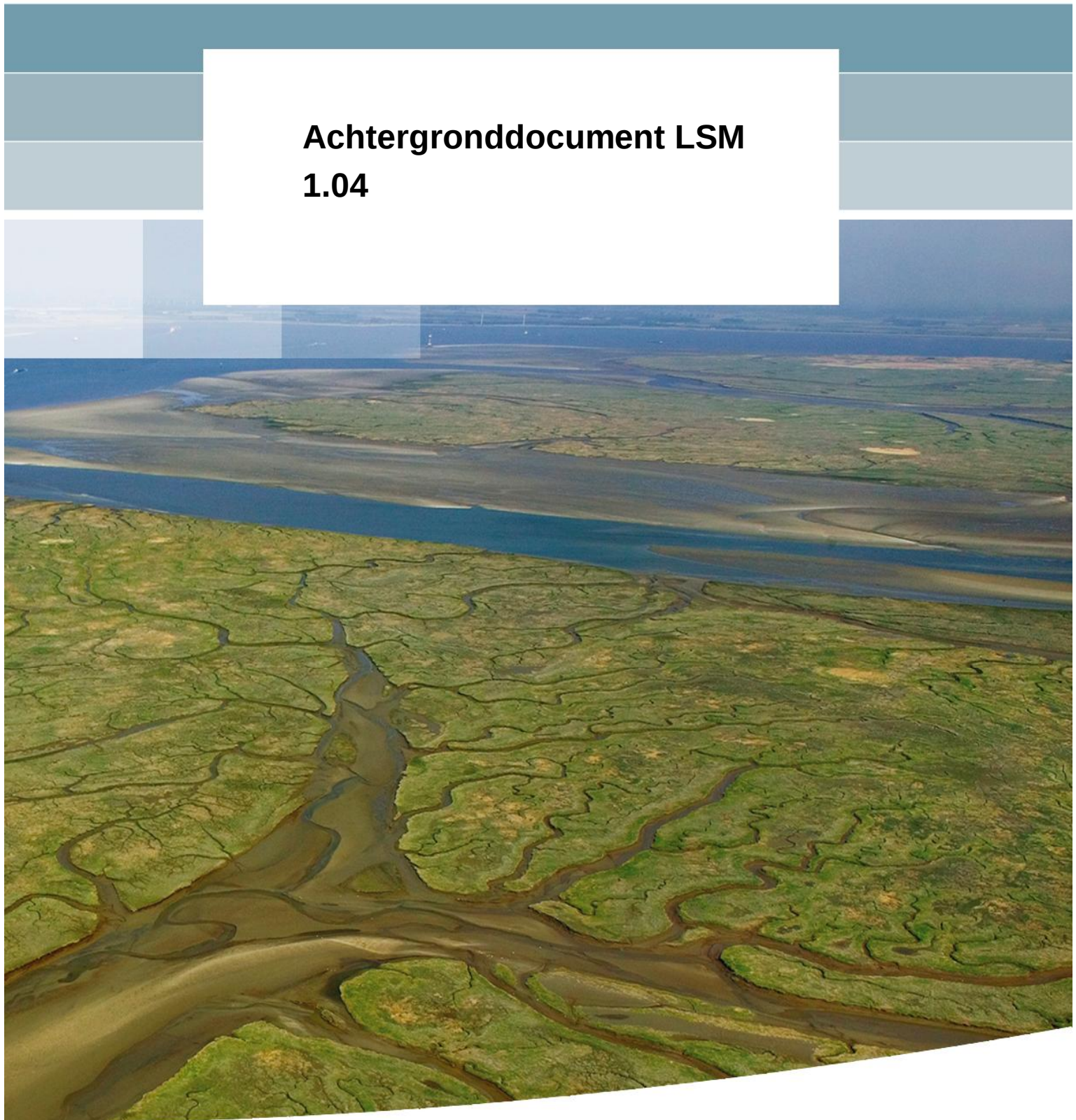


**Achtergronddocument LSM
1.04**



Achtergronddocument LSM 1.04

Geert Prinsen

1207765-004

Titel

Achtergronddocument LSM 1.04

Project

1207765-004

Kenmerk

1207765-004-ZWS-0001

Pagina's

4

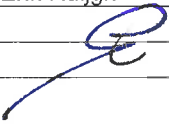
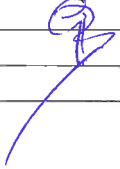
Trefwoorden

Deltamodel, Landelijk Sobek Model, waterverdeling, NHI, Deltaprogramma

Samenvatting

Het Sobek LSM 1.0 model is opgebouwd uit LSM 0.2 en modellen van de regionale waterbeheerders. Deze modellen zijn aan elkaar gekoppeld in één Sobek schematisatie. Waar nodig is sturing voor wateraanvoer toegevoegd aan het model. De rekenpuntsafstand van de regionale modellen varieerde van 50 tot 500 meter; in LSM is gestreefd naar een afstand van 500 m tussen de rekenpunten. Er zijn extra laterale debiet locaties toegevoegd ten behoeve van de koppeling met waterkwaliteit.

Het LSM is gedraaid voor het hydrologische jaar 2003 met laterale debieten op basis van een NHI 3.0 berekening (run G33, 1996-2006). Hierbij zijn de met NHI berekende districtslozingen en -onttrekkingen in Sobek als lateraal debiet per decade opgedrukt. De resultaten van LSM zijn voor droogtetoepassingen plausibel, kijkende naar de belangrijkste kranen in de rijkswateren en de grotere regionale aanvoer- en afvoerlocaties. LSM 1.04 van maart 2013 is duidelijk sneller dan LSM 1.0 van december 2012 en daardoor beter bruikbaar in het Deltamodel. Aanbevolen wordt de zoutmodellering in LSM voor laag-Nederland te testen en LSM beheer te organiseren gezamenlijk met de landelijke en regionale waterbeheerders.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Mrt. 2013	Geert Prinsen		Erik Ruijgh		Gerard Blom	
							

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Achtergrond informatie van de modellen waaruit LSM is opgebouwd	3
2.1 Overzicht deelmodellen	3
2.2 Achtergrondinformatie deelmodellen	3
2.3 Aanpassingen aan schematisaties bij het opnemen in LSM	28
2.4 Geïdentificeerde acties voor LSM 1.1	29
3 Resultaten LSM 1.0 voor het hydrologische jaar 2003	30
3.1 Schematisatie	30
3.2 Maas	31
3.3 Bovenrivierengebied	33
3.4 IJsselmeer	36
3.5 Benedenrivierengebied	40
3.6 ARK-NZK	41
3.7 Twentekanaal	45
3.8 Friesland en Groningen	47
3.9 Drenthe	51
3.10 Hollands Noorderkwartier	54
3.11 HdSR	55
3.12 Rijnland	56
3.13 Delfland	58
3.14 Brabant	61
3.15 Linge	64
3.16 Overige opmerkingen	65
4 Conclusies - aanbevelingen	67
5 Referenties	69
 Bijlage(n)	
A Beschrijving aanpassingen voor LSM 1.04, maart 2013	A-1

1 Inleiding

Het Landelijk Sobek Model (LSM) is ontwikkeld in het kader van het project Deltamodel en het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) (Prinsen & Becker, 2010). De schematisatie van het LSM is gebaseerd op het Landelijk Temperatuurmodel (LTM), regionale modellen, en het Distributiemodel (DM). Het LTM en de regionale modellen waren al hydrodynamische (Sobek) modellen, en het DM is een bakjesmodel. In 2011 is LSM 0.2 opgebouwd uit het LTM Sobek model, uitgebreid met het Sobek model van Twentekanal en ZW-Delta, en DM. De DM-takken die niet in het LTM voorkwamen (typisch de regionale kanalen) zijn overgezet naar een Sobek schematisatie die vervolgens met het LTM is gecombineerd tot het LSM 0.2. Het LSM 0.2 is beschreven in een Protocol van Overdracht en memo met resultaten (concept november 2011; definitief februari 2012).

In 2012 is het LSM verbeterd door stapsgewijs zoveel mogelijk de op DM gebaseerde delen van de schematisatie te vervangen door Sobek modellen die beschikbaar zijn gemaakt door de regionale waterbeheerders. Ook zijn takken voor zoutindringing bij zout-zoet sluizen langs de kust toegevoegd. Verder zijn extra locaties toegevoegd voor laterale debieten, zodat de interactie met de districten in meer detail gemodelleerd kan worden. Om de koppeling met waterkwaliteit eenvoudiger te maken is per lozingspunt (lateraal debiet) slechts 1 district gekoppeld. Door al deze aanpassingen is de rekentijd van het model wel weer toegenomen.

Het LSM kan afzonderlijk worden gedraaid, waarbij het kan worden gevoed met laterale debieten op basis van Mozart districtslozingen en –onttrekkingen berekend met het NHI. In het kader van de ontwikkeling van NHI en het Deltamodel zijn eerste testen gedaan voor de online koppeling van LSM met de rest van NHI via de waterverdelingscomponent WVC en DM. De verdere ontwikkeling van deze functionaliteit staat op het programma voor komend jaar.

Dit rapport beschrijft de manier waarop LSM 1.0 is samengesteld uit aangeleverde regionale deelmodellen, en de resultaten van LSM 1.0 op belangrijke verdeelpunten in het netwerk. De beschrijving van resultaten gebeurt op vergelijkbare wijze als de rapportage van het Deltamodel 2011 (Prinsen, feb. 2012). In hoofdstuk 2 wordt eerst ingegaan op de afzonderlijke deelmodellen, zowel het LTM als de regionale deelmodellen. In hoofdstuk 3 worden vervolgens de resultaten van LSM 1.0 toegelicht voor een berekening voor het jaar 2003. Hierbij zijn op decadebasis laterale debieten voor het LSM afgeleid uit NHI 3.0 run G33 (1996-2006). De neerslag op en verdamping van open water in LSM maakt wel gebruik van dagbasis meteodata.

Dit rapport is een update van rapport 1205954-003, het achtergronddocument LSM 1.0. Bijlage 1 bevat een korte beschrijving van de aanpassingen die voor LSM 1.04 zijn uitgevoerd in de periode december 2012 - maart 2013. Het betreft hier slechts beperkte inhoudelijke verbeteringen, maar vooral een versnelling van het LSM. Hoofdstuk 3 bevat enkele nieuwe plaatjes, niet zozeer omdat de resultaten van LSM 1.04 fundamenteel anders zijn, maar omdat de plaatjes scherper zijn gemaakt. De zoutmodellering is op dit moment nog in testfase, en zal later apart worden beschreven.

2 Achtergrond informatie van de modellen waaruit LSM is opgebouwd

2.1 Overzicht deelmodellen

LSM 1.0 is opgebouwd uit verschillende deelmodellen. Allereerst de modellen die zijn gebruikt om LSM 0.2 samen te stellen:

- Het LTM, landelijk temperatuur model;
- Het Twentekanal model;
- Het ZW-Delta model;

LSM 0.2 is vanaf eind 2011 uitgebreid met beschikbare regionale modellen. Via de tussenproducten LSM 0.3 en LSM 0.4 heeft dat geleid tot modelschematisatie LSM 1.0 per medio september 2011. Eind oktober 2011 zijn resultaten van NHI 3.0 geconverteerd naar laterale debieten voor LSM 1.0.

In LSM 1.0 zijn ten opzichte van LSM 0.2 regionale deelmodellen opgenomen die zijn ontvangen van:

- Wetterskip Fryslan;
- Waterschap Noorderzijlvest;
- Waterschap Hunze en Aa's;
- Waterschap Velt en Vecht;
- Waterschap Reest en Wieden;
- Waterschap Zuiderzeeland;
- Waterschap Groot-Salland;
- Waterschap Rijn en IJssel;
- Waterschap Rivierenland;
- Waterschap Vallei en Eem;
- Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden;
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier;
- Waternet;
- Hoogheemraadschap Rijnland;
- Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard
- Hoogheemraadschap Delfland;
- Waterschap Brabantse Delta;
- Waterschap de Dommel;
- Waterschap Aa en Maas;
- RWS regionale directie Noord-Brabant;
- Waterschap Peel en Maasvallei;

Daarnaast is informatie van waterschappen Hollandse Delta en Zeeuwse Eilanden gebruikt om de karakteristieken van reeds in LSM opgenomen wateren te verbeteren.

2.2 Achtergrondinformatie deelmodellen

Landelijk Temperatuur model LTM

Het LTM is in 2004 voor koelwater en temperatuur analyses opgebouwd uit de toen bestaande Sobek modellen voor het hoofdwatersysteem. Van het LTM en de daaraan ten grondslag liggende Sobek modellen zijn diverse oudere rapporten opgespoord. Hieronder wordt een (niet-uitputtend) overzicht van rapporten gegeven.

1. R.v.d. Veen, U. Pakes, J. van Essen en L. Schutte, Calibratie Sobek-Rijntakken, versie 1996.0, RIZA rapport 97.034, Arnhem, mei 1997
2. R. v.d. Veen, U. Pakes en L. Schutte, Bouw en calibratie Sobek-Maas, versie 2000.1 tm 2000.3, RIZA rapport 2002.031, Arnhem, juni 2002
3. R.v.d. Veen, Heralibratie Sobek-Maas hoogwaters januari 2002 en februari 2002, RIZA werkdocument 2004.198X, november 2004.
4. Q. Gao en F. Dirksen, Sobek modellen voor Markermeer en de Veluwe randmeren, RIZA werkdocument 2004.191X, december 2004.
5. E. Meijers en P. Boderie (2004), Sobek Landelijk Temperatuurmodel, WL | Delft Hydraulics rapport Q3861, Delft, december 2004.
6. Q. Gao en F. Dirksen, Een nationaal Sobek model versie 2005_1, RIZA werkdocument 2005.94x, Lelystad, november 2005.
7. P. Boderie, E. Meijers en R. Peñaililo, Verificatie Sobek landelijk temperatuurmodel, WL | Delft Hydraulics rapport Q4161, Delft, oktober 2006
8. J. Vieira da Silva en J. v.d. Werff ten Bosch, Verificatie nationaal Sobek model, Meander, december 2006.
9. P. Boderie, T. Visser, Implementeren verbeteringen in het landelijk temperatuurmodel, WL|Delft Hydraulics rapport Q4421, Delft, november 2007.
10. M.J. Kallen, T. Botterhuis en J. Udo, Koppeling DM en Sobek, stuurboordproject koelcapaciteit rijkswateren, HKV rapport PR1420.11, Lelystad, juni 2008.

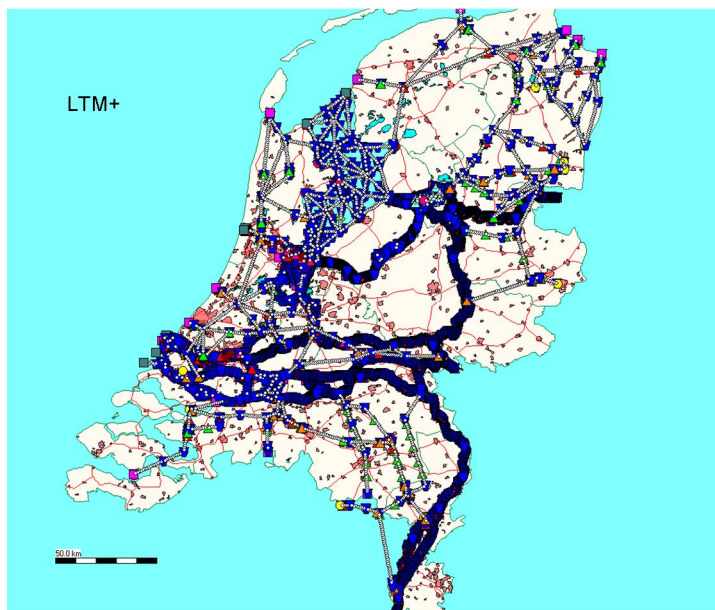
Als basis is het LTM model gebruikt zoals die is opgeleverd bij de HKV rapportage in 2008.

DM

De LTM schematisatie is in 2010 uitgebreid met Sobek takken (gebaseerd op DM) ter representatie van de regionale kanalen. DM is beschreven in de NHI rapportage in 2008 en diverse oudere memo's. Het model dat ontstond na de uitbreiding van LTM met op DM gebaseerde Sobek regionale schematisaties is *LTMplus* genoemd. Figuur 2.1 geeft de schematisatie voor *LTMplus* weer.

Voor *LTMplus v360* is een rapport opgesteld met een beschrijving van het model. De referenties zijn:

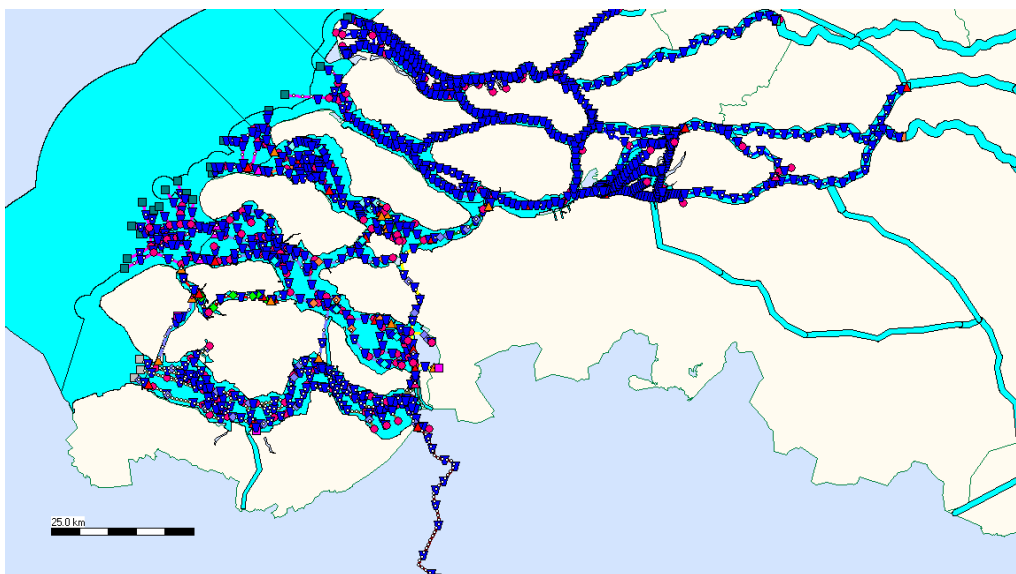
1. G.F. Prinsen. NHI Deelrapport 6 – Landelijk Oppervlaktewater. Deltares, Delft, 2008.
2. G.F. Prinsen en B.P.J. Becker, Deltamodel 2010, Deelrapport 5a. Waterverdelingsnetwerk; Sobekschematisatie v360, Delft, 2010.



