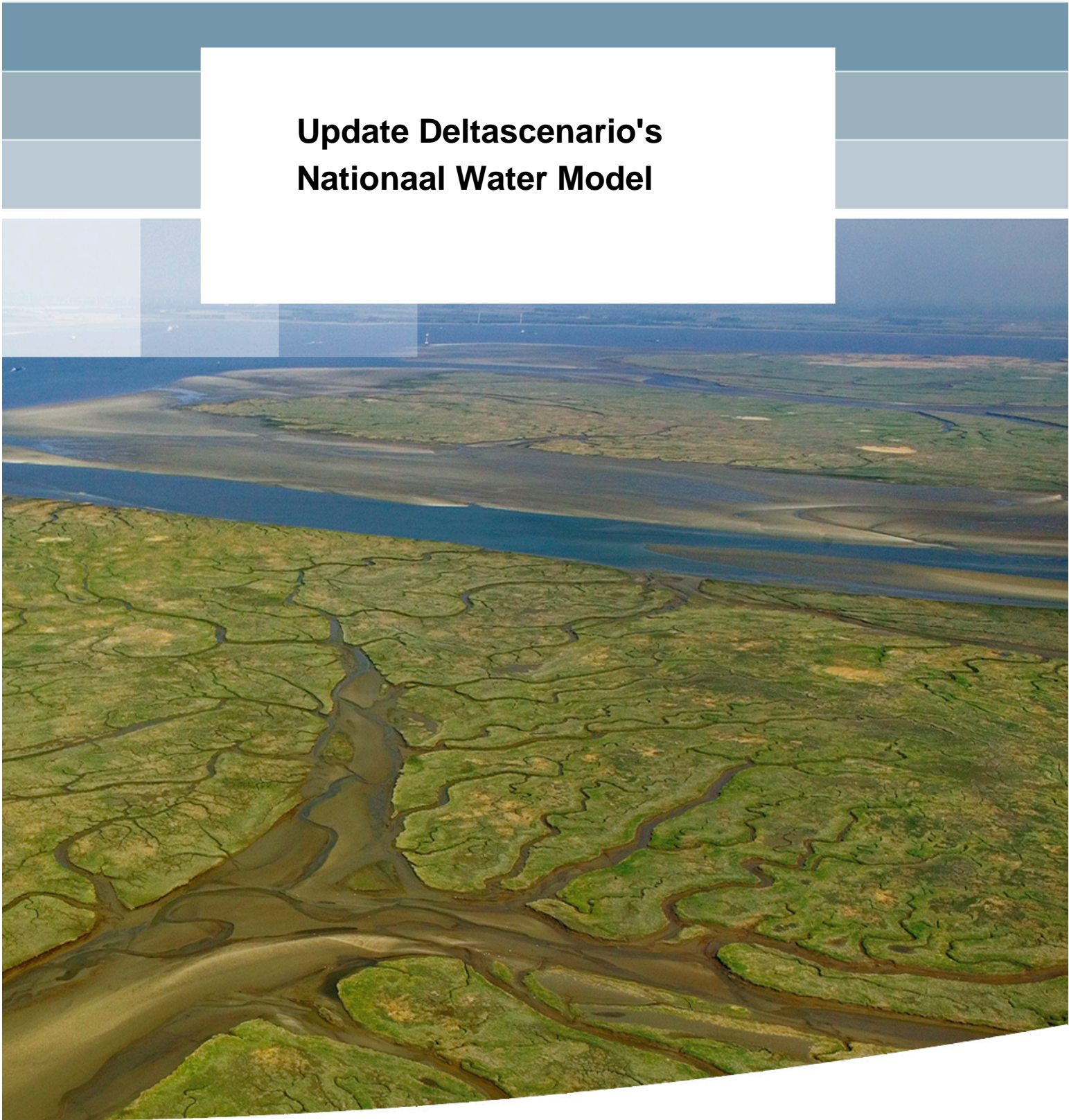


**Update Deltascenario's  
Nationaal Water Model**





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

Joachim Hunink  
Mark Hegnauer

1220056-000



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

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1220056-000	1220056-000-ZWS-0015	58




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

**Samenvatting**  
Dit rapport beschrijft, op hoofdlijnen, de uitgangspunten die binnen het Nationaal Water Model worden gehanteerd aangaande de klimaatscenario's. Het betreft een update van de rapportage die ten tijde van het Deltaprogramma is opgesteld. In dit rapport worden de (belangrijkste) wijzigingen beschreven naar aanleiding van het uitkomen van de KNMI'14 scenario's (KNMI, 2014).

Het rapport beschrijft de wijzigingen voor zowel het Zoetwater gedeelte als het Veiligheids gedeelte. Daar waar mogelijk zijn de uitgangspunten voor beide onderdelen op elkaar afgestemd. 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).

**Deze versie beschrijft de uitgangspunten voor het Nationaal Water Model tot en met release 1.3. Wijzigingen t.o.v. versie 1.0 zijn:**

- Nieuwe afvoerreeks beschikbaar voor Monsin en Lobith i.v.m. correctie t.o.v. metingen
- Toevoegen uitgangspunten Landelijk Temperatuur Model (LTM-Light).
- Aanpassingen afvoerstatistiek voor Lobith, Borgharen en Olst op basis van GRADE en KNMI'14 scenario's.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.1	Jul. 2016	Mark Hegnauer		Edwin Snippen		Gerard Blom	
1.0	aug. 2015	Joachim Hunink		Frederiek Sperna Weiland		Gerard Blom	
		Mark Hegnauer					

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>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	6
<b>3</b>	<b>Uitgangspunten 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	Rivierafvoeren	10
3.1.4	Interne verzilting	21
3.1.5	Externe verzilting	22
3.1.6	Peilen hoofdwatersysteem	22
3.1.7	Watertemperatuur	23
3.2	Socio-economische ontwikkelingen	30
3.2.1	Landgebruik en verhardingskaart	30
3.2.2	Bodemdaling	30
3.2.3	Onttrekkingen oppervlaktewater	30
3.2.4	Onttrekkingen grondwater	30
3.2.5	Warmtelozingen	30
3.3	Effectmodules	32
3.3.1	Agricom	32
<b>4</b>	<b>Uitgangspunten modelinvoer Veiligheid</b>	<b>33</b>
4.1	Zeespiegelstijging	33
4.2	Afvoerstatistiek	33
4.2.1	Overzicht deelgebieden	33
4.2.2	Afvoerstatistiek Lobith en Borgharen (Rijn, Maas, RMM)	34
4.2.3	Doorvertaling afvoerstatistiek Lobith naar Olst (IJssel/IJVD)	36
4.2.4	Afvoerstatistiek Dalfsen (Vecht/IJVD)	36
<b>5</b>	<b>Samenvatting uitgangspunten en opgeleverde bestanden</b>	<b>37</b>
5.1	LHM	41
5.2	NDB/LSM	41
5.3	FEWS	41
<b>6</b>	<b>Slotopmerkingen</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Warmtelozingen LTM-Light</b>	<b>A-1</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 en het Landelijk Temperatuurmodel.

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

Deze rapportage beschrijft de aanpassingen van de modelinvoer voor zowel de Veiligheidsmodellen als de Zoetwater modellen. Voor de Zoetwatermodellen beschrijft dit rapport 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 Walssem, 2013).

**Deze versie beschrijft de uitgangspunten voor het Nationaal Water Model tot en met release 1.3. Wijzigingen t.o.v. versie 1.0 zijn:**

- Nieuwe afvoerreeks beschikbaar voor Monsin en Lobith i.v.m. correctie t.o.v. metingen
- Toevoegen uitgangspunten Landelijk Temperatuur Model.
- Aanpassingen afvoerstatistiek voor Lobith, Borgharen en Olst op basis van GRADE en KNMI'14 scenario's.

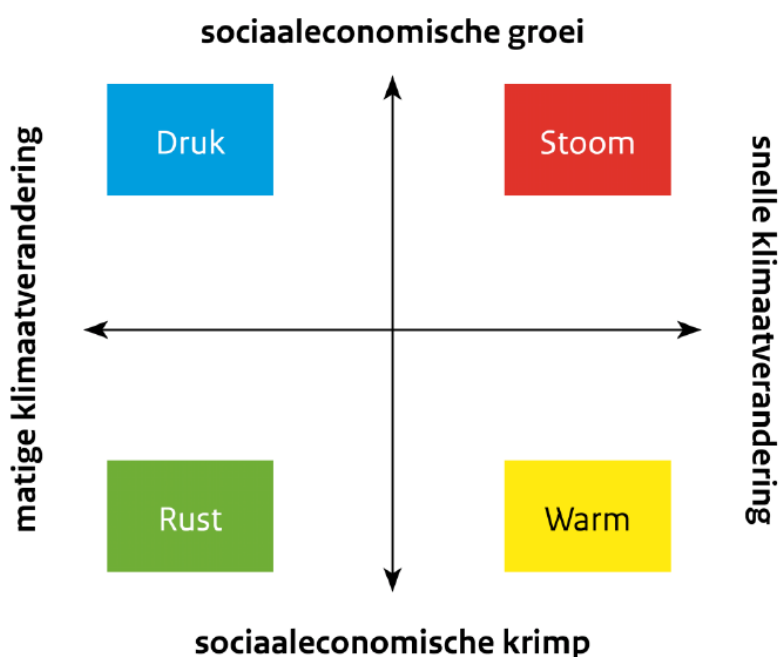


## 2 Toekomstscenario's

### 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).

<p><b>DRUK</b></p> <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> <p><b>RUST</b></p> <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 ecosystemendiensten</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>	<p><b>STOOM</b></p> <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> <p><b>WARM</b></p> <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).

In 2014 heeft KNMI de klimaatscenario's geactualiseerd. Aanleiding daarvoor is o.a. het nieuwe IPCC klimaatrapport. Het KNMI14 instrument is geschikter om de gevolgen van klimaatverandering voor watertemperatuur mee door te rekenen dan KNMI06 omdat de scenario's naast neerslag, verdamping en luchttemperatuur ook variatie van andere variabelen zoals luchtvochtigheid en straling specificeren.

*De basisprognoses 2016 zijn niet 1-op-1 vergelijkbaar met de basiscases uit het Deltaprogramma (referentiejaar 2015, 2050, 2100<sup>1</sup>) waarmee de knelpuntenanalyse (Deltares, 2015) is uitgevoerd. De relatie tussen de '06 en '14 scenario's is gegeven in*

<sup>11</sup> NB, KNMI'14 bevat klimaatscenario's voor het jaar 2085 i.p.v. 2050, vooralsnog wordt er van uitgegaan dat de 2085 scenario's 1:1 gebruikt worden voor het zichtjaar 2100.

Tabel 2.1 KNMI klimaatscenario's

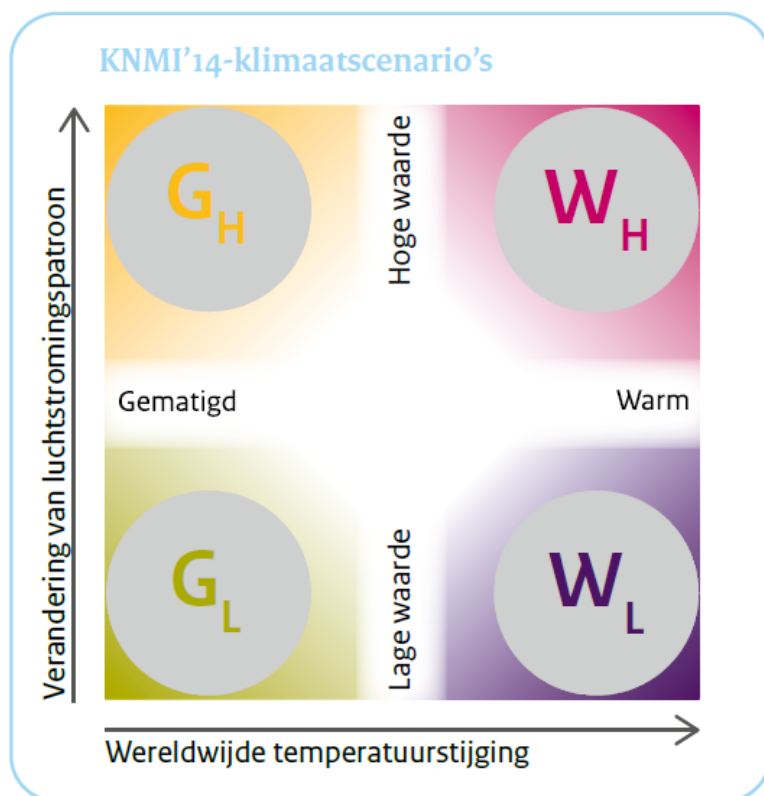
<b>zichtjaar</b>	<b>Klimaatscenario '14</b>	<b>Socio-economisch scenario '06</b>
Referentie	Referentie	Referentie
2050	GL	Druk
2050	GL	Rust
2050	WH	Stoom
2050	WH	Warm
2085	GL	Druk
2085	GL	Rust
2085	WH	Stoom
2085	WH	Warm

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. 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>2</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)

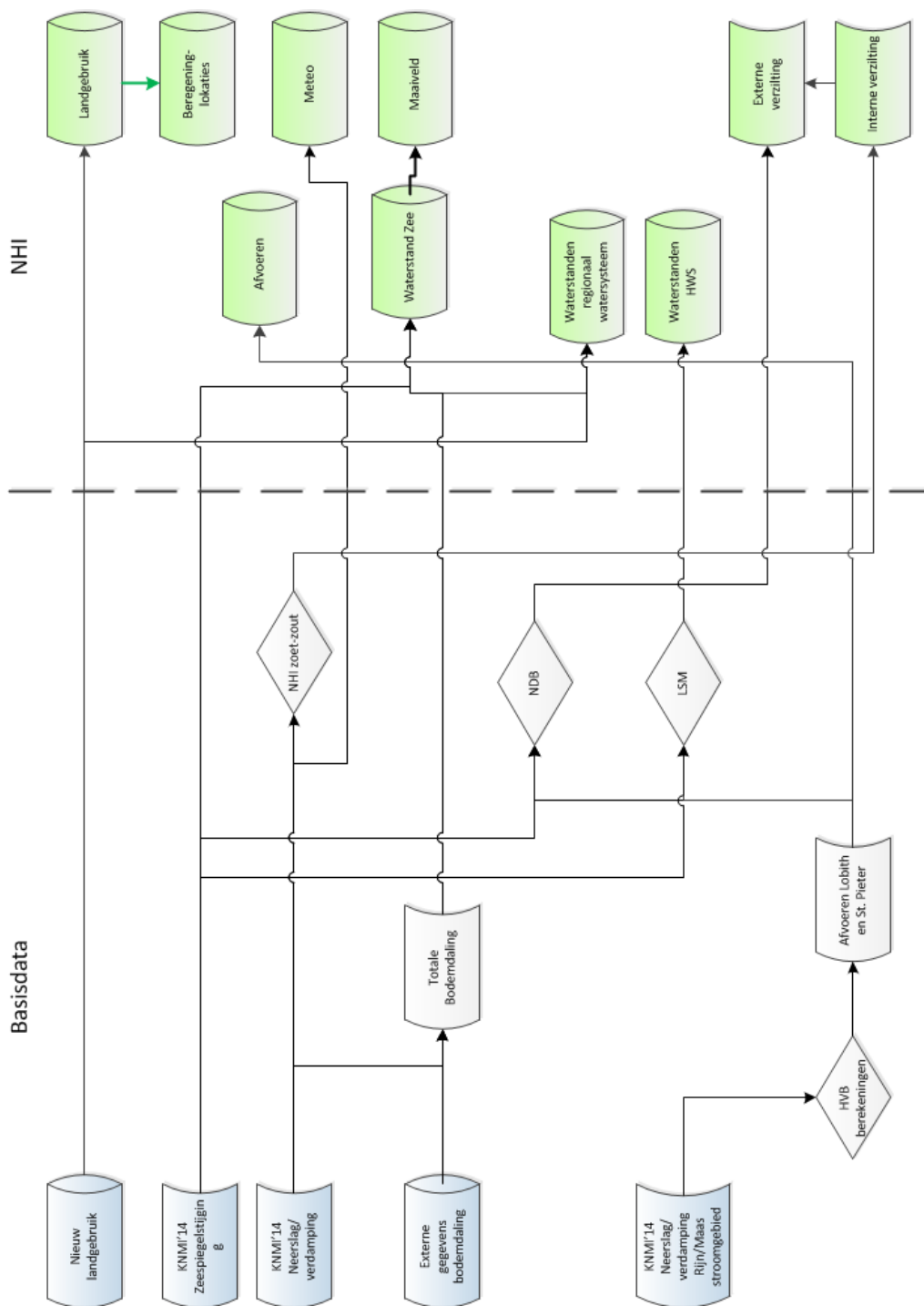
### 2.3 Implementatie toekomstscenario's voor NMW met LHM

