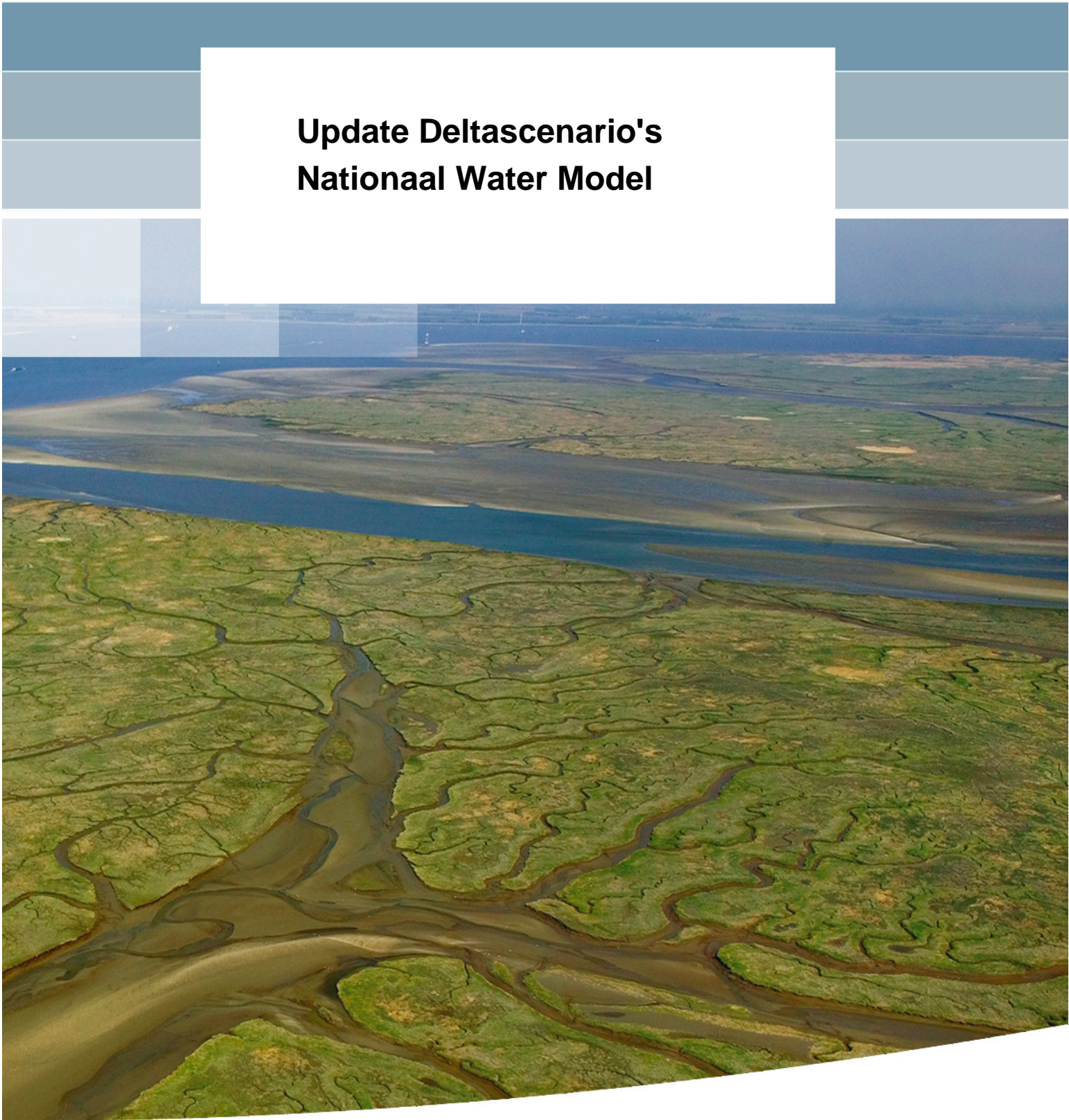


**Update Deltascenario's  
Nationaal Water Model**





# **Update Deltascenario's Nationaal Water Model**

Joachim Hunink  
Mark Hegnauer

1220056-000



## Titel

Update Deltascenario's Nationaal Water Model

## Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

## Project

1220056-000

## Kenmerk

1220056-000-ZWS-0015

## Pagina's


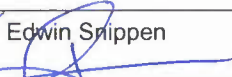

32

## Trefwoorden

Knmi'14 klimaatscenario's, Nationaal Water Model, Zoetwater, Veiligheid

## Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de aanpassingen van de modelinvoer van het LHM naar aanleiding van het beschikbaar komen van de nieuwe KNMI'14 scenario's. Dit rapport is voor Zoetwater een update van de eerdere verschenen rapportages die de vertaling van de Deltascenario's naar modelinvoer beschrijft (Hunink *et al*, 2013). Voor Veiligheid is dit rapport vervanging van onderdelen die betrekking hebben op de KNMI'14 scenario's (zeespiegel en werklijn) uit het rapport Hydraulische Modellen Schematisaties Veiligheidsanalyse (Van Walsem, 2013).

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	aug. 2015	Joachim Hunink		Frederiek Sperna Weiland		Gerard Blom	
		Mark Hegnauer					
1.1	Nov. 2015	Mark Hegnauer Joachim Hunink		Edwin Srijnen		Gerard Blom	

## Status

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Toekomstscenario's</b>	<b>3</b>
2.1 Deltascenario's en KNMI'06	3
2.2 KNMI'14 scenario's	4
2.3 Implementatie toekomstscenario's voor NMW met LHM	5
<b>3 Aanpassingen modelinvoer voor zoetwater</b>	<b>9</b>
3.1 Klimaat	9
3.1.1 Neerslag verdamping	9
3.1.2 Zeespiegelstijging	9
3.1.3 Rivieraafvoeren	10
3.1.4 Interne verzilting	18
3.1.5 Externe verzilting	18
3.1.6 Peilen hoofdwatersysteem	19
3.2 Socio-economische ontwikkelingen	19
3.2.1 Landgebruik en verhardingskaart	19
3.2.2 Bodemdaling	20
3.2.3 Onttrekkingen oppervlaktewater	20
3.2.4 Onttrekkingen grondwater	20
3.3 Effectmodules	20
3.3.1 Agricom	20
<b>4 Aanpassingen modelinvoer Veiligheid</b>	<b>21</b>
4.1 Zeespiegelstijging	21
4.2 Afvoerstatistiek Lobith en Borgharen	21
4.2.1 Doorvertaling afvoerstatistiek Lobith naar Olst	22
4.2.2 Doorvertaling afvoerstatistiek Borgharen naar Lith	22
4.2.3 Overzicht te hanteren afvoerstatistiek	22
<b>5 Samenvatting uitgangspunten en opgeleverde bestanden</b>	<b>23</b>
5.1 LHM	27
5.2 NDB/LSM	27
5.3 FEWS	27
<b>6 Slotopmerkingen</b>	<b>29</b>
<b>7 Literatuur</b>	<b>31</b>





## 1 Inleiding

Om beleidsbeslissingen in het Deltaprogramma te ondersteunen is in de periode 2012-2014 het Deltamodel ontwikkeld. In het Deltamodel zijn verschillende modeltreinen aan elkaar gekoppeld waarbij randvoorwaarden, invoer en rekensoftware op elkaar zijn afgestemd tot een samenhangend geheel (Ruijgh, 2013). Het Deltamodel is onder andere gebruikt binnen het Deelprogramma Zoetwater voor het berekenen van de mogelijke toekomstige knelpunten in de waterbeschikbaarheid voor de verschillende Deltascenario's. Ook zijn de effecten van maatregelen voor de komende eeuw doorgerekend (Maat et al, 2014). Voor deze analyses is gebruik gemaakt van het LHM (het Landelijk Hydrologisch Model, zie voor achtergrond documentatie <http://nhi.nu/nl/documentatie/>) en zijn de verhaallijnen en de bestanden van de Deltascenario's in 2013 vertaald naar modelinvoer voor het LHM.

Nu de Deltabeslissingen zijn afgerond wordt het Deltamodel verder ontwikkeld en geschikt gemaakt voor een bredere toepassing onder de naam Nationaal Water Model (NWM). Het KNMI heeft in 2014 nieuwe klimaatscenario's opgeleverd (KNMI, 2014). Deze klimaatscenario's beschrijven de potentiële klimaatverandering in Nederland en in het stroomgebied van de Rijn en de Maas. Onderdeel van de werkzaamheden is het verder integreren van de verschillende rekenmodules in het NWM en het standaardiseren van de datastromen en test- en validatieprocedures. De KNMI'14 scenario's verschillen significant van de KNMI'06 scenario's.

Het Nationaal Water Model bestaat voor Zoetwater onder andere uit modellen voor simulatie van het hoofdwatersysteem en het regionale grond- en oppervlaktewater. Een belangrijke rekenmodule is het Landelijk Hydrologisch Model (NHI, 2015). Hieronder valt ook het Landelijk Sobek Model.

Voor het onderdeel Veiligheid bestaat het Nationaal Water onder andere uit modellen voor simulatie voor hoogwaterberekeningen. Belangrijke rekenmodules zijn Waqua, Sobek en HydraZoet.

Deze rapportage beschrijft de aanpassingen van de modelinvoer van het LHM naar aanleiding van het beschikbaar komen van de nieuwe KNMI'14 scenario's. Dit rapport is voor Zoetwater een update van de eerdere verschenen rapportages die de vertaling van de Deltascenario's naar modelinvoer beschrijft (Hunink *et al*, 2013). Voor Veiligheid is dit rapport vervanging van onderdelen die betrekking hebben op de KNMI'14 scenario's (zeespiegel en werkklijn) uit het rapport Hydraulische Modellen Schematisaties Veiligheidsanalyse (Van Walsem, 2013).

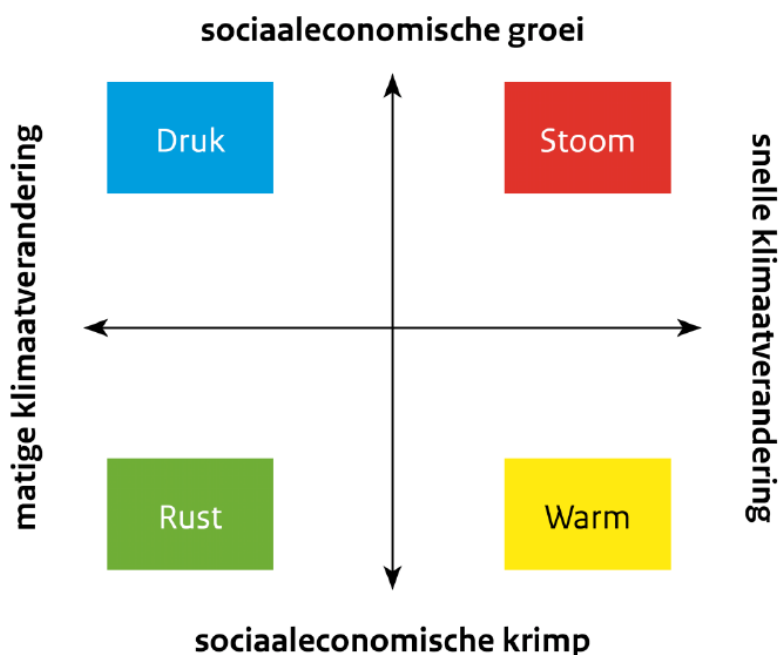


## 2 Toekomstscenario's

### 2.1 Deltascenario's en KNMI'06

De Deltascenario's zijn gedefinieerd door de Werkgroep Deltascenario's van het Deltaprogramma. Hier zijn vier mogelijke toekomstbeelden uit ontstaan: Druk, Stoom, Rust en Warm (Bruggeman et al., 2012). De toekomstbeelden geven niet alleen een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysische en sociaaleconomische omgevingsfactoren, maar ze tonen ook de mogelijke verschuivingen in het gebruik van ruimte, land en water vanwege de verwachte schaarste aan grondstoffen. De Deltascenario's zijn nadrukkelijk geen voorspellingen en evenmin streefbeelden. Ze zijn bovendien 'beleidsarm', dat wil zeggen: ze laten mogelijke toekomstbeelden zien, zonder invloed van wijzigingen in het waterbeleid.