Figuur 2.1. Schematisatie LTMplus (LTM met regionale kanalen op basis van DM)

Zuidwestelijke Delta

De modelschematisatie in Sobek 2.12 voor de Zuidwestelijke Delta is ontwikkeld op basis de toenmalige Sobek-RE modellen voor het Noordelijk Deltabekken en het Zuidelijk Deltabekken, ten einde naast de hydraulica ook modelanalyses uit te kunnen voeren voor de waterkwaliteit. Met dit instrumentarium (zie figuur 2.2) zijn diverse onderzoeken uitgevoerd op het gebied van de waterkwaliteit; een hercalibratie van de hydraulica is nooit opnieuw uitgevoerd. Documentatie van het ZW-Delta model is beschikbaar in het WL-rapport uit december 2007. (E. Meijers en S. Groot, Deltamodel – hulpmiddel ter ondersteuning van beheer en beleid van de zuidwestelijke Delta, WL/Delft Hydraulics rapport Q4435, december 2007). De typische rekenpuntsafstand is orde 1000 m en het model heeft ongeveer 1100 rekenpunten.



Figuur 2.2. Schematisatie ZW-Delta

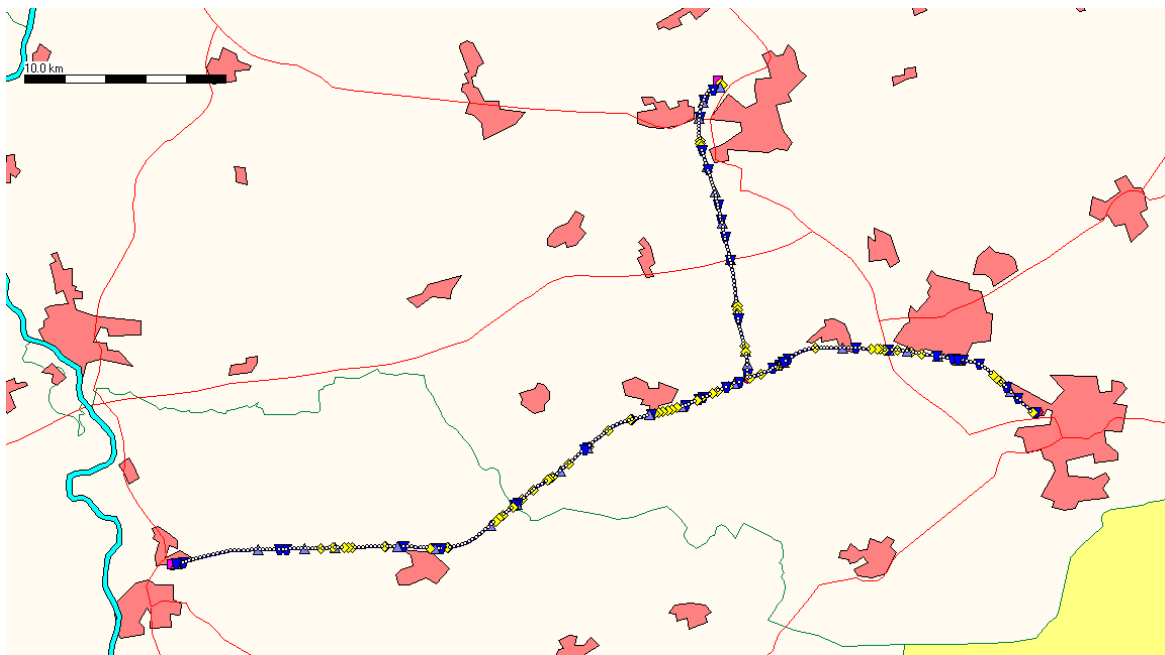
In LSM is alleen dat deel van het ZW-Delta model overgenomen dat nog niet in het LTMplus was opgenomen. Met andere woorden, alleen het zuidelijk deel (Volkerak, Grevelingen, Scheldes) is overgenomen in LSM.

Twentekanal

De modelschematisatie voor het Twentekanaal is ontwikkeld door Witteveen en Bos. Daarvoor is de volgende documentatie beschikbaar:

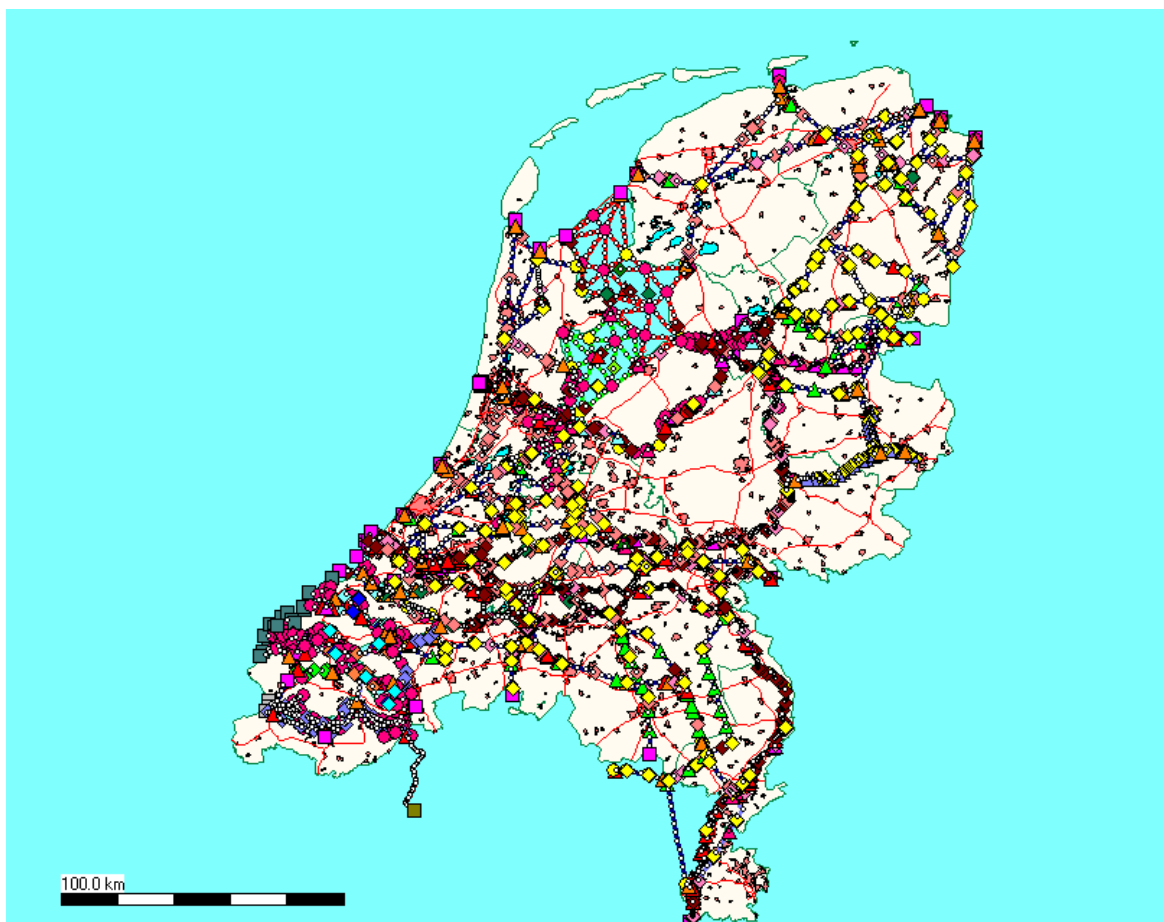
1. Witteveen+Bos (2010). Waterbalans en SOBEK-model Twentekanalen deelrapport SOBEK-model. DT333-1/abdm/017, 29 oktober 2010.
2. Witteveen+Bos (2010). Waterbalans en SOBEK-model Twentekanalen deelrapport waterbalansen. DT333-1/winb/016, 21 oktober 2010.
3. Witteveen+Bos (2010). Notitie Datacontrole en parameterinventarisatie. DT333-1/smei/012, 20 september 2010.

Het Twentekanaal is geschematiseerd vanaf Eefde tot Aadorp en Enschede (zie figuur 2.3). Het model heeft een typische rekenafstand van 100 à 200 meter, ongeveer 400 rekenpunten en is afgeregeld op een selectie van natte en droge perioden.



Figuur 2.3. Schematisatie Twentekanal

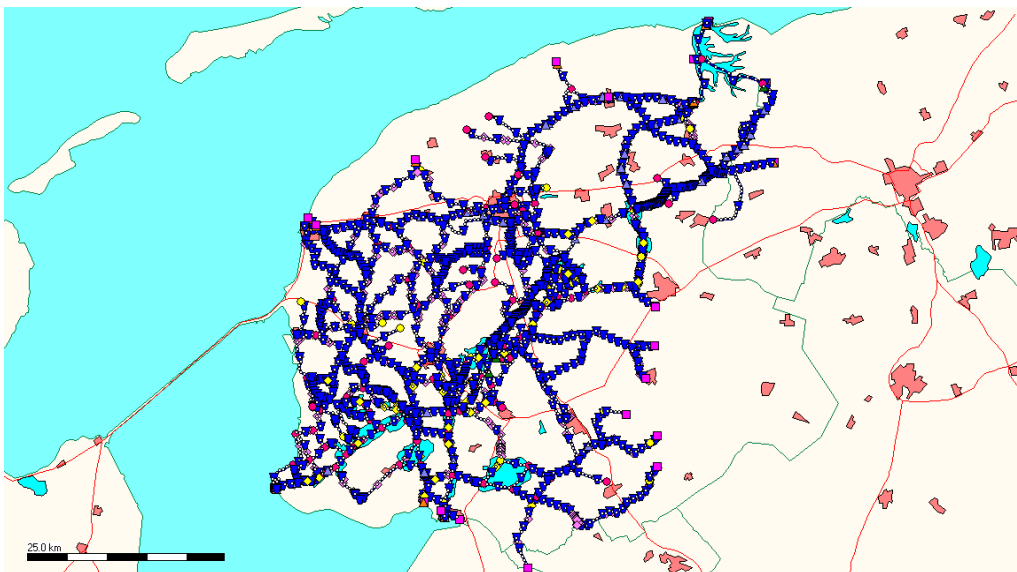
LSM 0.2 is dus samengesteld uit het LTMplus model, uitgebreid met het model van de zuidwestelijke Delta en het Twentekanal model. LSM 0.2 is weergegeven in figuur 2.4 en beschreven in het Protocol van Overdracht LSM 0.2, (concept november 2011, definitief februari 2012).



Figuur 2.4. Schematisatie van LSM 0.2.

Wetterskip Fryslan

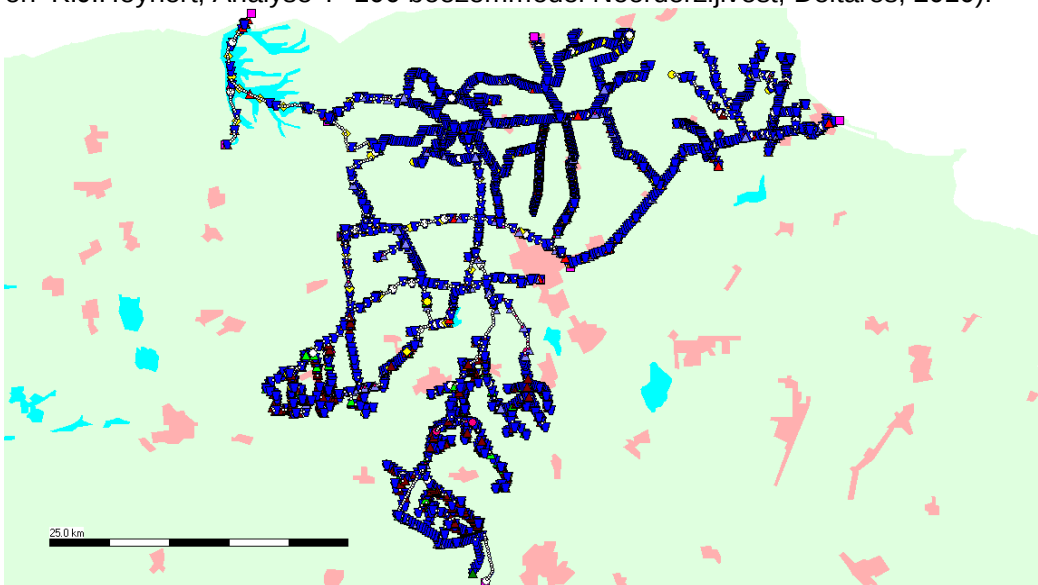
Het Sobek model van Wetterskip Fryslan is een gecombineerd Sobek-RR-CF-RTC-Matlab model en schematiseert de hele Friese boezem. De typische gridafstand is 500 m en het aantal rekenpunten is ongeveer 2200. Alleen de Sobek-CF schematisatie is overgenomen in LSM. De RTC-Matlab sturing is vervangen door eenvoudiger lokale sturing. De CF-schematisatie is weergegeven in de volgende figuur 2.5. Het model is ook gebruikt voor een onderzoek naar het koppelen van Sobek modellen via OpenMI (B. Becker en Q. Gao, Koppelen Sobek-modellen Wetterskip Fryslan en Noorderzijlvest via OpenMI, Deltares rapport 1204514-000-ZWS-0007-v2-r, 2012)



Figuur 2.5. Schematisatie van Wetterskip Fryslan

Waterschap Noorderzijlvest

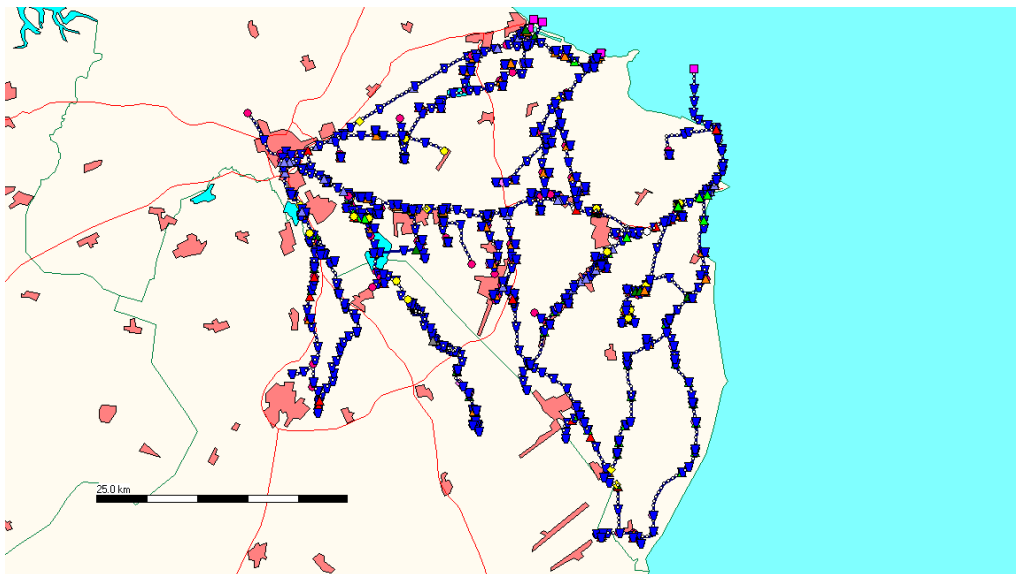
Het model van Noorderzijlvest is een gecombineerd Sobek-RR-CF-RTC-Matlab model. Er is ook een versie met eenvoudiger sturing (zonder RTC en Matlab). Het Sobek-CF deel van dit (eenvoudiger) model is ingebouwd in LSM (zie figuur 2.6). De typische rekenpuntsafstand is ongeveer 150 m, en het model heeft orde 4900 rekenpunten. Het model is beschreven in een rapport van Siebe Bosch Hydroconsult, Upgrade simulatiemodel waterschap Noorderzijlvest, januari 2011. Het model is gekalibreerd voor de periode januari tot augustus 2008, waarbij in het bijzonder (maar niet uitsluitend) is gekeken naar de hoogwaterperiode in januari 2008. Het model is daarna gevalideerd voor januari 2007. Een eerdere modelversie is gebruikt door Deltares voor analyse van het boezemsysteem voor extreme neerslag (K.J. van Heeringen en K.J. Heynert, Analyse T=100 boezemmodel Noorderzijlvest, Deltares, 2010).



