleen de gemiddelde deformatie voor opeenvolgende tijdvakken van een jaar gerapporteerd.

Ter visualisatie zijn voor het gehele rapportagegebied plaatjes met de gecombineerde tijdseries opgeleverd:

```
visualisatie/{peilmerk}_030D0004.png
```

De gebruikte symboliek is toegelicht in bijlage B. Bij ieder plaatje hoort ook een overzichtskaart, waarop de locatie van het peilmerk met een magenta rondje gemarkeerd is. Verder worden de locaties van alle peilmerken als zwarte punten getoond.






A.2 Visualisatie peilmerken in validatiegebieden

Om de ter validatie gebruikte data te visualiseren, zijn tevens plaatjes voor alle peilmerken in de twee validatiegebieden opgeleverd, die en in 2011 en in 2014 zijn gewaterpast (135 peilmerken in het gebied “Gaag/Monster” en 74 in het gebied “Berkel”):

```
validatie/{peilmerk}_{referentiepeilmerk}.png
```

B Verklaring der tekens

De symbolen in de in bijlage A genoemde overzichtsplaatjes hebben de volgende betekenis:

Symbol	Uitleg	Betreft tijdvak
	Waterpassing op een peilmerk, dat al in het begin van de tijdserie werd waargenomen; met 3σ -foutenbalken	1978-2014
	Waterpassing op een peilmerk, dat in 2011 voor het eerst werd waargenomen en diens tijdserie aan een InSAR tijdseries is aangesloten; met 3σ -foutenbalken	2011-2014
	Radarsat-2, neergaande baan, individuele PS	2010-2014
	Radarsat-2, neergaande baan, mediaan	2010-2014
	Jaarlijks gemiddelde InSAR deformatie	2011-2014

Foutenbalken: Ter weergave van de foutenbalken wordt een vaste standaardafwijking van 3 mm voor een gewaterpaste hoogte aangenomen, waaruit een standaardafwijking van 4,2 mm volgt voor een hoogteverschil in de tijd. ($3\sigma = 12,7$ mm). Bij waterpassingen van peilmerken, die in 2011 niet zijn gewaterpast (gevisualiseerd door cirkels) en daarom op InSAR zijn aangesloten, is de standaardafwijking op een sommatie van twee onafhankelijk veronderstelde, gewaterpaste hoogteverschillen in de tijd gebaseerd ($1\sigma = 6$ mm, $3\sigma = 18$ mm).

Aparte tijdseries: Indien in een grafiek de tijdseries van waterpassing en InSAR niet overlappen (d.w.z., dat op het peilmerk in kwestie in 2011 geen waterpassing plaatsvond), worden deze niet gecombineerd en in het plaatje door een dikke, gestippelde zwarte lijn van elkaar gescheiden (zie paragraaf 2.3). Bij waterpassingen van peilmerken, die in de eerste getoonde epoche niet zijn gewaterpast (gevisualiseerd door cirkels) en daarom op InSAR zijn aangesloten, is de standaardafwijking gebaseerd op een sommatie van twee onafhankelijk veronderstelde hoogteverschillen in de tijd ($1\sigma = 6$ mm, $3\sigma = 18$ mm).

