

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

# Hoogwatervoorspellingen op de Maas in crisissituaties

Jonas van Schrojenstein Lantman



**Universiteit Twente**  
*de ondernemende universiteit*

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

# Hoogwatervoorspellingen op de Maas in crisissituaties

Een afstudeeronderzoek aan de Technische  
Universiteit Twente

Februari 2004 Enschede

Jonas van Schrojenstein Lantman

Begeleidingscommissie:

Prof. Dr. Ir. W. Van Leussen

Dr. Ir. M.J. Booij

Drs. A.G.A. Janssen

Ing. R.E. Klöckner



**Universiteit Twente**  
*de ondernemende universiteit*

---

# Samenvatting

---

In dit rapport is een onderzoek uitgevoerd naar de kwaliteit van de hoogwatervoorspellingen op de Maas door Rijkswaterstaat Directie Limburg (RWS-DLB). Dit onderzoek is opgesplitst in een technische en een kwalitatieve kant. Dat wil zeggen dat er gekeken wordt naar zowel de nauwkeurigheid van de voorspellingen als de wensen van de klanten van RWS-DLB.

Uit het onderzoek blijkt dat de kwaliteit van de hoogwatervoorspellingen over het algemeen goed is met uitzondering van voorspellingen op de Plassenmaas (bij zichttijd >12 uur) en de Grensmaas (zichttijd 0-12 uur). Om de kwaliteit van deze voorspellingen te vergroten dienen de waterstandsvoorspellingen te Borgharen-dorp verbeterd te worden.

Voor de communicatie is het wenselijk om over te stappen van fax naar email en internet. Tevens dient het tijdstip van de eerste voorspelling dient vervroegd te worden tot 7/8 uur en de frequentie van de hoogwaterberichten moet omhoog van 3 naar 4 per dag.

---

# Inhoudsopgave

---

<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Aanleiding	8
1.2 Onderzoeksopzet	8
1.2.1 Projectkader	8
1.2.2 Doelstelling	9
1.2.3 Afbakening	10
1.2.4 Vraagstellingen	10
1.3 Indeling verslag	10
<b>2 Het stroomgebied van de Maas</b>	<b>12</b>
2.1 Inleiding	12
2.2 De Lotharingse Maas	12
2.3 De Ardense Maas	14
2.3.1 Zijrivieren in de Ardense Maas	14
2.4 De Nederlandse Maas	15
2.4.1 De Nederlandse deeltrajecten	15
2.4.2 De Nederlandse zijrivieren	18
2.4.3 Stuwen in de Nederlandse Maas	19
2.5 Neerslag en afvoer	19
2.6 Hoogwaters op de Maas	20
<b>3 Overzicht huidige voorspellingsprocedures</b>	<b>23</b>
3.1 Inleiding	23
3.2 RIZA	23
3.3 Voorspellingsprocedures RWS-DLB	25
3.3.1 Voorspellen van waterstanden door RWS-DLB	25
3.3.2 Modelleren van het beheergebied DLB	27
3.3.3 Data	30
3.3.4 Persoonlijke expertise	30
3.3.5 Zichttijd van de voorspellingen	32
3.4 Communicatie	33
3.4.1 Actieve Communicatie	34
3.4.2 Passieve communicatie	35
3.5 Werkboek Hoogwater	36
<b>4 Technische kwaliteit van de voorspellingen</b>	<b>38</b>
4.1 Inleiding	38
4.2 Theorie	38
4.2.1 Gebruikte statistiek	38
4.3 Indeling Maas	40
4.3.1 Bovenmaas	42
4.3.2 Grensmaas	44
4.3.3 Plassenmaas	45
4.3.4 Zandmaas 1	47
4.3.5 Zandmaas 2	48

---

4.3.6	Beneden en Getijdenmaas	49
4.4	Nauwkeurigheid versus zichttijd	50
4.5	Zichttijd van de voorspellingen	52
4.6	Kwaliteit expert aanpassingen	53
4.7	Conclusie Technische kwaliteit	57
<b>5</b>	<b>Kwaliteit hoogwaterberichtgeving RWS-DLB</b>	<b>59</b>
5.1	Inleiding	59
5.2	Resultaten	59
5.3	Conclusie	63
<b>6</b>	<b>Confrontatie technische kwaliteit en wensen van de klanten</b>	<b>65</b>
6.1	Inleiding	65
6.2	Nauwkeurigheid en zichttijd	65
6.3	Tijdstip en frequentie hoogwaterberichtgeving	67
6.4	Mediagebruik	67
<b>7</b>	<b>Aanbevelingen ter verbetering kwaliteit</b>	<b>68</b>
7.1	Inleiding	68
7.2	Nauwkeurigheid	68
7.3	Interne communicatie	71
7.4	Communicatie (naar de klanten toe)	72
7.4.1	Tijdstip	72
7.4.2	Media	73
7.4.3	Communicatielijnen	73
7.4.4	Nauwkeurighheidsvermelding op hoogwaterberichten	74
<b>8</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>75</b>
8.1	Inleiding	75
8.2	Conclusies	75
8.2.1	Verkleining onnauwkeurigheden	75
8.2.2	Verbetering kwaliteit	75
8.3	Aanbevelingen	76
8.3.1	Enquête	76
8.3.2	Kwantiteit van de gegevens	76
8.3.3	Methodiek voor technische kwaliteit	76
	Literatuurlijst	77
	Bijlage A : Adressanten hoogwater	79
	Bijlage B : Historische hoogwatergolven	81
	Bijlage C : Nauwkeurigheid meetstations	82
	Bijlage D : Bewijs normale verdeling	102
	Bijlage E : Enquete	103
	Bijlage F : Verklarende woordenlijst	109

---

## Gebruikte afkortingen

---

ANB	Beheer natte infrastructuur (afdeling RWS-DLB)
ANI	Informatie en adviesdienst (afdeling RWS-DLB)
ANW	Integraal waterbeleid (afdeling RWS-DLB)
DGR	Deltaplan Grote Rivieren
DLB	Directie Limburg
DZH	Directie Zuid Holland
KLPD	Korps Landelijke Politie Dienst
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
MSW	Monitoring Systeem Water
NAP	Nieuw Amsterdams Peil
RAC	Regionale Alarm Centrale
RCC	Regionaal Coördinatie Centrum
RIKS	Research Instituut voor Kennis Systemen
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal zoetwaterbeheer en afvalwaterbehandeling
RWS	Rijkswaterstaat
SETHY	Ministère Wallon de l'Equipement et des Transports, Service d'Etudes Hydrologique
UT	Universiteit Twente
WL	Waterloopkundig Laboratorium   Delft Hydraulics

---

# Voorwoord

---

Tijdens een van de laatste colleges van het vak W7 in november liet ik me tegenover Wim van Leussen ontvallen dat ik nog een afstudeeropdracht zocht voor na mijn stage. Nadat hij een balletje had opgegooid bij Rijkswaterstaat Directie Limburg, waar hij toendertijd nog werkzaam was, bleek dat ze interesse hadden. Omdat ik voor mijn stage in Hongarije zat kon ik uiteindelijk pas in juni beginnen.

Met veel plezier heb ik een aantal dagen per week bij Rijkswaterstaat doorgebracht. Bij deze wil ik graag iedereen bij Rijkswaterstaat bedanken die mij op de een of andere manier geholpen heeft bij mijn project. Sander Bastings voor de correcties aangebracht in hoofdstuk 1 t/m 5 en natuurlijk mijn begeleiders Rolf Klöckner en Aldo Janssen.

Het andere deel van de week bracht ik meestal door in Enschede, met name in het begin in de afstudeerkamer, waar ik door ruimtegebrek helaas veroordeeld was tot 'flexwerker'. Bij deze wil ik ook graag mijn begeleiders in Enschede, Martijn Booij en Wim van Leussen bedanken voor hun begeleiding vanuit de Universiteit Twente.

Verder wil ik graag mijn ouders bedanken voor het logeren en de gezelligheid in de periodes dat ik in Maastricht zat, Caroline voor de ondersteuning, Jurgen voor de wiskundechecks, mijn huisgenoten voor het motiveren tot het volbrengen van dit afstudeeronderzoek en natuurlijk mijn zusjes voor het geven van het goede voorbeeld.

Jonas van Schrojenstein Lantman, Januari 2004

---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Aanleiding

Al sinds mensenheugenis wordt Nederland geteisterd door hoogwater in de rivieren. Met name de laatste jaren lijken deze hoogwaters steeds vaker op te treden, zo ook op de rivier de Maas. In de periode 1915-2003 kwam de afvoer van de Maas 19 keer boven de 2000 m<sup>3</sup>/s, waarvan 8 keer in het afgelopen decennium.

Om de veiligheid van de bevolking, vee en gebouwen te garanderen is een adequate voorspelling van de waterstanden noodzakelijk, zodat passende maatregelen genomen kunnen worden. In dit rapport wordt ingegaan op de kwaliteit van de waterstandsvoorspellingen door Rijkswaterstaat Directie Limburg (RWS-DLB) voor de Nederlandse Maas, waarbij ook gekeken wordt naar het 'klant' – perspectief.

## 1.2 Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksopzet van het afstudeerproject behandeld. De onderzoeksopzet bestaat uit een projectkader van het onderzoek, doelstelling en daaruitkomende vraagstellingen.

### 1.2.1 Projectkader

Bij het optreden van extreme hoogwaters in de Maas is het belangrijk te beschikken over goede voorspellingen van de waterstanden, zowel te Borgharen-dorp (het referentie-meetpunt) als benedenstrooms. De voorspelling van de te verwachten topafvoer te Borgharen-dorp geschiedt door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in Lelystad met behulp van een voorspellingsmodel. Hierin worden neerslagvoorspellingen gekoppeld aan de rivierafvoer van de Maas. Als invoergegevens voor dit model worden de door het Koninklijk Nederlandse Meteorologisch Instituut (KNMI) verstrekte neerslagcijfers in het Belgische en Franse stroomgebied van de Maas gebruikt, de afvoergegevens van Belgische en Franse zijrivieren en de Maasafvoer te Chooz. Meermalen per etmaal wordt aldus de afvoer te



---

Borgharen-dorp met een zichttijd van ongeveer 24 uur voorspeld.

Met deze waterstanden als uitgangspunt worden door RWS-DLB vervolgens prognoses gemaakt voor de benedenstroomse stations. Hierbij wordt tevens gebruik gemaakt van de meest recente betrekkinglijnen, historische gegevens, actuele waterstanden en het model Sobek. Invoergegevens zijn daarbij de vorm van de afvoergolf te Borgharen (Q-t relatie) en de Q-H relatie te Lith.

De werkelijkheid is minder simpel dan de bovenomschreven procedure aangeeft. De Maas reageert zeer snel op neerslag in de Ardennen, waardoor het zeer moeilijk is om langer van te voren voorspellingen te maken van de te verwachten waterstanden. Daarnaast speelt het probleem dat ingrepen in het Maassysteem leiden tot afwijkingen in het gekijkte Sobek-model. Bovendien is de golfvorm elke keer weer anders, en daarmee ook de mate van topvervlakking.

Temidden van al deze onzekerheden is er tijdens perioden van extreme hoogwaters elke keer weer de druk om toch weer iets langer vooruit voorspellingen te doen voor de te verwachten (hoogste) waterstanden. Zulke voorspellingen moeten vanzelfsprekend in een zeer korte tijd gemaakt worden. Het wordt wenselijk geacht na te gaan of in zulke crisissituaties de voorspeltijd kan worden opgerekt en de kwaliteit kan worden vergroot. Het betekent een optimaal gebruik van data, weersverwachtingen, modellen en expertise.

### **1.2.2 Doelstelling**

Het doel van het onderzoek is het doen van aanbevelingen voor het verbeteren van de waterstandsvoorspellingen in de Maas vanaf Borgharen-dorp tijdens hoogwater.

Deze doelstelling kan worden opgesplitst in een technisch en een kwalitatief deel.

Technisch:

Het in kaart brengen van de mogelijkheden tot het verkleinen van onnauwkeurigheden (en daarmee mogelijk ook de voorspeltijd vergroten) in het voorspellingsproces van waterstanden in de Maas tijdens hoogwater door RWS-DLB.

---

Kwalitatief:

Het doen van voorstellen tot het verbeteren van de kwaliteit van de voorspellingen tijdens hoogwater in de Maas van RWS-DLB.

Kwaliteit: Hiermee wordt bedoeld dat de vorm en wijze van communicatie van de voorspelling zo veel mogelijk voldoet aan de wens van de klant

Hoogwater:

Indien het debiet van de Maas bij Borgharen-dorp boven de 1500 m<sup>3</sup>/s komt.

### **1.2.3 Afbakening**

Het onderzoek richt zich op de kwaliteit van de hoogwatervoorspellingen door RWS-DLB gemaakt in de periode 2001-2003.

### **1.2.4 Vraagstellingen**

Uit de doelstelling zijn twee centrale vragen te destilleren:

1. Wat zijn de mogelijkheden tot het verkleinen van de onnauwkeurigheden in de waterstandsvoorspellingen in de Maas tijdens hoogwater?
2. Wat zijn de mogelijkheden om de kwaliteit van de waterstandsvoorspellingen te verbeteren?

De eerste vraag, die betrekking heeft op het technisch vlak van waterstandsvoorspellingen, zal beantwoord worden met behulp van literatuurstudie, beschikbare gegevens binnen RWS-DLB van historische voorspellingen en interviews met experts. De tweede vraag, die slaat op het kwalitatieve vlak van de voorspellingen, zal beantwoord worden door middel van een enquête onder de klanten van RWS-DLB (bv waterschappen, brandweer en gemeenten) en eveneens interviews met experts. Uiteindelijk zullen de uitkomsten van deze twee vragen gecombineerd worden tot een advies waarin verbeteringen voor de waterstandsvoorspellingen door RWS-DLB binnen het beheergebied van DLB gegeven worden.

## **1.3 Indeling verslag**

Als eerste zal ingegaan worden op het projectkader en de doelstellingen van dit afstudeerrapport. In hoofdstuk 2 zal een beschrijving gegeven worden van het stroomgebied van de rivier de Maas en het ontstaan van hoogwaters in dit gebied. Daarna wordt een overzicht gegeven van de voorspellingsprocedures in

---

hoofdstuk 3. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de technische kwaliteit van de voorspellingen. In hoofdstuk 5 staat de kwaliteit van de hoogwaterberichten vanuit 'klant' perspectief. In het daaropvolgende hoofdstuk worden deze met elkaar geconfronteerd. Tenslotte komen de conclusies en aanbevelingen aan bod.

---

## 2 Het stroomgebied van de Maas

---

### 2.1 Inleiding

Om inzicht te krijgen in het ontstaan van hoogwaters in de Maas wordt eerst het stroomgebied nader bekeken. Daarna wordt ingegaan op het neerslag en afvoerregime in de Maas en volgt een beschrijving van historische hoogwaters.

De rivier de Maas ontspringt in Noord-Frankrijk aan de voet van het plateau van Langres op een hoogte van circa 400 m + NAP. Het stroomgebied, weergegeven in figuur 2.1, beslaat een oppervlakte van ongeveer 33.000 km<sup>2</sup> verdeeld over vijf landen, zoals in tabel 2.1 te zien is.

Land	Oppervlak (km <sup>2</sup> )
Frankrijk	9.000
België	13.500
Luxemburg	600
Duitsland	4.000
Nederland	5.000

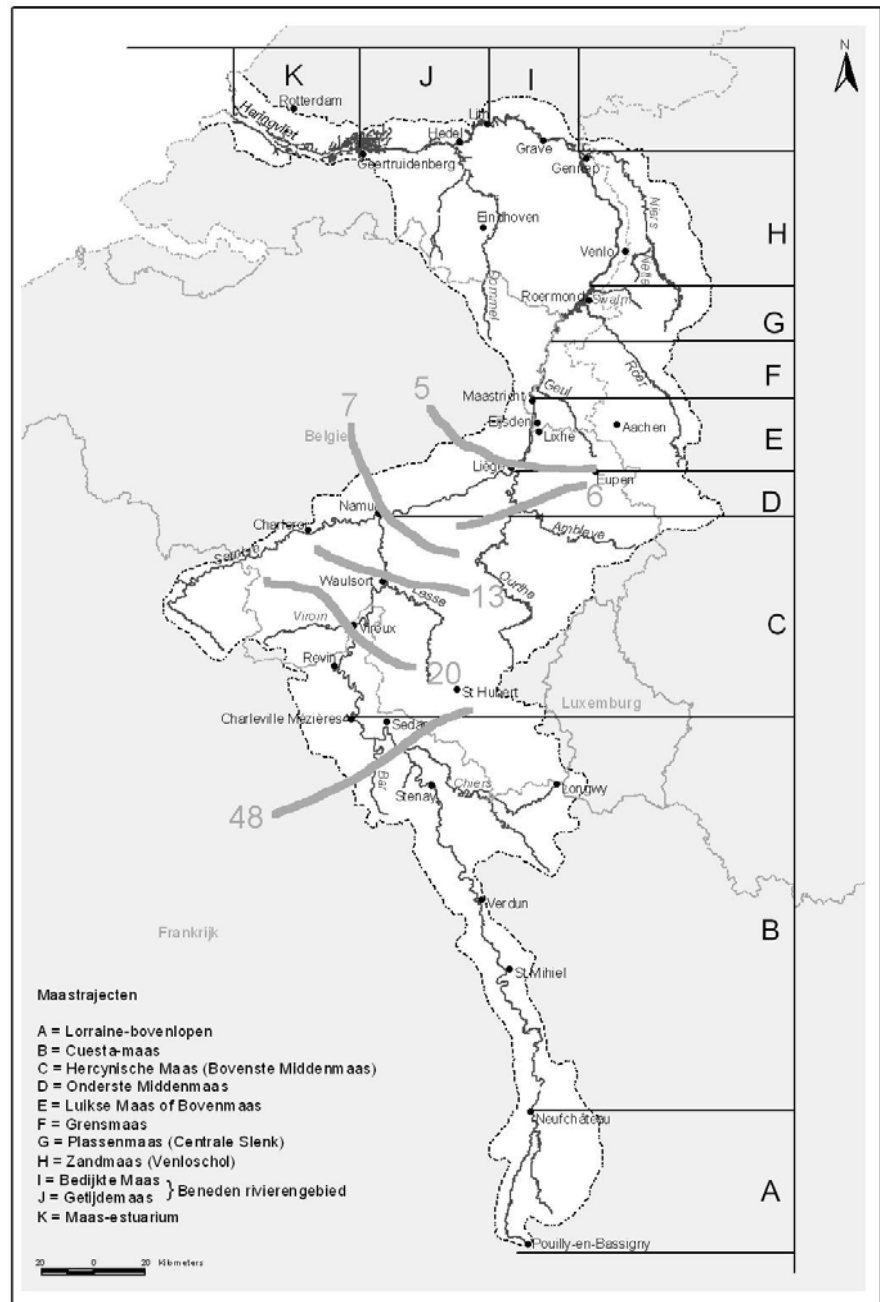
**tabel 2.1 – Oppervlakte stroomgebied Maas (Heylen, 1998)**

De Maas heeft van bron tot zee een lengte van 891 km, waarvan 493 km in Frankrijk en 183 km in België. De Maas is globaal in te delen in 3 trajecten. Vanaf de bron tot de monding van de Chiers loopt de Lotharingse Maas, van de monding van de Chiers tot Eijsden heet de rivier de Ardense Maas, vanaf het passeren van de Nederlandse grens wordt de Maas aangeduid als de Nederlandse Maas.

### 2.2 De Lotharingse Maas

Vanaf de bron op het plateau van Langres tot de monding van de Chiers te Rémyilly-Aillicourt loopt de Lotharingse Maas. Nabij de bron is de Maas vergelijkbaar met een kalme beek. Karakteristiek voor dit gedeelte van de Maas is dat de rivier door een breed vlak dal loopt. De afvoercapaciteit van het zomerbed is erg klein en in het geval van hoge afvoeren inundeert het hele dal. Het water dat op deze manier wordt geborgen heeft een zeer geringe stroomsnelheid, waardoor de voortplantingssnelheid van hoogwatergolven erg laag is. De gemiddelde afvoer van

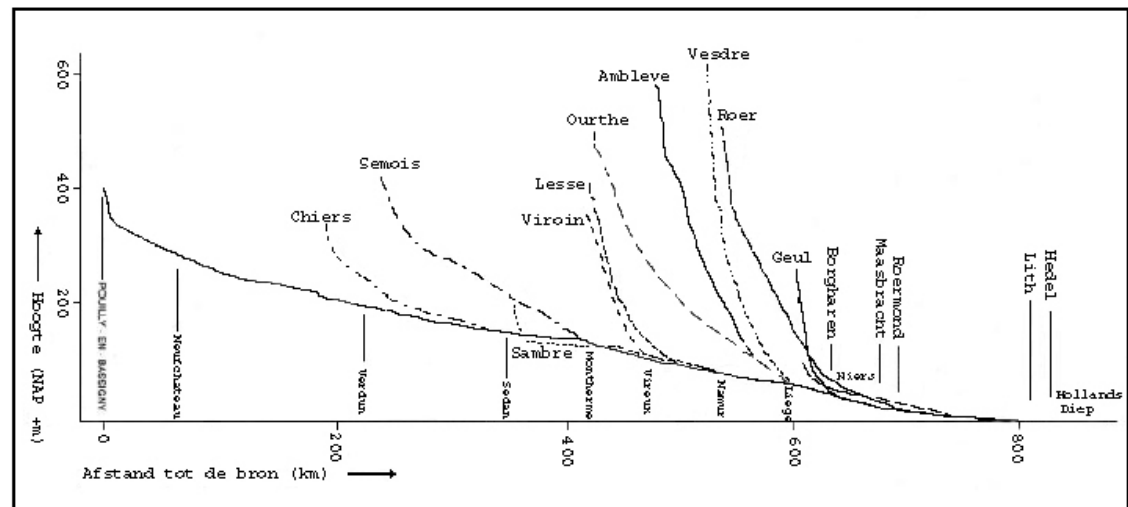
dit gedeelte van de Maas te Stenay is 46,3 m<sup>3</sup>/s (Berger, 1991). De maximale afvoer die in 1993 optrad te Chooz is 1540 m<sup>3</sup>/s (Heylen, 1998) .



figuur 2.1 - Stroomgebied van de Maas, inclusief gemiddelde looptijd (in uren) van de top van de hoogwatergolf tot Borgharen-dorp

## 2.3 De Ardense Maas

Het gedeelte van de Maas dat van de monding van de Chiers tot de Nederlandse grens bij Eijsden loopt wordt de Ardense Maas genoemd. Op dit gedeelte van de Maas mondt een aantal zijrivieren uit welke een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van hoogwaters in de Maas. In figuur 2.2 is een langsdoorsnede weergegeven van de Maas. Hierin is duidelijk te zien dat de zijrivieren in de Ardennen (tussen Sedan en Luik) een steil verhang hebben. De zijrivieren worden in paragraaf 2.3.1 verder uitgewerkt.



figuur 2.2 - Langsdoorsnede van de Maas en haar zijrivieren ( Boertien II, 1994 aangepast)

### 2.3.1 Zijrivieren in de Ardense Maas

De bijdrage van de Ardense zijrivieren is bepalend voor de vorm en grootte van de afvoergolf op de Maas te Borgharen-dorp. Vooral de samenhang in de tijdstippen waarop de golven uit de zijrivieren de Maas bereiken speelt hierin een grote rol.

Zijrivieren Borgharen	boven verhang (x10 <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	Gemiddeld stroomgebied (km <sup>2</sup> )	Oppervlak Borgharen- dorp (uur)	Looptijd tot Gebiedsneerslag (mm) Jaargemiddelde	Topafvoer in 2003 (m <sup>3</sup> /s) *	Gemiddelde afvoer (m <sup>3</sup> /s)
Chiers	1.0	2222	48	860	450	26.8
Semois	1.5	1358	24	1140	450	26.7
Viroin	2.0	593	20	940	170	6.9
Lesse	5.0	1314 <sup>2</sup>	13	955	353	16.3
Sambre	0.7	2863	7	825	250	24.9
Ourthe te Tabreux	3.7	1597	8	970	300	23.34
Vesdre	8.0	677	5	1100	75	9.42
Amblève	5.0	1052	8	1100	175	19.4

**Tabel 2.2 – Eigenschappen Ardense zijrivieren (Berger 1991), \*<http://www.arknature.org/>**

In tabel 3.2 zijn de belangrijkste eigenschappen weergegeven van zijrivieren van de Maas die stroomopwaarts van Borgharen uitmonden. Het totale stroomgebied van de Ourthe is zeer groot, daarom wordt het in de tabel onderverdeeld in de Vesdre, de Amblève en de Ourthe ter plaatse van Tabreux. Vanaf de monding van de Ourthe doet de hoogwatergolf op de Maas er nog slechts vijf uur over om Borgharen-dorp te bereiken (zie ook figuur 3.1).

In de Ardense zijrivieren wordt vaak een actief stuwbeheer gevoerd. Dit is voornamelijk lokaal georiënteerd, er wordt niet gekeken naar eventuele gevolgen van het strijken van deze stuwen voor de Maas tijdens een hoogwater. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor de hoogte van de top bij Borgharen-dorp.

## 2.4 De Nederlandse Maas

### 2.4.1 De Nederlandse deeltrajecten

De Nederlandse Maas loopt vanaf de grens bij Eijsden tot de monding in het Hollands Diep. De Maas is op dit traject onder te verdelen in 7 trajecten (RWS-DLB, 1995):

#### Bovenmaas

Het Bovenmaas-traject omvat het zuidelijk deel van het Maasdal en loopt van Eijsden tot de stuw bij Borgharen. Kenmerkend voor dit traject is de zwakke meanderende Maas, die diep is ingesneden in het heuvelachtige landschap. De bodem bestaat uit grind, zand en mergel. Het verhang op dit gedeelte is groot.

#### Grensmaas

<sup>1</sup> Verklarende woordenlijst op pagina 109

<sup>2</sup> Oppervlak boven meetpunt

---

Het traject van de Grensmaas loopt van Borgharen tot Maasbracht. De Grensmaas is relatief ondiep ten opzichte van de Bovenmaas en meandert breed uit. De Grensmaas heeft ook het grootste verhang binnen Nederland, namelijk ca  $4 \cdot 10^{-4}$ . Binnen Nederland is het een uniek stukje rivier, vanwege het feit dat de menselijke ingrepen er tot een minimum beperkt zijn. Ze is ongeschikt voor scheepvaart, hiervoor is het Julianakanaal gegraven.

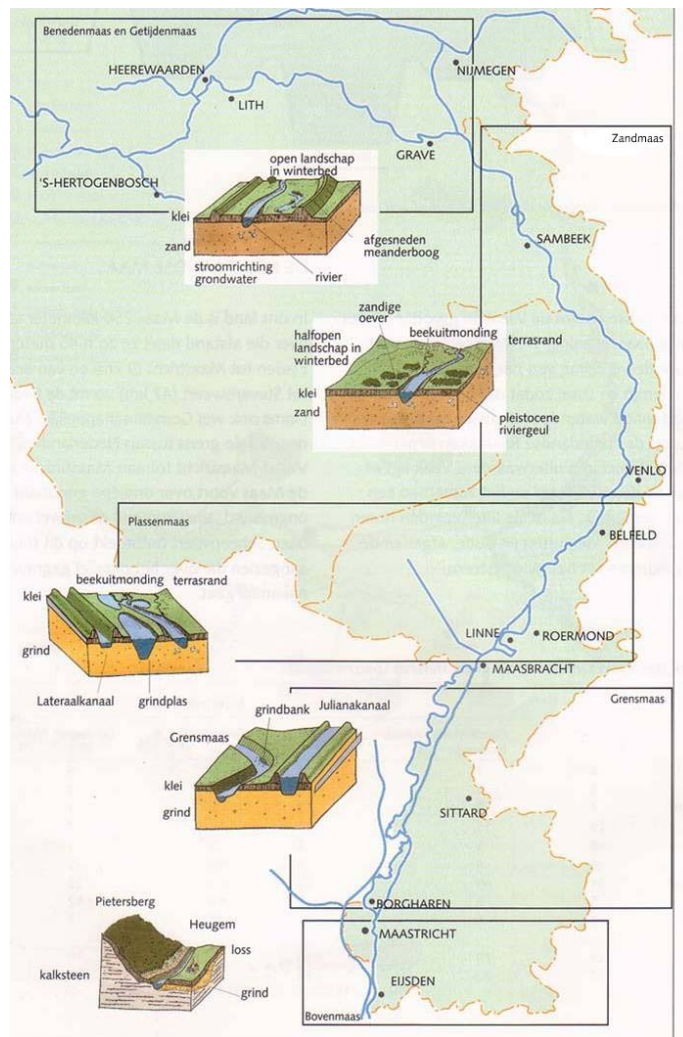
#### **Julianakanaal**

Het Julianakanaal ligt ten oosten van en parallel aan de Grensmaas. Het is in de twintiger jaren aangelegd ten behoeve van de scheepvaart, omdat de Grensmaas teveel stuwen nodig zou hebben om deze mogelijk te maken. Het kanaal loopt van Borgharen tot Maasbracht.

#### **Plassenmaas**

Het traject van de Plassenmaas loopt van Maasbracht tot Tegelen. De Maas loopt door een lager gelegen gebied (Centrale Slenk), hierdoor is de overstromingsvlakte breder. De rivier meandert breder uit dan in het traject van de Bovenmaas. Het verhang neemt enigszins af tot  $1 \cdot 10^{-4}$ . De bodem bestaat uit zand, grind en klei. In de loop der jaren is door de vele ontgrindingen een groot plassegebied ontstaan wat gebruikt wordt als intensief recreatiegebied. Dit plassegebied doet tijdens hoogwaters dienst als een belangrijk waterbergingsgebied. Tussen Heel en Haelen is een lateraalkanaal aangelegd ten behoeve van de scheepvaart als afsnijding voor een aantal Maasbochten.





figuur 2.3 - Nederlandse traject Maas (RWS-DLB, 1995)

### Zandmaas 1

Dit gedeelte van de Maas loopt van Tegelen tot Well. De Maas is diep ingesneden (4 tot 7 meter) in een hoger gelegen gebied met een zandige bodem. De Maas meandert op dit traject vrijwel niet.