Figuur 2.6. Schematisatie van Noorderzijlvest

Waterschap Hunze en Aa's

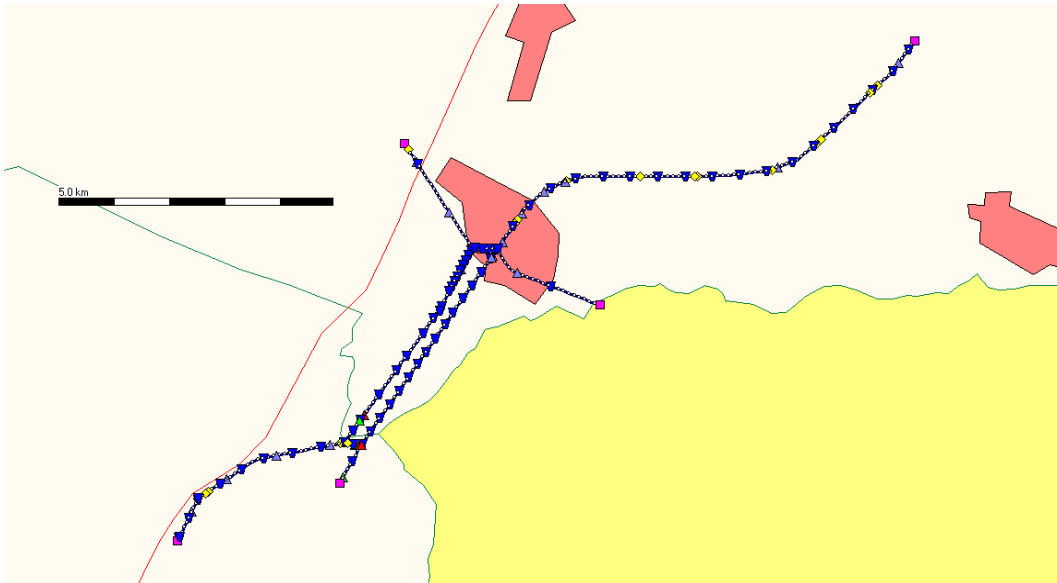
Het model van Hunze en Aa's is een gecombineerd Sobek-RR-CF model heeft een rekengrid met typische rekenpuntsafstanden van 500 m en bevat orde 1300 rekenpunten. Het model is gekalibreerd voor de periode oktober 1998 (wateroverlastsituatie). Gegevens voor wateraanvoer zijn door het waterschap apart aangeleverd. In LSM is alleen het Sobek-CF deelmodel overgenomen. Het model is eerder gebruikt voor hoogwaterstudies (M. van der Vat en G. Verhoeven, Quick scan HOWA-3 Hunze & Aa's, Deltares rapport 1201123-003, 2010)



Figuur 2.7. Schematisatie van Hunze en Aa's

Waterschap Velt en Vecht

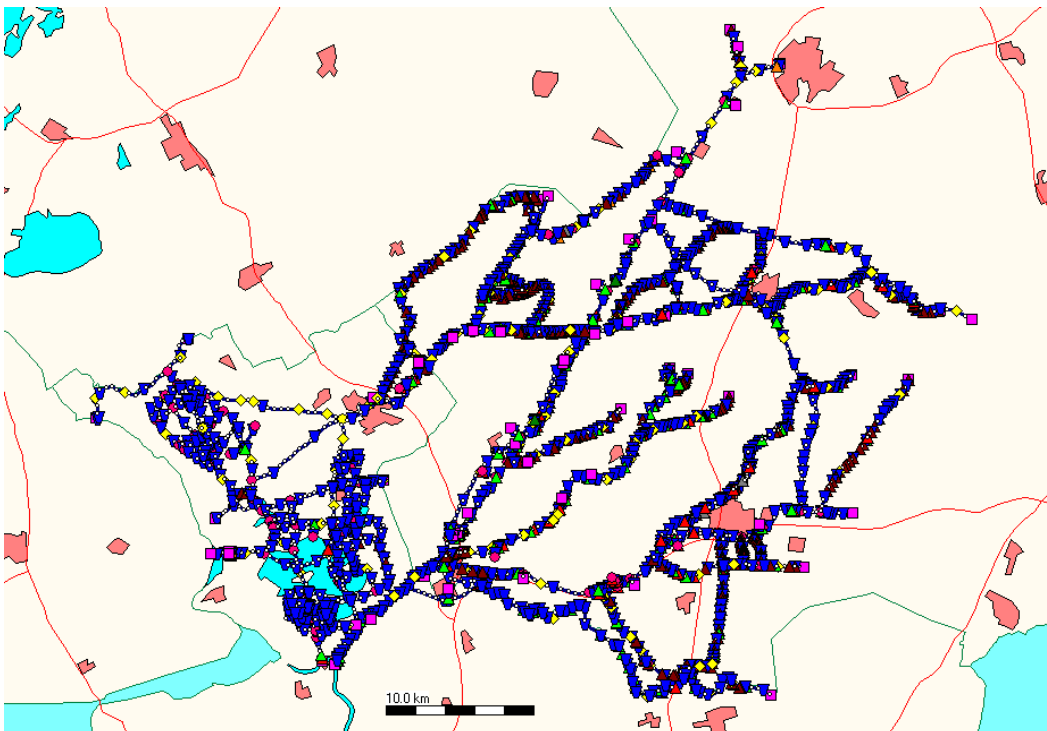
Het waterschap heeft een Sobek-CF model voor wateroverlastsituaties rond Coevorden, het gebied tussen de Verlengde Hoogetveense Vaart bij de Ericasluis en de Overijsselsche Vecht. Het model heeft ongeveer 300 rekenpunten en een rekenpuntsafstand van 100 meter. Het model is door HKV gemaakt en gerapporteerd (HKV, PR 481.10, Hoogwater Coevorden). Figuur 2.8 toont de schematisatie.



Figuur 2.8. Schematisatie van gebied rond Coevorden, waterschap Velt en Vecht

Waterschap Reest en Wieden

Het waterschap heeft een Sobek-CF schematisatie van Drentse Hoofdvaart, Hoogeveensche Vaart, Linthorst-Homankanaal, Oranjekanaal en diverse beken in het beheersgebied van het waterschap. Het model heeft ongeveer 2100 rekenpunten. De rekenpuntsafstand is typisch orde 250 m; bij takken met veel kunstwerken (bruggen) is de rekenpuntsafstand kleiner. Figuur 2.9 toont de schematisatie.



Figuur 2.9. Schematisatie Drentse kanalen en beken in het beheersgebied van Reest en Wieden

In het LSM zijn de grote Drentse kanalen uit een model van Reest en Wieden overgenomen. Ook de Reest, die in het distributiemodel is opgenomen, is opgenomen in

LSM. De plassen in NW-Overijssel zijn in NHI onderdeel van het districtswater en niet overgenomen in LSM.

Waterschap Zuiderzeeland

Het waterschap heeft Sobek-CF modellen voor de Noord-Oostpolder en Zuid- en Oost Flevoland aangeleverd. Het model van de Noordoostpolder heeft een default gridafstand van 500 meter en orde 1100 rekenpunten. Het model van Zuid- en Oost Flevoland heeft een gridafstand van 200 meter en ongeveer 2300 rekenpunten. De volgende figuren tonen de schematisaties die bekend staan als NOP en ZOF.



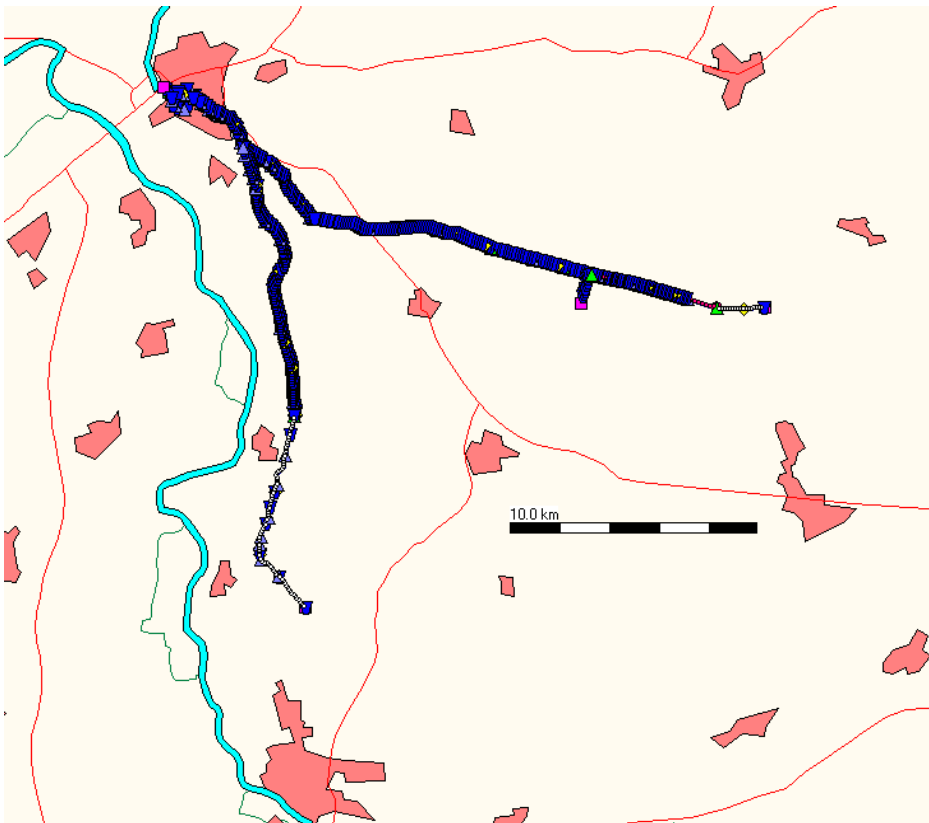
Figuur 2.10. Schematisatie Noord-Oostpolder (NOP)



Figuur 2.11. Schematisatie Zuid-Oost Flevoland (ZOF)

Waterschap Groot-Salland

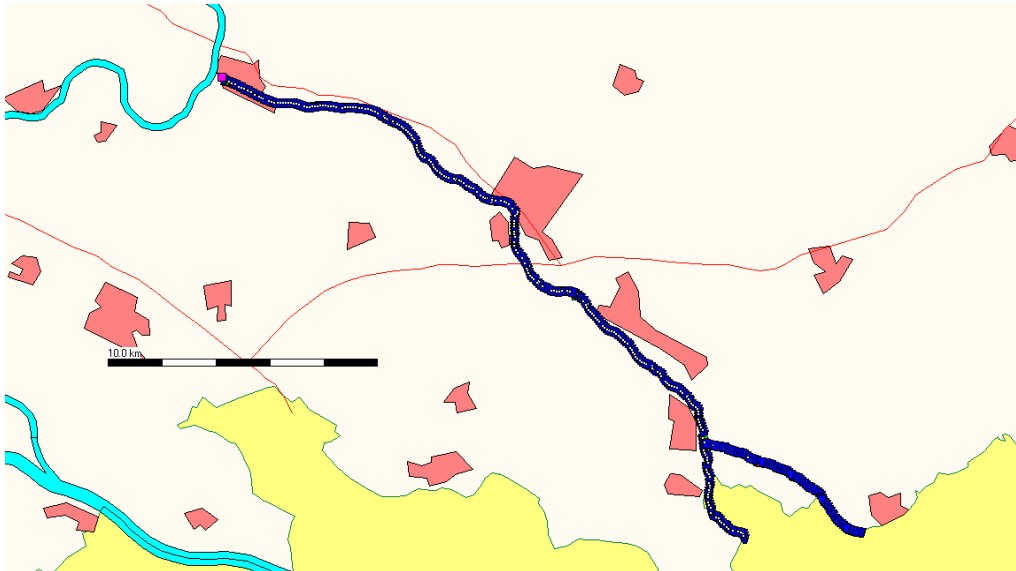
Een model van Groot-Salland wordt bij de ontwikkeling van Sobek-3 gebruikt als testmodel. Het is een Sobek-CF model van de Soestwetering en een deel van het Overijssels Kanaal. Het model heeft 500 rekenpunten en een gridafstand van ongeveer 100 meter.



Figuur 2.12. Schematisatie Soestwetering en deel Overijssels kanaal tot Zwolle

Waterschap Rijn en IJssel

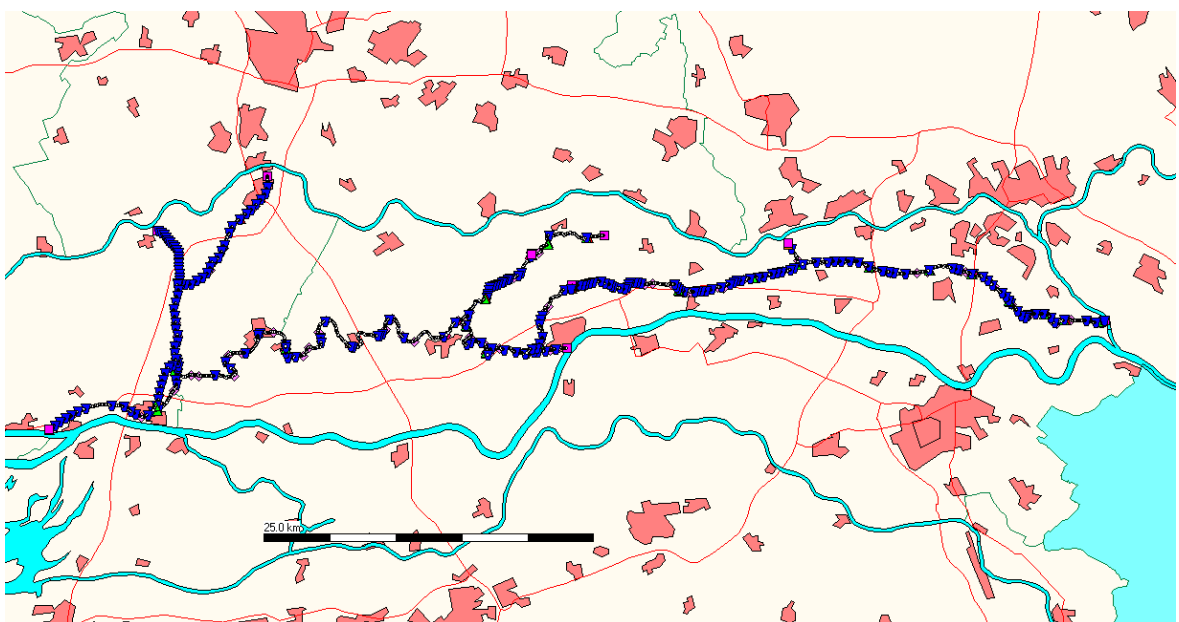
Het waterschap heeft een schematisatie van de Oude IJssel aangeleverd. Het model bevat de Oude IJssel en Aa-strang schematisatie vanaf de grens tot aan de monding in de IJssel bij Doesburg. De rekenpuntsafstand is 50 meter, en het aantal rekenpunten is orde 700. Figuur 2.13 toont de door het waterschap aangeleverde schematisatie. De Oude IJssel is weliswaar niet in DM opgenomen, maar is tot Doetinchem een regionale vaarweg en ook in het scheepvaartmodel Bivas opgenomen, dus daarom toegevoegd aan LSM.



Figuur 2.13. Schematisatie Oude IJssel

Waterschap Rivierenland

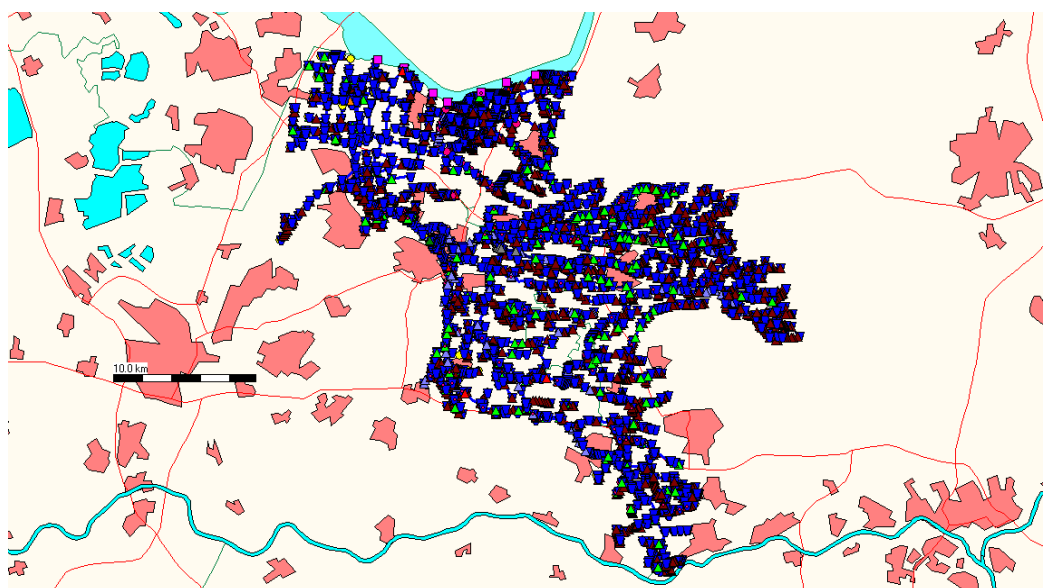
Het model van de Linge is beschreven in het rapport: Watersysteemanalyse Linge, Hydrologic, juli 2009. Het model beschrijft het gebied van de Linge, Korne, Maurikse Wetering, Merwedekanaal en kanaal van Steenenhoek. Het is een gecombineerd Sobek-RR-CF model met orde 1800 rekenpunten en een typische rekenpuntsafstand van 100 meter. Het model is gekalibreerd en gevalideerd voor en hoogwaterperioden januari 2007 en begin juli 2007. In LSM wordt alleen het Sobek-CF deel van het model overgenomen. Figuur 2.14 toont de CF-schematisatie. De sturing in het aangeleverde model is voor afvoersituaties; om jaarrond goed door te kunnen rekenen is sturing voor aanvoersituaties toegevoegd.