De scenario's geven kwalitatieve en kwantitatieve informatie over klimaat, watersystemen, watergebruik en landgebruik. De kwalitatieve informatie bestaat uit verhaallijnen en landkaarten. Deze beschrijven de achtergronden en brengen de samenhang in beeld. De kwantitatieve gegevens zijn weergegeven in de vorm van kentallen. Een schematische weergave van de 4 scenario's is weergegeven in Figuur 2.1. Elk scenario is gedefinieerd voor twee zichtjaren: 2050 en 2100.



Figuur 2.1 Uitgangspunten Deltascenario's

In Figuur 2.2 is een korte beschrijving van de Deltascenario's weergegeven. Een uitgebreide omschrijving van de verhaallijnen van de Deltascenario's is te lezen in het eindrapport en de verhaallijnen van de Deltascenario's 2012 (Bruggeman et al., 2012).

DRUK	STOOM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoge mondiale economische groei</li> <li>• Snelle mondiale energietransitie</li> <li>• Kleine mondiale klimaatverandering</li> <li>• Hogere nationale economische groei</li> <li>• Minder kleine klimaatverandering in NL</li> <li>• Sterke, compacte verstedelijking in hoge dichtheden</li> <li>• Meer intensivering en verbreding van landbouw</li> <li>• Meer grootschalige natuurgebieden</li> <li>• Meer (innovaties in) binnenscheepvaart</li> <li>• Meer elektriciteitscentrales; later transitie naar hernieuwbare energie</li> <li>• Eerst toename van vraag naar drink- en proceswater, later daling door innovaties</li> <li>• Grotere opgaven voor waterveiligheid</li> <li>• Grotere opgaven voor zoetwatervoorziening</li> <li>• Rivierafvoeren variëren niet veel meer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoge mondiale economische groei</li> <li>• Late en beperkte mondiale energietransitie</li> <li>• Grote mondiale klimaatverandering</li> <li>• Hogere nationale economische groei</li> <li>• Grotere klimaatverandering in NL</li> <li>• Sterke, verspreide verstedelijking in lage dichtheden</li> <li>• Meer intensivering en schaalvergroting van landbouw</li> <li>• Bebouwing in bestaande natuurgebieden</li> <li>• Meer en grootschaliger binnenscheepvaart</li> <li>• Veel meer elektriciteitscentrales; later meer hernieuwbare energie</li> <li>• Sterke stijging van vraag naar drink- en proceswater</li> <li>• Veel grotere opgaven voor waterveiligheid</li> <li>• Veel grotere opgaven voor zoetwatervoorziening</li> <li>• Rivierafvoeren variëren veel meer</li> </ul>
RUST	WARM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage mondiale economische groei</li> <li>• Late mondiale energietransitie</li> <li>• Kleine mondiale klimaatverandering</li> <li>• Lagere nationale economische groei</li> <li>• Minder kleine klimaatverandering in NL</li> <li>• Beperkte, compacte verstedelijking; later krimp</li> <li>• Meer regionale en verbrede landbouw en meer schaalvergroting</li> <li>• Meer natuur voor ecosysteemdiensten</li> <li>• Meer (innovaties in) binnenscheepvaart</li> <li>• Enkele nieuwe elektriciteitscentrales; later transitie naar hernieuwbare energie</li> <li>• Minder vraag naar drink- en proceswater</li> <li>• Kleinere opgaven voor waterveiligheid</li> <li>• Kleinere opgaven voor zoetwatervoorziening</li> <li>• Rivierafvoeren variëren niet veel sterker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage mondiale economische groei</li> <li>• Geen mondiale energietransitie</li> <li>• Grote mondiale klimaatverandering</li> <li>• Lagere nationale economische groei</li> <li>• Grotere klimaatverandering in NL</li> <li>• Beperkte, verspreide verstedelijking; later krimp</li> <li>• Meer regionale en extensieve landbouw</li> <li>• Meer natuurgebieden rond steden</li> <li>• Veel minder binnenscheepvaart</li> <li>• Enkele nieuwe elektriciteitscentrales; veel later meer hernieuwbare energie</li> <li>• Stijgende vraag naar drinkwater, later stabilisatie</li> <li>• Iets grotere opgaven voor waterveiligheid</li> <li>• Grotere opgaven voor zoetwatervoorziening</li> <li>• Rivierafvoeren variëren veel meer</li> </ul>

Figuur 2.2 Beschrijving Deltascenario's

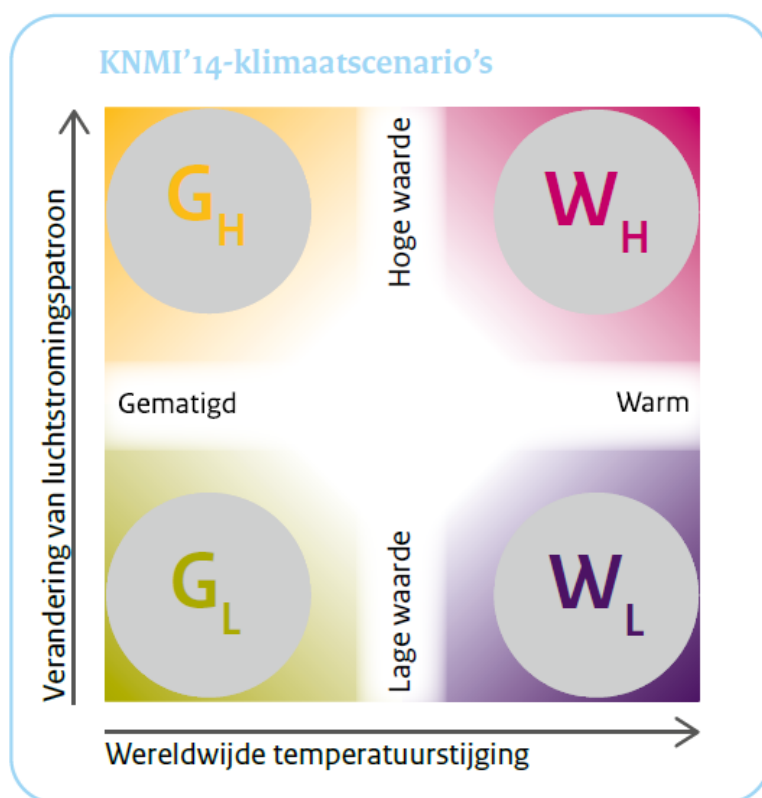
## 2.2 KNMI'14 scenario's

In het NWM wordt gewerkt met de nieuwe klimaatscenario's van het KNMI (2014). Net als in de KNMI'06 scenario's bevatten deze KNMI'14 scenario's vier scenario's voor de toekomstige klimaatverandering. KNMI'06 onderscheidt de scenario's G, G+, W en W+. In KNMI'14 worden deze scenario's vervangen door respectievelijk G<sub>L</sub>, G<sub>H</sub>, W<sub>L</sub> en W<sub>H</sub> (zie Figuur 2.3). De KNMI'14 scenario's beschrijven een minder sterke opwarming en uitdroging in de zomer en een hogere zeespiegelstijging voor 2050 en 2085 ten opzichte van de KNMI'06 scenario's (KNMI, 2014). De KNMI'14 scenario's beschrijven de klimaatverandering voor de zichtjaren 2050 en 2085, terwijl de KNMI'06 scenario's de klimaatverandering voor de zichtjaren 2050 en 2100 beschrijven. De consequentie is dat er goed moet worden nagedacht over hoe de resultaten onderling kunnen worden vergeleken, want dat is niet 1 op 1 mogelijk.

Daarnaast is ook de basisperiode voor het klimaat verschoven in de KNMI'14 scenario. Daar waar de basisperiode in de Deltascenario's van 1961-1995 liep, loopt de basisperiode voor de KNMI'14 scenario's van 1981-2010 (KNMI, 2014). Enkele jaren (waaronder het zeer droge jaar 1976) kunnen hierdoor niet onderling worden vergeleken.

Voor de Rijn bij Lobith en de Maas bij Borgharen/Monsin<sup>1</sup> worden de afvoeren bepaald met behulp van GRADE (Hegnauer et al., 2014). Hiervoor heeft KNMI ook klimaatscenario's ontwikkeld voor het Rijn en Maas stroomgebied. Voor beide stroomgebieden bleek echter een extra scenario nodig om de hoekpunten van de scenario's goed op te kunnen spannen conform de bandbreedte van de ICCP-CMIP5 scenario's. Hierdoor zijn twee varianten voor het  $W_H$  scenario gemaakt, het  $W_H$  en het  $W_{Hdry}$  scenario. Het  $W_H$  scenario wordt gebruikt voor de "natte" toepassingen binnen het NWM (lees Veiligheid) en het  $W_{Hdry}$  scenario wordt toegepast binnen Zoetwater ("droge" toepassing).

In dit rapport zullen we in alle gevallen  $W_H$  hanteren als naam voor het 4<sup>e</sup> scenario. Voor Veiligheid klopt dit ook met de daadwerkelijk onderliggende scenario's, voor Zoetwater dient de lezer zich ervan bewust te zijn dat voor de afvoerscenario's voor Rijn en Maas feitelijk gebruik is gemaakt van het  $W_{Hdry}$  scenario.



Figuur 2.3 Uitgangspunten KNMI'14 scenario's (bron: KNMI 2014)

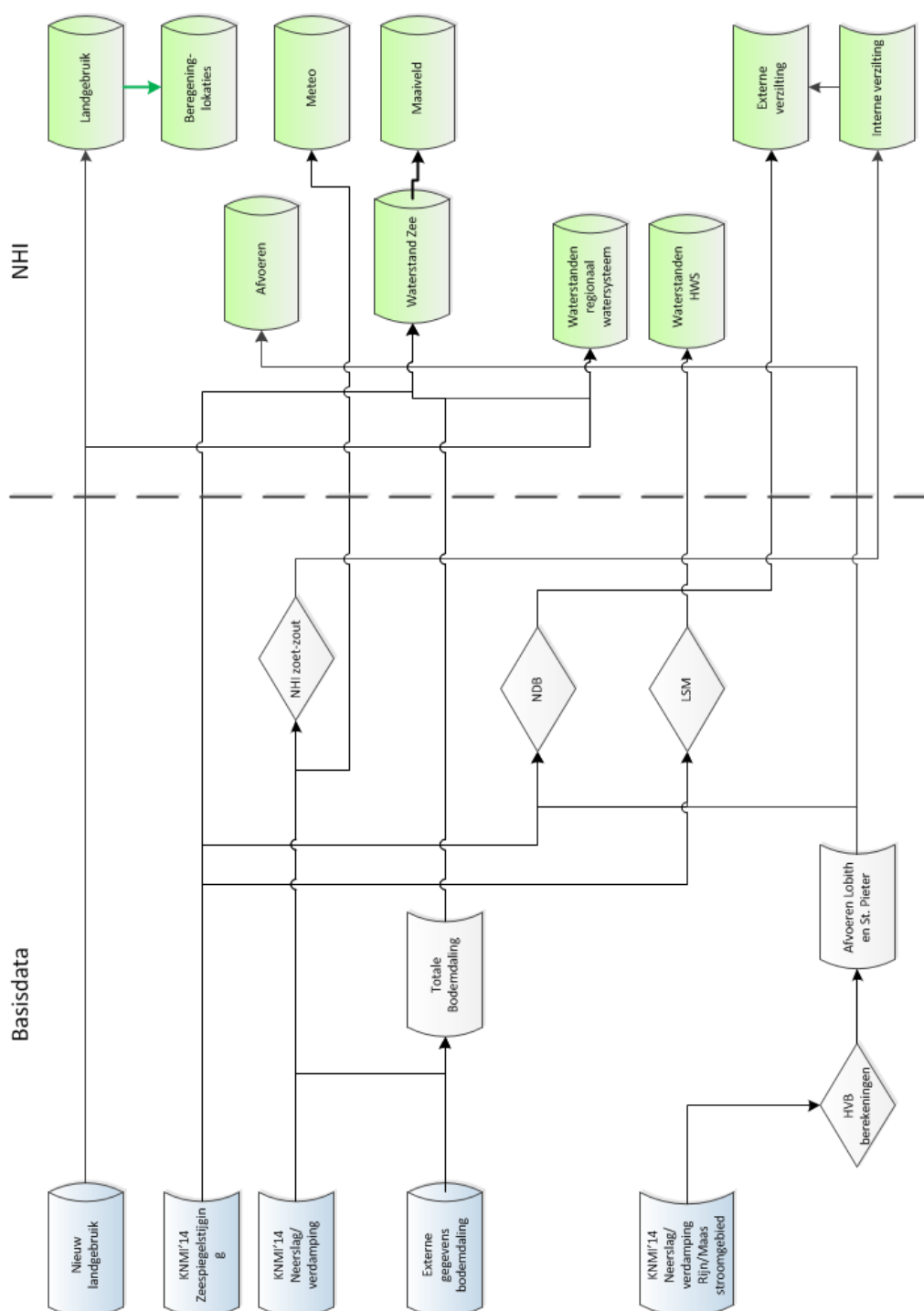
## 2.3 Implementatie toekomstscenario's voor NMW met LHM

