



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

# **Ruimtelijk verdeling van stroming en waterhoogte**

## **Eindrapport: synthese metingen en 2D berekening**

RIZA rapport 2000.170x

Auteurs: N.G.M. van den Brink,  
J.F van den Born, P.Jesse, L.Schutte.

RIZA

Arnhem, november 2000





## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>7</b>
1.1 Probleemstelling.....	7
1.2 Doelstelling .....	7
<b>2 Methode .....</b>	<b>9</b>
2.1 Inleiding .....	9
2.2 Verzameling ruimtelijke gegevens waterhoogte en stroomsnelheid .....	9
2.3 Berekening ruimtelijke verdeling stroming en waterhoogte .....	13
<b>3 Confrontatie meetgegevens met modelresultaat.....</b>	<b>15</b>
3.1 Waterhoogte .....	15
3.2 Stroomsnelheid .....	21
<b>4 Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>26</b>
4.1 Conclusies .....	26
4.2 Aanbevelingen .....	27
<b>Referenties.....</b>	<b>29</b>
<b>Bijlagen.....</b>	<b>30</b>
1 Hoofdfile invoer Waqua .....	31
2 Tijdstippen uitvoer map-files .....	38
3 Waarnemingen ADCP.....	39
4 Afwijkingen op de msw stations hw 1998.....	40
5 Afwijkingen berekende waterhoogtes 1998.....	41
6 Afwijkingen berekende - gemeten snelheden hw 1998 .....	42

---

## Lijst met figuren

Figuur 1 Overzichtskaart splitsingspunt Pannerdense kop. ....	8
Figuur 2 Gemeten waterhoogte Pannerdense kop 5 november 1998. ....	10
Figuur 3 Gemeten waterhoogte Pannerdense kop 6 november 1998. ....	10
Figuur 4 Afvoeren gemeten en berekend volgens ADCP en Ott hw 1998. ....	11
Figuur 5 Afvoeren uit Q-f relatie en gemeten door Ott en ADCP hw 1998. ....	14
Figuur 6 Waterstanden Lobith en Pannerdense kop hw 1998. ....	15
Figuur 7 Frequentieverdeling hoogteverschillen hw 1998. ....	16
Figuur 8 Frequentieverdeling gefilterde hoogteverschillen hw 1998. ....	16
Figuur 9 Ruimtelijke verdeling hoogteverschillen hw 1998. ....	18
Figuur 10 Frequentieverdelingen berekende - gemeten snelheden per dag. ....	21
Figuur 11 Frequentieverdeling snelheids verschillen hw 1998. ....	22
Figuur 12 Ruimtelijke snelheids-verschillen hw 1998. ....	22
Figuur 13 Gemeten en berekende afvoer verdeling hw 1998. ....	23

## Lijst met tabellen

Tabel 1 Afvoerbepaling zonder en met richting. ....	12
Tabel 2 Hoogteverschillen per ecotoop. ....	19
Tabel 3 Een selectie van de afwijkingen per ecotoop. ....	20
Tabel 4 Overzicht gemiddelde snelheidsafwijkingen ....	21
Tabel 5 Snelheidsafwijkingen per ecotoop. ....	24



---

# Samenvatting

---

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland is een ruimtelijke verificatie van de nieuwe Waqua Rijntakken schematisatie uitgevoerd. In de eerste week van November 1998 zijn daarvoor, tijdens hoogwater, de stroming en waterhoogte tussen Lobith, Kekerdome en Pannerden gemeten. De waterhoogte is gemeten met laseraltimetrie en de stroomsnelheden zijn gemeten met ADCP.

Vervolgens is, conform de methode voor het vaststellen van de MHW standen, een Waqua Rijntakken schematisatie gemaakt voor het nabootsen van bovengenoemd hoogwater van 1998. Met dit model zijn waterhoogtes en stroomsnelheden tijdens het hoogwater berekend.

Vervolgens zijn de verschillen bepaald tussen de gemeten en berekende waterhoogtes en stroomsnelheden. Deze verschillen zijn in ruimtelijke zin geanalyseerd en gepresenteerd.

Hieruit wordt geconcludeerd dat het model de waterhoogte ruimtelijk berekend met een afwijking van gemiddeld -10 cm voor 5 november 1998 tot +5 cm op zes november 1998, beiden met een standaardafwijking van ongeveer 10 cm. Daarbij zijn de afwijkingen in het winterbed over het algemeen groter dan in het zomerbed.

Voor wat betreft de stroomsnelheden wordt geconcludeerd dat de gemiddelde afwijking van de berekende stroomsnelheid ten opzichte van de met ADCP gemeten stroomsnelheid -0.042 tot 0.070 m/s bedraagt met een standaardafwijking van 0.22 tot 0.26 m/s. Alle snelheden zijn daarbij verticaal gemiddeld. Over het algemeen worden de stroomsnelheden in het zomerbed door het model overschat en die in het winterbed onderschat.

In het onderzoek zijn afwijkingen tussen de gemeten en berekende stroomsnelheden per ecotoop vergeleken. Over het algemeen zijn de variaties per ecotoop groot in vergelijking met de gemiddelde afwijking. Dit betekent dat in de meeste gevallen geen correlatie is tussen het ecotoop en de afwijkingen die zijn gevonden. Hierop kan een uitzondering worden gemaakt voor schraalgrasland en stroomdalgrasland. De in deze ecotopen gemeten stroomsnelheden zijn in vrijwel alle gevallen groter dan berekend. Gezien het geringe aantal raaien waarover meetinformatie is verzameld is het echter niet zeker dat een onjuiste ruwheid van de ecotopen de oorzaak is van deze afwijkingen.

Daarnaast is vastgesteld dat de berekende stroomsnelheidsverdeling over de breedte van het zomerbed (verticaal gemiddelde snelheden) systematisch afwijkt van de werkelijk gemeten verdeling. De afwijkende stroomsnelheidsverdeling kan veroorzaakt worden door een te grote uitwisseling van impuls met de oever, bv als gevolg van een te grote eddy viscosity, of door een te grote ruwheid van de kribvakzone tussen normaal en oeverlijn inclusief de kribben.

---

De gesignaleerde verschillen tussen de berekende en gemeten waterhoogtes en stroomsnelheden zijn groot genoeg om een nader onderzoek ter verklaring van deze verschillen aan te bevelen.

In de eerste plaats moet duidelijk worden in hoeverre de combinatie van een afwijkende stroomsnelheid en waterdiepte leidt tot een onjuiste afvoerdeling tussen zomer en winterbed. Vervolgens moet duidelijk worden gemaakt waardoor de afwijkingen worden veroorzaakt. Tenslotte moet worden onderzocht of de afwijkingen verkleind kunnen worden door aanpassing van de modelparameters.

---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Probleemstelling

Voor de bescherming tegen overstroming is kennis van de verdeling van afvoer over de breedte van de rivier van cruciale betekenis. In het kader van het Deltaplan Grote Rivieren is een tweedimensionaal hydraulisch model van de Rijntakken gemaakt. Dit model is in staat de afvoerverdeling over de breedte van de rivier nauwkeurig te berekenen mits het afdoende en op de juiste wijze is geijkt.

Het -in de zomer van 2000- vervaardigde model is geijkt met behulp van de gemeten waterstanden op de MSW stations. Ook de verificatie wordt in eerste instantie gebaseerd op de waterhoogtes op alle relevante MSW stations. Met deze meetinformatie is het vrijwel onmogelijk om vast te stellen of het model ook in het winterbed de juiste waterhoogtes en stroomsnelheden berekent. Toch is het wel noodzakelijk dat het model ook daar de juiste waarden berekent.

In opdracht van de Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland is onderzocht of de ruimtelijke verdeling van stroming en waterhoogte zoals berekend door '*het Waqua model van de Rijntakken*' in overeenstemming is met de werkelijke situatie tijdens een hoogwater. Het voor u liggende rapport is de eindrapportage van dit onderzoek.

## 1.2 Doelstelling

Het primaire doel van de studie is een rechtstreekse verificatie van door '*het Waqua model van de Rijntakken*' berekende stroomsnelheden en waterstanden over de volle breedte van de rivier. Het onderzoek richt zich daarmee op het vaststellen van verschillen tussen berekende en gemeten waterhoogtes en verschillen tussen berekende en gemeten stroomsnelheden. Beide componenten (waterhoogte en stroomsnelheid) worden daarbij over de volledige breedte van de rivier vergeleken.

Vanwege het experimentele karakter van het onderzoek richten we ons daarbij op een proefgebied van beperkte omvang.

Wij beogen hiermee een antwoord te kunnen geven op de volgende vragen:

1. Is de berekende afvoerverdeling tussen zomer en winterbed juist?
2. Hoe nauwkeurig is de berekende afvoerverdeling?
3. Hoe nauwkeurig zijn de stroomsnelheden?
4. Is de gehanteerde eddy viscosity juist?
5. Zijn de ruwheden van de diverse begroeiingstypen juist?
6. Zijn de zomerbedruwheden juist?



## Secundaire vragen

Om de voorgaande vragen te kunnen beantwoorden moesten echter eerst een aantal andere vragen worden beantwoord.

1. Is het mogelijk om tijdens hoogwater waterhoogtes ruimtelijk in te meten met behulp van laseraltimetrie?
2. Met welke nauwkeurigheid kan de waterhoogte worden gemeten?
3. Is het mogelijk om met ADCP in uiterwaarden stroomsnelheden te meten?
4. Met welke nauwkeurigheden kunnen stroomsnelheden worden gemeten?

De vragen 1 en 2 zijn beantwoord in de voorafgaande deelrapportage '*analyse waterhoogtemetingen met laseraltimetrie van de Rijn bij Pannerden*' MS2000+.99.08 (A.E.Bollweg en R.van Heerd)' Hierin blijkt dat de waterhoogte met laseraltimetrie ruimtelijk in beeld kan worden gebracht met een nauwkeurigheid van 3 tot 8 centimeter.

De vragen 3 en 4 zijn beantwoord in de '*ADCP meetgegevens Hoogwater oktober 1998 (AV65 Schroevers en Meijer 1999)*'. Het blijkt mogelijk de stroomsnelheden over de hele breedte van de rivier te bepalen. Daarbij blijken de gemeten afvoeren onderling consistent en niet afhankelijk van het gebruikte meetvaartuig.

Toch zijn deze antwoorden niet uitputtend en waar nodig zullen we er in dit rapport nader op ingaan.

## Keuze proefgebied

Bij voorkeur hadden we voor dit onderzoek een recht rivierstuk uitgekozen met laaggelegen zomerkades<sup>1</sup>. We achtten het echter noodzakelijk dat de afvoer van het proefgebied ook met de Ott molen wordt gemeten en dat er in het gebied tenminste 2 msw stations aanwezig zijn. Dit betekende dat, op de vooravond van het hoogwater het gebied benedenstrooms van de splitsingspunten afviel en dat de keuze is gevallen op het proefgebied rond de Pannerdense kop.

**Figuur 1** Overzichtkaart splitsingspunt Pannerdense kop.



<sup>1</sup> De gedachten gingen daarbij in eerste instantie uit naar de kilometer 950-955 op de IJssel.

---

## 2 Methode

---

### 2.1 Inleiding

In deze studie zijn de waterhoogte en stroomsnelheden van het proefgebied tijdens hoogwater zoveel mogelijk ruimtelijk in kaart gebracht. Vervolgens zijn de waarnemingen vergeleken met de door het Waqua model van de Rijntakken berekende waarden.

