

FUGRO-INPARK B.V.

## VERSIE 1

### **Meetregister bij meetplan Leeuwarden Oost en Oosterend.** Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Leeuwarden Oost en Oosterend

Fugro-Inpark B.V.

In opdracht van : Vermilion Oil & Gas Netherlands B.V.  
Postbus 71  
8860 AB HARLINGEN

1	definitief	Ing. H. Kooistra	Ing. P. Kessels	Ing. J.H.C. Lensen	25 maart 2009
<b>Rev.</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Vorbereid</b>	<b>Gecontroleerd</b>	<b>Goedgekeurd</b>	<b>Datum</b>

## 1. Inleiding

In opdracht van de Vermilion Oil & Gas Netherlands B.V. te Harlingen en de NAM te Assen heeft Fugro-Inpark B.V. in de maanden maart t.e.m. november 2008 een nauwkeurigheidswaterpassing verricht in Friesland. De meting is uitgevoerd om te kunnen vaststellen in welke mate er bodemdaling op maaiveldniveau optreedt die wordt veroorzaakt door de mijnbouwactiviteiten van Vermilion binnen de winningvergunning Leeuwarden Oost en Oosterend.

Het complete netwerk met uit te voeren waterpassingen in Friesland, Groningen en Drenthe bedraagt ca. 3000 km. Een klein deel van dit netwerk (ca. 391 km) betreft het netwerk van Leeuwarden Oost en Oosterend.

De reguliere werkzaamheden zijn verricht:

- het verkennen van het meetnet;
- het (her-)plaatsen van bouten en een meetpaal;
- het uitvoeren van een secundair optische waterpassing;
- het berekenen en vereffenen van de hoogten van alle gewaterpaste punten;
- het maken van een rapportage.

De nu uitgevoerde waterpassing is de derde herhalingsmeting. Deze meting is gerelateerd aan de vorige twee metingen zodat inzicht wordt verkregen in de bodemdaling op maaiveldniveau ten gevolge van de aardgaswinning in de periode vanaf de start (nulmeting) in 1970.

Met dit rapport wordt uitvoering gegeven aan het gestelde in artikel 31, Mijnbouwbesluit 2002, met betrekking tot de uitvoering en rapportage van metingen overeenkomstig het goedgekeurde meetplan voor 2008 van Leeuwarden Oost en Oosterend. Hierbij is de procedure gevolgd, die met ingang van 18 augustus 2005 is vastgesteld door Staatstoezicht op de Mijnen en RWS-AGI ten behoeve van een zorgvuldige en betrouwbare uitvoering van de metingen en de rapportage. De metingen zijn uitgevoerd conform de voorschriften van RWS\_AGI zoals vastgelegd in: "Specificaties doorgaande waterpassing instandhouding NAP-net, versie 1.1 van januari 2008". Bij brief van 8 januari 2009 heeft AGI aan Staatstoezicht op de Mijnen meegedeeld dat de door Fugro-Inpark B.V. verrichte meting in orde is bevonden op basis van een vrije vereffening. Het nu voorliggende rapport vormt het officiële en openbare "meetregister" behorende bij het meetplan Leeuwarden Oost en Oosterend. Dit meetregister bevat twee typen vereffeningen, een vrije vereffening (eerste fase) ter controle op de waarnemingen en een gedwongen vereffening (tweede fase) ten behoeve van een aansluiting op het NAP-net.

De in dit meetregister gepubliceerde hoogten geven alleen een indruk van de beweging van de gemeten peilmerken. De bijdrage aan deze beweging van een enkele oorzaak en de relatie met maaiveld- en/of bodembewegingen kan men slechts afleiden met doelgerichte analyses door ter zake kundigen. Dergelijke analyses vallen buiten het kader van dit meetregister. Daarnaast heeft RWS\_AGI het recht op de getoetste metingen naar eigen inzicht aan te sluiten op het NAP-net, teneinde de vastgestelde hoogten op te nemen in het openbare-NAP-peilmerkregister

## 2. Ontwerp en inrichting van het meetnet

### 2.1 Inleiding

#### **Meetnet 1970**

Een deel van het huidige meetnet is in 1970 ook gemeten. Het meetnet is zodanig opgezet dat de gekozen aansluitpunten buiten de invloedsfeer van de aardgaswinning liggen.