Een belangrijk onderdeel van het NWM is het LHM. Met dit modelinstrument worden het hoofdwatersysteem en het regionale grond- en oppervlaktewater gesimuleerd. Het LHM wordt gevoed vanuit verschillende databronnen (invoerbestanden).

<sup>1</sup> In de uitvoer uit GRADE is geen verschil tussen Borgharen en Monsin. De resultaten van GRADE bij Borgharen kunnen dus 1 op 1 worden toegepast voor de afvoer bij Monsin.

Verschillende LHM-invoerbestanden, zoals maaiveldhoogte en verzilting, zijn voor het modelleren van toekomstscenario's afhankelijk van aanvullende berekeningen en iteraties met het LHM waarmee de huidige situatie vertaald wordt naar toekomstige situatie. Het implementeren van toekomstscenario's verloopt daardoor volgens bepaalde afhankelijkheden. Een schematische weergave hiervan is weergegeven in onderstaand figuur (Figuur 2.4).

De aanvullende berekeningen voor het aanmaken van invoerbestanden ten behoeve van toekomstscenario-berekeningen met LHM is momenteel nog niet geïntegreerd in het NWM. Dit vergt in de huidige situatie veel pre-processing werk, wat zowel kosten als een vertraging van de NWM berekeningen oplevert. Dit zal bij elke wijziging in randvoorwaarden moeten plaatsvinden. In onderstaand figuur zijn de data-afhankelijkheden die bij de implementatie van de toekomstscenario's een rol spelen bij het LHM schematische weergegeven. De zwarte verticale lijn geeft aan waar de grens ligt tussen de basisdata en de modelinvoerbestanden van het LHM.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de data-afhankelijkheden bij de implementatie van de toekomstscenario's in het LHM. De datastromen beschreven door groene lijnen worden dit jaar meegenomen bij het voorbereiden van de invoerbestanden van het LHM voor het NWM





### 3 Aanpassingen modelinvoer voor zoetwater

#### 3.1 Klimaat

##### 3.1.1 Neerslag verdamping

Het KNMI heeft voor de vier nieuwe klimaatscenario's grid-bestanden op dagbasis aangemaakt voor de neerslag en de potentiële Makkink verdamping voor de periode 1-1-1981 t/m 31-12-2010, zichtjaren 2050 en 2085 voor Nederland. Deze data is te downloaden op het KNMI DataCentrum met de zoekterm KNMI14 (<https://data.knmi.nl/portal/KNMI-DataCentre.html#term=KNMI14>). De klimaatscenario's voor het zichtjaar 2050 en 2085 beschrijven respectievelijk het klimaat in de 30-jarige perioden 2035-2064 en 2070-2099.

##### 3.1.2 Zeespiegelstijging

In onderstaande tabel is de zeespiegelstijging beschreven voor de vier klimaatscenario's en de twee zichtjaren. De KNMI'14 scenario's beschrijven per scenario een bandbreedte in plaats van een vaste waarde. Voor de inpassing van de klimaatscenario's in het LHM is uitgegaan van vergelijkbare principes als bij de Deltascenario's 2012. Voor de G scenario's wordt gebruik gemaakt van de onderkant van de bandbreedte (15 cmNAP en 25 cmNAP), voor de W scenario's wordt gebruikt gemaakt van de bovenkant van de bandbreedte (40 cm NAP en 80 cm NAP).

Tabel 3.1 Zeespiegelstijging in de KNMI'14 scenario's (KNMI, 2014). De scenario's GH en WL worden binnen het NWM niet gebruikt

Scenario	Veiligheid	Zoetwater
Basisperiode	Slotgemiddelde 1991 <sup>2</sup>	1980-2006 <sup>3</sup>
Referentie (2015)	+ 4 cm (of 7 cm +NAP)	-
2050 G <sub>L</sub>	+ 15 cm (of 18 cm +NAP)	+ 15 cm (of 18 cm +NAP)
2085 G <sub>L</sub>	+ 25 cm (of 28 cm +NAP)	+ 25 cm (of 28 cm +NAP)
2050 W <sub>H</sub>	+ 40 cm (of 43 cm +NAP)	+ 40 cm (of 43 cm +NAP)
2085 W <sub>H</sub>	+ 80 cm (of 83 cm +NAP)	+ 80 cm (of 83 cm +NAP)

De zeespiegel is in meerdere onderdelen van het NWM gedefinieerd:

- LHM MODFLOW GHB package
- LHM MODFLOW RIV package
- NDB randvoorwaarde
- LSM randvoorwaarde

<sup>2</sup> In het Nationaal Water Model wordt uitgegaan van een getijreeks uit 1991. Dit is een verschuiving van 4 jaar ten opzichte van het zwaartepunt van de referentie periode (1995). Er kan worden gekozen hiervoor nog extra te corrigeren met 0,8 cm (= 4 \* 0,2 cm/jaar). Echter, gezien het zeer kleine verschil stellen we voor dit niet te doen, zodat de getallen herkenbaar en traceerbaar zijn. Voor onderlinge vergelijkbaarheid tussen referentie en scenario's heeft deze keuze geen effect. Er is geen correctie gedaan naar aanleiding van de NAP-correctie die is uitgevoerd in 1995, omdat deze correctie van toepassing is op het gehele NAP referentieveld.

<sup>3</sup> Voor de KNMI14 scenario's in NL zijn neerslag, temperatuur en verdampingsgrids afgeleid voor de periode 1980-2010. De afvoerrekenen worden voor Lobith en Monsin zijn bepaald met GRADE op basis van een dataset (HYRAS) voor de neerslag en temperatuur in het Rijn stroomgebied. Deze dataset is opgebouwd uit meetreeksen van vele meteorologische stations in Duitsland en omliggende landen over de periode van 1951-2006.

## GHB:

De grid bestanden waarin het peil van de GHB package voor modellaag 2 is beschreven is aangepast naar de nieuwe gemiddelde zeespiegel in NAP. Hiervoor is per scenario het volgende bestand opgeleverd.

*GHB stage modellaag 2: GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*

## Peil hoofdwatersysteem RIV package MODFLOW

In deze bestanden is de zeespiegelstijging verwerkt in de Oosterschelde en Westerschelde. Aangezien deze aanpassingen in dezelfde bestanden worden verwerkt als de MODFLOW peilen van het hoofdwatersysteem, worden hier geen aparte bestanden voor opgeleverd maar gecombineerd met de bestanden in paragraaf 3.1.6.

De vertaling van de zeespiegelstijging in de modellen NDB en LSM wordt besproken in paragraaf 3.1.3.

### 3.1.3 Rivierafvoeren

Voor NWM zijn de KNMI'14 scenario's vertaald naar invoer voor LHM en LSM. Invoergegevens zijn afkomstig van hydrologische modelberekeningen met het HBV model voor Rijn en Maas. De HBV resultaten zijn beschikbaar voor de referentiesituatie (huidig), en voor de 4 klimaatscenario's ( $G_L$ ,  $G_H$ ,  $W_L$ ,  $W_H$ ) voor 2 zichtjaren 2050 en 2085. De rivierafvoeren voor LHM en de invoer LSM is dus beschikbaar voor alle 4 de klimaatscenario's en de twee zichtjaren. Binnen het NWM wordt in lijn met het Deltaprogramma alleen gebruik gemaakt van de KNMI14 scenario's  $G_L$  en  $W_H$ . Hierbij wordt opgemerkt dat voor scenario  $W_H$  er 2 sets berekeningen met HBV gemaakt zijn, met label  $W_H$  en label  $W_{Hdry}$ . Voor droogte-toepassingen (DPZW) nemen we de series met label  $W_{Hdry}$ .

Voor de referentiesituatie wijken de HBV resultaten (uiteraard) af van de historische metingen. In NWM is ervoor gekozen om, anders dan eerder voor het Deltaprogramma, hier geen correctie voor te doen en ook de afvoeren voor de scenario's niet te corrigeren. Dat betekent dat gebruik wordt gemaakt van ongecorrigeerde berekeningsresultaten van HBV, en dat de referentiesituatie met referentie-afvoeren voor Rijn en Maas berekend met HBV afwijkt van de historische situatie. De verschillen die zo tussen de referentie situatie en de scenario's gevonden worden zijn hierdoor alleen het gevolg van berekende klimaatverandering en niet van een mogelijke afwijking tussen historische HBV resultaten en observaties. Als een vergelijking met de historische situatie gewenst is (bv. voor de KRW toepassing) dan is een extra som met de historische Rijn- en Maasafvoeren nodig.