### 2.2 Verzameling ruimtelijke gegevens waterhoogte en stroomsnelheid

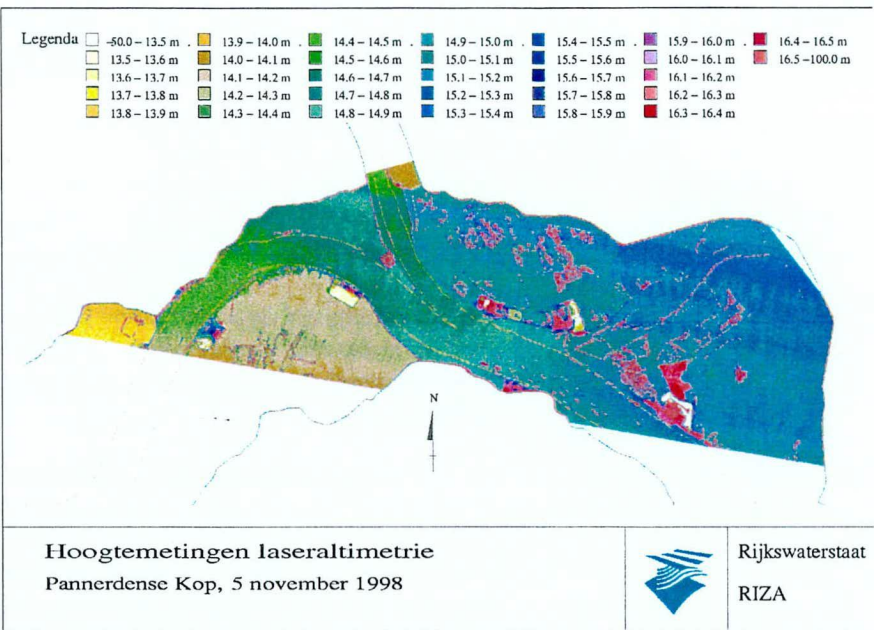
#### 2.2.1 Waterhoogte

In het najaar van 1998 is op 5 november van 10:24 tot 17:12 en op 6 november van 10:20 tot 11:46 met laseraltimetrie de waterhoogte rond de Pannerdense kop in kaart gebracht. De resultaten van deze metingen zijn beschreven in de *'Analyse van Waterhoogtemetingen van de Rijn bij Pannerden, MS 2000+.99.08 A.E. Bollweg en R.van Heerd 1999'*.

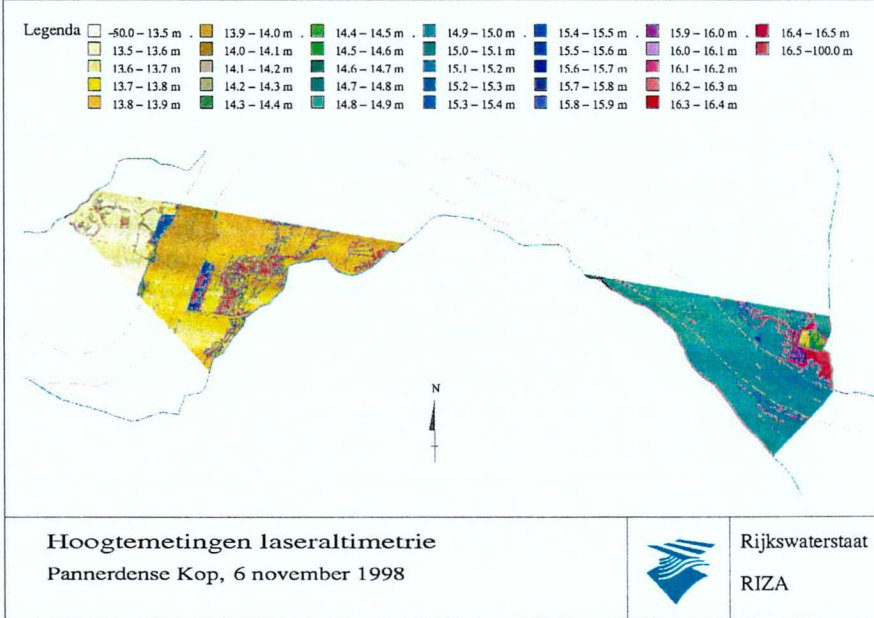
Het resultaat van deze twee metingen is te zien in de volgende figuren 2 en 3. Hierin zijn alle metingen van één dag op één kaart afgebeeld. Op verhard oppervlak was de gemiddelde afwijking -0.01 m met een standaard afwijking van 0.07 m. De met laser gemeten waterhoogte in de nabije omgeving van het msw station Pannerdense kop was 3 cm hoger dan de meetwaarde van het station zelf. Rond peilschalen op km 870 en 865 werden met laser resp 8 cm lagere en 3 cm hogere waterstanden gemeten.



Figuur 2 Gemeten waterhoogte  
Pannerdense kop 5 november  
1998.



Figuur 3 Gemeten waterhoogte  
Pannerdense kop 6 november  
1998.



We kunnen zien dat op 5 november het noordoostelijke deel is gevlogen en op 6 november het zuidwestelijke deel. De figuren laten ook zien dat de laser niet alleen het oppervlak in meet. Dit is onder meer te zien aan de bosbegroeiingen in het winterbed (rood) en de schepen op de Bovenrijn en Waal (rood).

Verder zijn met name in figuur 2 goed de vlucht banen van noordwest naar zuidoost te zien. Dit beeld wordt veroorzaakt door een onvoldoende nauwkeurige verwerking van de ruwe meetgegevens. Momenteel wordt onderzocht of dit zogenaamde 'smile' effect ongedaan kan worden gemaakt.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat de kaartbeelden van 5 en 6 november geen momentopname zijn maar een periode van respectievelijk 7 en 2 uur beslaan.

### 2.2.2 Stroomsnelheid

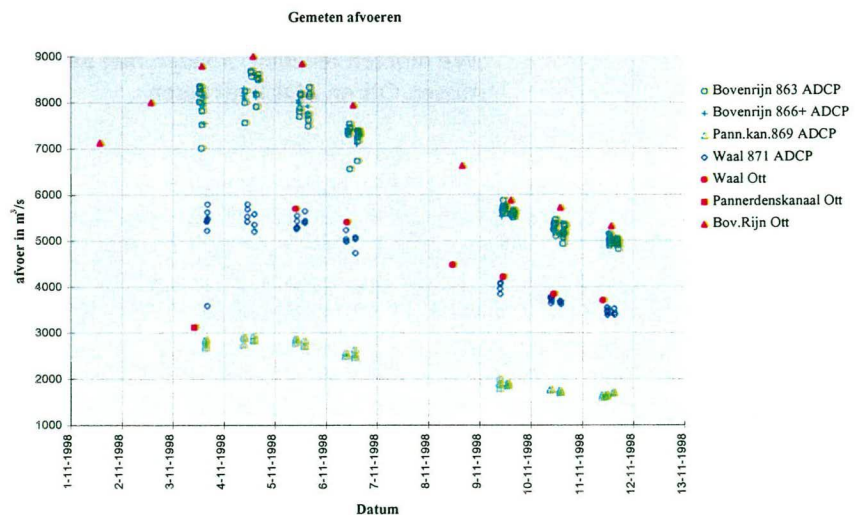
In de periode van 3 tot 11 november 1998 zijn in het proefgebied de stroomsnelheden gemeten met de ADCP. De metingen zijn gerapporteerd in 'De ADCP meetgegevens Hoogwater oktober 1998 (AV65 Drs.M. Schroevers, en DRS.P.E.Meijer 1999)'. In Bijlage 3 is een overzicht opgenomen van de verrichte metingen.

De metingen zijn uitgevoerd in een vijftal raaien die het gebied rond de Pannerdense kop insluiten. Een raai op de Bovenrijn (kvr 862.900) is de standaard meetraai voor afvoermetingen op de Bovenrijn. Op deze raai zijn in dezelfde periode ook Ott metingen verricht ter vergelijking. Ook op het Pannerdens en de Waal zijn in dezelfde periode Ott metingen verricht.

Beoogd was dat de Ott metingen en de ADCP metingen op vergelijkbare wijze zouden worden uitgewerkt zodat een vergelijking van Ott en ADCP zou kunnen worden uitgevoerd. Door onbekende oorzaak konden de Ott metingen door de opdrachtgever niet op tijd worden uitgewerkt zodat de vergelijking tussen Ott en ADCP in dit onderzoek is komen te vervallen. Dit vergelijk zal wel uit worden gewerkt in het kader van de verbetering van het landelijke fysische meetnet.

Hoewel een volledige vergelijking en analyse van de Ott-metingen met de ADCP metingen niet kon worden uitgevoerd, beschikten we wel over voldoende gegevens om de Ott metingen met ADCP metingen op afvoerniveau te kunnen vergelijken. Het verloop van de afvoer berekend op grond van beide meetmethoden wordt weergegeven in de volgende figuur 4.

Figuur 4 Afvoeren gemeten en berekend volgens ADCP en Ott hw 1998.



We zien dat de ADCP afvoeren systematisch lager uitvallen dan de Ott afvoeren. Gemiddeld genomen vallen de ADCP afvoeren zo'n 5% lager uit dan de Ott metingen. Omdat het bij de bepaling van Ott afvoeren voor de Bovenrijn gebruikelijk is de richting buiten beschouwing te laten is het mogelijk dat hieruit het verschil kan worden verklaard. Immers als geen rekening wordt gehouden met de richting wordt impliciet aangenomen dat alle stroming haaks op de raai plaatsvindt. Hierdoor wordt de afvoer systematisch overschat.

Deze hypothese is getoetst door met de ADCP meetgegevens betreffende de gemeten stroomsnelheid en richting, de afvoer te bepalen met en zonder



richting. Dit is gedaan voor 9 meetraaien op 6 november. Het resultaat is te zien in de volgende tabel 1.

Tabel 1 Afvoerbepaling zonder en met richting.

Metingen Rasse km 863,900 BR 6/11/1998 + tijden	Q tot incl richting	Q tot exclusief richting	Procentueel verschil
11:16	7625.231	7680.465	0.724
11:24	6865.636	6936.128	1.027
11:31	7864.384	7955.346	1.157
11:38	7514.153	7588.786	0.993
11:46	7432.620	7484.685	0.700
Gemiddelde	7460.405	7529.082	0.921
Standaarddeviatie	358.879	365.461	
Procentueel	0.048	0.049	
15:34	7431.508	7500.876	0.933
15:41	7415.228	7474.780	0.803
15:48	7599.170	7664.553	0.860
15:56	7338.035	7381.951	0.598
Gemiddelde	7445.985	7505.540	0.800
Standaarddeviatie	95.229	101.891	
Procentueel	0.013	0.014	

De overschatting van de afvoer is voor de betreffende raai dus met 0.6 tot 1.2% (laatste kolom) betrekkelijk klein en verklaart niet de grote verschillen tussen de Ott en ADCP afvoeren zoals te zien in figuur 4. Verder laat de tabel zien dat de standaarddeviatie van de achtereenvolgende metingen vrij aanzienlijk is.

Geconcludeerd wordt dat de richting geen verklaring vormt voor de verschillen. We moeten rekening houden met een systematisch verschil van circa 5% tussen Ott en ADCP afvoeren.

## 2.3 Berekening ruimtelijke verdeling stroming en waterhoogte

De berekening van de waterhoogtes en stroomsnelheden is gedaan met het Rijntakkenmodel. Hieronder wordt het volgende verstaan:

- a. Een model via *baseline* aangemaakt met de meest relevante (hw 1998) en meest actuele riviergeometrische gegevens van het gebied,
- b. Model met ruwheden zoals vooraf door IJking en verificatie bepaald,
- c. Model met een bovenrandvoorwaarde bepaald uit Q-f relatie zoals ook gebruikt voor IJking en verificatie (referentie),
- d. Model met laterale toestromingen bepaald met Premas,
- e. Model met gemeten ws als benedenrandvoorwaarden op Werkendam, Krimpen aan de Lek en Ramspol brug.
- f. Model met stuwsturing zoals formeel geldig op betreffende datum.

### 2.3.1. Geometrie

- bodem*. Voor het model is de bodemhoogte van 1997 gebruikt.
- overlaten*. Voor het model zijn de overlaten van de database van 1995 gebruikt.
- begroeiing*. Voor het model is de ecotopenkaart van 1995 gebruikt.

### 2.3.2. Ruwheden

- zomerbed* Voor het zomerbed zijn de nader ingeregelde zomerbed-ruwheden gebruikt (zg ruw.karak23-18). Deze ruwheden zijn ingeregeld met het hoogwater van 1995 (grootste afwijking van de top op MSW-station 2.5cm). Rapportage van deze inregelingen is in voorbereiding en wordt verricht in het Randvoorwaardenboek 2001. Deze ruwheden zijn toegesneden op de reproductie van waterstanden bij extreme afvoeren en zullen waarschijnlijk ook van toepassing zijn voor de komende mhw 16.000 vaststelling.
- winterbed* Voor het winterbed zijn de ruwheden gebruikt die zijn vastgesteld bij de verkennende inregeling (*Verkenning inregeling ruwheden Waqua model Rijntakken, PR321 Visser & Duits HKV feb 2000*).

