

Peilmerkdaling nabij Franeker

in de periode 1988-2006

projectnr. 177768

revisie 00

20 november 2007

Opdrachtgever

Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische zaken
Prinses Beatrixlaan 428
Postbus 8
2270 AA Voorburg

datum vrijgave

20-11-2007

beschrijving revisie 00

eerste uitgifte

goedkeuring

vrijgave

	Inhoud	Blz.
1	Inleiding	2
2	Onderzoek referentiepunten	3
2.1	Referentiepunt(en) Vermilion	3
2.2	Referentiepunten Frisia	3
3	Selectie en herberekening van de hoogtemetingen	5
3.1	Primaire dataset	5
3.2	Keuze gemeenschappelijk referentiepunt	5
3.3	Koppeling nulmeting Frisia en nulmeting Vermilion	5
3.4	Herberekening hoogtegegevens	6
4	Resultaten peilmerkdaling	7
4.1	Differentiestaat	7
4.2	Contourkaart	7
4.3	Vergelijking met de meetregisters	8
5	Modelvergelijking	9
5.1	Model bodemdaling zout en gas	9
5.2	Restant peilmerkdaling	9
6	Conclusie	10
	Referenties	11

Bijlagen

1. Posities van gemeten peilmerken 2006
2. Selectie peilmerken primaire dataset
3. Totale peilmerkdaling primaire dataset
4. Model bodemdaling zout + gas
5. Restant peilmerkdaling
6. Constructie ondergronds peilmerk
7. Differentiestaat

1 Inleiding

In het kader van de Mijnbouwwet zijn in het gebied nabij Franeker sinds 1988 periodieke, tweede orde nauwkeurigheidswaterpassingen aan vaste peilmerken uitgevoerd in opdracht van Elf Petroland BV, later Vermilion Oil & Gas Netherlands BV (hierna Vermilion), en van Frisia Zout BV (hierna Frisia). In 1988 is het meetnet van Vermilion in gebruik genomen en in 1995 het meetnet van Frisia. De meetresultaten zijn in de vorm van NAP hoogteveranderingen in de tijd vastgelegd in openbare meetregisters [1].

De in de meetregisters [1] gepubliceerde hoogteverschillen geven inzicht in de totale beweging van de gemeten peilmerken, maar zijn geen directe maatstaf voor de hoeveelheid bodemdaling veroorzaakt door delfstofwinning. De gemeten peilmerkdaling is namelijk de som van de beweging van de dieper gelegen gesteentelagen in de ondergrond (tengevolge van de winning van zout en gas), de inkrimping van het maaiveld nabije slappe aardlagen (als gevolg van bijvoorbeeld polderpeilverlaging, natuurlijke klink en trillingen afkomstig van het verkeer) en de eigen beweging van het vaste object (bepaald door de fundatiekwaliteit van het bouwwerk) waarin het peilmerk is aangebracht. De afzonderlijke bijdragen aan deze totale peilmerkdaling van de diverse oorzaken en de relatie tussen bewegingen van het maaiveld en de bewegingen van dieper gelegen gesteentelagen kan men slechts afleiden met doelgerichte verdere analyses door terzake kundigen.

De periodieke metingen zijn niet allemaal op dezelfde wijze aangesloten op het landelijke NAP-net. De meetnetten van Vermilion en Frisia zijn namelijk op verschillende referentiepunten aangesloten. Bovendien zijn beide netten een aantal malen uitgebreid als gevolg van een toenemende spreiding van de bodemdaling. Daardoor zijn de in de opeenvolgende jaren gepubliceerde hoogten niet aan exact hetzelfde stelsel gerelateerd.

In opdracht van het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) brengt Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. met dit rapport de omvang en vermoedelijke oorzaken van gemeten peilmerkdalingen in het gebied nabij Franeker op consistente wijze in beeld.

Dit rapport toont het resultaat van een consistente geodetische interpretatie van de hoogtemetingen aan een verzameling primaire peilmerken over de periode 1988 tot 2006. Hierbij zijn de verrichte metingen uit deze periode opnieuw aangesloten op het NAP-net middels twee stabiele referentiepunten. Deze referentiepunten zijn gekozen uit een zevental diep-gefundeerde ondergrondse peilmerken die in 1988 geplaatst zijn door Elf Petroland BV. De op deze wijze verkregen totale peilmerkdaling over de periode 1988-2006 is geanalyseerd en vergeleken met de modelresultaten van de bodemdaling t.g.v. zoutwinning van Frisia [2] en van de bodemdaling t.g.v. gaswinning van Vermilion [3].

Dit rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk 2 beschrijft de referentiepunten die in de periode 1988-2006 gebruikt zijn voor de aansluiting op het NAP stelsel, zoals gepubliceerd in de openbare meetregisters.

Hoofdstuk 3 beschrijft de selectie van de meetgegevens en de koppeling en herberekening van de hoogtegegevens.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten voor de totale peilmerkdaling besproken en wordt een vergelijking gemaakt met de hoogten in de meetregisters.

Hoofdstuk 5 beschrijft de vergelijking met de modelresultaten van Frisia en Vermilion.

Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de conclusies gegeven.

2 Onderzoek referentiepunten

De meetnetten van Frisia en Vermilion zijn een aantal malen uitgebreid en uiteindelijk samengevoegd. Als gevolg van deze uitbreiding is de aansluiting van de metingen in de periode 1988-2006 op het NAP via verschillende peilmerken tot stand gebracht en bevinden de in verschillende jaren gepubliceerde hoogten zich niet in exact hetzelfde referentiestelsel. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van deze verschillende referentiepunten.

2.1 Referentiepunt(en) Vermilion

De nulmeting van het meetnet van Vermilion is uitgevoerd in 1988. Daarna zijn herhalingsmetingen uitgevoerd in de jaren 1992, 1997, 2000, 2003 en 2006. In die jaren is het uiteindelijke referentiepunt (OA2760) gewijzigd in hoogte.

De referentiehoogte gehanteerd in de Vermilion metingen is als volgt tot stand gekomen (zie ook Tabel 1):

- Bij de nulmeting in 1988 zijn 7 diep-gefundeerde ondergrondse merken aangebracht. Van deze 7 peilmerken lagen de peilmerken OA2748 en OA2760 buiten het bodemdalinggebied. De hoogte van deze twee merken is vastgesteld ten opzichte van de NAP-peilmerken: 005G0109, 005G0126 en 005G0127. De hoogte van deze peilmerken was afkomstig van het secundaire net van 1987.
- De ondergrondse merken OA2748 en OA2760 zijn in de jaren 1992 en 1997 als referentiehoogte gebruikt.
- In 2000 is aangesloten op de nulpaal OA4020 in Harlingen en het ondergrondse merk OA2760 ten oosten van Franeker. De hoogte van het merk OA4020 is voor het laatst in 1987 vastgesteld. Deze nulpaal is opgenomen in de 5e Primaire Waterpassing van 1997 en in de Secundaire Waterpassing Noord-Nederland 1998. De hoogte van ondergronds merk OA2760 is vastgesteld in 1998 en is t.o.v. de vorige gepubliceerde hoogte met 3 millimeter gestegen.
- In de jaren 2003 en 2006 is de aldus vastgestelde hoogte van ondergronds merk OA2760 als referentiehoogte gehanteerd.