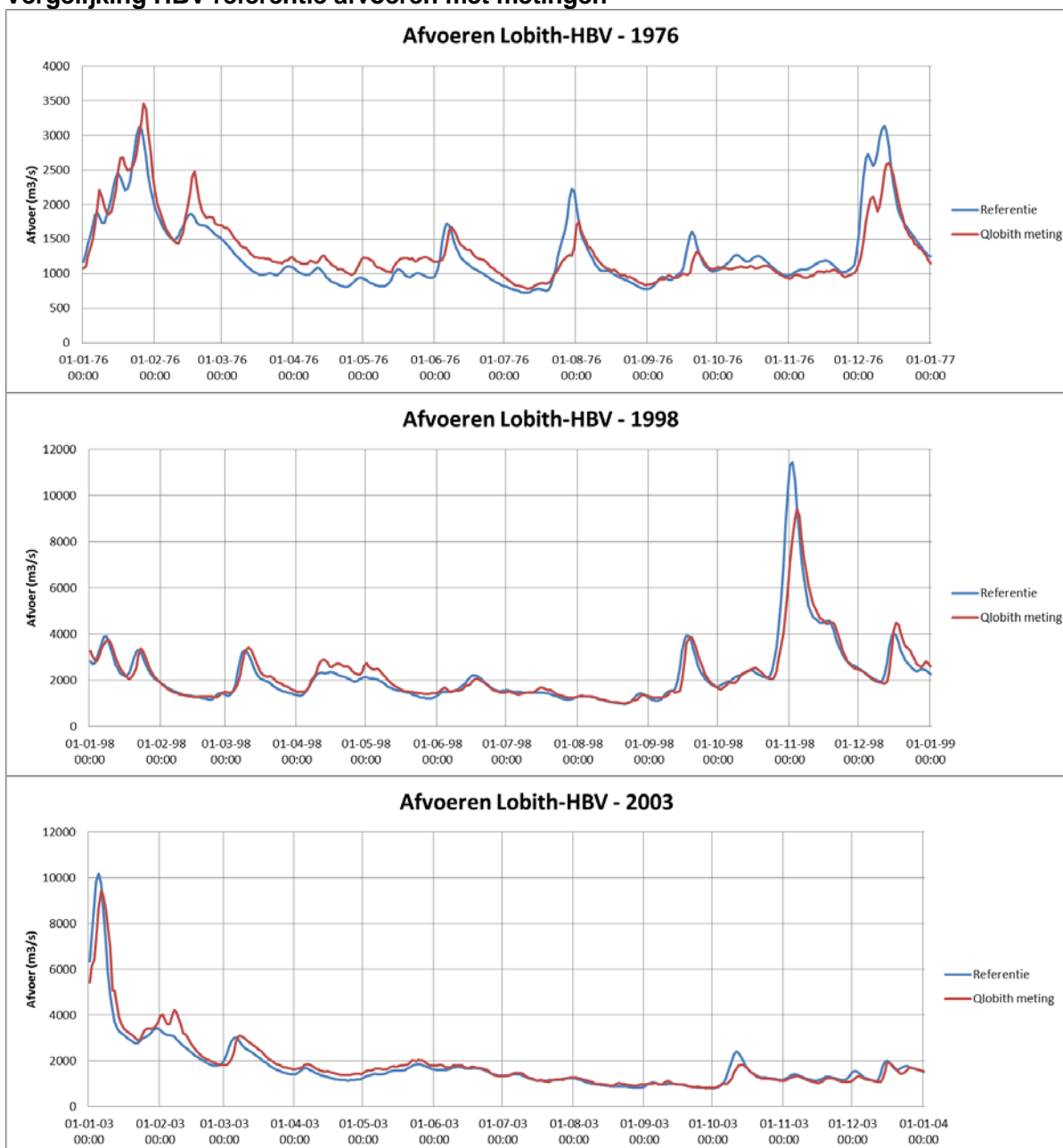
Voor de kleine grensoverschrijdende rivieren zijn al eerder de series voor de huidige situatie zoveel mogelijk gecompleteerd op basis van metingen en waar nodig met regressierelaties verder aangevuld (zie Deltares rapport 1207053). Er zijn geen HBV afvoeren voor de kleine grensoverschrijdende rivieren beschikbaar, dus in de referentiesom worden voor de kleine rivieren dezelfde historische data als in DPZW gebruikt.

Voor de scenario's zijn de afvoeren van de kleine rivieren gerelateerd aan de Maasafvoer (ongedeelde Maasafvoer bij Monsin). Met gemiddelde percentages verandering (per decade) op basis van de dagserie van de Maas zijn de afvoeren van de kleine rivieren (Bovenmark, Dommel, Tongelreep, Roer, Swalm, Niers, Vecht) aangepast. Deze methode is ook toegepast in het project 'Deltascenarios 2012 naar LHM invoer' (Deltares project 1207053, 2013).

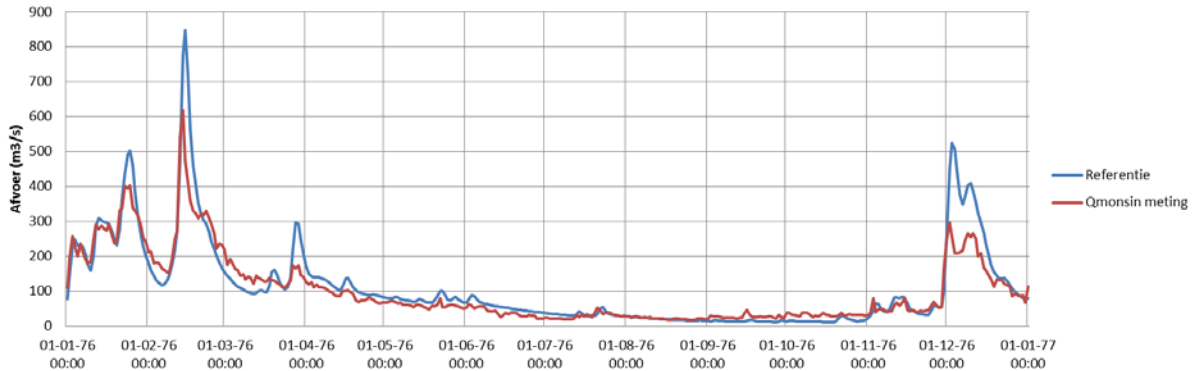
Met de tool DMLSMRivieraafvoeren.exe zijn vervolgens de HBV dagafvoeren naar dagafvoeren voor LSM en decadeafvoeren voor DM omgezet. Voor de chloridegehalten in DM is voor Rijn en Maas gebruik gemaakt van de regressierelaties tussen afvoer en chlorideconcentratie. Voor de kleine rivieren is een dergelijke relatie niet beschikbaar, en is gebruik gemaakt van historische decadegemiddelden of jaargemiddelden.

Onderstaand een aantal figuren voor de afvoer bij Monsin en Lobith ter vergelijking van de HBV referentieafvoeren en de historische metingen.

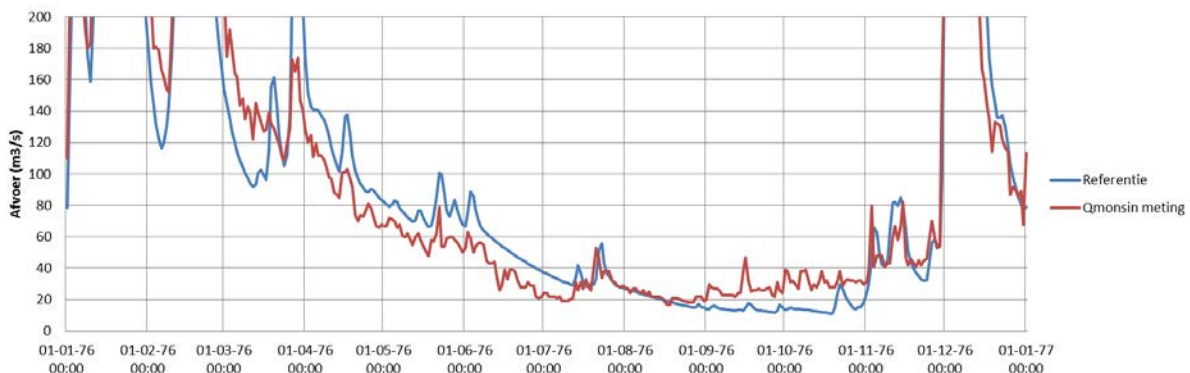
### Vergelijking HBV referentie afvoeren met metingen



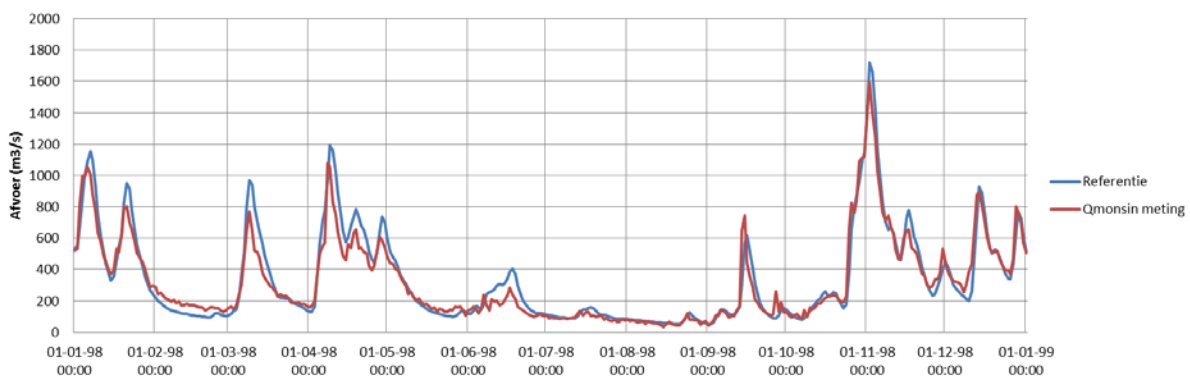
**Afvoeren Monsin-HBV - 1976**



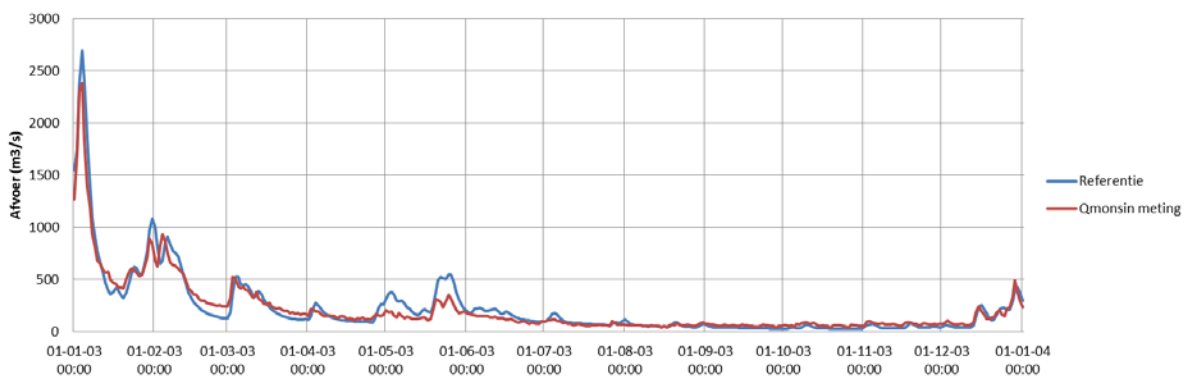
**Afvoeren Monsin-HBV - 1976**

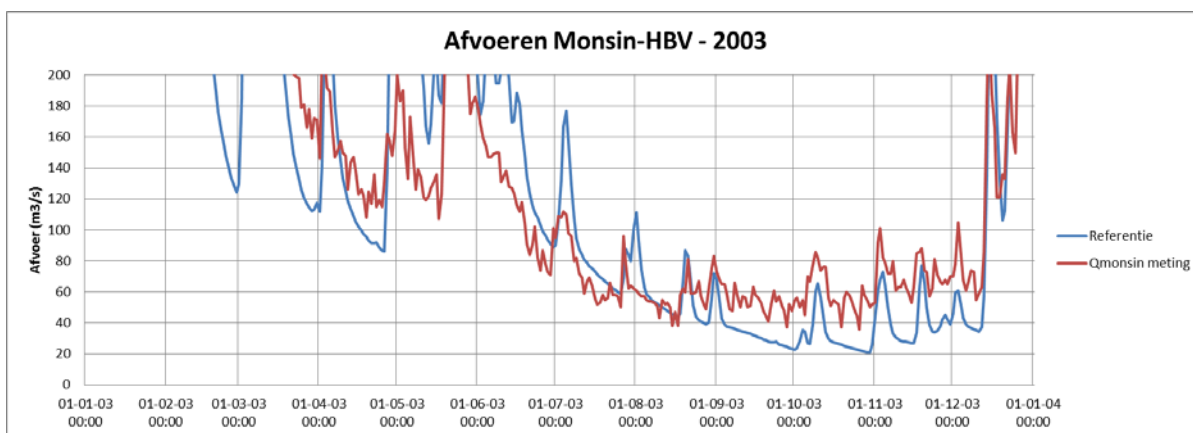


**Afvoeren Monsin-HBV - 1998**



**Afvoeren Monsin-HBV - 2003**





NB: De schaal in deze figuren is zodanig gekozen dat de verschillen in de lage afvoeren duidelijk worden.