### Zandmaas 2

Van Well tot Gennep loopt de Maas door een lager gelegen gebied. De rivier is hier minder diep ingesneden dan bij de Zandmaas 1 (enkele meters). De meandervormen zijn zwak ontwikkeld. In dit gebied vindt ook de overgang plaats van Maasdal naar uiterwaardengebied.

---

### Benedenmaas en Getijdenmaas

Dit traject loopt van Gennep tot de monding van de Maas in het Hollands Diep en bestaat uit de Benedenmaas en de Getijdenmaas. Beide trajecten maken geen deel meer uit van het Maasdal, maar behoren tot het Nederlands laagland. De Maas snijdt zich niet meer in, maar zet sediment af en meandert door een uitgestrekt landschap van oeverwallen en kommen. De dijken (vaak eeuwenoud) vormen de begrenzing van het winterbed.

#### 2.4.2 De Nederlandse zijrivieren

Met Nederlandse zijrivieren worden zijrivieren van de Maas bedoeld die hun monding op Nederlandse bodem hebben.

	Gemiddeld verhang (x10 <sup>-4</sup> ) *	Oppervlak stroomgebied (km <sup>2</sup> ) *	Gebiedsneerslag (mm) Jaargemiddelde ****	Piekafvoer (T=50) (m <sup>3</sup> /s) *****	Gemiddelde debiet (m <sup>3</sup> /s) *	Monding op Maaskilometer
Geul	42	388		53	4	22 **
Roer	40 → 6 <sup>3</sup>	2340	847	140	22.2	78 **
Niers	3	1358	720	60	7	157.2 ***

**tabel 2.3 - Eigenschappen van Nederlandse zijrivieren van de Maas (\*van Leussen et al, 2002), \*\* www.maaswerken.nl, \*\*\*www.zl.nl, \*\*\*\* (Berger ,1991),\*\*\*\*\* (Provincie Limburg et al, 2002) )**

Ten behoeve van de stroomgebiedvisie Limburg (Provincie Limburg et al.,2002) is vastgesteld wat de bijdrage van diverse zijrivieren op het Nederlandse stroomgebied van de Maas aan hoogwater is. Hiervoor is van de 20 grootste Maasafvoergebeurtenissen van de afgelopen 30 jaar het afvoerpatroon van deze zijrivieren onderzocht en is de neerslagverdeling bekeken. De drie rivieren met de grootste bijdrage zijn in tabel 2.3 neergezet. Bij gelijkmatige neerslagverdeling in de Ardennen en Limburg lopen de afvoergolven op de Nederlandse zijrivieren 1 tot 3 dagen voor op die van de Maas. Soms treed er helemaal geen hoogwater in deze rivieren op of valt deze piek ruim buiten de hoogwatergolf op de Maas (Provincie Limburg et al, 2002) . De bijdrage van de Nederlandse zijrivieren aan hoogwater zijn in verhouding tot de rivieren in de Ardennen gering. Alleen de Roer kan maximaal een verschil van 10 centimeter bij Roermond veroorzaken (Persoonlijke Communicatie RWS-DLB, 2003).

---

<sup>3</sup> De Roer heeft een verhang dat varieert tussen de 40 en 6 (x10<sup>-4</sup>)

### 2.4.3 Stuwen in de Nederlandse Maas

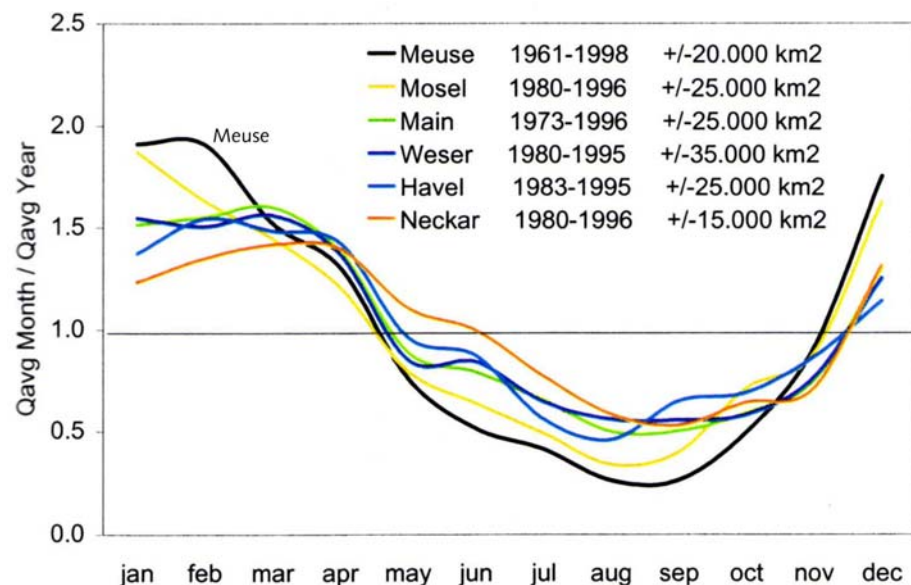
Op het Nederlandse deel van de Maas zijn ten behoeve van de bevaarbaarheid zeven stuwen in gebruik, in tabel 2.4 staan de eigenschappen van deze stuwen beschreven. Tijdens hoogwater worden deze stuwen gestreken. Hiervoor zijn vaste debieten vastgesteld, maar het exacte moment dat de stuwen gestreken worden wordt door de sluismeesters op grond van hun ervaring gekozen.

Maaskilometer	Naam stuw	Tijdstip Strijken stuwen in (m <sup>3</sup> /s) te Borgharen-dorp *	Bouwjaar	Stuwpeil (NAP +m)
16	Borgharen	1240 à 1275	1931	44.00
70	Linne	1250	1929	20.80
83	Roermond	1010 à 1070	1929	16.75
100	Belfeld	837 à 865	1929	14.00
146	Sambeek	1070	1929	10.75
173	Grave	1650	1929	7.50
198	Lith	1070	1936	5.00

tabel 2.4 - Stuwen in de Maas (Berger, 1991) \*(RWS-DLB, 2002)

### 2.5 Neerslag en afvoer

De Maas is een regenrivier. In verhouding met vergelijkbare rivieren in Noordwest Europa fluctueert het afvoerregime van de Maas sterk. Dit komt naar voren in figuur 2.4, waar genormaliseerde maandelijkse afvoeren voor enige rivieren in Noordwest Europa zijn gegeven.



figuur 2.4 - Genormaliseerde maandelijkse afvoeren voor enige rivieren in Noordwest-Europa (Wit et al., 2001)

---

Uit de grafiek blijkt dat van de Maas het maandafvoergemiddelde in februari het dubbele van de gemiddelde afvoer is. In de zomermaanden is het afvoergemiddelde per maand minder dan de helft van de gemiddelde afvoer van het jaar.

Uit dit gegeven is af te leiden dat de extreme afvoeren in de Maas meer kans hebben om in de wintermaanden (december tot en met maart) plaats te vinden.

De oorzaak voor de hoge afvoeren in de winter ligt in het feit dat de verdamping in de zomer veel hoger ligt. Het winterbed is dan minder verzadigd en kan dan meer water opnemen als in de winter.

De dagelijkse gemiddelde afvoer te Borgharen-dorp is  $227 \text{ m}^3/\text{s}$  met een standaarddeviatie van  $268 \text{ m}^3/\text{s}$  (De Wit et al, 2001). In de winter is het gemiddeld  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ , in de zomer  $142 \text{ m}^3/\text{s}$ . De maatgevende afvoer, de afvoer die een kans heeft eens in de 1250 jaar overschreden te worden, wordt om de vijf jaar opnieuw vastgesteld. De laatste keer was in 2001, wat een maatgevende afvoer van  $3800 \text{ m}^3/\text{s}$  opleverde. De hoogste (gehomogeniseerde) afvoer ooit was  $3180 \text{ m}^3/\text{s}$  in 1926.

## 2.6 Hoogwaters op de Maas

Regelmatig treden er op de Maas hoogwaters op. Deze kunnen overlast opleveren voor bewoners, vee en gebouwen langs de rivier. Er zijn een aantal omstandigheden in het stroomgebied van de Maas die bepalend zijn voor hoogwater (Boertien II, 1994).

- De initiële vochttoestand van de bodem
- De duur, vorm (regen of sneeuw), intensiteit en spreiding van de neerslag, en richting van de buien over het stroomgebied
- De hydraulische karakteristiek van het bodemoppervlak, de beken en de rivieren
- De mate waarin de hoogwatergolf op de zijrivier synchroon loopt met de golf op de hoofdriever, ofwel het samenvallen van de pieken

In tabel 2.5 zijn de grootste hoogwaters van de afgelopen 100 jaar op een rijtje gezet ( $Q_{\text{gehomogeniseerd}} > 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoogwater in de eerste maanden van 2002 bestond uit 4 officiële hoogwaters ( $Q_{\text{Borgharen-dorp}} > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kort achter elkaar. Door allerlei kunstmatige ingrepen in de rivier de Maas kunnen historische hoogwaters niet zomaar met elkaar vergeleken worden. Als gevolg van correcties op stokdrijvermetingen en het effect van rivierwerken op de Ardense Maas kan er onderscheid

---

gemaakt worden tussen de volgende periodes (Boertien II, 1994):

- 1911-1928
- 1929-1940
- 1941-1955
- 1956-1973
- 1974-1990
- 1991-heden

De omgerekende gehomogeniseerde afvoerwaardes staan vermeld in tabel 2.5. Een afvoer van 1840 in 1915 komt dus overeen met een afvoer van 2031 heden ten dage. In de praktijk rekent de Informatie en Adviesdienst van RWS-DLB (ANI) alleen nog met de hoogwaters 1993-heden.

Jaar / Maand maand	Opgetreden afvoeren (m <sup>3</sup> /s)	Gehomogeniseerde waarden (m <sup>3</sup> /s)
1915 December	1840	2031
1920 Januari	2086	2279
1924 November	1892	2086
1926 Januari	3000	3175
1939 November	2060	2147
1945 Februari	1945	2022
1961 Februari	2125	2171
1966 December	1964	1999
1970 Februari	2165	2207
1980 Juli	2120	2142
1984 Februari	2418	2570
1993 Januari	2388	2388
1993 December	3120	3120
1995 Januari	2870	
1999 December	2122	
2002 Januari	2019	
2002 Februari	2488	
2002 Februari	2113	
2003 Januari	2730	

**tabel 2.5 - Opgetreden maximale debieten (m<sup>3</sup>/s) te Borgharen-dorp (Boertien II, 1994)**

---

## Looptijden Nederlandse Maas

De looptijden van de hoogwatergolf kunnen per hoogwatergolf verschillen. In tabel 2.6 zijn de looptijden van een aantal recente hoogwaters naast elkaar gezet.

Hoogwater 1993	86
Hoogwater 1995	56
Hoogwater 6 jan t/m 9 jan 2001	65
Hoogwater maart 2001	69
Hoogwater eind januari 2002	86
Hoogwater half februari (13e)	77
Hoogwater Eind februari (20-25)	79
Hoogwater eind februari, begin mrt 2002	71
Hoogwater januari 2003	69

**tabel 2.6 - Looptijden hoogwaters (in uren) van Borgharen-dorp naar Lith-dorp (186 km)**

De verplaatsing van de hoogwatergolf is bepaald aan de hand van de eerste gemeten top-waarde. Hierdoor kan het bij lang aanhoudende hoogwatergolven gebeuren dat een top stroomafwaarts eerder optreedt. De hoogwatergolf van 1995 is de snelste, deze legt de afstand Borgharen-dorp – Lith-dorp in 56 uur af. Het hoogwater van eind januari 2002 is net als het hoogwater van 1993 aanzienlijk langzamer, deze doet er 86 uur over om dezelfde afstand af te leggen.

---

## 3 Overzicht huidige voorspellingsprocedures

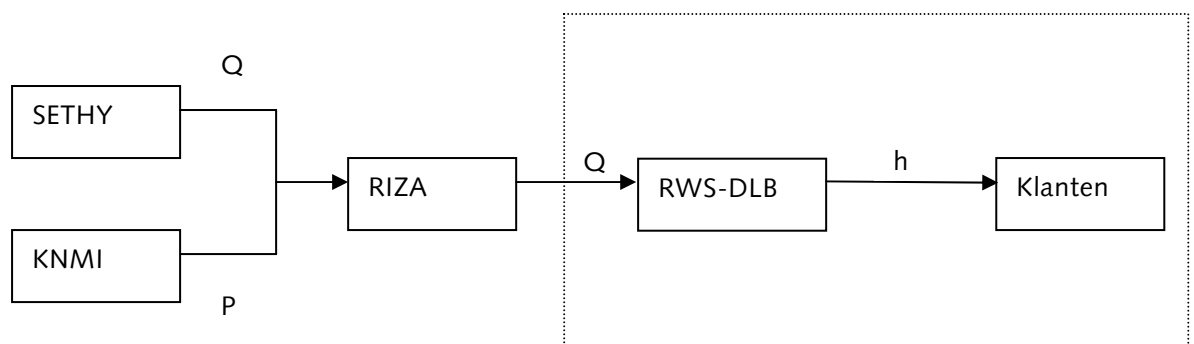
---

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de voorspellingsprocedures voor het voorspellen van hoogwater door Rijkswaterstaat Directie Limburg (RWS-DLB) op het beheergebied van de Maas behandeld worden. Globaal is de situatie dat ten tijde van (dreigend) hoogwater het RIZA de waterstanden voor Borgharen-dorp voorspeld, RWS-DLB voor het traject van Borgharen-dorp tot Lith en de Directie Zuid Holland van RWS (RWS-DZH) voor het traject van de Maas van Lith tot het Hollands Diep. Daar de voorspellingen van het RIZA een belangrijke plaats innemen in de voorspellingen van RWS-DLB is aan de voorspellingen van dit instituut een aparte paragraaf gewijd. Tevens zal ingegaan worden op het voorspellingsproces binnen RWS-DLB, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het rekenproces en de communicatie.

### 3.2 RIZA

De voorspellingen van het RIZA voor de afvoer te Borgharen tijdens hoogwaters worden door RWS-DLB als input voor de voorspellingen stroomafwaarts gebruikt. Indien de waterstand te Borgharen-dorp de waarde van 42,75 m + NAP (afvoer circa 1000 m<sup>3</sup>/s) overschrijdt, wordt door de hoogwatercoördinator van (RWS-DLB) contact opgenomen met



**figuur 3.1 - Overzicht gegevensinwinning van voorspellingen tijdens hoogwater**

het RIZA in verband met het opstarten van het voorspellingsmodel FloMaas. FloMaas is een door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) ontwikkeld model

---

dat aan de hand van neerslag, afvoer en waterhoogte hoogwaters op de Maas voorspelt. Het koppelt een hydrologisch aan een hydraulisch model. Voor de hydraulische component wordt het model Sobek gebruikt. Als invoergegevens voor FloMaas worden de door het KNMI verstrekte neerslagcijfers in het Belgische en Franse stroomgebied van de Maas en de Maasafvoer bovenstrooms en te Chooz gebruikt, alsmede de afvoergegevens die het Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports, Service d'Études Hydrologique (SETHY) verstrekt van de Belgische en Franse zijrivieren (RWS-DLB, 2002). Met het FloMaas model is het mogelijk om snel door te rekenen wat de gevolgen van bepaalde neerslagvoorspellingen in het Ardense stroomgebied van de Maas zijn. (<http://wldelft.nl/gen/org/cso/flo.html>)

Gezamenlijk overleggen het hoogwaterteam en het RIZA over de voorlopig voorspelde waardes. Met behulp van bovengenoemd voorspellingsmodel wordt door het RIZA een voorspelling gemaakt van de te verwachten topafvoer bij Borgharen-dorp. In figuur 2.1 is schematisch weergegeven hoe deze informatiestroom van voorspellingen tijdens hoogwater verloopt. Het kader van dit onderzoek is gestippeld omlijnd. De inzameling van gegevens door het RIZA valt dus buiten het kader van dit onderzoek. De communicatie van RWS-DLB naar de klanten verloopt complexer dan hier staat aangegeven en zal verderop uitgediept worden.

Zichtlengte (uren)	Nauwkeurigheid (cm)
6	10
12	15
24	40
36	100

**tabel 3.1 – Voorbeeld zichtlengte versus onnauwkeurigheid te Borgharen-dorp (RWS-DLB, 1994)**

Door het gebruik van onder andere neerslagvoorspellingen en modelschematisatie gaat de afvoervoorspelling gepaard met enige mate van onzekerheid. Naarmate de zichtlengte toe neemt, neemt de nauwkeurigheid van de voorspellingen snel af. In tabel 3.1 is dit globaal weergegeven voor



Borgharen-dorp. Als er daadwerkelijk sprake is van een hoogwater, verzorgt het RIZA ook de faxberichten met de hoogwatervoorspellingen voor de klanten van RWS-DLB. De taken van het RIZA tijdens een hoogwater zijn weergegeven in **tabel 3.2**.

Tijdstip (te Borgharen-dorp)	Taken
800 m <sup>3</sup> /s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sluis Heel hoogwaterwaarschuwing sturen /doorgeven</li> <li>• Afspraken maken met ANI over beschikbaarheid en bereikbaarheid</li> </ul>
42,75 m + NAP (1000m <sup>3</sup> /s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opstarten voorspellingsmodel FloMaas na vraag van ANI</li> <li>• Uitvoeren voorspellingen</li> </ul>
44,10 m + NAP (1500 m <sup>3</sup> /s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alarmering uitsturen en start hoogwaterberichtgeving</li> <li>• Uitgeven hoogwaterberichten</li> <li>• Intrekken alarmering bij niveauval in Ammerzoden en afvoer &lt; 1500 m<sup>3</sup>/s te Borgharen-dorp als geen verder stijging wordt verwacht</li> </ul>

**tabel 3.2 - Taken RIZA tijdens hoogwater (RWS-DLB, 2002)**

### 3.3 Voorspellingsprocedures RWS-DLB

Het proces van het voorspellen van waterstanden in de Maas en de communicatie hiervan naar de belanghebbenden is een complex geheel. Veel procedures zijn daarom vastgelegd in het "Werkboek Hoogwater" dat ieder jaar vernieuwd wordt (RWS-DLB, 2002).

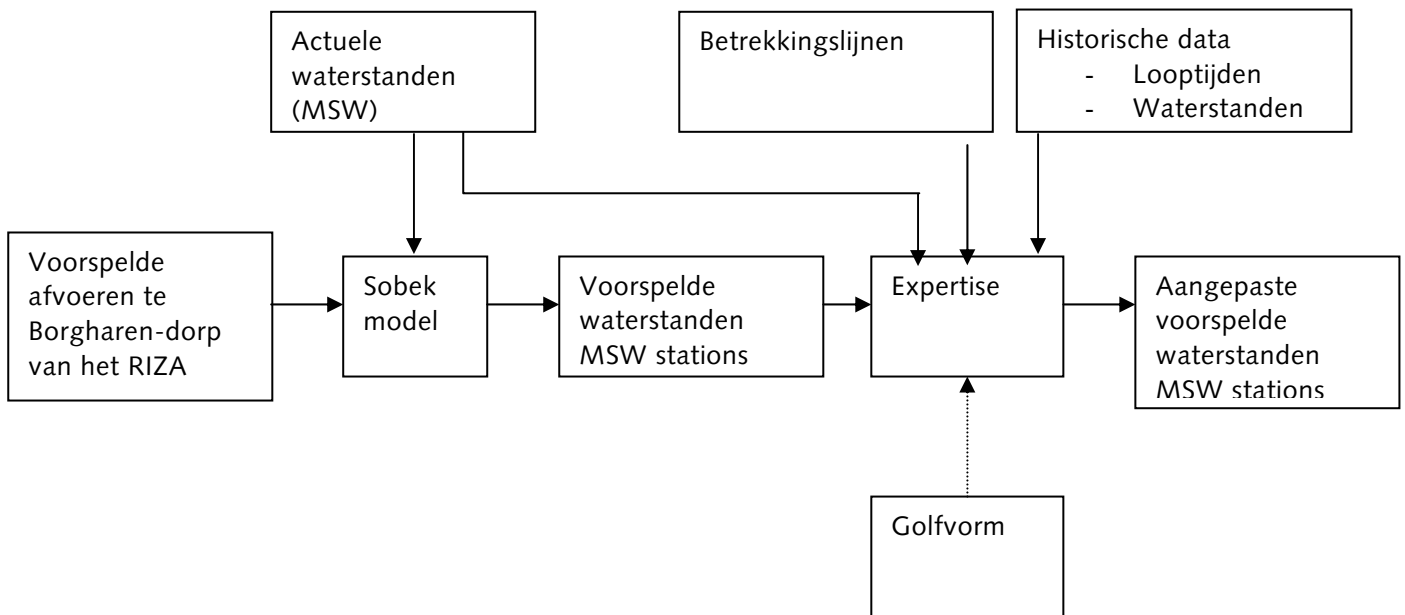
Binnen RWS-DLB zijn twee hoogwatercoördinatoren van de afdelingen Beheer natte infrastructuur (ANB) en de Informatie en Adviesdienst (ANI) actief die tot taak hebben het proces rond de hoogwaterslaggeving in gang te zetten, te begeleiden en te beëindigen. Tijdens het hoogwater zijn er binnen RWS-DLB twee processen tegelijk actief. Het eerste is het berekenen van de waterstanden binnen het beheergebied van RWS-DLB, dit wordt in deze paragraaf behandeld. Het tweede proces is de communicatie van de berekende waterstanden naar buiten toe. Dit laatste komt in paragraaf 3.4 aan bod.

#### 3.3.1 Voorspellen van waterstanden door RWS-DLB

Het rekenproces binnen RWS-DLB is schematisch weergegeven in figuur 3.2. De input zijn de voorspelde afvoeren door het RIZA te Borgharen-dorp en de actuele waterstanden op dat moment bij de Monitoring

---

Systeem Water (MSW) stations in Limburg. Een overzicht van deze stations is gegeven in figuur 3.3. De output uit het Sobek model zijn de voorspelde waterstanden bij een aantal MSW stations.



**figuur 3.2 - Voorspellingsproces binnen RWS-DLB**

Deze zijn in het algemeen nog niet accuraat genoeg. Dit komt onder andere doordat het model onvoldoende rekening kan houden met de spitsheid of stomphheid van een hoogwatergolf. Er wordt met behulp van historische hoogwatergolven, de betrekkinglijnen<sup>4</sup> en de golfvorm een aangepaste waterstandsvoorspelling gegeven voor de MSW stations. Zodra de top van de golf Borgharen gepasseerd is worden de voorspellingen door RWS-DLB nauwkeuriger en wordt er verder vooruit voorspeld.

---

<sup>4</sup> Verklarende woordenlijst op pagina 109

Topstanden	20-25 feb	eindfeb 2002	Vershil
Borgharen-dorp	45.46	45.1	0.36
Elsloo	39.61	39.24	0.37
Grevenbicht	32.32	32.18	0.14
Stevensweert	24.81	24.65	0.16
Heel-boven	22.07	21.95	0.12
Linne-beneden	20.88	20.82	0.06
Roermond-boven	19.25	19.37	-0.12
Heel beneden		19.12	
Neer	18.77	18.93	-0.16
Belfeld beneden	17.59	17.79	-0.2
Venlo	17.16	17.35	-0.19
Well	14.46	14.62	-0.16
Sambeek beneden	12.47	12.76	-0.29
Mook	10.16	10.67	-0.51
Grave beneden	8.72	9.24	-0.52
Megen	6.75	7.35	-0.6
Lith dorp		5.47	

**tabel 3.3 - Topstanden hoogwaters eind februari 2002**

De golfvorm is van belang voor de voorspelling van de waterstanden benedenstrooms van Borgharen-dorp. Een spitse golf zal afvlakken rond de Maasplassen rond Roermond, omdat deze plassen een groot bergend effect hebben. De stompe golven vlakken minder af en zorgen in het benedenstrooms gelegen gebied voor hogere waterstanden. Dit is geïllustreerd in tabel 3.3. Hierin staan de topstanden van twee hoogwatergolven die achter elkaar optraden in februari 2002. De topstand van de golf van 20-25 februari is bij Borgharen 36 centimeter hoger, maar bij Megen is de waterstand al 60 centimeter lager als de waterstand van de stompere golf die erna kwam. Een verschil van bijna een meter (!).

### 3.3.2 Modellerings van het beheergebied DLB

Het gedeelte van de rivier de Maas dat binnen het beheergebied van DLB valt is gemodelleerd in het 1-dimensionale computermiddel Sobek. De ruimtelijke resolutie, de afstanden tussen de rekenpunten, is 500 meter. De dwarsdoorsneden zijn gemaakt op basis van luchtfoto's en bodempeilingen.

#### Bovenrand

De bovenrand van het Sobek-model is Eijsden, dit is het meetpunt van het MSW-net dat het dichtst bij de Belgische grens ligt. Daar op dit punt geen Q-h relatie wordt bijgehouden en te Borgharen-dorp wel, wordt er

---

gebruik gemaakt van een uit de waterstandsreeks bij Borgharen geconstrueerde afvoerreeks bij Eijsden.

### **Zijrivieren**

De zijrivieren Geul, Geleenbeek, Roer, Neerbeek en de Niers zijn in het model opgenomen. De data uit de zijrivieren zijn niet digitaal beschikbaar (van de waterschappen), de afvoeren worden daarom via regressiefuncties afgeleid uit de afvoerreeks bij Borgharen-dorp.

### **Benedenrand**

De benedenrand van het model is bij Keizersveer. Voor Keizersveer worden de beschikbare waterstanden uit het MSW-net gebruikt, aangevuld met herhaling van de laatste 25 uur<sup>5</sup> over 5 dagen. Dit om de getijcyclus bij Keizersveer zo goed mogelijk te simuleren. Over het algemeen werkt bij hoogwaters het getij niet verder door dan het meetpunt te Heesbeen, dat buiten het beheergebied van DLB valt (Van der Veen, 2002).

### **Stuwbeheer**

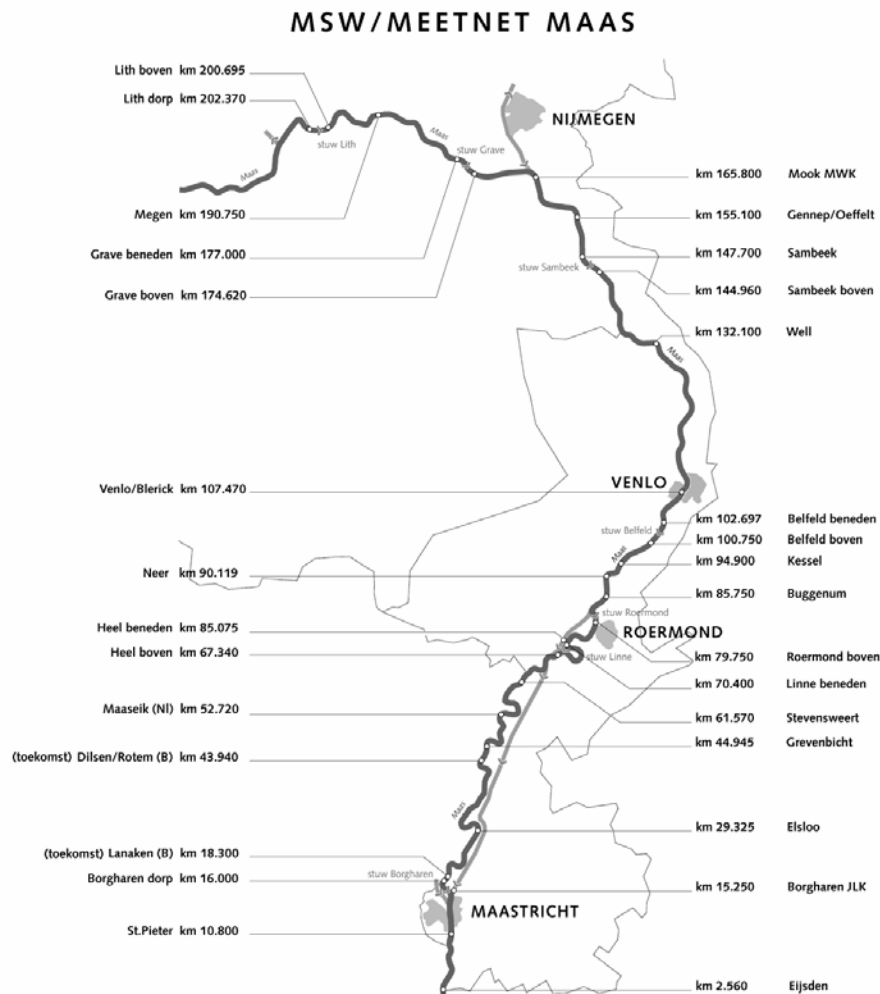
Het stuwbeheer is in het model geformaliseerd in eenvoudige rekenregels. De stuwmeesters zijn echter autonoom in hun optreden en bepalen zelf het meest geschikte moment om de stuwen daadwerkelijk te strijken. Het Sobek-model is gekalibreerd op het hoogwater van januari 1995. Het model is vervolgens geverifieerd op de hoogwaters van december 93, oktober/november 98, december 99 en januari 01.

### **Geometrische veranderingen**

Vooraf de aanleg van de kades Delta Plan Grote Rivieren (DGR), het eerste baggerbestek in het kader van de Maaswerken en de autonome verandering benedenstrooms van Lith kunnen leiden tot significante verschillen tussen voorspelde en opgetreden waterstanden. Naast deze grootschalige veranderingen zijn er ook nog tal van andere kleine aanpassingen waarvan de invloed op het geheel niet zo groot is, maar die lokaal grote invloed kunnen hebben

---

<sup>5</sup> Een getijcyclus duurt 24 uur en 50 minuten.



figuur 3.3 – MSW-stations Maas (Maaskilometer 0 t/m 202)

### Berging door Sobek

Een ander punt waardoor het Sobek-model minder nauwkeurig kan zijn, al heeft dit verschijnsel zich in de bestudeerde jaren niet voorgedaan, is dat het bergen van water in door kades beschermde gebieden niet goed kan worden gemodelleerd. In het 1-dimensionale Sobek model stromen deze gebieden pas vol als de kades onderlopen, in werkelijkheid bergen deze gebieden al op een lager afvoerniveau doordat ze van benedenstrooms af instromen.