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>2</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 Uitgangspunten 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 cm +NAP en 25 cm +NAP), 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	1991 <sup>3</sup>	1980-2006 <sup>4</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>3</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>4</sup> Voor de KNMI14 scenario's in NL zijn neerslag, temperatuur en verdampingsgrids afgeleid voor de periode 1980-2010. De afvoerreksen 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, als onderdeel van GRADE (Hegnauer et al, 2014). Uit analyses van de berekende afvoeren is gebleken dat er verschillen waren in de referentie tussen het model en de werkelijk gemeten afvoerreeksen. Om die reden is er voor gekozen om, net zoals voor de Deltascenario's, een correctie op de berekende uitvoer toe te passen. Deze aanpassing staat inhoudelijk beschreven in Sperna Weiland (2016). Het resultaat van de correctie wordt verderop in deze sectie gepresenteerd.

De gecorrigeerde 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 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).

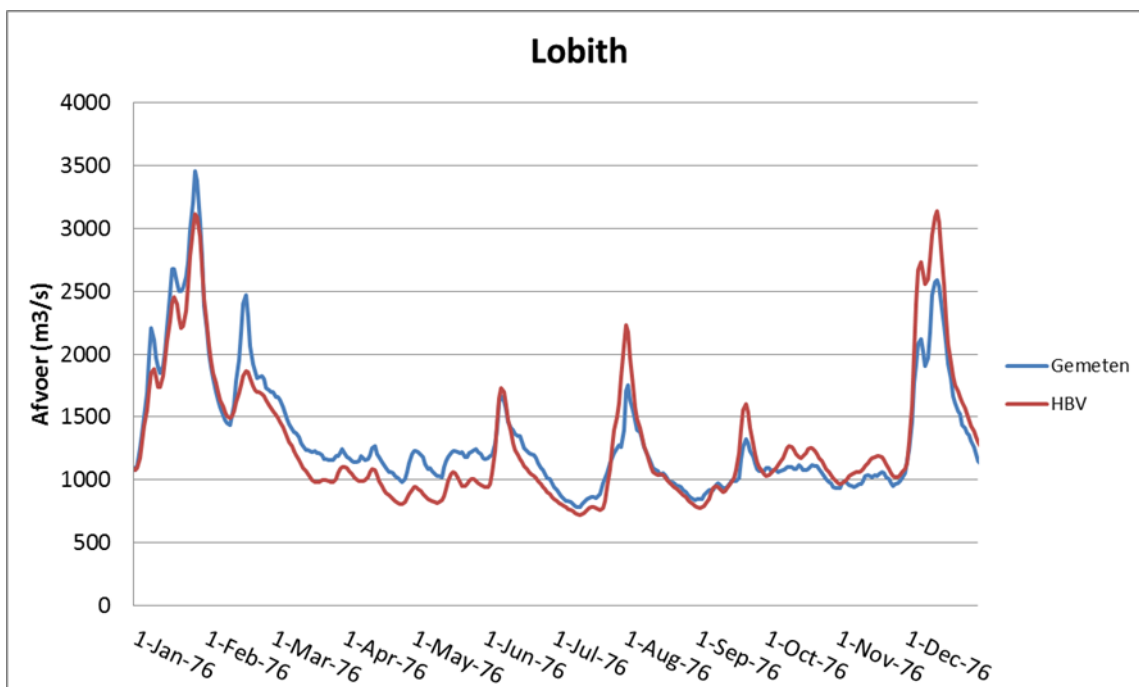
Met de tool DMLSMRivierafvoeren.exe zijn vervolgens de HBV dagafvoeren naar dagafvoeren voor LSM en decadeafvoeren voor DM omgezet. Voor de chloridegehalten in DM is voor Rijn en Maas gebruik gemaakt van de regressierelaties tussen afvoer en chlorideconcentratie. Voor de kleine rivieren is een dergelijke 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.

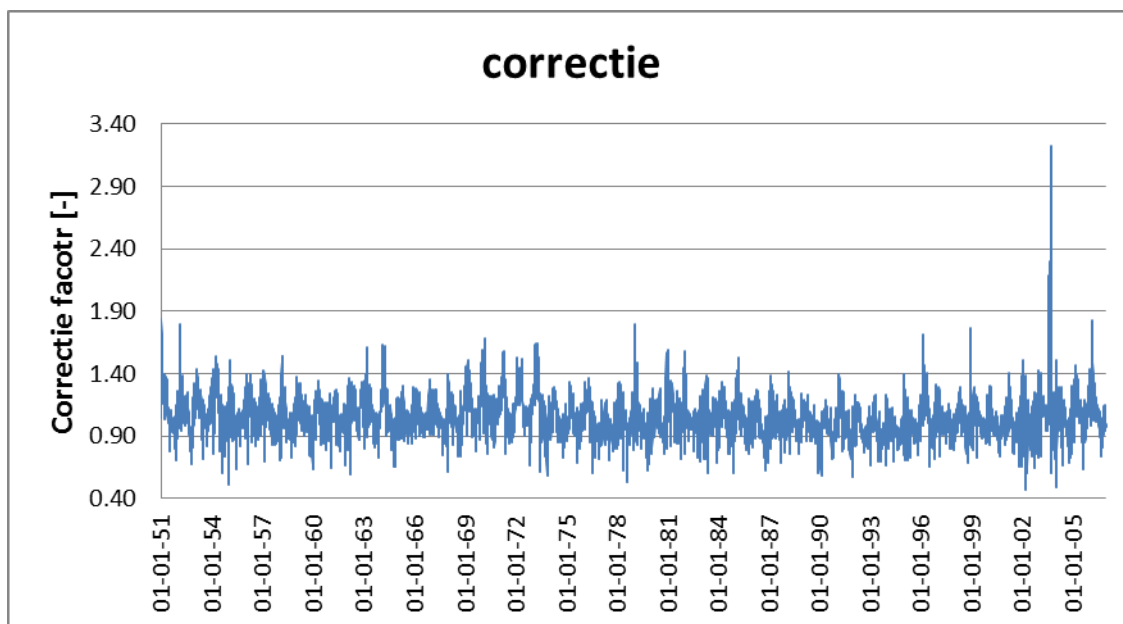
### Resultaat correctie HBV referentie afvoeren naar de metingen

In figuren Figuur 3.1-Figuur 3.4 is voor Lobith het resultaat van de correctie weergegeven. In Figuur 3.1 is om te beginnen het verschil tussen de gemeten en de gesimuleerde referentie situatie weergegeven voor het jaar 1976. Hieruit is een correctiefactor op dagbasis afgeleid, welke voor de periode 1951-2006 is weergegeven in Figuur 3.2. Vooral in 2003 zijn de verschillen groot, waardoor ook de correctiefactor hoog is. De correctiefactoren worden vervolgens toegepast op alle gesimuleerde afvoerreeksen, dus zowel op berekende referentie reeks, als op de berekende scenarioreeksen.

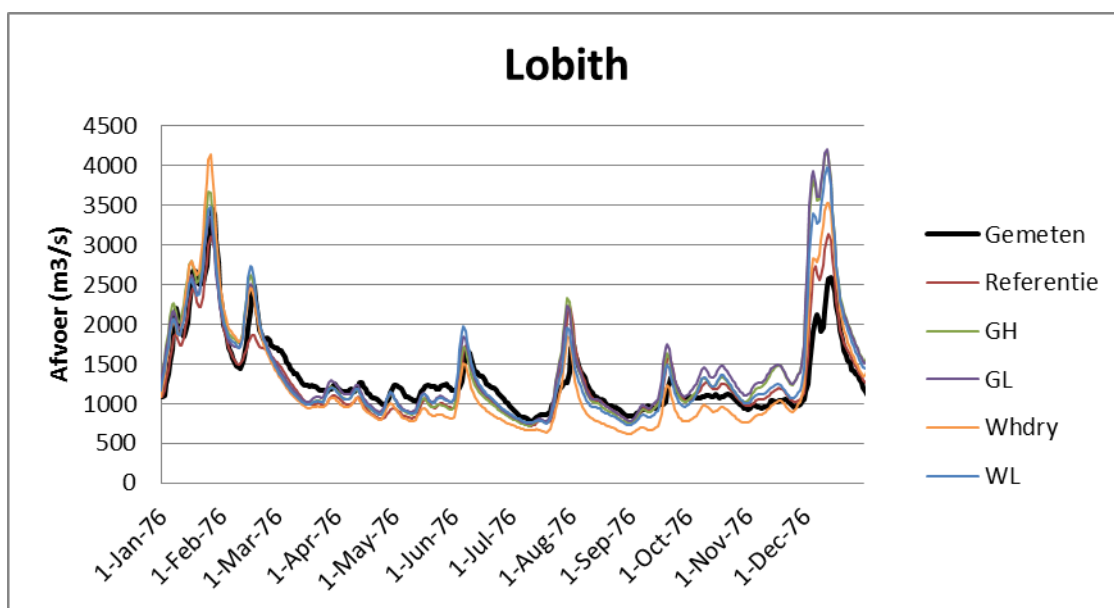
In Figuur 3.3 zijn voor 2050 de ongecorrigeerde reeksen voor de verschillende scenario's en voor de gesimuleerde en gemeten referentiereeks weergegeven. Hierin is duidelijk het verschil zichtbaar tussen de berekende en gemeten referentie. In Figuur 3.4 zijn vervolgens de gecorrigeerde reeksen weergegeven. De ligging van de scenarioreeksen ten op zichte van de referentie en ten opzichte van elkaar is niet (of nauwelijks) veranderd door de correctie. In absolute zin zijn en minimale verschillen zichtbaar voor Lobith, echter deze verschillen kunnen wel leiden tot andere inzichten in voor Zoetwater relevante indicatoren, zoals het afvoerdeficiet.



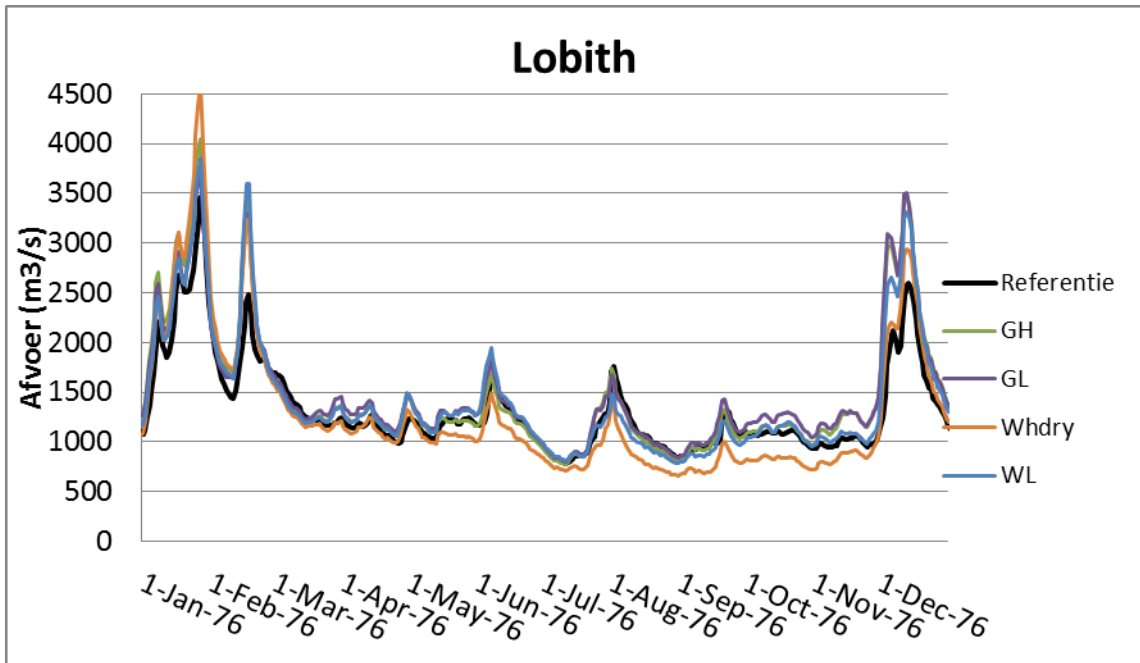
Figuur 3.1 Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Lobith voor 1976 (bron: Sperna Weiland, 2016).



Figuur 3.2 De variatie in de correctiefactor die de gesimuleerde afvoer bij Lobith gelijk stelt aan de gemeten afvoer bij Lobith over tijd (bron: Sperna Weiland, 2016).