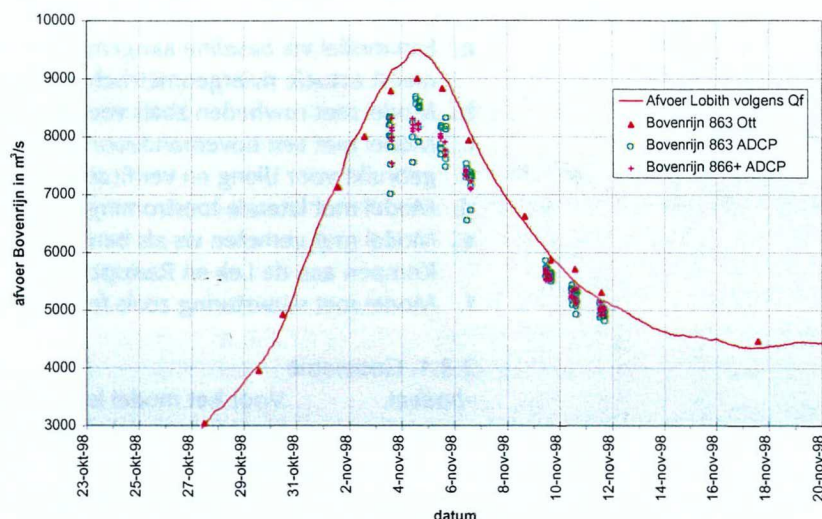
### 2.3.3. Begin en randvoorwaarden

- initieel* De initiële randvoorwaarde is ontleend aan de calibratieschematisatie en komt overeen met de situatie bij een afvoer van 1000 m<sup>3</sup>/s. De initiële randvoorwaarde wordt geacht geen invloed te hebben op het resultaat, daar de relevante simulatieperiode 11 dagen van de initiële verwijderd is.
- Lateralen* De laterale uitwisselingen zijn bepaald met Premas. Aangezien de laterale uitwisselingen plaatsvinden benedenstroom van km 872 zijn deze voor het onderhavige onderzoek van ondergeschikt belang.
- Benedenranden* Voor de benedenranden zijn de gemeten uurwaterstanden van Werkendam, Krimpen aan de Lek, en Ramspol brug gebruikt.
- Bovenrand* Voor de bovenrand is de afvoer gebruikt die is bepaald met de momenteel geldende Q-f relatie voor Lobith (Van Vuuren 1999) Deze afvoerreeksen worden gegenereerd op basis van meerjarige regressie.

#### Afwijking Q-f en gemeten afvoeren

Geconstateerd is dat er een belangrijk verschil is tussen de gemeten afvoeren en de op basis van de Q-f relaties berekende afvoeren. Dit is te zien in de volgende figuur 5.

Figuur 5 Afvoeren uit Q-f relatie en gemeten door Ott en ADCP hw 1998.



Afwijkingen tussen de twee benaderingen zijn niet ongebruikelijk maar de afwijking in de voorgaande figuur is maar liefst 4 tot 5% voor de Ott en bijna 10% voor de ADCP. Deze afwijking wordt erg groot geacht.

Toch wordt bewust gekozen voor een afvoer op basis van de Q-f relatie. Deze regressie is namelijk ook bij de calibratie gebruikt. Het model is afgeregeld voor afvoeren op basis van de Q-f relatie en derhalve ook daarvoor geldig.

#### 2.3.4. Overige bijzonderheden

Voor een overzicht van de overige parameters wordt verwezen naar bijlage 2 waarin de Waqua hoofdinvoerfile is opgenomen.

De gehanteerde stuwsturing is de momenteel geldige stuwsturing (overeenkomstig de Calibratie en Verificatie).

Om de hoeveelheid gegenereerde data uitvoer te beperken wordt op een beperkt aantal tijdstippen uitvoer gegenereerd. Aansluitend op de meetvensters van de ADCP metingen en de lasermeting is daarvoor het venster tussen 3 november 1998 om 10:00 uur, en 11 november om 16:00 uur. Tussen deze tijden wordt om de 6 uur een kaart weggeschreven (zie bijlage 3 voor een volledig overzicht).



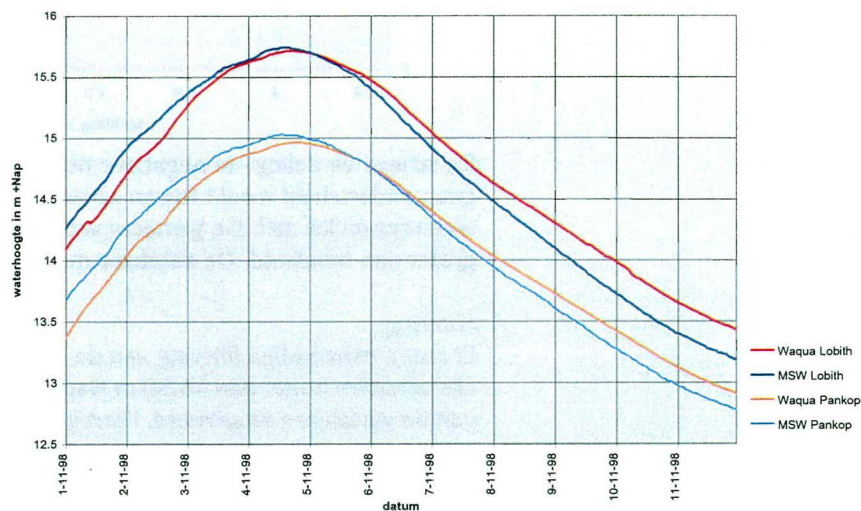
# 3 Confrontatie meetgegevens met modelresultaat

## 3.1 Waterhoogte

### MSW

Van de berekening zijn allereerst de waterstanden op de MSW stations van belang. In de volgende twee figuren is het verloop van de gemeten en berekende waterstanden te zien voor de MSW-stations Lobith en Pannerdense Kop (blauw gemeten oranje berekend).

Figuur 6 Waterstanden Lobith en Pannerdense kop hw 1998.



We zien dat het model de waterstanden vlak voor de top slechter nabootst dan vlak erna. De gemiddelde afwijking tussen de berekende en gemeten waterstand bedraagt voor de periode van de laseraltimetriemeting (uur 856 tm 874) voor de Pannerdense kop slechts 7 mm en voor Lobith 7 centimeter. Beide stations worden in de betreffende periode gemiddeld te hoog berekend ten opzichte van de waarnemingen van de MSW stations.

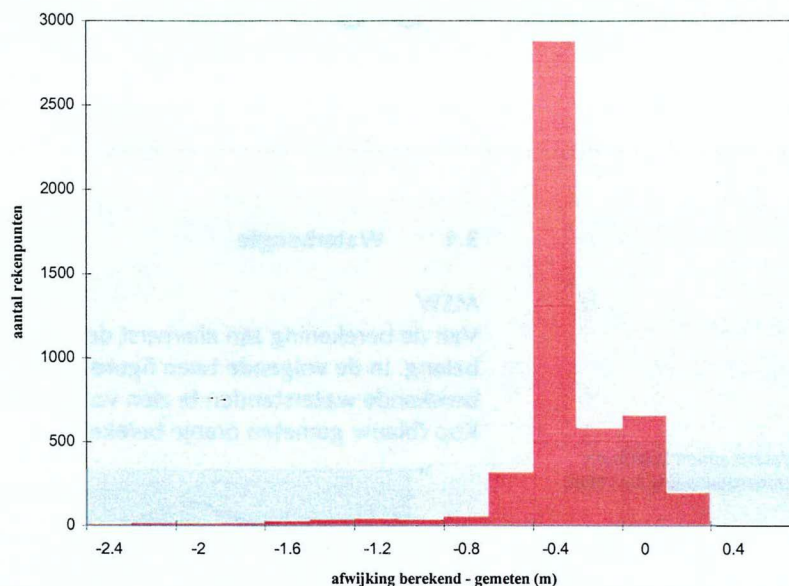
### Laserhoogtes

De met laser gemeten hoogtes zijn met de berekende waterhoogtes vergeleken voor de twee genoemde dagen. Te weten:

	Gemeten	Berekend
Dataset I	5 nov 10:24 tot 17:12	5 nov 16:00
Dataset II	6 nov 10:21 tot 11:46	6 nov 10:00

De database van de verschillen, berekend min gemeten, die hieruit naar voren komt is scheef verdeeld zoals te zien is in de volgende figuur.

**Figuur 7** Frequentieverdeling hoogteverschillen hw 1998.

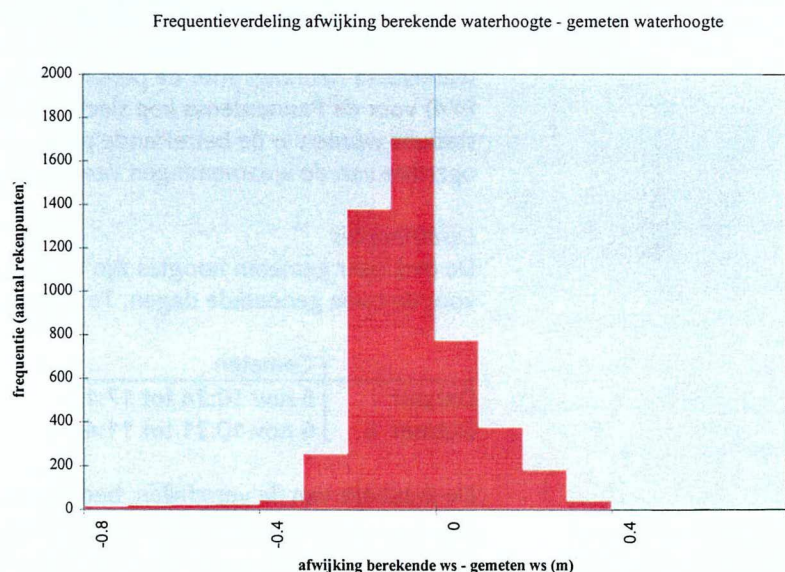


De scheve verdeling –in negatieve richting- wordt veroorzaakt doordat de laser geen onderscheid maakt tussen objecten boven het water en het wateroppervlak zelf. De gemeten waterhoogte is daardoor dikwijls aanzienlijk groter dan berekend. De database moet daarvoor gefilterd worden.

#### Filtering

Er is een eenvoudige filtering van de laseraltimetrie data uitgevoerd hierbij zijn: alle waarden hoger dan 16.50 m Nap zijn verwijderd. Daarnaast is een filtering van de verschillen uitgevoerd. Hierbij zijn alle afwijkingen groter dan 2x de standaardafwijking ( $2 \times 0.35$  m) en alle niet actieve Waqua rekenpunten niet in de vergelijking meegenomen. Deze filters reduceren de database tot de volgende frequentieverdeling.

**Figuur 8** Frequentieverdeling gefilterde hoogteverschillen hw 1998.



Voor 5 november is de gemiddelde afwijking -0.11 m en de standaard afwijking 0.11 m. Voor 6 november is de gemiddelde afwijking +0.05 en de standaard afwijking wederom 0.11 m. De waarnemingen van de tweede datum liggen gemiddeld genomen dus dicht bij de waarneming dan de eerste. De water-

---

stand is in het model langzamer gedaald dan in werkelijkheid het geval was. Deze indruk wordt bevestigd door het verloop op de MSW stations zoals weer gegeven in figuur 6.

De afwijking tussen berekende en gemeten waterstanden op de Pannerdense kop (ca -5 cm) is bij vergelijking met lasermetingen groter dan bij vergelijking met de MSW waterhoogtes. Dit heeft twee oorzaken. In de eerste plaats zijn de met laser gemeten waterhoogtes ca. 3 tot 8 cm hoger dan de door MSW en peilschalen gemeten hoogtes ('A.E. Bollweg en R.van Heerd 1999'). Daarnaast heeft de lasermeting rond de Pannerdense kop relatief -in vergelijking met de andere waarnemingen- vroeg plaatsgevonden (op 5 november van 11:57 tot 13:00). De gegevens van de Waqua berekening zijn bijna vier uur later (5 nov 16:00) waarbij de waterstand op de Pannerdense kop al weer 2 cm (volgens MSW) is gedaald. - -

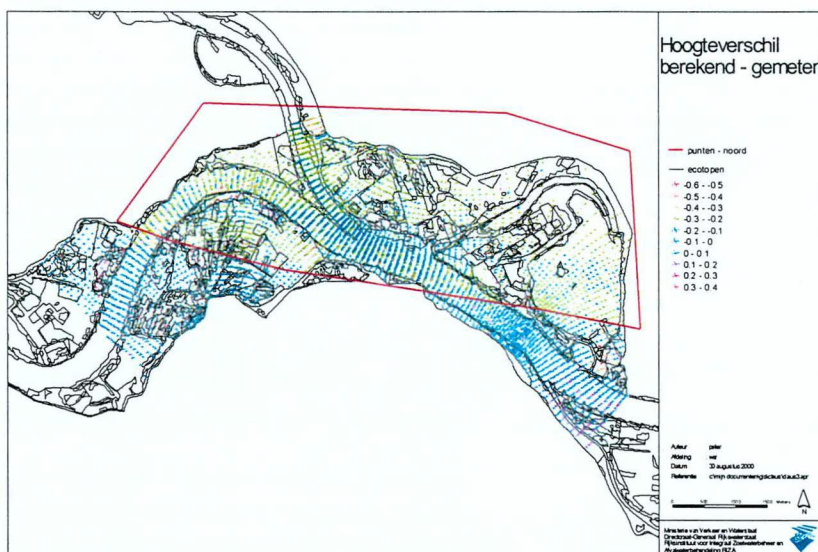
De nauwkeurigheid van de lasermeting is voldoende gebleken om de gegevens op uurbasis uit te kunnen werken. Dit betekent dat, als we de maximale nauwkeurigheid willen bereiken, we de meetwaarnemingen op moeten splitsen per uur.