Figuur 2.14. Schematisatie Linge

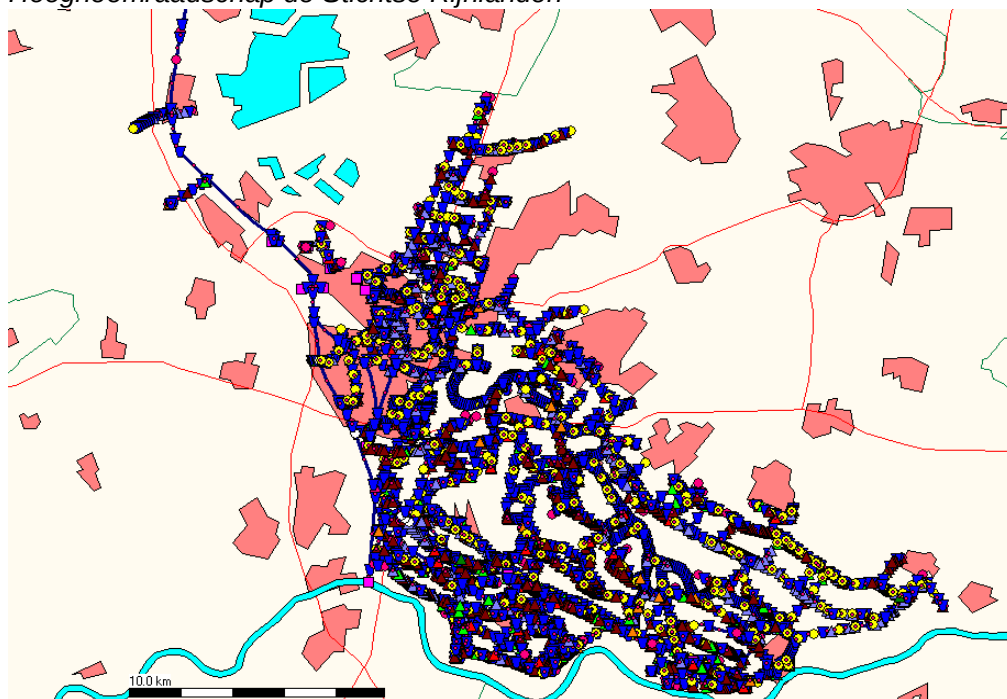
Waterschap Vallei en Eem

Het waterschap heeft een Sobek-CF model aangeleverd van het gebied van Valleikanaal, de Eem, enkele beken (Barneveldsche Beek, Lunterse beek / Heiligenbergerbeek) en polders langs de randmeren. Het model heeft 7500 rekenpunten en een gridafstand van typisch 100 meter. Het aangeleverde model is geconstrueerd door deelmodellen aan elkaar te plakken. In LSM is in overleg met het waterschap alleen het deel overgenomen dat het Valleikanaal en de Eem beschrijft.



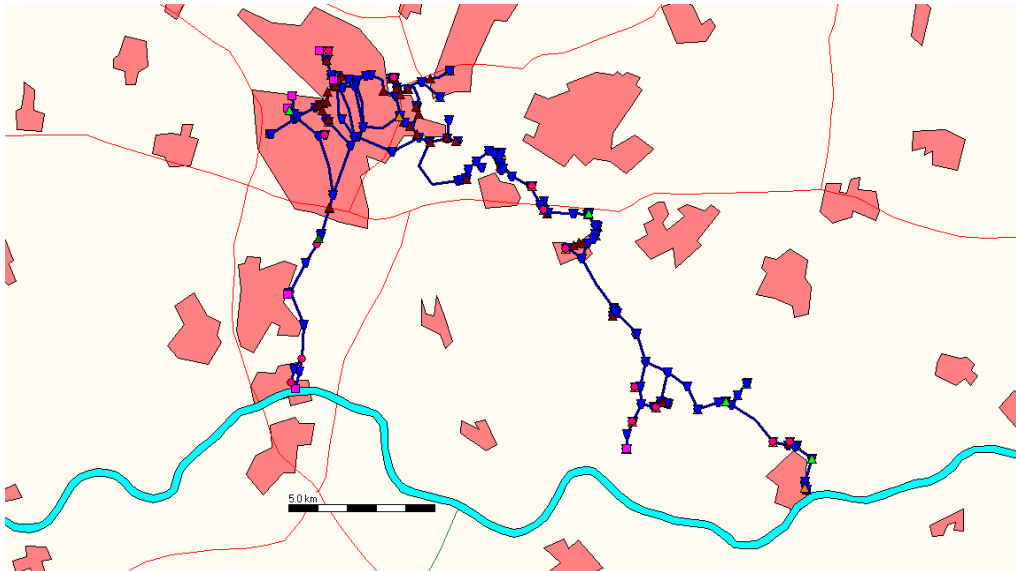
Figuur 2.15. Schematisatie Vallei en Eem

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden



Figuur 2.16. Schematisatie HdSR Oost, Kromme Rijn en stadsgebied Utrecht

Het model van HdSR Oost van figuur 2.16 is een gecombineerd Sobek CF-RTC model. Het omvat het gebied van Kromme Rijn, Langbroeker wetering, Eiland van Schalkwijk, het stadsgebied Utrecht, Lekkanaal, en ARK. Het model heeft 6500 rekenpunten met een typische rekenpuntsafstand van 100 meter. Een voorloper van dit model (KRIJUtr.lit) was een stuk minder gedetailleerd zoals figuur 2.17 laat zien.

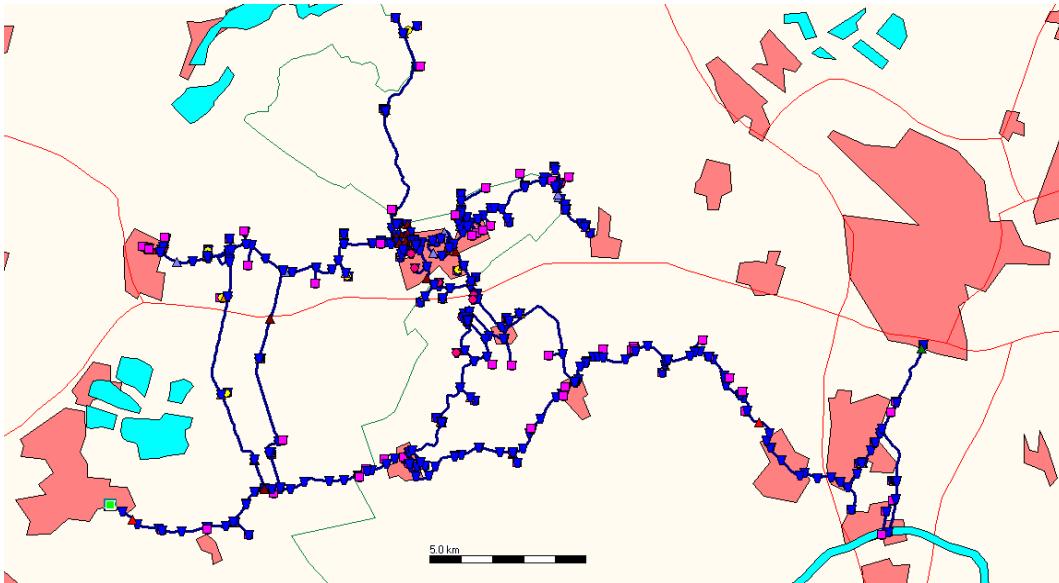


Figuur 2.17. Oudere schematisatie HdSR Oost, Kromme Rijn en stadsgebied Utrecht

Bij het opnemen van de schematisatie van HdSR Oost in LSM zijn we uitgegaan van de nieuwe, gedetailleerde schematisatie. Hiervan zijn de delen overgenomen die ook in het DM-oppevlaktewatersysteem zijn geschematiseerd. Dus de schematisatie van het Eiland van Schalkwijk en de Langbroekerwetering zijn niet opgenomen in LSM. Deze zijn al opgenomen in het Mozart oppervlaktewater (lsw's). De Caspargouwse wetering, Kromme Rijn en stadswater Utrecht tot aan de Weerdsluis en het ARK zijn wel overgenomen. Het ARK en Lekkanaal in LSM zijn uit het Waternet model overgenomen. Ten slotte is de RTC sturing vervangen door eenvoudiger lokale sturing in CF, zodat het LSM alleen een Sobek-CF model blijft.

Voor het westelijk gebied van HdSR is een schematisatie van de gekanaliseerde Hollandse IJssel (inclusief aansluiting bij Vreeswijk met de Lek en bij Utrecht met het ARK), de Wierickes, de Woerdense Verlaat en de Oude Rijn van de Haanwijkersluis tot Bodegraven beschikbaar. Deze schematisatie is een gecombineerd Sobek-CF-RTC-Matlab model. In LSM is alleen het CF-deel overgenomen; de sturing in LSM is vereenvoudigd (alleen sturing met de mogelijkheden van Sobek-CF) zodat nog geen extra RTC module en geen Matlab nodig is.

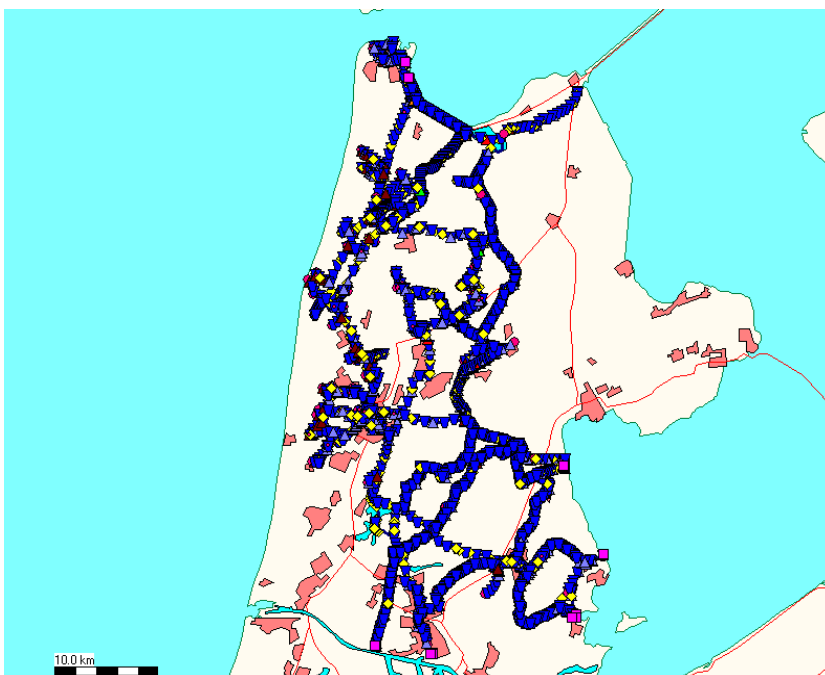
Het ontvangen HdSR-West model is gericht op wateroverlast situaties. Er zijn daarom geen verbindingen tussen de gekanaliseerde Hollandse IJssel en de gebieden ten noorden daarvan (o.a. de enkele en dubbele Wiericke), omdat bij wateroverlast situaties deze gebieden ontkoppeld zijn. Voor wateraanvoer zijn in LSM enkele verbindingen en als pompen geschematiseerde inlaten aan het model toegevoegd; hierdoor is de gekanaliseerde Hollandsche IJssel in LSM wel verbonden met de Enkele en Dubbele Wiericke. Verder is in het model de Leidse Rijn (nog) niet geschematiseerd in het HdSR-West model.



Figuur 2.18. Schematisatie HdSR West, gekanaliseerde Hollandse IJssel en Oude Rijn

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

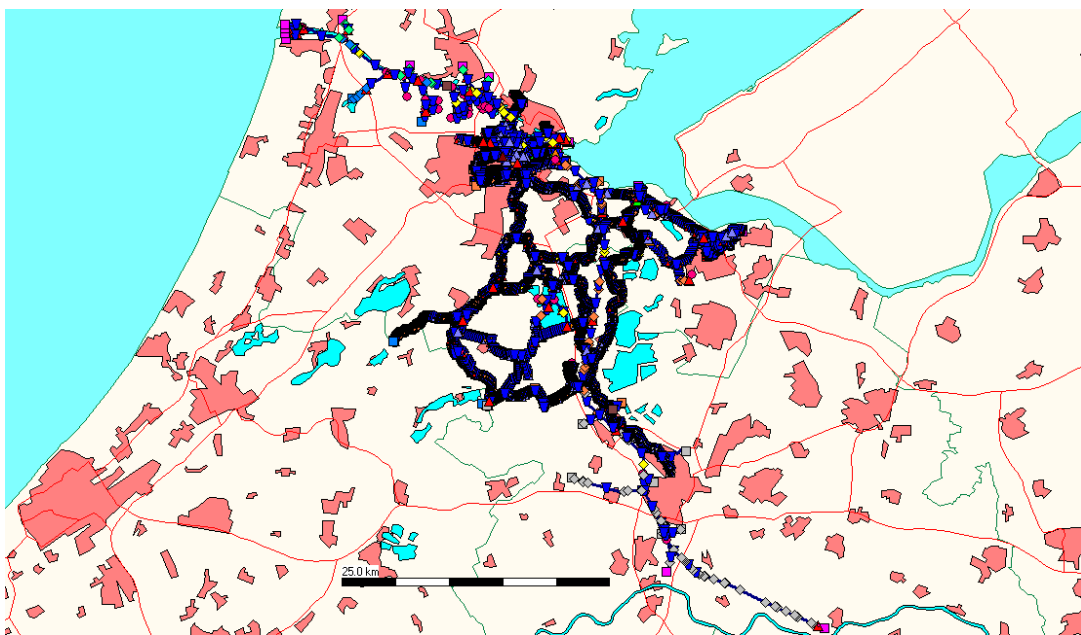
Het HHNK model is beschreven in rapportage van Nelen en Schuurmans (Actualisatie boezemmodel HHNK, Nelen en Schuurmans rapport H0103, maart 2007). Het is een gecombineerd Sobek RR-CF model. Het schematiseert het gebied tussen het Noordzeekanaal en Den Helder. Het model is gekalibreerd voor de periode december 2002-januari 2003. In LSM wordt alleen het Sobek-CF deelmodel overgenomen. Dit model bestaat uit ongeveer 2250 rekenpunten met een gridafstand van typisch 250 meter. Het aangeleverde model is ook voor waterkwaliteitsberekeningen gebruikt door Witteveen en Bos voor HHNK.



Figuur 2.19. Schematisatie HHNK boezemsysteem

Waternet

Het boezemsysteem van Waternet staat in open verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en het Noordzeekanaal (NZK). Daarom heeft Waternet in 2010-2011, in overleg met HdSR en RWS-regionale directie Noord-Holland, gewerkt aan een Sobek schematisatie van het Waternet gebied inclusief ARK (tot aan de Irenesluizen), Lekkanaal (tot aan de Beatrixsluizen) en NZK. Het is een Sobek-CF-WQ model dat ook wordt gebruikt voor waterkwaliteitsberekeningen. Het model bestaat uit 3200 rekenpunten met typische rekenpuntsafstand 150 m.



Figuur 2.20. Schematisatie Waternet inclusief ARK-NZK systeem

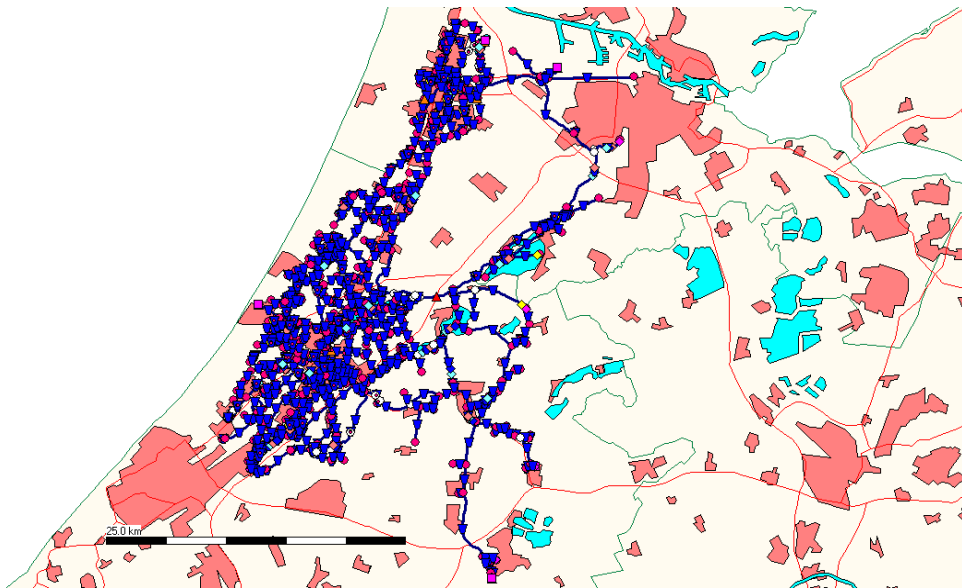
Hoogheemraadschap Rijnland

Het Sobek model van Rijnland is beschreven in het rapport van J.J. Reitsma, Rapport Rijnlandmodel schematisatie, versie juni 2009 (document versie is mei 2011)

Het rapport beschrijft het gekoppelde Sobek RR-CF model van Rijnland. Het schematisatie rapport verwijst ook naar een aparte rapportage over kalibratie. Het model Rijnl_CF.lit is het CF-deel van het beschreven Rijnland RR-CF model met de volgende aanpassingen:

- een aanpassing in de sturing van de 4 boezemgemalen;
- de piekberging Driemanspolder is verwijderd;
- fictieve gemalen zijn verwijderd; en
- de aanvoer bij Bodegraven is als tijdreeks (2000-2009) opgedrukt.

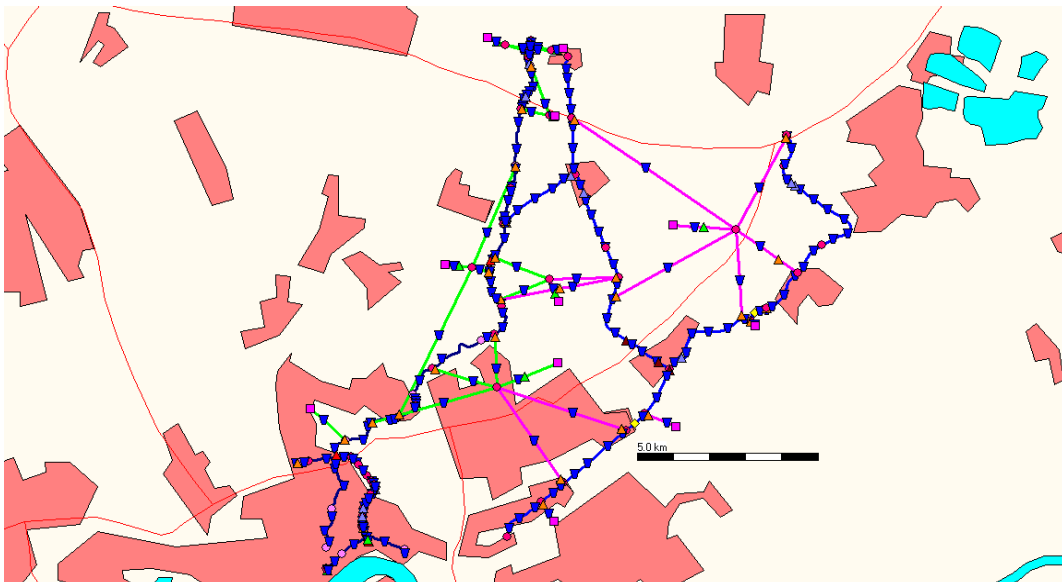
De typische rekenafstand is 250 meter. Het model heeft 2500 rekenpunten en dekt het gebied tussen Den Haag, Gouda, Amsterdam en Haarlem. In LSM is de opgedrukte tijdreeks voor Bodegraven verwijderd, en wordt door sturing van de kunstwerken een debiet bepaald.