### Verplaatste meetpunten

Een complicerende factor bij het voorspellen is dat een aantal van de meetpunten van het MSW-net door de jaren heen verplaatst zijn. Historische waarden zijn dan niet zonder meer met elkaar te vergelijken.

---

### 3.3.3 Data

Als input in het model gaan de afvoervoorspellingen van het RIZA voor Borgharen-dorp en de actuele waterstanden te Borgharen-dorp en Keizersveer. Met behulp van beschikbare waterstanden wordt de bovenrand bij Eijsden berekend. Dit gebeurt met behulp van de formule (Van der Veen, 2002) :

$$Q_E = 0.991Q_{B+2}) + \frac{6}{16}Q_{Bu} + Q_S - 1.24$$

$$Q_E = Q \text{ te Eijsden}$$

$$Q_{B+2} = Q \text{ te Borgharen-dorp} + 2 \text{ uur}$$

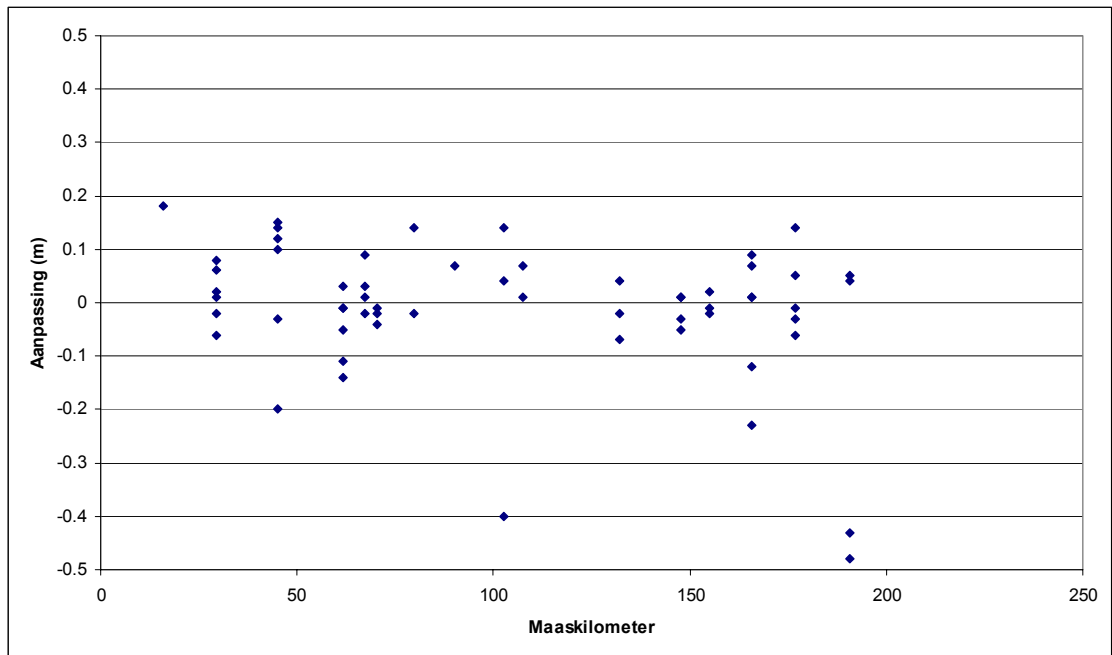
$$Q_{Bu} = Q \text{ te Bunde}$$

$$Q_S = Q \text{ te Smeermaas}$$

Dit veronderstelt een perfecte voorspelling van het RIZA voor het afvoerverloop bij Borgharen-dorp en eveneens 'perfecte' voorspellingen van het afvoerverloop bij Bunde en Smeermaas. Zoals eerder al vermeld worden de laterale toestromingen volledig bepaald op basis van de afvoerreeks bij Borgharen-dorp. Dit heeft als nadeel dat als er in het Nederlands deel van het stroomgebied verhoudingsgewijs meer regen valt, de afvoer van de beken onderschat wordt en vice versa.

### 3.3.4 Persoonlijke expertise

Daar het computermiddel Sobek gekalibreerd is op een stompe golf (hoogwater 1995) en de neerslagpatronen iedere keer anders zijn, speelt de persoonlijke expertise een grote rol in de waterstandsvoorspellingen van zowel het RIZA als RWS-DLB. De voorspelde waterstanden van het model worden na intern overleg aangepast. De aanpassingen die nodig zijn verschillen per meetstation langs de Maas, variërend van 5 tot 50 centimeter. Voornaamste factor die aanpassingen nodig maakt is de vorm van de afvoergolf. Om te bepalen welke aanpassingen nodig zijn wordt gebruik gemaakt van historische afvoergolven, betrekkinglijnen en de correctietabellen Sobek-Maas versie 2000.33 (Persoonlijke communicatie RWS-DLB, 2003). Tijdens ieder hoogwater worden dus de voorspellingen van het Sobek model handmatig bijgesteld.



figuur 3.4 – Aanpassingen aan Sobek-output 2002 en 2003 (voor alle zichttijden)

In het verleden zijn studies uitgevoerd waarin getracht werd de spitsheid van afvoergolven bij Borgharen-dorp een objectieve waarde te geven (van Delden, 1999 en Gerretsen 1999) en daarmee ook uitspraken te kunnen doen over de afvlakking van golven benedenstrooms van Borgharen-dorp. Dit heeft nog niet tot bruikbare resultaten geleid. Het exacte tijdstip van optreden van de piek zoals door het model voorspeld wordt, wordt niet uitgegeven in de hoogwaterberichten. Wel wordt een indicatie gegeven in welk dagdeel ongeveer de top zal passeren, onderverdeeld in ochtend, middag, avond en nacht.

In figuur 3.4 is een voorbeeld gegeven van handmatige aanpassingen aan het Sobek-model voor de hoogwatergolven van 2002 tot en met 2003. De aanpassingen zijn uitgezet op de rivieras. Een negatieve aanpassing betekent een bijstelling naar onder toe en een positieve aanpassing betekent een bijstelling naar boven toe. De grote aanpassingen rond Megen (km 190.75) en Lith (km 200) komen door de grote zichttijd waarmee het model voorspeld. De aanpassingen rond de Plassenmaas komen doordat het model de afvlakking van de golven niet helemaal goed voorspeld.

---

### 3.3.5 Zichttijd van de voorspellingen

Over het algemeen is het zo dat RWS-DLB voorspellingen met een beperkte zichttijd<sup>6</sup> geeft. In principe kan er verder voorspeld worden, maar de onzekerheid in de voorspellingen met een grotere zichttijd wordt te groot gevonden. In tabel 3.4 staan de vuistregels die door het hoogwatervoorspelteam gehanteerd worden met betrekking tot de zichttijd bij het maken van hoogwatervoorspellingen.

Top t.o.v. Borgharen	Officiële voorspelling tot en met...	Onderhandse voorspelling tot en met...
Meer dan 1 dag nog te gaan	Alleen verwachte waterstand Borgharen opgeven	Stevensweert
0,5 dag voor Borgharen	Stevensweert	Heel boven
Top te Borgharen	Heel boven	Roermond
0,5 dag Borgharen gepasseerd	Venlo	Sambeek
1 dag Borgharen gepasseerd	Sambeek	Grave
1,5 dag Borgharen gepasseerd	Grave	Lith
2 dagen Borgharen gepasseerd	Lith	

tabel 3.4 - Zichttijden voor officiële voorspellingen (Interne Communicatie ANI, 2003)

---

---

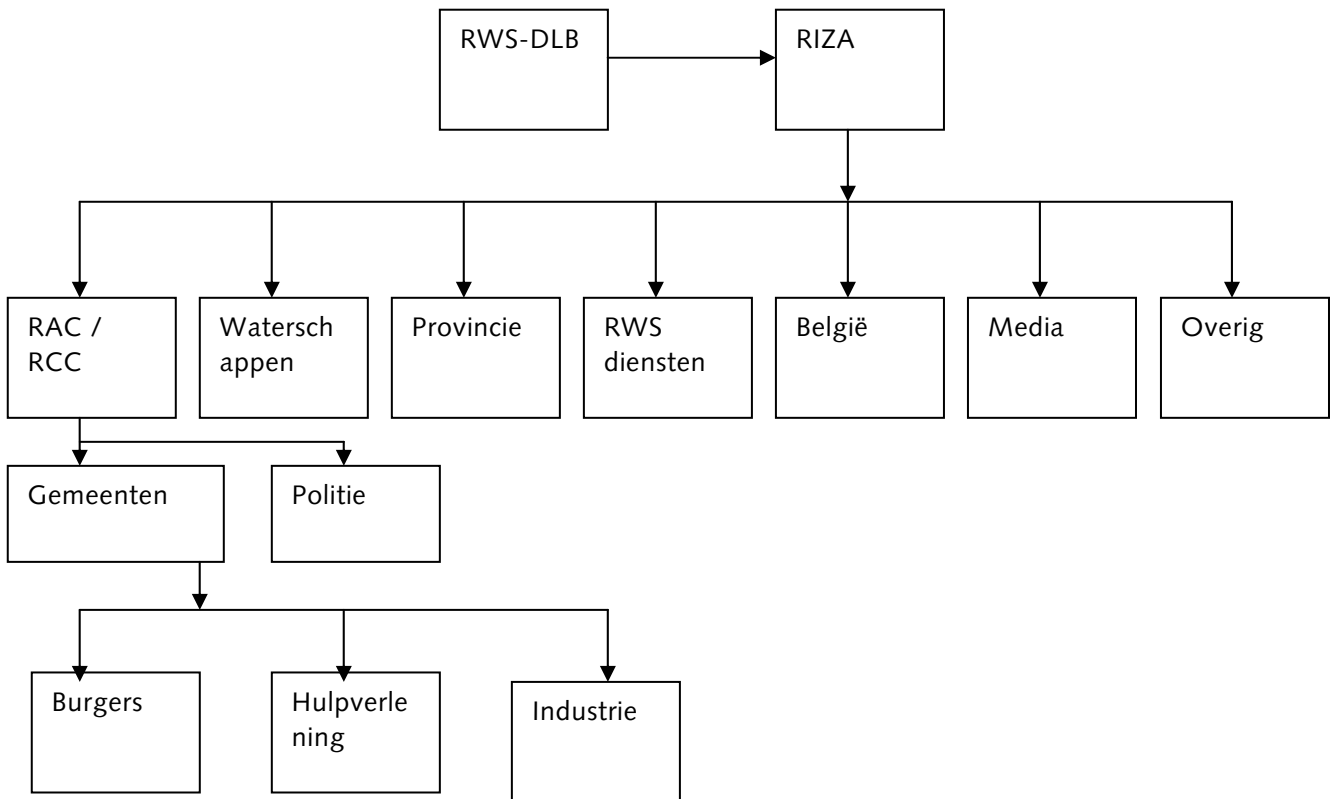
<sup>6</sup> Zie ook verklarende woordenlijst op pagina 109



---

### 3.4 Communicatie

De communicatie tijdens hoogwaters vanuit RWS-DLB kan onderverdeeld worden in passieve en actieve communicatie. Daarnaast wordt een onderscheid gemaakt tussen officiële en onofficiële communicatie.



**Figuur 3.5 – Organogram officiële actieve communicatie**

Actieve communicatie houdt in dat RWS-DLB zelf de communicatie onderhoudt, bij passieve communicatie wordt mensen de mogelijkheid geboden contact op te nemen met RWS-DLB om de voorspellingen te weten te komen. Gebruikte communicatiemiddelen door RWS-DLB (RWS-DLB, 2002):

1. Teletekst
2. Telefoon
3. Fax
4. Lokale en regionale omroep
5. Lokale en regionale kranten
6. E-mail
7. Internet ([www.actuelewaterdata.nl](http://www.actuelewaterdata.nl))

Tijdens een hoogwater vindt er onderling tussen afdelingen en naar buiten toe ook veel onofficiële

---

communicatie plaats. Deze is minder gereguleerd als de officiële communicatie, maar toch zal er getracht worden een waarheidsgetrouw beeld van deze communicatie hier neer te zetten.

### **3.4.1 Actieve Communicatie**

Als de communicatie voor een hoogwater start zijn de telefoon en de fax voor RWS-DLB een belangrijk middel van actieve communicatie. In het werkboek zijn richtlijnen vastgelegd welke instantie op welk moment een attendering of voorwaarschuwing krijgt. De alarmering en de hoogwaterberichten worden door het RIZA verspreid.

De berichtgeving door RWS-DLB is te verdelen in 3 fases. De attendering, voorwaarschuwing 1 en voorwaarschuwing 2. Bij iedere fase worden meer instanties gewaarschuwd. In tabel 3.5 is de fasering aangegeven. In de linkerkolom staat de naam van de fase, met daarbij de afvoer en waterstand te Borgharen-dorp. Voor de middenkolom met adressanten geldt dat de adressanten die onder een voorgaande fase al vermeld staan niet nog een keer herhaald worden. Er staat dus vermeld in welke fase de adressanten in het traject betrokken worden. Zo krijgt bijvoorbeeld de vereniging Natuurmonumenten in alle fases een telefoontje van RWS-DLB.

In fase "Attendering" worden de natuur en landschapsverenigingen Ark, Natuurmonumenten en Limburgs Landschap gewaarschuwd in verband met het binnenhalen van vee. De Regionale Alarm Centrales (RAC's) wordt gewaarschuwd, omdat zij verantwoordelijk zijn voor het voorbereiden en inrichten van het Regionaal CoördinatieCentrum (RCC) (Anoniem, 1996) en het versturen van waarschuwingsberichten aan de betrokken gemeenten en instanties. In fase "Voorwaarschuwing 1" worden dezelfde instanties uit fase "Attendering" wederom telefonisch en via de fax op de hoogte gebracht van de afvoer te Borgharen-dorp. Het gebied waarbinnen de brandweerkorpsen op de hoogte worden gebracht wordt uitgebreid. Tevens wordt het Korps Landelijke PolitieDienst (KLPD) op de hoogte gebracht in verband met het handhaven van de orde en mogelijke hulp bij evacuatie. De provincie wordt ook op de hoogte gebracht. In fase "Voorwaarschuwing 2" worden behalve de voorgenoemde instanties ook de betrokken Belgische instanties op de hoogte gebracht. Mocht de fase "Alarmering" bereikt worden dan neemt het RIZA de berichtgeving over van RWS-DLB.

Fase	Adressanten	Wijze van informeren
<b>Attendering</b> Debiet ca 1000m <sup>3</sup> /s Waterstand 42.75 m+ NAP	Regionale brandweer Zuid-Limburg	telefonisch + fax
	Regionale brandweer Noord en Midden-Limburg	telefonisch + fax
	Stichting Limburgs Landschap	telefonisch
	Stichting Ark	telefonisch
<b>Voorwaarschuwing 1</b> Debiet ca 1250 m <sup>3</sup> /s Waterstand 43.55 m+NAP	Vereniging Natuurmonumenten	telefonisch
	Regionale brandweer Nijmegen	telefonisch + fax
	Regionale brandweer N.O.Noord Brabant	telefonisch + fax
	Regionale brandweer Rivierenland	telefonisch + fax
	KLPD Driebergen	telefonisch
<b>Voorwaarschuwing 2</b> Debiet ca 1500 m <sup>3</sup> /s Waterstand 44.10 m+ NAP	Provincie Limburg	telefonisch
	Provincie Gelderland	telefonisch
	Provincie Noord-Brabant	telefonisch
	Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap	
	Afd. Maas en Albertkanaal(B)	telefonisch
	Hydrologisch Informatiecentrum te Borgenhout (B)	telefonisch
	Service d'Etudes Hydrologiques te Namur (B)	telefonisch

**tabel 3.5 - Adressanten actieve communicatie RWS-DLB (RWS-DLB, 2002)**

### 3.4.2 Passieve communicatie

Voor de passieve communicatie wordt vanaf een debiet van 1500 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen-dorp een informatiecentrum opgericht binnen RWS-DLB. Dit is een extra mogelijkheid waar mensen heen kunnen bellen naast de vuilwaterwacht in Heel<sup>7</sup> om de laatste voorspellingen te weten te komen. Het is tevens mogelijk om onofficieel voorspellingen met een grotere zichttijd en dus ook grotere onnauwkeurigheid te verkrijgen. Met de uitgifte van deze grotere zichttijd voorspellingen wordt wel grote voorzichtigheid in acht genomen. Behalve de telefonische bereikbaarheid bestaat er de mogelijkheid om zowel via internet als teletekst de verstuurde hoogwaterberichtgeving te lezen en actuele waterdata te bekijken ([www.actuelewaterdata.nl](http://www.actuelewaterdata.nl)). Voor echte up-to-date informatie biedt het Rijksinstituut voor Kennis Systemen (RIKS) een klantenversie van het MSW aan. Dit systeem wordt iedere tien minuten verversd en heeft derhalve meestal actuelere data als de website.

<sup>7</sup> De vuilwaterwacht in Heel is 24 uur per dag bemand. Hier komen de meldingen binnen van mogelijke vervuilingen. Bij hoogwater wordt de post ook gebruikt als communicatiemiddel naar buiten toe.

---

### 3.5 Werkboek Hoogwater

RWS-DLB heeft om de gang van zaken tijdens een hoogwatercrisis goed te laten verlopen een werkboek hoogwaterberichtgeving opgesteld. Hierin zijn alle procedures zoals ze binnen RWS-DLB verlopen tijdens een hoogwater vastgelegd. Het hoogwaterproces is opgedeeld in 7 fases, welke kort zijn weergegeven. De debieten en waterstanden gelden allen voor Borgharen-dorp.

#### **>= 250 m<sup>3</sup>/s en neerslagverwachting Ardennen > 15 mm**

- Waterstanden tevens in het weekend dagelijks inwinnen, neerslag en neerslagverwachting dagelijks monitoren en interpreteren.

#### **> 700 m<sup>3</sup>/s verwacht en verwachting tot stijgen**

- Sluis Heel verzoeken de waterstand te bewaken.
- Inwinfrequentie MSW-computer aanpassen en waarschuwniveaus instellen.

#### **800 m<sup>3</sup>/s**

- Sluis Heel ontvangt telefonisch de hoogwaterwaarschuwing (van RIZA).
- Afspraken maken met RIZA over beschikbaarheid en bereikbaarheid.

#### **42,75 m +NAP (1000 m<sup>3</sup>/s)**

- "Attendering Hoogwater" uitsturen.
- Hoogwatercoördinator neemt contact op met RIZA voor opstarten voorspellingsmodel FloMaas.

#### **43,55 m +NAP (1250 m<sup>3</sup>/s)**

- "Voorwaarschuwing I" uitsturen.
- Bij stabilisatie waterstand, dagelijks mededeling opstellen.
- Bemannen Informatie Centrum indien verder stijging verwacht wordt.

#### **44,10 m +NAP (1500 m<sup>3</sup>/s) verwacht en verwachting tot stijgen**

- "Voorwaarschuwing II" uitsturen.
- Bij stabilisatie waterstand, dagelijks mededeling opstellen met de verwachting van de verdere waterstandsontwikkeling.

#### **>= 44,10 m +NAP (1500 m<sup>3</sup>/s) bereikt en verwachting tot stijgen**

- Alarmering uitsturen en start hoogwaterberichtgeving.

- 
- Open stellen Informatie Centrum.
  - Uitgeven hoogwaterberichten.

Intrekken alarmering bij niveauval in Ammerzoden en afvoer  $<1500\text{m}^3/\text{s}$  te Borgharen-dorp en geen stijging wordt verwacht.

---

## 4 Technische kwaliteit van de voorspellingen

---

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de huidige technische kwaliteit van de voorspellingen van RWS-DLB behandeld. Met technische kwaliteit wordt de mate bedoeld waarin de voorspelde waarden overeenkomen met de gemeten waarden. De technische kwaliteit van de waterstandsvoorspellingen wordt op meerdere manieren onderzocht. Als eerste wordt per Maasdeel een analyse gegeven van de situatie 2001-2003. Daarna wordt gekeken naar de kwaliteit van de expertaanpassingen en de relatie zichttijd - onnauwkeurigheid over de Maas gespreid. De jaren 2001, 2002 en 2003 zijn gekozen omdat vanaf 2001 bij RWS-DLB met het nieuwe voorspellingsmodel Sobek gewerkt wordt. Een analyse per meetstation is te vinden in de bijlagen vanaf pagina 82.

### 4.2 Theorie

In dit hoofdstuk worden een aantal theorieën gebruikt die in deze paragraaf kort toegelicht worden. In vergelijkingstabellen worden de symbolen  $\sigma$ ,  $\mu$ , B.I. en de N gebruikt. Deze symbolen en hun achtergrond zullen in deze paragraaf aan bod komen. Tevens is het zo dat er gekeken wordt naar golven en de bijbehorende voorspelling. Iedere golf gedraagt zich anders, dit heeft in eerste instantie te maken met de voorafgaande regenval (duur, hoeveelheid) in de Belgische Ardennen, maar de gedragingen van de golf in de Maas op Nederlands grondgebied verschillen ook. De oorzaken hiervoor worden ook in deze paragraaf behandeld.

#### 4.2.1 Gebruikte statistiek

##### Mediaan

Een reeks getallen wordt als volgt gedefinieerd (Kallenberg, 1997):

$$Y_1 = \min_j X_j, Y_2, \dots, Y_{N-1}, Y_N = \max_j X_j$$

Een getallenset  $X_j$  wordt volgens de formule gerangschikt van klein naar groot als getallenset  $Y_i$ . De getallenset begint dus met  $Y_1$  als  $\min_j X_j$  en eindigt met  $Y_n$  als  $\max_j X_j$ . De mediaan  $\tilde{x}$  van deze reeks getallen wordt als volgt berekend:

$$\tilde{x} = \begin{cases} Y_{(N+1)/2} \\ \frac{1}{2}(Y_{N/2} + Y_{1+N/2}) \end{cases}$$

Waarbij in het bovenste deel geldt als het aantal  $N$  oneven is en het onderste deel als  $N$  even is.

### Gemiddelde

Het symbool  $\mu$  staat voor het gemiddelde. In de tabel wordt het gemiddelde bepaald van de verschillen in de voorspellingen tussen voorspelde en gemeten waterstanden. Deze wordt als volgt berekend:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Hier is  $x_i$  een waarde uit de populatie en  $N$  het totale aantal waarden.

### Standaarddeviatie

De standaarddeviatie ( $\sigma$ ) staat voor de gemiddelde afwijking van het gemiddelde. Deze wordt als volgt berekend.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

### Betrouwbaarheidsinterval

Uitgaande van een normale verdeling ligt het betrouwbaarheidsinterval symmetrisch rond het gemiddelde ( $\mu$ ). Daaruit volgt:

$$B.I.(x) \equiv B.I.(\mu - x, \mu + x) = \int_{\mu-x}^{\mu+x} P(x) d(x)$$

Voor een normale verdeling is de kans dat een gebeurtenis plaatsvindt binnen  $n\sigma$ , gebruikmakend van de symmetrie:

$$B.I.(n\sigma) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\mu}^{\mu+n\sigma} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} dx$$

Nu wordt  $(x - \mu)/\sqrt{2}\sigma$  vervangen door  $u$  met  $du = dx/\sqrt{2}\sigma$ . Dit levert op:

$$B.I.(n\sigma) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \sqrt{2}\sigma \int_0^{n/\sqrt{2}} e^{-u^2} du = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{n/\sqrt{2}} e^{-u^2} du = \text{erf}\left(\frac{n}{\sqrt{2}}\right)$$

Deze errorfunctie kan berekend worden met excel of maple. De resultaten van voorgaande analyse staan in tabel 4.1.

Range	B.I.
1 $\sigma$	0.6827
2 $\sigma$	0.9545
3 $\sigma$	0.9973

**tabel 4.1 - Range Betrouwbaarheidsintervallen**

### Correlatiecoëfficiënt

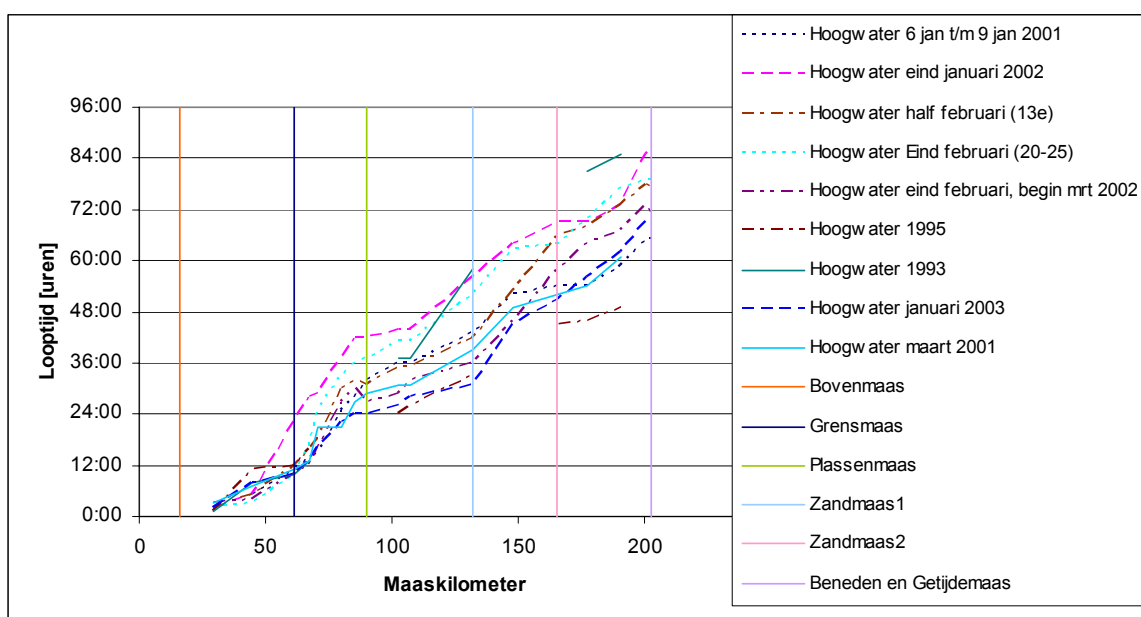
De correlatiecoëfficiënt (R) is een getal dat de mate van samenhang van een dataset met een lijn ( $y = ax + b$ ) weergeeft. De formule (bij gebruikmaking van de kleinste kwadratenmethode) is als volgt (Poortema, 2000):

$$R = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

### 4.3 Indeling Maas

De Maas is opgesplitst naar fysieke eigenschappen van de hoogwatergolf, de snelheid is op ieder deel van de Maas anders. In figuur 4.1 wordt dit geïllustreerd. Aanvankelijk gaat de hoogwatergolf vrij snel, waarna in de Plassenmaas de snelheid terugloopt doordat de golf uitvlakt in de plassen. Na Neer versnelt de golf weer, de Maas komt dan in een vrij diep ingesneden gedeelte (de Zandmaas 1), waar de golf geen mogelijkheid heeft om in de breedte af te vlakken. Op de Zandmaas 2, stroomafwaarts van Well, beginnen zwakke meandervormen, de snelheid loopt daar ook net als op de Plassenmaas terug om uiteindelijk in de Beneden en Getijdenmaas weer toe te nemen. Iedere hoogwatergolf heeft een andere snelheid. Dit komt doordat absolute toppen, inhoud en snelheid van de





figuur 4.1 - Looptijden hoogwatergolven in de Maas

was verschillen. Van deze periode was de golf van 1995 het snelst, deze deed er 56 uur over om het traject Borgharen-dorp Lith-dorp af te leggen, een gemiddelde snelheid van 3,3 km/u. Het langzaamst waren de golven van december 1993 en januari 2002, waarvan de toppen er 86 uur over deden om Lith-dorp te bereiken, een gemiddelde snelheid van 2,17 km/u.

De verplaatsing van de hoogwatergolf is bepaald aan de hand van de eerste gemeten top-waarde. Hierdoor kunnen afwijkingen zijn met betrekking tot bestaande literatuur binnen RWS-DLB. In het verleden werd namelijk ook wel het middelste tijdstip van het optreden van de top aangehouden als een golf meerdere uren aanhield. Bij lang aanhoudende hoogwatergolven is het mogelijk dat een top stroomafwaarts eerder optreedt. In Tabel 4.2 staan de begrenzingen per Maasdeel. Er is voor gekozen om steeds de stroomafwaartse grens mee te nemen in het betreffende deel. Dit is een arbitraire keuze, mede op grond van het aantal beschikbare data dat zo beschikbaar komt in ieder Maasdeel.

Naam	Van	Maaskilometer	Naar	Maaskilometer	lengte
Bovenmaas	Eijsden	2,56	Borgharen	16,00	13,44
Grensmaas	Borgharen	16,00	Stevensweert	61,57	45,57
Plassenmaas	Stevensweert	61,57	Neer	90,12	28,55
Zandmaas 1	Neer	90,12	Well	132,10	41,98
Zandmaas 2	Well	132,10	Mook	165,10	33,00
Beneden en Getijdemaas	Mook	165,10	Lith Dorp	202,37	37,27

Tabel 4.2 - Begrenzingen van de Maasdelen

Voor de hoogwaters van 2001 tot en met 2003 zijn de verschillen tussen de voorspellingen door RWS-DLB en de werkelijk opgetreden waterstanden per Maasdeel bepaald. Deze zijn in iedere paragraaf neergezet in grafieken.