De verschillen bij Lobith tussen de HBV modelresultaten en de metingen zijn anders dan gerapporteerd in figuur 5.2 van de rapportage Deltascenarios 2011 (rapport 1204151-002 mei 2011). De HBV resultaten waren eerst in oktober 1976 veel hoger dan de metingen, maar dat verschil is nu kleiner geworden. In april-mei 1976 was de HBV afvoer al lager dan de metingen, de resultaten liggen hierdoor dicht bij de meting. Dit is het gevolg van een update van HBV (inbouwen Zwitserse meren) dat opnieuw is gekalibreerd (Winsemius et al., 2013 en Hegnauer en Van Verseveld, 2014)

Voor Monsin valt op dat zowel in het extreem droge jaar 1976 als in het droge jaar 2003 de HBV afvoer in de voorzomer (tot augustus) hoger is dan de meting, en in de nazomer juist lager dan de meting.

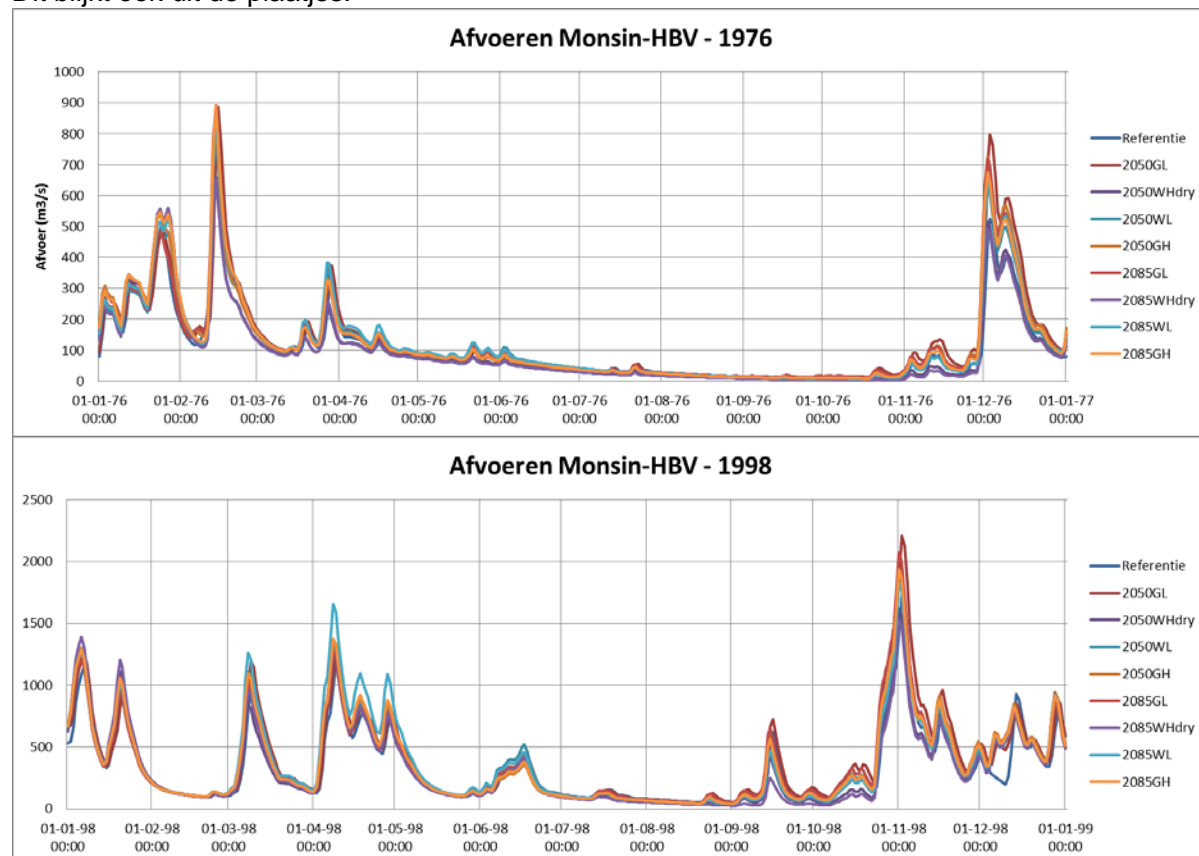
### Scenario's

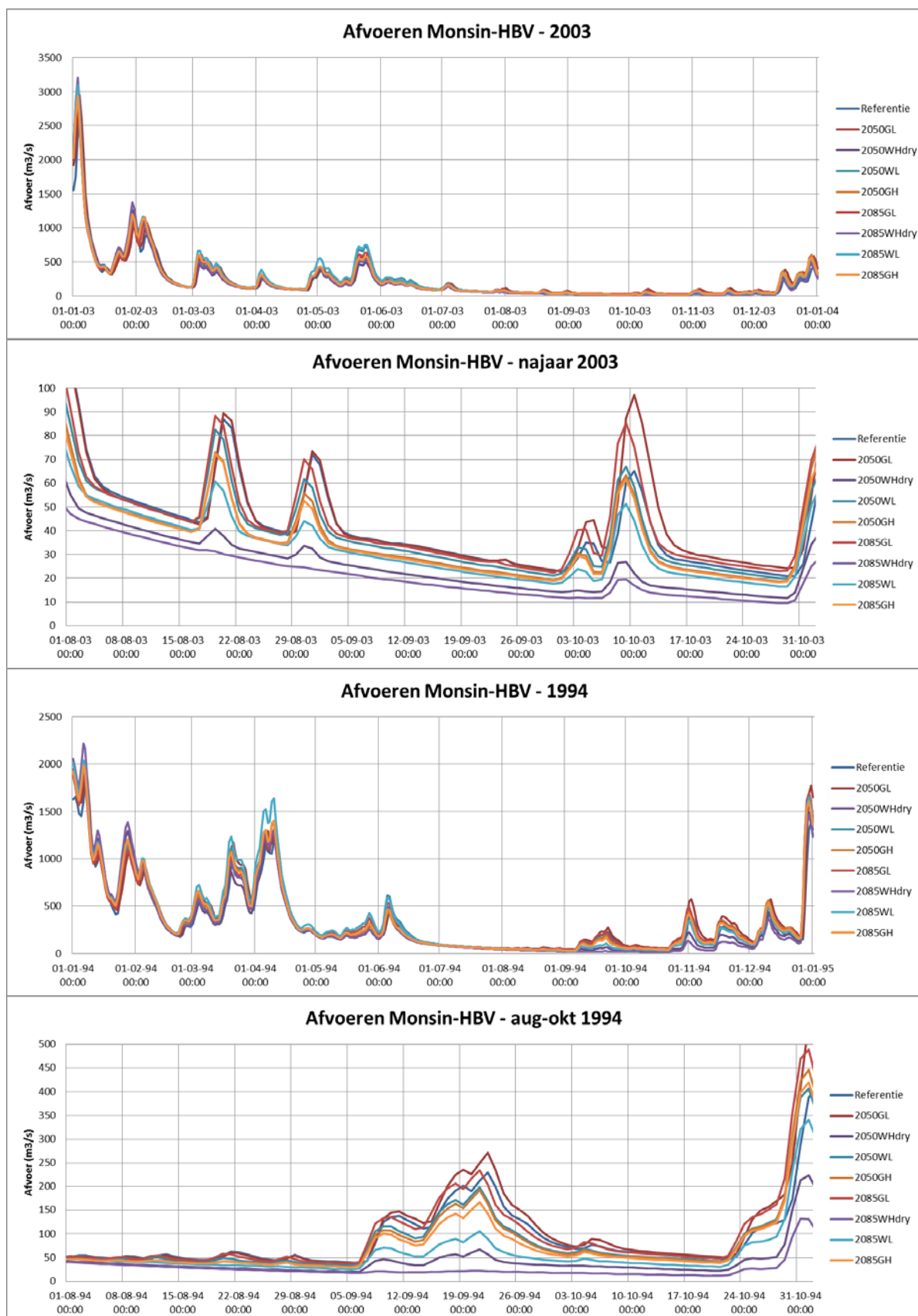
De gebruikte conversiefactoren voor de kleine rivierafvoeren voor de verschillende zichtjaren en scenario's zijn als volgt:

decade	2050GL	2050GH	2050WL	2050WH	2085GL	2085GH	2085WL	2085WH
1	1.160	1.192	1.116	1.106	1.118	1.169	1.168	1.136
2	1.057	1.093	1.033	1.073	1.036	1.088	1.089	1.112
3	0.996	1.085	1.036	1.120	1.026	1.098	1.094	1.156
4	1.045	1.068	1.065	1.027	1.087	1.122	1.136	1.047
5	1.117	1.135	1.166	1.049	1.173	1.228	1.268	1.083
6	1.143	1.121	1.158	1.033	1.204	1.216	1.248	1.050
7	1.156	1.143	1.200	1.001	1.198	1.209	1.297	1.047
8	1.118	1.063	1.110	0.908	1.068	1.072	1.185	0.977
9	1.153	1.101	1.147	0.916	1.078	1.089	1.229	1.008
10	1.133	1.092	1.111	0.962	1.064	1.098	1.262	1.009
11	1.093	1.080	1.084	0.999	1.051	1.105	1.278	1.005
12	1.085	1.099	1.100	1.025	1.067	1.136	1.339	1.006
13	1.079	1.063	1.155	0.969	1.091	1.105	1.318	0.958
14	1.060	0.993	1.180	0.898	1.091	1.034	1.239	0.896
15	1.051	0.980	1.199	0.893	1.103	1.019	1.225	0.897
16	1.042	0.966	1.243	0.944	1.123	1.010	1.196	0.951
17	1.021	0.889	1.148	0.888	1.041	0.928	1.057	0.877
18	1.011	0.916	1.169	0.931	1.069	0.950	1.059	0.920
19	1.006	0.909	1.077	0.875	1.040	0.913	0.968	0.808
20	0.987	0.892	1.000	0.819	1.000	0.876	0.894	0.728

decade	2050GL	2050GH	2050WL	2050WH	2085GL	2085GH	2085WL	2085WH
21	0.976	0.883	0.966	0.796	0.979	0.859	0.861	0.698
22	0.983	0.844	0.935	0.682	0.974	0.826	0.787	0.591
23	0.992	0.838	0.931	0.636	0.987	0.824	0.755	0.547
24	1.004	0.825	0.922	0.572	1.001	0.812	0.707	0.477
25	1.022	0.831	0.915	0.556	0.998	0.802	0.686	0.429
26	1.047	0.837	0.906	0.532	0.996	0.791	0.660	0.378
27	1.061	0.844	0.901	0.515	0.999	0.790	0.649	0.346
28	1.169	0.955	1.015	0.576	1.162	0.922	0.769	0.420
29	1.238	0.932	0.992	0.550	1.148	0.906	0.770	0.418
30	1.298	1.017	1.065	0.600	1.250	1.000	0.857	0.484
31	1.306	1.083	1.021	0.641	1.202	1.027	0.878	0.518
32	1.310	1.204	1.049	0.745	1.233	1.123	0.969	0.624
33	1.338	1.252	1.068	0.828	1.237	1.164	1.033	0.721
34	1.309	1.265	1.126	0.951	1.228	1.192	1.116	0.867
35	1.282	1.357	1.235	1.093	1.308	1.288	1.241	1.032
36	1.300	1.363	1.286	1.224	1.289	1.328	1.339	1.199
Gem	1.115	1.034	1.079	0.859	1.103	1.031	1.045	0.817
max	1.338	1.363	1.286	1.224	1.308	1.328	1.339	1.199
min	0.976	0.825	0.901	0.515	0.974	0.790	0.649	0.346