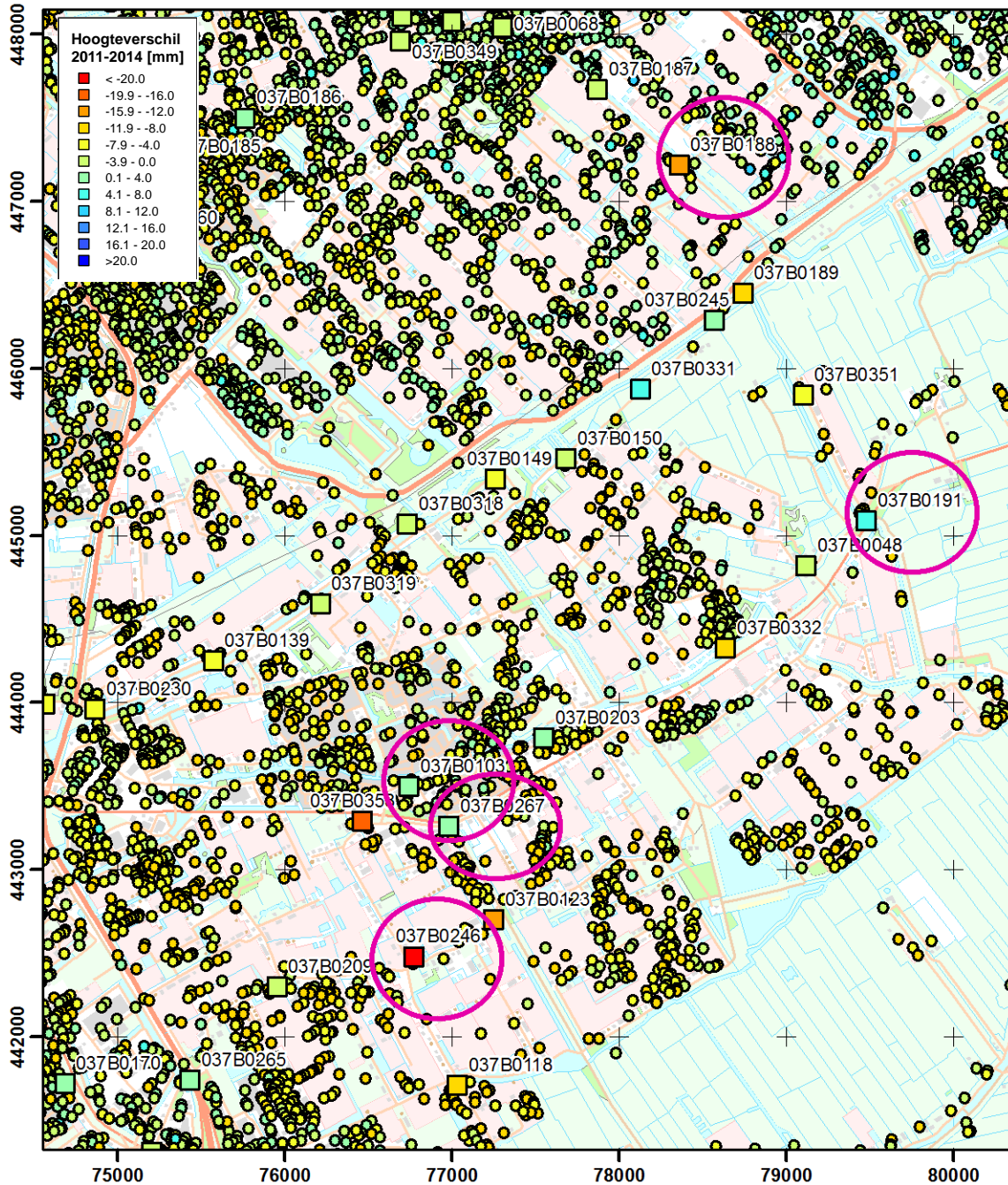
Absolute daling: Het moet worden opgemerkt, dat de gevisualiseerde deformatie niet in alle gevallen als absolute daling kan worden geïnterpreteerd. Dit is alleen mogelijk, indien tijdseries vroeger beginnen dan de gasproductie. Indien een tijdserie later begint, kan de gevisualiseerde deformatie alleen relatief in de tijd worden geïnterpreteerd.