Hiermee is in het hier beschreven onderzoek geen rekening gehouden. We nemen genoeg met een nauwkeurigheid van ongeveer een 5 cm met een standaardafwijking van naar schatting ongeveer 10 cm en we concentreren ons op de ruimtelijke aspecten die naar voren komen.



De gefilterde dataset met voorgenoemde frequentieverdeling uit figuur 8 zijn in de volgende kaart en in bijlage 5 ruimtelijk afgebeeld.

Figuur 9 Ruimtelijke verdeling hoogteverschillen hw 1998.



De tweedeling in de figuur 9 valt samen met de 2 meetdata (in kader 5 november; buiten kader 6 november).

In de volgende tabel 2 zijn de gemiddelde afwijkingen en de standaardafwijkingen van de waterhoogtes op vijf november in diverse ecotopen opgenomen.

De gegevens zijn gesorteerd op de grootte van de standaard afwijking en ecotopen waarin minder dan 10 rekenpunten vallen zijn verwijderd. Hieruit volgt dat de bovenste ecotopen de minste spreiding rond het gemiddelde vertonen. Met name daar waar dit samengaat met een groot aantal rekenpunten kunnen potentieel nauwkeurige uitspraken worden gedaan. Zo kunnen we vaststellen dat de waterhoogte in aangekoppelde zand en grindgaten in meer dan 68% van de gevallen meer dan 6 cm lager wordt berekend dan gemeten ( $-0.118 \pm 0.057$  m). Ook in het zomerbed (diepe bedding) worden de waterstanden overwegend lager berekend dan waargenomen met de laser. De verschillen zijn hier echter klein (gemiddels 8.4 cm) in vergelijking met de variaties rondom het gemiddelde (standaard afwijking 0.088 m). Dit geldt temeer daar we rekening moeten houden met de beperkte nauwkeurigheid van de vergelijking.



Tabel 2 Hoogteverschillen per ecotoop.

Ecotoop	aantal waqua rekenpunten	gemiddelde afwijking berekend - gemeten 5nov	standaard afwijking	RES Code
Verharde oeverwal	42	-0.193	0.037	ROr-4
Afgesloten/stagnante strang	70	-0.135	0.046	RWs-2
Onbegroeide oeverwal	14	-0.066	0.053	ROk-1
Oeverwal akker	50	-0.109	0.056	ROr-3
Hoogwatervrije akker	118	-0.127	0.057	RHr-2
Aangekoppeld zand/grindgat	270	-0.118	0.057	RWp-1
Uiterwaard produktiegrasland	59	-0.099	0.063	RUg-3
Oeverwal met rivierduinvorming	20	-0.118	0.065	ROr-1
Soortenarme oeverwalruigte	47	-0.095	0.072	ROr-2
Afgesloten zand/grindgat	109	-0.146	0.072	RWp-2
Oeverwal stroomdalgrasland	49	-0.123	0.079	ROg-1
Diepe bedding	1300	-0.084	0.088	RZd-1
Oeverwal produktiegrasland	362	-0.112	0.088	ROg-3
Structuurrijke oeverwalruigte	43	-0.125	0.091	ROr-2
Structuurrijk uiterwaardgrasland	81	-0.088	0.095	RUg-1
Hoogwatervrij produktiegrasland	175	-0.135	0.098	RHg-3
Hoogwatervrij schraalgrasland	62	-0.122	0.106	RHg-1
Onbegroeid hoogwatervrij terrein	21	-0.138	0.136	RHk-1
Structuurrijke uiterwaarduigte	27	-0.138	0.140	RUr-1
Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein	23	-0.113	0.159	RHr-1
Oeverwal zachthoutstruweel	12	-0.213	0.166	ROb-4
Moerasruigte	33	-0.195	0.169	RMr-1
Moerassig zachthoutstruweel	28	-0.273	0.200	RMb-3
Hoogwatervrij bos (zachthout)	11	-0.270	0.224	RHb-1
Moerassig zachthoutoobos	10	-0.427	0.231	RMb-2
Oeverwal produktiebos (hardhout)	11	-0.337	0.274	ROb-5

Aan de onderzijde van de tabel 2 zien we de ecotopen met een grote spreiding rondom het gemiddelde. Het is opvallend dat alle houtachtige begroeiingen (bossen en struwelen) onderin de tabel voorkomen. Het is waarschijnlijk dat de waargenomen hoogtes in deze begroeiingen ondanks de filtering voor een deel de vegetatie zelf betreft. Hierdoor vallen de gemiddeldes en de standaardafwijkingen in deze begroeiingen groot uit. Om voor deze begroeiingen een goede vergelijking te kunnen maken moet de database van de lasermetingen beter gefilterd worden.

#### *Waterhoogte zomer en winterbed*

Als we de onzekere houtachtige ecotopen buiten beschouwing en de tabel 2 sorteren naar gemiddelde afwijking dan volgt het volgende overzicht uit tabel 3. Dit overzicht laat zien dat in het zomerbed en op een aantal oeverwal ecotopen de kleinste gemiddelde fout wordt gemaakt. In afgesloten wateren en hoogwatervrije gebieden daarentegen worden relatief grote fouten gemaakt.

Dat er maar liefst 410 actieve Waqua rekenpunten in hoogwatervrije ecotopen vallen komt doordat de kwalificatie hoogwatervrij in de ecotopenkaart nogal onnauwkeurig is. We moeten het begrip hoogwatervrij hier interpreteren als relatief hoog gelegen.

Tabel 3 Een selectie van de afwijkingen per ecotoop.

Ecotoop	aantal punten	gemiddelde afwijking berekend - gemeten 5nov	standaard afwijking	Code
Verharde oeverwal	42	-0.193	0.037	ROr-4
Afgesloten zand/grindgat	109	-0.146	0.072	RWp-2
Onbegroeid hoogwatervrij terrein	21	-0.138	0.136	RHk-1
Hoogwatervrij produktiegrasland	175	-0.135	0.098	RHg-3
Afgesloten/stagnante strang	70	-0.135	0.046	RWs-2
Hoogwatervrije akker	118	-0.127	0.057	RHr-2
Structuurrijke oeverwalruigte	43	-0.125	0.091	ROr-2
Oeverwal stroomdalgrasland	49	-0.123	0.079	ROg-1
Hoogwatervrij schraalgrasland	62	-0.122	0.106	RHg-1
Aangekoppeld zand/grindgat	270	-0.118	0.057	RWp-1
Oeverwal met rivierduinvorming	20	-0.118	0.065	ROr-1
Oeverwal produktiegrasland	362	-0.112	0.088	ROg-3
Oeverwal akker	50	-0.109	0.056	ROr-3
Uiterwaard produktiegrasland	59	-0.099	0.063	RUg-3
Soortenarme oeverwalruigte	47	-0.095	0.072	ROr-2
Structuurrijk uiterwaardgrasland	81	-0.088	0.095	RUg-1
Diepe bedding	1300	-0.084	0.088	RZd-1
Onbegroeide oeverwal	14	-0.066	0.053	ROk-1

Tabel 3 wekt de indruk dat de waterhoogte in en langs het zomerbed nauwkeuriger wordt berekend dan in het winterbed. Gemiddeld genomen zijn de afwijkingen in het winterbed immers groter dan in het zomerbed. Als we ervan uitgaan dat de laser een waterhoogtes +3 tot +8 centimeter overschat (Bollweg 1999), dan zijn de waterhoogtes in de diepe bedding (zomerbed) 1 tot 5 centimeter en in het plassen (zand en grind gaten) 6 tot 11 centimeter te laag berekend.

Omdat deze resterende verschillen van eenzelfde grootte zijn als de nauwkeurigheid van de toegepaste vergelijkingsmethode (5 cm), is het niet zeker dat de berekende waterhoogtes te laag zijn. Ook is gezien de onzekerheden in de winterbedecotopen niet zeker dat de waterhoogte in het winterbed te laag is, al lijkt dit wel aannemelijk.

Het verdient aanbeveling een nauwkeuriger filtering van de ruwe laser data uit te voeren om een meer nauwkeurige vergelijking te kunnen verrichten.



### 3.2 Stroomsnelheid

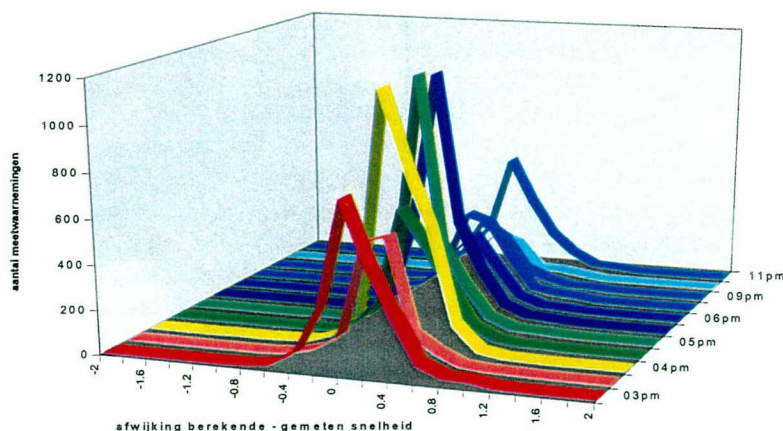
Om een vergelijking van de snelheidsmetingen met het model te kunnen maken zijn de gemeten stroomsnelheidsprofielen in de verticaal omgerekend in een verticaalgemiddelde grootte van de stroomsnelheid. De totale database bevat 18508 waarnemingen. Deze stroomsnelheden zijn vervolgens gegroepeerd naar het moment van waarneming in tijdsblokken (34 stuks) van 6 uur (zie bijlage 2). Per waarnemingsgroep is voor elke meting het verschil met de berekende stroomsnelheid in dezelfde periode bepaald. De volgende tabel bevat een overzicht van de gemiddelde afwijkingen en standaardafwijkingen van deze waarnemingsgroepen.

Tabel 4 Overzicht gemiddelde snelheidsafwijkingen

Waarnemingsgroep hoogwater 1998 <sup>2</sup>	gemiddelde afwijking berekend - gemeten in m/s	standaard afwijking berekend - gemeten in m/s
3 nov pm	-0.001	0.265
4 nov am	0.038	0.224
4 nov pm	0.055	0.216
5 nov am	0.034	0.236
5 nov pm	-0.019	0.211
6 nov am	-0.042	0.219
6 nov pm	0.070	0.246
9 nov am	0.042	0.243
9 nov pm	0.010	0.244
11 nov am	-0.007	0.253
11 nov pm	0.009	0.244

Uit deze tabel 4 blijkt dat de standaardafwijking van de afwijkingen niet al te sterk varieert tussen de verschillende meetdagen. De gemiddelde afwijking vertoont wel een duidelijke variatie maar geen duidelijke trend. De gemiddelde afwijking is overwegend positief. Dit wordt veroorzaakt door het verschil tussen de aan het model opgelegde afvoer (Q-f) relatie en de afvoer zoals door de ADCP bepaald die overwegend kleiner is (zie figuur 5). In de volgende figuur zijn de frequentieverdelingen samengevat.