Uit de gemiddelden blijkt dat het  $W_H$  scenario (en dan de HBV runs variant  $W_{Hdry}$ ) de laagste factoren geeft – en dus de grootste afname van de afvoer. Na de 2085 $W_H$  en 2050 $W_H$  scenario's geeft het 2085 $W_L$  scenario ook lage factoren te zien. Dit blijkt ook uit de plaatjes:







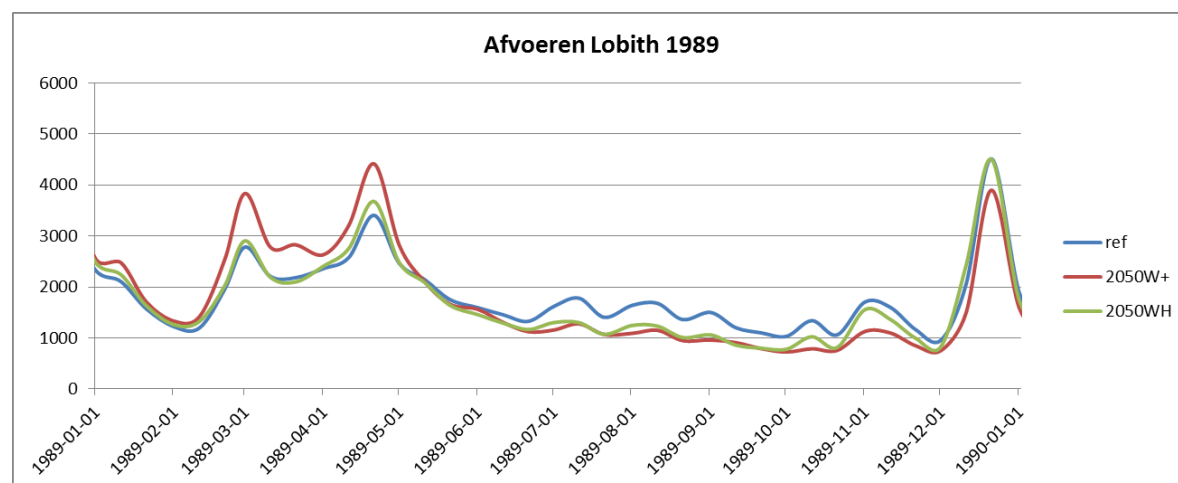
Voor het droge jaar 2003 wordt het in de scenario's droger, uitgezonderd het  $G_L$  scenario 2050 en 2085. De afname van de afvoer is voor het  $W_H$  scenario het grootst.

Ook voor een willekeurig ander jaar zoals 1994 laat het  $W_H$  scenario een grote afname zien. Waar in de referentie en in veel scenario's nog duidelijk een afvoerpiek te zien is (orde  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ ), is die in het  $W_H$  scenario geheel verdwenen (afvoer daar orde  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Dat betekent in die decade een afvoer in het 2085- $W_H$  scenario die orde 10% is van de afvoer in de referentiesom! Hierdoor kunnen voor het  $W_H$  scenario dus allerlei andere jaren naar voren komen als kritische droogtejaren. Dit onderstreept nog eens de noodzaak om voor een reeks van jaren te gaan rekenen, en niet voor vooraf (op basis van de huidige situatie) geselecteerde typische jaren.

Voor het jaar 1998 is bij Monsin in de referentie rond 10 december een dalende trend waargenomen, terwijl in de scenario's de trend stijgend is voor die periode. Dit komt voort uit een (klein) verschil in de invoer tussen de referentie en de klimaat scenario's.

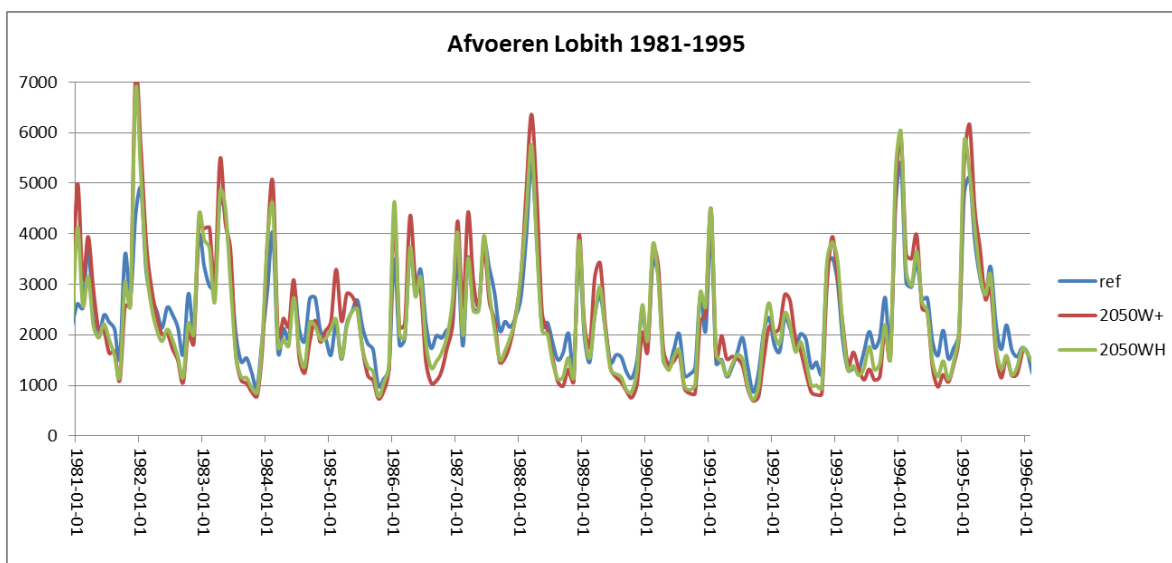
## Vergelijking KNMI06 vs. KNMI14

In onderstaande figuren is een vergelijking gemaakt tussen de afvoeren van het KNIM 06 2050  $W+$  en het KNMI14 2050  $W_{Hdry}$  scenario na de conversie naar modelinvoer voor het LHM. In Figuur 3.1 is de vergelijking voor 1989. Hierin zien we dat het  $W_{Hdry}$  scenario in de droge periode sterk lijkt op het  $W+$  scenario. In het najaar lijkt het  $W_H$  scenario meer op de referentie. Voor de periode dat de KNMI06 en KNMI14 een overlap hebben (1981-1995) is te zien dat de lage afvoeren van  $W_{Hdry}$  lijken op  $W+$  maar wel duidelijk minder laag zijn (Figuur 3.2).



Figuur 3.1 Afvoeren bij Lobith voor referentie, KNMI06 2050  $W+$  en KNMI14 2050  $W_H$  voor 1989 in  $\text{m}^3/\text{decade}$





Figuur 3.2 Gemiddelde afvoeren per maand bij Lobith voor referentie, KNMI06 2050 W+ en KNMI14 2050 WH voor 1981-1996 in m<sup>3</sup>/decade

### Buitenwaterstanden LSM

Voor de buitenwaterstanden worden de zeewaterstanden gehanteerd zoals in Tabel 3.1 zijn weergegeven. Hiervoor zijn zowel de Sobek files (boundary.dat, Boundlat.dat) als de in FEWS gebruikte csv files (17 stuks: Bath, Brouwershavensche Gat, Delfzijl, Den Helder, Den Oever, Haringvliet-10, Harlingen, IJmuiden Buitenhaven, Kornwerderzand, Lauwersoog, Maasmond, Nieuwe Statenzijl, Noordwijk, Roompot Buiten, Scheveningen, Stavenisse en Vlissingen) aangepast met de tool AdjustBoundary.exe. De reeksen zijn afgeleid op basis van meetreeksen en lineaire regressie (Gao, 2014).

Behalve de genoemde tabellen zijn in de LSM schematisatie nog een aantal vaste waterstandsranden. Het betreft in alle gevallen dummy randen met een fictieve waterstand, bijvoorbeeld voor lozingen van districten direct op het buitenwater (Westerschelde, Oosterschelde, Noordzee, Waddenzee) die voor het (zoete) LSM niet relevant zijn, dan wel dummy randen voor de afvoer van de Maas naar België (Albertkanaal, kanaal Bocht-Herentals) of voor districtslozingen van de Dinkel die via Duitsland uiteindelijk weer via de afvoer van de Overijsselsche Vecht terugkomen.

De volgende files zijn aangepast:

#### DM:

Voor 9 cases (referentie plus 2 zichtjaren maal 4 scenario's)

- **DMdecadeafvoeren.txt** met decadegemiddelde rivierafvoeren voor Rijn, Maas en kleine grensoverschrijdende rivieren voor DM (LHM). Voor het NWM worden alleen de scenario's  $G_L$  en  $W_H$  gebruikt.

#### LSM:

- **Sobekdagafvoeren.txt**, met daggemiddelde rivierafvoeren voor Rijn, Maas en kleine rivieren voor LSM.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de locaties en de id's in DM en LSM, en in welke Sobek file van LSM de afvoer is opgenomen.

Omschrijving	DM knoop	LSM	LSM file
Rijn bij Lobith	104	N_RT_001	Boundary.dat
Maas bij Monsin	111	N_MS_001	Boundary.dat
Vecht (Emmlichheim)	1001	N_YSV_P_0	Boundary.dat
Niers (Goch)	103	773	Lateral.dat
Swalm (grens)	102	774	Lateral.dat
Roer	101	221	Lateral.dat
Dommel en Tongelreep (samen)	5102	-	-
Dommel	-	776	Lateral.dat
Tongelreep	-	777	Lateral.dat
Bovenmark	5101	775	Lateral.dat
Zeeuws Vlaanderen	5098	-	-

Voor 9 cases (referentie plus 2 zichtjaren maal 4 scenario's)

- **Boundary.dat** met aangepaste waterstandsranden (inclusief de vaste randen) in Sobek file
- **Boundlat.dat** met aangepaste waterstandsranden (17 tabellen)

## FEWS

**Csv files voor 17 randen:** Bath, Brouwershavensche Gat, Delfzijl, Den Helder, Den Oever, Haringvliet-10, Harlingen, IJmuiden Buitenhaven, Kornwerderzand, Lauwersoog, Maasmond, Nieuwe Statenzijl, Noordwijk, Roompot Buiten, Scheveningen, Stavenisse en Vlissingen.

### 3.1.4 Interne verzilting

Interne verzilting beschrijft het proces van verzilting vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater. Voor de bestaande Deltascenario's zijn berekeningen gemaakt met het LHM zoet-zout model (Oude Essink, 2010). Voor de klimaatscenario's G en W+ en de zichtjaren 2050 en 2100 zijn berekeningen gedaan over ontwikkeling van de diepte van het zoet-zout grensvlak. De resultaten van deze berekeningen worden als randvoorwaarde per scenario in het LHM meegenomen. De concentratie aan de onderkant van de deklaag uit het LHM zoet-zout model zijn overgenomen in het LHM zoals gebruikt in het NWM. Voor de nieuwe scenario's zijn er geen aanpassingen doorgevoerd en zijn de bestanden opnieuw gebruikt. Hierdoor is de zoutbelasting van de polders niet goed afgestemd op KNMI'14 scenario's. Daarbij speelt o.a. ook dat het zoet-zout model geactualiseerd dient te worden om de zoutbelasting in de nieuwe situatie te kunnen doorrekenen.

### 3.1.5 Externe verzilting

Externe verzilting is het verzilten van delen van de rivier door indringen van zout vanuit de zee door hoge zeespiegels, lagere rivierafvoeren of storm. In het LHM worden verziltingsberekeningen met het NDB model als randvoorwaarde opgelegd.