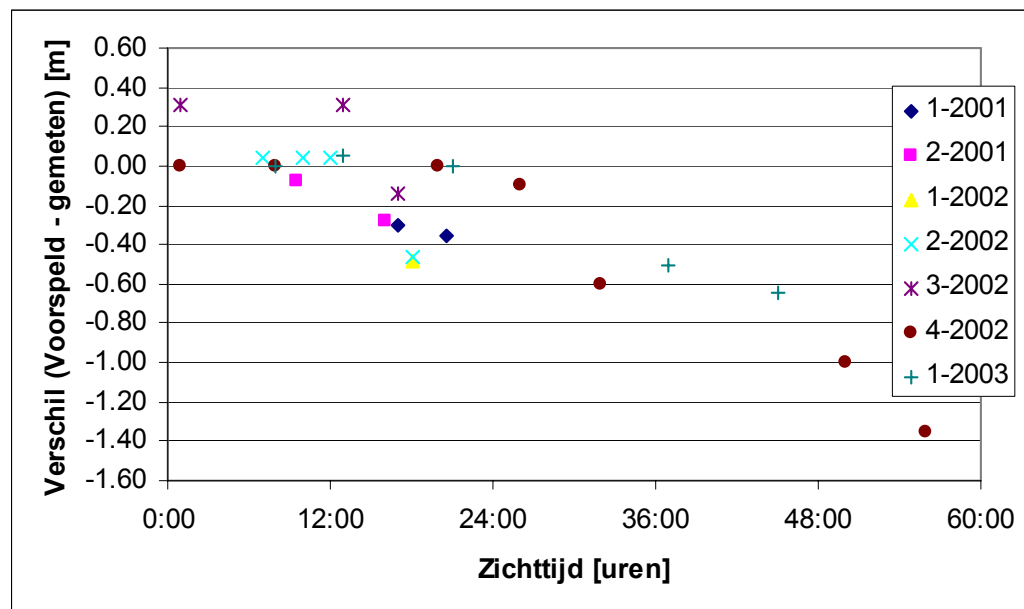
Tevens is het gemiddelde verschil tussen de voorspelde en de opgetreden waterstand in een tabel gezet voor verschillende zichttijden. Er is gekozen voor de klasse indeling 0-12, 12-24 en 24 + . Per klasse is het gemiddelde verschil  $\mu$  bepaald, de standaarddeviatie  $\sigma$  en het steekproefaantal N. Voor een kaart met overzicht waar alle MSW-stations zich precies bevinden langs de Maas, zie **figuur 3.3**.

### 4.3.1 Bovenmaas

#### Borgharen-dorp

Het eerste monitoringspunt op Nederlands grondgebied waarvoor voorspellingen worden gedaan is Borgharen-dorp. De voorspellingen worden gedaan door het RIZA, zoals in het vorige hoofdstuk al ter sprake kwam.

In figuur 4.2 staan de verschillen tussen de voorspelde waterstanden en de werkelijk opgetreden waterstanden, uitgezet tegen de zichttijd. Op een uitschieter na zijn pas bij een zichttijd van 12 uur of minder deze voorspellingen binnen een marge van 10 centimeter.



figuur 4.2 - Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand (bij  $Q > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) te Borgharen-dorp voor de hoogwatergolven van 2001, 2002 en 2003

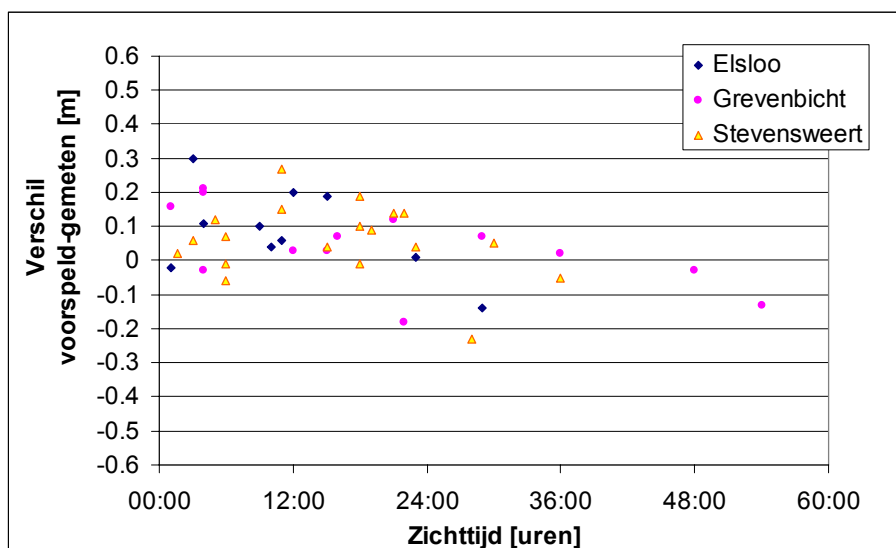
Bij zichttijden boven de 24 uur blijken er grote verschillen te zitten tussen de voorspelde en werkelijke opgetreden topstand. In Tabel 4.3 staan de maximale opgetreden afvoeren en waterstanden van 2001 tot en met 2003 plus ter vergelijking de gegevens van de hoogwaters van december 1993 en januari 1995. Voor deze jaren zijn geen zichttijden van de eerste voorspelling per hoogwatergolf beschikbaar. Naast de zichttijd van de eerste voorspelling staat ook het verschil van de eerste voorspelling tussen de voorspelde en de gemeten waterstand. Een negatief getal betekent dat er te laag voorspeld wordt. Voor Borgharen-dorp geldt dat dit laatste standaard gebeurt. De waterstand in 1993 is nog steeds de hoogste van de afgelopen 10 jaar.

Borgharen-dorp (km 16)	Debiet (m <sup>3</sup> /s)	Waterstand (+m NAP)	Vershil 1 <sup>e</sup> voorspelling (m)	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	3120	45,90		
Januari 1995	2870	45,71		
Januari 2001	1933	44,85	-0,35	20:30
Maart 2001	1893	44,78	-0,28	16:00
Eind januari 2002	2020	44,98	-0,48	18:00
Half februari (13e)	2488	45,46	-0,46	18:00
Eind februari (20-25)	1797	44,59	-0,15	17:00
Eind februari, begin maart 2002	2113	45,10	-1,35	56:00
Januari 2003	2730	45,65	-0,65	45:00

**Tabel 4.3 - Topdebieten en topwaterstanden te Borgharen-dorp 1993-2003 (\*Tabel historische waterstanden op de Maas, \*\* MSW waarnemingen en faxoverzichten)**

### 4.3.2 Grensmaas

De Grensmaas bestaat in deze studie uit de stations Elsloo, Grevenbicht en Stevensweert. Uit figuur 4.3 blijkt een voorkeur om te hoog te voorspellen voor dit Maasdeel. Dit blijkt ook uit **Tabel 4.4**. Het gemiddelde van het verschil van de voorspellingen met een zichttijd van minder als 12 uur is positief.



**Figuur 4.3 – Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand op de Grensmaas voor de hoogwatergolven van 2001 tot en met 2003**

Doordat de Grensmaas dicht bij Borgharen-dorp ligt zijn er veel voorspellingen gedaan met een kleine zichttijd. Opmerkelijk is dat voor kleine zichttijden (<12 uur) op de Grensmaas de voorspellingen nog twintig centimeter onnauwkeurig zijn. Zelfs met een kleine zichttijd blijkt de Grensmaas een moeilijk te voorspellen traject.

Zichttijd	$\mu$	$\sigma$	Grenzen 95% BI		N
0-12 uur	0,10	0,10	-0,10	0,30	18
12-24 uur	0,07	0,10	-0,13	0,27	16
24+ uur	-0,05	0,10	-0,25	0,15	8
Totaal	0,06	0,11	-0,16	0,28	42

**Tabel 4.4- Statistische eigenschappen van het verschil tussen voorspellingen en gemeten waterstanden op de Grensmaas 2001-2003**

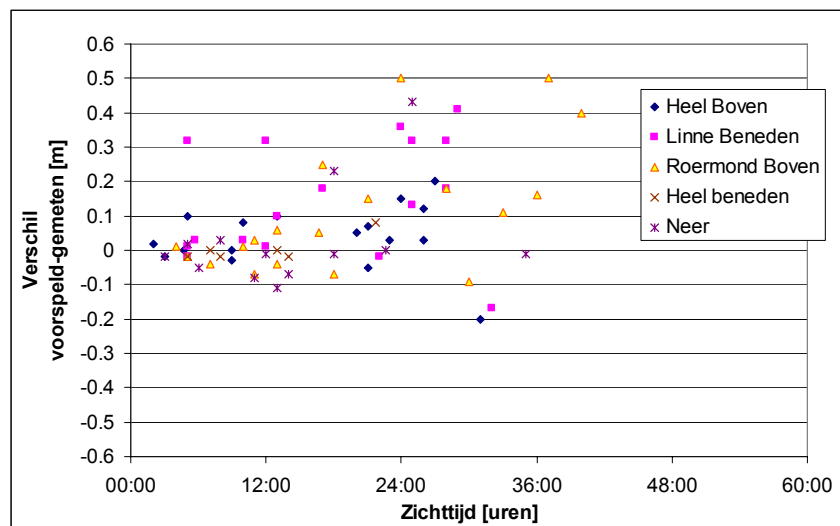
In **Tabel 4.4** staan de gemiddelde verschillen tussen voorspelde en gemeten waterstanden op de Maas tijdens hoogwaters van 2001-2003. Voor de klasse 0-12 uur wordt gemiddeld 10 centimeter te hoog voorspeld met een standaarddeviatie van eveneens 10

centimeter. Zoals in tabel 4.1 is aangegeven worden de grenzen van het 95 % betrouwbaarheidsinterval gegeven door  $-2\sigma$  en  $+2\sigma$ . Voor een zichttijd van 0-12 uur betekent dat dat de ondergrens  $0.10 - 2 * 0.10 = -0.10$  m is en de bovengrens  $0.10 + 2 * 0.10 = 0.30$  m. Met een B.I. 95% is de voorspelling tussen  $-0,10$  m en  $0,30$  m. Het wekt enige bevreemding dat de nauwkeurigheid toeneemt met de zichttijd. Hoogstwaarschijnlijk komt dit door het lage steekproef aantal (8) in de 24+ klasse. In tabel 4.5 worden een aantal andere gegevens met betrekking tot de voorspellingen per meetstation op een rijtje gezet. Per station wordt een range gegeven van de looptijd van de hoogwatergolf vanaf Borgharen-dorp tot dit station. Hierbij is ook een mediaan aangegeven. Ditzelfde is gedaan voor de onnauwkeurigheid van de voorspellingen per station en de zichttijd. De laatste kolom (N) staat voor het aantal waardes waarop de range van de onnauwkeurigheid en de zichttijd gebaseerd is.

Station	Maaskilometer	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)		Onnauwkeurigheid (m)		Zichttijd (uren)		N
		Range	Mediaan	Range	Mediaan	Range	Mediaan	
Elsloo	29.325	-2 tot 3	2	-0.14 tot 0.30	0.19	1 tot 29	15	5
Grevenbicht	44.945	3 tot 8	5	-0.18 tot 0.21	0.075	4 tot 30	18	6
Stevensweert	61.570	9 tot 22	10	-0.23 tot 0.27	0.06	3 tot 36	22	7

tabel 4.5 - Gegevens meetstations op de Grensmaas

### 4.3.3 Plassenmaas



Figuur 4.4 – Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand op de Plassenmaas voor de hoogwatergolven van 2001 tot en met 2003

Bij de Plassenmaas is het patroon van de voorspellingen anders dan bij de Grensmaas. Bij een zichttijd boven de 24 uur kunnen grote verschillen optreden tussen de voorspellingen en de uiteindelijke topstand. Naarmate de golf dichterbij komt kan er op enkele uitschieters na goed voorspeld worden. De uitschieters (5:00, 0.32) en (12:00, 0.32) zijn bij station Linne-beneden voor de hoogwatergolf van 13 tot 16 februari 2002. Deze golf zorgt ook bij andere stations voor problemen. De eerste voorspellingen voor deze golf zitten er van Linne Beneden (km 70,4) tot en met Venlo (km 107,47) enkele decimeters naast.

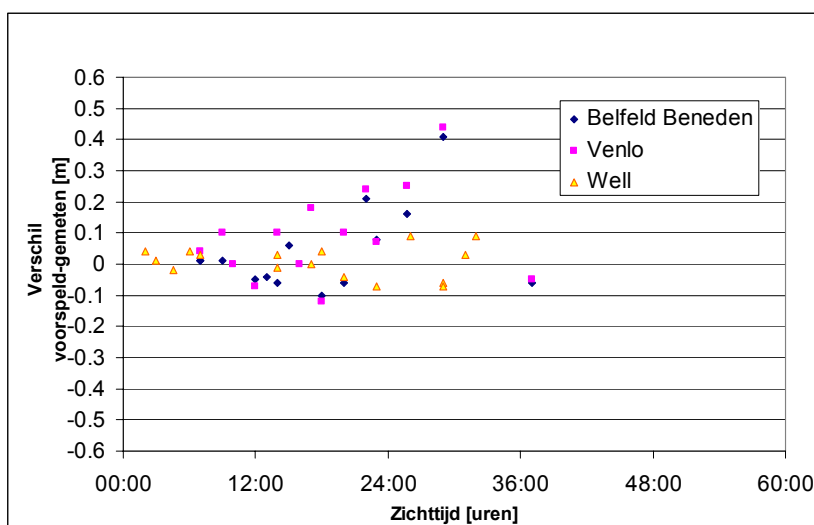
Zichttijd	$\mu$	$\sigma$	Grenzen 95% BI		N
0-12 uur	0,01	0,07	-0,13	0,15	26
12-24 uur	0,05	0,11	-0,17	0,27	25
24+ uur	0,19	0,21	-0,23	0,61	21
Totaal	0,08	0,15	-0,22	0,38	72

**Tabel 4.6 - Statistische eigenschappen van het verschil tussen voorspellingen en gemeten waterstanden op de Plassenmaas 2001-2003**

Station	Maaskilometer	Looptijd vanaf Borgharen-dorp			Onnauwkeurigheid			Zichttijd			N
		Range	Looptijd	Mediaan	Range	Mediaan	Range	Mediaan			
Heel Boven	67.34	12 tot 28	14	-0.20 tot 0.12	0.045	5 tot 3	24,5	6			
Linne Beneden	70.4	15 tot 29	18	-0.17 tot 0.41	0.18	13 tot 32	28	6			
Roermond-boven	79.75	19 tot 37	22	-0.07 tot 0.40	0.15	11 tot 40	21	7			
Heel Beneden	85.075	24 tot 42	30	-0.02 tot 0.08	0.00	13 tot 21,7	14	3			
Neer	90.12	24 tot 42	31	-0.11 tot 0.43	-0.04	13 tot 35	19,3	6			

**tabel 4.7 – Gegevens meetstations op de Plassenmaas**

#### 4.3.4 Zandmaas 1



**Figuur 4.5 - Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand op de Zandmaas 1 voor de hoogwatergolven van 2001 tot en met 2003**

De Zandmaas 1 vertoont hetzelfde patroon als de Plassenmaas, met minder grote uitschieters. Zoals te verwachten is bij een voorspelling worden de verschillen kleiner naarmate de zichttijd kleiner wordt.

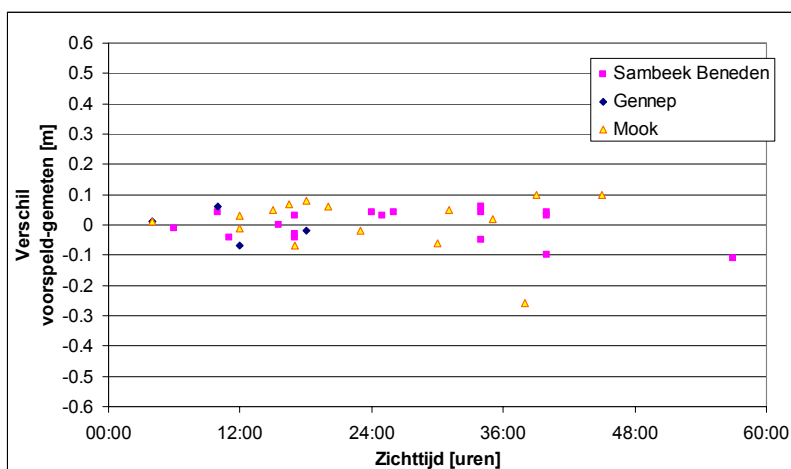
Zichttijd	$\mu$	$\sigma$	Grenzen 95% BI		N
0-12 uur	0,02	0,03	-0,04	0,08	11
12-24 uur	0,02	0,10	-0,18	0,22	22
24+ uur	0,11	0,19	-0,27	0,49	11
Totaal	0,05	0,12	-0,19	0,29	44

**tabel 4.8 - Statistische eigenschappen verschil voorspellingen en gemeten waterstanden op de Zandmaas 1 in de periode 2001-2003**

Station	Maaskilometer	Looptijd vanaf	Borgharen-dorp			Zichttijd (uren)			N
		(uren)	Onnauwkeurigheid (m)	Mediaan	Range	Mediaan	Range	Mediaan	
Belfeld Beneden	102.695	24 tot 44	35	-0.10 tot 0.41	0.06	15 tot 37	23	7	
Venlo	107.47	26 tot 44	35	-0.12 tot 0.44	0.07	17 tot 39	23	7	
Well	132.10	31 tot 58	42	-0.07 tot 0.09	0	14 tot 32	29	7	

**tabel 4.9 - Gegevens meetstations op de Zandmaas 1**

### 4.3.5 Zandmaas 2



**Figuur 4.6 - Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand op de Zandmaas 2 voor de hoogwatergolven van 2001 tot en met 2003**

Op de Zandmaas 2 wordt opmerkelijk goed voorspeld. Op één uitschieter na blijft 2 dagen van tevoren het verschil binnen een marge van 10 centimeter van de uiteindelijke topstand. Dit is terug te zien in het gemiddelde verschil in **tabel 4.10**. Op dit Maasdeel is dit gemiddelde verschil nul, wat een normale spreiding impliceert. De standaardafwijking is niet zo groot, zeker in vergelijking met de andere Maasdelen.

Zichttijd	$\mu$	$\sigma$	Grenzen 95% BI		N
0-12 uur	0,01	0,04	-0,07	0,09	6
12-24 uur	0,00	0,05	-0,10	0,10	14
24+ uur	0,00	0,09	-0,18	0,18	16
Totaal	0,00	0,07	-0,14	0,14	36

**tabel 4.10 - Statistische eigenschappen van het verschil tussen voorspellingen en gemeten waterstanden op de Zandmaas 2 in de periode 2001-2003**

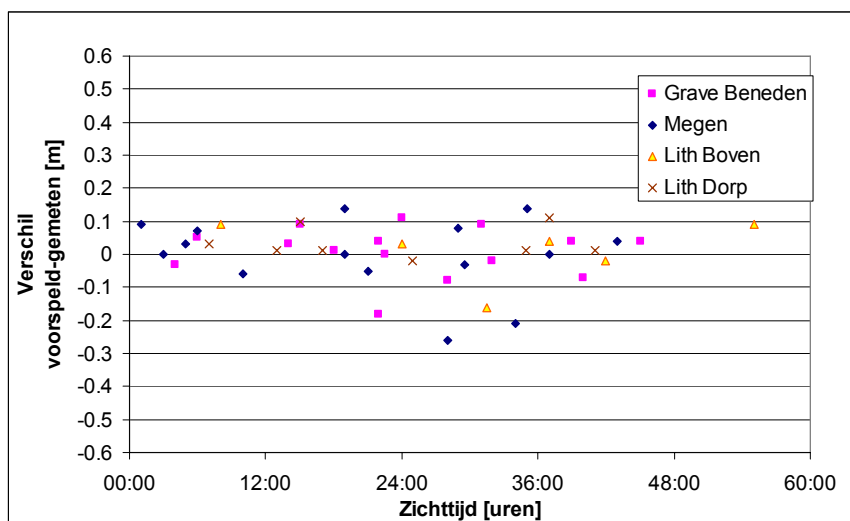
Station	Maaskilometer	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)		Onnauwkeurigheid (m)			Zichttijd (uren)	N
		Range	Mediaan	Range	mediaan	Range		
Sambeek Beneden	147.70	45 tot 64	52	-0.11 tot 0.06	0.00	17 tot 57	37	6
Gennep	155.10	50 tot 67	60	-0.02 tot 0.06	0.02	10 tot 18	14	2
Mook	165.80	51 tot 69	58	-0.26 tot 0.10	0.02	4 tot 45	23	7

**tabel 4.11 - Gegevens meetstations op de Zandmaas 2**



### 4.3.6 Beneden en Getijdenmaas

Het patroon van de verschillen tussen voorspelde en gemeten waterstand uitgezet tegen de zichttijd op de Beneden en Getijdemaas lijkt sterk op dat van de Zandmaas 2 met enige uitschieters naar beneden toe. Met een zichttijd van minder als 24 uur wordt al binnen een marge van 10 centimeter voorspeld.



Figuur 4.7- Verschil tussen voorspelde en opgetreden waterstand op de Beneden en Getijdemaas voor de hoogwatergolven van 2001 tot en met 2003

Zichttijd	$\mu$	$\sigma$	Grenzen 95% BI		N
0-12 uur	0,03	0,05	-0,07	0,13	9
12-24 uur	0,02	0,08	-0,14	0,18	12
24+ uur	0,00	0,10	-0,20	0,20	24
Totaal	0,01	0,09	-0,17	0,19	45

tabel 4.12 - Statistische eigenschappen van het verschil tussen voorspellingen en gemeten waterstanden op de Zandmaas 2 in de periode 2001-2003

Station	Maaskilo meter	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)		Onnauwkeurigheid (m)		Zichttijd (uren)		N
		Range	Mediaan	Range	Mediaan	Range	Mediaan	
Grave Beneden	177	46 tot 81	64	-0.08 tot 0.11	0.04	6 tot 50	24	7
Megen	190.75	49 tot 85	67	-0.21 tot 0.08	-0.015	21 tot 45	31,75	6
Lith Boven	200.695	65 tot 85	75,5	-0.16 tot 0.09	-0.02	33,5 tot 48	42	3
Lith Dorp	202.37	56 tot 86	71	-0.02 tot 0.11	0.055	15 tot 41	21,5	4

tabel 4.13 - Gegevens meetstations op de Beneden en Getijdenmaas

Ter vergelijking staat in Tabel 4.14 een overzicht van de gemiddeldes voor de Maasdelen per klasse.

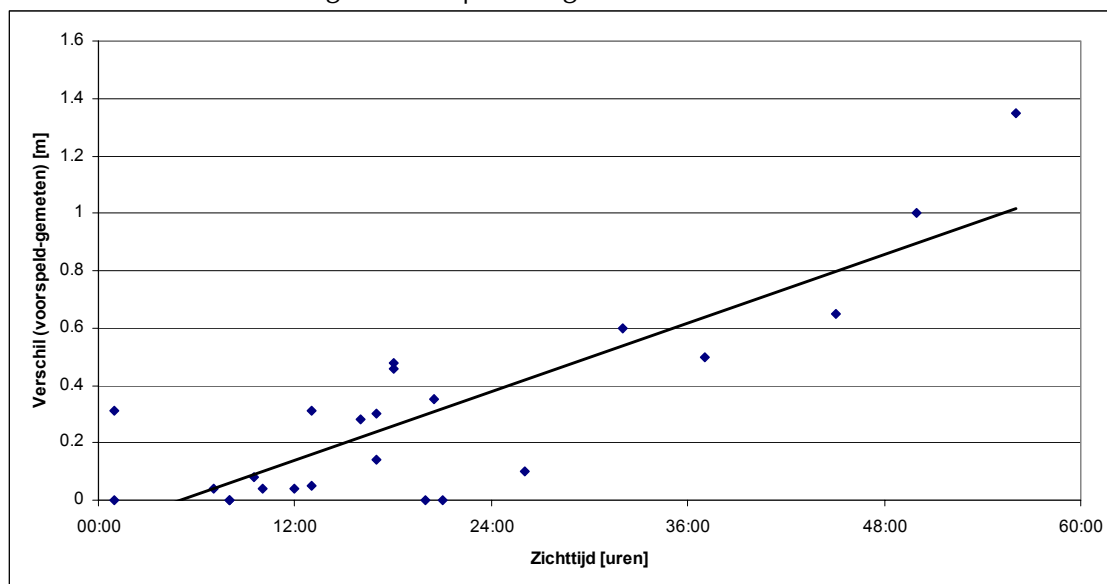
	Grensmaas	Plassenmaas	Zandmaas 1	Zandmaas 2	Beneden en Getijdemaas
0-12 uur	0,10	0,01	0,02	0,01	0,03
12-24 uur	0,07	0,05	0,02	0,00	0,02
24+ uur	-0,05	0,19	0,11	0,00	0,00
Totaal	0,06	0,08	0,05	0,00	0,01

**Tabel 4.14 - Gemiddelde verschil tussen voorspeld en gemeten waterstanden 2001-2003**

Uit **Tabel 4.14** blijkt dat de in vergelijking de Grensmaas de grootste gemiddelde verschillen heeft tussen voorspelde en gemeten waarde. De Plassenmaas heeft bij oplopende zichttijd een steeds groter gemiddeld verschil, de Zandmaas 1 heeft ditzelfde patroon maar minder. De Zandmaas 2 heeft een gemiddelde van nul, wat eigenlijk volgens een statistische verwachting normaal is. Er wordt evenveel te ver naar beneden als te ver naar boven toe voorspeld.

#### 4.4 Nauwkeurigheid versus zichttijd

Om te zien in hoeverre de onnauwkeurigheden in de voorspellingen te Borgharen doorwerken op de rest van de Maas is er voor gekozen om van de absolute verschillen tussen de voorspelde en gemeten waterstand uitgezet tegen de zichttijd een lineaire regressielijn te maken. Per station komt er een lineair verband tussen onnauwkeurigheid en zichttijd in de vorm  $y = ax + b$ . De richtingcoëfficiënt (a) van deze lijn staat dan voor de snelheid waarmee de onnauwkeurigheid toeneemt met de zichttijd. Dit ziet er voor Borgharen-dorp als volgt uit:



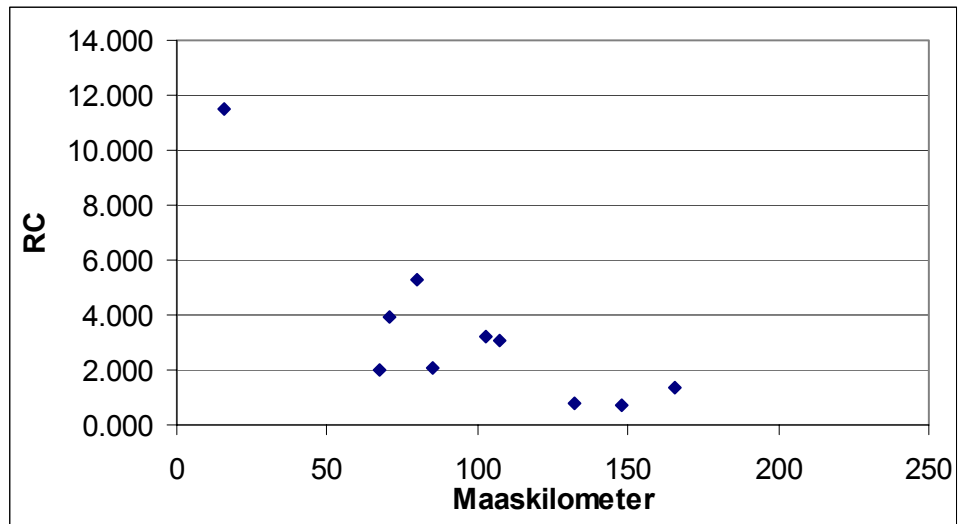
**Figuur 4.8 - Lineair verband tussen het verschil in de voorspellingen en de zichttijd te Borgharen-dorp voor de hoogwaters van 2001-2003**

De regressielijn is ook voor de andere meetstations bepaald. De eigenschappen van de verschillende regressielijnen per meetstation zijn weergegeven in tabel 4.15. De regressiecoëfficiënt geeft aan hoe goed de 'fit' van de regressielijn is voor de betreffende punten. Een R onder de 0,5 betekent dat er niet genoeg samenhang is om de regressielijn-vergelijking te kunnen gebruiken. Dit geldt voor 9 van de 19 stations. Bijna de helft van de beschikbare stations zijn dus eigenlijk niet geschikt voor deze methode. Desondanks wordt het gezien als een indicatie hoe de zichttijden en nauwkeurigheden samenhangen op de Maas. In Figuur 4.9 staan de richtingscoëfficiënten waarvoor geldt dat  $R > 0,5$ .

	Maaskilo meter	a	b	R <sup>2</sup>	R
Borgharen-dorp	16.00	11,522	-0.102	0.715	0.845
Elsloo	29.33	1,018	0.082	0.033	0.182
Grevenbicht	44.95	-0,322	0.101	0.020	0.142
Stevensweert	61.57	1,039	0.065	0.067	0.258
Heel boven	67.34	2,016	0.020	0.350	0.592
Linne beneden	70.40	3,922	0.056	0.297	0.545
Roermond boven	79.75	5,278	-0.035	0.484	0.695
Heel beneden	85.08	2,071	-0.018	0.557	0.746
Neer	90.12	2,251	0.025	0.109	0.330
Belfeld	102.70	3,230	-0.001	0.368	0.607
Venlo	107.47	3,058	0.031	0.257	0.507
Well	132.10	0,821	0.018	0.371	0.609
Sambeek beneden	147.70	0,727	0.011	0.529	0.727
Gennep	155.10	0,461	0.031	0.025	0.157
Mook	165.80	1,361	0.012	0.362	0.602
Grave beneden	177.00	0,550	0.032	0.101	0.318
Megen	190.75	0,802	0.050	0.061	0.247
Lith boven	200.70	0,043	0.071	0.001	0.033
Lith dorp	202.37	0,110	0.033	0.003	0.057

**tabel 4.15 - Eigenschappen regressielijnen**

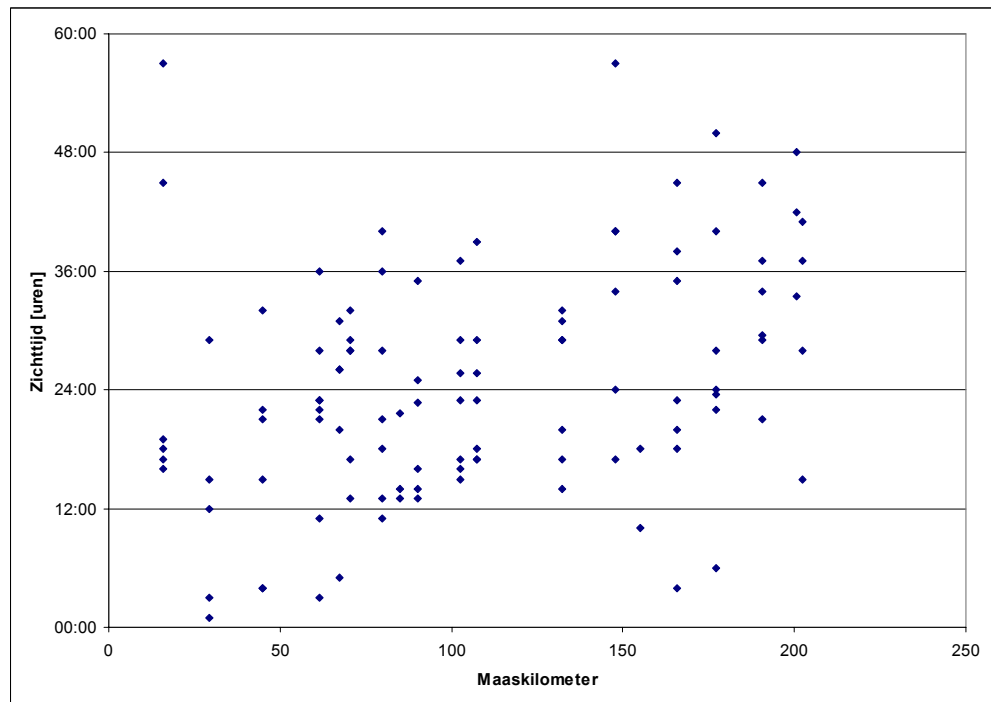
Er is een duidelijk verband waarneembaar tussen de plaats op de rivier waarvoor de voorspelling gedaan wordt en de waarde van de richtingcoëfficiënt. Verder stroomafwaarts neemt de onnauwkeurigheid minder toe met een toename van de zichttijd.