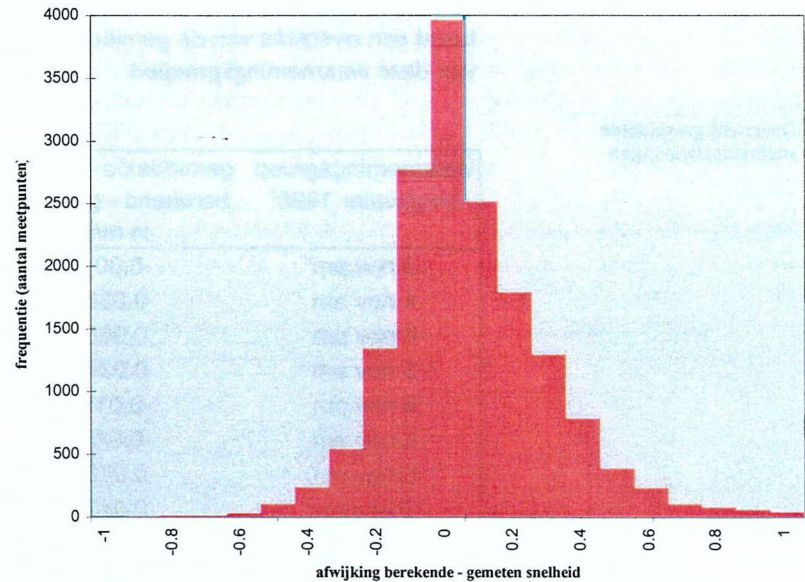
Figuur 10 Frequentieverdelingen berekende - gemeten snelheden per dag.



<sup>2</sup> In deze tabel ontbreken de 186 waarnemingen op de ochtend van 3 november. Deze meetgegevens konden niet worden verwerkt vanwege beperkingen aan de verwerkingsprogrammatuur (view.exe).

Voor de volgende ruimtelijke analyse is, om ons in staat te stellen de data met Excel te verwerken, de onderzochte database beperkt tot de metingen op de Bovenrijn Waal en het bovenste stuk van het Pannerdens kanaal. Bovendien zijn, om dezelfde reden de laatste 447 metingen van 11 november niet meegenomen. De resterende database bestaande uit 16336 waarnemingen is waarschijnlijk voldoende omvankelijk om uitspraken op te baseren. In de volgende figuur is de frequentieverdeling van deze verzameling als geheel samengevat.

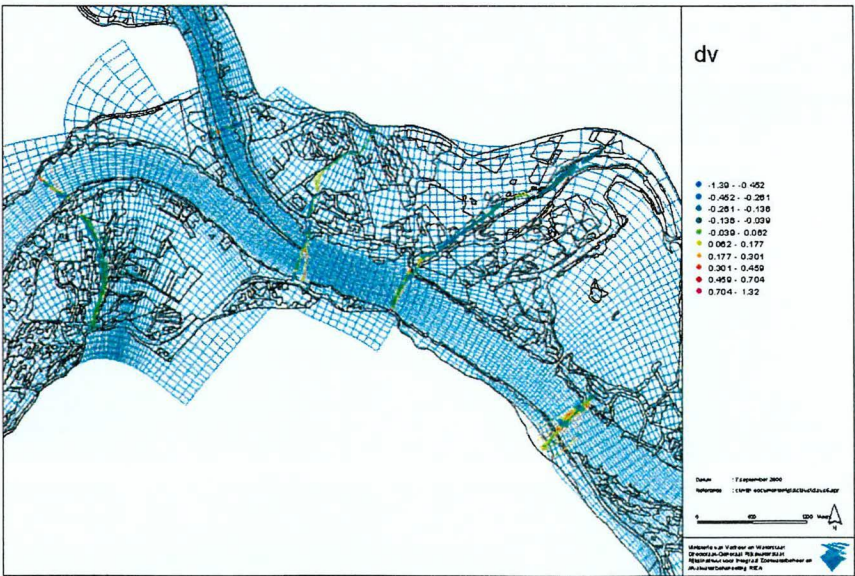
Figuur 11 Frequentieverdeling snelheids verschillen hw 1998.



De gemiddelde afwijking bedraagt daarbij +0.012 m/s met een standaardafwijking van 0.24 m/s.

De voorgaande dataset is in de volgende figuur 12 ruimtelijk afgebeeld. Daarbij zijn de verschillen tussen de berekende en gemeten snelheden afgebeeld op de positie van de ADCP meting. In Bijlage 6 is dezelfde figuur in A3 formaat te zien.

Figuur 12 Ruimtelijke snelheids- verschillen hw 1998.

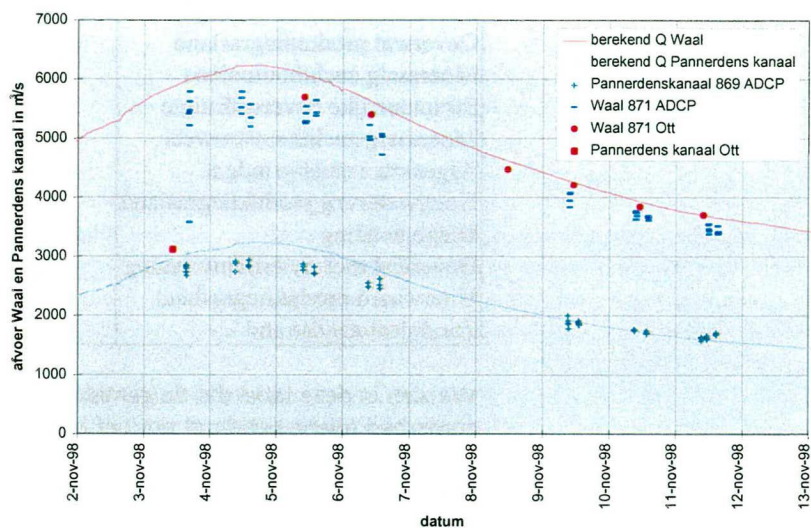




In de voorgaande figuur 12 is te zien dat de grootste absolute afwijkingen (rode en blauwe punten) tussen berekende en gemeten snelheden in het zomerbed liggen en vaak samenvallen met het Waqua rekenrooster. Op de Bovenrijn worden op overgangen van oever naar zomerbed in het zomerbed te hoge snelheden berekend. Naast deze zone wordt soms aan weerszijden de snelheid weer te laag berekend. Een soortgelijke indruk wekken ook de andere drie raaien op de splitsingspunt, de Waal en het Pannerdens kanaal. Te grote stroomsnelheden aan de oever en te kleine in de geul kunnen worden veroorzaakt door een onjuiste weerstand van de kribben of door een te grote impulsuitwisseling tussen zomerbed en oever.

Op het splitsingspunt wordt bovendien de indruk gewekt dat de stroming door het Pannerdens Kanaal te klein (blauw) is en die op de Waal te groot (geel). Als we naar de berekende afvoerdeling kijken en deze vergelijken met de meetwaarnemingen van de Ott dan is het inderdaad mogelijk dat er teveel water naar de Waal gaat<sup>3</sup>.

Figuur 13 Gemeten en berekende afvoerdeling hw 1998.



Verder laat figuur 12 zien dat in het winterbed over het algemeen te lage snelheden zijn berekend. Dit is des te opvallender daar de modelafvoer overwegend te groot is.

Om hier meer duidelijkheid in te krijgen is gekeken of de afwijkingen per ecotoop zijn gegroepeerd.

In de volgende tabel zijn de gemiddelde verschillen per ecotoop samengevat gesorteerd op gemiddelde afwijking.

<sup>3</sup> Dat de afvoerdeling de Waal bevoordeeld is heel wel mogelijk, daar de gehanteerde ruwheden zijn gebaseerd op de piekafvoer van 1995 (calibratie extreem hw). Met toenemende afvoer boven 6000 m³/s br neemt met name de ruwheid van het Pannerdens kanaal toe.

Tabel 5 Snelheidsafwijkingen per ecotoop.

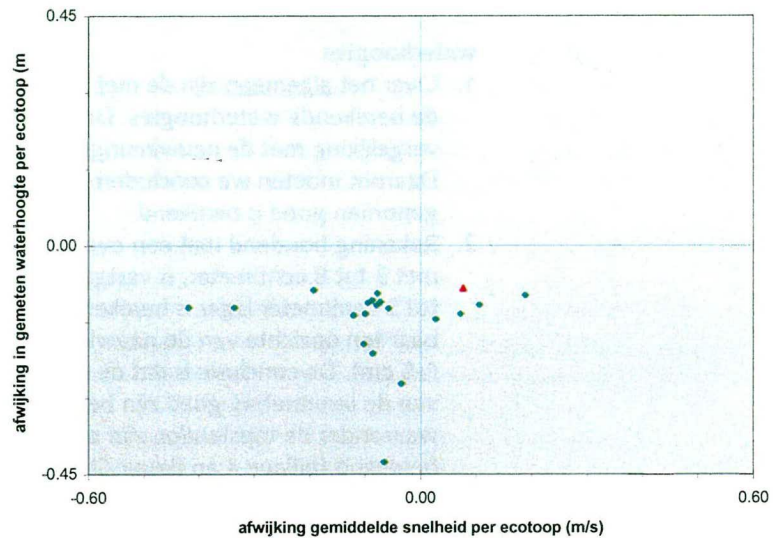
ecotoop	Aantal meet punten	berekende - gemeten snelheid		RES code
		gemiddelde afwijking	standaard afwijking	
Hoogwatervrij schraalgrasland	63	-0.418	0.115	RHg-1
Oeverwal stroomdalgrasland	248	-0.336	0.158	ROg-1
Structuurrijk uiterwaardgrasland	392	-0.192	0.176	RUg-1
Structuurrijke uiterwaardruigte	235	-0.120	0.193	RUr-1
Moerasruigte	192	-0.102	0.063	RMr-1
Afgesloten/stagnante strang	1507	-0.099	0.068	RWs-2
Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein	26	-0.094	0.151	RHr-1
Oeverwal akker	536	-0.087	0.188	ROr-3
Oeverwal zachthoutstruweel	91	-0.086	0.110	ROb-4
Rietmoeras	31	-0.079	0.052	RMr-2
Soortenarme oeverwalruigte	354	-0.077	0.059	ROr-2
Oeverwal produktiegrasland	1688	-0.072	0.148	ROg-3
Moerassig zachthoutoobos	160	-0.066	0.060	RMb-2
Structuurrijke oeverwalruigte	460	-0.058	0.165	ROr-2
Moerassig zachthoutstruweel	57	-0.034	0.030	RMb-3
Afgesloten zand/grindgat	465	0.028	0.055	RWp-2
Hoogwatervrij produktiegrasland	672	0.072	0.208	RHg-3
Diepe bedding	8439	0.076	0.254	RZd-1
Oeverwal met rivierduinvorming	158	0.106	0.139	ROr-1
Uiterwaard produktiegrasland	435	0.189	0.295	RUg-3
Zandplaat/zandstrand	136	0.225	0.222	RZs-2

We zien in deze tabel dat de gemiddelde afwijking van de stroomsnelheid in het zomerbed (diepe bedding) positief is. Gezien het grote aantal waarnemingen is dit een betrouwbaar gemiddelde. Dit correspondeert met de te grote modelafvoer. De standaardafwijking van de stroomsnelheidsverschillen in het zomerbed is echter aanzienlijk zoals ook in figuur 12 was te zien. Ten opzichte van de gemiddelde afwijkingen zijn de standaardafwijkingen over het algemeen vrij groot, zodat slechts moeizaam betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan.

Hierop kunnen mogelijk twee uitzonderingen worden gemaakt te weten stroomdalgrasland en hoogwatervrij schraalgrasland. De in deze ecotopen waargenomen stroomsnelheden zijn systematisch hoger dan berekend. Daarnaast valt op te merken dat beide ecotopen in begroeiingsstructuur verwant zijn en door Waqua op dezelfde wijze worden afgehandeld. Mogelijk zijn de berekende ruwheden van deze ecotopen te groot.

Gezien het geringe aantal raaien waarover is gevaren is de betrouwbaarheid van deze conclusies echter gering. De conclusies kunnen namelijk worden beïnvloed door lokale afwijkingen van het stroombeeld die een niet lokale oorzaak hebben. Met name de, doorgaans dominante, rol van zomerkades en overlaten verdient extra aandacht. Evenwel is er zowel ten aanzien van het zomerbed als ten aanzien van het winterbed reden tot zorg. Daarom verdient het aanbeveling de gegevens aan een nader onderzoek te onderwerpen. Hierbij moet worden gekeken of we ons een beter beeld kunnen vormen van de gemeten en berekende afvoerverdelingen.

Tenslotte zijn de gevonden afwijkingen per ecotoop samengevat in het volgende spreidingsdiagram waarin per ecotoop de afwijkingen in stroomsnelheid (x as) en waterhoogte (y as) zijn afgebeeld. We zien hierin dat het model in de meeste ecotopen, wat nabootsing snelheid en waterhoogte betreft, lager scoort dan in het zomerbed welke als een rode driehoek is afgebeeld.