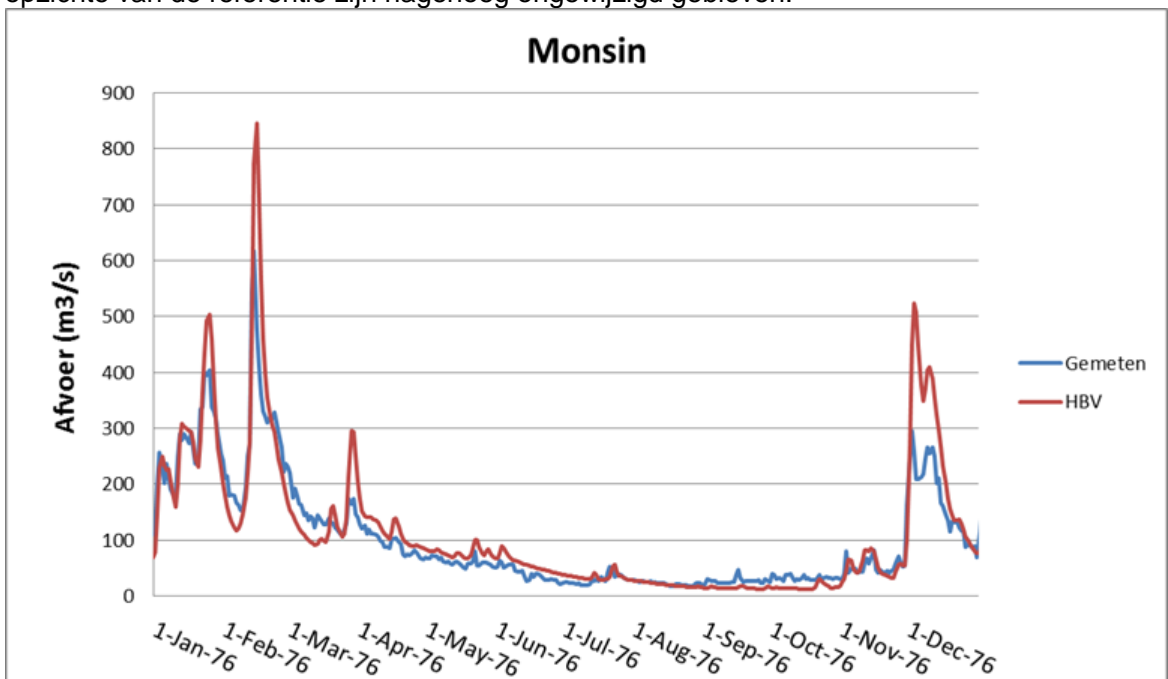
Figuur 3.3 **Ongecorrigeerde** KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1976 (bron: Sperna Weiland, 2016).



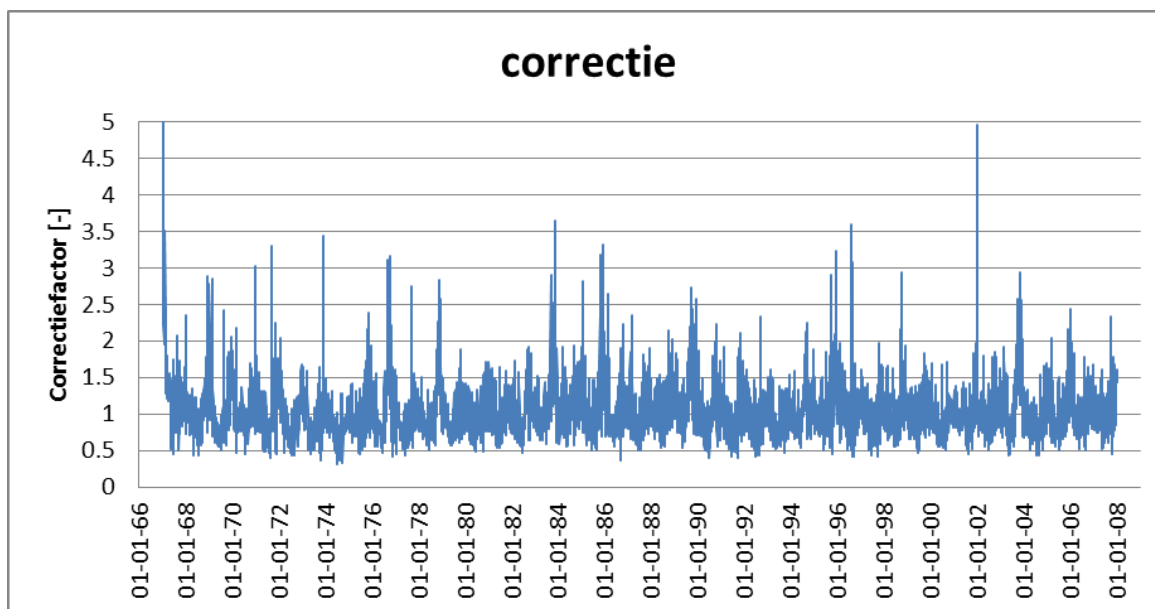
Figuur 3.4 **Gecorrigeerde** KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1976 (bron: Sperna Weiland, 2016).

Voor de Maas bij Monsin is een vergelijkbare correctie uitgevoerd. De verschillen tussen de gemeten en de gesimuleerde referentie is relatief gezien iets groter dan bij de Rijn. Dit is onder andere te zien in Figuur 3.5. Dit grotere verschil resulteert ook in grotere correctiefactoren, welke voor de periode 1966-2008 zijn weergegeven in Figuur 3.6.

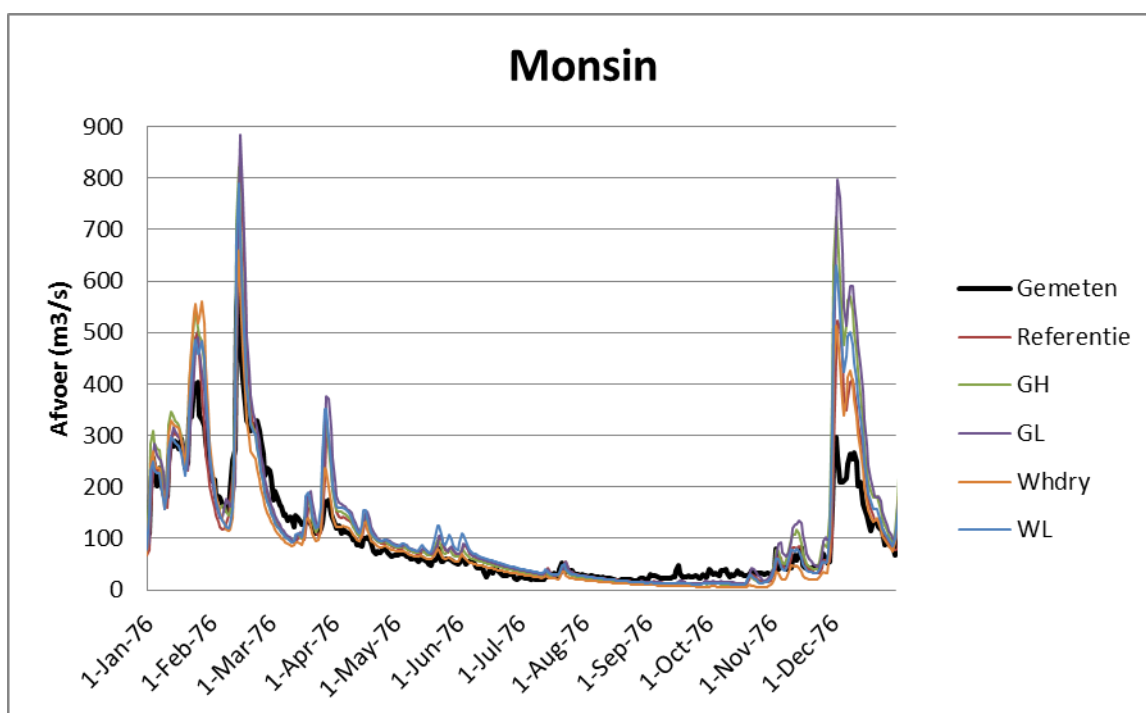
In Figuur 3.7 zijn de ongecorrigeerde reeksen voor 1976 weergegeven. Vervolgens zijn in Figuur 3.8 de gecorrigeerde afvoerreeksen weergegeven. Hierin valt op dat met name de pieken in absolute zin lager zijn geworden. De onderlinge ligging van de scenario's en ten opzichte van de referentie zijn nagenoeg ongewijzigd gebleven.



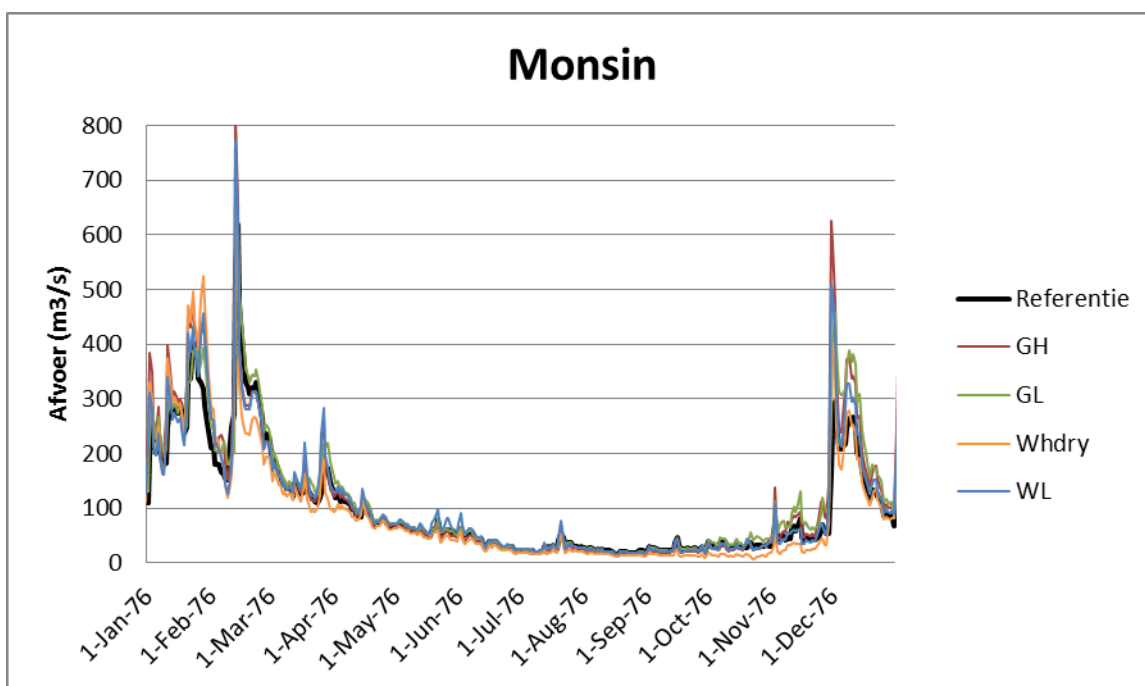
Figuur 3.5 Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Monsin voor 1976 (bron: Sperna Weiland, 2016).



Figuur 3.6 De variatie in de correctiefactor die de gesimuleerde afvoer bij Monsin gelijk stelt aan de gemeten afvoer bij Monsin over tijd (bron: Sperna Weiland, 2016).



Figuur 3.7 **Ongecorrigeerde** KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1976 (bron: Sperna Weiland, 2016).



Figuur 3.8 **Gecorrigeerde KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1976** (bron: Sperna Weiland, 2016).

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

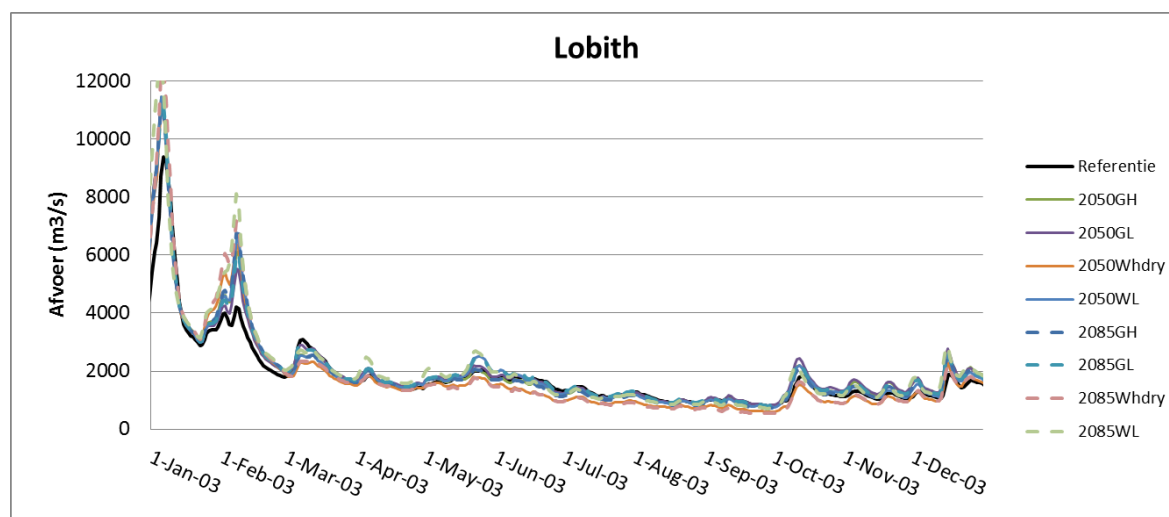
De gebruikte conversiefactoren voor de kleine rivierafvoeren voor de verschillende zichtjaren en scenario's zijn als volgt:

decade	2050GL	2050WH	2085GL	2085WH <sub>DRY</sub>
1	1.160	1.106	1.118	1.136
2	1.057	1.073	1.036	1.112
3	0.996	1.120	1.026	1.156
4	1.045	1.027	1.087	1.047
5	1.117	1.049	1.173	1.083
6	1.143	1.033	1.204	1.050
7	1.156	1.001	1.198	1.047
8	1.118	0.908	1.068	0.977
9	1.153	0.916	1.078	1.008
10	1.133	0.962	1.064	1.009
11	1.093	0.999	1.051	1.005
12	1.085	1.025	1.067	1.006
13	1.079	0.969	1.091	0.958
14	1.060	0.898	1.091	0.896
15	1.051	0.893	1.103	0.897
16	1.042	0.944	1.123	0.951
17	1.021	0.888	1.041	0.877
18	1.011	0.931	1.069	0.920
19	1.006	0.875	1.040	0.808

decade	2050GL	2050WH	2085GL	2085WH <sub>DRY</sub>
20	0.987	0.819	1.000	0.728
21	0.976	0.796	0.979	0.698
22	0.983	0.682	0.974	0.591
23	0.992	0.636	0.987	0.547
24	1.004	0.572	1.001	0.477
25	1.022	0.556	0.998	0.429
26	1.047	0.532	0.996	0.378
27	1.061	0.515	0.999	0.346
28	1.169	0.576	1.162	0.420
29	1.238	0.550	1.148	0.418
30	1.298	0.600	1.250	0.484
31	1.306	0.641	1.202	0.518
32	1.310	0.745	1.233	0.624
33	1.338	0.828	1.237	0.721
34	1.309	0.951	1.228	0.867
35	1.282	1.093	1.308	1.032
36	1.300	1.224	1.289	1.199
<b>Gem</b>	1.115	0.859	1.103	0.817
<b>max</b>	1.338	1.224	1.308	1.199
<b>min</b>	0.976	0.515	0.974	0.346

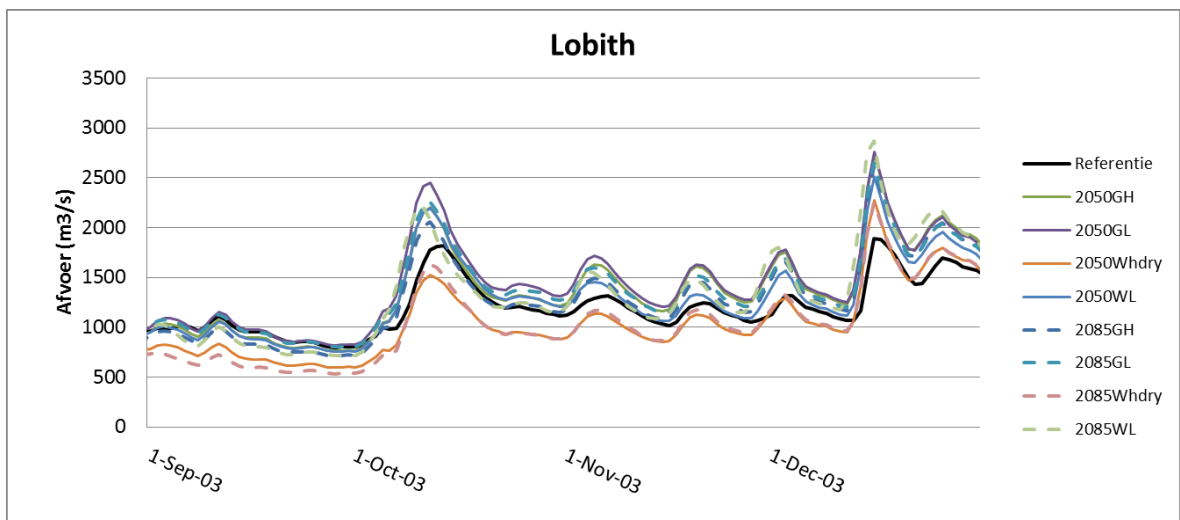
Uit de gemiddelden blijkt dat het  $W_{H,DRY}$  scenario de laagste factoren geeft – en dus de grootste afname van de afvoer. Na de  $2085W_{H,DRY}$  en  $2050W_{H,DRY}$  scenario's geeft het  $2085W_L$  scenario ook lage factoren te zien.