Hoogte merk	meting 1988	meting 1992	meting 1997	meting 2000	meting 2003	meting 2006
00OA2748	0.2024	0.2024	0.2024			
00OA2760	0.2808	0.2808	0.2808	0.2840	0.2840	0.2840
00OA4020				6.9920		6.9923
005G0109	1.5993					
005G0126	1.3391					
005G0127	0.9940					

Tabel 1: Hoogte referentiepunten Vermilion 1988-2006. De gehanteerde referentiepunten zijn grijs gearceerd.

2.2 Referentiepunten Frisia

Het meetnet van Frisia is voor het eerst gemeten in 1995. Daarna zijn jaarlijks herhalingsmetingen uitgevoerd in de jaren 1996 tot en met 2006. In die jaren is het

referentiepunt steeds verder oostelijk opgeschoven naar het huidige referentiepunt 005G0117.

De referentiehoogte gehanteerd in de Frisia metingen is als volgt tot stand gekomen (zie ook Tabel 2):

- Bij de nulmeting in 1995 is aangesloten op 4 NAP-peilmerken: 005G0007, 005G187, 005G0189 en 005G0206.
- twee peilmerken: 005G0187 en 005G0189 alsmede een in 1995 bepaald peilmerk zijn in 1996 als referentiepunten gebruikt.
- In 1997 was hiervan alleen 005D0059 buiten het bodemdalinggebied als referentiepunt te gebruiken.
- In 1998 werd door de toegenomen bodemdaling gekozen voor het alsnog aansluiten op nulpaal OA4020. De hoogte van het merk OA4020 is voor het laatst in 1987 vastgesteld.
- In 1999 en 2000 werd eveneens aangesloten op dit punt, waarbij in 2000 door combinatie met de meting van Vermilion tevens werd aangesloten op het ondergrondse merk OA2760 ten oosten van Franeker.
- In 2001 is eveneens aangesloten op de nulpaal OA4020 in Harlingen en op peilmerk 005G0052, dat in 2000 in hoogte was bepaald.
- In 2002 is overgegaan op het in 2001 bepaalde verder oostelijk gelegen peilmerk 005G0231, welk punt ook in 2003 als referentiepunt is gebruikt.
- Tenslotte is vanaf 2004 peilmerk 005G0117 als referentiepunt gebruikt, de hoogte hiervan is in de meting van 2003 vastgesteld.

Hoogte merk	meting 1995	meting 1996	meting 1997	meting 1998	meting 1999	meting 2000
000A4020				6.9920	6.9920	6.9920
000A2748	0.2020					
000A2760						0.2840
005G0007	-0.1599					
005G0052						2.2322
005D0059	1.8164	1.8164	1.8164			
005G0187	0.4990	0.4990				
005G0117						
005G0189	1.0520	1.0520				
005G0206	1.0550					
005G0231						
Punt nr	meting 2001	meting 2002	meting 2003	meting 2004	meting 2005	meting 2006
000A4020	6.9920					
000A2748						
000A2760						
005G0052	2.2320					
005D0059						
005G0007						
005G0117			1.5259	1.5259	1.5259	1.5259
005G0187						
005G0189						
005G0206						
005G0231	1.3034	1.3030	1.3030			

Tabel 2: Hoogte referentiepunten Frisia 1995-2006. De gehanteerde referentiepunten zijn grijs gearceerd.

3 Selectie en herberekening van de hoogtemetingen

In dit hoofdstuk wordt een selectie van beschikbare peilmerkgegevens gemaakt die vervolgens opnieuw wordt aangesloten op het NAP middels één gemeenschappelijk referentiepunt. Hiervoor zijn de metingen in de verschillende jaren opnieuw vereffend.

3.1 Primaire dataset

Bijlage 1 toont een overzicht van de in 2006 gemeten peilmerken in het gebied nabij Franeker. Tevens worden in deze kaart de peilmerken van de nulmetingen van Vermilion (1988, blauw) en van Frisia (1995, rood) aangegeven. Als uitgangspunt voor de bepaling voor de peilmerkdaling gedurende de gehele periode 1988-2006 zijn de peilmerken geselecteerd die in de nulmetingen zijn aangebracht en gemeten, en die in de gecombineerde meting van beide meetnetten van 2006 nog steeds worden gemeten. Deze primaire dataset is in detail aangegeven in de kaart van bijlage 2 (open cirkels met een plus).

3.2 Keuze gemeenschappelijk referentiepunt

De peilmerken die het meest geschikt zijn voor de bepaling van bodemdaling t.g.v. mijnbouw zijn ondergrondse merken van het GeoDelft type (zie ook bijlage 6, constructieschets). Deze ondergrondse merken zijn doorgaans diep gefundeerd in een stabiele Pleistocene zandlaag en hebben geen last van negatieve kleeft van bovenliggende, krimpende Holocene klei- en veenpakketten. Indien een dergelijk peilmerk dus een daling in de tijd vertoont, moet de oorzaak logischerwijs uit de diepe(re) ondergrond komen. De in paragraaf 3.1 gedefinieerde dataset bevat een zevental ondergrondse merken van het GeoDelft type, die in 1988 geplaatst zijn door Elf Petroland B.V. (zie de bruine punten in bijlagen 1 en 2). Het ondergrondse merk OA2760 ten oosten van Franeker is als enige ondergrondse merk tot nog toe buiten de invloedssfeer van de bodemdalingen gebleven (zie paragraaf 4.2 en ook [3]) en heeft gedurende de periode 1988-2006 volgens het NAP-register een stabiel gedrag vertoond. De hoogte van het punt varieerde bij inpassing van de deformatiemetingen door de NAP-dienst van Rijkswaterstaat nauwelijks: $+0.279 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$ (één standaarddeviatie).

De keuze voor OA2760 als gemeenschappelijk referentiepunt ligt daarmee voor de hand, ook gezien het feit dat dit peilmerk gedurende de periode 1988-2006 een aantal malen als referentiepunt is gehanteerd. De nulmeting van Vermilion is rechtstreeks aan dit punt te koppelen. De nulmeting van Frisia is eveneens aan dit punt te koppelen via het ondergrondse merk OA2748.

3.3 Koppeling nulmeting Frisia en nulmeting Vermilion

Om de nulmeting van Frisia (1995) te kunnen koppelen aan de nulmeting van Vermilion (1998) is aangenomen dat het ondergrondse merk OA2748 (zie Tabel 1), dat in beide netten altijd is gemeten, in de jaren 1992 en 1997 nog niet onderhevig was aan bodemdaling.

Volgens de analyse van BECi [2]bedroeg in september 1997 de bodembeweging bij OA2748 als gevolg van zoutwinning -1 mm ('Analysis of Levelling Survey September 2006 v3', BECi, mei 2007, model versie 14). In 1998 was de OM-beweging al -4 mm , en in 2000

-10 mm. Het jaar 1995 is hierin niet geanalyseerd, maar bovengenoemde geringe daling in 1997 bevestigt bovengenoemde aanname. Een vrije vereffening van het meetnet van Vermilion in 1988, 1992 en 1997 met als enige vaste punt OA2760 is ook consistent met deze aanname: de hoogte van OA2748 is in 1992 en 1997 respectievelijk +1.6 mm en -1.6 mm gewijzigd t.o.v. de hoogte van OA2748 in 1988 met een standaarddeviatie van 2.5 mm. Het meetpunt OA2748 is dus in deze periode stabiel t.o.v. OA2760.