#### **Meetnet 2003**

In 2003 is het meetnet aangesloten op peilmerken die zijn gemeten voor de "Secundaire Waterpassing 2003" die in dezelfde periode is uitgevoerd.

Dit meetnet is goedgekeurd in overleg met Staatstoezicht op de Mijnen.

#### **Meetnet 2008**

RWS AGI heeft een ontwerp gemaakt voor de secundaire waterpassingen Frl W2, Frl W1, Gro No en Gro zuid. Het deel van Vermillion valt in Frl W2 en bedraagt ca. 400km. Nieuwe peilmerken zijn geplaatst waar dit voor de monitoring of uit waterpastechisch oogpunt noodzakelijk is.

### 2.2 Ontwerp van het meetnet

Bij het ontwerp van het meetnet zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

#### 2.2.1 Aansluitpunten

Het meetnet is zodanig ontworpen dat de peilmerken op de rand van het net buiten de invloedsfeer van de mijnbouwactiviteiten van Vermillion vallen. Er is een tweede fase (pseudo) vereffening uitgevoerd met deze 3 punten. 0A2480 (zuid-oost), 0A2590 (zuid-west), 0A2822 (zuid),

#### 2.2.2 Kringen en trajecten

De grootte van het meetnet is zodanig gekozen, dat het gebied waar deformatie kan optreden is omsloten. Alle hoogtemerken zijn opgenomen in gesloten kringen, wat een belangrijke voorwaarde is om de betrouwbaarheid van de meetresultaten te kunnen toetsen. Het meetnet bestaat nu uit 26 gesloten kringen. Deze kringen worden gevormd door trajecten. De trajecten, die bestaan uit een aantal secties, zijn zoveel mogelijk langs bestaande wegen gesitueerd.

#### 2.2.3 Puntdichtheid

Met instemming van Staatstoezicht op de Mijnen zijn bij de inrichting de volgende richtlijnen voor de meetpunt dichtheid in de waterpastrajecten gehanteerd:

- binnen de bebouwde kom: een onderlinge afstand van circa 500 M1;
- buiten de bebouwde kom: een onderlinge afstand van circa 1000 M1.

#### 2.2.4 Secundaire optische waterpassingen

De metingen zijn zodanig uitgevoerd dat ze voldoen aan de bestekseisen van de Adviesdienst voor Geo-Informatie en ICT van Rijkswaterstaat voor secundair optische waterpassingen. Deze eisen zijn:

- voor de sectietolerantie  $\leq 3VL$  mm met L in km;
- voor de trajecttolerantie  $\leq (2 \frac{1}{2} VL + \frac{1}{2}L)$  mm met L in km;
- voor de kringtolerantie  $\leq 1 \frac{1}{2} VL$  mm met L in km;
- DE Move3-vereffening moet voldoen aan de specificaties.

### 2.2.5 Betrouwbaarheid en precisie

Doel van de metingen is met voldoende betrouwbaarheid en precisie inzicht te verkrijgen in de door gaswinning veroorzaakte bodemdaling. Voor de betrouwbaarheid en precisie is als uitgangspunt gehanteerd dat de differenties tot op enkele millimeters nauwkeurig met een hoge mate van betrouwbaarheid kunnen worden vastgesteld.

De betrouwbaarheid wordt enerzijds gewaarborgd door de configuratie van het meetnet, anderzijds door het uitvoeren van herhalingsmetingen waarbij "foutieve" waarden kunnen worden opgespoord. De precisie wordt enerzijds gewaarborgd door de waterpassingen te laten voldoen aan de eisen van Rijkswaterstaat voor "secundair optische waterpassingen", anderzijds door de huidige configuratie van het meetnet.

## 2.3 Inrichting van het meetnet

Bij de inrichting is, daar waar mogelijk, gebruik gemaakt van bestaande peilmerken uit het NAP-peilmerkenregister. Het deformatienet is verdicht door bouten bij te plaatsen in bestaande bebouwingen en kunstwerken.

Het meetnet bestaat in totaal uit 460 hoogtemerken verdeeld over:

- 103 bestaande NAP-peilmerken, die ook 1970 zijn gemeten;
- 362 bestaande NAP-peilmerken, die ook 2003 zijn gemeten;
- 1 bestaande NAP-peilmerken, die alleen in 2003 zijn gemeten;
- 65 nieuwe geplaatste peilmerken.
- 35 peilmerken zijn vervallen en 12 peilmerken zijn niet te meten.