De nieuwe klimaatscenario's bevatten een andere periode en andere rivierafvoeren. Hierom moeten de verziltingsberekeningen ook opnieuw uitgevoerd worden. De oude modelinvoer kan niet worden hergebruikt omdat:

- de periode van de nieuwe klimaatscenario's niet gelijk is als die van de oude klimaatscenario's (KNMI'06 beschrijft de periode 1961-1996 en KNMI'14 beschrijft de periode 1980-2006).

- de verziltingsberekeningen zijn gebaseerd op afvoeren die horen bij de KNMI'06 scenario's. De afvoeren van de KNMI'14 scenario's wijzigen significant.

Binnen dit project was geen ruimte gereserveerd voor deze berekeningen. Hierom is gekozen om de verziltingsrandvoorwaarde van het LHM vooralsnog niet aan te passen. Dit betekent dat er bij de berekeningen met het LHM geen rekening wordt gehouden met de chlorideconcentratie in het hoofdwatersysteem door de chloride waarden in het model op 0.0 te zetten. De inlaten van Gouda en Bernisse zullen hierom niet sluiten als gevolg van hoge zoutconcentraties. Voor een juiste berekening van knelpunten in de waterverdeling in West-Nederland zullen eerste deze externe verziltings randvoorwaarde berekend moeten worden.

Het volgende bestand is per scenario opgeleverd:

- *salt.his*

### 3.1.6 Peilen hoofdwatersysteem

Het Distributiemodel (DM) berekend op basis van de afvoeren aan de grens de waterverdeling in Nederland. Het DM rekent voornamelijk in debieten en niet in waterstanden. Voor een juiste berekening van de waterstanden kan het Sobek model LSM worden gebruikt. In het LHM heeft het MODFLOW model waterstanden nodig voor het oppervlaktewater. De peilen voor het regionaal oppervlaktewater worden berekend door het model MOZART en doorgegeven aan MODFLOW. Voor het hoofdwatersysteem is er nog geen directe koppeling beschikbaar. Voor de Deltascenario's 2012 is op basis van de scenario afvoeren per scenario en zichtjaar een uitgekilde versie van het LSM-Light model gedraaid waarbij voor de grote rivieren de waterstanden zijn berekend. Deze resultaten zijn vertaald naar modelinvoer van MODFLOW.

Binnen dit project zijn voor de referentie en de scenario's LSM berekeningen uitgevoerd die daarna omgezet zijn naar maandelijks gemiddelde peilen (grid-bestanden) voor Modflow. Voor de LSM berekeningen is gebruik gemaakt van de uitsnede van LSM1.3 van het hoofdwatersysteem.

De volgende bestanden voor het NWM zijn nieuw opgeleverd.

- *NHI30\_peilh\_referentie.zip*
- *NHI30\_peilh\_rust2050\_GL.zip*
- *NHI30\_peilh\_rust2085\_GL.zip*
- *NHI30\_peilh\_stoom2050\_WH.zip*
- *NHI30\_peilh\_stoom2085\_WH.zip*

## 3.2 Socio-economische ontwikkelingen

Er zijn geen nieuwe beschrijvingen van de socio-economische ontwikkelingen beschikbaar, daarom zijn er geen modelinvoer bestanden aangepast. Dit heeft als gevolg dat socio-economische scenario's en klimaatscenario's niet meer 1 op 1 aansluiten. Dit geldt ook voor de onderstaande parameters.

### 3.2.1 Landgebruik en verhardingskaart

Er zijn geen nieuwe landgebruikskaarten aangeleverd. Daarom zijn er geen modelinvoer bestanden aangepast.

## 3.2.2 Bodemdaling

Er zijn geen nieuwe bodemdalingskaarten gemaakt. De bodemdalingskaarten zoals gebruikt in de Deltascenario's zijn voor een deel afhankelijk de verandering van het klimaat (Rijken et al, 2013). Een warmer klimaat zorgt voor lagere grondwaterstanden waardoor meer bodemdaling door zetting en veenoxidatie kan optreden. De nieuwe klimaatscenario's geven een indicatie van minder droogte in de zomer. De gebruikte bodemdalingsgrids zullen hierom een overschatting zijn.

## 3.2.3 Onttrekkingen oppervlaktewater

Geen wijzigingen.

## 3.2.4 Onttrekkingen grondwater

Geen wijzigingen.

## 3.3 Effectmodules

### 3.3.1 Agricom

Geen wijzigingen.

## 4 Aanpassingen modelinvoer Veiligheid

### 4.1 Zeespiegelstijging

In Tabel 4.1 is de zeespiegelstijging beschreven voor de vier klimaatscenario's en de drie zichtjaren. Voor Veiligheid wordt van dezelfde informatie uitgegaan voor de zeespiegelstijging als binnen Zoetwater.

Tabel 4.1 Zeespiegelstijging in de KNMI'14 scenario's (KNMI, 2014). De scenario's GH en WL worden binnen het NWM niet gebruikt

Scenario	Veiligheid	Zoetwater
Basisperiode	1991 <sup>4</sup>	1980-2006 <sup>5</sup>
Referentie (2015)	+ 4 cm (of 7 cm +NAP)	-
2050 G <sub>L</sub>	+ 15 cm (of 18 cm +NAP)	+ 15 cm (of 18 cm +NAP)
2085 G <sub>L</sub>	+ 25 cm (of 28 cm +NAP)	+ 25 cm (of 28 cm +NAP)
2050 W <sub>H</sub>	+ 40 cm (of 43 cm +NAP)	+ 40 cm (of 43 cm +NAP)
2085 W <sub>H</sub>	+ 80 cm (of 83 cm +NAP)	+ 80 cm (of 83 cm +NAP)

De zeespiegelstijging wordt voor Veiligheid enkel binnen onderdeel Rijn-Maas Monding (RMM) direct gebruikt als invoer. In een volgende stap dienen de nieuwe waarden voor de zeespiegelstijging te worden doorvertaald naar nieuwe QH-relaties voor onderdelen Rijn en Maas. Dit gebeurt doormiddel van berekeningen met het Sobek-RMM model voor de verschillende scenario's en zichtjaren. Binnen het NWM worden de waarden voor de nieuwe QH-relaties automatisch geëxporteerd.

### 4.2 Afvoerstatistiek Lobith en Borgharen

Voor de Rijn bij Lobith en de Maas bij Borgharen zijn met GRADE (Hegnauer et al, 2014) nieuwe afvoerstatistieken afgeleid voor de KNMI'14 scenario's (Sperna Weiland et al., 2015 (in voorbereiding)). De nieuwe afvoerstatistiek vormt invoer voor het HydraZoet voor onderdelen Rijn, Maas, RMM en IJVD.

De afvoerstatistiek voor Rijn en Maas is berekend op basis van de KNMI'14 scenario's voor het Rijn en Maas stroomgebied. Voor de stroomgebieden van Rijn en Maas zijn 5 verschillende scenario's beschikbaar, ten opzichte van de 4 scenario's die voor Nederland beschikbaar zijn. Er zijn daarbij twee varianten van het W<sub>H</sub> scenario gemaakt, W<sub>H</sub> en W<sub>HDRY</sub>. Voor het onderdeel veiligheid wordt gebruik gemaakt van het W<sub>H</sub> scenario.

Voor de huidige versie van het NWM wordt gekozen de afvoerstatistiek op basis van GRADE berekeningen **zonder** het meenemen van onzekerheden (in het klimaat, de hydrologie en de hydrodynamica van het overstromen) in te bouwen (Sperna Weiland et al. 2015 (concept)). Dit is dan ook (nog) niet conform de methode zoals deze binnen Wettelijk Toets Instrumentarium (WTI) en het Ontwerp Instrumentarium (OI) gebruikt wordt. In een update (op zijn vroegst in 2016) kan worden overgestapt op de afvoerstatistiek volgens de methodiek zoals deze binnen het WTI en het OI wordt

<sup>4</sup> In het Nationaal Water Model wordt uitgegaan van een getijreeks uit 1991. Dit is een verschuiving van 4 jaar ten opzichte van het zwaartepunt van de referentie periode (1995). Er kan worden gekozen hiervoor nog extra te corrigeren met 0,8 cm (= 4 \* 0,2 cm/jaar). Echter, gezien het zeer kleine verschil stellen we voor dit niet te doen, zodat de getallen herkenbaar en traceerbaar zijn. Voor onderlinge vergelijkbaarheid tussen referentie en scenario's heeft deze keuze geen effect.

<sup>5</sup> Voor de KNMI'14 scenario's in NL zijn neerslag, temperatuur en verdampingsgrids afgeleid voor de periode 1980-2010. De afvoerrekeningen worden voor Lobith en Monsin zijn bepaald met GRADE op basis van een dataset (HYRAS) voor de neerslag en temperatuur in het Rijn stroomgebied. Deze dataset is opgebouwd uit meetreeksen van vele meteorologische stations in Duitsland en omringende landen over de periode van 1951-2006.

toegepast. Daarbij worden de onzekerheden in de afvoerstatistiek **wel** in rekening gebracht. Deze resultaten worden echter niet in 2015 verwacht.

De afgeleide afvoerstatistiek bij Lobith (voor de Rijn) en Borgharen (voor de Maas) dient nog te worden doorvertaald naar afvoerstatistiek bij Olst en Lith voor toepassing binnen respectievelijk IJVD en RMM. De methode voor deze doorvertaling wordt hieronder kort beschreven.

#### 4.2.1 Doorvertaling afvoerstatistiek Lobith naar Olst

De doorvertaling van de afvoerstatistiek naar Olst dient te worden uitgevoerd wanneer de gegevens worden opgeleverd. De methode zal dan verder worden uitgewerkt in een update van dit rapport. Verwacht wordt dat dit in scrum 4 nader wordt uitgewerkt, en waar mogelijk, in het NWM zal worden geïmplementeerd.

#### 4.2.2 Doorvertaling afvoerstatistiek Borgharen naar Lith

De doorvertaling van de afvoerstatistiek naar Lith dient te worden uitgevoerd wanneer de gegevens worden opgeleverd. De methode zal dan verder worden uitgewerkt in een update van dit rapport. Verwacht wordt dat dit in scrum 4 nader wordt uitgewerkt, en waar mogelijk, in het NWM zal worden geïmplementeerd.

#### 4.2.3 Overzicht te hanteren afvoerstatistiek

Hier wordt een overzicht gegeven van de afvoerstatistiek die wordt gehanteerd voor Rijn, Maas, RMM en IJVD in de vorm van frequentielijnen en bijbehorende tabellen. Deze worden toegevoegd zodra de resultaten voor de statistiek is aangeleverd.

## 5 Samenvatting uitgangspunten en opgeleverde bestanden

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de uitgangspunten van de Deltascenario's in combinatie met de KNMI14 scenario's in het NWM voor Zoetwater.