Aangezien de nulmeting van Frisia in 1995 is uitgevoerd, kan de hoogte van ondergronds merk OA2748 in dit jaar (1995) dus gelijkgesteld worden aan de hoogte van dit punt in de nulmeting van Vermilion.

3.4 Herberekening hoogtegegevens

Uitgangspunt is de hoogte van ondergronds merk OA2760 in de meting van Vermilion van 2006: +0.2840 m NAP. Deze hoogte is afkomstig uit het NAP register van 1998, en voor het eerst gehanteerd als referentiepunt in het meetnet van Vermilion in het jaar 2000. De nulmeting van Vermilion uit 1988 is met gebruikmaking van deze hoogte opnieuw berekend. De hoogte van ondergronds merk OA2748 is hierbij eveneens vastgesteld, en deze opnieuw vastgestelde hoogte is vervolgens gebruikt om de nulmeting van Frisia uit 1995 opnieuw door te rekenen. Tevens is de gemeenschappelijke meting van Frisia en Vermilion uit 2006 ten opzichte van ondergronds merk OA2760 berekend. De berekeningen van de drie metingen zijn op basis van een vrije vereffening uitgevoerd met behulp van het vereffeningprogramma Move3.

4 Resultaten peilmerkdaling

4.1 Differentiestaat

Uit de resultaten van de drie berekeningen (nulmeting Vermilion 1988, nulmeting Frisia 1995 en de gemeenschappelijke meting 2006) is een differentiestaat voor de primaire dataset samengesteld. Bijlage 8 toont deze differentiestaat. In het geval dat een punt in beide nulmetingen voorkomt, is de nulmeting van Vermilion aangehouden. De standaardafwijking in de differenties is ongeveer 3 mm. De berekening is een vrije vereffening van de meetresultaten van de samengestelde meetregisters 2006 van Frisia (nuljaar 1995) en Vermilion (nuljaar 1988) met als referentiepunt het ondergrondse peilmerk OA2760.

4.2 Contourkaart

Op basis van de in Bijlage 8 vermelde differenties is een integrale contourlijnenkaart (isolijnenkaart) van de totale peilmerkdaling in de periode 1988-2006 vervaardigd met behulp van de Kriging interpolatie techniek [4]. Bijlage 3 toont deze contourkaart, inclusief de meetpunten en de differenties uit Bijlage 8. De contourlijnen op deze kaart zijn niet overal in het gebied even nauwkeurig vast te stellen door gebrek aan voldoende dichtheid van het peilmerkennet. In het buitengebied zijn de contouren dan ook als onderbroken lijn weergegeven.

De totale peilmerkdaling in het centrum van de kom van Frisia is zo'n 320-330 mm. De peilmerkdaling in Franeker varieert van 20 mm in het oosten tot 140 mm in het westen.

De contourkaart van Bijlage 3 geeft aan dat de peilmerkbeweging in de periode 1988-2006 rondom het ondergrondse merk OA2760 klein is. De funderingsdiepte van OA2760 is zo'n 24 meter onder het maaiveld. De omringende peilmerken zijn slechts oppervlakkig gefundeerd. De autonome peilmerkdaling ter plaatse van OA2760 is geschat door het verschil te nemen tussen het gemiddelde van de differenties van de naburige peilmerken binnen een straal van 300 m en de differentie van het ondergrondse merk. Op de kaart van Bijlage 4 wordt duidelijk, welke naburige peilmerken hiervoor in aanmerking komen. Het gevonden verschil duidt op een autonome daling (krimp) van het bovenliggende Holocene bodempakket van circa -0,9 mm per jaar. Zie hiervoor ook Tabel 3. Tabel 3 toont een schatting van deze autonome peilmerkdaling ter plaatse van alle 7 ondergrondse merken. Voor ondergronds merk OA2754 bevindt het meest naburige peilmerk zich op een afstand van ongeveer 700 meter en is derhalve geen schatting gemaakt.

Hoogte merk	geschatte autonome daling 1988-2006 in mm	geschatte autonome dalingsnelheid in mm per jaar
000A2748	-2	-0,1
000A2750	-28	-1,6
000A2752	-14	-0,8
000A2754	-	-
000A2756	-8	-0,4
000A2758	-7	-0,4
000A2760	-16	-0,9

Tabel 3: Indicatie van de autonome daling van het Holocene bodempakket ter plaatse van de 7 ondergrondse merken

4.3 Vergelijking met de meetregisters

Vergelijking van de nieuw berekende differentiestaten met de vroegere gegevens gepubliceerd in de meetregisters van Frisia en Vermilion geeft als uitkomst dat de totale differentie bij Vermilion met ongeveer 3 mm toeneemt. Bij Frisia blijkt de totale differentie ongeveer met 6 mm afgenomen te zijn.

Een verklaring voor de toename van 3 mm bij Vermilion is uit Tabel 1 af te leiden. De hoogten van de nulmeting zijn berekend uit een drietal bovengrondse peilmerken uit het toenmalige NAP-register, waarbij de hoogte van OA2760 op 0.2808 m NAP werd vastgesteld. Vervolgens is deze hoogte gebruikt voor de metingen van 1992 en 1997. In 2000 werd de hoogte gehanteerd, die was vastgesteld op basis van de 5e Primaire Waterpassing uit 1997 en vervolgens tot 2006 gehandhaafd.

In de differentiestaten werd bij OA2760 een stijging van 3 mm vermeld.

Als men er van uitgaat, dat in feite geen beweging van OA2760 heeft plaatsgevonden, geeft de herberekening voor de periode 1988-2000 met hanteren van de hoogte van 0.2840 m NAP als resultaat, dat alle hoogten een positieve correctie van 3,2 mm krijgen. Gevolg een toename van de differentie met ongeveer 3 mm.

Een verklaring voor de wijziging bij Frisia is gecompliceerder.

Eenzijds geeft de herberekening met de hoogte van 0.2058 m NAP voor OA2748 in vergelijking met de berekende hoogte uit de Frisiаметing van 1995 van 0.2033 m NAP een positieve correctie op de hoogtes van 2.5 mm.

Anderzijds geeft vergelijking van de hoogte van de in het Frisia-meetnet vanaf 2004 gehanteerde hoogte van aansluitpunt 5G117 van 1.5259 m NAP en de nu berekende hoogte van dit punt in het gecombineerde meetnet van 1.5300 m NAP een positieve correctie op de hoogten van 4.1 mm.

Daarnaast heeft in 2002 een herberekening van de hoogten plaatsgevonden van de jaren 1998 t/m 2001 in het kader van de overgang van aansluiting op meerdere punten naar het meetregister met aansluiting op één punt. De differentiestaat is hierbij ook herzien, waarbij tevens gebruik is gemaakt van het rapport 'Deformatiemeting 1998' van Frisia. Om een differentiestaat te kunnen leveren met zakking per peilmerk vanaf de nulmeting (in 1995) zijn voor de periode van 1995 tot 1998 de differenties overgenomen uit het rapport 'Deformatiemeting 1998' van Frisia.

Het resultaat hiervan is, dat voor peilmerk 1 (bij het centrum van de dalingskom) tot 2001 een hoogte van 0.8403 m NAP is gehanteerd en daarna van 0.844 m NAP.

De hoogte in 2006 is bij aansluiting op 5G117 uit het meetregister Frisia 2006 0.517 m NAP. De totale daling in het meetregister is derhalve 327 mm.