**Figuur 4.9- Richtingcoëfficiënt van de regressielijnen van de voorspellingen 2001-2003**

#### 4.5 Zichttijd van de voorspellingen

De kwaliteit van de voorspellingen is niet alleen te bepalen aan de hand van de onnauwkeurigheid uitgezet tegen de zichttijd. Bij een hoogwater is het allereerste tijdstip van waarschuwen minstens zo belangrijk. Om dit te bepalen is gekeken naar het tijdstip ten op zichte van het optreden van de top dat het eerste fax-bericht met een waterstandsvoorspelling uitgaat naar de klanten van RWS-DLB. In Figuur 4.10 zijn deze zichttijden uitgezet tegen de rivieras.



**Figuur 4.10 - 1e voorspelling per golf uitgezet over de rivieras**

---

De uitschieters in negatieve zin zijn:

MSW-Station	Maaskilometer	Zichttijd	Datum optreden top
Elsloo	29,3	1:00	28-01-02
Elsloo	29,3	3:00	21-02-02
Grevenbicht	44,9	4:00	21-02-02
Stevensweert	61,67	3:00	26-03-01
Heel Boven	67,3	5:00	26-03-01
Gennep	155,1	10:00	01-03-02
Mook	165,8	4:00	09-01-01
Grave beneden	177,0	6:00	09-01-01

**tabel 4.16 - Uitschieters uit figuur 4.10**

De verklaring voor de kleine zichttijden aan het begin van de Maas is dat de top pas laat nauwkeurig voorspeld kon worden. Dit geldt voor Elsloo tot en met Heel boven. Tussen Venlo (km 107,47) en Well (km 132,10) lijkt een omslagpunt te zitten in de voorspellingen. De eerste voorspelling gaat vaak uit tot Venlo, Well ligt 25 kilometer verder waardoor er een 'natuurlijke' scheiding optreedt in de zichttijden. Tevens is het zo dat bij Gennep (km 155,1), Mook (km 165,8) en Grave Beneden (km 177) drie keer met een zichttijd van minder als 12 uur voorspeld is. Voor Mook en Grave Beneden is dat bij dezelfde hoogwatergolf, namelijk die van januari 2001. Dit komt waarschijnlijk doordat de waterstanden in januari 2001 ter hoogte van deze plaatsen niet meer zo hoog waren. Voor Gennep geldt dat het in maart 2002 voor de eerste keer werd meegenomen in de voorspellingen en het pas bij een kleinere zichttijd gebruikt is. Dit om met een acceptabele onnauwkeurigheid (verschil 0,06 m) te voorspellen.

#### 4.6 Kwaliteit expert aanpassingen

De kwaliteit van de aanpassingen aan het model door de experts wordt vergeleken met behulp van een factor. Deze factor is het quotiënt van het verschil tussen de door het model voorspelde waarden en de gemeten waterstand en het verschil tussen de uiteindelijke waterstandsvoorspelling en de gemeten waterstand. De factor is een aanduiding in hoeverre de voorspelling nog verbeterd is door de experts en zegt dus niks over de uiteindelijke kwaliteit van de voorspelling.

---

$$Factor = \frac{|M - W|}{|E - W|}$$

E= Uiteindelijk voorspelde waterstand

W= Gemeten waterstand

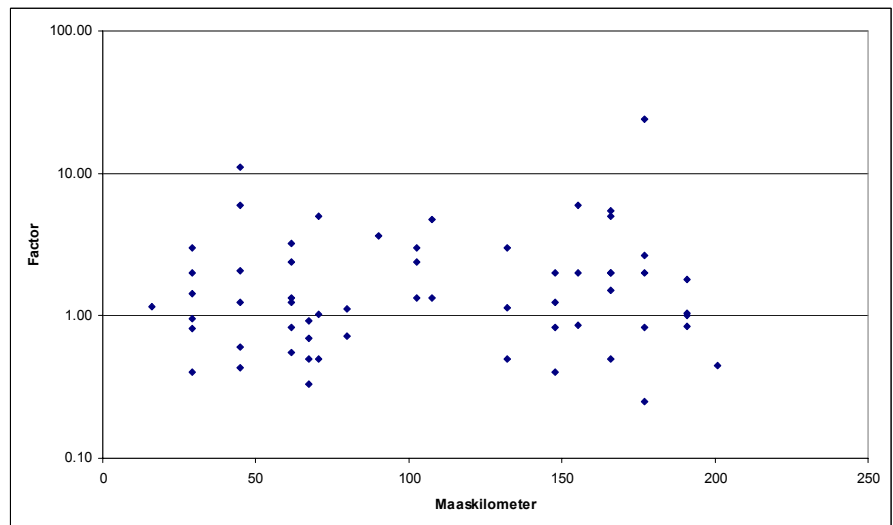
M = Aangepast model voorspelde waterstand

Er zijn drie uitkomsten mogelijk.

$Factor < 1 \rightarrow$  Verslechtering van de voorspelling

$Factor = 1 \rightarrow$  Geen aanpassing gedaan

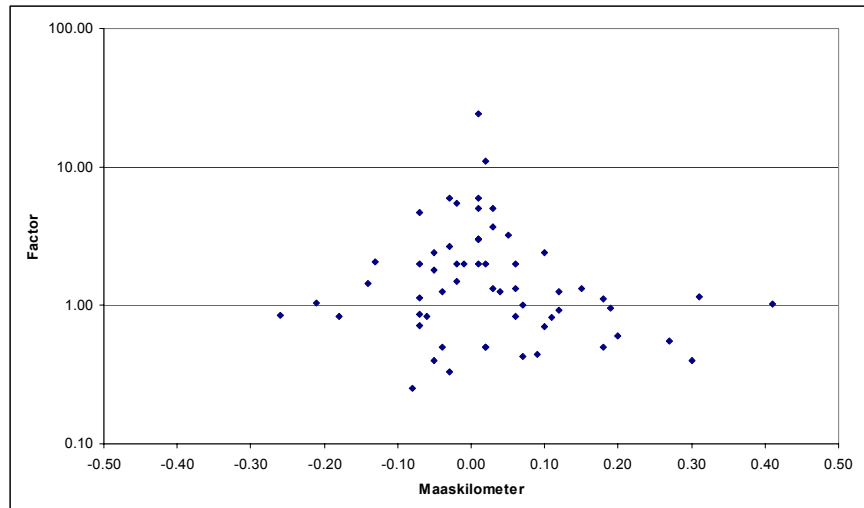
$Factor > 1 \rightarrow$  Verbetering van de voorspelling



figuur 4.11 - Factor expertaanpassingen voorspelling op de Maas 2001- 2003

---

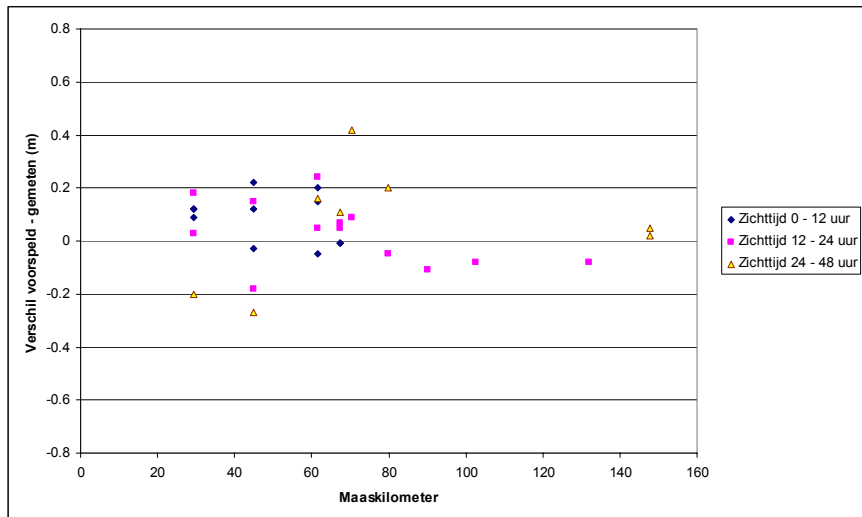
In figuur 4.11 is te zien dat de aanpassingen van de voorspellingen door de experts niet altijd even nuttig zijn. Bij station Heel Boven (km 67,34) bijvoorbeeld zijn de aanpassingen door de experts meestal geen verbetering. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het hier gaat om verschillen van enkele centimeters. In 36 % van de keren dat een waarde wordt aangepast gaat het niet om een verbetering van de voorspelling. Daar staat tegenover dat als de voorspellingen wel worden aangepast, dit grote verbeteringen tot gevolg heeft.



**figuur 4.12 - Factor uitgezet tegen uiteindelijke verschil (Voorspellingen 2001-2003)**

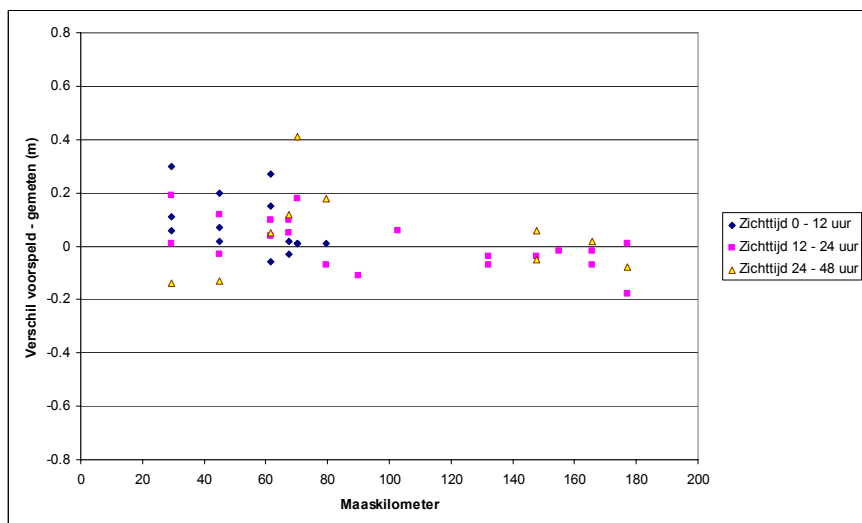
In figuur 4.12 is de factor uitgezet tegen het uiteindelijke verschil tussen voorspelde en gemeten waterstand. In eerste instantie lijkt dit een normale verdeling op te leveren. Bij nadere bestudering blijkt dit niet te kloppen. In de bijlage op pagina 102 wordt het bewijs geleverd dat figuur 4.12 geen normale verdeling is.

Om nu te zien of de uiteindelijke kwaliteit goed is worden eerst de resultaten van het model alleen uitgezet in figuur 4.13. Dit zijn de door de computer reeds gecorrigeerde waterstandsvoorspellingen.



figuur 4.13 - Door de computer gecorrigeerde verschillen tussen voorspellingen en waterstanden uitgezet tegen de rivieras

De uiteindelijke verschillen staan in figuur 4.14. Het verschil in aantal punten op km 29,325 (Elsloo) tussen de twee figuren komt doordat in figuur 4.13 twee punten op elkaar liggen.



figuur 4.14 - Verschillen tussen de uiteindelijke voorspellingen en waterstanden uitgezet tegen de rivieras

Indien figuur 4.13 en figuur 4.14 naast elkaar worden gelegd dan valt op dat er door de aanpassing van de experts wel enige verbeteringen optreden. Maar op een enkele grote verbetering na (Venlo km 102) voorspelt het model al vrij redelijk.



---

## 4.7 Conclusie Technische kwaliteit

Algemeen kan gesteld worden dat de waterstandsvoorspellingen die door RWS-DLB gedaan worden van een goede kwaliteit zijn. Met name op de Zandmaas 2 en de Beneden en Getijdemaas wordt zelfs met een grote zichttijd nog binnen een redelijke marge voorspeld. De onnauwkeurigheid die te Borgharen-dorp in de voorspelling zit werkt beperkt door voor de rest van de Maas. Hoewel de 'fit' van de regressielijnen soms te wensen over laat is in combinatie met de grafieken 5.3 t/m 5.7 op te maken dat de nauwkeurigheid groter wordt naarmate verderop op de Maas voorspeld wordt met gelijke zichttijd. Dit komt doordat er stroomafwaarts meer gegevens over de golf beschikbaar zijn waardoor het voor de voorspellers makkelijker wordt het gedrag van de golf in te schatten. De golf van midden februari 2002 gaf de nodige problemen voor de voorspellers. Dit komt doordat het om een spitse golf ging. Deze zijn voor het model moeilijker te voorspellen, omdat het gecalibreerd is op de stompe golf van 1995. Vanwege het geringe aantal data per hoogwater is het lastig om in te schatten in hoeverre de experts 'leren' van hoogwatervoorspellingen uit het verleden.

Onnauwkeurigheden in het model ontstaan door:

### **Laterale instromen**

De laterale instromen in de Maas worden afgeleid uit de afvoer van Borgharen-dorp. Hoewel dit een redelijke schatting oplevert, is het nauwkeuriger als de daadwerkelijke laterale instromen worden meegenomen. In de praktijk is dat op dit moment niet het geval, doordat de uitvoer van de meetnetten van de waterschappen niet compatibel zijn met het voorspellingsmodel van RWS-DLB.

### **Stuwbeheer**

Het stuwbeheer in de Ardennen is variabel tijdens een hoogwater en kan invloed uitoefenen op de waterstand te Borgharen-dorp. Dit is niet te simuleren in een model

### **Geometrie veranderingen**

In het kader van het Deltaplan grote rivieren worden op verschillende plaatsen langs de Maas kades aangelegd. Deze hebben tijdens een hoogwater ook invloed op de waterstanden stroomafwaarts.

### **Model schematisatie**

Een model is een weergave van de werkelijkheid. Sobek is een 1-dimensionaal model dat een stromende rivier

---

simuleert. De schematisatie die nodig is voor dit model gaat ook ten koste van de nauwkeurigheid.

#### **Verplaatsing meetstations**

Voor een aantal meetstations geldt dat ze verplaatst zijn na 1995. Dit betekent dat voor deze meetstations nog een extra aanpassing nodig is op de model output. Het model is namelijk gekalibreerd op de hoogwatergolf van 1995.

#### **Voorspelling Borgharen-dorp**

Voor Borgharen-dorp wordt door het RIZA een afvoervoorspelling gedaan, welke door RWS-DLB wordt omgezet in een waterstand. De Q-h relatie bij Borgharen-dorp is bij hoge waterstanden het minst nauwkeurig, doordat er weinig ijk-materiaal voor handen is.

#### **Bovenstroomse rand**

Zoals in paragraaf 3.3.3 beschreven staat wordt de bovenrand van het model te Eijsden berekend met behulp van de voorspelling van het afvoerverloop bij Borgharen-dorp en het afvoerverloop bij Bunde en Smeermaas. Onnauwkeurigheden in een van deze drie werken dus door in de bovenstroomse rand.

#### **Kalibratie**

Het model is gekalibreerd op de stompe golf van 1995. Met name de spitse golven geven hierdoor problemen in het voorspellen van waterstanden.

---

## 5 Kwaliteit hoogwaterberichtgeving RWS-DLB

---

### 5.1 Inleiding

Om de kwaliteit van de hoogwaterberichtgeving van RWS-DLB te bepalen is een enquête uitgevoerd onder de klanten van RWS-DLB. De enquête zit als bijlage op pagina 103 bij het verslag. In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste resultaten besproken worden. Onder de respondenten bevinden zich waterschappen, gemeentes, natuurorganisaties, provincies en een aantal landelijke diensten. Omdat het aantal mogelijke respondenten beperkt is zullen de resultaten in totaal gegeven worden, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar gemeentes en niet-gemeentes. De gemeentes ontvangen hun hoogwaterberichtgeving namelijk niet rechtstreeks van RWS-DLB maar via de Regionale Alarm Centrales (RAC). De waardering in de enquête was op schaal 1-5, waarbij 5 staat voor een goede en 1 voor een slechte waardering.

### 5.2 Resultaten

De enquête is uitgevoerd onder 51 respondenten. Hiervan bleken 2 adressen niet meer te kloppen in verband met gefuseerde gemeentes. De respons was 34, een percentage van 67%. Over het algemeen is men tevreden over de waterstandsvoorspellingen door RWS-DLB (gemiddelde 3,45). Sommige gemeentes vulden de vraag met betrekking tot berichtgeving niet in, omdat zij hun informatie via RAC's krijgen. Hierdoor is het moeilijk een goed beeld te krijgen wat de gemeentes van de berichtgeving vinden, er wordt vanuit gegaan dat zij de informatie die door RWS-DLB verstrekt wordt door het RAC doorgespeeld krijgen. In **Tabel 5.1** is 70 % van de gemeentes meegenomen.

Waardering	Totaal	Niet-gemeentes	Gemeentes
Attendering	3,67	4,00	3,40
Voorwaarschuwing I	3,67	3,89	3,50
Voorwaarschuwing II	3,67	3,89	3,50
Alarmering	3,67	3,63	3,69
Hoogwaterberichtgeving	3,26	3,25	3,29

Tabel 5.1 - Waardering hoogwaterberichtgeving RWS-DLB

Wat opvalt is dat de gemeentes iets lager oordelen over de gehele linie, maar dat alle berichten een voldoende krijgen. Het hoogwaterbericht zelf wordt als minder

---

beoordeeld met het vaak terugkerende commentaar " te laat" .

Media	Totaal	Niet-gemeentes	Gemeente
Fax	3,26	3,09	3,40
Telefoon	3,94	3,91	4,00
E-mail	3,25	3,71	2,50
Teletekst	3,62	3,88	3,50
Internet	3,53	4,00	3,22
Lokale krant	2,80	5,00	2,25
Lokale Tv	3,00	4,50	2,40

Tabel 5.2 - Waardering verschillende mediatypen

In **Tabel 5.2** staat de waardering van verschillende mediatypen door de klanten van RWS-DLB. Onder alle respondenten wordt telefonisch contact het meest gewaardeerd. De fax wordt als matig beoordeeld, deze heeft weinig uitschieters in zijn beoordeling en eindigt dan ook rond de 3. Slechts 4 van de gemeentes krijgen e-mail. De gemiddelde waardering van de gemeentes wordt erg beïnvloed door 1 zeer negatieve beoordeling. Van de niet gemeentes krijgt ruim de helft e-mail. Zij zijn er in tegenstelling tot een aantal gemeentes wel tevreden over. Teletekst wordt ondanks dat het minder vaak ge-update wordt als internet toch goed gewaardeerd, 60 % van de respondenten gebruikt dit medium om waterstandsvoorspellingen op te zoeken. Internet krijgt variërende beoordelingen, de negatieve beoordelingen ontstaan doordat de internetsite van waterland tijdens een van de recente hoogwaters niet bereikbaar was door een overbelaste server. Indien deze commentaren buiten beschouwing worden gelaten dan wordt internet gezien als een bruikbaar medium. De lokale krant en tv worden slechts door een beperkt aantal respondenten (5 à 6) gebruikt. Gemiddeld wordt door de respondenten 3,4 verschillende media gebruikt om hoogwatervoorspellingen te bekijken. Kennelijk is er de behoefte om op meerdere media deze voorspellingen op te kunnen zoeken. Dit wordt bevestigd door het feit dat bij de vraag "Als u er een uit kan kiezen, welk van bovenstaande mediatypes heeft dan u voorkeur?" er door veel respondenten een topdrie werd aangekruist. Of zelfs bijna allemaal. Om dit toch goed mee te kunnen nemen is er voor gekozen om de eerste media mee te nemen. Indien er bijvoorbeeld gewoon vijf waren aangekruist, is er voor gekozen deze weg te laten. Dit alles dient wel meegenomen te worden in de beoordeling van **Tabel 5.3**.

De voorkeur voor diverse media staat weergegeven in tabel **Tabel 5.3**.

	Totaal	Niet- gemeentes	Gemeente
E-mail	79%	73%	82%
Fax	0%	0%	0%
Internet	14%	18%	12%
Teletekst	0%	0%	0%
Telefoon	7%	9%	6%
Anders	0%	0%	0%

Tabel 5.3 – 1<sup>e</sup> Voorkeur van respondenten voor diverse media

De respondenten hebben een duidelijke voorkeur voor het gebruik van e-mail. Bij de vraag of er nog voorkeur was voor een ander medium kwamen een aantal interessante suggesties zoals een koppeling van internet met e-mail, gebruik maken van sms en een afgeschermd site voor de klanten van RWS-DLB.

	Totaal	Niet-gemeentes	Gemeente
Zelf bijhouden van waterstanden	77%	77%	76%
MSW klanten versie	24%	50%	6%
Berichtgeving op tijd in gang	75%	69%	79%
Voorspelling met onnauwkeurigheidsmarge	81%	77%	85%
Begrip RWS-DLB	82%	93%	74%
Kennis over voorspellingen binnen RWS-DLB	61%	57%	63%

Tabel 5.4 - Percentage "Ja" op diverse vragen uit de enquête

Driekwart van de respondenten houdt uit eigen beweging de waterstanden van de Maas in de gaten, waarbij wordt opgemerkt dat er gewacht wordt op de berichten van RWS-DLB voordat tot actie wordt overgegaan. Voor dit in de gaten houden worden diverse mediatypen gebruikt, variërend tussen MSW, teletekst, peilschaal aflezen en internet.

Door de provincies en waterschappen wordt het MSW-net al gebruikt, de gemeentes zijn bijna niet bekend met dit meetnet van RWS-DLB. Een meerderheid vindt dat de berichtgeving op tijd in gang gezet wordt. De tijd die ze nodig hebben varieert van een half uur tot 24 uur. Voor sommige organisaties is het erg krap, aangezien ze soms ook pas 24 uur van tevoren gewaarschuwd kunnen worden. Meer als driekwart van de respondenten is ook geïnteresseerd in een voorspelling met een zekere onnauwkeurigheidsmarge. Vier op de vijf respondenten had begrip voor het feit dat RWS-DLB niet altijd nauwkeurig kan voorspellen. Negen procent had zowel geen begrip als kennis van de manier van voorspellen door RWS-DLB. Wellicht dat bij hun begrip gekweekt kan worden door uitleg over hoe

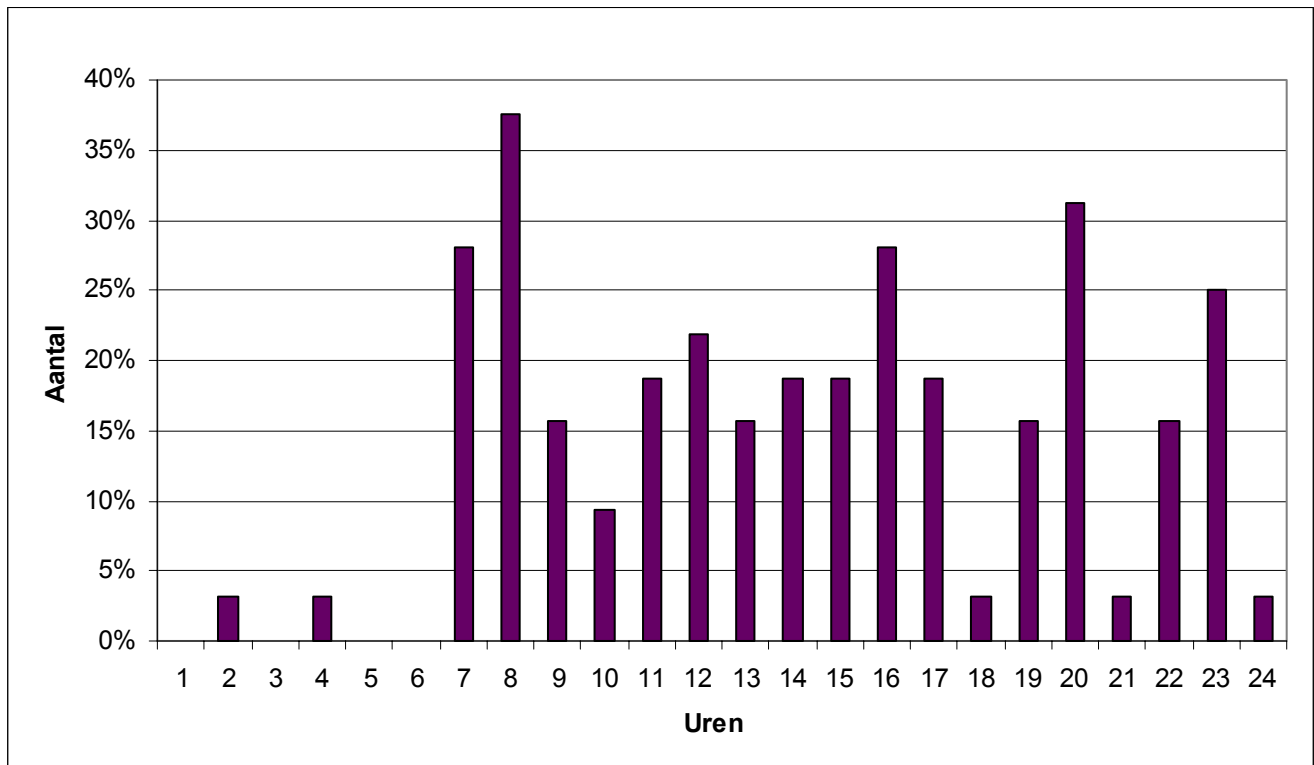
RWS-DLB te werk gaat bij het maken van voorspellingen. De algemene kennis hierover is bij een meerderheid wel aanwezig maar er blijft toch nog 37 % over die niet weet hoe de voorspellingen bij RWS-DLB tijdens een hoogwater gemaakt worden.

	Totaal	Niet- gemeentes	Gemeente
Frequentie	3,00	3,09	2,87
Tijdstip 11.00	2,63	2,82	2,50
Tijdstip 17.00	2,92	3,09	2,83
Tijdstip 23.00	2,96	3,45	2,45
Nauwkeurigheid	3,29	3,25	3,36

Tabel 5.5 – Gemiddelde waardering frequentie, tijdstippen en nauwkeurigheid

Over de frequentie van de voorspellingen is men over het algemeen niet tevreden. De opmerking die vaak terugkomt is : "mag vaker". Ook de tijdstippen scoren met name bij de gemeentes een onvoldoende. Over de nauwkeurigheid is men op een uitzondering na tevreden. Als alleen gekeken wordt naar de respondenten die ook de voorspellingen van RWS-DLB nacontroleerden (50%) dan wordt de gemiddelde waardering iets lager namelijk 3,18.

In Figuur 5.1 is weergegeven welk percentage op welk tijdstip een hoogwaterbericht zou willen ontvangen. De spreiding in het middaguur wordt veroorzaakt doordat de respondenten verschillende frequenties gekozen hebben, meestal beginnend om 8 uur.



**Figuur 5.1 - Tijdstip waarop respondenten hoogwaterberichtgeving willen ontvangen**

De gemiddelde frequentie is 3,7 keer per dag voor niet-gemeenten en 4,3 keer per dag voor gemeenten. Vier respondenten gaven aan een frequentie van zes keer per dag te prefereren. Een enkeling vond een bericht midden in de nacht noodzakelijk. In het algemeen is het gewenst om het eerste hoogwaterbericht van de dag om zeven of acht uur te ontvangen.

Bijna driekwart van de respondenten controleert of de voorspellingen van RWS-DLB wel kloppen met de werkelijke waterstanden. Merkwaardig zijn de reacties die de nauwkeurigheid een onvoldoende geven, aangeven dat ze zelf altijd controleren maar geen aanvullend commentaar erbij geven.

### 5.3 Conclusie

De kwaliteit van de berichtgeving van RWS-DLB scoort over het algemeen een voldoende. De hoogwaterberichtgeving, waarbij ook daadwerkelijk waterstanden worden meegestuurd, scoort iets lager als de rest, dit komt doordat de respondenten de frequentie ook mee nemen in de beoordeling hiervan. De frequentie wordt te weinig bevonden, gemiddeld wenst men vier keer per dag een nieuwe waterstandsvoorspelling. De tijd waarop dit dan moet gebeuren varieert sterk over de dag met uitzondering

---

van het bericht om zeven, acht uur in de ochtend. Vrijwel iedereen wil dan graag een voorspelling krijgen. Ook in de avond, respectievelijk 19/20 uur en 22/23 uur wordt een voorspelling gewenst geacht. Wat gebruikte media betreft wordt alles als voldoende beoordeelt, waarbij de telefoon als medium het hoogst scoort gemiddeld. De respondenten gebruiken gemiddeld ruim 3 verschillende media om waterstandsvoorspellingen op te zoeken. Driekwart houdt de waterstanden zelf bij, maar wacht met tot actie overgaan op de berichtgeving van RWS-DLB. Ruim 70 % vindt dat de berichtgeving op tijd in gang wordt gezet. De kennis over de voorspellingen is minder bij de respondenten, 40% is onbekend met de manier van voorspellen en 9% is onbekend met de manier van voorspellen en kan geen begrip opbrengen voor het feit dat RWS-DLB niet altijd nauwkeurig kan voorspellen.