C Beschouwing van grote afwijkingen

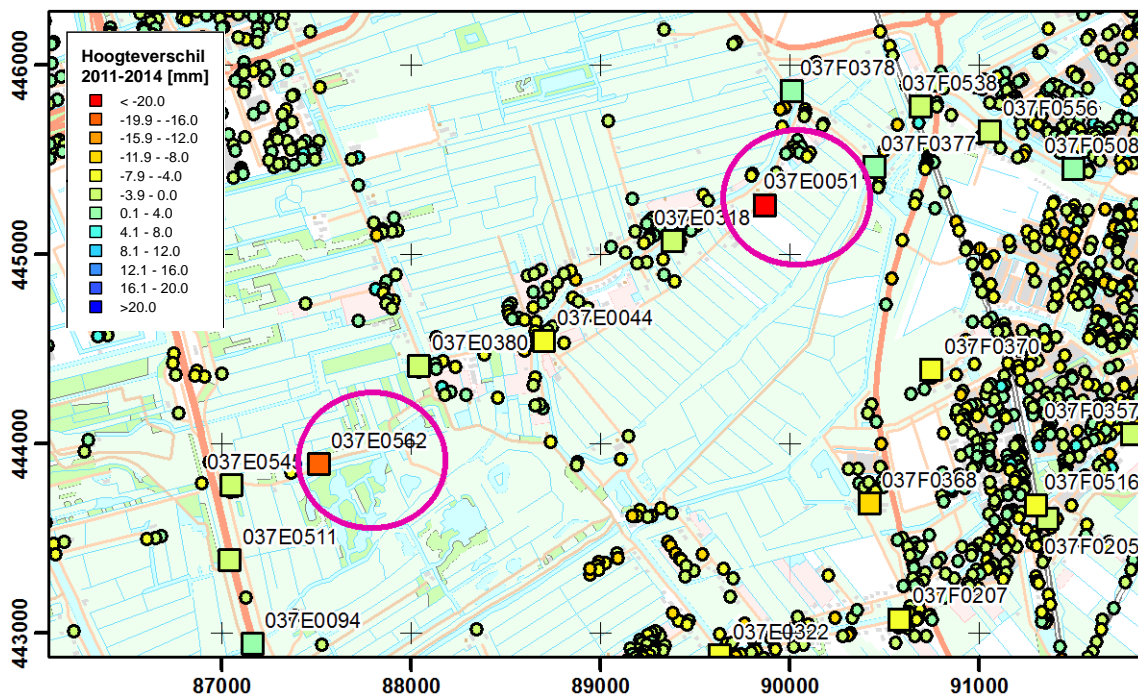
In deze bijlage worden verklaringen voor afwijkingen groter dan 10 mm tussen met InSAR en waterpassing waargenomen hoogteverschillen 2011-2014 verzameld. De acht betreffende peilmerken zijn in Tabel 1 gespecificeerd en in de Figuren 8 t/m 10 in kaart gebracht.

Tabel 1: Lijst van de acht peilmerken, op die een afwijking tussen de twee meettechnieken (InSAR min waterpassing, tijdsinterval 2011-2014) van meer dan 10 mm geconstateerd is.

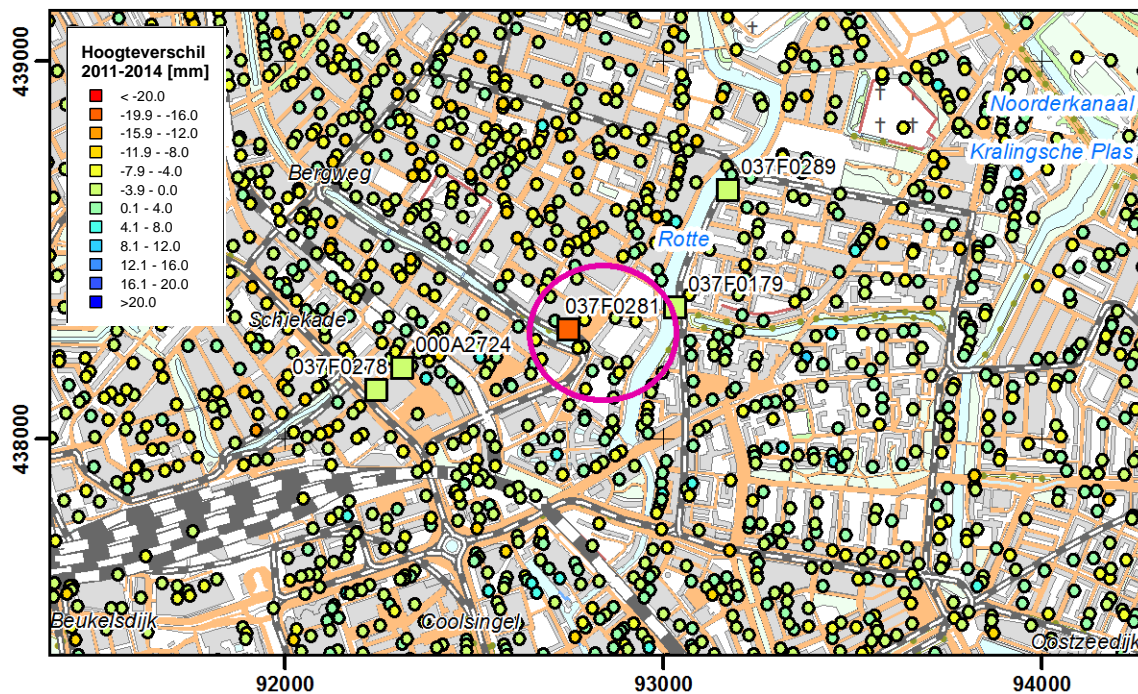
Peilmerk	RD x [m]	RD y [m]	Afwijking	Validatiegebied	Kaart
037E0051	89870	445260	20,4 mm	Berkel	Figuur 10
037B0191	79480	445090	-18,2 mm	Gaag/Monster	Figuur 8
037F0281	92750	438290	16,5 mm	Berkel	Figuur 9
037E0562	87510	443890	12,4 mm	Berkel	Figuur 10
037B0246	76770	442480	11,6 mm	Gaag/Monster	Figuur 8
037B0188	78360	447220	11,4 mm	Gaag/Monster	Figuur 8
037B0103	76740	443500	-10,9 mm	Gaag/Monster	Figuur 8
037B0267	76980	443260	-10,1 mm	Gaag/Monster	Figuur 8