Herberekening van dit punt geeft voor 1995: 0.8417 m NAP en voor 2006: 0.5210 m NAP. Wat resulteert in een daling van 320.7 mm. Derhalve een verschil van ongeveer 6 mm.

5 Modelvergelijking

5.1 Model bodemdaling zout en gas

Bijlage 4 toont de gecombineerde bodemdaling t.g.v. zout- en gaswinning door somming van de gemodelleerde bodemdaling per 2006 van het zout (BECi, [2]) en het gas (Vermilion, [3]) .

5.2 Restant peilmerkdaling

Bijlage 5 toont de resterende peilmerkdaling nadat het in bijlage 4 getoonde bodemdalingmodel van zout en gas is afgetrokken van de waargenomen totale peilmerkdaling, zoals getoond in Bijlage 3.

In de kaart van Bijlage 5 beperken de contouren zich tot stappen van 10 millimeter en is aangeven waar de primaire peilmerken liggen.

De grootste resterende peilmerkdaling bevindt zich in het gebied aan de westrand van Franeker. Deze peilmerkdaling is grotendeels bepaald door het ondergrondse merk OA2754. Van dit ondergrondse merk is echter bekend dat het, als enige van de zeven ondergrondse merken, onjuist is aangebracht [5]. Het is waarschijnlijk dat een groot deel van deze resterende peilmerkdaling wordt veroorzaakt door autonome zetting van het ondergrondse merk.

6 Conclusie

Dit rapport geeft inzicht in de peilmerkdaling in het gebied nabij Franeker over de periode 1988 tot 2006. Hiervoor zijn de gecombineerde meting van Vermilion en Frisia van 2006 en de nulmetingen van Vermilion (1988) en Frisia (1995) opnieuw aangesloten op één stabiel gemeenschappelijk referentiepunt, namelijk het ondergrondse merk OA2760 ten oosten van Franeker. De resulterende totale peilmerkdaling (primaire dataset) is vergeleken met modelresultaten van de bodemdaling t.g.v. zoutwinning en gaswinning.

De peilmerkdaling van ondiep gefundeerde peilmerken is de som van 1) de bodemdaling t.g.v. delfstofwinning, 2) de autonome bodemdaling (krimp) van het grondpakket gelegen boven de Pleistocene zandlaag, en 3) de beweging van het object waarin het peilmerk is verankerd. Een vergelijking van het dalingsgedrag van dergelijke peilmerken gelegen in de directe nabijheid van diep gefundeerde ondergrondse merken impliceert dat autonome bodemdaling niet verwaarloosbaar is en bovendien sterk lokaal bepaald.

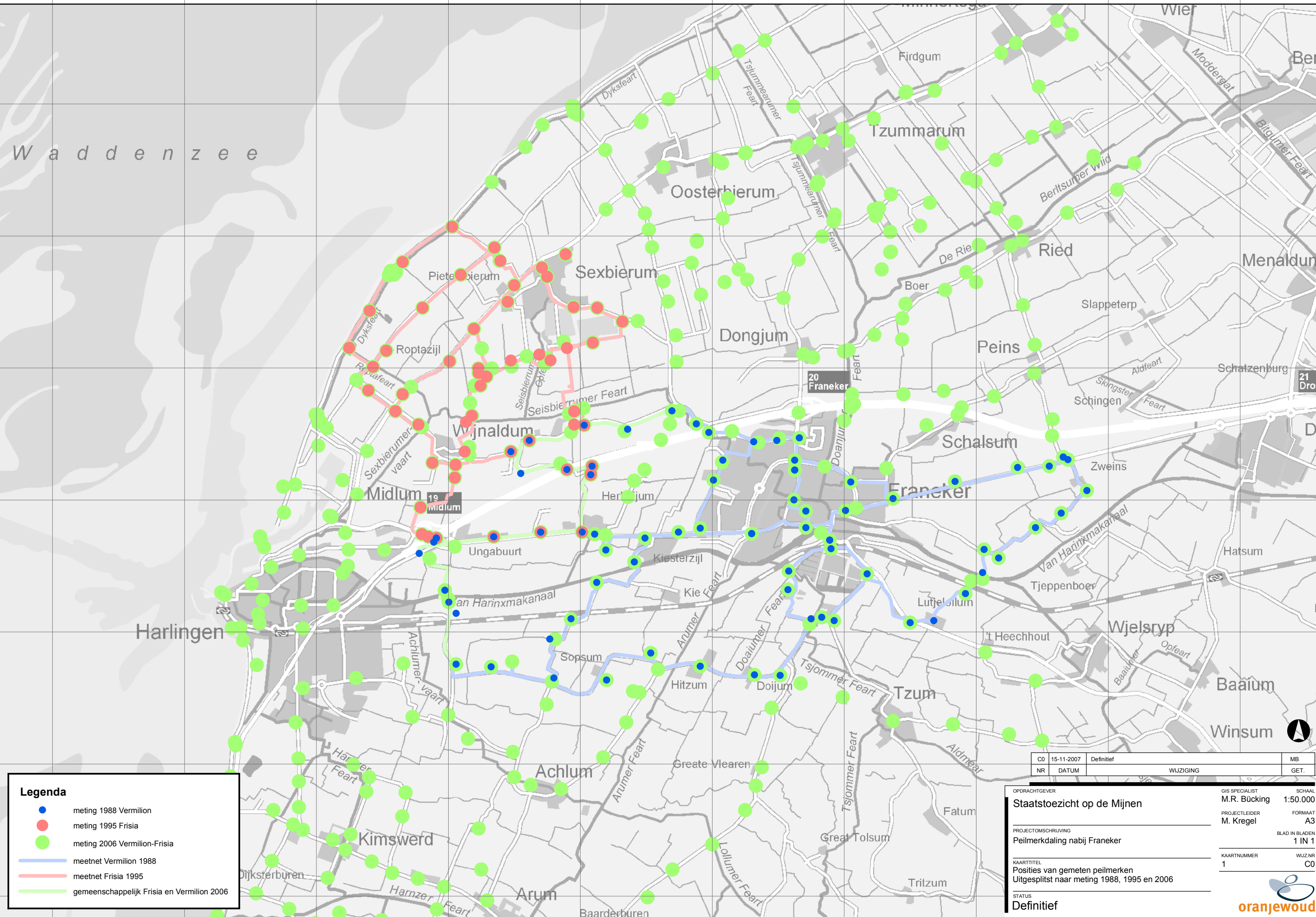
Daarnaast dient men er terdege rekening mee te houden, dat de contourlijnen op de kaarten niet overal in het gebied even nauwkeurig zijn vast te stellen door gebrek aan voldoende dichtheid van het meetnet.