Dit blijkt ook uit de hydrografen voor 2003 voor zowel Lobith als Monsin:

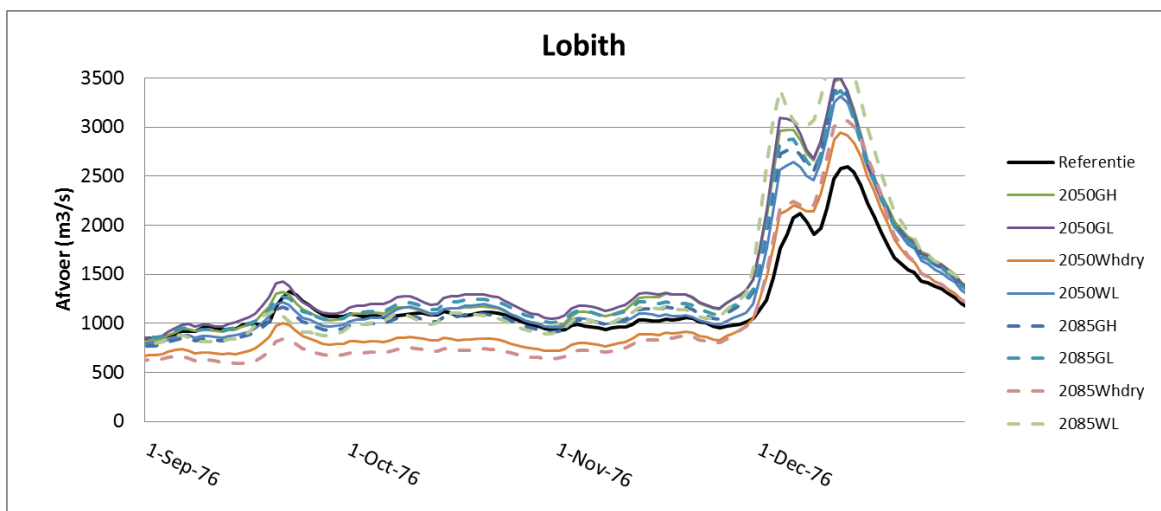


Figuur 3.9 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Lobith voor het voorbeeldjaar 2003.

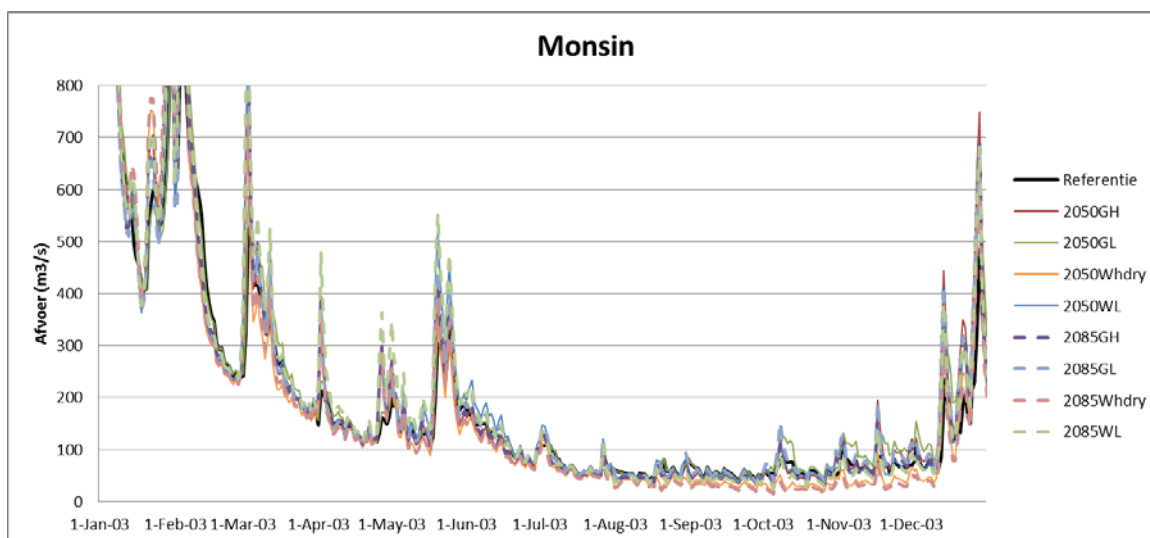




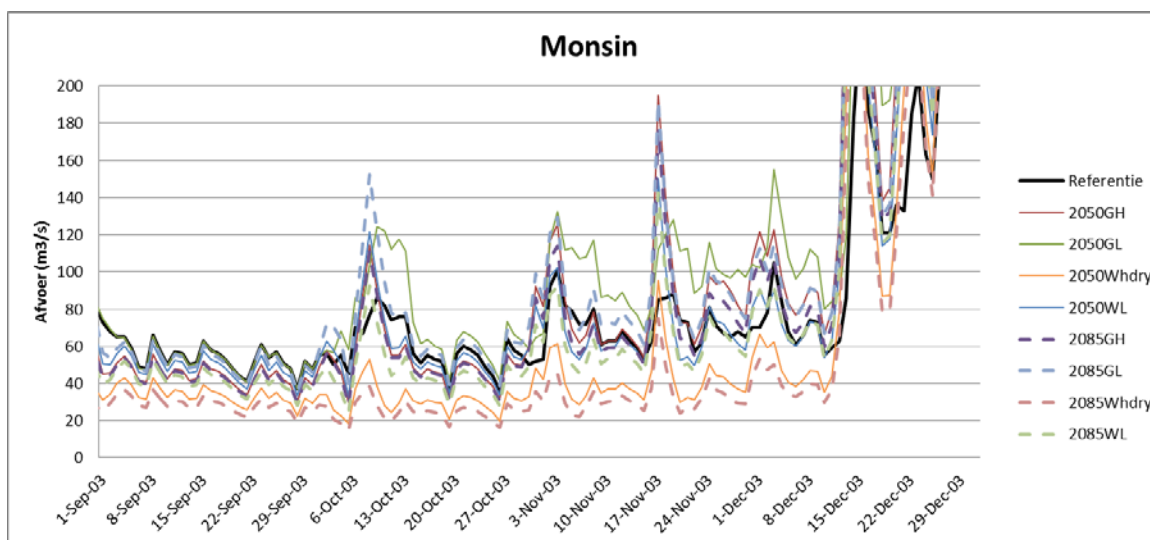
Figuur 3.10 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Lobith voor het voorbeeldjaar 2003 ingezoomd op de lage afvoeren.



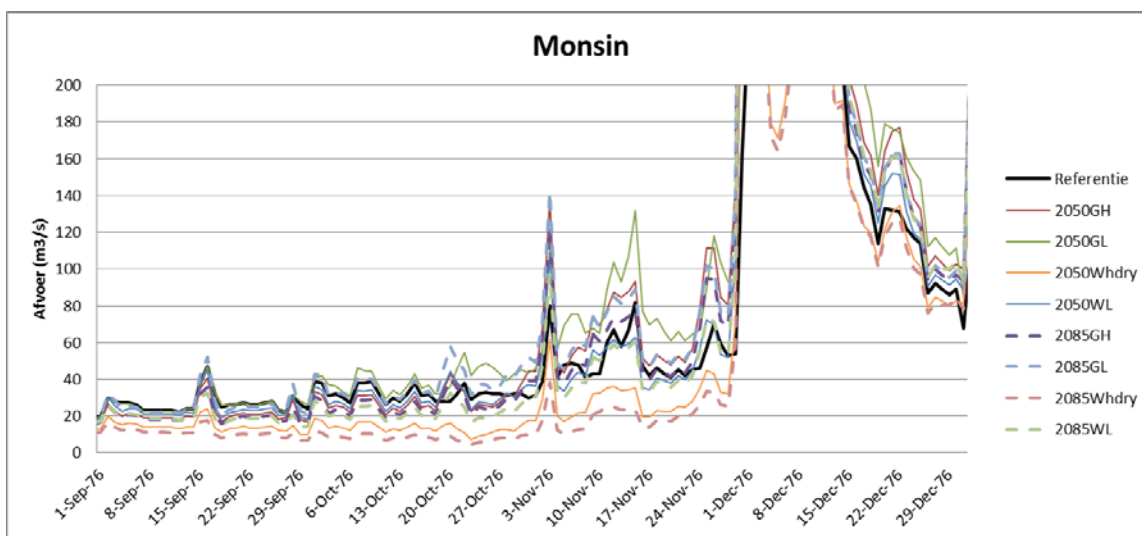
Figuur 3.11 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1976 ingezoomd op de lage afvoeren.



Figuur 3.12 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003.



Figuur 3.13 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003 ingezoomd op de lage afvoeren.



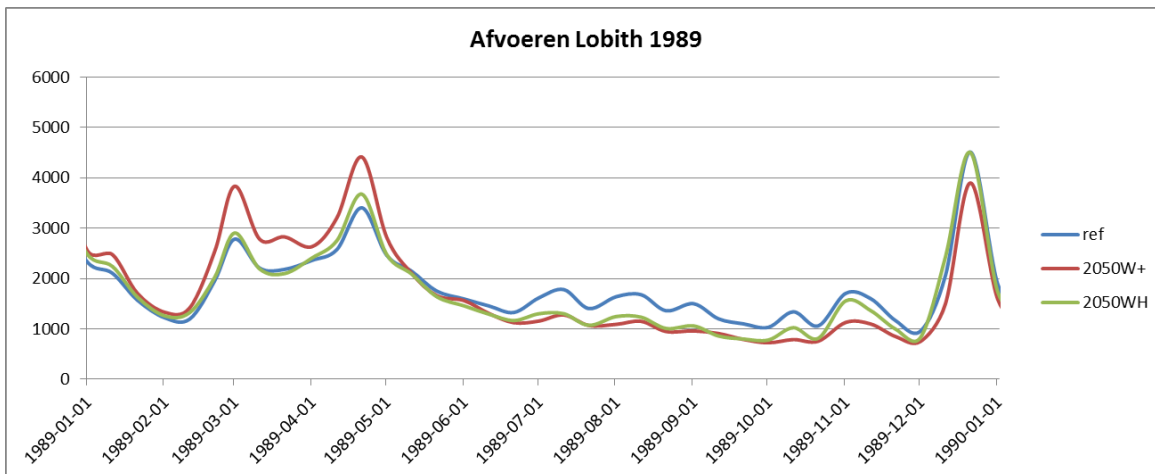
Figuur 3.14 Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1976 ingezoomd op de lage afvoeren.

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.

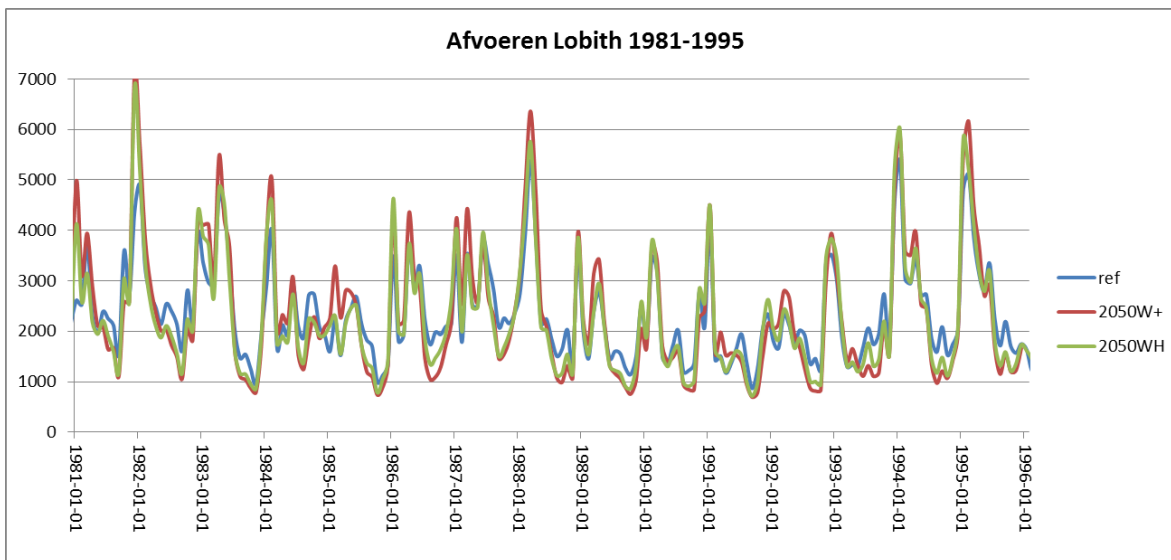
Ook voor een willekeurig ander jaar zoals 1994 laat het  $W_H$  scenario een grote afname zien. Waar in de referentie en in veel scenario's nog duidelijk een afvoerpiek te zien is (orde  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ ), is die in het  $W_H$  scenario geheel verdwenen (afvoer daar orde  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ). 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 in de analyses voor Zoetwater voor het  $W_H$  scenario andere jaren naar voren komen als kritische droogtejaren. Dit onderstreept de noodzaak voor een meer probabilistische aanpak op basis van een reeks van jaren, in plaats van het werken met vooraf (op basis van de huidige situatie) geselecteerde typische jaren.

#### Vergelijking KNMI06 vs. KNMI14

In onderstaande figuren is een vergelijking gemaakt tussen de afvoeren van het KNMI 06 2050  $W_+$  en het KNMI14 2050  $W_{Hdry}$  scenario na de conversie naar modelinvoer voor het LHM. In Figuur 3.15 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 3.16).



Figuur 3.15 Afvoeren bij Lobith voor referentie, KNMI06 2050 W+ en KNMI14 2050 WH voor 1989 in m3/decade



Figuur 3.16 Gemiddelde afvoeren per maand bij Lobith voor referentie, KNMI06 2050 W+ en KNMI14 2050 WH voor 1981-1996 in m3/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.