Figuur 2.21. Schematisatie Rijnlands boezem.

Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard

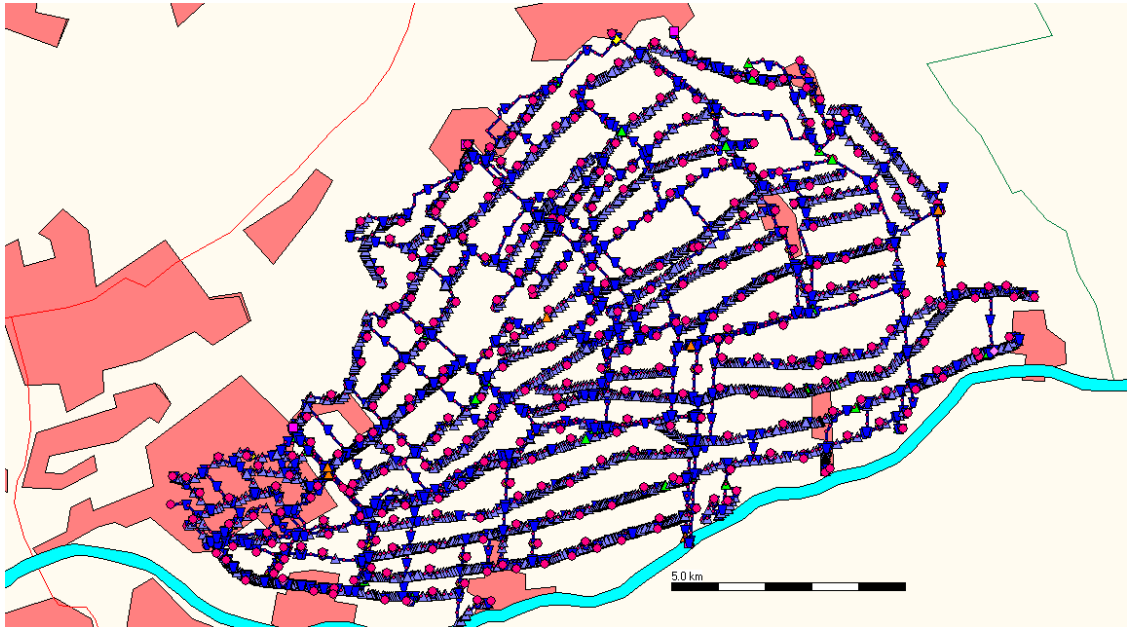
Het model van Rotte en Ringvaart is een Sobek-CF model van de Rotte, de Ringvaart, en (schematisch) het polderwater dat loost/onttrekt op Rotte en Ringvaart (respectievelijk de groene en paarse takken in figuur 2.22). Het model heeft ongeveer 600 rekenpunten in de Rotte en Ringvaartboezem, en rekenpuntsafstand 100 meter.



Figuur 2.22. Schematisatie HHSK Rotte en Ringvaart

Het model van de Krimpenerwaard is een zeer gedetailleerd Sobek-CF model met 6800 rekenpunten en een typische rekenpuntsafstand van 50 meter. Dit komt door de vele bruggen die als kunstwerk in het model zijn opgenomen, en de Sobek eis dat tussen 2 kunstwerken minstens 1 rekenpunt moet liggen. In overleg met het hoogheemraadschap is geconcludeerd dat dit model te gedetailleerd is om in LSM op te nemen. In plaats daarvan is een voor de

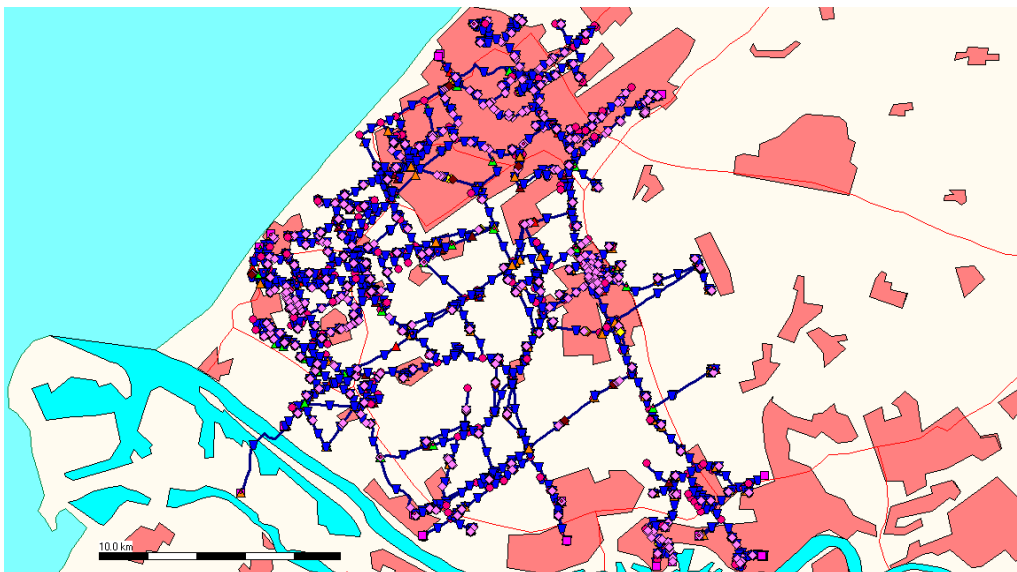
landelijke waterverdeling relevante mogelijkheid – doorvoer van water vanuit de Lek via de Krimpenerwaard naar de Hollandsche IJssel (zoals in juni 2011 daadwerkelijke uitgevoerd) eenvoudig geschematiseerd en in LSM opgenomen.



Figuur 2.23. Schematisatie HHSK, Krimpenerwaard

Hoogheemraadschap Delfland

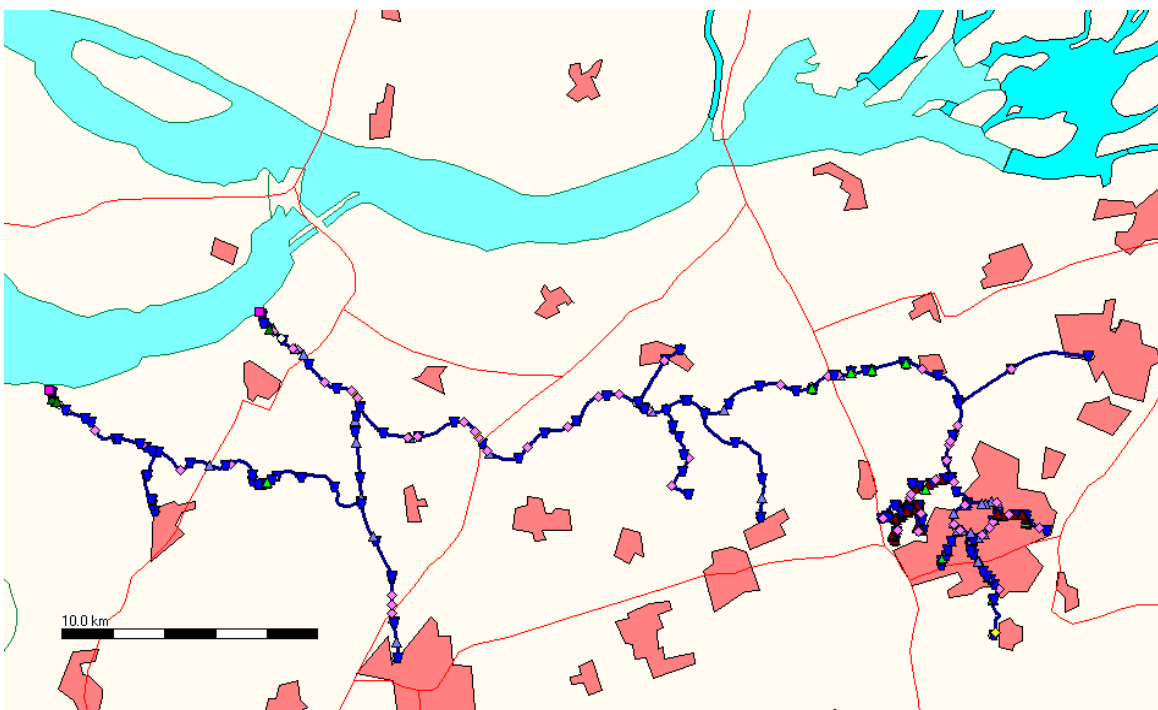
Het model van Delfland is een gecombineerd Sobek RR-CF model met ongeveer 2000 rekenpunten (typische rekenpuntafstand 250 meter). Het model kent een lange historie: Delfland is al sinds de wateroverlast van september 1994 en september-oktober 1998 bezig met Sobek RR-CF modellering van hun polder- en boezemsysteem. Het model wordt tegenwoordig zowel voor natte als droge situaties (jaarrond) gebruikt. In het aangeleverde model is zowel het boezemwater als het (sterk geschematiseerde) polderwater opgenomen. Voor het opnemen van het Delfland model in LSM is het polderwater uit het model verwijderd.



Figuur 2.24. Schematisatie Delfland

Waterschap Brabantse Delta

Het Sobek model van het Mark-Vliet systeem van Brabantse Delta is een schematisatie met inlaat bij Oosterhout uit het Wilhelminakanaal benedenstrooms van sluis I, de Bovenmark vanaf Breda, het Markkanaal en de Dintel, en de Roostendaalse en Steenbergse Vliet tot aan de monding in het Volkerak. Het model is een Sobek-CF model bestaande uit 2300 rekenpunten met een rekenafstand van 50 meter.

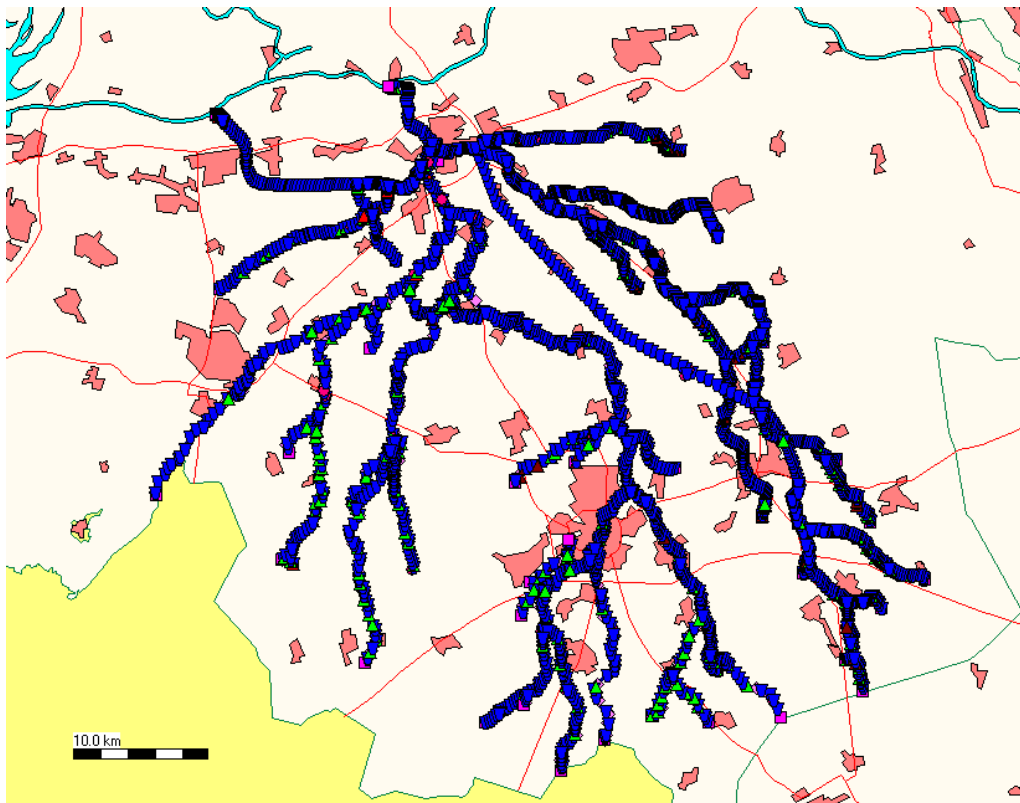


Figuur 2.25. Schematisatie Mark-Vliet systeem Brabantse Delta

Waterschap de Dommel

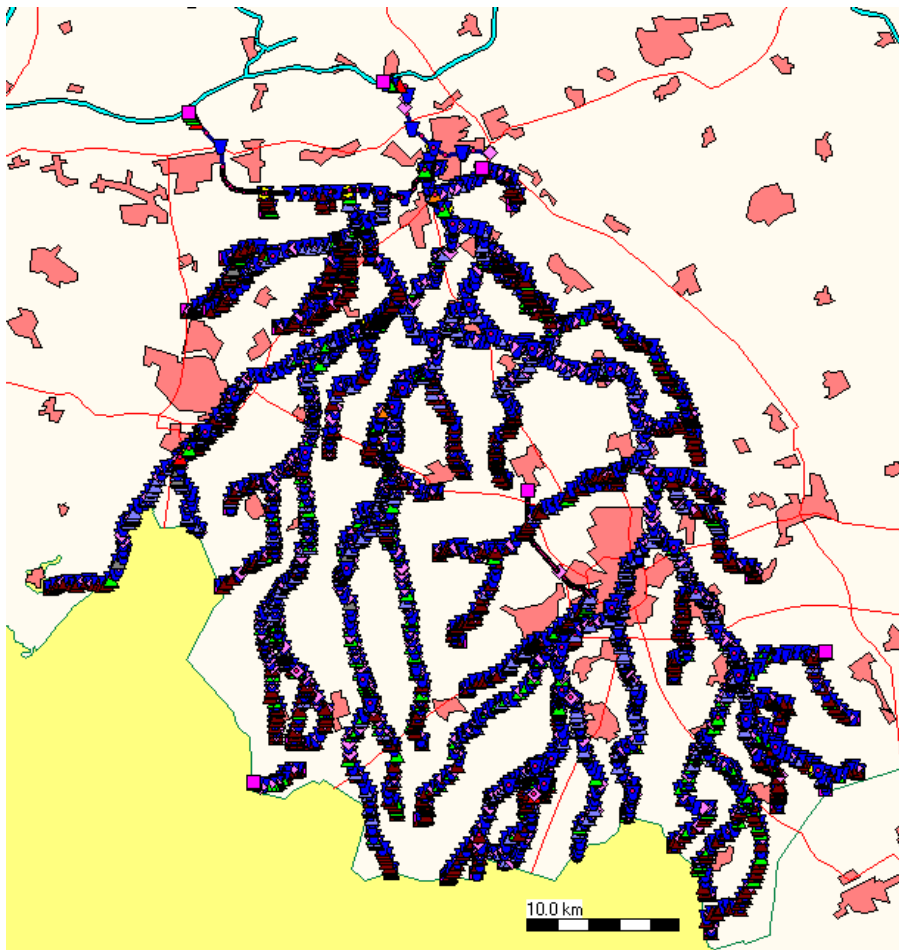
Voor waterschap de Dommel en waterschap Aa en Maas is een gecombineerd Sobek model beschikbaar (uit het BOS Dommel en Aa). Het model is beschreven in het rapport: BOS Dommel en Aa, Aanpassingen en resultaten Sobek model, mei 2008, Nelen & Schuurmans project I0064. Het model is gevalideerd voor de natte perioden januari-maart 2002 en december 2002-januari 2003.

Dit model bevat een goede representatie van de Dommel en de Aa. Het deel van dit model dat de Zuid-Willemsvaart representeert is sterk schematisch. Voor dit gebied is via RWS regionale directie Noord-Brabant een beter model beschikbaar. Het Dommel en Aa model is een Sobek RR-CF-2D model. Het LSM is alleen een 1D model, dus het RR en 2D deel van het model worden niet overgenomen. Van het Sobek-CF model worden de Dommel, Aa en Drongelens kanaal overgenomen in LSM. In overleg met de betrokken waterschappen is besloten de Beerze/Reuzel Sobek schematisatie niet in LSM 1.0 op te nemen. Deze zitten in NHI al in Mozart (Isw-water), terwijl Dommel, Aa en Drongelens kanaal wel in DM zijn opgenomen. Het CF model bevat 3500 rekenpunten; de rekenpuntsafstand varieert per tak. Waar het kan is 500 meter genomen, maar in de beken is het vaak orde 100 meter.