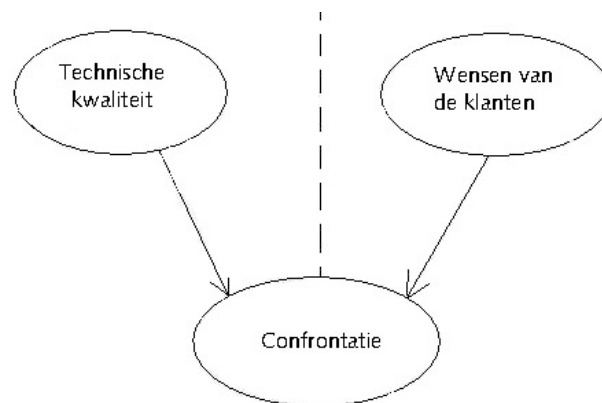
---

# 6 Confrontatie technische kwaliteit en wensen van de klanten

---

## 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de technische kwaliteit en de wensen van de klanten met elkaar gecombineerd worden (zie figuur 6.1).



figuur 6.1 - Confrontatie van technische kwaliteit en wensen van de klanten

In hoeverre komen de voorspellingen zoals RWS-DLB ze doet tegemoet aan de wensen van de klanten en liggen er nog verbeterpunten? Dit kan zijn op het gebied van de nauwkeurigheid, media en tijdstip en frequentie van de voorspelling.

## 6.2 Nauwkeurigheid en zichttijd

In het hoofdstuk over de technische kwaliteit bleek dat de nauwkeurigheid van de voorspellingen op de Maas varieert per Maasdeel. Uit een kleine navraag onder een aantal respondenten van de enquête die hebben aangegeven voorspellingen met een zekere onnauwkeurigheidsmarge te willen, blijkt dat ze het liefst een nauwkeurigheid van 10 centimeter zien. Zeker bij een zichttijd van minder als 12 uur is dit noodzakelijk. Bij een zichttijd langer als 12 uur kan uitgegaan worden van een nauwkeurigheid van 20 centimeter. Als nu gekeken wordt naar de figuren uit hoofdstuk 4.3 dan blijkt dat RWS-DLB voor een groot deel voldoet aan deze voorwaarden. Dit wordt nu per Maasdeel behandeld.

---

### **Grensmaas**

Op dit Maasdeel is de nauwkeurigheidsmarge van 10 centimeter op een zichttijd van 0-12 uur de afgelopen jaren niet gehaald. De marge van 20 centimeter voor een langere zichttijd wordt gehaald voor alle zichttijden die zijn gebruikt in de jaren 2001-2003. Zie ook tabel 4.5.

### **Plassenmaas**

Met een zichttijd van 0-12 uur is de afgelopen jaren binnen de marge van 10 centimeter voorspeld. Naarmate de zichttijd oploopt wordt de afwijking groter. Tot een zichttijd van 24 uur blijft het verschil tussen de voorspelde en gemeten waterstanden binnen een marge van 20 centimeter. Bij een zichttijd groter dan 24 uur wordt de marge van 20 centimeter niet meer gehaald. Zie ook tabel 4.7.

### **Zandmaas 1**

Op de Zandmaas 1 is de nauwkeurigheidsmarge van 10 centimeter met een zichttijd van 0-12 uur gehaald. Voor een zichttijd van 12-24 uur wordt een marge van 20 centimeter gehaald. Bij een zichttijd groter dan 24 uur wordt de marge 30 centimeter. Zie ook tabel 4.9.

### **Zandmaas 2**

Op de Zandmaas 2 is opmerkelijk genoeg de nauwkeurigheidsmarge van 10 centimeter gehaald voor alle zichttijden (0-55 uur). tabel 4.11.

### **Beneden en Getijdenmaas**

Met een zichttijd van 0-55 uur wordt op de Beneden en Getijdenmaas met een nauwkeurigheidsmarge van 10 centimeter voorspeld. Zie ook tabel 4.13.

Uitgaande van de aanname dat de nauwkeurigheid pas de laatste 12 uur precies aan de nauwkeurigheid van 10 centimeter moet voldoen, blijkt dat voor bijna de gehele Maas aan deze voorwaarde wordt voldaan. De Grensmaas heeft met een betrouwbaarheidsinterval van 95% een nauwkeurigheid van 20 centimeter. Hierbij dient tevens opgemerkt te worden dat voor de Grensmaas standaard 10 centimeter te hoog wordt voorspeld. Als verder de aanname geldt dat met een zichttijd van 12-24 uur de waterstanden met een nauwkeurigheid van 20 centimeter voorspeld moet worden, voldoen alle Maasdelen hieraan, met uitzondering van de Plassenmaas.

---

### 6.3 Tijdstip en frequentie hoogwaterberichtgeving

In de huidige situatie ontvangen klanten tijdens een hoogwater rond 10 à 11 uur een hoogwaterbericht vanuit het RIZA. Rond 16 à 17 uur volgt een tweede bericht. Indien het een ernstig hoogwater betreft wordt er ook om 23.00 een bericht verstuurd.

Uit de enquête blijkt dat klanten graag eerder en vaker hoogwaterberichtgeving willen ontvangen. Gemiddeld 4 keer per dag, waarbij het eerste bericht rond 8 à 9 uur binnen komt. Technisch is dit haalbaar, met de kanttekening dat de hoogwaterberichtgeving pas eerder zal kunnen komen als de data vanuit Wallonië (neerslaggegevens, neerslagvoorspellingen, debieten Ardense zijrivieren) eerder aangeleverd wordt. Indien dit gebeurt kan de frequentie ook opgevoerd worden. Uit Figuur 5.1 blijkt dat de voorkeuren van de klanten vrij verschillend zijn, waarbij een hoogwaterberichtgeving 's nachts weinig voorkeur geniet.

### 6.4 Mediagebruik

Op dit moment wordt de berichtgeving verstuurd met behulp van fax en telefoon. Uit de enquête blijkt dat er onder de klanten van RWS-DLB grote voorkeur bestaat om gebruik te gaan maken van email en internet om hoogwaterberichtgeving te sturen. Technisch is dit goed haalbaar, de emailfaciliteiten zijn aanwezig en de nieuwe website ([www.actuelewaterdata.nl](http://www.actuelewaterdata.nl)) zou ook tijdens een hoogwater in de lucht moeten kunnen blijven.

---

## 7 Aanbevelingen ter verbetering kwaliteit

---

### 7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen zoals ze uit dit rapport naar voren komen aan RWS-DLB beschreven. De aanbevelingen zijn onderverdeeld in aanbevelingen op het gebied van nauwkeurigheid, tijdstip en frequentie en communicatie.

### 7.2 Nauwkeurigheid

Zoals uit hoofdstuk 6.2 al bleek, dient de nauwkeurigheid op de Grensmaas voor de zichttijd 0-12 uur en de nauwkeurigheid voor de Plassenmaas bij een zichttijd van 12-24 uur verbeterd te worden. Er zijn verschillende oorzaken voor de onnauwkeurigheden in de voorspellingen op de Plassenmaas en de Grensmaas.

#### **Grensmaas**

Dit Maasdeel ligt vlak achter Borgharen-dorp. De onnauwkeurigheid in de voorspellingen te Borgharen-dorp werkt op dit Maasdeel nog door, zie figuur 7.1. Het verschil tussen de voorspelde en opgetreden waterstand te Borgharen-dorp blijft ongeveer hetzelfde op de Grensmaas bij een zichttijd van 0-12 uur.

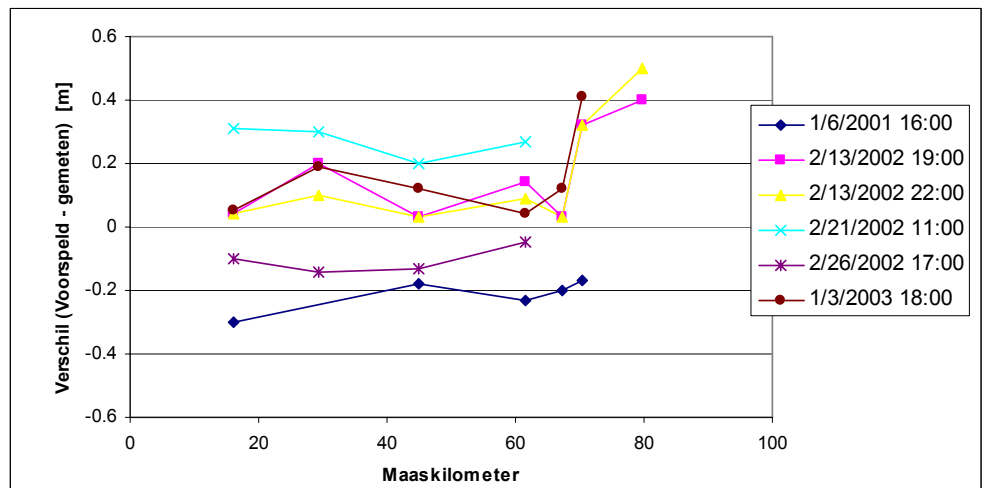
#### **Plassenmaas**

Op dit Maasdeel is te zien in paragraaf 4.3.3, dat de voorspellingen voor de eerste 14 uur binnen een marge van 10 centimeter verschil tussen voorspelde en gemeten waterstand liggen. Daarna treden grote verschillen op tussen de voorspelde en de gemeten waterstand. De gemiddelde looptijd van een hoogwatergolf van Borgharen-dorp naar Heel boven is 15:40. De mediaan ligt op 14:00. Gezien de grote toename van de verschillen lijkt het dan logisch dat de onnauwkeurigheden op de Plassenmaas na een zichttijd van 14:00 net als op de Grensmaas komen door de onnauwkeurigheid bij Borgharen-dorp. Toch is het zo dat de voorspellingen met langere zichttijd op de Plassenmaas grotere verschillen tussen gemeten en voorspelde waterstanden opleveren als op de Grensmaas. Dit komt ten eerste doordat de Plassenmaas verder weg ligt van Borgharen-dorp. Fouten werken dan sterker door. Dit is de Plassenmaas beter merkbaar als op de andere Maasdelen omdat op

dit punt de vorm van de golf nog niet helemaal bekend is en er dientengevolge meer onzekerheid in de voorspelling zit. Ten tweede zijn de bergingsmogelijkheden op de Plassenmaas groter. Een foute inschatting in de berging in dit gebied geeft dan een grotere afwijking in de voorspelling als op de Grensmaas.

Uit voorgaande kan geconcludeerd worden dat de meest voor de hand liggende manier om de hoogwatervoorspellingen op de Grensmaas en de Plassenmaas te verbeteren is om de hoogwatervoorspellingen te Borgharen-dorp te verbeteren. Als gekeken wordt naar figuur 7.1 dan blijkt dat de onnauwkeurigheid op deze locatie doorwerkt in de gehele Grensmaas (Maaskilometer 29.325 t/m 61.57).

Pas in de Plassenmaas ontstaan grote afwijkingen in de voorspellingen van de waterstanden. Behalve de nauwkeurigheid op de Grensmaas dient de nauwkeurigheid op de Plassenmaas met een zichttijd van 12-24 uur verbeterd te worden.



**Figuur 7.1 - Onnauwkeurigheid op bepaald tijdstip voorspelling te Borgharen-dorp uitgezet over de rivier-as**

Het huidige model is nog niet perfect, maar in combinatie met de toegepaste expertise voldoet het model voor een groot deel aan de wensen van de klanten. Om ook in de toekomst goede waterstandsvoorspellingen op de Maas te waarborgen zijn er twee mogelijkheden:

- Het model dusdanig verbeteren dat de expertise overbodig wordt
- De expertise dusdanig vastleggen dat deze in de toekomst ook door minder 'ervaren' personen kan worden toegepast.

---

Hieronder zullen de voor- en nadelen van beide opties aangestipt worden.

Het voordeel van het verbeteren van het model zodanig dat de expertise overbodig wordt is groot. Er is dan een goed model dat zelfstandig voorspellingen in de Maas kan berekenen en makkelijk in kan spelen op geometrische veranderingen in de toekomst (zoals het Grensmaasproject). Nadeel is dat het veel tijd (en dus geld) kost om het huidige model zodanig aan te passen. Wellicht dat in de verre toekomst de computercapaciteit zo groot wordt dat de voorspellingen met WAQUA<sup>8</sup> gedaan kunnen worden voor de hele Maas, maar tot die tijd zal het beperkt blijven tot het 1-dimensionale Sobek-model.

Voordeel van het blijven gebruiken van de expertise is dat er niet zoveel hoeft te veranderen in de huidige organisatie. Er moet alleen een goed archiveringsstelsel opgezet te worden dat alle data van hoogwaters opslaat. In de huidige situatie is het zo dat de standaardformulieren zoals die binnen ANI circuleren tijdens een hoogwater niet altijd volledig zijn ingevuld. In het jaar 2003 is dit grotendeels gebeurd, maar van de voorgaande jaren zijn de mappen niet altijd volledig. Als alles in de computer gelijk goed wordt ingevoerd, staan de data van verschillende hoogwatergolven in dezelfde excelstandaard. Het is van daaruit mogelijk om een excelmacro te schrijven die de diverse data met elkaar verbindt. Met de informatie die op deze manier beschikbaar komt moet het in de toekomst ook mogelijk zijn voor de minder met de Maas ervaren hoogwatervoorspeller accurate hoogwaterberichten te maken. Nadeel is dat dit een lapmiddel blijft. Als er geometrische veranderingen aan de Maas plaats vinden (bijvoorbeeld de Maaswerken) moet de expertise ook bijgesteld worden. Hoogwaterdata uit het verleden kunnen niet zonder meer worden toegepast op de situatie van dat moment.

Het advies is dan ook, bovenstaande in acht genomen, om het huidige model aan te passen, zodat er tijdens hoogwater een goede voorspelling gemaakt kan worden. Dit scheelt ook tijd tijdens een hoogwatercrisis. In de tussentijd verdient het aanbeveling om de hoogwatervoorspeldata goed op te slaan, ten behoeve

---

<sup>8</sup> WAQUA is een water beweging en kwaliteits simulatie model en in staat tot 2-dimensionale berekeningen. ([www.svasek.nl](http://www.svasek.nl))

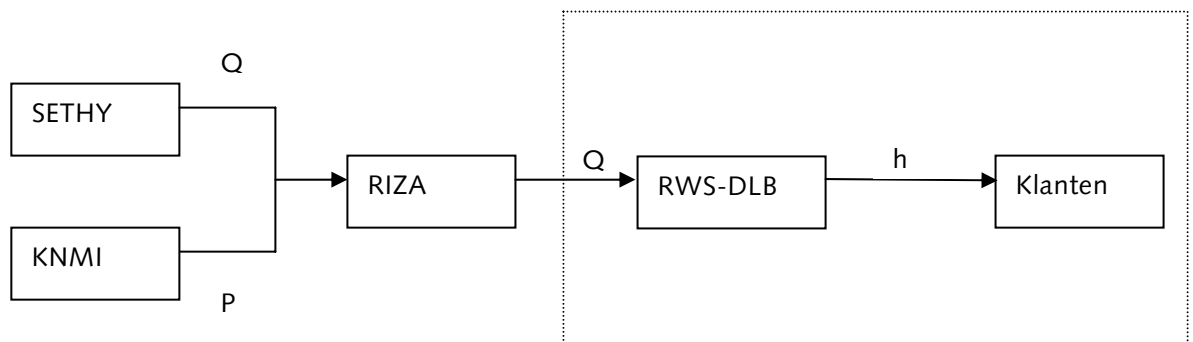
---

van de hoogwatergolven die nog komen tijdens de aanpassingsperiode.

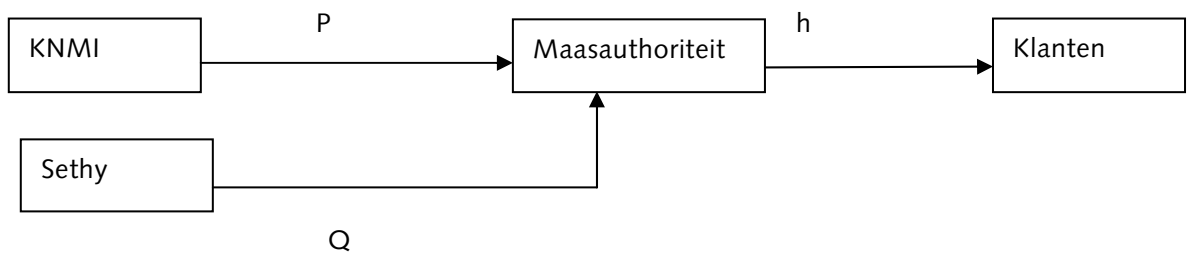
Het model aanpassen kan op verschillende wijzen gebeuren. Zoals in paragraaf 3.3.3 ter sprake kwam, wordt er geen gebruik gemaakt van lateralen gegevens. Deze erin verwerken geeft het model al iets meer zekerheid en nauwkeurigheid. Tevens is het model gekalibreerd op een stompe hoogwatergolf. Als het model nu ook gekalibreerd wordt op een spitse hoogwatergolf, dan zijn in ieder geval op de Zandmaas 1 en 2 en de Beneden en Getijdenmaas de expertise-aanpassingen minder nodig. Er kan dan naar aanleiding van de vorm van de golf te Borgharen-dorp gekozen worden welk hoogwatergolf de beste 'match' heeft. Een andere mogelijkheid is dat de schematisatie van de Plassenmaas in het Sobek model niet helemaal correct is. Wellicht dat een hernieuwde calibratie van dit gedeelte in combinatie met het reeds bestaande WAQUA model uitkomst kan bieden.

### 7.3 Interne communicatie

Het tijdstip van de eerste voorspelling op de dag is al langer een moeilijk punt. In de huidige situatie voorspelt RWS-DLB pas om 10 uur, 11 uur de waterstanden. Dit komt doordat de waterstandsvoorspellingen een lange weg moeten afleggen. In figuur 7.2 staan deze nog een keer schematisch weergegeven. Eerst worden de debietmetingen van de Ardense zijrivieren ingewonnen door de SETHY, deze worden na controle doorgestuurd naar het RIZA, waarna de voorspellingen van de debieten bij Borgharen-dorp weer naar RWS-DLB Limburg gaan. Uitgaande mede van de Europese kaderrichtlijnen water, waarin de stroomgebiedsbenadering gepropageerd wordt, is het beter om de gegevensinwinning en voorspellingen op de Maas door 1 Maasauthoriteit te laten doen.



**figuur 7.2 - Overzicht huidige gegevensinwinning tijdens hoogwater**



**figuur 7.3 – Nieuwe overzicht gegevensinwinning tijdens hoogwater**

Nu is het zo dat beide partijen inschatten wat er in de Ardennen gebeurt, terwijl de Belgische collega's daar waarschijnlijk beter zicht op hebben dankzij hun aanwezige meetapparatuur in de Ardense zijrivieren. Het werk wordt nu voor een deel dubbel gedaan. De taalbarriere kan als een hindernis ervaren worden, toch hoeft dit geen probleem te zijn. Binnen de EU bevinden zich meerdere grensoverschrijdende projecten, waarbij een taalbarriere aanwezig is, zoals bij de aanleg van de groene rivier tussen Oostenrijk en Hongarije nabij St Gotthard (Szentgotthard) om de rivier de Raab (Rába) te beteugelen ([www.bildpost.de](http://www.bildpost.de)).

Samen met goede afspraken met Wallonië moet het technisch mogelijk zijn om het tijdstip naar nog eerder op de dag te verleggen. In figuur 7.3 staan de nieuwe communicatielijnen voor de gegevensinwinning zoals hierboven beschreven schematisch weergegeven.

De Maasauthoriteit zou ook voor eenheid binnen Nederland kunnen zorgen in de voorspellingen, voor het laatste stukje voorspellen op de Maas komt nu RWS-ZH erbij.

#### **7.4 Communicatie (naar de klanten toe)**

Naar aanleiding van de enquête-uitslag zijn er wel enige verbeteringen denkbaar in de communicatie naar de klanten toe. Het gaat hierbij met name om de gebruikte mediavormen en de tijdstippen van de hoogwatervoorspelling.

##### **7.4.1 Tijdstip**

Het tijdstip dient zoveel mogelijk vervroegd te worden, bij voorkeur acht uur 's ochtends. Er is ook gebleken dat er behoefte is om vier keer op een dag een voorspelling te ontvangen. Indien de eerste voorspelling dan om 8 uur is, is een mogelijke indeling 8, 12, 16 en 23 uur. Bij driekwart van de klanten is onduidelijk hoe RWS-DLB voorspeld. Een workshop of voorlichting via de



---

internetsite of brochures kan hier al uitkomst bieden. Dit verbetert de onderlinge verstandhouding en verschaft meer inzicht voor de klanten.

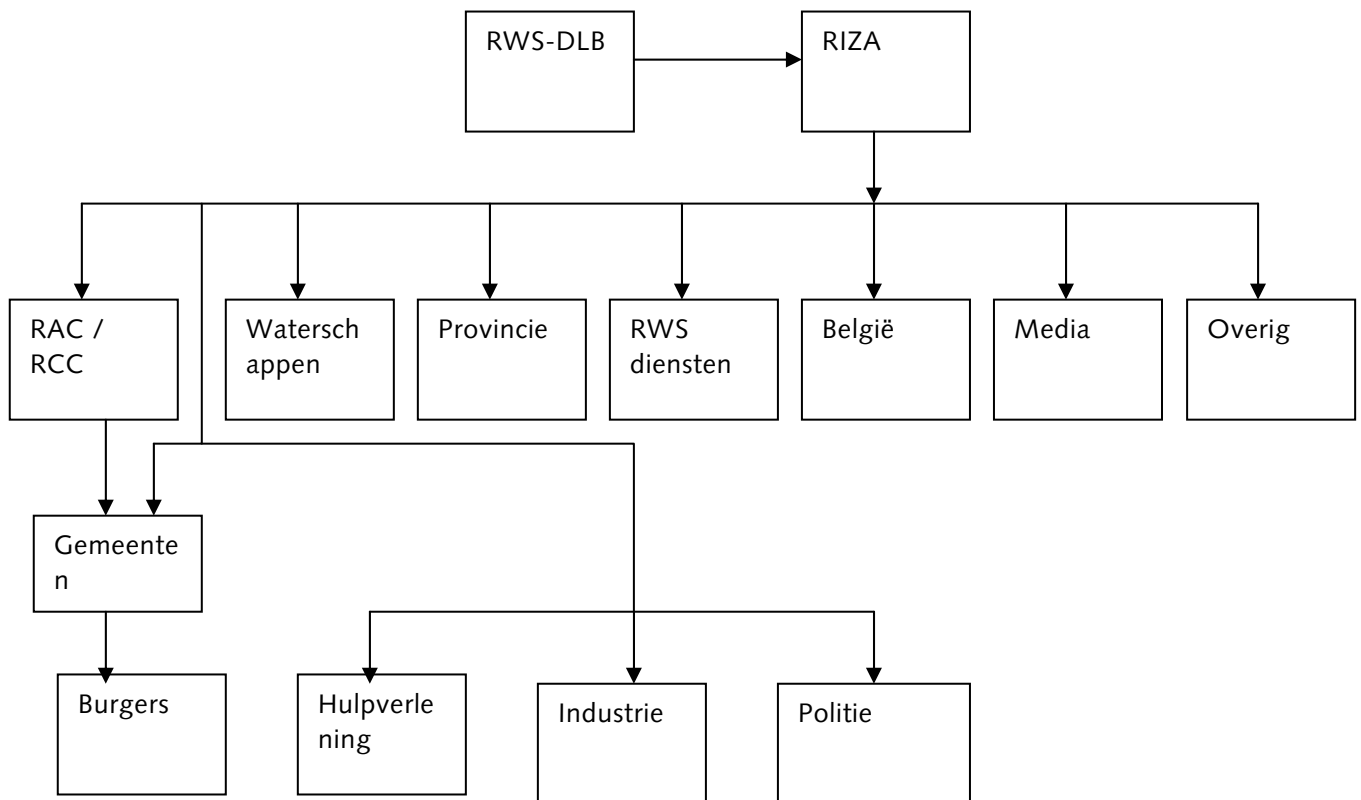
#### **7.4.2 Media**

De voorspellingen worden op dit moment nog overwegend met de fax gedaan. Uit de enquête blijkt een grote voorkeur van de respondenten voor het gebruik van nieuwe technologieën als e-mail en internet. Desondanks wordt dit door de respondenten die dit momenteel al gebruiken afgedaan als 'onvoldoende'. Oorzaken hiervoor kunnen zijn dat de verwachtingen van nieuwe technologieën wellicht te hoog zijn, of dat de nieuwe technologieën te weinig betrouwbaar zijn. De oude internet site van waterland.net lag er tijdens het hoogwater van 2002 uit door een overbelaste server. Een beveiligde internetsite voor zakelijk verkeer is hierbij een oplossing. Dit waarborgt de bereikbaarheid in geval van een overbelaste server. Het is ook zo dat in geval van falen van internet of e-mail het mogelijk moet blijven om op de 'ouderwetse manier' de voorspellingen te kunnen versturen. Up-to-date houden van faxnummers is hierbij een must.

Hiernaast bleek een sterke voorkeur om via meerdere kanalen voorspellingen te bekijken. Het is dus zaak om alle mediakanalen tegelijk te 'updaten'.

#### **7.4.3 Communicatielijnen**

Net als de communicatie tussen SETHY het RIZA en RWS-DLB gaat de communicatielijns naar de burgers en de hulpverlening in een aantal stappen. Indien er gebruik wordt gemaakt van e-mail en internet is het ook mogelijk om gemeentes, politie en hulpverlening rechtstreeks berichtgeving te laten ontvangen, zie figuur 7.4. Deze mogelijkheid is er dan ook voor burgers die dit op de website hebben aangegeven. De organisatiestructuur met Regionale Crisis Centra blijft dan hetzelfde, alleen de communicatie van hoogwaterberichten verloopt sneller.



**figuur 7.4 - Nieuwe communicatielijnen hoogwaterberichten RWS-DLB**

#### **7.4.4 Nauwkeurighedsvermelding op hoogwaterberichten**

Binnen RWS-DLB wordt met het idee gespeeld om op de hoogwaterberichten een nauwkeurigheds marge te zetten. Dit lijkt in eerste instantie een goed idee, maar in de praktijk willen de klanten een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling en alleen indien een accurate voorspelling niet mogelijk is wordt een marge geaccepteerd. De maximale marge de klanten het liefst zien is tien centimeter. Daar dit ook door RWS-DLB gehanteerd wordt kan dit het beste wegblijven, er zou alleen maar verwarring door kunnen ontstaan bij de klanten.

---

# 8 Conclusies en aanbevelingen

---

## 8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit het rapport weergegeven worden. De conclusies zijn onder te verdelen in conclusies met betrekking tot het verkleinen van de onnauwkeurigheden en het verbeteren van de kwaliteit van de hoogwaterberichtgeving.

## 8.2 Conclusies

### 8.2.1 Verkleining onnauwkeurigheden

Ten eerste is onderzocht wat nu precies de onnauwkeurigheden in de waterstandsvoorspellingen waren. Er bleek dat de waterstandsvoorspellingen niet voldeden op de Plassenmaas met een zichttijd van meer dan 12 uur en op de Grensmaas met een zichttijd van minder als 12 uur. De mogelijkheden om de onnauwkeurigheden in deze waterstandsvoorspellingen te verbeteren zijn:

1. Het verbeteren van de waterstandsvoorspellingen te Borgharen-dorp. Dit kan o.a. door:
  - a. Verbeteren communicatie met de Waalse collega's
  - b. Blijven herijken van de Q-h relatie te Borgharen-dorp bij extreme waterstanden
2. Aanpassen van het Sobek-model
  - a. Extra calibratie op spitse hoogwatergolf
  - b. Schematisatie Plassenmaas controleren
  - c. Zijrivieren digitaal meenemen
3. Goed databeheer  
De runs van de modellen bewaren, sheets volledig invullen tijdens een hoogwater.

### 8.2.2 Verbetering kwaliteit

De kwaliteit van de waterstandsvoorspellingen bleek nog niet helemaal optimaal. Voor het versturen van de hoogwaterberichten kan overgestapt worden van fax naar e-mail en internet. Het tijdstip en de frequentie van de berichten kunnen nog verbeterd worden. Het eerste bericht zou dan verstuurd worden om 7 à 8 uur,

---

de tweede rond 12 uur, de derde voor het einde van de middag, en als laatste een om 23 uur 's nachts. Tevens kunnen de communicatielijnen die gebruikt worden tijdens een hoogwater ingekort worden. Nu worden de hoogwaterberichten via een 'boom' verspreid (bv RWS-DLB stuurt bericht naar RCC, RCC stuurt bericht naar gemeente, gemeente stuurt bericht naar de burger). Met huidige technologieën als e-mail kan dit ook rechtstreeks.

### **8.3 Aanbevelingen**

#### **8.3.1 Enquête**

De enquête is gehouden onder een aantal gemeenten langs de Maas en waterschappen en andere belanghebbenden. Wellicht dat er ook nog een enquête gehouden kan worden onder burgers, hoe zij een hoogwater ervaren. Zij zijn tenslotte een van de doelgroepen die beschermd moeten worden.

#### **8.3.2 Kwantiteit van de gegevens**

Wat opvalt bij dit onderzoek is het gebrek aan uitgebreide data. Het verdient aanbeveling de data in de toekomst beter te bewaren, inclusief runs van de modellen. Met behulp hiervan is het dan mogelijk om nog betere uitspraken te doen over de kwaliteit van de waterstandsvoorspellingen.

#### **8.3.3 Methodiek voor technische kwaliteit**

In dit onderzoek is een factor voor technische kwaliteit voor de waterstandsvoorspellingen van RWS-DLB ontwikkeld. Met deze methode kunnen de voorspellingen in de toekomst vergeleken worden met de historische voorspellingen.