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 verziltingsrandvoorwaarde berekend moeten worden (zie hiervoor Buschman en Snippen, 2016).

Naar aanleiding van het beschikbaar komen van de aangepaste tijdreeksen voor Monsin en Lobith, zullen de berekeningen opnieuw uitgevoerd worden. Naar verwachting zal op korte termijn het NDB model ook binnen het NWM beschikbaar komen, waarmee de berekeningen van de zoutconcentraties in de Rijn-Maasmonding ook binnen het NWM uitgevoerd kunnen worden.

Locaties waar de afvoer uit LSM-Light gekoppeld worden aan NDB-zoutmodel (SOBEK-RE):

naam	Locatie in NDB	Locatie in LSM-light
Hagestein	Lek___2_.00	LSMLT_LR_RT_007_1
Tiel	Waal___2_.00	LSMLT_L_R_RT_003_6
Lith	Getijms1_.00	LSMLT_L_217_109
Krimpen aan den IJssel		HOIJ029_17800.00
Bernisse		SPUI084_12007.00
Bergambacht noodinlaat Dunea		Lek___2_32110.00
Rotterdam (Nieuwe Maas)		NIMA_Rotterdam_.00

Periode en criterium waarmee voor 3 locaties de overschrijdingsduur wordt bepaald (aan gebruiker om te bepalen)

Locatie	Periode	Criterium (mg/l)
Bernisse	1-1 tm 31-12	150
Krimpen aan den IJssel	1-4 tm 30-9	200
Bergambacht Dunea noodinlaat	1-1 tm 31-12	150

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 hoofwatersysteem 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 hoofwatersysteem.

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

### 3.1.7 Watertemperatuur

Het Landelijk Temperatuurmodel (LTM-Light) berekent de oppervlaktewatertemperatuur van het Landelijk Sobek Model voor het nationale en regionale oppervlaktewater. De koppeling tussen LSM en LTM-Light is beschreven in Deltares, 2015.

Deze paragraaf beschrijft de specifiek voor LTM-Light benodigde informatie. Het betreft additionele gegevens voor klimaat (zie 3.1.7.1) en watertemperatuur voor zee- en rivieranden (zie 3.1.7.2).

#### 3.1.7.1 Straling, luchttemperatuur en overige klimaat data

##### **Referentie reeks**

De data voor de referentie reeks (1981-2010) wordt verkregen via onderstaande KNMI website van historische meetgegevens.

<https://data.knmi.nl/portal/KNMI-DataCentre.html#fromdate=1900-01-01&todate=2016-04-05&fromtime=00%3A00%3A00&totime=23%3A59%3A59&term=temperature&location=3.2%3B7.4%3B53.7%3B50.6&openData=true>

Voor de volgende 14 KNMI stations zijn tijdreeksen van data opgehaald. In LTM-Light worden daarvan 10 regio's gebruikt, omdat 4 niet in de schematisatie zijn opgenomen. Deze zijn in onderstaande tabel grijs weergegeven:

Tabel 3.2 KNMI stations waarvoor tijdseries van historische metingen (zie Tabel 3.3) worden gebruikt

STN	LON(east)	LAT(north)	ALT(m)	NAME
#210	4.42	52.18N	-0.2m	Valkenburg
#235	4.781	52.928	0.50	DEKOOY
#240	4.790	52.318	-4.40	SCHIPHOL
#260	5.180	52.100	2.00	DEBILT
#270	5.752	53.224	1.50	LEEWARDEN
#275	5.87	52.05	45.2	Deelen
#280	6.58	53.12	3.2	Eelde

#290	6.891	52.274	34.50	TWENTHE
#310	3.596	51.442	8.00	VLISSINGEN
#344	4.447	51.962	-4.80	ROTTERDAM
#350	4.93	51.57	11.9m	Gilze-Rijen
#370	5.377	51.451	20.30	EINDHOVEN
#375	5.70	51.65	19.9m	Volkel
#380	5.762	50.906	114.00	MAASTRICHT

Voor bovenstaande stations zijn voor de referentieperiode 1981-2006 ook de volgende variabelen beschikbaar. De grijze regels worden binnen het NWM niet gebruikt, omdat deze niet nodig zijn bij de berekening voor temperatuur:

Tabel 3.3 Meteorologische variabelen waarvoor tijdseries voor 14 stations (zie Tabel 3.2) worden gebruikt

Code	Omschrijving	Eenheid
# TG	Etmaalgemiddelde temperatuur	(in 0.1 graden Celsius)
# Q	Globale straling	(in kJ/m <sup>2</sup> )
# UG	Etmaalgemiddelde relatieve vochtigheid	(in procenten)
# FG	Etmaalgemiddelde windsnelheid	(in 0.1 m/s)
# SQ	Zonneschijnduur (in 0.1 uur) berekend uit de globale straling	(-1 voor <0.05 uur)
# PG	Etmaalgemiddelde luchtdruk herleid tot zeeniveau	(in 0.1 hPa)
# NG	Etmaalgemiddelde bewolking, bedekkingsgraad van de bovenlucht in achtsten (9=bovenlucht onzichtbaar)	(in achtsten)
# EV24	Referentiegewasverdamping (Makkink)	(in 0.1 mm)

Opmerkingen bij de referentiedata

- Globale straling moet in LTM-Light worden gespecificeerd in W/m<sup>2</sup>. Het KNMI specificeert globale straling in kJ/m<sup>2</sup> hetgeen een etmaal gesommeerde waarde is (dus kJ/m<sup>2</sup>/dag). Conversie vindt plaats met de volgende conversiefactor: 1/86.4.
- In de historische meetreeksen ontbreekt globale straling vaak voor 1987. In de referentiereeks die met het transformatieprogramma door KNMI wordt gemaakt (zie bij klimaatscenario's) is globale straling in zulke gevallen aangevuld met metingen uit station de Bilt. Zie Technische documentatie van Bakker en Bessembinder, 2013.
- Referentiegewasverdamping wordt niet als modelforcering gebruikt maar is beschikbaar gemaakt voor validatiedoeleinden.

### Scenario reeks

Om LTM-Light voor de scenario's te kunnen draaien zijn getransformeerde reeksen van alle reeksen voor de variabelen in Tabel 3.3 nodig. Voor luchttemperatuur en globale straling levert KNMI zulke getransformeerde reeksen. Voor de overige variabelen vindt de transformatie binnen NWM (FEWS) plaats door gebruik te maken van zogenaamde veranderingsvectoren (meestal procentuele veranderingen) waarmee de referentiereeks bewerkt wordt.



De gegevens voor de KNMI14 scenario's uit drie bronnen verkregen:

1. Als getransformeerde reeksen van dagwaarden beschikbaar voor luchttemperatuur en globale straling:  
[http://www.klimaatsscenario's.nl/toekomstig\\_weer/transformatie/index.html](http://www.klimaatsscenario's.nl/toekomstig_weer/transformatie/index.html).
2. Als maandgemiddelde procentuele verandering in KNMI (2014b) in de toelichting transformatie tijdreeksen (versie 6-10-2015). Hier zijn veranderingsvectoren voor de relatieve luchtvochtigheid gegeven
3. Als seizoen gemiddelde procentuele verandering in de KNMI brochure (2014c). Hierin zijn per seizoen of per jaar veranderingsvectoren voor diverse variabelen gegeven  
Gebruikt wordt de windsnelheid

Hieronder is per variabele een korte toelichting gegeven.

#### *Luchttemperatuur*

Tijdreeksen van luchttemperatuur voor de vier scenario's zijn beschikbaar en te zien in NWM en worden hier niet als tijdserie weergegeven. De waarden in Tabel 3.4 geven de jaar- en zomergemiddelde temperatuurstijging van de getransformeerde reeks aan.

Tabel 3.4 Verandering luchttemperatuur

	2050	2050	2085	2085
	GL	WH	GL	WH
	°C	°C	°C	°C
Jaar	1	2.3	1.3	3.7
Zomer	0.9	2.1	1.2	3.1
Winter	1.1	2.7	2.0	4.1

#### *Globale straling*

Tijdreeksen van globale straling voor de vier scenario's zijn beschikbaar en te zien in NWM en worden hier niet als tijdserie weergegeven. De waarden in Tabel 3.4 geven de jaar- en zomergemiddelde globale straling van de getransformeerde reeks aan.

Tabel 3.5 Verandering globale straling

	2050	2050	2085	2085
	GL	WH	GL	WH
	%	%	%	%
Jaar	0.6	1.2	-0.5	1.4
Zomer	2.1	6.5	0.9	9.5
Winter (december)	-1.7	-6.2	-1.8	-8.0

#### *Relatieve luchtvochtigheid*

In de zomer maanden is de verandering van de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid bekend, de veranderingen liggen in de range van -3.9% ('s zomers) tot +1.1% ('s winters) en zijn daarmee significant. Zie Tabel 3.7.

Eventueel kan KNMI deze gegevens op dag basis beschikbaar maken door het transformatieprogramma hiervoor geschikt te maken.

### Wind

Voor windsterkte zijn de veranderingen volgens KNMI (Bessembinder persoonlijke communicatie) niet significant (kleiner dan de natuurlijke variatie gemiddeld over de laatste 30 jaar). Voor veel toepassingen kan gewoon de reeks voor het huidige klimaat in de toekomst worden gebruikt.

In de winter is de verandering van gemiddelde windsnelheid per scenario wél gepubliceerd in de brochure (KNMI, 2014c). De windsterkte is 2.5% minder in het GL scenario en tot 2.5% sterker in het in het Wh scenario. Buiten het winterseizoen zijn er voor de rest van het jaar geen veranderingen gepubliceerd. Zie Tabel 3.7 voor de gebruikte veranderingsvectoren.

### Bewolkingsgraad

Voor de verandering van de bewolkingsgraad heeft het KNMI geen getalsmatige informatie gepubliceerd en ook niet direct beschikbaar. De informatie is wel beschikbaar n de runs van de klimaatscenario's (grids) maar niet op korte termijn (dit jaar) beschikbaar. Sinds de jaren 1950 is de bewolking in Nederland niet wezenlijk veranderd (KNMI, 2014c) en voor het GL scenario verandert de bewolking ook niet. Voor het WH scenario neemt de bewolking 's zomers door meer (drogere) oostenwind beduidend af en 's winters door meer regendagen toe. Dit effect is in de verre toekomst (2080) waarschijnlijk groter dan in de meer nabije toekomst (2050). In Tabel 3.7 is deze trend met +/- weergegeven maar niet vertaald naar een veranderingsvector (%).

Een veranderingsvector voor bewolking is waarschijnlijk op kortere termijn nog wel te schatten uit getransformeerde reeksen van luchttemperatuur en straling (bijvoorbeeld: een combinatie van meer straling overdag en een lagere temperatuur in de nacht is waarschijnlijk het gevolg van een afname van de bewolkingsgraad).

Vooralsnog is in LTM-Light de bewolking uit de referentiereeks gebruikt (geen veranderingsvector).

### Referentie gewasverdamping

KNMI publiceert de referentieverdamping volgens Makkink welke wordt afgeleid uit de getransformeerde straling en de getransformeerde luchttemperatuur.

LTM-Light berekent de openwater verdamping volgens de energiebalansmethode (Boderie en Visser, 2007). Door LTM-Light verdamping en Makkink verdamping (\*1.26) te vergelijken krijgen we een idee hoe valide de met LTM-Light berekende toekomstscenario's zijn. Binnen het NWM worden deze niet gebruikt in de berekening, maar zijn wel bruikbaar voor validatiecontroles.

Tabel 3.6 Verandering referentie gewasverdamping volgens Makkink

	2050	2050	2085	2085
	GL	WH	GL	WH
	%	%	%	%
Jaar	3	7	2.5	10
Zomer (juni-augustus)	4	3.5	11	15

Tabel 3.7 Relatieve verandering (klimaatvectoren) voor wind, luchtvochtigheid en bewolgingsgraad voor klimaatscenario's GL en WH in de zichtjaren 2050 en 2080 (Bron KNMI'14).

	Windsnelheid				Relatieve luchtvochtigheid				Bewolgingsgraad			
	Wind				RH				Cloud			
	2050	2050	2085	2085	2050	2050	2085	2085	2050	2050	2085	2085
	GL	WH	GL	WH	GL	WH	GL	WH	GL	WH	GL	WH
	%	%	%	%	%	%	%					
Jan	-1.1	+0.9	-2.0	+2.2	0.3	0.2	0.4	0.6		+		++
Feb	-1.1	+0.9	-2.0	+2.2	0.2	0.2	0.3	0.2		+		++
Mrt	-0.55	+0.45	-1.0	+1.1	0.1	0.3	0.1	0.8				
Apr					0	0.2	0.2	1.1				
Mei					-0.2	-0.3	0.5	0.5				
Jun					-0.5	-1.5	0.4	-1.6		-		--
Jul					-0.6	-2.5	-0.1	-3.6		-		--
Aug					-0.5	-2.7	-0.5	-3.9		-		--
Sep					-0.3	-1.7	-0.2	-1.9				
Okt					-0.1	-0.4	0.2	-0.2				
Nov	-0.55	+0.45	-1.0	+1.1	0.1	0.3	0.3	0.6				
Dec	-1.1	+0.9	-2.0	+2.2	0.3	0.4	0.4	0.7		+		++

### 3.1.7.2 Watertemperatuur randen

Figuur 3.17 laat de randen van het LTM-Light zien. Voor de buitenranden van Nederland gaat het om de Maas, Rijn, Vecht, en Wester-Schelde en Noordzee. Ook binnen de landsgrenzen is een aantal open randen in LSM gedefinieerd (paars) waarvoor een tijdserie van (gemeten) watertemperatuur in LTM-Light nodig is.

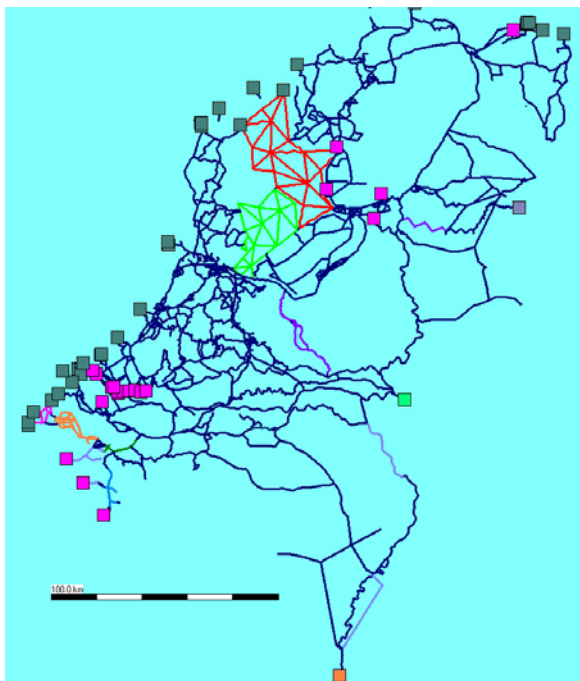
#### **Referentie reeks**

Voor de rivierafvoer wordt gebruik gemaakt van de tijdseries die ook voor LSM worden gebruikt ( zie paragraaf 3.1.3) waarbij voor het WH scenario de WHdry variant die ook binnen Zoetwater ("droge" toepassing) wordt toegepast.