Tevens zijn 24 hulppunten in het meetnet opgenomen. Deze hulppunten zijn om technische redenen noodzakelijk en worden slechts eenmaal gebruikt.

De totale lengte van het meetnet is nu 391 kilometer.

### **3. Metingen**

#### **3.1 Meetmethode**

De waterpassing is uitgevoerd conform de eisen van Rijkswaterstaat voor secundaire optische waterpassingen. De toetscriteria staan vermeld in hoofdstuk 2. De secties zijn in heen- en teruggang gemeten. De maximaal toegepaste afstand tussen instrument en baak is 50 meter.

De waterpasgegevens zijn opgenomen in een elektronisch veldboek van het type FEX21. Het programma WATPAS zorgt ervoor dat de meetgegevens, wanneer deze eenmaal zijn ingevoerd, niet meer gewijzigd en/of verwijderd kunnen worden. Alle gegevens worden direct gecodeerd opgeslagen in het elektronisch veldboek.

#### **3.2 Instrumentarium en uitvoering**

De metingen zijn in de maanden maart t.e.m. november van 2008 uitgevoerd met Leica DNA-03 waterpasinstrumenten. Dit zijn elektronische waterpasinstrumenten, waarbij de baken digitaal worden afgelezen. Dit heeft als voordeel dat er geen afleesfouten kunnen voorkomen. De meettijd wordt bepaald door het programma WATPAS. WATPAS laat het instrument altijd minimaal 2 registraties verrichten en als deze slecht bij elkaar passen worden meer registraties verricht. Het ingezette instrumentarium is gekalibreerd conform de specificaties van Rijkswaterstaat.

## 4. Toetsing en vereffening

### 4.1 Toetsing en vereffening

Voor de vereffening is eerst met WATPAS-software getoetst of de metingen voldoen aan de eisen van Rijkswaterstaat voor secundair optische waterpassingen, zoals genoemd in paragraaf 2.2.4 (zie bijlage 1) Bij overschrijdingen van de toleranties zijn hermetingen uitgevoerd.

Met MOVE3-vereffeningssoftware zijn de kringluitfouten berekend. Deze sluitfouten zijn getoetst aan de genoemde tolerantie van 1 ½ VL mm (zie bijlage 2)

De hoogteverschillen en de afstanden tussen de hoogtemerken zijn voor heen- en teruggang bepaald. De gemiddelde hoogteverschillen en afstanden vormen samen met de NAP-hoogte van de aansluitpunten de invoer voor het vereffening- en berekeningsprogramma MOVE3. Vervolgens is een eerste fase vereffening uitgevoerd ter controle op de waarnemingen volgens de methode van de kleinste kwadraten waarbij het meetnet intern wordt getoetst. Hierbij vindt toetsing plaats van het meetnet als geheel (F-toets) en toetsing van de afzonderlijke waarnemingen (w-toets). Zowel de afzonderlijke waarnemingen als het meetnet voldoen aan de toetsingscriteria. In geval van verwerpingen, worden een of meerdere secties hermeten tot aan de toetsingscriteria is voldaan. De gemeten hoogteverschillen, de resultaten van de vereffening en de berekende hoogten van de knooppunten zijn terug te vinden in de uitvoer van MOVE3 (zie bijlage 3).

De aansluiting op het NAP wordt gedaan op de ondergrondse punten 0A2480, 0A2590 en 0A2822 . Punt 0A2590 ligt bij Scharnegoutum aan de zuidwestkant van het meetnet. Punt 0A2480 ligt bij Beetsterzwaag aan de zuidoostkant van het meetnet. Punt 0A2822 ligt bij Grou midden in het meetnet.

Deze tweede fase (pseudo) vereffening is uitgevoerd ter controle op de waarnemingen volgens de methode van de kleinste kwadraten waarbij het meetnet extern wordt getoetst op de 3 aansluitpunten. Hierbij vindt toetsing plaats van het meetnet als geheel (F-toets) en toetsing van de afzonderlijke waarnemingen (w-toets). Zowel de afzonderlijke waarnemingen als het meetnet voldoen aan de toetsingscriteria. (zie bijlage 4).