Figuur 8: Directe vergelijking van gemeten hoogteverschillen op peilmerken en PS in het validatiegebied Gaag/Monster.



Figuur 9: Directe vergelijking van gemeten hoogteverschillen op peilmerken en PS in het validatiegebied Berkel.



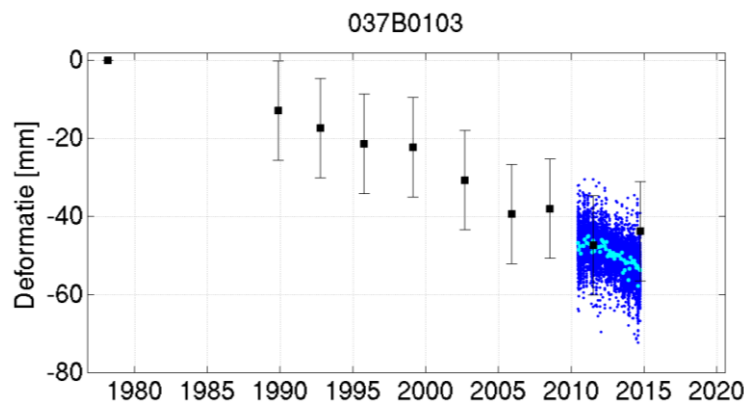
Figuur 10: Directe vergelijking van gemeten hoogteverschillen op peilmerken en PS in het validatiegebied Berkel.

037B0188, 037E0051, 037E0562, 037F0281: Deze peilmerken dalen meer dan én peilmerken én PS in de onmiddellijke omgeving. Het mag worden geconstateerd, dat het getoonde bewegingsgedrag niet representatief is.

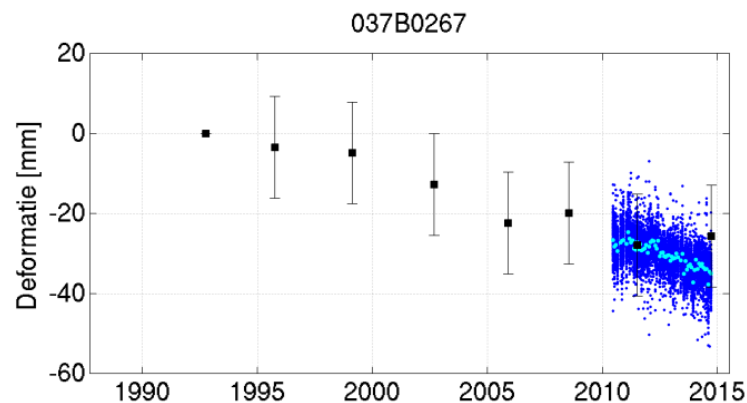
037B0191: Dit peilmerk stijgt terwijl én peilmerken én PS in de onmiddellijke omgeving dalen. Het mag worden geconstateerd, dat het getoonde bewegingsgedrag niet representatief is.

037B0246: Dit peilmerk daalt meer dan de PS in de onmiddellijke omgeving. Het lijkt dus waarschijnlijk, dat het getoonde bewegingsgedrag niet representatief is. De waargenomen beweging van de omliggende peilmerken is echter niet voldoende homogeen, om aan de beoordeling van representativiteit bij te dragen.

037B0103, 037B0267: Deze peilmerken stijgen, terwijl de PS in de omgeving dalen. De tijdseries (zie Figuren 11 en 12) laten echter zien, dat de stijging in tegenstelling tot de door InSAR waargenomen daling niet representatief is voor het lange termijn gedrag. De tijdseries van het naburige peilmerk 037B0203 toont trouwens vergelijkbare variaties in de tijd.



Figuur 11: Verticale beweging van het peilmerk 037B0103, waargenomen door waterpassing (zwart) en InSAR (blauw). De symbolen zijn verklaart in bijlage B.