De watertemperatuur van de rivieren is voor de referentiesituatie gehaald uit waterbase <http://live.waterbase.nl>.

Specifiek voor de watertemperaturen in LTM-Light geldt:

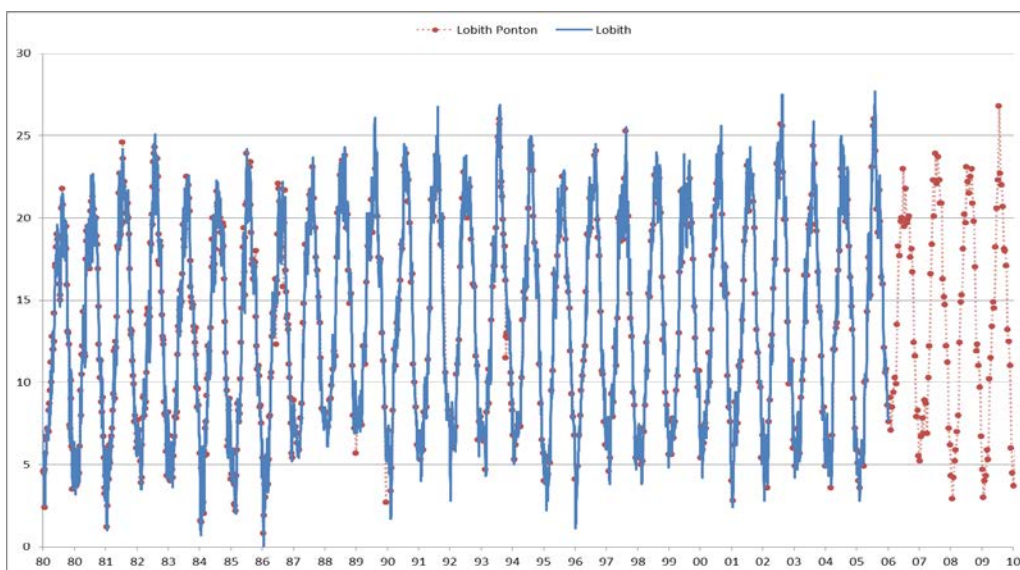
1. Voor de Rijn (licht groen) gebruiken we gemeten watertemperatuur van Lobith zoals gemeen op station Lobith en Lobith Ponton
2. De Maas (oranje) gebruikt de gemeten watertemperatuur van Eijsden (oranje) zoals gemeten op meetstation (Eijsden Grens en Eijsden ponton)
3. De Vecht (donker blauw gebruikt metingen van de Rijn (meetstation Lobith) omdat daar geen metingen beschikbaar zijn. Het model heeft wel de mogelijkheid om een andere tijdserie aan te sluiten indien deze alsnog beschikbaar komen.
4. Voor de Noordzee randen (donker groen) bestaan vele individuele locaties. Voor al deze locaties definiëren we slechts één type rand (nl. Noordzee) waar voor een tijdserie van meetstation Hoek van Holland wordt gebruikt. Mocht het nodig zijn kunnen afwijkende tijdseries voor individuele randen (bv bij IJmuiden) worden aangesloten.



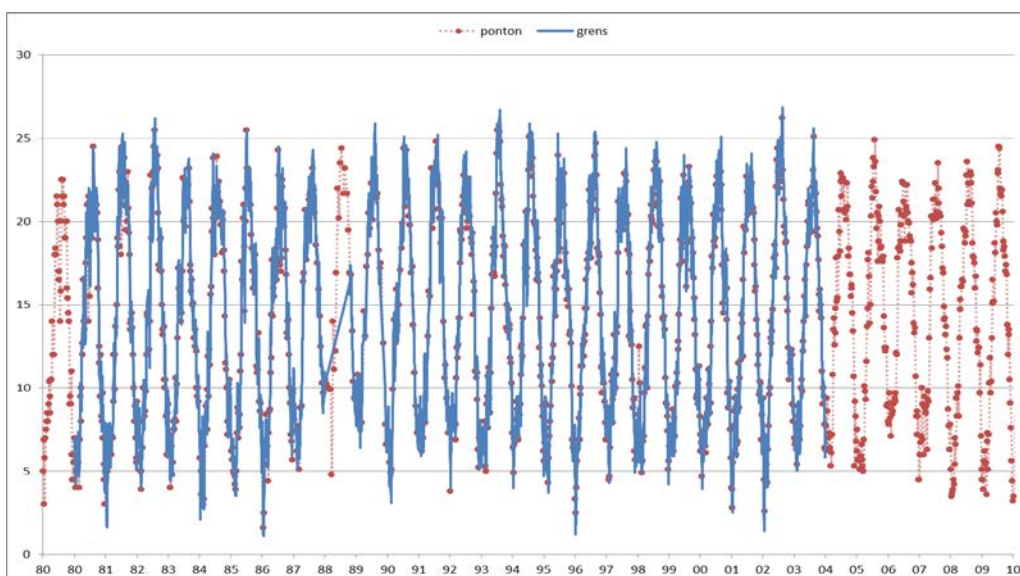
Figuur 3.17 Randen van het LTM-Light model

Er is een aantal bewerkingen op de data uitgevoerd:

- Per locatie is een tijdserie gemaakt van de beschikbare metingen. Voor Lobith en Eijsden betekende dit dat de metingen op de pontons zijn toegevoegd aan de metingen van het vaste meetpunt
- De temperatuurmetingen beschikbaar in waterbase zijn dagwaarden. Missende waarden worden lineair geïnterpoleerd en het geval er meerdere metingen op een dag beschikbaar zijn wordt de eerst beschikbare gebruikt.
- Vanaf oktober 1989 is het tijdstip van meten op meetstation Lobith verschoven van 8.00 naar 12.00u waardoor er een (stap)trend (+0.6 °C) in de metingen is geïntroduceerd. Hiervoor zijn de data niet gecorrigeerd hoewel dat mogelijk is (zie Deltares, 2008). Figuur 3.18 laat de meetwaarden zien.
- Ook voor Eijsden is het meettijdstip binnen de tijdserie veranderd zonder hiervoor te corrigeren (tot 1992 om 8u en van 1981 om 12u). Het verschil in watertemperatuur voor beide tijdstippen is nagenoeg constant en bedraagt, net als voor de Rijn bij Lobith, ongeveer 0.6°C.



Figuur 3.18 Watertemperatuur Lobith (blauw, lijn) en Lobith-Ponton (rood, punten) voor LTM-Light (referentie periode)



Figuur 3.19 Watertemperatuur Eijsden Grens (blauw, lijn) en Eijsden-Ponton (rood, punten) voor LTM-Light (referentie periode)

### **Scenario reeks**

Op dit moment verandert de watertemperatuur van rivier- voor de klimaatscenario's in het model niet! Reden is dat er nog geen keuze is gemaakt over de methodiek waarmee zo'n verandering gekwantificeerd moet worden.

Het resultaat van berekeningen met LSM-Light voor wat betreft de klimaatscenario's zal voor wateren die nog sterk ik beïnvloed zijn door de randen Lobith en Eijsden niet bruikbaar zijn.

Verder van de grens en bij lage afvoeren gaat het binnenlands klimaat de watertemperatuur bepalen en zijn resultaten wel bruikbaar.

### 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 landgebruikskarten 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.

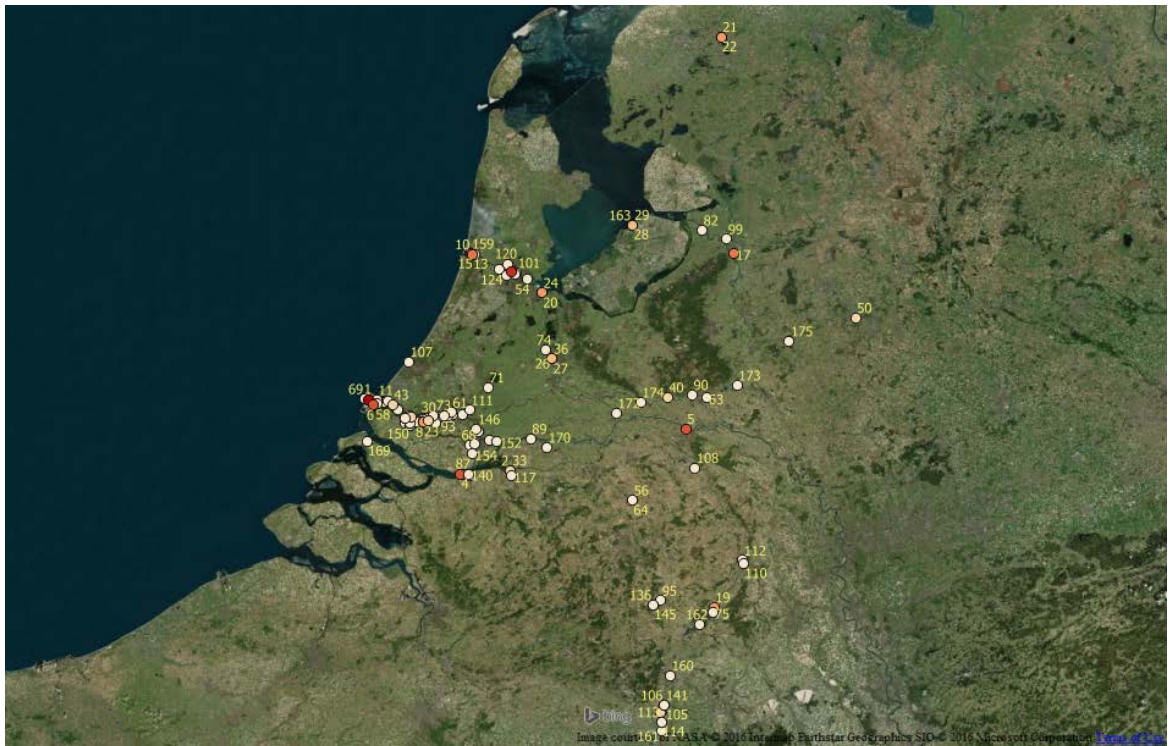
#### 3.2.5 Warmtelozingen

##### 3.2.5.1 Warmtelozingen in Nederland

Warmtelasten van elektriciteitsproductie eenheden en industrie zijn in de referentiesom opgenomen in het model volgens praktijklast in MW (inventarisatie Kema, 2010 t.b.v. Zoetwatervoorziening in Nederland, landelijke analyse knelpunten 21e eeuw, Klijn et. al. 2011). In de FEWS database van NWM is naast deze praktijklast ook de vergunde warmtelast beschikbaar. De meeste warmtelozingen zijn constant in de tijd gedefinieerd, zie Appendix 7A.

In LTM-Light worden de warmtelasten uit de database gekoppeld aan de (warmte)lozingspunten in het LSM netwerk. De koppeling vindt plaats op basis van een identificatie (ID) van de lozing.





Figuur 3.20 Kaart locaties warmtelozingen. Het nummer op de kaart (heel NL boven, regio rondom haven Rotterdam, onder) correspondeert met het volgnummer in Appendix 7A.

### 3.2.5.2 Warmtelozingen in Duitsland en België

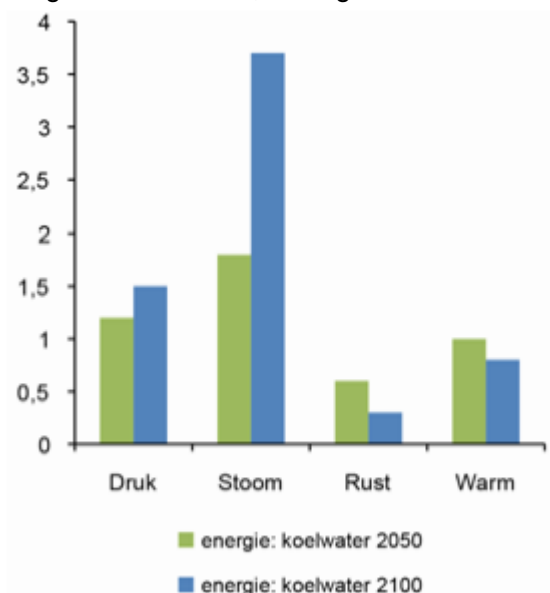
Warmtelozingen in Duitsland en België liggen buiten het modeldomein van het Nationaal Watermodel. Er wordt geen gebruik gemaakt van modellen om de bijdrage van de warmtelozingen op de grens (Lobith en Eijsden) te kwantificeren.

De bijdrage van het restant warmtelozingen is integraal onderdeel van de gemeten temperatuur voor deze rivieranden (3.1.7.2).

### 3.2.5.3 Socio-economische veranderingen

Voor geen van de in paragraaf 3.1.7.2 beschreven randen zijn op dit moment Socio-economische scenario's gedefinieerd. Voor de watertemperatuur van de Rijn en Maas en voor de warmtelozingen zijn deze scenario's wel significant.

Ook de warmtelozingen zijn voor de toekomst scenario's gelijk aan de warmtelozingen in het referentiejaar. Tijdens de knelpuntenanalyse werd rekening gehouden met een variërende vraag naar koelwater, zie Figuur 3.21.



Figuur 3.21 Verandering van koelwatergebruik voor de elektriciteitsproductie ten opzichte van de basisperiode 2008-2012, waarin het verbruik op 1 (100%) is gesteld. Kopie uit Deltascenario's voor 2050 en 2100. Nadere uitwerking 2012-2013 W. Bruggeman (Deltares) en E. Dammers (PBL).

## 3.3 Effectmodules

### 3.3.1 Agricom

Geen wijzigingen.



## 4 Uitgangspunten 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>5</sup>	1980-2006 <sup>6</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

#### 4.2.1 Overzicht deelgebieden

In Tabel 4.2 zijn de afhankelijkheden van de verschillende deelgebieden in het NWM van de afvoerstations beschreven. Deze zijn belangrijk voor de HydraZoet berekeningen.

Tabel 4.2 Afhankelijkheden van de deelgebieden

Deelgebied	Afvoerstation	Watersysteem (No. in HydraZoet)
Rijn	Lobith	Bovenrivieren Rijn (0)
Maas	Borgharen	Bovenrivieren Maas (1)
RMM	Lobith	Benedenrivieren Rijn (11)
IJssel (IJVD)	Olst	IJsseldelta (9)
Vecht (IJVD)	Dalfsen	Vechtdelta (10)

<sup>5</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>6</sup> Voor de KNMI14 scenario's in NL zijn neerslag, temperatuur en verdampingsgrids afgeleid voor de periode 1980-2010. De afvoerreeksen 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.

## 4.2.2 Afvoerstatistiek Lobith en Borgharen (Rijn, Maas, RMM)

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, en RMM (zie Tabel 4.2). De afvoerstatistiek zoals toegepast binnen het NWM is gebaseerd op de resultaten uit Hegnauer (2016).

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  $W_H$  scenario gemaakt,  $W_H$  en  $W_{HDRY}$ . Voor het onderdeel veiligheid wordt gebruik gemaakt van het  $W_H$  scenario.