---

# Literatuurlijst

---

- Anoniem, 1996: Rampbestrijdingsplan hoogwater rivier de Maas Gemeentenregio Midden-Limburg
- Berger, H.E.J. ,1991: Systeembeschrijving Maas RIZA 91.050x
- Boertien II, 1994: Onderzoek watersnood Maas: Deelrapport 4: Hydrologische aspecten
- Delden, H. van, 1999: Vormen van hoogwatergolven te Borgharen, stageverslag UT
- Gerretsen, 1999: Vorm van de norm afvoergolven, afstudeerverslag UT
- Heylen, J., 1998: De Hoogwaters op de Grensmaas in december 1993 en 13 maanden later in januari-februari 1995, Tijdschrift Water nr 99, maart/april 1998.
- Kallenberg, W.C.M., 1997: Statistiek 1 voor Technische Bedrijfskunde, vakcode 153021, dictaatnummer UT 623
- Leussen, W. Van, Havinga, H. Tolkamp, H.H., Drimmelen, C. Van, Rooy, P.T.J.C. van, Brouwer, R., 2002: River Basin management, Collegedictaat W7 Universiteit Twente
- Poortema, K., 2000: Statistische technieken, UT dictaat nr 591, vakcode 153035
- Provincie Limburg, Waterschap Peel en Maasvallei, Waterschap Roer en Overmaas, Zuiveringschap Limburg, mmv RWS-DLB, gemeente Maastricht, Gemeente Venlo 2002: Stroomgebiedvisie Limburg : Water- en Ruimtelijke opgaven voor het regionale watersysteem in Limburg, voorlopig vastgestelde versie, september 2002.
- Rijkswaterstaat Directie Limburg, 1994: De Maas slaat toe... Verslag hoogwater Maas, december 1993
- Rijkswaterstaat Directie Limburg, 1995: Beheersvisie Maas "Duurzame zorg". Concept-voorontwerp hoofdrapport. Rijkswaterstaat Directie Limburg, Maastricht, Grontmij Advies & Techniek, Eindhoven, 137 pp.
- Rijkswaterstaat Directie Limburg, 2002: Werkboek hoogwaterberichtgeving 2002-2003, projectnummer 3300202
- Rijkswaterstaat Directie Limburg, 2002: Extern werkboek hoogwaterberichtgeving 2002-2003
- Veen, R. van der, 2002: Correctietabellen bij Sobek-Maas versie 2000.33, RIZA werkdocument 2002.176x
- Wit, M. de, Warmerdam, P., Torfs, P., Uijlenhoet, R., Roelin, E., Cheymol, A., Deursen ,W van., Walsum, P. van, Ververs, M., Kwadijk, J., Buitenveld, H., 2001: Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse, Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no. 410.200.090

---

Websites:

<a href="http://www.arknature.org/">http://www.arknature.org/</a>	September 2003
<a href="http://www.bildpost.at/Archiv/2001/Ausgabe4/-11030649.html">http://www.bildpost.at/Archiv/2001/Ausgabe4/-11030649.html</a>	Januari 2003
<a href="http://www.maaswerken.nl">http://www.maaswerken.nl</a>	November 2003
<a href="http://wldelft.nl/gen/org/cso/flo.html">http://wldelft.nl/gen/org/cso/flo.html</a>	November 2003
<a href="http://www.svasek.nl">http://www.svasek.nl</a>	Februari 2004
<a href="http://www.zl.nl">http://www.zl.nl</a>	November 2003

## Bijlage A: Adressanten hoogwater

---

---

Attendering Hoogwater  
Verstuurd door RWS directie Limburg  
Inhoud bericht:  
Afvoer van 1000 m<sup>3</sup>/s bereikt (waterstand 42,75 m +NAP) in Borgharen-Dorp  
Adressanten: Wijze van informeren

---

Regionale brandweer Zuid-Limburg	telefonisch + fax
Regionale brandweer Noord- en Midden-Limburg	telefonisch + fax
Vereniging Natuurmonumenten	telefonisch
Stichting Limburgs Landschap	telefonisch
Stichting Ark	telefonisch

---

---

Voorwaarschuwing I  
Verstuurd door RWS directie Limburg  
Inhoud bericht:  
Waterstand 43,55 m +NAP bereikt (Afvoer van ca. 1250 m<sup>3</sup>/s) in Borgharen-Dorp  
Adressanten: Wijze van informeren

---

Regionale brandweer Zuid-Limburg	telefonisch + fax
Regionale brandweer Noord- en Midden-Limburg	telefonisch + fax
Regionale brandweer Nijmegen	telefonisch + fax
Regionale brandweer N.O. Noord-Brabant	telefonisch + fax
Regionale brandweer Rivierenland	telefonisch + fax
KLPD Driebergen	telefonisch
Provincie Limburg	telefonisch
Vereniging Natuurmonumenten	telefonisch
Stichting Limburgs Landschap	telefonisch
Stichting Ark	telefonisch

---

---

Voorwaarschuwing II  
Verstuurd door RWS directie Limburg  
Inhoud bericht:  
waterstand 44,10 m +NAP (Afvoer van ca. 1500 m<sup>3</sup>/s) verwacht in Borgharen-Dorp en verdere stijging verwacht  
Adressanten: Wijze van informeren

---

Regionale brandweer Zuid-Limburg	telefonisch + fax
Regionale brandweer Noord- en Midden-Limburg	telefonisch + fax
Regionale brandweer N.O. Noord-Brabant	telefonisch + fax
Regionale brandweer Nijmegen	telefonisch + fax
Regionale brandweer Rivierenland	telefonisch + fax
KLPD Driebergen	telefonisch

---

---

Voorwaarschuwing II

Verstuurd door RWS directie Limburg

Inhoud bericht:

waterstand 44,10 m +NAP (Afvoer van ca. 1500 m<sup>3</sup>/s) verwacht in Borgharen-Dorp en verdere stijging verwacht

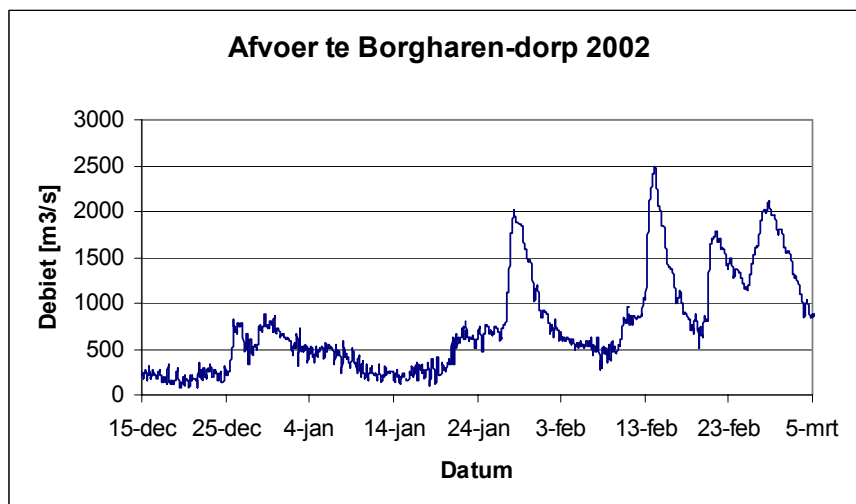
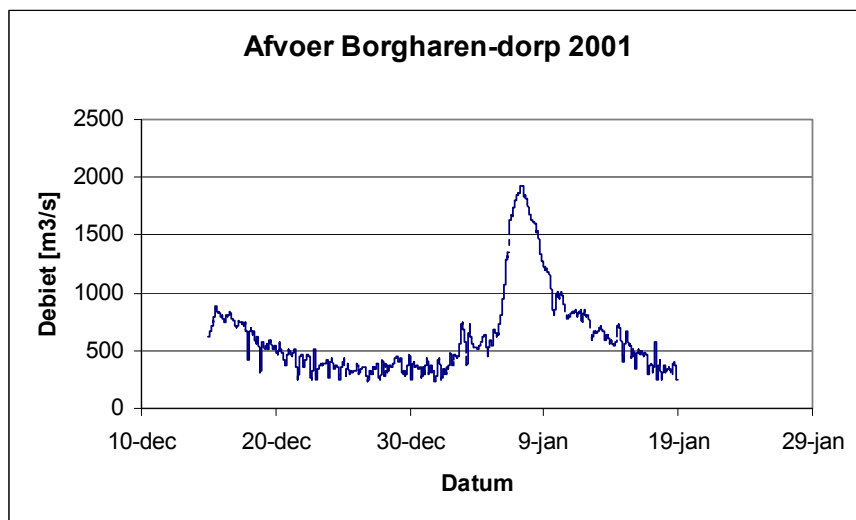
Adressanten:	Wijze van informeren
Provincie Limburg	telefonisch
Provincie Gelderland	telefonisch
Provincie Noord-Brabant	telefonisch
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap	
Afd. Maas en Albertkanaal(B)	telefonisch
Hydrologisch Informatiecentrum te Borgehout (B)	telefonisch
Service d'Etudes Hydrologiques te Namur (B)	telefonisch
Vereniging Natuurmonumenten	telefonisch
Stichting Limburgs Landschap	telefonisch
Stichting Ark	telefonisch

---



## Bijlage B: Historische hoogwatergolven

---



## Bijlage C: Nauwkeurigheid meetstations

### Inleiding

In deze bijlage zijn de resultaten van de voorspellingen van RWS-DLB van de jaren 2001-2003 weergegeven per meetstation. Daarnaast zijn ter vergelijking de golven van 1993 en 1995 ook opgenomen in de tabellen. De codering van de hoogwatergolven is als volgt:

Jan 2001	1-2001
Mrt 2001	2-2001
Eind jan 2002	1-2002
13 feb 2002	2-2002
20-25 feb 2002	3-2002
Eind feb begin mrt 2002	4-2002
Jan 2003	1-2003

**tabel 8.1 - Codering hoogwatergolven**

### Elsloo

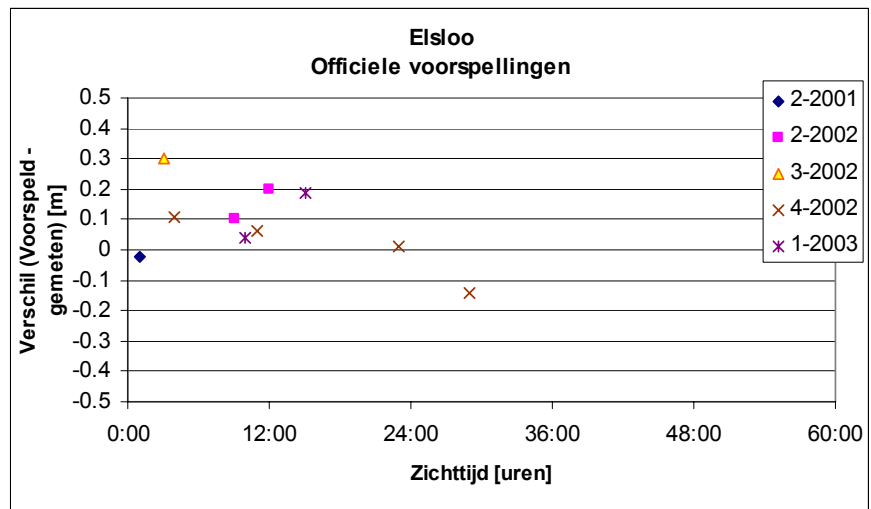
Het eerste meetpunt na Borgharen-dorp waarvoor een officiële voorspelling uitgaat vanuit RWS-DLB is Elsloo. Het MSW-station Elsloo ligt 13 kilometer achter Borgharen-dorp. De top van het hoogwater passeert binnen twee à drie uur na de passage bij Borgharen-dorp. De looptijden in **Tabel 8.2** zijn afgerond op hele uren. Met een looptijd van twee à drie uur is het lastig om ruim tevoren een nauwkeurige voorspelling te doen. Daar komt nog bij dat na 1995 het meetpunt verplaatst is. Hiervoor moet een handmatige correctie gedaan worden, aangezien het model gekalibreerd is op de golf van 1995.

Elsloo (km 29,325)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	40,50	0		
Januari 1995	40,23	-2		
1-2001	36,81	Uitgevallen		
2-2001	38,87	3	Niet gedaan	Niet gedaan
1-2002	39,07	2	-0,02	1:00
2-2002	39,60	2	0,20	12:00
3-2002	38,55	2	0,30	3:00
4-2002	39,24	3	-0,14	29:00
1-2003	39,81	2	0,19	15:00

**Tabel 8.2 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Elsloo 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

In figuur 8.1 zijn de officiële voorspellingen voor de jaren 2001-2003 van RWS-DLB weergegeven. Er is onderscheid gemaakt per hoogwatergolf. Bij de golf van 3-2002 (20-25 februari) is een opvallende uitschieter.

Met een zichttijd van 3 uur is er een verschil tussen gemeten en voorspelde waterstand van 0.30 m.



figuur 8.1 - Officiële voorspellingen Elsloo 2001-2003

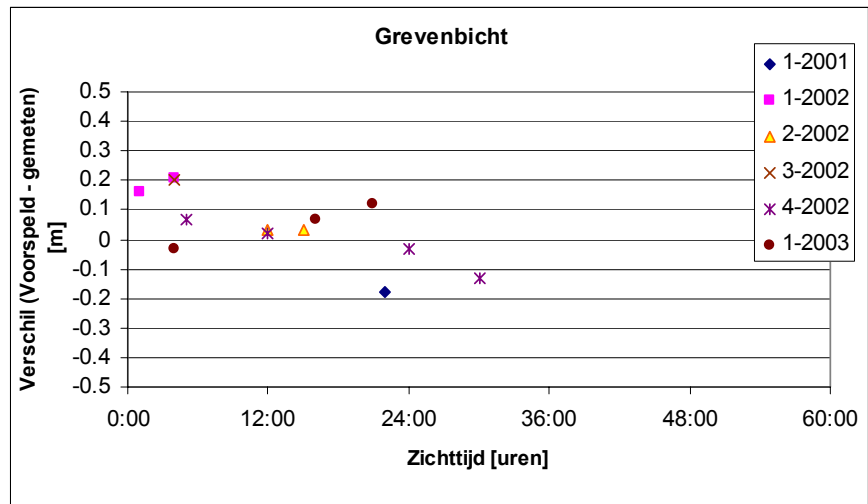
### Grevenbicht

Het meetstation bij Grevenbicht ligt op 29 kilometer van Borgharen-dorp af. Op dit punt al treden er verschillen op in de looptijden van de hoogwatergolven. De ene keer wordt er te hoog voorspeld, de andere keer te laag. Er lijkt niet echt een patroon in te zitten met betrekking tot de looptijd of de bijbehorende waterstand.

Grevenbicht (km 44,945)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling (m)	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	32,8	8		
Januari 1995	32,73	4		
1-2001	31,98	5	-0,18	22:00
2-2001	31,89	7	Niet gedaan	Niet gedaan
1-2002	31,89	5	0,21	4:00
2-2002	32,32	5	0,03	15:00
3-2002	31,70	3	0,19	4:00
4-2002	32,18	4	-0,13	30:00
1-2003	32,53	8	0,12	21:00

Tabel 8.3 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Grevenbicht 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

Behalve voor de golf van 1-2002 en 3-2002 zijn de voorspellingen voor station Grevenbicht binnen de gestelde marge. Dit is te zien in figuur 8.2.



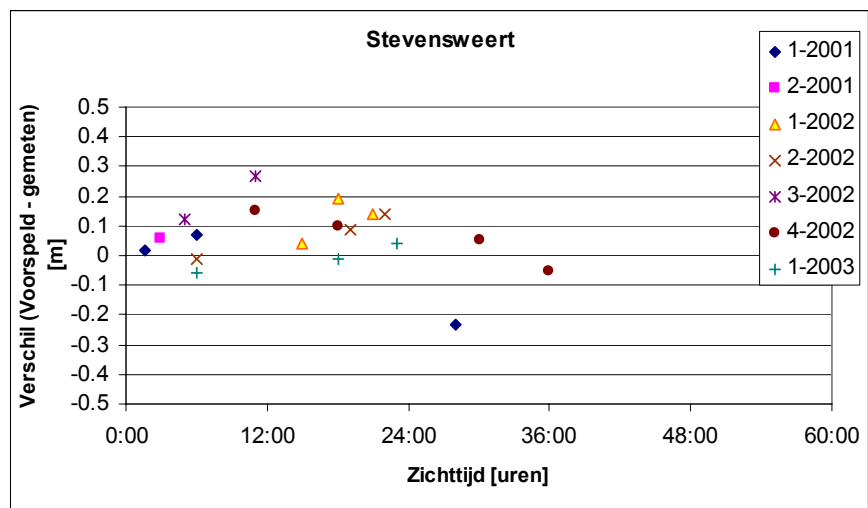
figuur 8.2 - Officiële voorspellingen Grevenbicht 2001-2003

## Stevensweert

Bij Stevensweert begint het plassegebied van de Maas. De lange looptijd van de hoogwatergolf van januari 2002 wordt veroorzaakt door een lang aanhoudende hoge waterstand.

Stevensweert (km 61,57)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	25,36	9		
Januari 1995	25,30	9		
1-2001	24,43	11	-0,23	28:00
2-2001	24,39	11	0,06	3:00
1-2002	24,42	22	0,15	21:00
2-2002	24,81	12	0,14	22:00
3-2002	24,23	10	0,27	11:00
4-2002	24,65	10	-0,05	36:00
1-2003	25,11	10	0,04	23:00

Tabel 8.4 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Stevensweert 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)



figuur 8.3 - Officiële voorspellingen Stevensweert 2001-2003

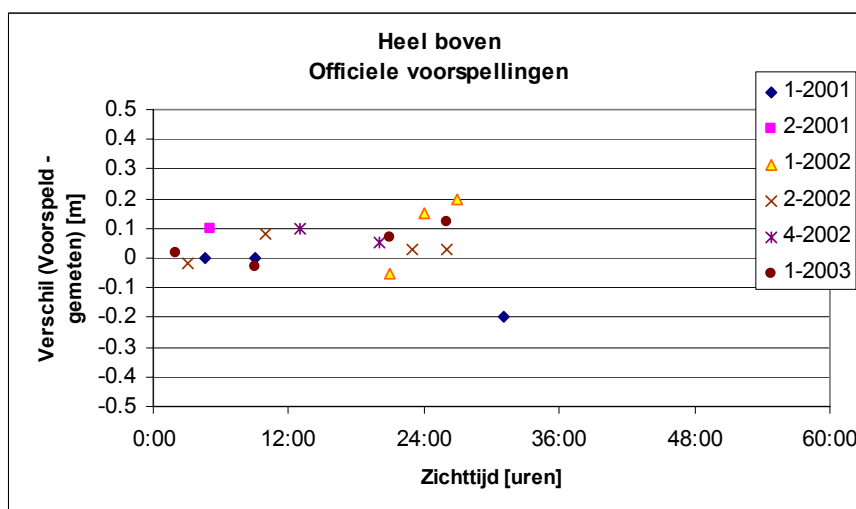
## Heel boven

Heel boven is zo genoemd omdat er aan beide kanten van het lateraalkanaal bij Heel meetstations zijn. Stroomopwaarts krijgt dan de toevoeging 'boven', stroomafwaarts de toevoeging 'beneden'. Verder stroomafwaarts is deze wijze van benaming ook bij een aantal sluizen toegepast.

Heel Boven (km 67,34)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	22,81	13		
Januari 1995	22,69	15		
1-2001	21,70	14	-0,20	31:00
2-2001	21,65	13	0,10	5:00
1-2002	21,71	28	0,04	23:00
2-2002	22,07	16	0,03	26:00
3-2002	20,36	17	Niet gedaan	Niet gedaan
4-2002	20,82	12	0,05	20:00
1-2003	21,29	13	0,12	26:00

**Tabel 8.5 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Heel boven 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

In figuur 8.4 is te zien dat er voor Heel boven slechts 1 uitschieter is, namelijk de golf van 1-2001.



**figuur 8.4 - Officiële voorspellingen Heel Boven 2001-2003**

### Linne beneden

Linne-beneden ligt , zoals in figuur 8.5 te zien is, in een bocht van de Maas. Hier begint de afwijking van de waterstandsvoorspelling voor de golf van midden-februari 2002.



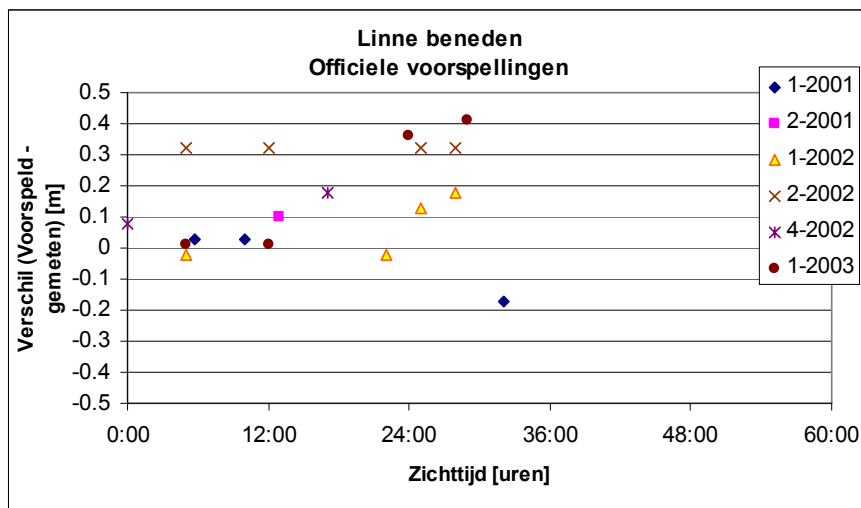
figuur 8.5 - MSW stations op de Plassenmaas

Tevens is alleen voor dit station de voorspelling voor januari 2003 aan de ruime kant. Dit grote verschil met de andere stations die bij deze golf een nauwkeurigere voorspelling hadden, zit in de zichttijd. Voor Linne Beneden werd 29 uur vooruitgekeken. Voor Roermond-boven werd pas bij een zichttijd van 18 uur een voorspelling gedaan.

Linne Beneden (km 70,4)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993				
Januari 1995	21,90			
1-2001	20,57	15	-0,17	32:00
2-2001	20,55	21	0,10	13:00
1-2002	20,57	29	0,18	28:00
2-2002	20,88	18	0,32	28:00
3-2002	20,36	25		
4-2002	20,82	16	0,18	17:00
1-2003	21,29	16	0,41	29:00

Tabel 8.6 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Linne beneden 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

De golven 1-2003, 1-2001 en 2-2002 zorgen bij het station Linne Beneden voor de grootste problemen. Golf 2-2002 wordt opmerkelijk genoeg standaard 0.3 meter te hoog ingeschat.



figuur 8.6 - Officiële voorspellingen Linne Beneden 2001-2003



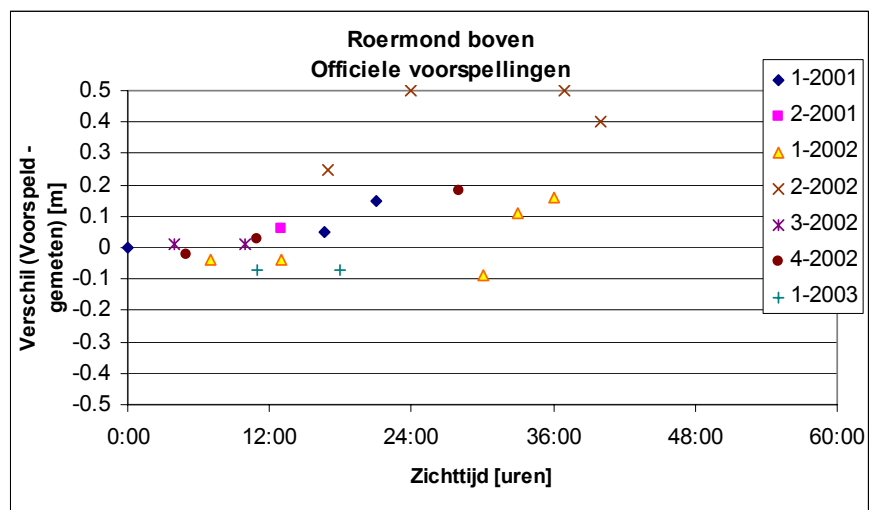
### Roermond-boven

Vanaf het station Roermond-boven benadert de hoogwatergolf een ideale golfvorm.

Roermond-Boven (km 79,75)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	20,80	35		
Januari 1995	20,85	19		
1-2001	18,65	25	0,15	21:00
2-2001	18,74	21	0,06	13:00
1-2002	18,79	37	0,16	36:00
2-2002	19,25	30	0,40	40:00
3-2002	18,64	33	0,01	11:00
4-2002	19,37	27	0,18	28:00
1-2003	19,97	22	-0,07	18:00

**Tabel 8.7 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Roermond boven 1993-2003**  
(Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

Op dit punt is goed de invloed van de Maasplassen te zien in de waterstanden van '93 en '95. De golf van '93 die hoger was als bij de golf van '95 bij Borgharen-dorp, wordt hier door de stompere golf van '95 ingehaald. In figuur 8.7 blijkt duidelijk dat de golf van 2-2002 problemen gaf bij het voorspellen. Er treden afwijkingen op in de voorspellingen tot een halve meter.



**figuur 8.7 - Officiële voorspellingen Roermond Boven 2001-2003**

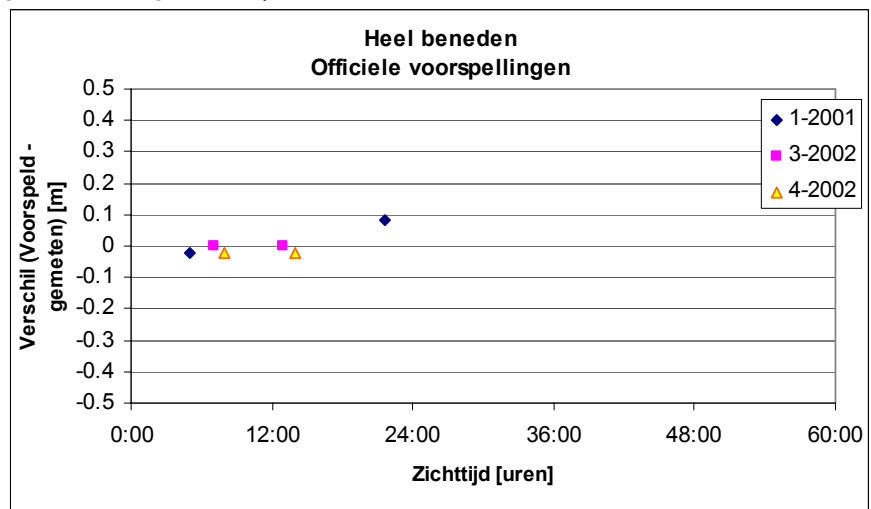
## Heel beneden

Meetstation Heel Beneden is niet altijd meegenomen in de voorspellingen door RWS-DLB. De zichttijd van 21:40 was eenmalig, in principe wordt de voorspelling in hele uren van tevoren gedaan.

Heel Beneden (85,075)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	20,52			
Januari 1995	20,59			
1-2001	18,22	28	0,08	21:40
2-2001	18,36	27		
1-2002	18,39	42		
2-2002	18,97	32		
3-2002	18,20	36	0,00	13:00
4-2002	19,12	30	-0,02	14:00
1-2003	19,78	24		

**Tabel 8.8 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Heel beneden 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

Bij de drie golven waar station Heel beneden werd meegenomen in de voorspellingen werd binnen de gestelde marges voorspeld.



**figuur 8.8 - Officiële voorspellingen Heel beneden 2001-2003**

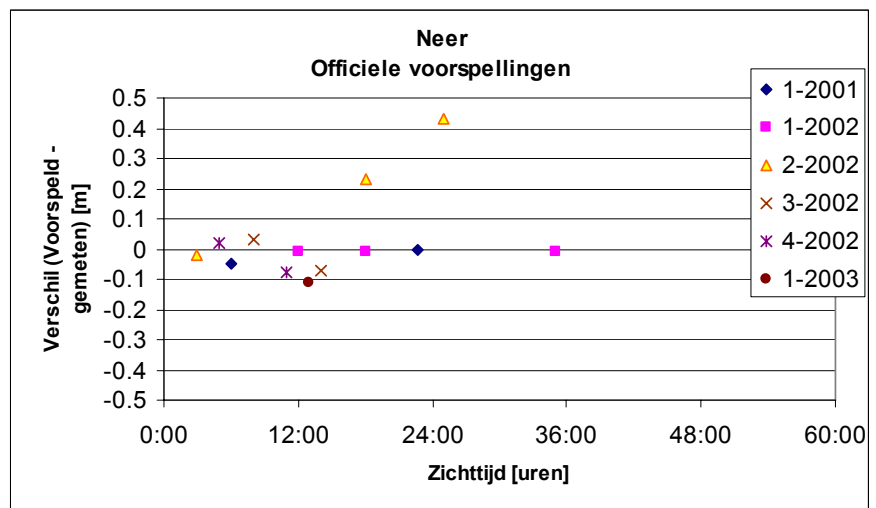
## Neer

Wat opvalt is de afwijking in de voorspelling in de golf van half februari 2002.

Neer (km 90,12)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993				
Januari 1995	20,35			
1-2001	17,9	32	0	22:40
2-2001	18,07	29		
1-2002	18,16	42	-0,01	35:00
2-2002	18,76	31	0,43	25:00
3-2002	17,97	37	-0,07	16:00
4-2002	18,93	27	-0,08	14:00
1-2003	19,56	24	-0,11	13:00

**Tabel 8.9 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Neer 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

Bij station Neer zorgde golf 2-2002 voor de grootste uiteindelijke afwijkingen.



**figuur 8.9 - Officiële voorspellingen Neer 2001-2003**

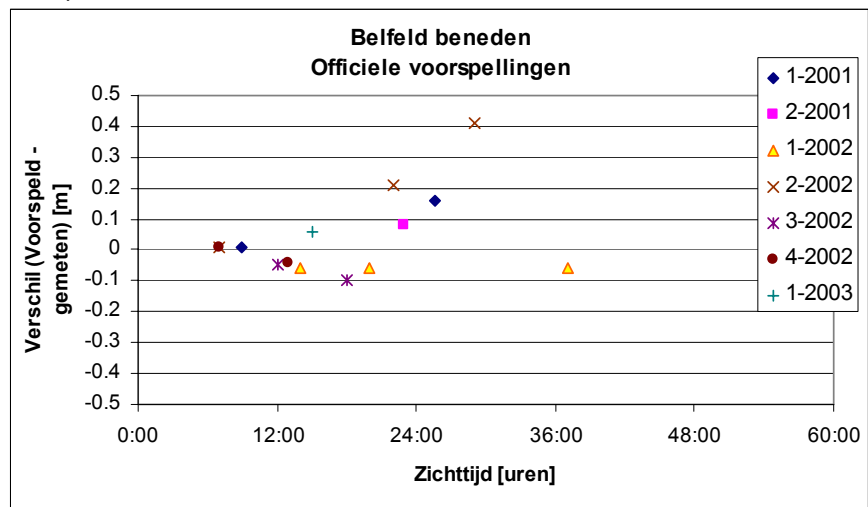
## Belfeld beneden

Belfeld beneden is na 1995 verplaatst. Net als bij Neer zijn de voorspellingen over het algemeen goed met uitzondering van de golf van januari 2001 en half februari 2002.