Figuur 2.26. Schematisatie Dommel en Aa model (uit BOS Dommel en Aa)

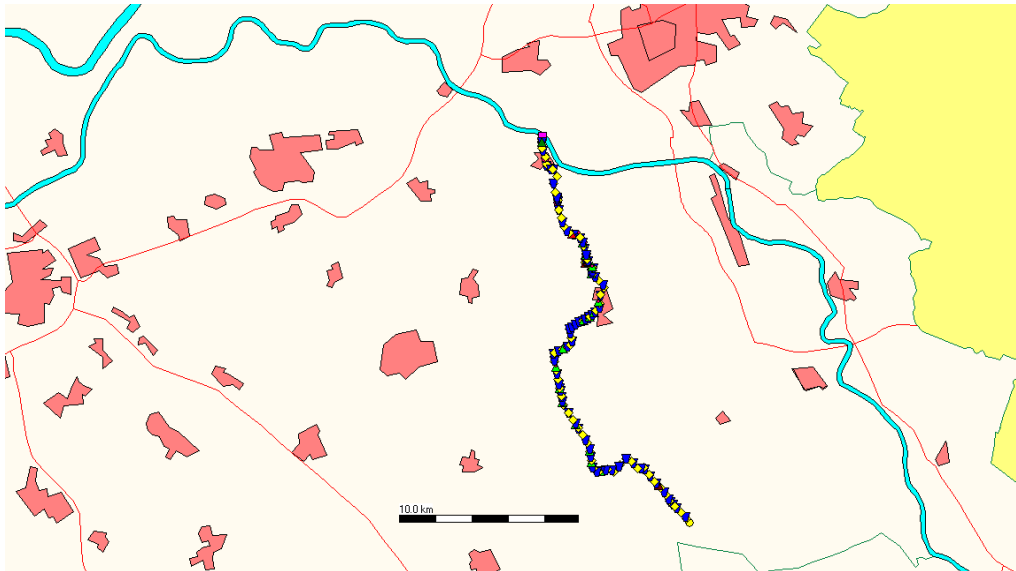
Aanvullend heeft waterschap de Dommel de schematisatie weergegeven in de volgende figuur beschikbaar gesteld. Dit is een nieuwere versie, met meer detail in de bovenstroomse gebieden. Ook dit is dus een Sobek RR-1D-2D schematisatie gericht op het doorrekenen van wateroverlast situaties. In LSM is een uitsnede uit deze nieuwere versie opgenomen.



Figuur 2.27. Schematisatie Dommel, nieuwere versie

Waterschap Aa en Maas;

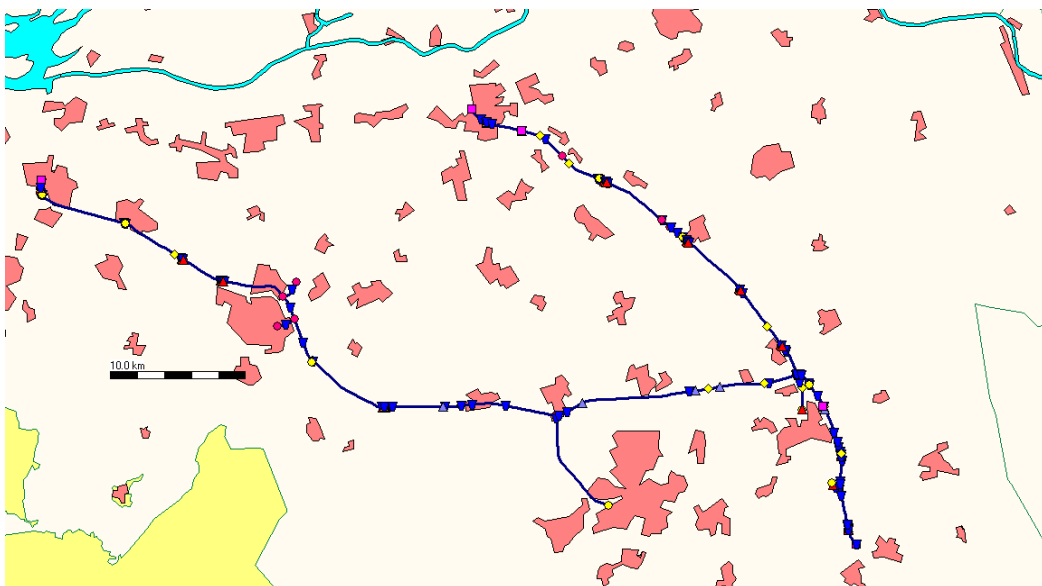
Voor waterschap Aa en Maas is het model van de Aa uit het gezamenlijke Dommel en Aa model gebruikt, zoals hiervoor al weergegeven. Voor het noordelijk deel van het Peelkanaal heeft Aa en Maas ook een Sobek model beschikbaar gesteld. Dit is een Sobek-CF model dat bestaat uit ongeveer 100 rekenpunten. De rekenpuntsafstand is 500 meter tenzij dat wegens beperkingen door kunstwerken en/of lateralen niet kan. Figuur 2.28 toont de schematisatie van het noordelijk Peelkanaal.



Figuur 2.28. Schematisatie Noordelijk Peelkanaal

RWS regionale directie Noord-Brabant

De regionale directie heeft een Sobek-CF-RTC-Matlab model van de Zuid-Willemsvaart, Wilhelminakanaal en Beatrixkanaal. Dit model is beschreven in het rapport: Modelstudie Watersysteem Grote Pand, DHV, april 2010. In overleg met de regionale directie is het Sobek-CF deelmodel overgenomen in LSM. De sturing met RTC en Matlab is vervangen door een eenvoudiger lokale sturing in Sobek-CF. Het aangeleverde Sobek-CF model heeft iets meer dan 300 rekenpunten met een typische gridafstand van 500 meter.

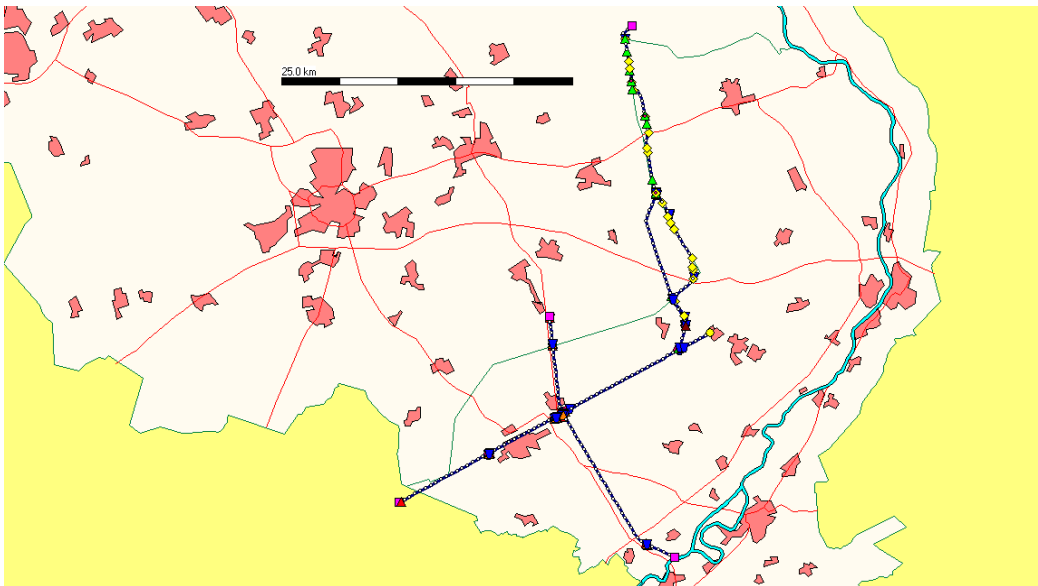


Figuur 2.29. Schematisatie Zuid-Willemsvaart en Wilhelminakanaal

Waterschap Peel en Maasvallei

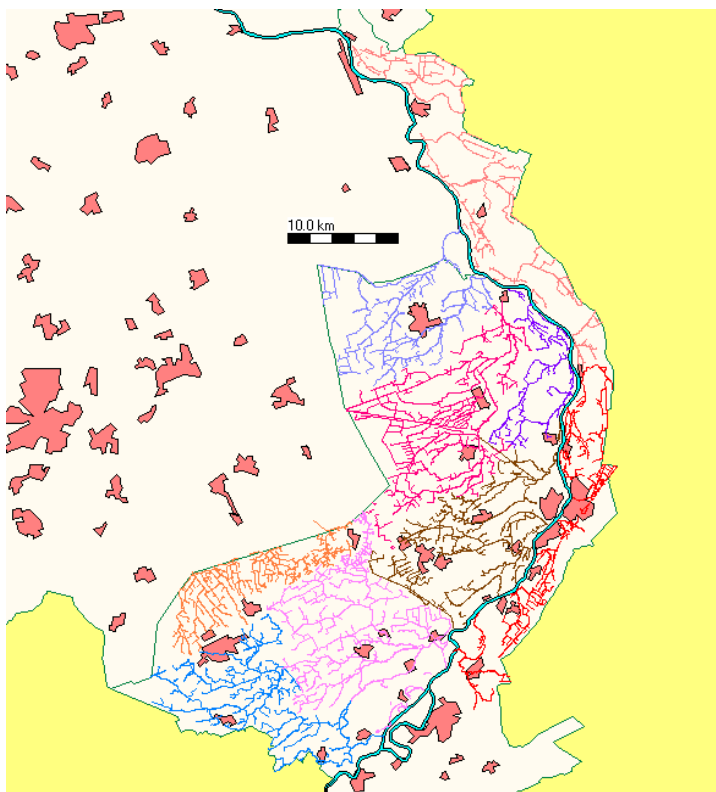
Hoewel de Midden Limburgse en Noord-Brabantse kanalen onder beheer vallen van RWS regionale directie Noord-Brabant, bleek er bij het waterschap Peel en Maasvallei een Sobek-schematisatie van (een subset van) deze kanalen beschikbaar. Het model is vermoedelijk gebaseerd op het door HKV gemaakte MLNBK model (HKV, Modelbeschrijving SOBEK model van de Midden Limburgse en Noord Brabantse Kanalen, Pr454-10, 2001) en uitgebreid met het zuidelijk Peelkanaal.

De schematisatie bij de kruising van de kanalen Zuid-Willemsvaart, Wessem-Nederweert en Noordervaart is volgens het waterschap echter nog niet helemaal correct. Daarom is deze schematisatie niet 1 op 1 overgenomen; in LSM zit dus een vereenvoudigde weergave van de kruising. De schematisatie van de Noordervaart en Zuidelijk Peelkanaal is wel overgenomen, en ook de gegevens van profielen en kunstwerken in Zuid-Willemsvaart en kanaal Wessem-Nederweert zijn overgenomen in LSM. De schematisatie van het zuidelijk Peelkanaal sluit aan bij de schematisatie van het noordelijk Peelkanaal van waterschap Aa en Maas. Het MLNBK model heeft ruim 200 rekenpunten met een gridafstand van ongeveer 500 meter waar mogelijk.



Figuur 2.30. Schematisatie kanalen via waterschap Peel en Maasvallei

Voor de beken en rivieren in het beheersgebied van Peel en Maasvallei zijn gedetailleerde Sobek-CF modelschematisatie beschikbaar. Het gaat hierbij om 9 schematisaties, ieder in tweevoud uitgevoerd (zomer/winter situatie). Figuur 2.31 geeft in verschillende kleuren per deelmodel de takken van de 9 schematisaties weer. De gebieden zijn: het Zuid Oostelijk Maasterras, het Noord Oostelijk Maasterras, Neerbeek West, Neerbeek Oost, Oostrumse beek en Loobeek, Kleine Afwatering, Grote Molenbeek, Everlose beek en Tasbeek, en Brabantse Afwatering. Deze modellen hebben veel rekenpunten. De 9 modellen hebben samen ongeveer 25000 rekenpunten. Het kleinste model heeft 1150 rekenpunten, het grootste model 4000.



Figuur 2.31. Schematisaties van beken in beheersgebied van Peel en Maasvallei

De schematisaties van de beken zijn voor landelijke toepassing in LSM te gedetailleerd. Na overleg met het waterschap is besloten alleen de Swalm, de Niers, de Grote Molenbeek en de Tungelroyse beek in vereenvoudigde vorm in LSM 1.0 op te nemen.



Figuur 2.32. Schematisatie geselecteerde rivieren en beken in Peel en Maasvallei
(van linksboven af met de klok mee: Grote Molenbeek, Niers, Swalm, Tungelroyse beek)

De volgende tabel geeft een overzicht van de modellen waaruit LSM 0.2 (november 2011) en LSM 1.0 (september 2012) zijn samengesteld. Er is een simulatieperiode aangegeven van de originele modellen voorzover dat zinvol is. Enkele modellen zijn aangeleverd met een ontwerp-bui of stationaire bui (bv. constant 1mm/dag of 7mm/dag). De typische rekenpuntsafstand in de modellen is ook aangegeven. Door kunstwerken en lateralen is de rekenpuntsafstand soms sterk variabel, omdat bij kunstwerken vaak aan weerszijden een rekenpunt vlak voor en achter het kunstwerk gelegd wordt, en omdat er verplicht een rekenpunt tussen kunstwerk en lateralen ligt.

Tabel 1: Gegevens deelmodellen LSM 0.2 en LSM 1.0

Model / gebied	Sobek project	Simulatie-periode	Typische rekenpunts-afstand (m)	Opmerking / casenaam
LTMplus is opgebouwd uit:				
LTM	KL2000v3.lit	1976	500	DM Lateralen 1976 Incl WQ versie 08
				Uitgebreid met Sobek-takken op basis van DM informatie
LSM 0.2. is opgebouwd uit:				
LTMPlus	LTMPlus.lit	1976	500	LTMPlus v360
ZW-Delta	Delta_M.lit	2000	800	P: Gem-jaar: Katse Heule + Meer Graas, reductie randen Bur=0, BD4, Pflux2 res
Twentekanal		2010	100-200 m	
LSM 1.0 is opgebouwd uit:				
LSM 02.lit	LSM02_6b.lit	1976	500	LSM0206b - huidig 197576 (met lateralen NHI 2.2)
Fryslan	OPMI_WF.lit	Okt-Nov. 1998	500	REFERENTIE_2000 tbv Oevers & Kaden Hoogwater 1998 (07lms_ref2000)_Open MI
Noorderzijlvest	NZV_Boez.lit	Jan 2007	150	COMBIMODEL_HUIDIG RR-CF-RTC v16 2007-2008
Hunze en Aa's	H_A_2012.lit	1998	500	12092011_SOBEK_H&A_Boezemmodel_07_2011
Velt en Vecht	Mod_Coe.lit	Okt.1998	100	Overijsselse stuw
Reest en Wieden	Huidig.lit		500	20111116 Zomer GHG huidig Project bevat cases voor Winter/Zomer, GHG/GLG/GG
Zuiderzeeland	NOPCF.Lit		500 (vaak minder door kunstwerken)	NBW01
	ZOFCF.Lit	Mei-Juli 1988	200	
Groot-Salland	SW_max1.lit	Jan. 2007	100	Bepalen fysisch maximum - 80 m ³ /s, NAP+1.87m bij Zwolle Via Sobek helpdesk (testmodel Sobek 3)

Model / gebied	Sobek project	Simulatie-periode	Typische rekenpunts-afstand (m)	Opmerking / casenaam
Rijn en IJssel	OY_NHI.lit	(2000)	50	Case OY_NHI_W. Project bevat cases voor winter en zomer situatie (verschillende weerstanden)
Rivierenland	Linge.lit	Nov.2006-Juli 2007	100	Lingemodel
Vallei en Eem	WVE_tmp.Lit		100	Verschillende cases voor zomer/winter peilen Zomercase: EX02b - Q100% zomerpeilen (obv EX01b) maar met vistrap De Wieken
HdSR	GHIJ_OR3.Lit	Dec 2002	100	Westelijk gebied HdSR: Oude Rijn, gekanaliseerde Holl. IJssel. Case: OR_GHIJ+sturing v16 - basis
	HdSROos1.lit HdSROost.lit KrijUtr.lit	Jan. 2010	100	Case: HDSR Oost def 03-05-2012 inclusief berging in storagenodes (min 5perc maaiveld)
HHNK	HHNK.lit	1989	250	Boezemmodel HHNK CF model 89_W+: scenario 4 juli/aug stop
Waternet	Geert_P.lit	2003	150	22jun11 2003 WQ ZMaal ZeebDef JAAR TolhsOPEN AmstDICHT Heic2011 Joostend=0
Rijnland	Rijnl_CF.Lit	2000-2009	250	
Delfland	Boez_09.lit		250	Boez_09, 9-9-2011 Serieel (jaarrond)
Schieland en Krimpenerwaard	NHI.Lit	Jan 1990 Maart 2007	100	Model Rotte-Ringvaart Model Krimpenerwaard te gedetailleerd voor LSM
Brabantse Delta	MarkVlc1.lit		50	Case: CONCEPTmodel markvliet actuele situatie T10hoog init.nat (versie eind mei 2012)
Dommel en Aa	DoenAa3.lit		100-500	Uit BOS Dommel en Aa: BOSmodel_dec2010_versie2_inputDomme I_werk
Dommel	VoorNHI.Lit	Okt-Nov. 1998	100-200 m	B1_2010Basismodel_20110408_Huidig_ge en maatr. T1_Mconst_20110411
Aa en Maas	NHIPkan.Lit	Okt-Nov. 1998	500	Model Peelkanaal Noord Case: Aa_Maas PeelkanaalNoord voor LSM
RWS Noord-Brabant	ZWLM.Lit		500	Case: 05EV als 04 Scenario 1 WATAK met correcties doorgevoerd
Peel en Maasvallei	AGOR.Lit WPM.Lit	1996	Wisselend (veel kunstwerken)	Modellen voor beken in beheersgebied WPM. Versies voor winter/zomer situatie. Selectie voor LSM: Swalm, Niers, Grote Molenbeek, Tungelroyse beek.
	MLNBK.Lit		500	Peelkanaal zuid, Noordervaart, ZuidWillemsvaart, en Wessema-Nederweert Case: modelbouw 6 - vanaf sluis 14.