---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

---

### 4.1 Conclusies

#### waterhoogtes

1. Over het algemeen zijn de met laser gemeten waterhoogtes groter dan de berekende waterhoogtes. De gevonden verschillen zijn echter klein in vergelijking met de nauwkeurigheid van de meting en de vergelijking. Daarom moeten we concluderen dat de waterhoogte over het geheel genomen goed is berekend.
2. Rekening houdend met een overschatting van de waterhoogte door de laser met 3 tot 8 centimeter, is vastgesteld dat de waterhoogte in het zomerbed 1 tot 5 centimeter lager is berekend dan gemeten. Dit verschil is verwaarloosbaar ten opzichte van de nauwkeurigheid van de uitgevoerde vergelijking ( $\pm 5$  cm). De conclusie is dat de waterhoogtes in het zomerbed in de periode van de lasermeting goed zijn berekend. De daaraan voorafgaande standen waaronder de topstanden zijn door het model beduidend minder goed berekend (bijlage 4 en figuur 6).
3. Rekening houdend met een overschatting van de waterhoogte door de laser met 3 tot 8 centimeter is vastgesteld dat de waterhoogte in het winterbed 6 tot 11 centimeter te laag is berekend. Dit verschil is vrij groot in vergelijking met het zomerbed, de nauwkeurigheid van de meting en de vergelijkingsmethode. Geconcludeerd wordt dat de waterhoogtes in het winterbed waarschijnlijk te laag zijn berekend.

#### stroomsnelheden

1. De berekende stroomsnelheden zijn over het gehele gebied gemiddeld genomen  $-0.042$  m/s kleiner tot  $0.070$  m/s groter dan de gemeten stroomsnelheden met een standaard afwijking van ca  $0.25$  m/s. Bij totaal gemiddelde stroomsnelheid (gemiddelde database gemeten) van  $0.83$  m/s is de gevonden afwijking van de stroomsnelheid  $-5$  tot  $+8\%$ . In het licht van het grote verschil in de totale afvoer volgens de Qf relatie en de ADCP (figuur 5) is het verschil in de gemiddelde stroomsnelheidsverschil klein.
2. De grootste positieve afwijkingen van de stroomsnelheid worden waargenomen in het zomerbed. Dit onder meer bij de koppen van de kribben en op de oever. De grote afwijkingen vallen samen met de rooster-schematisatie en moeten daarom vanuit het modelschematisatie worden verklaard.  
Deze verschillen in het zomerbed kunnen veroorzaakt zijn door:  
a. een grotere waterdiepte in het model door de schematisatie van de bodem, b. een te lage ruwheid van de kribben en de kribvakken in het model, c. een te grote impulsuitwisseling tussen zomerbed en oever in het model. De eerste verklaring speelt op enkele posities zeker een rol maar is waarschijnlijk niet afdoende.
3. De grootste negatieve afwijkingen van de stroomsnelheid worden waargenomen in het winterbed. In de meeste ecotopen gaat dit gepaard met grote standaardafwijkingen. Daarbij komt dat in het onderzoek slechts een gering aantal raaien is gevaren zodat de resultaten en de conclusies beïnvloed kunnen worden door locale effecten met een niet lokale oorzaak.

---

Hierdoor is het moeilijk om betrouwbare conclusies te formuleren ten aanzien van de stroomsnelheden.

4. Op het splitsingspunt wordt de indruk gewekt dat de stroomsnelheden door het Pannerdens kanaal te klein zijn en naar de Waal te groot. Het model heeft in vergelijking met de metingen een preferentie voor de Waal. Deze indruk wordt door afvoermetingen met de Ott bevestigd. Dit modelgedrag kan mogelijk worden verklaard vanuit de gehanteerde ruwheden welke van toepassing zijn voor extreem afvoeren waarbij met name het Pannerdens kanaal ruwer wordt. Voor het hoogwater van 1998 levert een lagere ruwheid van het Pannerdens kanaal ten opzichte van de Waal een waarschijnlijk betere afvoerverdeling en betere prestaties op (zie ook afwijkingen van de waterstanden in bijlage 4). Omdat de waterstanden overwegend aan de lage kant zijn verdient het echter de voorkeur om niet de ruwheid van het Pannerdens kanaal te verlagen maar de ruwheid van de Waal te verhogen.
5. Vrijwel alleen in stroomdalgrasland en schraalgrasland zijn de gemeten stroomsnelheden sythematisch en significant groter dan gemeten. Mogelijk zijn de ruwheden van deze ecotopen te groot. Nader onderzoek is gewenst om hierover meer zekerheid te verschaffen.

#### 4.2 Aanbevelingen

1. Omdat zowel de stroomsnelheden als de waterhoogtes in het winterbed door het model worden onderschat, wordt mogelijk de afvoer door het winterbed in het algemeen onderschat. Dit zou belangrijke implicaties kunnen hebben voor de beoordeling van ruimtelijke maatregelen met Waqua modellen. Het verdient aanbeveling om waar mogelijk de door Waqua berekende afvoerverdeling tussen zomer en winterbed te toetsen.
2. ADCP en Ott meetgegevens zijn zeer waardevol gebleken voor een betere controle en afstemming van de hydraulische modellen. Het verdient, in het licht van de heersende onzekerheden tav afvoerverdeling, aanbeveling waar mogelijk meetgegevens te verzamelen over de afvoerverdeling. Hierbij gaat het niet alleen om de afvoeren over de takken maar ook met name om de afvoerverdeling tussen zomer en winterbed.
3. De in 1998 uitgevoerde lasermeting bevat zeer veel gedetailleerde hoogte informatie ( $18 \cdot 10^6$  punten) van de situatie op 5 en 6 november. De bruikbaarheid en nauwkeurigheid van deze informatie hangt nauw samen met de gehanteerde filtertechnieken. Het verdient aanbeveling de ruwe gegevens beter te filteren om een meer nauwkeurige waterhoogtekaart te kunnen genereren.
4. Het verdient aanbeveling de gegevens apart te filteren voor golf informatie en waterhoogte informatie. Daarbij valt een filtering per ecotoop en een filtering mbv een referentieverhang te overwegen. Met nadruk dient elk meetpunt daarbij met een bijbehorend tijdstip (minuutbasis) te worden verwerkt. Het hieruit volgende x,y,z,t bestand dat feitelijk geen kaartbeeld meer is kan vervolgens ter voor de verificatie van het model worden benut. Hierdoor kan het model nauwkeuriger worden getoetst dan tot dsver mogelijk was.
5. Het verwerken van snelheidsgegevens op x,y basis is een geschikte, snelle en betrouwbare techniek gebleken voor de verificatie van een 2 dimensionaal hydraulisch model. We bevelen aan deze opzet ook in de toekomst toe te passen. Daarbij wordt bovendien aanbevolen om voor Ott zowel als ADCP de exacte tijd als derde variable mee te nemen.

- 
6. Tenslotte verdient het aanbeveling de ruwe meetgegevens, de berekende en gemeten stroomsnelheid en de berekende waterhoogte, zoals deze voor dit onderzoek zijn gebruikt voor het bepalen van de verschillen in een kaart af te beelden zodat een beter inzicht in de situatie kan worden verkregen. Deze gegevens kunnen dan ook worden benut om een inzicht in de relatieve afwijkingen te verkrijgen.



---

# Referenties

---

Bollweg, A.E., Heerd, R van. 'Analyse waterhoogtemetingen met laseraltimetrie van de Rijn bij Pannerden', RWS, MS2000+.99.08.

Drs. M. Schroevers, Drs. P.E. Meijer, 'ADCP meetgegevens Hoogwater oktober 1998', AV65 1999.

Haskoning (1998) QH-analyse Rijntakken - Vervolgonderzoek. Haskoning report nr F1091.BO/ROO/HVE/AJ, Nijmegen, november 1998.

Visser, M. en Duits, M., Verkenning inregeling Waqua model Rijntakken, HKV PR321 HKV Lijn in water, februari 2000.

Van Vuuren, ir.W.E. Proceedings workshop Monitoring Tailor Made II, Nunspeet, Netherlands, sept 2000 (accepted paper to be published).

Van Vuuren, ir.W.E., Moll ir.R., Vervoorn ir.H., De Q-H relatie zijn langste tijd gehad?, op weg naar het Q-f tijdperk voor de Rijntakken. H<sub>2</sub>O # 25-1999, pp.19-23.

---

# Bijlagen

.....

---

## Bijlage 1.      Hoofdfile invoer Waqua

```
# RIKSWATERSTAAT RIZA
# POSTBUS 9071 6800 ED ARNHEM
#
# invoer: 2-07-1999
#
set echo

IDENTification
# programmaam
WAQUA
  EXPERIMENT='000' OVERWRITE
  MODID=    '000'
  TITLE=    '000'
# end identification

DEPTH_CONTROL
  orientation = 'pos_upwards'
# end depth_control

#RESTART
# EXP_restart = '000' SDS_restart = 'SDS-000'
# end restart

MESH
GRID
  AREA MMAX= 128, NMAX= 2019, STEPsize=1.00, ANGLEgrid=0.00,
LATitude= 52.69
  CURVilinear

RGFfile='/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/rooster/rijn001.rgf'
POINTS
#  definitie ligging controlepunten:
  include file
='/'home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/meetp.001-hand'
  include file
='/'home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/stAndr+Ankers.hand'
  include file
='/'home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/uitvloc.002'
  include file
='/'home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/rivkmp.001'
  include file
='/'home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/kunstwerk-p.001-
hand'
#
#  randen
P601=(M= 34, N= 49, NAME='emm br links  ')
P602=(M= 63, N= 49, NAME='emm br rechts  ')
P603=(M= 12, N=1467, NAME='Werkendam links  ')
P604=(M= 35, N=1467, NAME='Werkendam rechts  ')
P605=(M= 52, N=1483, NAME='Krimpen links  ')
P606=(M= 76, N=1483, NAME='Krimpen rechts  ')
P607=(M= 92, N=2019, NAME='Ketelmeer links  ')
```

---

P608=(M= 124, N=2019, NAME='Ketelmeer rechts ')

# definitie ligging punten voor cross-sections:  
P 510=(M= 69, N= 150, NAME=' Lobith')  
P 511=(M= 88, N= 364, NAME=' IJsselkop')  
P 512=(M= 69, N= 834, NAME=' Amerongen boven hand')  
P 513=(M= 59, N=1067, NAME=' Hagestein boven')

P 555=(M= 51, N= 522, NAME=' afvoer nederr tbv sD')  
P 556=(M= 76, N= 522, NAME=' afvoer nederr tbv sD')

#  
P2996=(M= 91, N=2018, NAME='Ketelmeer ')  
P3996=(M= 125, N=2018, NAME='Ketelmeer ')  
P2997=(M= 51, N=1482, NAME='Krimpen ad Lek ')  
P3997=(M= 77, N=1482, NAME='Krimpen ad lek ')  
P2998=(M= 11, N=1466, NAME='Werkendam ')  
P3998=(M= 36, N=1466, NAME='Werkendam ')  
P2999=(M= 33, N= 97, NAME='Lobith ')  
P3999=(M= 72, N= 97, NAME='Lobith ')  
P4000=(M= 3, N= 254, NAME='afvoercross waal ')  
P4001=(M= 37, N= 254, NAME='afvoercross waal ')  
P4002=(M= 51, N= 245, NAME='afvoercross pk ')  
P4003=(M= 77, N= 245, NAME='afvoercross pk ')  
P4004=(M= 54, N= 403, NAME='afvoercross nederr ')  
P4005=(M= 74, N= 403, NAME='afvoercross nederr ')  
P4006=(M= 88, N= 396, NAME='afvoercross ijssel ')  
P4007=(M= 111, N= 396, NAME='afvoercross ijssel ')  
P4008=(M= 69, N= 236, NAME='afvoercross Pan.Overl')  
P4009=(M= 76, N= 236, NAME='afvoercross Pan.Overl')  
P4010=(M= 99, N=1353, NAME='afvoercross Olst ')  
P4011=(M= 124, N=1353, NAME='afvoercross Olst ')  
P4012=(M= 7, N= 239, NAME='afvoercross Waal rep')  
P4013=(M= 47, N= 239, NAME='afvoercross Waal rep')  
P4014=(M= 51, N= 239, NAME='afvoercross Pank rep')  
P4015=(M= 124, N= 239, NAME='afvoercross Pank rep')  
P4016=(M= 50, N= 387, NAME='afvoercross Nedr rep')  
P4017=(M= 80, N= 387, NAME='afvoercross Nedr rep')  
P4018=(M= 79, N= 387, NAME='afvoercross Yssl rep')  
P4019=(M= 108, N= 387, NAME='afvoercross Yssl rep')