Referenties

1. NL Olie- en gasportaal. Openbare meetregisters ter voldoening aan het gestelde in artikel 30, 31 en 32 van het Mijnbouwbesluit.
<http://dinolks01.nitg.tno.nl/dinoLks/nlog/registers.jsp>
2. Analysis of Levelling Survey September 2006 v3, BECi, mei 2007
3. Concept rapport Subsidence Study Vermilion, September 2007
4. Abramowitz, M., and Stegun, I. (1972), *Handbook of Mathematical Functions*, Dover Publications, New York
5. Constructie van 7 ondergrondse merken in de omgeving van Franeker ten behoeve van Petroland. Grondmechanica Delft. CO-300770/13, januari 1988

Bijlagen

Bijlage 1: Posities van gemeten peilmerken 2006



Legenda

- meting 1988 Vermilion
- meting 1995 Frisia
- meting 2006 Vermilion-Frisia
- meetnet Vermilion 1988
- meetnet Frisia 1995
- gemeenschappelijk Frisia en Vermilion 2006

CO	15-11-2007	Definitief	MB
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER
Staatstoezicht op de Mijnen

GIS SPECIALIST
M.R. Bücking 1:50.000

PROJECTLEIDER
M. Kregel

PROJECTOMSCHRIJVING
Peilmerkdeling nabij Franeker

KAARTTITEL
Posities van gemeten peilmerken
Uitgesplitst naar meting 1988, 1995 en 2006

STATUS
Definitief

SCHAAL
1:50.000

FORMAAT
A3

BLAD IN BLADEN
1 IN 1

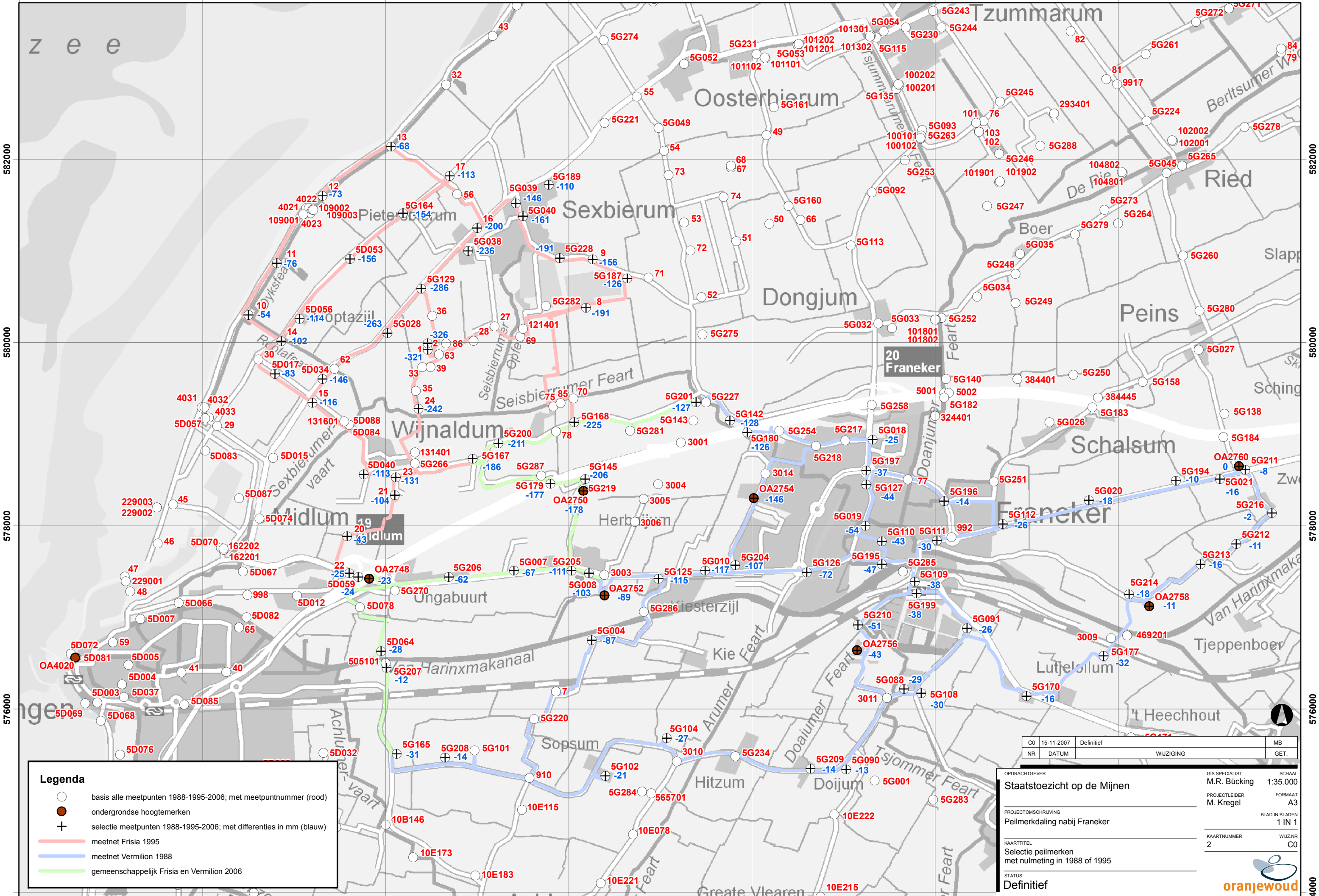
KAARTNUMMER
1

WIJZNR
CO

oranjewoud

Bijlage 2: Selectie peilmerken primaire dataset

156000 158000 160000 162000 164000 166000 168000



582000
580000
578000
576000
574000

156000 158000 160000 162000 164000 166000 168000

Legenda

- basis alle meetpunten 1988-1995-2006; met meetpuntnummer (rood)
- ondergrondse hoogtemerken
- + selectie meetpunten 1988-1995-2006; met differenties in mm (blauw)
- meetnet Frisia 1995
- meetnet Vermilion 1988
- gemeenschappelijk Frisia en Vermilion 2006

CD	15-11-2007	Definitief	MB
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER
Staatstoezicht op de Mijnen

PROJECTOMSCHRIJVING
Peilmerkdeling nabij Franeker

KAARTTITEL
Selectie peilmerken met nulmeting in 1988 of 1995

STATUS
Definitief

SCHAAL
1:35.000

FORMAAT
A3

BLAD IN BLADEN
1 IN 1

WIJZNR
CO

OPDRACHTGEVER
M.R. Bücking

PROJECTLEIDER
M. Kregel

KAARTNUMMER
2

oranjewoud

(R:\0017500\00177788\Geo-info\Fase 1\ArcGIS\Mapas\177788-2 - Selectie primaire peilmerken.mxd)