2.3 Aanpassingen aan schematisaties bij het opnemen in LSM

Voor het opnemen van de regionale modellen in LSM zijn een aantal aanpassingen en checks uitgevoerd. Allereerst is de regionale schematisatie vergeleken met het in DM geschematiseerde oppervlaktewater en de belangrijke vaarwegen. In ieder geval is al het water dat in DM is geschematiseerd vervangen door beschikbare Sobek schematisaties. Voor enkele gebieden zijn ook delen van Sobek modellen overgenomen die oppervlaktewater representeren dat niet in DM maar in Mozart (regionaal oppervlaktewater in lsw's) was geschematiseerd. Voorbeelden zijn het Valleikanaal en de Eem, de vaarten in de Flevoland, de Oude IJssel, de Grote Molenbeek en Tungelroyse beek.

Als controle zijn ook de volumes water volgens DM en volgens de Sobek schematisaties vergeleken. Op deze manier bleek bijvoorbeeld in Delfland dat ook polderwater in het Sobek model was geschematiseerd. Na correctie hiervoor bleken de volumes volgens DM en Sobek goed overeen te komen.

Enkele aangeleverde regionale modellen zijn vooral in gebruik voor waterafvoer situaties. Voor die modellen is in overleg met de regionale beheerder waar nodig sturing voor wateraanvoer situaties toegevoegd, typisch met één of meer inlaatkunstwerken die aanslaan als het peil ergens in het regionale watersysteem te ver uitzakt. Wateraanvoer sturing is onder andere toegevoegd voor de Linge en de watersystemen van Hunze en Aa's en Wetterskip Fryslan.

Er zijn ook regionale modellen aangeleverd met centrale sturing via Sobek-RTC en soms ook met Matlab. In LSM 1.0 is ernaar gestreefd om alle sturing lokaal in de Sobek-CF (1D-Flow) module te implementeren. Deze lokale sturing is typisch peilgestuurd: een stuw of gemaal wordt ingezet als het peil op een door de stuw of pomp te controleren lokatie in het systeem te hoog wordt (afvoersituatie) of juist te ver wegzakt (aanvoersituatie). De peilvariatie volgt vooral uit de in LSM opgegeven laterale debieten.

Voor de LSM 1.0 run zijn de laterale debieten afgeleid uit door NHI 3.0 berekende lozingen en onttrekkingen van districten. De berekende districts-lozingen en onttrekkingen met DM en Mozart zijn verdeeld over de laterale debietlokaties in LSM.

Voor waterkwaliteitsberekeningen zijn de laterale debieten zo gedefinieerd dat per laterale debiet lokatie slechts door één district wordt geloosd, en dat districtslozingen en – onttrekkingen zijn gescheiden. Alleen op deze manier kan voor waterkwaliteitsberekeningen een goed onderscheid gemaakt worden in de (verschillende) belastingen vanuit verschillende gebieden.

Bij het koppelen van de regionale modellen is er speciale aandacht voor de randen. Immers, op die lokaties moeten de modellen gekoppeld worden. In de aangeleverde regionale modellen zijn de randvoorwaarden vaak als tijdreeks opgedrukt. Bijvoorbeeld, in het Rijnlandmodel is het debiet bij Bodegraven (van HdSR naar Rijnland) als tijdreeks opgedrukt. In het LSM willen we dat debiet uiteraard niet opdrukken, maar moet dat debiet berekend worden door het model. In voorkomende gevallen is daarvoor een kunstwerk met sturing toegevoegd.

Soms overlappen regionale schematisaties. Bijvoorbeeld het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal zijn zowel in LSM 0.2, het regionale model van Waternet als (deels) in het regionale model van HdSR Oost geschematiseerd. De schematisatie in LSM 0.2 is

gebaseerd op oude Sobek-RE modellen. Het Waternet model is in 2010-2011 nieuw gemaakt in Sobek 2.12. Daarom is besloten het ARK en NZK deel vooral uit het Waternet model over te nemen. Het HdSR-Oost model kwam beschikbaar nadat het Waternet model in LSM was ingebouwd. Het HdSR-Oost model bevat wel het ARK, maar niet het NZK. Besloten is om het ARK in LSM zo te laten, dus LSM 1.0 bevat voor het Amsterdam-Rijnkanaal de van Waternet afkomstige schematisatie die begint net benedenstrooms van de Irenesluizen en Beatrixsluizen.

De regionale modellen verschillen sterk in aantal rekenpunten. In overleg met de betrokken regionale waterbeheerders is besloten in LSM te werken met een default rekenafstand van 500 meter. Hiermee wordt de rekentijd van het model beperkt, en afstemming gerealiseerd in de mate van detail van de verschillende waterschappen, terwijl voor landelijk analyses het niet nodig is om in meer detail te rekenen.

2.4 Geïdentificeerde acties voor LSM 1.1

In LSM 1.0 is informatie uit de hiervoor genoemde modellen overgenomen. Echter, ook de regionale modellen zijn in ontwikkeling. Zo heeft bijvoorbeeld waterschap Noorderzijlvest een nieuw boezemmodel laten ontwikkelen door Siebe Bosch Hydroconsult. Ook HdSR heeft een nieuwere, complete schematisatie van hun complete beheersgebied beschikbaar. Hierbij gaat het om Sobek 2.12 modellen die niet meer in LSM 1.0 konden worden meegenomen.

Door Deltares wordt, in samenwerking met andere partijen, voor de Waterdienst gewerkt aan updates van de schematisaties van Rijn en Maas in Sobek-3.

Om het LSM te kunnen opbouwen uit Sobek 2.12 en Sobek-3 schematisaties is het gewenst om deze via OpenMI aan elkaar te kunnen koppelen. Koppelen van modellen via OpenMI is technisch weer een stap verder en lastiger, maar het zou het beheer van LSM eenvoudiger maken. Het idee is dat deelmodellen gescheiden blijven en beheerd worden door de regionale beheerder. Het steeds knippen en plakken van schematisaties in 1 grote schematisatie is dan niet meer nodig. Eerste testen met OpenMI wijzen uit dat het technisch mogelijk is, maar dat de performance bij meer deelmodellen terugloopt. Om dit te verbeteren is in OpenMI kader een aanvullende inspanning geformuleerd (en in uitvoering).

Momenteel is bekend dat er nog enkele regionale modellen beschikbaar zijn van gebieden die nu nog niet of tamelijk grof in LSM zijn opgenomen. Het gaat hier in ieder geval om modellen van de Oost-Drentse kanalen en van de Regge.

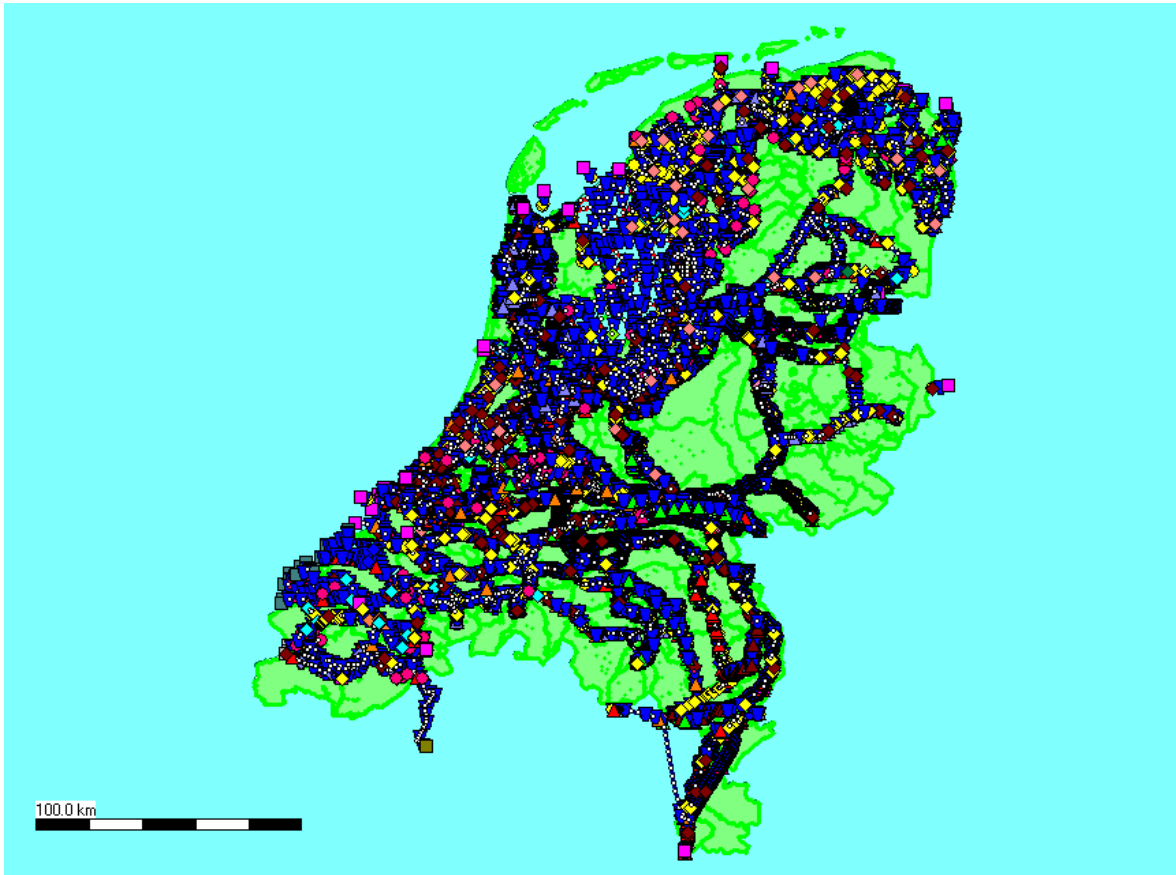
- Het model van de kanalen in Oost-Drenthe kan ter vervanging dienen van de nog op DM takken gebaseerde schematisatie in LSM (Verlengde Hoogeveensche Vaart en omgeving)
- De Regge is niet opgenomen in DM en LSM. De Regge is daarmee een van de grootste beken die nu niet in LSM is opgenomen, terwijl er wel een Sobek model beschikbaar is.

Verder is er aanvullende informatie beschikbaar over de koppelingen van LSM lateralen aan districten en lsw's van enkele regionale waterbeheerders (o.a. Wetterskip Fryslan), die ten tijde van het maken van de conversie van NHI resultaten naar invoer van laterale debieten in LSM nog niet beschikbaar was.

3 Resultaten LSM 1.0 voor het hydrologische jaar 2003

3.1 Schematisatie

Figuur 3.1 geeft de schematisatie van het Landelijke Sobek Model (LSM 1.0) weer.



Figuur 3.1 Schematisatie van LSM 1.0.

LSM 1.0 is gedraaid voor het hydrologische jaar 2003 met watervragen (laterale debieten) uit de NHI 3.0 som G33 1996-2006. Dit is de som die de basis is voor de NHI 3.0 oplevering en bijbehorende rapportage. De NHI som is een som voor de huidige situatie. Omdat in eerdere documenten van LSM 0.2 en LTMplus sommen voor 1976 zijn gemaakt (en niet voor 2003) op basis van eerdere NHI versies, zijn de resultaten in dit achtergronddocument niet direct te vergelijken met de resultaten van de eerdere documenten. Dit achtergronddocument bevat echter wel figuren voor vergelijkbare lokaties als eerdere LSM documenten. Verder bevat dit hoofdstuk ook plaatjes van berekende versus gemeten afvoeren voor 2003; dat zijn figuren die ook bij de NHI toetsing gebruikelijk zijn.

De opgegeven rekentijdstap in het LSM model is 10 minuten. De resultaten zijn weergegeven met daggemiddelde waarden. Hierdoor is de tijddynamiek niet meer zichtbaar.

Bij de controle van de resultaten wordt gelet op zowel hoge afvoeren als lage afvoeren. In de volgende paragrafen wordt een aantal cruciale verdelingslocaties in het netwerk toegelicht.

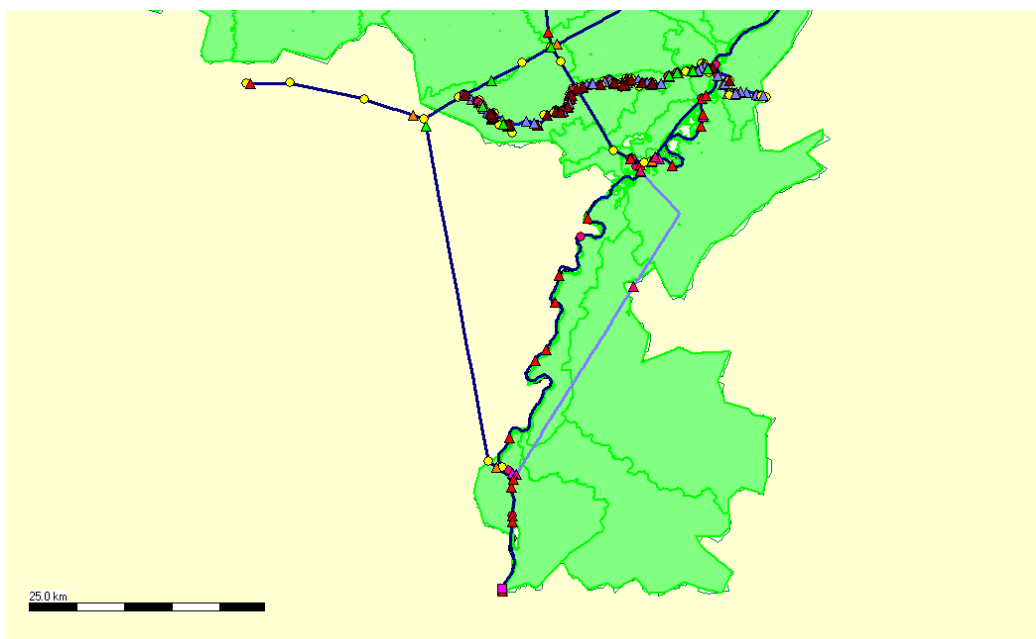
Hoewel de locaties voor zout-zoetsluizen zijn toegevoegd, is dit in verband met lopende testen en lange rekentijd van LSM-zout nog niet in detail getest. De bedoeling is nu om dit eerst voor West-Nederland te testen.

Achtereenvolgens komen aan de orde:

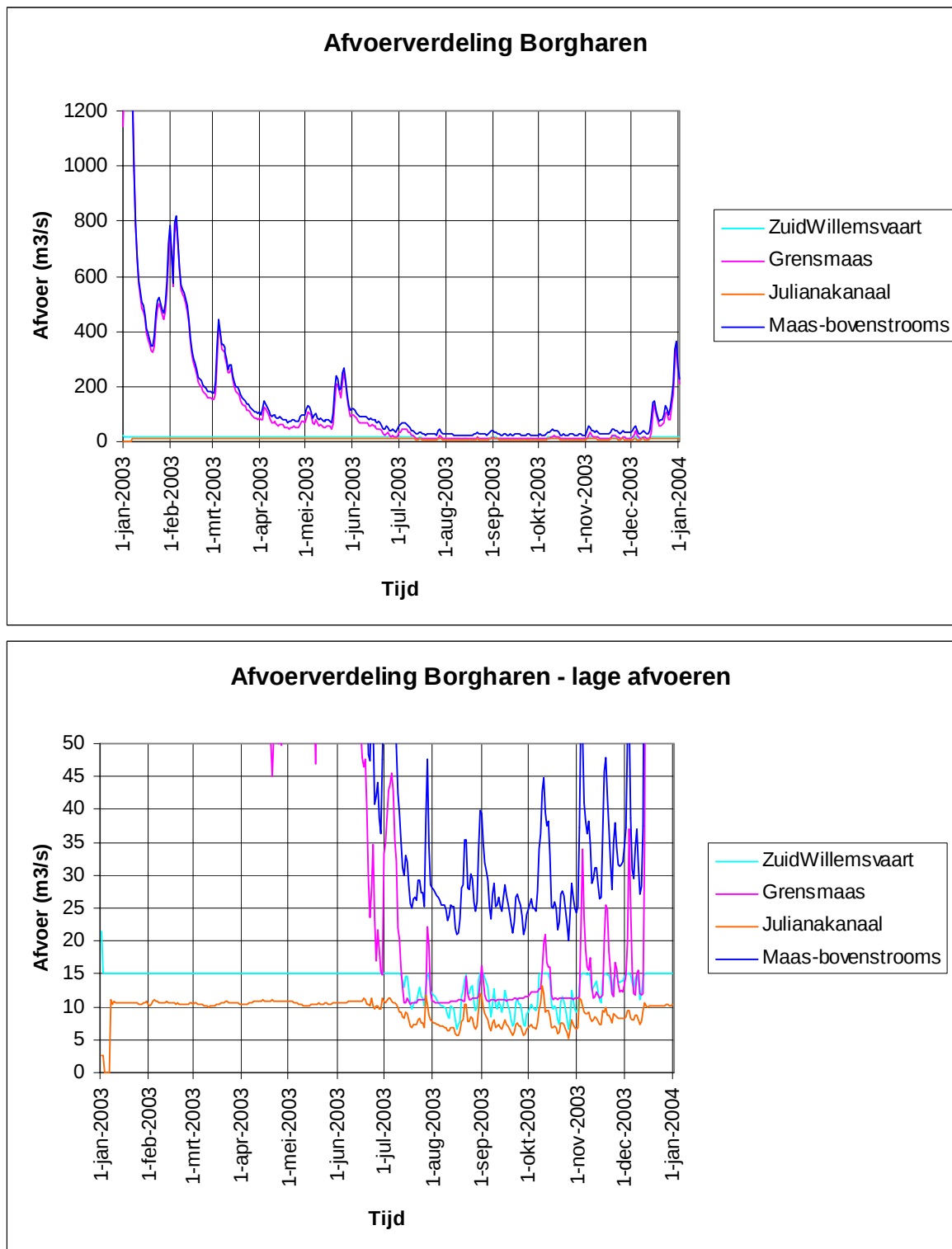
- Verdeling Maaswater bij Borgharen;
- Waterverdeling Bovenrivierengebied (stuw bij Driel);
- IJsselmeer;
- Haringvliet – Nieuwe Waterweg;
- ARK – NZK;
- Interactie met regionale systemen zoals Twentekanaal, Drenthe, Friesland en Groningen, Noord Holland, HdSR, Rijnland, Delfland, en Noord-Brabant; en
- Enkele koppelpunten in de regionale systemen

3.2 Maas

Nabij Borgharen wordt het Maaswater verdeeld over Zuid-Willemsvaart, Grensmaas en Julianakanaal (zie figuur 3.2). In het LSM model zijn hiervoor een aantal kunstwerken met controllers en triggers, en een aantal meetstations gedefinieerd. Hoge Maasafvoeren worden in LSM via de Grensmaas geleid, uitgezonderd een afvoer via de Zuid-Willemsvaart van 15 m³/s en via het Julianakanaal van ongeveer 15 m³/s. Merk op dat in vorige versies nog 19 m³/s over de Zuid-Willemsvaart werd gestuurd, maar het model is nu in overeenstemming gebracht met de gangbare praktijk dat België meer water via het Albertkanaal trekt, en minder via de Zuid-Willemsvaart naar het kanaal Bocholt-Herentals stuurt. Daarom is de afvoer in de Zuid-Willemsvaart bij Maastricht teruggebracht tot 15 m³/s. Bij lage afvoeren wordt eerst een minimum afvoer van 10 m³/s via de Grensmaas gehandhaafd, en bij toenemende afvoeren wordt getracht zowel Zuid-Willemsvaart als Julianakanaal geleidelijk te laten toenemen tot de genoemde waarden van beide 15 m³/s.