#### CURVES

# samenstelling voor (Q) cross-secties:  
include file  
='/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/kunstwerk-l.001-hand'  
C 550 = line (P 555,P 556,name='afv nederr cs ')  
# include file  
='/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/locaties/cross-l.001-hand'  
C2996 = line (p2996,p3996,name='Ketelmeer ')  
C2997 = line (p2997,p3997,name='Krimpen aan de Lek ')  
C2998 = line (p2998,p3998,name='Werkendam ')  
C2999 = line (p2999,p3999,name='Q-lbth ')  
C3000 = line (p4000,p4001,name='Q-wl-871 ')  
C3001 = line (p4002,p4003,name='Q-pk-870 ')



```

C3002 = line (p4004,p4005,name='Q-nr-881      ')
C3003 = line (p4006,p4007,name='Q-ys-880      ')
C3003 = line (p4006,p4007,name='Q-ys-880      ')
C3004 = line (p4008,p4009,name='Q-Panerdense Overlaat ')
C3005 = line (p4010,p4011,name='Q-Olst        ')
C3006 = line (p4012,p4013,name='Q-Waal-rep      ')
C3007 = line (p4014,p4015,name='Q-Pank-rep      ')
C3008 = line (p4016,p4017,name='Q-Nedr-rep      ')
C3009 = line (p4018,p4019,name='Q-Yssl-rep      ')
BOUNDaries
#   polygonen com.grid enclosure of RekenRoosterBegrenzing:
ENClosures
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randen/rrb.001-hand'
#   definitie open randen:
OPENings
    OPEN 1=LINE(P601, P602, 'Emmerich          ')
    OPEN 2=LINE(P603, P604, 'Werkendam          ')
    OPEN 3=LINE(P605, P606, 'Krimpen aan de lek  ')
    OPEN 4=LINE(P607, P608, 'Ketelmeer          ')
BARRIERS
    B1: C501
    B2: C502
    B3: C503
BATHYMETRY
#   bodemhoogte:
GLOBAL
    DEPMULTiplier= 1.00, THRESHold= 0.00, LAYOUT=1
    CONSTANT_VALUES = 0.0
LOCAL
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/mhw98/waqua/r1/s1/bodem/bodem.001'
DRYPoints
#   zet schotjes:
CLOSEU
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schotrrb-u.001'
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schotarea-u.001'
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schot-u.hand'
CLOSEV
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schotrrb-v.001'
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schotarea-v.001'
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/schotjes/schot-v.hand'
WEIRS
#   invoer overlaten:
    include file
= '/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/overlaten/overlaat.001-hand'

GENERAL

```

---

```

PHYSical_parameters
  GRAVity= 9.8130 WATDensity= 1000.0 AIRDensity= 1.2265
WIND
  WSTRESScoefficient= 0.00260 WCONVersionfactor= 0.00000 WUNIT=
'm/s '
  WSPEED= 0.00, WANGLE= 0.00

FLOW
  PROBLEM
#   tijd discretisatie: start stop step iter
  TIMEFRame
    DATE='1 DEC 2000', TSTART= 31680.0, TSTOP= 72000.
  METHODvariables
    TSTEP= 0.5000 , ITERCON= 20 ,ITERMOM= 2, ITERACCuracy=0.0005
  SMOOTHing
    TLSMOOTH= 0.0
  DRYING
    IDRYflag=0, DEPCrit=0.0100, DUPwnd = 1.00
  FRICTion
#   ruwheden, ruwheid, u en v richting:
  GLOBAL
    TICVal= 0.50, FORMula='WHIT '
  UDIREc
    GLOBAL CONST_values= 0.2000
  VDIREc
    GLOBAL CONST_values= 0.2000
  NIKURADSE
  GLOBAL
  TIMES
    TFNIKU=0. TINIKU= 5. TLNIKU= 129600.
  ROUGH_CHAR
    include
'/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/ruwheid/ruw.karak23-18'
  UDIREC

AREAU='/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/ruwheid/area-u.001'
  VDIREC

AREAV='/home/scholten/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/ruwheid/area-v.001'
  VISCOSity
    EDDYviscositycoeff= 0.50
  BARRIERCOEFFICIENTS
    B1: contrsub = 1, 1 contrsup = 1, 1 res = 1, 1
    B2: contrsub = 1, 1 contrsup = 1, 1 res = 1, 1
    B3: contrsub = 1, 1 contrsup = 1, 1 res = 1, 1
  WEIRS
    THETAC= 0.000, GROYNES_redu 1.000, OTHERS_reduc= 1.000

FORCings
  INITial
  WATLEVel
    GLOBAL CONST_values=0.000
  LOCAL
  include file
='/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/uitvoer/water_level.401'

```

---

```

#      COMPUTE
#      VELOCITIES
#      READ_FROM
#      EXP_INITIAL='000' SDS_INITIAL='SDS-401' TIME_INITIAL=76320.0
BOUNDARies
#      definitie randvoorwaarden
      B : OPEN 1, BTYPE='disch-ad', BDEF='Series',REFL=100.0 SAME
      B : OPEN 2, BTYPE='wl', BDEF='Series',REFL= 0.0 SAME
      B : OPEN 3, BTYPE='wl', BDEF='Series',REFL= 0.0 SAME
      B : OPEN 4, BTYPE='wl', BDEF='Series',REFL= 0.0 SAME
TIMESERIES
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/q98hasco2.q'
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/werkd98.ws'
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/krimp98.ws'
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/ramsp98.ws'
#
      DISCHARGES
#      laterale toestromingen
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/q1at98.dq'
#      TIME_AND_VALUE= 0 00:10 35
#
      BARRIERS
#      initiele stuwstanden plus sturing
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/stuwsturing_default'

      BAR_TABLES
#      sturing stuwen Rijn
      include file
= '/home/brink/baseline/rijn/c95/waqua/r1/s1/randem/stuwlabel_default'

CHECKPoints
LEVELStations
#      definitie weer te geven waterstands controlepunten:
      P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6, P 7, P 8, P 9, P10,
      P512, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20,
      P21, P22, P23, P24,P201,P202,P501,P503
      P101,P102,P103,P104,P105,P106,P107,P108,P109,P110,P111,P112,
      P113,P114,P115,P116,P117,P118,P119,P120,P121,P122,P123,P124,
      P125,P126,P127,P128,P129,P130,P131,P132,P133,P134,P135,P136,
      P137,P138,P139,P140,P141,P142,P143,P144,P145,P146,P147,P148
      P149,P150,P151,P152,P153,P154
#
      p1008,p1018,p1028,p1038,p1048,p1058,p1070,p1080,p1088,p1098,p1108,p
      1118,
#
      p1128,p1138,p1147,p1157,p1167,p1177,p1187,p1197,p1207,p1217,p1227,p
      1237
#      p1001,p1002,p1003,p1004,p1005,p1006,p1007,p1008,p1009,p1010

```



```

# p1011,p1012,p1013,p1014,p1015,p1016,p1017,p1018,p1019,p1020
# p1012,p1013,p1014,p1015,p1016,p1017,p1018,p1019,p1020
# p1021,p1022,p1023,p1024,p1025,p1026,p1027,p1028,p1029,p1030
# p1031,p1032,p1033,p1034,p1035,p1036,p1037,p1038,p1039,p1040
# p1041,p1042,p1043,p1044,p1045,p1046,p1047,p1048,p1049,p1050
# p1051,p1052,p1053,p1054,p1055,p1056,p1057,p1058,p1059,p1060
# p1061,p1062,p1063,p1064,p1065,p1066,p1067,p1068,p1069,p1070
# p1071,p1072,p1073,p1074,p1075,p1076,p1077,p1078,p1079,p1080
# p1081,p1082,p1083,p1084,p1085,p1086,p1087,p1088,p1089,p1090
# p1091,p1092,p1093,p1094,p1095,p1096,p1097,p1098,p1099,p1100
# p1101,p1102,p1103,p1104,p1105,p1106,p1107,p1108,p1109,p1110
# p1111,p1112,p1113,p1114,p1115,p1116,p1117,p1118,p1119,p1120
# p1121,p1122,p1123,p1124,p1125,p1126,p1127,p1128,p1129,p1130
# p1131,p1132,p1133,p1134,p1135,p1136,p1137,p1138,p1139,p1140
# p1141,p1142,p1143,p1144,p1145,p1146,p1147,p1148,p1149,p1150
# p1151,p1152,p1153,p1154,p1155,p1156,p1157,p1158,p1159,p1160
# p1161,p1162,p1163,p1164,p1165,p1166,p1167,p1168,p1169,p1170
# p1171,p1172,p1173,p1174,p1175,p1176,p1177,p1178,p1179,p1180
# p1181,p1182,p1183,p1184,p1185,p1186,p1187,p1188,p1189,p1190
# p1191,p1192,p1193,p1194,p1195,p1196,p1197,p1198,p1199,p1200
# p1201,p1202,p1203,p1204,p1205,p1206,p1207,p1208,p1209,p1210
# p1211,p1212,p1213,p1214,p1215,p1216,p1217,p1218,p1219,p1220
# p1221,p1222,p1223,p1224,p1225,p1226,p1227,p1228,p1229,p1230
# p1231,p1232,p1233,p1234,p1235,p1236,p1237,p1238,p1239,p1240
# p1241,p1242,p1243,p1244,p1245,p1246
# CURRENTstations
# definitie weer te geven snelheids controlepunten:
# P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6, P 7, P 8, P 9, P10,
# P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20,
# P21, P22, P23, P24
# VSECTIONS
# definitie weer te geven debietcontrolesecties:
#
c2008,c2018,c2026,c2038,c2048,c2058,c2069,c2080,c2088,c2098,c2108,c21
18,
#
c2128,c2138,c2147,c2157,c2167,c2177,c2187,c2197,c2207,c2217,c2227,c22
37,

C501,C502,C503,C550,c2999,c2998,c2997,c2996,C3000,C3001,C3002,C300
3,
C3004,C3005,C3006,C3007,C3008,C3009
# end checkpoints flow
# end flow

SDSOUTput
#
# tijden tbv resultaten naar SDS-file:
MAPS
TFMAPs = 48120.00, TIMAPs = 360., TLMAPs = 60000.
HISTories
TFHISTo = 0.00, TIHISTo = 60.00, TLHISTo = 129600.
# end sdsoutput

PRINToutput

```

---

```
# FLOW
# definitie printvlaggen berekende velden:
# CHEZY ROUGHNESS
CONTROL
# print tijden voor velden:
#   TPRINTmap= ( 9.0, 10.0)
#   TFRAMEHist=( 0.0, 60.00, 129600.)
#   TFRAMEStat=( 0.0, 60.00, 129600.)
# end print
```

## Bijlage 2.      Tijdstippen uitvoer map-files

Datum en tijd	Uurnumm	Min	MAP
3/11/98 10:00	802	48120	map 1
3/11/98 16:00	808	48480	map 2
3/11/98 22:00	814	48840	map 3
4/11/98 4:00	820	49200	map 4
4/11/98 10:00	826	49560	map 5
4/11/98 16:00	832	49920	map 6
4/11/98 22:00	838	50280	map 7
5/11/98 4:00	844	50640	map 8
5/11/98 10:00	850	51000	map 9
5/11/98 16:00	856	51360	map 10
5/11/98 22:00	862	51720	map 11
6/11/98 4:00	868	52080	map 12
6/11/98 10:00	874	52440	map 13
6/11/98 16:00	880	52800	map 14
6/11/98 22:00	886	53160	map 15
7/11/98 4:00	892	53520	map 16
7/11/98 10:00	898	53880	map 17
7/11/98 16:00	904	54240	map 18
7/11/98 22:00	910	54600	map 19
8/11/98 4:00	916	54960	map 20
8/11/98 10:00	922	55320	map 21
8/11/98 16:00	928	55680	map 22
8/11/98 22:00	934	56040	map 23
9/11/98 4:00	940	56400	map 24
9/11/98 10:00	946	56760	map 25
9/11/98 16:00	952	57120	map 26
9/11/98 22:00	958	57480	map 27
10/11/98 4:00	964	57840	map 28
10/11/98 10:00	970	58200	map 29
10/11/98 16:00	976	58560	map 30
10/11/98 22:00	982	58920	map 31
11/11/98 4:00	988	59280	map 32
11/11/98 10:00	994	59640	map 33
11/11/98 16:00	1000	60000	map 34