Bijlage 3: Totale peilmerkdaling primaire dataset

158000

160000

162000

164000

166000

168000

170000

582000

580000

578000

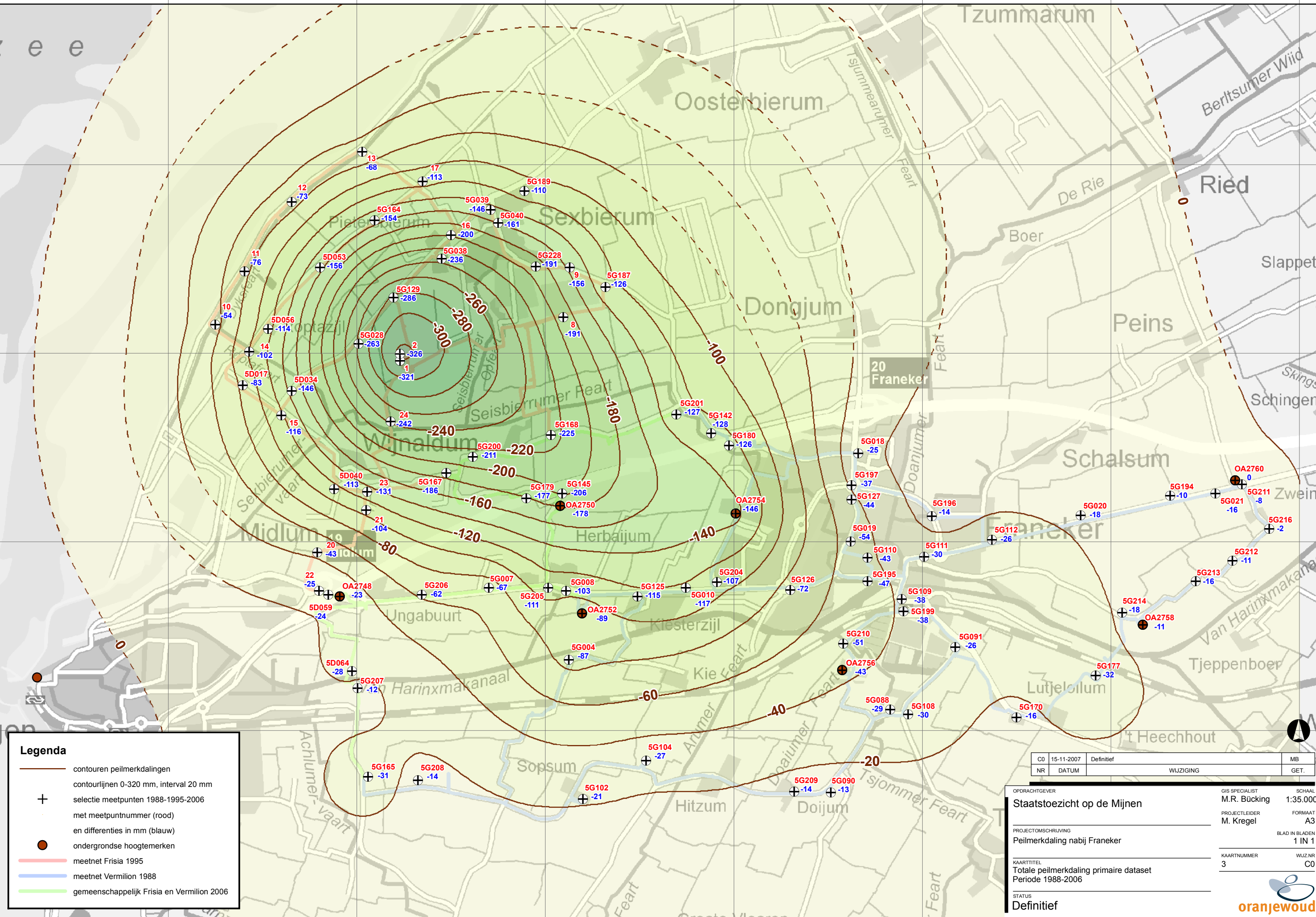
576000

582000

580000

578000

576000



Legenda

- contouren peilmerkdalingen
- contourlijnen 0-320 mm, interval 20 mm
- selectie meetpunten 1988-1995-2006
- met meetpuntnummer (rood)
- en differenties in mm (blauw)
- ondergrondse hoogtemerken
- meetnet Frisia 1995
- meetnet Vermilion 1988
- gemeenschappelijk Frisia en Vermilion 2006

CD	15-11-2007	Definitief	MB
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER
Staatstoezicht op de Mijnen

PROJECTOMSCHRIJVING
Peilmerkdaling nabij Franeker

KAARTITEL
 Totale peilmerkdaling primaire dataset
 Periode 1988-2006

STATUS
Definitief

OPDRACHTGEVER
 M.R. Bücking

PROJECTLEIDER
 M. Kregel

KAARTNUMMER
 3

SCHAAL
 1:35.000

FORMAAT
 A3

BLAD IN BLADEN
 1 IN 1

WIJZNR
 C0

Bijlage 4: Model bodemdaling zout + gas

158000

160000

162000

164000

166000

168000

170000

582000

580000

578000

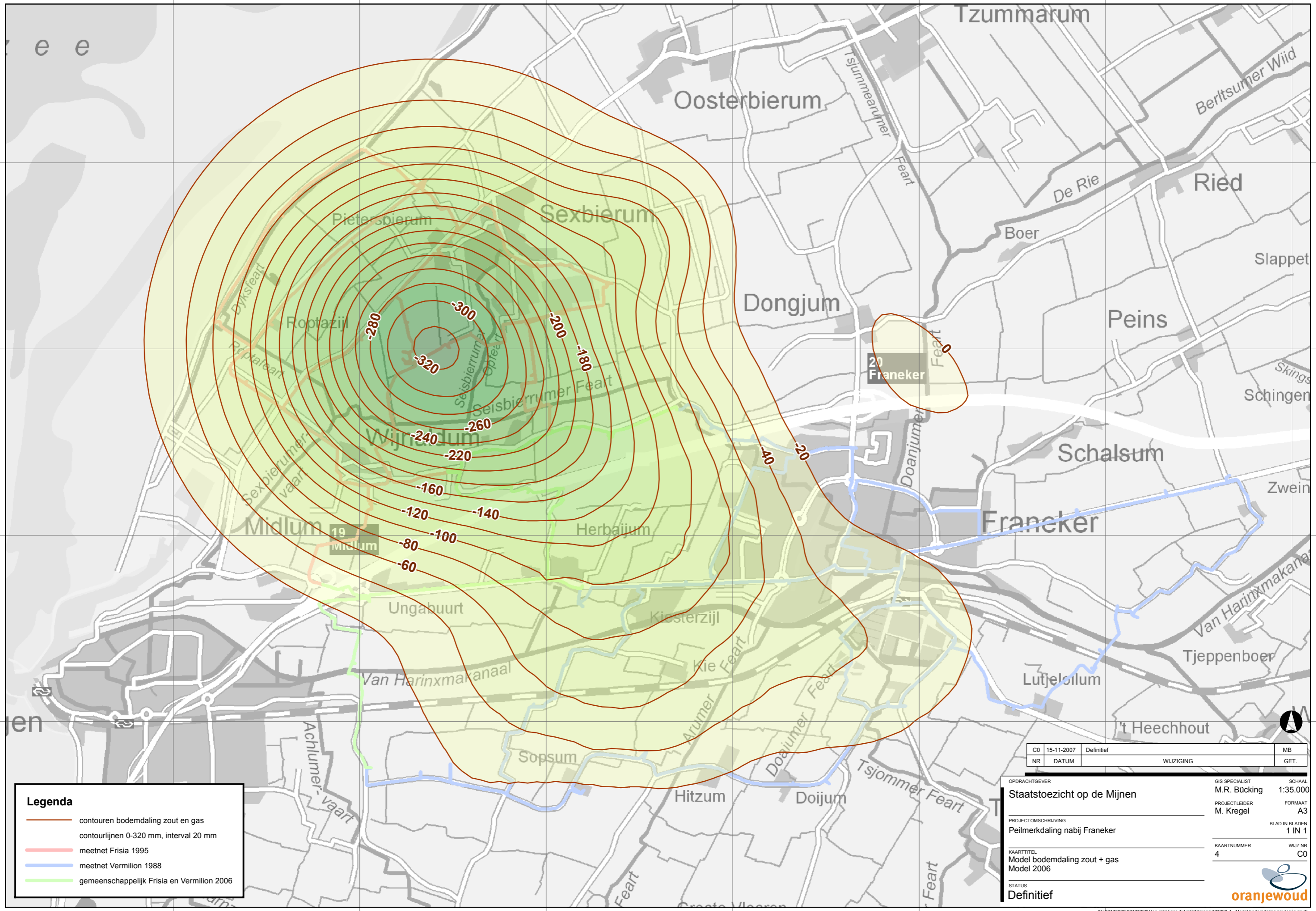
576000

582000




580000

578000

576000




Legenda

-  contouren bodemdaling zout en gas
-  contourlijnen 0-320 mm, interval 20 mm
-  meetnet Frisia 1995
-  meetnet Vermilion 1988
-  gemeenschappelijk Frisia en Vermilion 2006