Voor deze versie van het NWM is gekozen de afvoerstatistiek op basis van GRADE berekeningen in te bouwen. Voor de Rijn zijn de onzekerheden in de afvoerstatistiek **wel** in rekening gebracht. De bepaling van de afvoerstatistiek volgt daarmee de methodiek welke binnen het Wettelijk Toets Instrumentarium en het Ontwerp Instrumentarium wordt ontwikkeld. Daarnaast heeft DGRW besloten om de afvoeren bij Lobith af te toppen op 18,000 m<sup>3</sup>/s. In de meest extreme situaties met inachtneming van hydraulische onzekerheden kan dit nog voorkomen. Binnen het NWM wordt daarom voor die gevallen hard afgetopt op 18,000 m<sup>3</sup>/s. In Tabel 4.4 zijn de getallen voor de klimaatscenario's voor 2050 de afvoerstatistiek gepresenteerd, in Tabel 4.4 de getallen voor 2085.

Tabel 4.3 Afvoeren voor specifieke herhalingstijden voor de verschillende KNMI'14 scenario's voor zichtjaar 2050 voor de Rijn bij Lobith, zonder toevoeging van hydraulische onzekerheden. Daarnaast is ook de situatie **inclusief** hydraulische onzekerheden getoond (bron: Hegnauer 2016). Voor het NWM zijn enkel de getallen voor 2050<sub>GL</sub> en 2050<sub>WH</sub> inclusief hydraulische onzekerheden ingebouwd.

T	Zonder hydraulische onzekerheden				Met hydraulische onzekerheden			
	2050GL	2050GH	2050WL	2050WH	2050GL	2050GH	2050WL	2050WH
2	7140	7000	7020	7390	7140	7000	7020	7390
5	9410	9220	9310	9700	9410	9220	9310	9700
10	10880	10590	10760	11130	10880	10590	10760	11130
20	12200	11860	12050	12360	12310	11880	12120	12500
25	12580	12230	12430	12720	12780	12340	12580	12950
30	12870	12520	12710	12980	13130	12700	12940	13270
50	13530	13240	13390	13570	13960	13590	13780	14010
100	14090	13930	13980	14060	14640	14440	14510	14610
200	14440	14310	14340	14400	15080	14920	14960	15020
250	14540	14400	14450	14480	15200	15030	15100	15130
300	14650	14510	14520	14580	15340	15160	15180	15250
500	14990	14800	14810	14810	15770	15520	15540	15540
1000	15530	15160	15320	15100	16440	15970	16170	15900
1250	15690	15260	15400	15200	16620	16090	16270	16020
2000	15980	15540	15650	15650	16990	16450	16580	16580
2500	16120	15670	15820	15770	17160	16600	16790	16730
3000	16160	15850	15950	15880	17210	16820	16950	16860
4000	16330	16000	16150	16020	17420	17010	17190	17030
5000	16390	16140	16260	16180	17500	17180	17340	17230
10000	16520	16350	16400	16360	17650	17440	17510	17460
20000	16630	16470	16520	16580	17790	17600	17660	17730
25000	16650	16490	16540	16580	17820	17620	17690	17730

30000	16670	16510	16560	16590	17840	17640	17710	17740
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabel 4.4 Afvoeren voor specifieke herhalingsstijden voor de verschillende KNMI'14 scenario's voor zichtjaar 2085 voor de Rijn bij Lobith, zonder toevoeging van hydraulische onzekerheden. Daarnaast is ook de situatie **inclusief** hydraulische onzekerheden getoond (bron: Hegnauer 2016). Voor het NWM zijn enkel de getallen voor 2085<sub>GL</sub> en 20W<sub>H</sub> inclusief hydraulische onzekerheden ingebouwd.

T	Zonder hydraulische onzekerheden				Met hydraulische onzekerheden			
	2085GL	2085GH	2085WL	2085WH	2085GL	2085GH	2085WL	2085WH
2	7120	7020	8030	8430	7120	7020	8030	8430
5	9380	9230	10540	11120	9380	9230	10540	11120
10	10810	10580	12050	12660	10810	10580	12120	12880
20	12100	11810	13210	13730	12190	11820	13560	14200
25	12460	12180	13490	13940	12620	12280	13910	14460
30	12750	12430	13670	14070	12990	12580	14130	14620
50	13450	13170	14070	14370	13850	13500	14620	15000
100	14020	13810	14390	14760	14560	14300	15010	15470
200	14390	14230	14740	15210	15020	14820	15450	16040
250	14510	14330	14850	15380	15170	14940	15590	16250
300	14600	14420	14970	15500	15280	15050	15740	16400
500	14900	14640	15420	15910	15660	15320	16300	16900
1000	15410	14860	15950	16340	16290	15600	16950	17440
1250	15540	14950	16100	16450	16440	15710	17140	17570
2000	15800	15230	16340	16590	16770	16060	17440	17740
2500	16000	15370	16440	16610	17020	16230	17560	17770
3000	16100	15460	16460	16630	17130	16350	17590	17790
4000	16230	15610	16510	16660	17300	16530	17640	17830
5000	16340	15800	16530	16740	17430	16770	17670	17930
10000	16500	16240	16660	16840	17630	17310	17840	<b>18000</b>
20000	16580	16350	16700	16860	17740	17450	17880	<b>18000</b>
25000	16600	16380	16710	16880	17760	17480	17900	<b>18000</b>
30000	16620	16400	16730	16890	17780	17510	17910	<b>18000</b>

Voor de Maas zijn hydraulische onzekerheden (nog) niet in kaart gebracht. Voor de Maas wordt daarom binnen het NWM (maar ook binnen het WTI en OI) gewerkt met de afvoerstatistiek **zonder** hydraulische onzekerheden. In Tabel 4.5 worden voor de verschillende zichtjaren en scenario's de afvoerstatistiek weergegeven.

Tabel 4.5 Afvoeren voor specifieke herhalingsstijden voor de verschillende KNMI'14 scenario's voor zichtjaren 2050 en 2085 voor de Maas bij Borgharen, zonder toevoeging van hydraulische onzekerheden (bron: Hegnauer 2016). Voor het NWM zijn enkel de getallen voor 2050<sub>GL</sub>, 2050<sub>WH</sub>, 2085<sub>GL</sub> en 2085<sub>WH</sub> ingebouwd.

T	2050GL	2050GH	2050WL	2050WH	2085GL	2085GH	2085WL	2085WH
2	1620	1570	1550	1670	1550	1580	1660	1750
5	2190	2120	2100	2220	2110	2120	2220	2340
10	2570	2490	2470	2570	2480	2470	2600	2740
20	2910	2820	2800	2890	2820	2780	2940	3100

25	3010	2920	2910	3000	2920	2880	3050	3210
30	3090	3000	3000	3080	3000	2960	3140	3300
50	3320	3210	3210	3290	3220	3160	3370	3550
100	3590	3470	3480	3550	3500	3420	3640	3850
200	3860	3740	3750	3770	3770	3640	3920	4140
250	3940	3810	3830	3860	3830	3720	4010	4240
300	3980	3870	3890	3900	3890	3770	4060	4300
500	4160	4020	4030	4040	4060	3910	4210	4450
1000	4360	4200	4210	4210	4260	4060	4390	4680
1250	4450	4250	4270	4260	4360	4110	4450	4760
2000	4580	4360	4400	4420	4480	4260	4560	4840
2500	4670	4440	4450	4470	4550	4340	4640	4910
3000	4740	4500	4520	4540	4580	4390	4680	4950
4000	4860	4580	4620	4580	4730	4420	4750	5020
5000	4900	4620	4660	4610	4800	4460	4820	5100
10000	5010	4720	4770	4730	4900	4580	4920	5210
20000	5120	4820	4880	4840	5000	4690	5030	5310
25000	5150	4850	4910	4880	5030	4730	5060	5350
30000	5180	4870	4940	4910	5060	4760	5090	5370

#### 4.2.3 Doorvertaling afvoerstatistiek Lobith naar Olst (IJssel/IJVD)

Een aanpassing van de werklijn bij Lobith heeft ook effect op de afvoerstatistiek op de IJssel bij Olst. De statistiek bij Olst wordt gebruikt voor de HydraZoet berekeningen voor de IJssel-Vecht delta. Een aanpassing bij Lobith dient "doorvertaald" te worden naar een aanpassing bij Olst. De doorvertaling van de afvoerstatistiek van Lobith naar Olst is als volgt gedaan:

- Met het Rijntakkenmodel worden negen berekeningen (Q1 tot Q9) uitgevoerd.
- Voor deze 9 afvoergolven kan de kans van voorkomen worden bepaald o.b.v. afvoerstatistiek bij Lobith.
- Per afvoergolf wordt de maximale waarde van de afvoer bij Olst bepaald.
- Deze maximale afvoeren bij Olst krijgen dezelfde kans van voorkomen (herhalingstijd) als de corresponderende maximale afvoeren bij Lobith.

In de huidige versie van het NWM is enkel de afvoerstatistiek gewijzigd. In theorie zouden echter ook de golfvorm / toonduur moeten worden aangepast bij veranderende uitgangspunten. Het wordt aanbevolen in een later stadium nog eens goed naar deze aspecten te kijken.

#### 4.2.4 Afvoerstatistiek Dalfsen (Vecht/IJVD)

De afvoerstatistiek van het afvoerstation Dalfsen (Vecht) is niet veranderd. Hiervoor zijn (nog) geen nieuwe inzichten beschikbaar.

## 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	KNMI06 2050 G	KNMI14 2050 G <sub>L</sub>
	2050 Warm en Stoom	KNMI06 2050 W+	KNMI14 2050 W <sub>Hdry</sub>
	2085 Druk en Rust	KNMI06 2100 G	KNMI14 2100 G <sub>L</sub> – of 2085?
	2085 Warm en Stoom	KNMI06 2100 W+	KNMI14 2100 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	KNMI06 2050 G	KNMI14 2050 G <sub>L</sub>
	2050 Warm en Stoom	KNMI06 2050 W+	KNMI14 2050 W <sub>Hdry</sub>
	2085 Druk en Rust	KNMI06 2100 G	KNMI14 2100 G <sub>L</sub>
	2085 Warm en Stoom	KNMI06 2100 W+	KNMI14 2100 W <sub>Hdry</sub>
Zeespiegel	2050 Druk en Rust	+15 cm	+15 cm
	2050 Warm en Stoom	+35 cm	+40 cm
	2085 Druk en Rust	+35 cm (zichtjaar 2100)	+25 cm
	2085 Warm en Stoom	+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	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06 2050 G, met delta referentie correctie	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2050 G <sub>L</sub>

Component	Case	Was	Wordt
	2050 Warm en Stoom	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	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	HBV berekeningen o.b.v. KNMI06 2100 W+, met delta referentie correctie	HBV berekeningen o.b.v. KNMI14 2085 $W_{Hdry}$
Aanvoeren kleine rivieren België/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	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer (opnieuw afgeleid)
	2050 Warm en Stoom	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer (opnieuw afgeleid)
	2085 Druk en Rust	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer (opnieuw afgeleid)
	2085 Warm en Stoom	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer	Scenario correctie o.b.v. relatie met Maas/Rijn afvoer (opnieuw afgeleid)
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	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	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	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 $G_L$
	2085 Warm en Stoom	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 $W_{Hdry}$

Component	Case	Was	Wordt
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	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2050 G	Geen nieuwe gegevens
	2050 Warm en Stoom	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2050 W+	Geen nieuwe gegevens
	2085 Druk en Rust	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2100 G	Geen nieuwe gegevens
	2085 Warm en Stoom	Berekeningen NHI-zz met KNMI06 2100 W+	Geen nieuwe gegevens
Externe verzilting	Referentie	NDB berekeningen o.b.v. referentie KNMI06 afvoeren	Nieuwe gegevens worden afgeleid obv NDB berekening (koppeling via LSM-LT afvoer). LHM berekening start met gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2050 Druk en Rust	NDB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2050 G	Nieuwe gegevens worden afgeleid o.b.v. NDB berekening (koppeling via LSM-LT afvoer). LHM berekening start met gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2050 Warm en Stoom	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2050 W+	Nieuwe gegevens worden afgeleid o.b.v. NDB berekening (koppeling via LSM-LT afvoer). LHM berekening start met gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2085 Druk en Rust	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2100 G	Nieuwe gegevens worden afgeleid o.b.v. NDB berekening (koppeling via LSM-LT afvoer). LHM berekening start met gebruik van dummy voor chloride concentraties.
	2085 Warm en Stoom	DB berekeningen o.b.v. afvoeren KNMI06 2100 W+	Nog geen nieuwe gegevens beschikbaar. Gebruik van dummy voor chloride concentraties.

Component	Case	Was	Wordt
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
Klimaat t.b.v. watertemperatuur (Luchttemperatuur, straling etc.)	Referentie	n.v.t.	dagwaarden 10 meteo stations <a href="https://data.knmi.nl/portal/KNMI-DataCentre.html">https://data.knmi.nl/portal/KNMI-DataCentre.html</a>
	Scenario's		transformatieprogramma en conversiefactoren uit brochure knmi2014 <a href="http://www.klimaatscenarios.nl/toekomstig_wer/transformatie/index.html">http://www.klimaatscenarios.nl/toekomstig_wer/transformatie/index.html</a> .
	2050 Druk en Rust	n.v.t.	KNMI14 2050 G <sub>L</sub>
	2050 Warm en Stoom	n.v.t.	KNMI14 2050 W <sub>Hdry</sub>
	2085 Druk en Rust	n.v.t.	KNMI14 2100 G <sub>L</sub>
	2085 Warm en Stoom	n.v.t.	KNMI14 2100 W <sub>Hdry</sub>
Water temperatuur zee-rivieranden	Referentie	n.v.t.	<a href="http://live.waterbase.nl">http://live.waterbase.nl</a> .
	scenario's	n.v.t.	GEEN (=Referentie)
Warmtelozingen	Referentie	n.v.t.	Praktijklast uit inventarisatie 2010
	scenario's	n.v.t.	GEEN (=Referentie)



## 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 geüpdatet 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 geüpdatet dienen deze wel te worden afgestemd op de nieuwe klimaatscenario's.



## 7 Literatuur

- Bakker, A. & J. Bessembinder, 2012. Time series transformation tool: description of the program to generate time series consistent with the KNMI '06 climate scenarios. TR-326, KNMI, De Bilt.
- BfG (2013): Klimaänderungsvektoren als Grundlage für die Modellierung von Wassertemperaturänderungen im Rheingebiet. -Technische Dokumentation. Enno Nilson, Peter Krahe & Klaus Görden. Bundesanstalt für Gewässerkunde und Meteorologisches Institut der Universität Bonn, 23 p.
- Boderie, P. 2015. Koppeling van het Landelijk Temperatuurmodel (LTM-Light) met het Nationaal Water Model (NWM). deel 1: stand alone versie. Deltares rapport 1220056, 2015.
- Boderie, P. en Visser, T., 2007. Implementeren verbeteringen in het landelijk temperatuurmodel. Delft Hydraulics rapport Q4421, november 2007. Delft Hydraulics, 2007.
- Boderie, 2002. Water temperature Rhine, Contribution of cooling water to the ambient water temperature: measurements and models Deltares, 2012 (rapport 1203156).
- Buschman, F., Snippen, E., 2016, Externe verzilting berekenen met het SOBEK-RE Noordelijk Deltabekken model en het Nationaal Water Model. Deltares memo 1230058-001-ZWS-0004, Delft, Nederland.
- Deltares, 2008. Bepaling koelcapaciteit van Rijkswateren Statistische analyse landelijke warmtelozingscapaciteit en koelcapaciteit Hollandsch Diep onder kritische en extreme omstandigheden M.J. Kallen, E.D. de Goede, P.M.A. Boderie. Deltares Rapport Q4498.
- Deltascenario's, 2012. W. Bruggeman, E. Dammers. Deltascenario's voor 2050 en 2100, Nadere uitwerking 2012-2013, 25 april 2013 ([dvtvirt35.deltares.nl/products/30591](http://dvtvirt35.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.
- Hegnauer, M., 2016. Werklijnen o.b.v. KNMI'14 scenario's. Deltares memo 1230045-002-ZWS-0001, 3 maart 2016, Delft, Nederland.