### 4.2 Beoordeling resultaten

#### 4.2.1 Metingen

Alle secties, trajecten en kringen hebben sluitfouten die liggen binnen de toleranties die vermeld zijn in hoofdstuk 2. Omdat Move3-resultaten ruimschoots aan de eisen voldoen, is besloten geen secties te hermeten. De eerste vereffening van het meetnet met MOVE3, waarbij alleen de waarnemingen worden getoetst levert geen verwerpingen op. Het meetnet heeft een grotere precisie dan a-priori is aangenomen

#### 4.2.2 Aansluiting

In 1970 en 2003 is aangesloten op de Nap-peilmerken. Het meetnet van 2008 is aangesloten op de ondergrondse peilmerken 0A2480 (bij Beetsterzwaag), 0A2590 (bij Scharnegoutum) en 0A2822 (bij Grou).

#### 4.2.3 Toetsing door de DID van RWS.

De gecontroleerde bestanden van de metingen zijn in het voorgeschreven WATPAS-formaat tezamen met de MOVE3-resultaten aangeboden aan de AGI. De AGI heeft de metingen getoetst en goed bevonden. Staatstoezicht op de mijnen en Fugro-Inpark B.V. zijn hier middels brief d.d. 8 januari 2009 over geïnformeerd. De AGI zal de metingen eventueel naar eigen inzicht aansluiten op het NAP-net teneinde de vastgestelde hoogten op te nemen in het NAP-peilmerkregister.

## 5. Bewegingsanalyse van de resultaten

### 5.1 Analyse

In de differentiestaat is af te lezen wat de totale differentie is sinds 1970 en wat de differentie is per meting. Voor een beschrijving van de differentiestaat (bijlage) zie hoofdstuk 6, paragraaf 6.4. Op de overzichtskaart op bijlage 6 zijn het waterpasnet en de berekende differenties tussen de voorgaande (2003) en de huidige meting weergegeven. De differenties zijn niet gecorrigeerd voor externe invloeden.

Zoals vermeld in hoofdstuk 4 is het meetnet aangesloten op de ondergrondse peilmerken 0A2480, 0A2590 en 0A2822.

In de differentiestaat is af te lezen wat de totale peilmerkdaling is sinds 1970 en wat de peilmerkdaling is per meting. Voor een beschrijving van de differentiestaat (bijlage 4) zie hoofdstuk 6, paragraaf 6.4.

Op de overzichtskaart op bijlage 5 zijn het waterpasnet en de berekende differenties voor de periode 2003 – 2008 weergegeven. De afgebeelde differenties zijn verkregen door het verschil te nemen tussen de hoogten van de vorige meting (2003) en de hoogten van deze meting (2008). Ze zijn niet gecorrigeerd voor externe invloeden.

### 5.2 Conclusies

De meetresultaten leveren het volgende beeld op:

- De gemiddelde differentie van de meetpunten in het gehele gebied bedraagt 14 mm.
- Deze differentie is per gebied als volgt te specificeren:
  - Gebied Goënga, Boazum, Easterein, Mantgum variërend van 0 tot -15 mm;
  - Gebied ten zuiden van Leeuwarden richting Wirdum variërend van -10 tot -15 mm;
  - Gebied boven Grou richting Idaerd variërend van -10 tot -26 mm;
  - Gebied Grou, Warten, Wergea variërend van -15 tot -20 mm;
  - Gebied Suwâld, Burgum, Sumar, Jistrum variërend van -20 tot -40 mm;
  - Gebied Earnewâld, Oudega, Opeinde variërend van -10 tot -20 mm;
  - Gebied Rottevalle, Houtgehage, Drogeham variërend van -15 tot -30 mm;
  - Gebied Drachten- Nijbeets variërend van -6 tot -20 mm;
- Enkele meetpunten vertonen een sterk afwijkende differentie ten opzichte van de naast gelegen meetpunten: 6D252 (met daling -57 mm), 6C17 (met daling -32 mm), 11A252 (met daling -26mm), 11A252 (met daling -26 mm), 11A194 (met daling -23 mm), en in minder mate 10F235 (met daling -16 mm), 11A242 (met daling -20 mm), 10F235 (met daling -16 mm), 10F18 (met daling -12 mm). Deze meetpunten hebben een lage of geen stabiliteitsklasse;
- De peilmerken in het winningsgebied hebben gemiddeld enkele millimeters meer differentie dan de peilmerken aan de rand van het meetnet.