CO	15-11-2007	Definitief	MB
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER
Staatstoezicht op de Mijnen
 GIS SPECIALIST: M.R. Bücking
 PROJECTLEIDER: M. Kregel
 PROJECTOMSCHRIJVING
Peilmerkdaling nabij Franecker
 Model bodemdaling zout + gas
 Model 2006
 STATUS
Definitief

SCHAAL: 1:35.000
 FORMAAT: A3
 BLAD IN BLADEN: 1 IN 1
 KAARTNUMMER: 4
 WIJZNR: C0

 **oranjewoud**

Bijlage 5: Restant peilmerkdaling

158000

160000

162000

164000

166000

168000

170000

582000

580000

578000

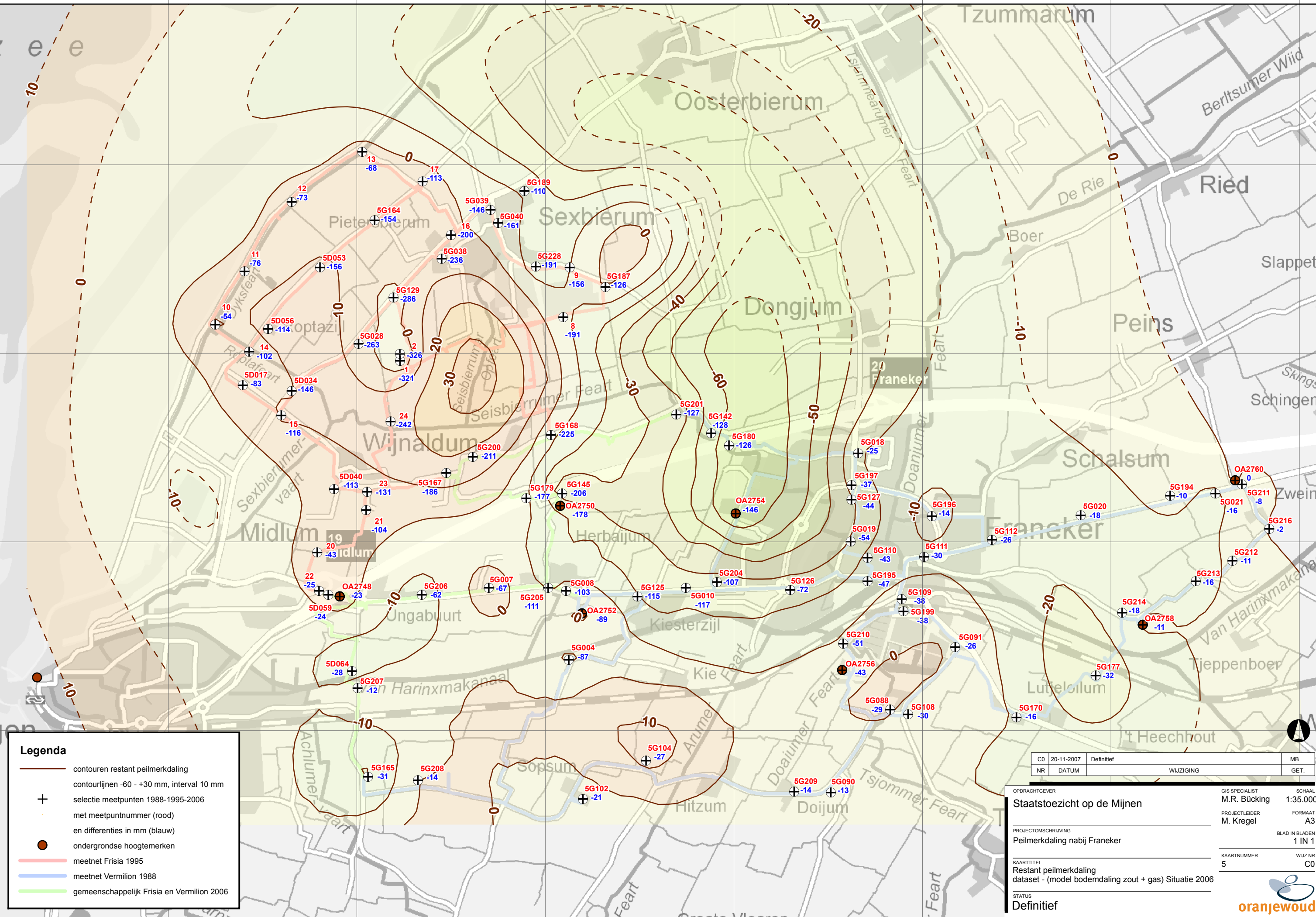
576000

582000

580000

578000

576000



Legenda

- contouren restant peilmerk daling
- contourlijnen -60 - +30 mm, interval 10 mm
- selectie meetpunten 1988-1995-2006 met meetpuntnummer (rood) en differenties in mm (blauw)
- ondergrondse hoogtemerken
- meetnet Frisia 1995
- meetnet Vermilion 1988
- gemeenschappelijk Frisia en Vermilion 2006

CD	20-11-2007	Definitief	MB
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER
Staatstoezicht op de Mijnen
 PROJECTOMSCHRIJVING
Peilmerk daling nabij Franeker
 KAARTTITEL
 Restant peilmerk daling dataset - (model bodemdaling zout + gas) Situatie 2006
 STATUS
Definitief