Belfeld Beneden (km 102.695)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	19,05	37		
Januari 1995	19,05	24		
1-2001	16,74	36	0,16	25:40
2-2001	16,92	31	0,08	23:00
1-2002	17,01	44	-0,06	37:00
2-2002	17,59	35	0,41	29:00
3-2002	16,85	41	-0,10	17:00
4-2002	17,78	29	-0,04	16:00
1-2003	18,34	26	0,06	15:00

**Tabel 8.10 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Belfeld beneden 1993-2003**  
(Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

Net als bij een aantal van de voorgaande stations is in figuur 8.10 te zien dat golf 2-2002 het lastigst te voorspellen was.



**figuur 8.10 - Officiële voorspellingen Belfeld beneden 2001-2003**

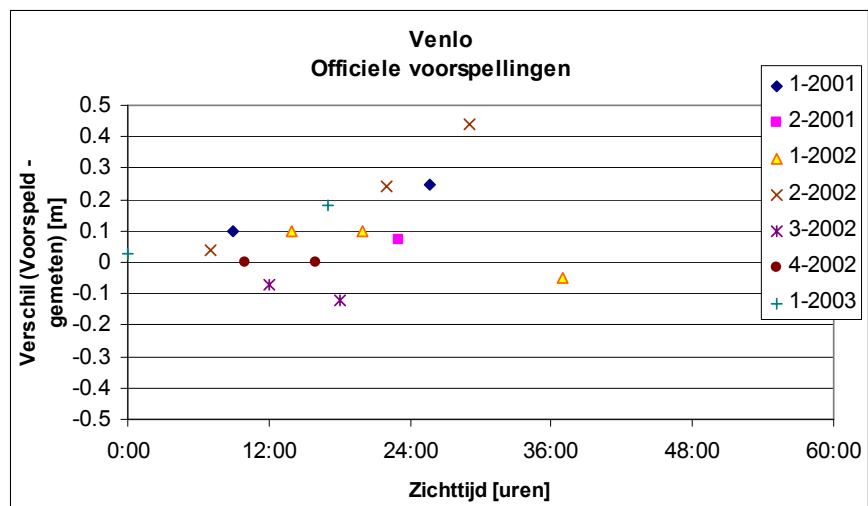
## Venlo

Bij de golf van 1995 was de locatie van het meetpunt onduidelijk. Een vergelijking met de jaren erna is dus moeilijk te maken. Net als bij Neer en Belfeld beneden zijn de voorspellingen voor dit station goed, met uitzondering van de voorspelling van januari 2001 en half februari 2002.

Venlo (km 107,47)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	18,35	37		
Januari 1995	18,46	26		
1-2001	16,35	36	0,25	25:40
2-2001	16,53	31	0,07	23:00
1-2002	16,60	44	-0,05	39:00
2-2002	17,15	35	0,44	29:00
3-2002	16,47	41	-0,12	18:00
4-2002	17,35	32	0,00	17:00
1-2003	17,82	28	0,18	17:00

Tabel 8.11 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Venlo 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

Venlo is het laatste station waar golf 2-2002 nog voor problemen zorgde in de voorspellingen. Verder stroomafwaarts zijn de relatief grote afwijkingen van de uiteindelijke opgetreden waterstand terug naar acceptabele waarden.



figuur 8.11 - Officiële voorspellingen Venlo 2001-2003

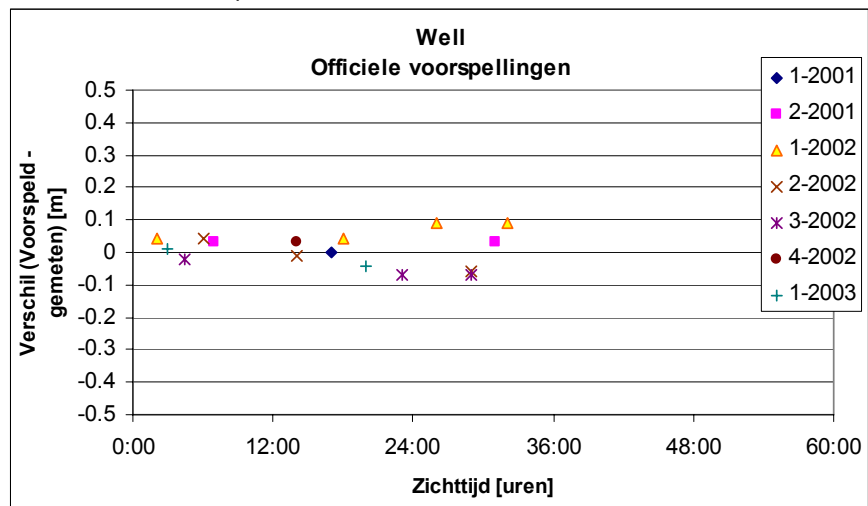
## Well

Vrijwel alle voorspellingen die gedaan zijn voor MSW station Well waren de afgelopen paar jaren binnen een marge van 10 centimeter.

Well (km 132,10 )	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	15,34	58		
Januari 1995	15,43	33		
1-2001	13,90	43	0	17:00
2-2001	14,07	39	0,03	31:00
1-2002	14,11	56	0,09	32:00
2-2002	14,46	42	-0,06	29:00
3-2002	14,07	52	-0,07	29:00
4-2002	14,62	36	0,03	14:00
1-2003	14,94	31	-0,04	20:00

Tabel 8.12 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Well 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)

Voor station Well wordt standaard binnen de marge van 10 centimeter voorspeld.



figuur 8.12 - Officiële voorspellingen Well 2001-2003

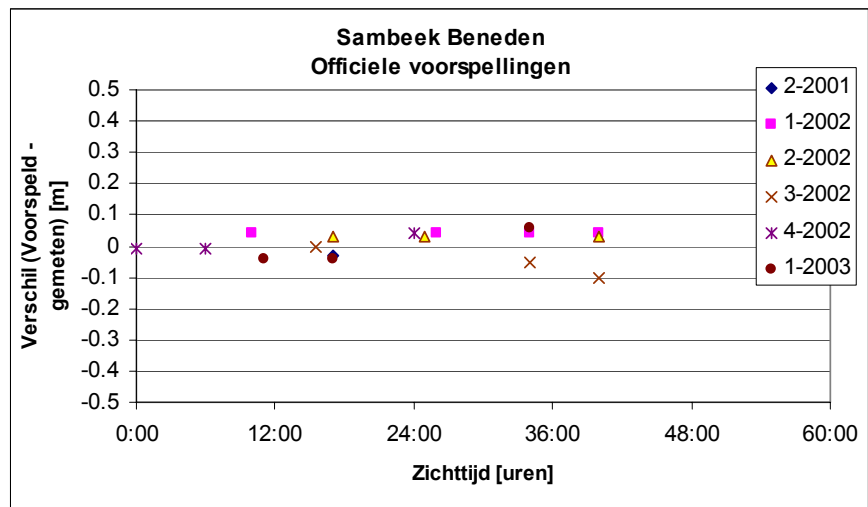
## Sambeek beneden

Net als MSW station Elsloo is het meetstation na 1995 verplaatst. Tijdens voorspellen van hoogwaters dient hiermee rekening gehouden te worden. De eerste waterstandsvoorspelling voor Sambeek beneden wordt sinds 2001 minimaal 24 uur van tevoren gedaan. De nauwkeurigheid voor dit station is bij deze zichttijden goed.

Sambeek Beneden (km 147,70)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	13,72			
Januari 1995	13,90			
1-2001	11,85	52		
2-2001	12,08	49	-0,03	17:00
1-2002	12,11	64	-0,11	57:00
2-2002	12,47	53	0,03	40:00
3-2002	12,10	63	-0,10	40:00
4-2002	12,76	46	0,04	24:00
1-2003	13,09	45	0,06	34:00

**Tabel 8.13 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Sambeek beneden 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

Voor station Sambeek beneden wordt net als station Well binnen de marge van 10 centimeter voorspeld.



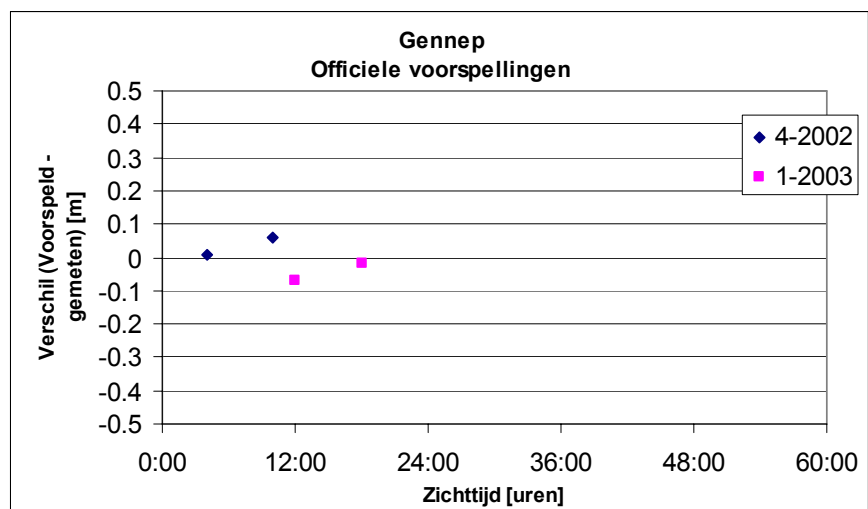
**figuur 8.13 - Officiële voorspellingen Sambeek beneden 2001-2003**

## Gennep

Dit meetstation is vrij nieuw. Sinds het hoogwater van begin maart 2002 wordt het gebruikt voor waterstandsvoorspellingen. Er is dan ook nog niet veel te zeggen over de nauwkeurigheid op dit station.

Gennep (km 155,10)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993				
Januari 1995	13,30			
1-2001	10,89	51		
2-2001	11,12			
1-2002	11,18	67		
2-2002	11,55	60		
3-2002	11,20	65		
4-2002	11,99	50	0,06	10:00
1-2003	12,32		-0,02	18:00

Tabel 8.14 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Gennep 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)



figuur 8.14 - Officiële voorspellingen Gennep 2001-2003

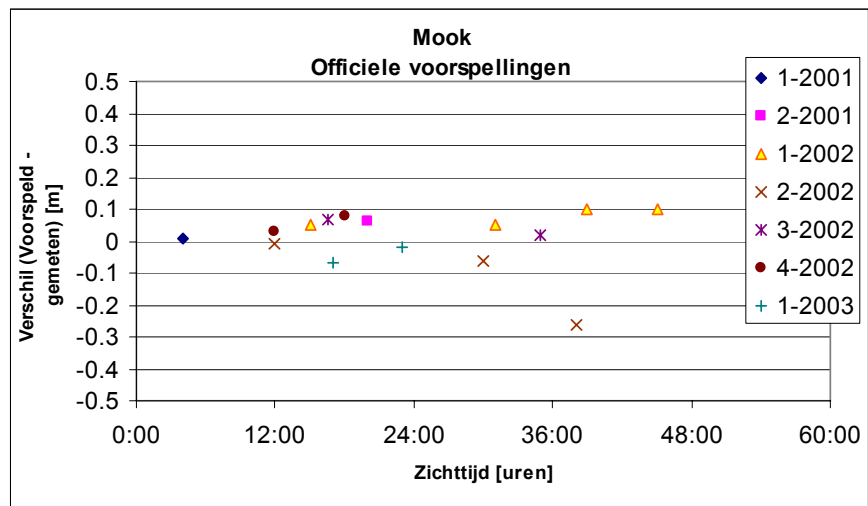


## Mook

Mook (km 165,80)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993				
Januari 1995	12,10			
1-2001	9,59	54	0,01	4:00
2-2001	9,79	52	0,06	20:00
1-2002	9,85	69	0,10	45:00
2-2002	10,16	66	-0,26	38:00
3-2002	9,88	64	0,02	35:00
4-2002	10,67	58	0,08	18:00
1-2003	11,02	51	-0,02	23:00

**Tabel 8.15 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Mook 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

Op één uitschieter na (de golf van 13 februari 2002) wordt bij dit station een goede eerste voorspelling gedaan.



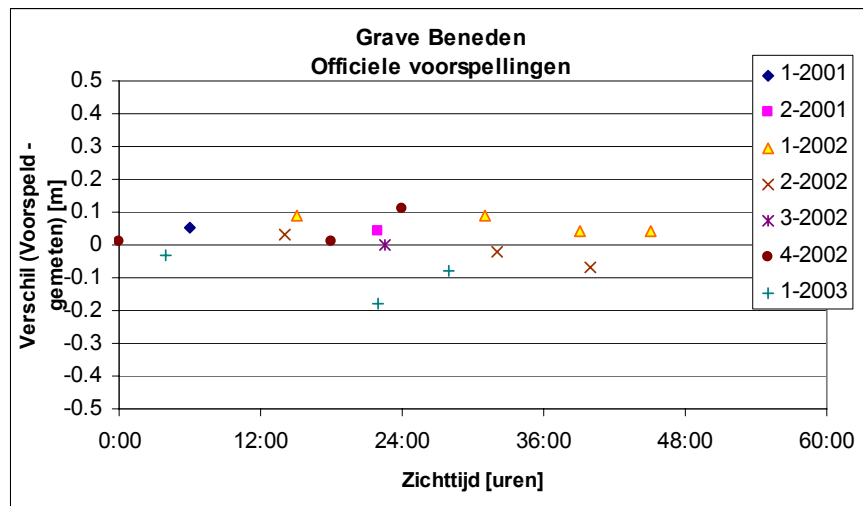
**figuur 8.15 - Officiële voorspellingen Mook 2001-2003**

## Grave beneden

Na 1995 is het meetstation Grave beneden verplaatst. Op een na zijn alle voorspellingen binnen de gestelde marge van 10 centimeter.

Grave Beneden (km 177)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	10,39	81		
Januari 1995	10,45	46		
1-2001	8,20	54	0,05	6:00
2-2001	8,36	54	0,04	22:00
1-2002	8,41	69	0,04	50:00
2-2002	8,72	68	-0,07	40:00
3-2002	8,45	70	0	23:30
4-2002	9,24	64	0,11	24:00
1-2003	9,58	56	-0,08	28:00

Tabel 8.16 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Grave beneden 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)



figuur 8.16 - Officiële voorspellingen Grave beneden 2001-2003

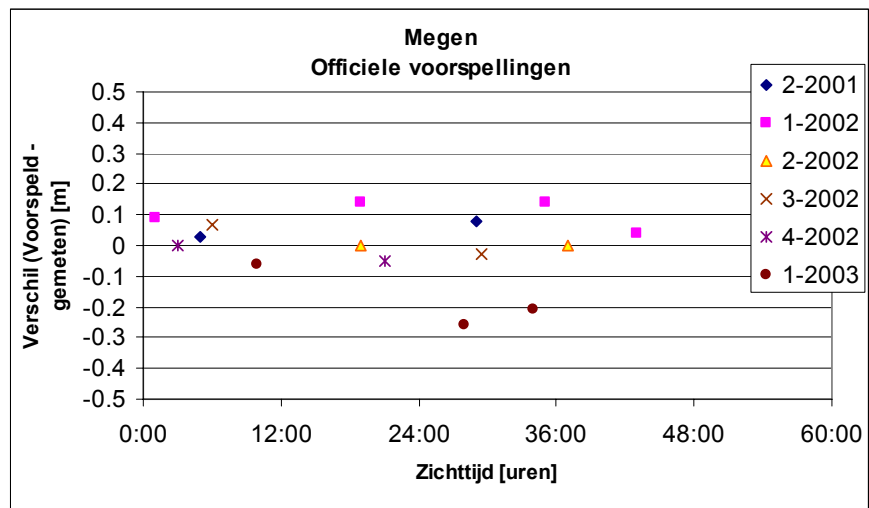
## Megen

Behalve bij de golf van januari 2003 werd voor dit station binnen de marge van 10 centimeter voorspeld.

Megen (km 190,75)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	8,30	85		
Januari 1995	8,48	49		
1-2001	6,25	59		
2-2001	6,42	61	0,08	29:00
1-2002	6,46	73	0,04	45:00
2-2002	6,75	73	0,00	37:00
3-2002	6,58	77	-0,03	29:30
4-2002	7,35	67	-0,05	21:00
1-2003	7,66	62	-0,21	34:00

**Tabel 8.17 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Megen 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

De golf 1-2003 zorgde bij station Megen nog voor problemen in de voorspellingen, aanvankelijk werd de golf onderschat.



**figuur 8.17 - Officiële voorspellingen Megen 2001-2003**

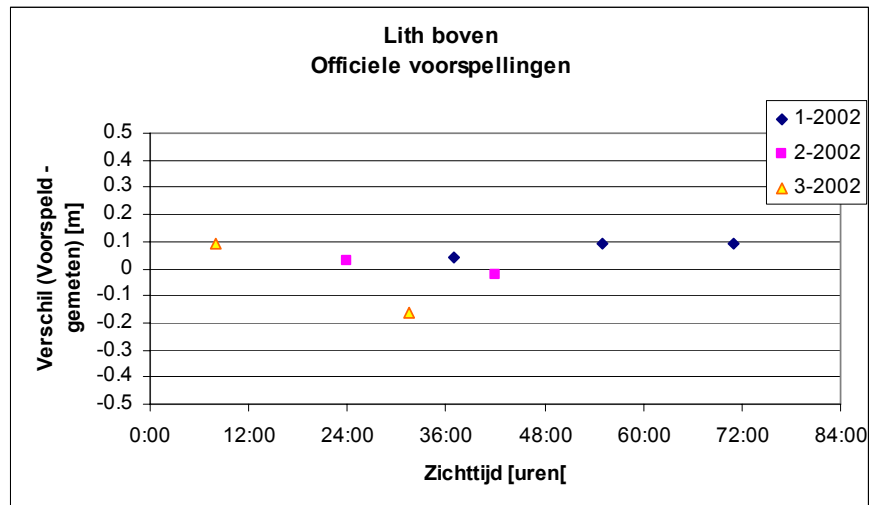
## Lith boven

De stations Lith Boven en Lith dorp zijn afwisselend gebruikt. In eerste instantie werd voor Lith –dorp voorspeld bij de hoogwaters van 2001, in 2002 werd in eerste instantie overgestapt naar Lith Boven, waarna bij de hoogwatergolf van eind februari weer voor Lith dorp werd voorspeld. Na 1995 is het station Lith boven verplaatst.

Lith boven (km 200,695)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	6,54			
Januari 1995	6,80			
1-2001	4,99	65		
2-2001	4,84			
1-2002	4,91	85	0,09	48:00
2-2002	5,12	78	-0,02	42:00
3-2002	5,06	79	-0,16	33:30
4-2002	5,68	73		
1-2003	5,98	69		

**Tabel 8.18 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Lith boven 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**

Opmerkelijke voorspelling is van de golf 1-2002, 72 uur vantevoren is de waterstand op 10 centimeter nauwkeurig voorspeld.

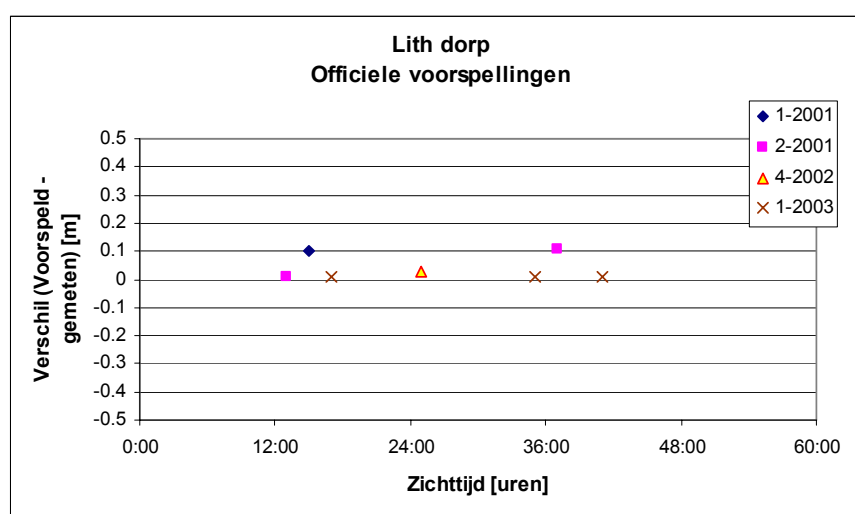


**figuur 8.18 - Officiële voorspellingen Lith boven 2001-2003**

## Lith dorp

Lith Dorp (km 202,37)	Waterstand (+m NAP)	Looptijd vanaf Borgharen-dorp (uren)	Onnauwkeurigheid 1 <sup>e</sup> voorspelling	Zichttijd 1 <sup>e</sup> voorspelling (uren)
December 1993	6,32	86		
Januari 1995	6,54	56		
1-2001	4,50	65	0,10	15:00
2-2001	4,69	69	0,11	37:00
1-2002	4,76	86		
2-2002	4,94	77		
3-2002	4,90	79		
4-2002	5,47	71	-0,02	28:00
1-2003	5,74	69	0,01	41:00

**Tabel 8.19 – Waterstand, looptijd en zichttijd 1<sup>e</sup> voorspelling te Lith dorp 1993-2003 (Bron: Tabel historische waterstanden op de Maas, interne publicatie RWS-DLB)**



**figuur 8.19 - Officiële voorspellingen Lith dorp 2001-2003**

## Bijlage D: Bewijs normale verdeling

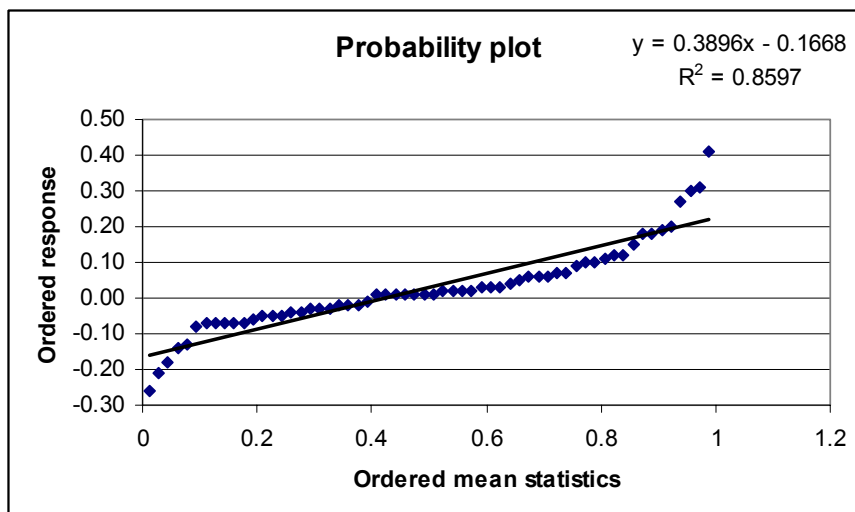
Om te onderzoeken of de data (verschillen tussen voorspelde en gemeten waterstand) normaal verdeeld zijn worden deze in een probability plot uitgezet. De data wordt gerangschikt van kleine naar grote waarden. Op de x-as komen de gerangschikte statistische verschillen. Deze worden als volgt bepaald:

$$m(i) = 1 - m(n) \text{ for } i=1$$

$$m(i) = (i - 0.3175)/(n + 0.365) \text{ for } i=2,3,\dots,n-1$$

$$m(i) = 0.5^{(1/n)} \text{ for } i=n$$

Als de datapunten op een rechte lijn liggen is dat een indicatie voor een normale verdeling. Zoals te zien is in figuur 8.20, is dit niet het geval. De figuur toont zogeheten 'lange staarten'. Dit betekent dat de normale verdeling niet opgaat.



figuur 8.20 - Probability plot

De Regressiecoëfficiënt is 0.9272. Dat ligt ver onder de kritieke waarde van 0.9797 (N=60,  $\alpha=0.05$ , Filiben en Devaney).

---

## Bijlage E: Enquête

---

Onderstaande contactgegevens worden gebruikt om onderscheid te kunnen maken tussen verschillende typen organisatie en de locatie langs de Maas. Tevens zullen ze gebruikt worden als retouradres indien u aangeeft een verslag van de resultaten van de enquête te willen.

Contactgegevens:

Uw naam:

.....  
.....

Organisatie:

.....  
.....

Postcode +

Plaats:.....  
.....

Functie:

.....  
.....

Telefoonnummer:.....  
.....

E-

mail:.....  
.....

Hoe waardeert u de waterstandsvoorspellingen die u krijgt van RWS tijdens hoogwater in het algemeen op een schaal van 1-5<sup>9</sup>? 1 2 3 4 5

Welke van de volgende berichtgevingen ontvangt u:

	Ja/Ne e	Waardering (1-5)	Eventuele op- of aanmerkingen
Attendering	Ja/Ne	1 2 3 4	

---

<sup>9</sup> Bij een waardering van 1-5 dan betekent 1 dat u iets slecht waardeert, 2 is onvoldoende, 3 is neutraal, 4 is goed en 5 is erg goed.

	e	5	
Voorwaarschuwing I	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Voorwaarschuwing II	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Alarmering	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Hoogwaterberichtgeving	Ja/Nee	1 2 3 4 5	

Via welke media krijgt u de hoogwatervoorspellingen aangeleverd? (diverse antwoorden mogelijk, omcirkel uw keuze)

	Ja/Nee	Waardering	Eventuele op- of aanmerkingen
Fax	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Telefoon	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
E-mail	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Teletekst	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Internet	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Lokale krant	Ja/Nee	1 2 3 4 5	
Lokale tv	Ja/Nee	1 2 3 4 5	

Als u er een uit kan kiezen, welk van bovenstaande mediatypes heeft dan u voorkeur?

Fax / Telefoon / E-mail / Teletekst /  
Internet / Lokale krant / Lokale tv



---

Heeft u nog voorkeur voor een ander mediatype dat hier niet genoemd wordt? Ja/Nee

Indien ja, welke en waarom?

.....  
.....  
.....  
.....

Bent u bekend met de MSW<sup>10</sup>-klanten versie? Ja/Nee

Indien Ja, op welke manier?

.....  
.....

Houdt u in de winter zelf al de waterstanden van de Maas in de gaten of wacht u op de waarschuwingen van Rijkswaterstaat?

.....  
.....

Indien u zelf de waterstanden in de gaten houdt, welk(e) mediatype(n) gebruikt u hiervoor?

.....  
.....

Heeft u een draaiboek klaarliggen, waarin staat wat er allemaal moet gebeuren tijdens een hoogwater? Ja/Nee

Wat is de tijd die u nodig heeft om uw organisatie paraat te hebben voor een hoogwater?

.....  
.....

Kunt u hier een korte toelichting bij geven?

.....  
.....

---

<sup>10</sup> Monitoring Systeem Water

---

.....  
.....

.....  
.....

Vind u dat de berichtgeving vanuit Rijkswaterstaat op tijd in gang gezet wordt? Ja/nee

Indien Nee, vindt u dat het te vroeg in gang gezet wordt? Of juist te laat?

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

Hoe lang voordat de top van de golf bij u komt wordt u over het algemeen gewaarschuwd (in uren)?

..... uur (Indien u dit niet precies weet, is een schatting voldoende)

Indien u een voorspelling kunt krijgen met een langere zichttijd, maar een bepaalde onnauwkeurigheidsmarge, wilt u dit dan? Ja/Nee

Begrijpt u dat Rijkswaterstaat niet altijd in staat is de waterstanden nauwkeurig en tijdig te voorspellen? Ja/Nee

Is er bij u of uw instantie voldoende kennis van de wijze waarop Rijkswaterstaat de waterstanden voor uw gebied voorspelt? Ja/ Nee

Heeft u specifieke wensen met betrekking tot de hoogwatervoorspellingen? Zou u bijvoorbeeld graag iets veranderd willen zien?

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

Hoe waardeert u de volgende aspecten van de hoogwatervoorspellingen van Rijkswaterstaat, directie Limburg?

		Waardering 1-5	Eventuele op- of aanmerkingen
Frequentie (3 maal per dag)		1 2 3 4 5	
Tijdstip	11.00	1 2 3 4 5	
	17.00	1 2 3 4 5	
	23.00	1 2 3 4 5	
Nauwkeurigheid		1 2 3 4 5	

Als u mocht kiezen, welk(e) tijdstip(pen) zou u dan een hoogwaterbericht willen ontvangen?

7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19  
20 21 22 23 24 1

Controleert u zelf de nauwkeurigheid van de voorspellingen? Ja/Nee

Indien ja, op welke manier controleert u deze?

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

Heeft u hier nog specifieke opmerkingen over?

.....  
.....

---

.....  
.....

.....  
.....

Heeft u nog andere op of aanmerkingen met betrekking tot de hoogwatervoorspellingen door Rijkswaterstaat, directie Limburg die volgens u niet naar voren zijn gekomen in deze enquête?

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

Wenst u een verslag van de resultaten van de enquête?  
Ja/Nee

Bedankt voor het invullen!

---

## Bijlage F: Verklarende Woordenlijst

---

Betrekkinglijn	De relatie tussen de waterstand op een punt van de rivier en die van een ander punt op de rivier aangeduid.
Betrouwbaarheidsinterval	De waarschijnlijkheid waarmee een getal in een bepaald interval ligt
Debiet	De afvoer van een rivier, meestal uitgedrukt in $m^3/s$
Gehomogeniseerde afvoer	Om historische afvoeren te kunnen vergelijken met de huidige situatie dient er een aanpassing plaats te vinden, deze aangepaste afvoer wordt gehomogeniseerd genoemd.
Hoogwater	In de Maas geldt dat er gesproken wordt van een hoogwater indien het debiet te Borgharendorp groter is als $1500 m^3/s$
Mediaan	Middelste cijfer van een getallenreeks
Standaarddeviatie	Afwijking van het gemiddelde
Verhang	Het verval van de rivierbodem uitgedrukt in m/m
Voortplantingsnelheid	De snelheid waarmee de top van de hoogwatergolf zich verplaatst
Zichttijd	De tijd waarmee vantevoren voorspeld wordt (Tijdstip voorspelling - tijdstip 1 <sup>e</sup> maal optreden top)