Component	Case	Was	Wordt
Neerslag	Referentie en scenario's	KNMI06 referentie ( <a href="http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/restricted/release_1/scenarios/catalog.html">http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/restricted/release_1/scenarios/catalog.html</a> )	KNMI14 ( <a href="http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/release_3/knmi_14/daily_grids/catalog.html">http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/release_3/knmi_14/daily_grids/catalog.html</a> )
	2050 Druk en Rust 2014	KNMI06 2050 G	KNMI14 2050 G <sub>L</sub>
	2050 Warm en Stoom 2014	KNMI06 2050 W+	KNMI14 2050 W <sub>Hdry</sub>
	2085 Druk en Rust 2014	KNMI06 2100 G	KNMI14 2085 G <sub>L</sub>
	2085 Warm en Stoom 2014	KNMI06 2100 W+	KNMI14 2085 W <sub>Hdry</sub> voor zoetwater, W <sub>h</sub> voor veiligheid
Verdamping	Referentie en scenario's	KNMI06 scenario's ( <a href="http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/restricted/release_2/scenarios/catalog.html">http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/restricted/release_2/scenarios/catalog.html</a> )	KNMI14 ( <a href="http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/release_3/knmi_14/daily_grids/catalog.html">http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/release_3/knmi_14/daily_grids/catalog.html</a> )
	2050 Druk en Rust 2014	KNMI06 2050 G	KNMI14 2050 G <sub>L</sub>
	2050 Warm en Stoom 2014	KNMI06 2050 W+	KNMI14 2050 W <sub>Hdry</sub>
	2085 Druk en Rust 2014	KNMI06 2100 G	KNMI14 2085 G <sub>L</sub>
	2085 Warm en Stoom 2014	KNMI06 2100 W+	KNMI14 2085 W <sub>Hdry</sub>
Zeespiegel	2050 Druk en Rust 2014	+15 cm	+15 cm
	2050 Warm en Stoom 2014	+35 cm	+40 cm
	2085 Druk en Rust 2014	+35 cm (zichtjaar 2100)	+25 cm
	2085 Warm en Stoom 2014	+85 cm (zichtjaar 2100)	+80 cm
Aanvoeren over de Rijn en Maas	Referentie	Metingen	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 Referentie
	2050 Druk en Rust 2014	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2050

Component	Case	Was	Wordt
		2050 G, met delta referentie correctie	$G_L$
	2050 Warm en Stoom 2014	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06 2050 W+, met delta referentie correctie	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2050 $W_{Hdry}$
	2085 Druk en Rust 2014	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06 2100 G, met delta referentie correctie	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2085 $G_L$
	2085 Warm en Stoom 2014	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06 2100 W+, met delta referentie correctie	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2085 $W_{Hdry}$
Aanvoeren kleine rivieren Belgie/Duitsland	Referentie	Metingen aangevuld o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Metingen aangevuld o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer
	2050 Druk en Rust 2014	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer
	2050 Warm en Stoom 2014	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer
	2085 Druk en Rust 2014	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer
	2085 Warm en Stoom 2014	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer
Bodemdaling	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Waterstanden HWS (MODFLOW)	Referentie	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. LSM light (versie 2013) berekeningen voor KNMI06 referentie	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. knip uit LSM1.3 berekeningen voor KNMI14 referentie
	2050 Druk en Rust 2014	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. LSM light (versie 2013) berekeningen voor KNMI06 2050 G	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. knip uit LSM1.3 berekeningen voor KNMI14 2050 $G_L$
	2050 Warm en Stoom 2014	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. LSM light (versie 2013) berekeningen voor KNMI06 2050 W+	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. knip uit LSM1.3 berekeningen voor KNMI14 2050 $W_{Hdry}$
	2085 Druk en Rust 2014	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. LSM light (versie 2013) berekeningen voor KNMI06 2100 G	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. knip uit LSM1.3 berekeningen voor KNMI14 2085 $G_L$



Component	Case	Was	Wordt
	2085 Warm en Stoom 2014	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. LSM light (versie 2013) berekeningen voor KNMI06 2100 W+	Maandelijks gemiddelde peilen o.b.v. knip uit LSM1.3 berekeningen voor KNMI14 2085 W <sub>Hdry</sub>
Landgebruik	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Berekening	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Buisdrainage	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Verhardingsgraad	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Peilen regionaal oppervlaktewater	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
WATERAANVOERGEBIEDEN	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Interne verzilting	Referentie	Grensvlak op basis van metingen en landelijk en regionale modellen	Geen nieuwe gegevens
	2050 Druk en Rust 2014	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2050 G	Geen nieuwe gegevens
	2050 Warm en Stoom 2014	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2050 W+	Geen nieuwe gegevens
	2085 Druk en Rust 2014	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2100 G	Geen nieuwe gegevens
	2085 Warm en Stoom 2014	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2100 W+	Geen nieuwe gegevens
Externe verzilting	Referentie	NDB berekeningen o.b.v. referentie KNMI06 afvoeren	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2050 Druk en Rust 2014	NDB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2050 G	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2050 Warm en Stoom 2014	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2050 W+	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2085 Druk en Rust 2014	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2100 G	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor

Component	Case	Was	Wordt
			chloride concentraties.
	2085 Warm en Stoom 2014	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2100 W+	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor chloride concentraties.
Grondwateronttrekkingen	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Drink/industriewater uit regionaal oppervlaktewater	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens
Watergebruik uit hoofdwatersysteem	Referentie en scenario's	Deltascenario's 2013	Geen nieuwe gegevens

**5.1 LHM**

- 1 KNMI neerslag verdamping:  
(<https://data.knmi.nl/portal/KNMI-DataCentre.html#term=KNMI14>)
- 2 Afvoeren DM:  
*DMdecadeafvoeren.txt*
- 3 Zeespiegelstijging MODFLOW  
Peil van de GHB package modellaag 2:  
Referentie: *referentie2015/GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*  
2050 Druk en 2050 Rust: *GL2050/GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*  
2050 Warm en 2050 Stoom: *WH2050/GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*  
2050 Druk en 2050 Rust: *GL:2085/GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*  
2050 Warm en 2050 Stoom: *WH2085/GHB\_STAGE\_L02\_S01.IDF*
- 4 *Dummy NDB randvoorwaarde LHM:*  
Referentie: *referentie2015/salt.his*  
2050 Druk en 2050 Rust: *GL2050/salt.his*  
2050 Warm en 2050 Stoom: *WH2050/salt.his*  
2050 Druk en 2050 Rust: *GL:2085/salt.his*  
2050 Warm en 2050 Stoom: *WH2085/salt.his*

**5.2 NDB/LSM**

- 5 Afvoeren Sobek  
*Sobekdagafvoeren.txt*
- 6 Waterstanden met aangepaste vaste randen  
*Boundary.dat*
- 7 Aangepaste waterstandsranden  
*Boundlat.dat*

**5.3 FEWS**

- 8 **Csv files voor 17 buitenwaterstandsranden:** Bath, Brouwershavensche Gat, Delfzijl, Den Helder, Den Oever, Haringvliet-10, Harlingen, IJmuiden Buitenhaven, Kornwerderzand, Lauwersoog, Maasmond, Nieuwe Statenzijl, Noordwijk, Roompot Buiten, Scheveningen, Stavenisse en Vlissingen.



## 6 Slotopmerkingen

Als algemene slotopmerking geldt dat de consequenties voor de eindresultaten van enkele keuzes in de invoer nog niet op voorhand te voorspellen is. De consequenties kunnen in een later stadium in kaart te worden gebracht, op basis van rekenresultaten.

- 1 De KNMI'14 klimaatscenario's zijn opgeleverd voor de zichtjaren 2050 en 2085, terwijl de KNMI'06 klimaatscenario's zijn opgeleverd voor de zichtjaren 2050 en 2100. Berekende effecten voor 2100 en 2085 kunnen niet direct met elkaar vergeleken worden. Door het verschil in zichtjaren lijkt het alsof de zeespiegelstijging minder wordt (een maximale waarde van 80 i.p.v. 85 cm), maar dit verschil wordt veroorzaakt door het verschil in zichtjaar. Wanneer de zeespiegelstijging van het KNMI14 2085  $W_H$  vertaald zou worden naar 2100, wordt een zeespiegelstijging van 95 cm verwacht (KNMI, 2014). In de interpretatie van de resultaten dient hiermee rekening te worden gehouden. Voor het NWM wordt aanbevolen met de voor 2085 aangeleverde getallen te werken, en dus niet te corrigeren voor dit verschil.
- 2 Doordat op dit moment alleen de neerslag en potentiële verdamping met de directe afhankelijke parameters zijn aangepast is de modelinvoer niet meer consistent. Zo zijn de bodemdaling en de scenario's voor het toekomstige watergebruik o.a. afhankelijk van de klimaatverandering. Bij de interpretatie van de resultaten moet hiermee rekening worden gehouden. Aanbevolen wordt om te onderzoeken welk effect een ander klimaat heeft op de bodemdaling.
- 3 Ook de socio-economische scenario's zijn niet geüpdate en zijn dus niet meer consequent omdat deze op een andere periode zijn gebaseerd (zichtjaar 2100 in plaats van zichtjaar 2085). De impact van dit verschil in zichtjaar is naar verwachting klein. Wanneer de socio-economische scenario's worden geüpdate dienen deze wel te worden afgestemd op de nieuwe klimaatscenario's.
- 4 Doordat in de huidige oplevering geen nieuwe randvoorwaarden voor de externe verzilting zijn bepaald (NDB berekeningen) is het modelinstrument niet goed inzetbaar voor berekeningen in West-Nederland. De besluitvorming over of deze berekeningen dit jaar uitgevoerd gaan worden is in voorbereiding. Geadviseerd wordt om totdat deze berekeningen zijn geïmplementeerd, geen resultaten van het NWM te gebruiken voor analyses.



## 7 Literatuur

- Gao, Q. Afleiding zeerandvoorwaarden op basis van lineaire regressie. Memo Deltares, 1209387-000-ZWS-0012
- Hunink, J.C., A. Veldhuizen, G. Prinsen, J. Oosterwijk, G. Oude Essink, 2013, Deltascenario's 2012 NHI modelinvoer, Technische achtergrond rapportage. Deltares rapport 12053-000-BGS-0003.
- Deltascenario's, 2012. W. Bruggeman, E. Dammers. Deltascenario's voor 2050 en 2100, Nadere uitwerking 2012-2013, 25 april 2013 ([dtvirt35.deltares.nl/products/30591](http://dtvirt35.deltares.nl/products/30591)).
- Hegnauer, M. and Van Verseveld, W., 2013. Generalised likelihood uncertainty estimation for the daily HBV model in the Rhine Basin, Part B: Switzerland. Deltares report 1204290-005-ZWS-0002, Deltares, Delft, The Netherlands.
- Hegnauer, M., Beersma, J.J., Van den Boogaard, H.F.P., Buishand, T.A., Passchier, R.H., 2014. Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins: Final report of GRADE 2.0. Deltares report 1209424-004-ZWS-0018, Delft, The Netherlands.
- Maat, J. ter, M. van der Vat, J. Hunink, M. Haasnoot, G. Prinsen, M. Visser, P. Boderie, R. van Ek, M. Maarse, R. van der Sligte, H. Verheij, C. Wesselius, 2014, Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21<sup>e</sup> eeuw. Deltares rapport 1209141-001-VEB-0004.
- KNMI (2014), KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt.
- NHI 2015. [www.nhi.nu](http://www.nhi.nu).
- Rijken, B., A. Bouwman, A. van Hinsberg, B. van Bommel, G.J. van den Born, N. Polman, V. Linderhof, R. Michels, P. Rijk, 2013, Regionalisering en kwantificering verhaallijnen Deltascenario's 2012. PBL rapport, publicatienummer 1194, Den Haag.
- Oude Essink, G., J. Verkaik, 2010, NHI zoet-zout: grondwater in het Nederlandse kustgebied. Deltares memo 12022733-00-BGS-005-m-resultaten\_NHI2.0\_zoetzout\_nov2010.pdf.
- Walsem, T Hydraulische modellen gebruikt voor veiligheidsanalyse Deltamodel 1.1; referentie 2015 en zichtjaren 2050 en 2100. RWS 10 dec 2013.
- Winsemius, H.C.W., van Verseveld, W., Weerts, A. and Hegnauer, M., 2013. Generalised likelihood uncertainty estimation for the daily HBV model in the Rhine Basin, Part A: Germany. Deltares report 1207771-003-ZWS-0018, Deltares, Delft, The Netherlands.
- Ruijgh, E.W.F. Protocol van Overdracht Deltamodel 1.1. Deltares december 2013.
- Spurna Weiland, F., Hegnauer, M., Beersma, J., Bouaziz, L., 2015. Implications of the KNMI'14 climate scenarios on the future discharge of the Rhine and the Meuse: comparison

with earlier scenarios. Deltares report 1220042-000-ZWS-0004, Delft, Nederland.  
(CONCEPT)