SCHAAL
 1:35.000
 FORMAAT
 A3
 BLAD IN BLADEN
 1 IN 1
 KAARTNUMMER
 5
 WIJZNR
 C0

M.R. Bücking
 M. Kregel

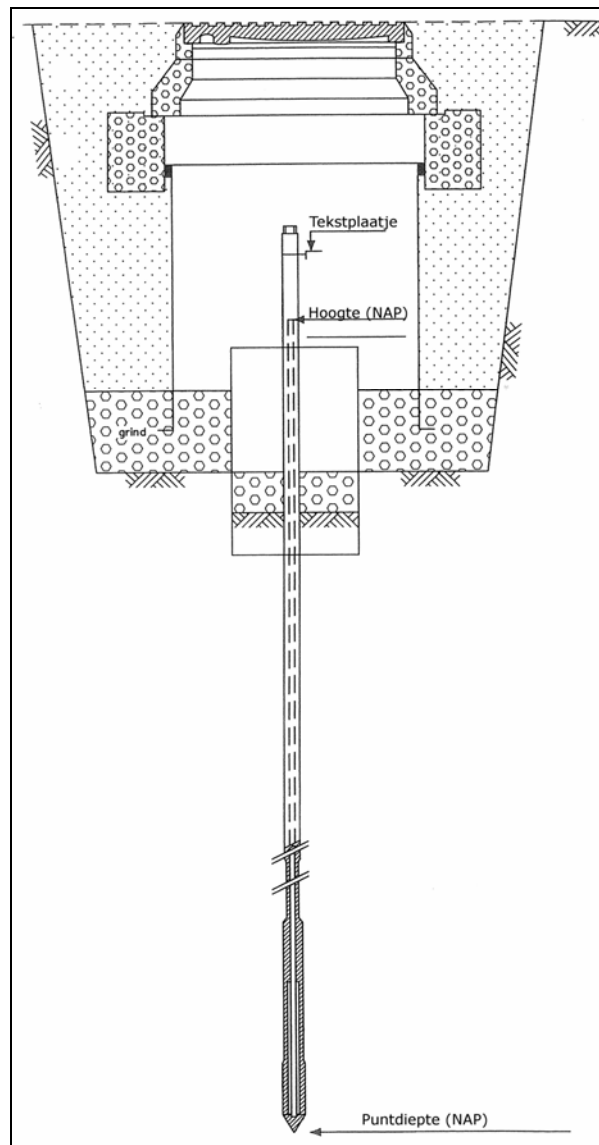
oranjewoud

(R:\00175000\00177768\Geo-info\Fase 1\ArcGIS\mapi\177768-5 - Restant peilmerk daling.mxd)

Bijlage 6: Constructie ondergronds peilmerk

Onderstaande figuur toont een zijaanzicht van de constructie van een ondergronds peilmerk van het GeoDelft type. Voor de bepaling van bodemdaling van de diepe ondergrond heeft een ondergronds peilmerk een hogere betrouwbaarheid dan peilmerken aangebracht in objecten aan het maaiveld. Een ondergronds merk bestaat uit vastpuntconus, een sondeerbuis, een binnenstang en een dop en wordt aan het maaiveld afgewerkt met een gefundeerde put.

Gebruikelijk wordt de punt van de conus in een pleistocene laag geplaatst met conuswaarden van 20 tot 30 MPa. De conus beschikt over een schuifconstructie waardoor krachten door eventuele zetting van hoger gelegen lagen niet op de punt worden overgebracht. De binnenstang wordt in de punt geschroefd. De bovenkant van de binnenstang volgt de eventuele zetting van de pleistocene zandlaag en wordt tijdens een nauwkeurigheidswaterpassing aangemeten.



Figuur: Schets van een ondergronds peilmerk van het GeoDelft type.

Bijlage 7: Differentiestaat

Hoogte- merk	<i>nulmeting Vermilion</i>	<i>nulmeting Frisia</i>	<i>gecombineerde meting</i>	<i>differenties</i>
	Hoogte 1988 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 1995 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 2006 t.o.v. NAP (m)	1988-2006 respectievelijk. 1995-2006 (mm)
00OA2748	0.2058	0.2058	0.1827	-23
00OA2750	0.2183	0.1982	0.0401	-178
00OA2752	-0.0382		-0.1268	-89
00OA2754	0.0282		-0.1181	-146
00OA2756	-0.1237		-0.1671	-43
00OA2758	-0.3983		-0.4092	-11
00OA2760	0.2840		0.2840	0
005D0017		1.1060	1.0231	-83
005D0034		2.1386	1.9930	-146
005D0040		0.5266	0.4132	-113
005D0053		1.8418	1.6861	-156
005D0056		1.4833	1.3696	-114
005D0059		1.8191	1.7949	-24
005D0064	0.5252		0.4970	-28
005G0004	0.7898		0.7032	-87
005G0007	-0.1537	-0.1599	-0.2211	-67
005G0008	1.7316		1.6290	-103
005G0010	1.0720		0.9550	-117
005G0018	0.7408		0.7154	-25
005G0019	1.7948		1.7413	-54
005G0020	1.5844		1.5663	-18
005G0021	1.0021		0.9862	-16
005G0028		1.3884	1.1252	-263
005G0038		4.0982	3.8621	-236
005G0039		1.1748	1.0291	-146
005G0040		2.9985	2.8375	-161
005G0088	0.7532		0.7240	-29
005G0090	0.7970		0.7844	-13
005G0091	0.6362		0.6104	-26
005G0102	0.7213		0.7000	-21
005G0104	1.3349		1.3076	-27
005G0108	1.0835		1.0534	-30
005G0109	1.5996		1.5614	-38
005G0110	1.8886		1.8460	-43
005G0111	1.3559		1.3255	-30
005G0112	0.8411		0.8154	-26
005G0125	1.4223		1.3073	-115
005G0126	1.3427		1.2704	-72
005G0127	0.9971		0.9526	-45
005G0129		0.7656	0.4797	-286
005G0142	0.9965		0.8683	-128
005G0145	0.4169	0.3930	0.2114	-206

Hoogte-merk	<i>nulmeting Vermilion</i>	<i>nulmeting Frisia</i>	<i>gecombineerde meting</i>	<i>differenties</i>
	Hoogte 1988 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 1995 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 2006 t.o.v. NAP (m)	1988-2006 respectievelijk. 1995-2006 (mm)
005G0164		1.4940	1.3397	-154
005G0165	0.2752		0.2444	-31
005G0167	0.8075	0.8041	0.6217	-186
005G0168	0.6330	0.6163	0.4076	-225
005G0170	1.1003		1.0839	-16
005G0177	1.5252		1.4934	-32
005G0179	0.5098	0.4919	0.3324	-177
005G0180	0.8358		0.7095	-126
005G0187		0.4994	0.3729	-127
005G0189		1.0535	0.9440	-110
005G0194	1.0705		1.0610	-10
005G0195	1.5364		1.4897	-47
005G0196	1.2414		1.2274	-14
005G0197	0.8765		0.8398	-37
005G0199	0.8739		0.8360	-38
005G0200	1.5269	1.5222	1.3155	-211
005G0201	0.5869		0.4601	-127
005G0204	0.9642		0.8576	-107
005G0205	1.4170	1.4003	1.3057	-111
005G0206	1.0668	1.0567	1.0045	-62
005G0207	2.4517		2.4393	-12
005G0208	0.9174		0.9034	-14
005G0209	-0.2817		-0.2953	-14
005G0210	1.9325		1.8811	-51
005G0211	1.0887		1.0802	-9
005G0212	0.8781		0.8669	-11
005G0213	0.4498		0.4341	-16
005G0214	1.0035		0.9852	-18
005G0216	1.1591		1.1576	-2
005G0228		0.5990	0.4077	-191
0000001		0.8417	0.5210	-321
0000002		0.9839	0.6575	-326
0000008		1.1979	1.0066	-191
0000009		0.9469	0.7906	-156
0000010		1.0562	1.0023	-54
0000011		1.4069	1.3313	-76
0000012		1.4325	1.3596	-73
0000013		1.3487	1.2810	-68
0000014		2.2196	2.1175	-102
0000015		2.0928	1.9768	-116
0000016		0.6696	0.4699	-200
0000017		1.3362	1.2230	-113

Hoogte- merk	<i>nulmeting Vermilion</i>	<i>nulmeting Frisia</i>	<i>gecombineerde meting</i>	<i>differenties</i>
	Hoogte 1988 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 1995 t.o.v. NAP (m)	Hoogte 2006 t.o.v. NAP (m)	1988-2006 respectievelijk. 1995-2006 (mm)
0000020		-0.9473	-0.9901	-43
0000021		0.8492	0.7447	-105
0000022		0.1214	0.0962	-25
0000023		0.0931	-0.0383	-131
0000024		-0.5290	-0.7713	-242