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.

ICPR (2011): Study of scenarios for the discharge regime of the Rhine. ICPR-report 188.

IKSR bericht 214. Estimation of the effects of climate change scenarios on future Rhine water temperature development, 2013.

KNMI (2014), KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt.

KNMI, 2014a. KNMI'14: Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective. Scientific background report KNMI'14. KNMI, Scientific report WR 2014-01.

KNMI, 2014b. KNMI'14 Toelichting transformatie tijdreeksen (versie 6-10-2015)

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.

NHI 2015. [www.nhi.nu](http://www.nhi.nu).

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.

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.

Ruijgh, E.W.F. Protocol van Overdracht Deltamodel 1.1. Deltares december 2013.

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.

## A Warmtelozingen LTM-Light

Volg nummer	ID	Naam	MW Vergund	MW Praktijk
1	E.ON_Edisonbaai	E.ON - Maasvlakte	1789	0
2	Essent_Amer	Essent-Amer	1545	636
3	HemwegC_J.vRiebeekh	Hemweg Centrale UIT	1340	617
4	Shell_Hollandsch	Shell Ned. Chemie Moerdijk	970	970
5	C.Gelderland_Waal	Centrale Gelderland UIT	794	706
6	Electrabel_Amazoneh	Electrabel	750	0
7	Dow_Terneuzen	Dongecentrale	650	0
8	ShellR_1ePetrol.h	Shell Nederland Raffinaderij B.V	630	630
9	EPZ_Conv_Borssele	Enecogen	620	0
10	VelsenC.V24_binnenk	Velsen Centrale V24 UIT	601	502
11	Enecogen_Beerck	Enecogen	520	0
12	Sloe_Vlissingen	PQ Silicas	480	0
13	VelsenC.V25_binnenk	Velsen Centrale V25 UIT	458	0
14	AEB_NZK	ADM - Europort	456	156
15	CorusIjmond_Staalh	Corus Staal IJMOND 01 UIT 1	390	183
16	AVR_N.Waterweg	AVR Afvalverwerking BV (Gerbaran	385	237
17	Centrale_Ijssele	Centrale Harculo	360	0
18	Essent_H.Diep	Essent (WKC-Moerdijk)	322	179
19	NUON_Maas	NUON Power Buggenum WAC uit	308	256
20	NUON.DM34_Diemen	NUON Diemen DM34	300	0
21	Electrabel1_Bergum	Electrabel Bergum BG10	267	267
22	Electrabel2_Bergum	Electrabel Bergum BG20	267	267
23	ShellCh_1ePetrol.h	Shell Nederland Chemie B.V.	266	266
24	NUON.DM33_Diemen	NUON Diemen DM33	249	121
25	SNR_1ePetrol.h	SNR en SNC metroriool	219	219
26	Lage_ARK	Lage weide LW6	200	121
27	MerwedeC.MK12_ARK	Merwedecentrale MK 12	190	129
28	Flevocentr1_Ijssel	Flevocentr STEG 1	179	179
29	Flevocentr2_Ijssel	Flevocentr STEG 2	179	179
30	E.ON_Keileh	E.ON - Galilenstraat	156	160
31	Yara1_Sluiskil	Wupperman Staal	154	0
32	Akzo_Chemieh	Akzo Nobel Base Chemicals	133.5	133.5
33	Essent_Amer/Donge	Essent-Donge	105.8	0
34	Shin_Chemieh	Shin Etsu VC	100	100
35	Air_Nieuwe	Air Products Nederland Pernis	90.5	90.5
36	MerwedeC.MK11_ARK	Merwedecentrale MK 11	90	72
37	Hexion1_1ePetrol.h	Hexion Speciality chemicals (vHR	88	88
38	Hoekloos_StLaurens	Hoekloos (vh. Cryoton/Akzo)	77	77
39	Yara2_Sluiskil	Wupperman Staal	69	0
40	Norske_Nederrijn	Norske SKOG UIT mtp2/3/4	64	64
41	Sappi_Maas	Sappi B.V.	60	14
42	Tronox_N.Waterweg	Tronox (vh KerrMcGee)	55	55
43	Kuwait_5ePetrol.h	Kuwait Oil Raffinaderij B.V.	50	50
44	ShellR_2ePetrol.h	Shell Nederland Raffinaderij B.V	50	50
45	Biopetrol_Botlek	Biopetrol	50	0
46	Exxon_Wezerh	Exxon Chemical Holland Inc. (ROP	48.6	48.6
47	Evonik_Chemieh	Evonik (Carbon Black Nederland)	45	45
48	Hexion2_1ePetrol.h	Hexion Speciality chemicals (vHR	41	41
49	ShellCh_2ePetrol.h	Shell Nederland Chemie B.V.	40	40
50	Akzo_Twentek	Akzo Nobel (Salinco)	40	40
51	Cabot_St.Laurens	Cabot B.V. (vh. Ketjen Carbon)	38.9	38.9
52	Hexion3_1ePetrol.h	Hexion Speciality chemicals (vHR	35	35
53	Unimills_O.Maas	Unimills	30.7	30.7
54	Albemarle_HetIJ	Albemarle	30	18
55	ThermPh1_Vlissingen	Tessengerlo Chemie	29	0
56	DMV_Veghel	DMV International	28	28
57	Recycling_O.Maas	Recycling Combinatie VOF (Neminc	27	27
58	N.V._Mississippih	N.V. Nederlandse Gasunie	20.5	20.5
59	Shin_1ePetrol.h	Shin-Etsu PVC	20	20
60	Linde_O.Maas	Linde Gas Benelux	18	18
61	Unilever_Koningsh	Unilever Bestfood Ned. BV	15.6	15.6
62	Odffjell_3ePetrol.h	Odffjell (vh. Paktank Botlek)	15	15
63	DeKleef_IJssel	De Kleef via AWZI	15	15
64	Mars_Veghel	Mars BV	15	15
65	Cargill_Mercuriush	Cargill Soja	15	9
66	PerGen_2ePetrol.h	PerGen	14	14
67	ZAC1_Vlissingen	Wupperman Staal	12.5	0
68	Ashland_O.Maas	Ashland Industries Nederland (vh	12	12
69	Loders_Europah	Loders Crocklaan	12	12
70	Oronite_N.Maas	Oronite (vh Chevron Centraal Lab	11.2	11.2
71	Croda_H_IJssel	Croda (vh Uniqema)	10.8	10.8
72	Cargill_Botlek	Cargill Margarinefabrieken B.V.	10.4	10.4
73	Hunter_N.Maas	Hunter Douglas Europe B.V.	10	10
74	Biegelaar_ARK	Biegelaar & Jansen	10	10
75	Kappa_Maas	Kappa Roermond	10	4

76	Invista_Vlissingen	Huntsman (vh ICI Holland B.V).	10	0
77	RECV_2ePetrol.h	RECV (Intergen)	9	9
78	Heros_Terneuzen	Hemweg Centrale UIT	9	0
79	Crown_NZK	Crown van Gelder UIT	8.9	11.9
80	Nedstaal_Noord	Nedstaal	8.5	8.5
81	Grootint_Drechth	Grootint (Zwijndrecht)	8	8
82	Lyempf_IJssel	Lyempf Kampen	8	8
83	Kemira_Donauh	Kemira Growhow	7.6	7.6
84	BMC_H_Diep	BMC (vh St. DEP)	7	7
85	E.ON_Europah	E.ON - Maasvlakte	7	0
86	ZAC2_Vlissingen	Wupperman Staal	7	0
87	AZN_H_Diep	AZN (AVI-Moerdijk)	6.1	6.1
88	Rosier_S. van Gent	Recycling Combinatie VOF (Neminc	5.88	0
89	Promelca_B. Merwede	Promelca (vh Nestle)	5.5	5.5
90	Kema_Nederrijn (h	Kema arnhem	5	5
91	ATM_H_Diep	ATM	4.8	4.8
92	Food4U_Wilhelminah	Food4U (vh ROMI Smilfood)	4.32	4.32
93	HIWA_IJsselh	HIWA Rotterdam Port Cold Stores	4.2	4.2
94	Atofina_N. Maas	Atofina (Cerexagri)	4.1	4.1
95	Meneba_Weert	Meneba Meel BV	4	4
96	ThermPh2_Vlissingen	Tessengerlo Chemie	4	0
97	DSM-Special_Botlek	DSM-Special Products	3.8	3.8
98	Coatex_C.Insteekh	Coatex (Moerdijk)	3.8	3.8
99	Abbott_IJsselk	Abbott Zwolle	3.5	4
100	Corus_Develh	Corus Tubes (vhHoogovens Buizen)	3.5	3.5
101	AdamF_Mercuriush	Amsterdam Fertilizers UIT	3.5	2
102	Air_Chemieh	Air Products	3	3
103	STcollege_St.Jobsh	Scheepvaart en Transportcollege	3	3
104	RWZl_N. Maas	Recycling Combinatie VOF (Neminc	2.7	2.7
105	Tes.Chemie_Julianak	Tessengerlo Chemie	2.6	1
106	PQ_Julianak	PQ Europe	2.6	0.55
107	Vestia_Voorh	Vestia Den Haag Scheveningen	2.5	2.5
108	Nutricia_Maas	Nutricia	2.5	1
109	Huntsman_Brittannieh	Huntsman (vh ICI Holland B.V).	2.4	2.4
110	Nedri_Maas	Nedri	2.3	0.5
111	E.ON-Roca_H. IJssel	E.ON-Roca	2.3	0
112	DSM_Maas	DSM Pharma Venlo	2	1.2
113	ENCI_Maastricht	ENCI	2	1
114	Corus_Julianak	Corus Tubes	2	0.3
115	SVI_H_Diep	SVI-Moerdijk (slibverbr.)	1.9	1.9
116	Pon_Ketelh	Pon Power (vh Geveke Motoren Pap	1.6	1.6
117	Dongec_Geertruidenb	Dongecentrale	1.6	0
118	TEAM_4ePetrol.h	TEAM Terminal (Texaco - Esso Maa	1.5	1.5
119	OVG_N. Maas	OVG Projectontwikkeling	1.5	0
120	Exter_W. Thomassenh	Exter Aroma	1.2	1
121	Sonneborn_Beringh	Sonneborn Refined Products BV	1	1.1
122	Netherl_6ePetrol.h	Netherlands Refining Company Eur	1	1
123	Voridian_Beer	Voridian Europort (vh. Eastman)	1	1
124	Cargill_Amerikah	Cargill Multiseed	1	1
125	Rdam_Wiltonh	Rdam United DockYard (vh Wilton	0.91	0
126	Dupont_Beneden	Dupont de Nemours (Dordt)	0.9	0.9
127	Lubbers_N. Maas	Lubbers Hollandia (Krimpen)	0.84	0.84
128	ADM_Beneluxh	ADM - Europort	0.8	0.8
129	Climax_Botlek	Climax Molybdenum	0.8	0.8
130	Cytec_St. Laurens	Cytec (vh.Cyanamid)	0.8	0.8
131	DOMO_Brittannieh	DOMO (vh Targor vh. BASF)	0.8	0.8
132	Exxon_3ePetrol.h	Exxon (incl. Esso Raffi)	0.8	0.8
133	Lab_Beneluxh	Laboratorium van het ComitT van	0.8	0.8
134	Mobil_2ePetrol.h	Mobil Oil Pernis	0.8	0.8
135	Vopak_Torontoh	Vopak (TTR)	0.8	0.8
136	Trespa_Weert	Trespa International BV	0.75	0.75
137	Ferro_Keileh	Ferro Holland	0.7	0.7
138	Alumin_3ePetrol.h	Aluminium en Chemie Rotterdam B.	0.5	0.5
139	Wild_IJsselh	Wild Juice terminal	0.5	0.5
140	Wupperman_H. Diep	Wupperman Staal	0.5	0.5
141	Johnson_Julianak	Johnson Matthey	0.5	0.16
142	O-I_Maas	O-I Manufacturing	0.46	0.17
143	Europ_Mississippih	Europees Massagoed Overslagbedri	0.4	0.4
144	Meneba_Maash	Meneba Meel BV	0.4	0.4
145	Componenta_Weert	Componenta BV	0.22	0.22
146	Alblasserdam_Noord	Alblasserdam gemeente (de Wipmol	0.21	0.21
147	Omya_H. Diep	Omya Beheer BV	0.12	0.12
148	Hexion_Botlek	Hexion Speciality Chemicals (vh	0.08	0.08
149	Scheepswerf_Waalh	Waalhaven Scheepswerf en Machine	0.08	0.08
150	Air_Seineh	Air Products Nederland Botlek	0.06	0.06
151	LBC_3ePetrol.h	LBC Botlek (vh. Dow)	0.04	0.04
152	vanBeest_B. Merwede	van Beest (Sliedrecht)	0.02	0.02
153	Oving_Noord	Oving Diepenveen-Struycken	0.01	0.01
154	Standic_Dordtse Kil	Standic (vh Vopak)	0.01	0.01
155	DSM_N. Waterweg	DSM-Resins Benelux	0.01	0.01
156	Goltens_Botlek	Goltens Service	0.01	0.01
157	Rdam GW_N. Maas	Rotterdam gem.(werken)	0.01	0
158	Gem_N. Maas	Gem. Havenbedrijf Rdam (ex RDM)	0	0
159	CorusVelsen_Staalh	Corus Staal Velsen Gasturbine UI	0	0
160	SABIC_Maas	SABIC (voormalig DSM) uit	0	30
161	Silicas_Maas	PQ.Silicas	0	1.82



162	Clauscentrale_Maas	Clauscentrale Maasbracht uit	0	0
163	Flevocentr_Ijsselm	Flevocentr 30	0	0
164	Ovako_Noord	Ovako Wire	0	0
165	Air Liq_Brittannieh	Air Liquide Industrie	0	0
166	Dura_N. Maas	Dura Vermeer Groep	0	0
167	Keppel_N. Waterweg	Keppel Verolme	0	0
168	Organic_Chemieh	Organic Kimya	0	0
169	Padmos_Haringvliet	Padmos	0	0
170	Schouten_Afg. Maas	Schouten Industries	0	0
171	van Brink_Waalh	van Brink Shipyard BV	0	0
172	AGC_Gemeenteh	AGC	0	0
173	Gieterij_Ijssel	Gieterij doesburg	0	0
174	Vogelenz._Nederrijn	Vogelenzang Rhemen	0	0
175	Friesland_Twentek	Friesland Food Lochem	0	0
176	EPZ_Kern_Borssele	Enecogen	0	0
177	Cargill_Sas	Cargill Soja	0	0