Figuur 12: Verticale beweging van het peilmerk 037B0267, waargenomen door waterpassing (zwart) en InSAR (blauw). De symbolen zijn verklaart in bijlage B.

D Waterpassing validatiegebieden

In deze bijlage worden de resultaten gepresenteerd van de waterpassing van de deelgebieden Gaag/Monster en Berkel, welke o.a. gebruikt zijn voor de beschreven validatie van de InSAR metingen.

D.1 Overzicht sectie- en trajectsluitfouten

In bijlage D.1 wordt een overzicht gegeven van alle gemeten secties met de daarbij geconstateerde sectie- en trajectsluitfouten. Alle secties en trajecten voldoen aan de eisen zoals genoemd in de besteisen van RWS-DID voor secundair optische waterpassingen. Zie bestand:

`Bijlage_D1_Overzicht_Sectie_en_trajectsluitfouten_Gaag_Monster_Berkel.txt`

D.2 Overzicht kringsluitfouten

Bijlage D.2 bevat een overzicht van de kringsluitfouten berekend door MOVE3. Zie bestanden:

`Bijlage_D2a_Overzicht_kringsluitfouten_GaagMonster.txt`
`Bijlage_D2b_Overzicht_kringsluitfouten_Berkel.txt`

D.3 Resultaten eerste fase (vrije) vereffening

Bijlage D.3 bevat de resultaten van de eerste fase vereffening. Uit de W-toets blijkt dat geen van de waarnemingen wordt verworpen. Zie bestanden:

`Bijlage_D3a_VrijeVereffening_GaagMonster.txt`
`Bijlage_D3b_VrijeVereffening_Berkel.txt`

D.4 Differentiestaten

Bijlage D.4 bevat de differentiestaten van de deelgebieden:

- Gaag/Monster (referentiepeilmerk 030D0004, Monster)
- Berkel (referentiepeilmerk 000A2200, Hillegersberg).

De differentiestaten bevatten een aantal groepen peilmerken die tenminste twee keer zijn aangemeten. De groep van de primaire peilmerken is zowel in de nulmeting als ook in 2014 aangemeten. Secundaire peilmerken zijn, of niet in de nulmeting en/of niet in 2014 aangemeten. Afhankelijk van het eerste meetjaar zijn de secundaire peilmerken geclassificeerd in groepen per jaar van eerste aanmeting.

Verklaring header differentiestaat:

Kolomnaam	Betekenis
Puntnr	Officiële NAP puntnummer
X (RD)	X-coördinaat in Rijksdriehoeksstelsel (10m nauwkeurig)
Y (RD)	Y-coördinaat in Rijksdriehoeksstelsel (10m nauwkeurig)
Type	Primair / secundair
Hoogte	Geschatte hoogte (per epoche) in meters ten opzichte van het referentie peilmerk (vrije netwerk vereffening).
Dif	Hoogteverschil in millimeters ten opzichte van de vorige epoche.
Cum	Hoogteverschil in millimeters ten opzichte van de eerste epoche waarin het peilmerk aangemeten is.

Zie bestanden:

`Bijlage_D4a_Diffstaat_030D0004_1989-01-01_GaagMonster.csv`
`Bijlage_D4b_Diffstaat_000A2200_1989-01-01_Berkel.csv`

D.5 Overzicht deformatienet met differenties [2011 - 2014]

Bijlage D.5 bevat de overzichtskaarten van de deformatienetten met daarop afgebeeld de differenties tussen 2011 en 2014.

- Waterpassing Gaag/Monster
 - Referentiepeilmerk 030D0004 (Monster)
 - Periode 07/11 – 09/14.
- Waterpassing Berkel
 - Referentiepeilmerk 000A2200 (Hillegersberg)
 - Periode 07/11 – 09/14.
- InSAR deformaties Zuid-Holland
 - Referentiepeilmerk 030D0004 (Monster)
 - Periode 03/11 – 03/14

Zie bestanden:

`Bijlage_D5a_EP201503228063_GaagMonster.pdf`
`Bijlage_D5b_EP201503228063_Berkel.pdf`
`Bijlage_D5c_EP201503228234_ZH_InSAR.pdf`

D.6 Calibratie rapporten

Bijlage D.6 verwijst naar de calibratie rapporten van het gebruikte instrumentarium en baken. Zie bestand:

`Bijlage_D6_Calibratie_Meetapparatuur_ZH2014.zip`