## Bijlage 3.      Waarnemingen ADCP

Datum en tijd		aantal ADCP waarnemingen
3/11/98 10:00	7:00 - 13:00	186
3/11/98 16:00	13:00 - 19:00	2052
3/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
4/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
4/11/98 10:00	7:00 - 13:00	1423
4/11/98 16:00	13:00 - 19:00	2866
4/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
5/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
5/11/98 10:00	7:00 - 13:00	1629
5/11/98 16:00	13:00 - 19:00	2131
5/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
6/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
6/11/98 10:00	7:00 - 13:00	2469
6/11/98 16:00	13:00 - 19:00	936
6/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
7/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
7/11/98 10:00	7:00 - 13:00	0
7/11/98 16:00	13:00 - 19:00	0
7/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
8/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
8/11/98 10:00	7:00 - 13:00	0
8/11/98 16:00	13:00 - 19:00	0
8/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
9/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
9/11/98 10:00	7:00 - 13:00	1116
9/11/98 16:00	13:00 - 19:00	1203
9/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
10/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
10/11/98 10:00	7:00 - 13:00	0
10/11/98 16:00	13:00 - 19:00	325
10/11/98 22:00	19:00 - 1:00	0
11/11/98 4:00	1:00 - 7:00	0
11/11/98 10:00	7:00 - 13:00	853
11/11/98 16:00	13:00 - 19:00	1319

## Bijlage 4. Afwijkingen op de msw stations hw 1998

	Op t=top	top+-2	top+-12	top+-24	maxima
Werkendam	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006
Krimp/lek	0.001	0.004	0.008	0.009	0.001
Ramspol-brug	0.008	0.007	0.010	0.011	0.008
Lobith	-0.042	-0.038	-0.026	-0.020	-0.026
Pankop	-0.082	-0.075	-0.070	-0.064	-0.067
NIJM-Hav	-0.129	-0.121	-0.117	-0.114	-0.113
Tiel-hav	-0.068	-0.062	-0.061	-0.068	-0.058
Zaltbommel	-0.075	-0.075	-0.069	-0.070	-0.061
Vuren	-0.021	-0.019	-0.015	-0.016	-0.011
Ysselkop	-0.095	-0.097	-0.102	-0.096	-0.093
Driel-bov	-0.088	-0.088	-0.084	-0.078	-0.083
Driel-ben	-0.118	-0.118	-0.115	-0.109	-0.118
Amer-bov	-0.068	-0.068	-0.071	-0.073	-0.066
Amer-ben	-0.073	-0.073	-0.076	-0.076	-0.071
Culem-brug	-0.013	-0.009	-0.002	-0.003	-0.012
Hagest-bov	0.034	0.040	0.055	0.070	0.039
Hagest-ben	-0.021	-0.008	0.008	0.023	-0.003
Schoonhoven	-0.076	-0.071	-0.011	-0.008	-0.076
Doesbbrug	-0.139	-0.141	-0.139	-0.140	-0.139
Zutpnoord	-0.156	-0.155	-0.150	-0.145	-0.154
Deventer	-0.095	-0.095	-0.093	-0.096	-0.089
Olst	-0.193	-0.193	-0.191	-0.193	-0.190
Katerveer	-0.268	-0.268	-0.263	-0.265	-0.253
Kampen	-0.176	-0.179	-0.169	-0.166	-0.174
gemiddelde afwijking	-0.093	-0.091	-0.084	-0.081	-0.087
standaard afwijking	0.068	0.070	0.074	0.076	0.069

Overzichtstabel afwijkingen hoogwater 1998 op MSW stations.

In de tabel zijn opgenomen: de verschillen tussen berekende waterhoogte op de hele uren min de gemeten waterhoogte op dezelfde uren. Dit voor:

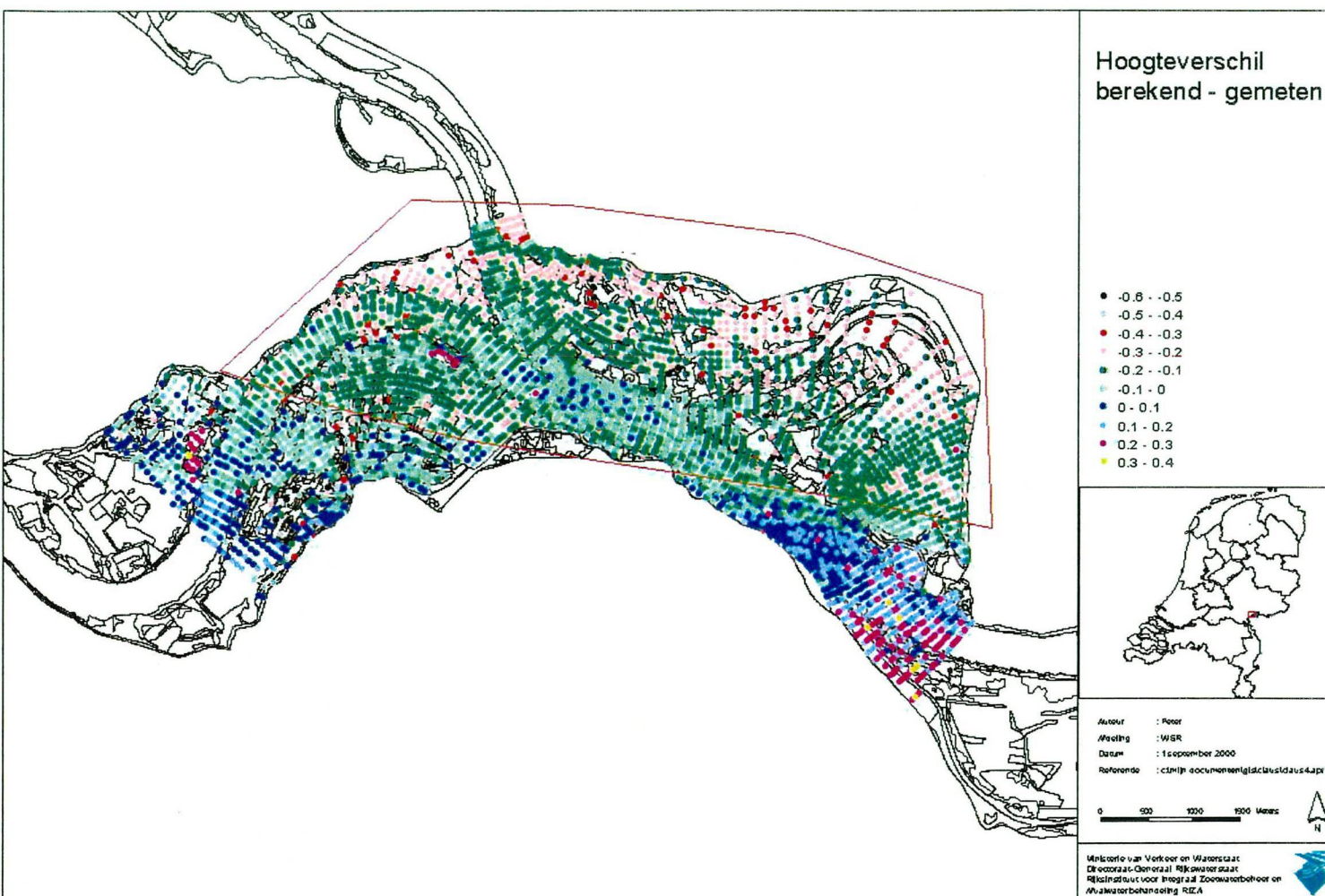
- a. het tijdstip van maximale gemeten waterstand kolom 2,
- b. het tijdvenster 2 uur voor en 2 uur na de maximaal gemeten waterstand kolom 3,
- c. het tijdvenster 12 uur voor en 12 uur na de maximaal gemeten waterstand kolom 4,
- d. het tijdvenster 24 uur voor en 24 uur na de maximaal gemeten waterstand kolom 5,

In de laatste kolom staan de verschillen in berekende topstanden.

De hoogste waterstand is bij Lobith en Pannerdense kop opgetreden 30 uur voor de eerste laserwaarnemingen en vallen dus min of meer buiten de bovengenoemde vensters.

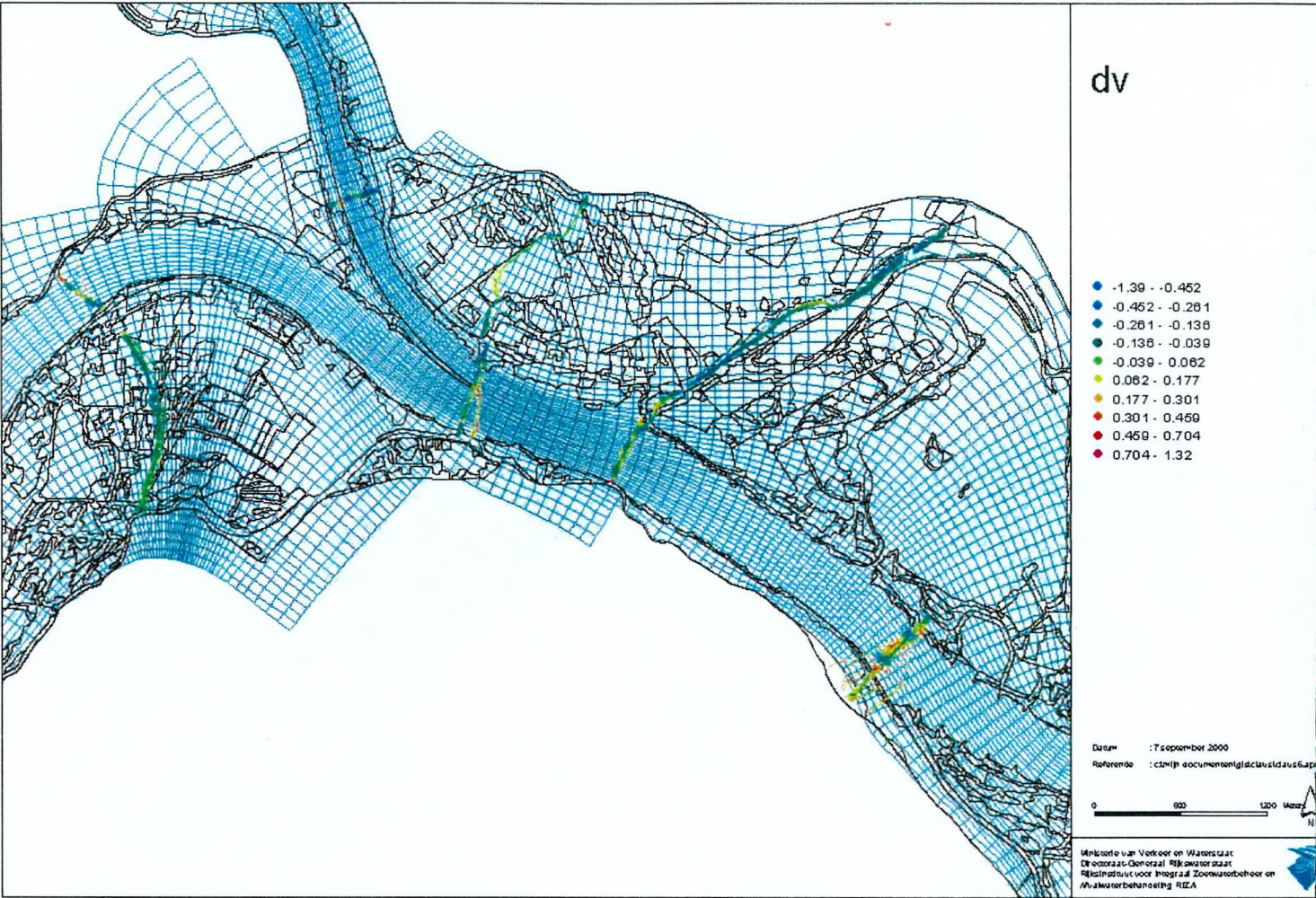
De bovenste drie rijen bevatten de prestaties op de stations op de benedenranden. De hier geregistreeerde afwijkingen zijn niet meegenomen bij het bepalen van gemiddeldes en standaard afwijkingen.

## Bijlage 5. Afwijkingen berekende waterhoogtes





# Bijlage 6. Afwijkingen berekende - gemeten snelheden





Dit is een minder milieu belastende inbindmap

Deze BINDOMATIC ECO-map bestaat uit een achterzijde van recycled karton en een voorzijde van PVC-vrije folie.

● chloor-arm ● zwavelvrij ● onschadelijk in de vuilverbranding ● niet van invloed op de kwaliteit van het grond- en oppervlakte water