## 6. Presentatie van de resultaten

In dit hoofdstuk treft u een toelichting aan op de resultaten zoals deze in de bijlagen worden gepresenteerd.

### 6.1 Bijlage 1: Overzicht sectie- en trajectresultaten

In bijlage 1 wordt op trajectnummervolgorde een overzicht gegeven van alle gemeten secties met de daarbij geconstateerde sectie- en trajectsluitfouten. Ter vergelijking zijn de toleranties in de laatste kolom vermeld. Alle secties en trajecten voldoen aan de eisen zoals genoemd in hoofdstuk 2.

### 6.2 Bijlage 2: Overzicht kringsluitfouten

Bijlage 2 bevat een overzicht van de kringsluitfouten berekend door MOVE. Alle kringen voldoen aan de door AGI gestelde eis dat de sluitfout  $1 \frac{1}{2}$  VL mm is.

### 6.3 Bijlage 3: Resultaten eerste fase (vrije vereffening)

Bijlage 3 bevat de resultaten van de eerste fase vereffening. Uit de w-toets blijkt dat geen van de waarnemingen wordt verworpen (kritiek waarde = 3,29).  
De F toets is ook geaccepteerd (1,116 , kritieke waarde).

### 6.4 Bijlage 4: Resultaten aangesloten netwerk vereffening (pseudo) in RD projectie

Bijlage 4 bevat de resultaten van de tweede fase vereffening. Uit de w-toets blijkt dat geen van de waarnemingen wordt verworpen (kritiek waarde = 1.27).

### 6.5 Bijlage 5: Differentiestaat

Bijlage 5 is een differentiestaat, waarin hoogten en de hoogteveranderingen van de peilmerken worden gepresenteerd. De gepresenteerde hoogten van deze meting zijn niet gecorrigeerd voor externe invloeden.

In de eerste kolom staan de peilmerknnummers. De volgende kolom bevat het jaar van de nulmeting van de peilmerken. Vervolgens wordt de berekende NAP-hoogte ten tijde van de nulmetingen gepresenteerd.

De volgende kolommen hebben betrekking op de twee herhalingsmetingen van 2003 en 2008. Per meting zijn weergegeven de berekende NAP-hoogte met daar achter de berekende differentie ten opzichte van de vorige meting. Onder deze differentie is tenslotte nog de totale differentie ten opzichte van 1970 weergegeven. Dit is het berekende verschil tussen de NAP-hoogte van de betreffende meting en de hoogte uit de tweede kolom (hoogte nulmeting)

## **6.6 Bijlage 6: Overzichtskaart met differenties 2003-2008**

Bijlage 5 is de overzichtkaart van het deformatienet met daarop afgebeeld de differenties ten opzichte van 2003. Op de overzichtkaart zijn de kringen genummerd, beginnend bij 1. De trajectnummers staan ook op deze overzichtstekening, relatie met de kringnummers is er niet (genummerd in Frl W2 van RWS DID).

## **6.7 Bijlage 7: opmerkingen betreffende resultaten**

Bijlage 7 bevat opmerkingen ten aanzien van de meetresultaten.

## **6.8 Bijlage 8: Coördinaten peilmerken**

Bijlage 8 is een lijst van alle gebruikte peilmerken in 2008 met de bijbehorende XY-coördinaten in het Rijksdriehoekstelsel. De nauwkeurigheid van de coördinaten is circa 10 meter (afgeschaald uit peilmerkkarten).

## **6.9 Bijlage 9: Goedkeuringsbrief RWS DID naar Staatstoezicht op de mijnen.**

Bijlage 9 is de brief, die RWS DID gestuurd heeft naar Staatstoezicht op de mijnen m.b.t. de goedkeuring van de uitgevoerde waterpassingen in Friesland en Groningen in 2008.

## Verantwoording

Dit rapport "Meetregister bij het meetplan Leeuwarden Oost en Oosterend, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Leeuwarden Oost en Oosterend" is onder verantwoordelijkheid van ondergetekende tot stand gekomen.

Drachten, maart 2009  
Ingenieursbureau Fugro-Inpark B.V.

Ing. H. Kooistra  
Projectmanager