Figuur 3.2: Situatieschets waterverdeling Maaswater in Zuid-Limburg

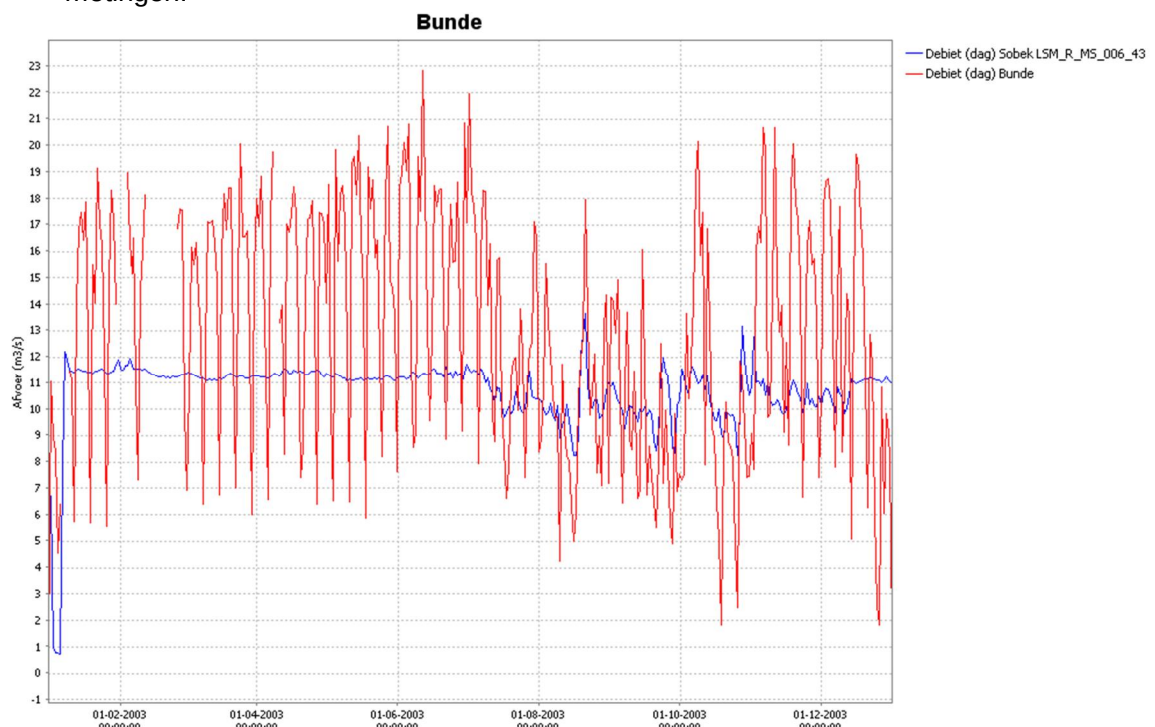


Figuur 3.3: Verdeling Maaswater over Grensmaas, ZuidWillemsvaart, Julianakanaal (2003)

- Bij lage afvoeren wordt de Grensmaas op ongeveer $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ gehandhaafd en worden de afvoeren via Julianakanaal en de Zuid-Willemsvaart gekort. De LSM schematisatie begint nu met de Maasafvoer van Monsin als randvoorwaarde; de onttrekking naar het

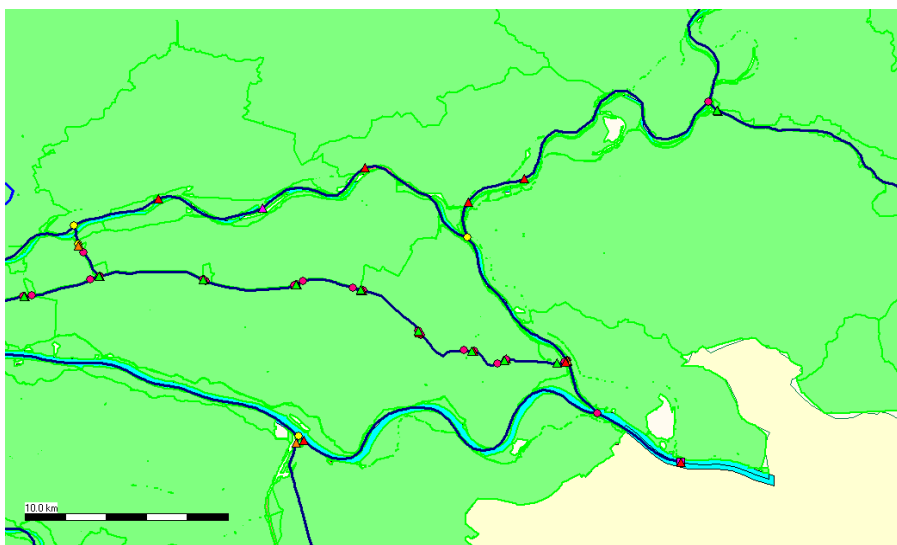
Albertkanaal is conform het Maasafvoeroverdrag (plus 4 m³/s die voorheen via Bochoolt-Herentals ging).

- De afvoer over het Julianakanaal is orde 11 m³/s bij voldoende beschikbaarheid terwijl dat ongeveer 15 m³/s zou moeten zijn volgens het Maasafvoeroverdrag. Echter in vergelijking met de daggemiddelde metingen bij Bunde lijkt 11 m³/s niet slecht, zie de volgende figuur. Ook de berekende afvoeren over het Julianakanaal in de periode augustus-november 2003, als de Maasafvoer laag is, kloppen vrij goed met de metingen.



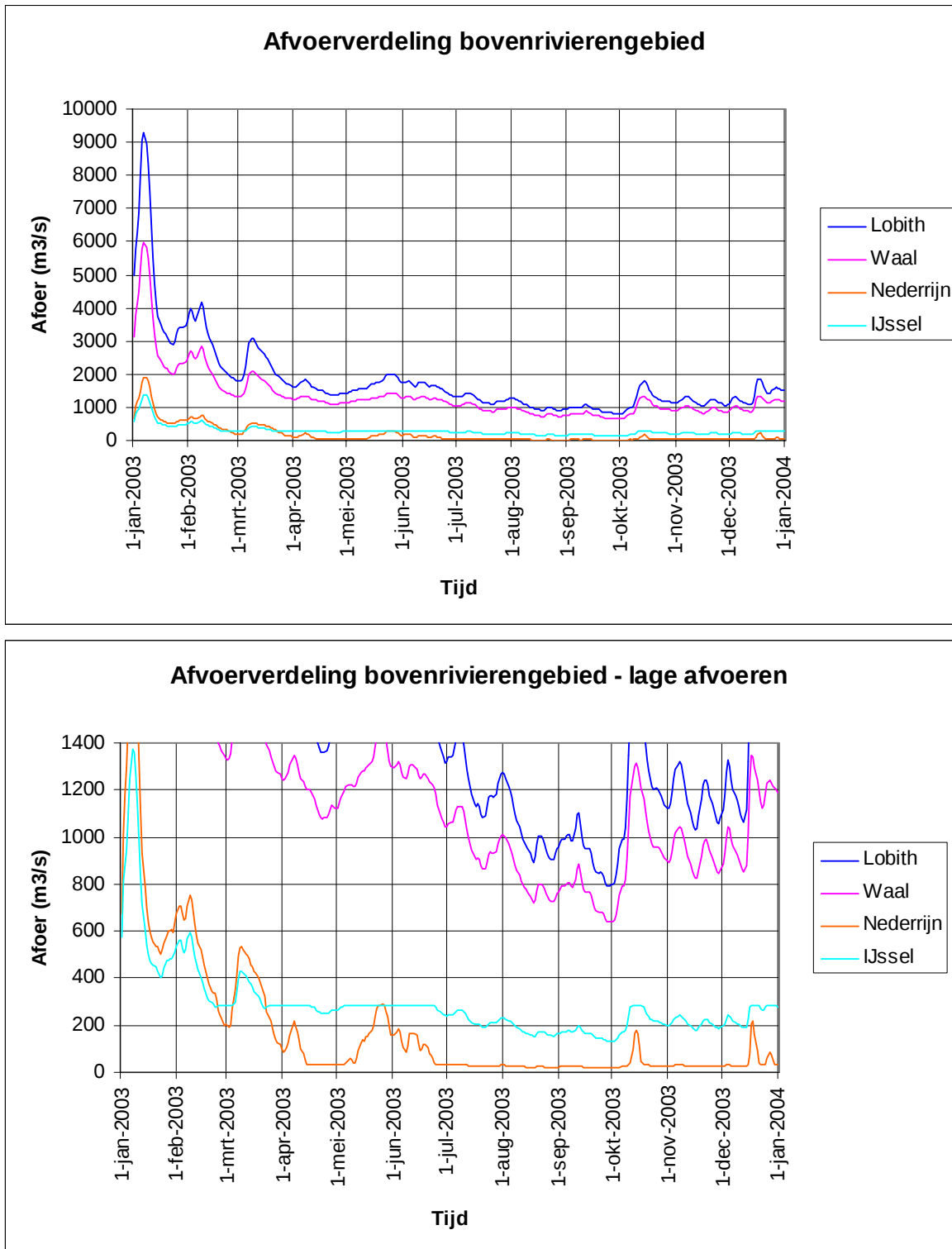
Figuur 3.4: Afvoer Bunde (Julianakanaal) in vergelijking met metingen voor 2003 (model=blauw)

3.3 Bovenrivierengebied



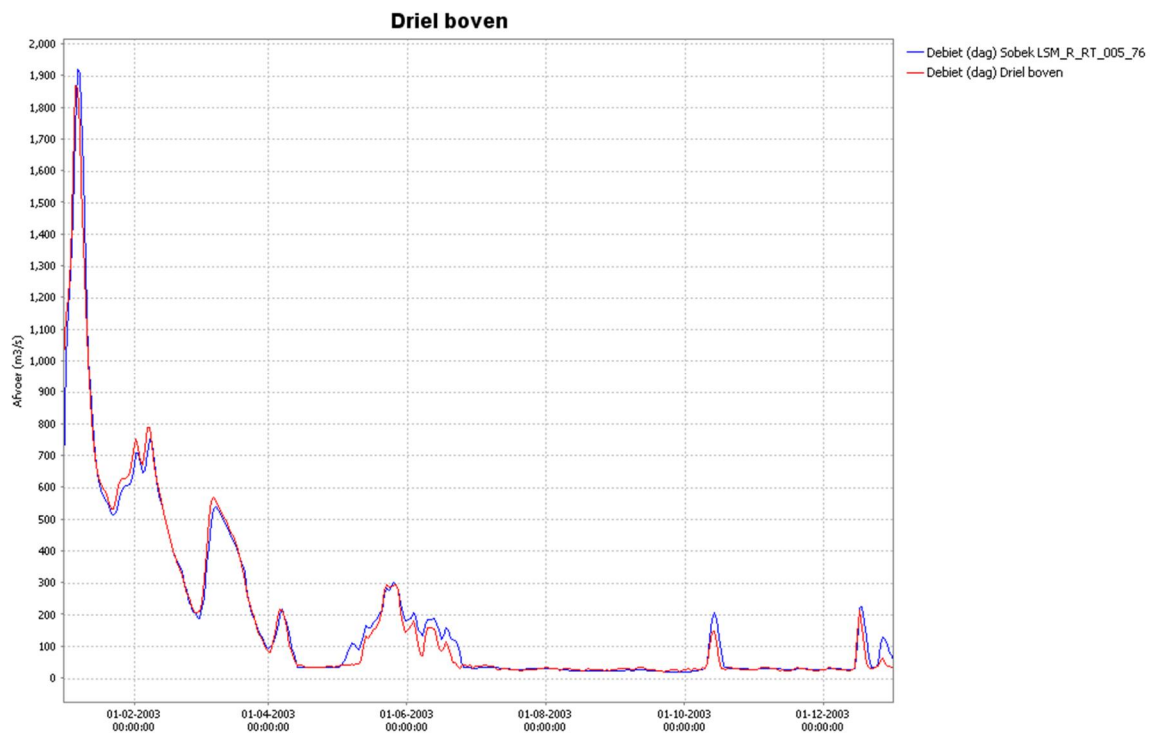
Figuur 3.5: Situatieschets waterverdeling Bovenrivierengebied

Figuur 3.5 geeft een weergave van het bovenrivierengebied. De waterverdeling van het Rijnwater over de Waal, Nederrijn en IJssel wordt gestuurd door het beheer van de stuw bij Driel. Verder is de inlaat van de Linge bij Doornenburg uit het Pannerdens kanaal zichtbaar.

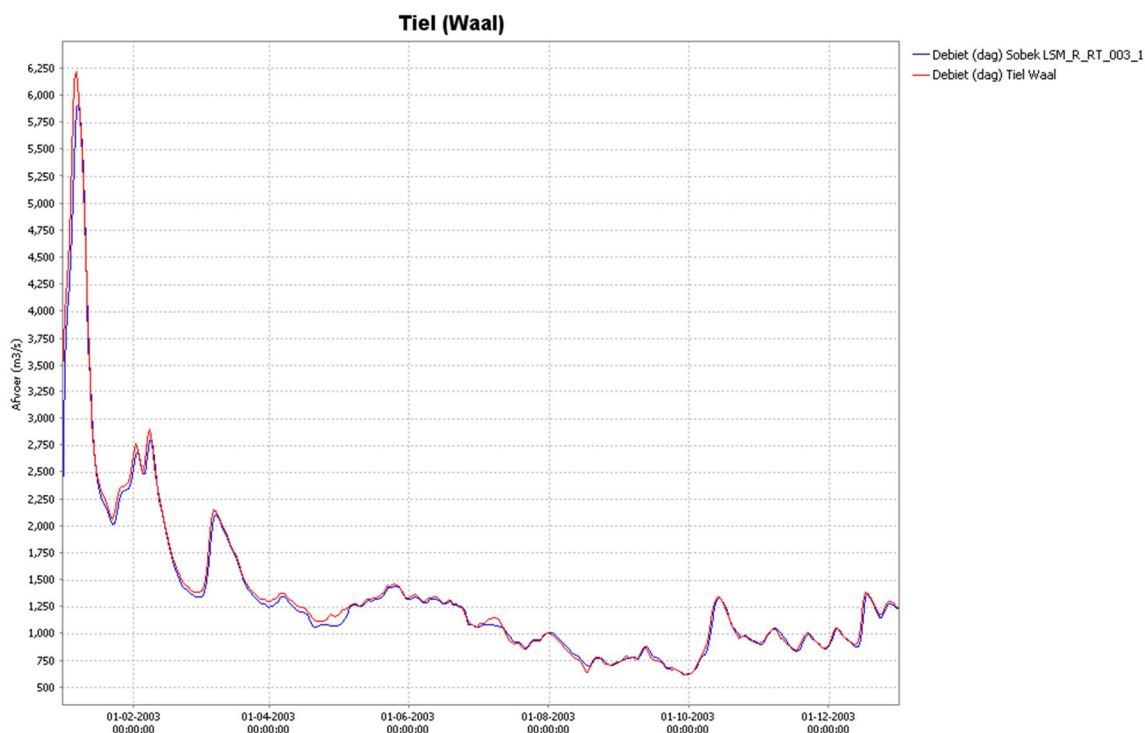


Figuur 3.6: Verdeling Rijnafoer over Waal, Nederrijn en IJssel (2003)

- De Waal voert het meeste Rijnwater af. Bij lage afvoeren bij Lobith wordt de stuw bij Driel ingezet om de afvoer op de IJssel zo groot mogelijk (streefwaarde 285 m³/s) te maken, onder garantie van een minimum afvoer (orde 25 à 30 m³/s) over de Nederrijn. Bij lage Rijnafoeren wordt wel de minimum afvoer over de Nederrijn gehandhaafd, maar wordt het streefdebiet op de IJssel niet meer gehaald. Het modelresultaat is in lijn met de verwachtingen en het beheer zoals in DM is geïmplementeerd.
- In vergelijking met de metingen zijn er nog wel verschillen, zie de onderstaande figuren voor Tiel (Waal) en Driel (Nederrijn). De afvoeren wijken nog enigszins af van de metingen. Een van de vermoedelijke oorzaken hiervoor is het feit dat de extra weerstanden (extra resistance) die in het Sobek-RE model van de Rijntakken zijn opgenomen nog niet zijn overgenomen in het LSM Sobek 2.12 model. De functionaliteit van extra weerstanden staat in de standaard Sobek 2.12 B&O versie nog uit, maar is al wel geïmplementeerd. Aanbevolen wordt in de volgende LSM update de extra resistances uit eerdere modellen over te nemen en de functionaliteit aan te zetten.

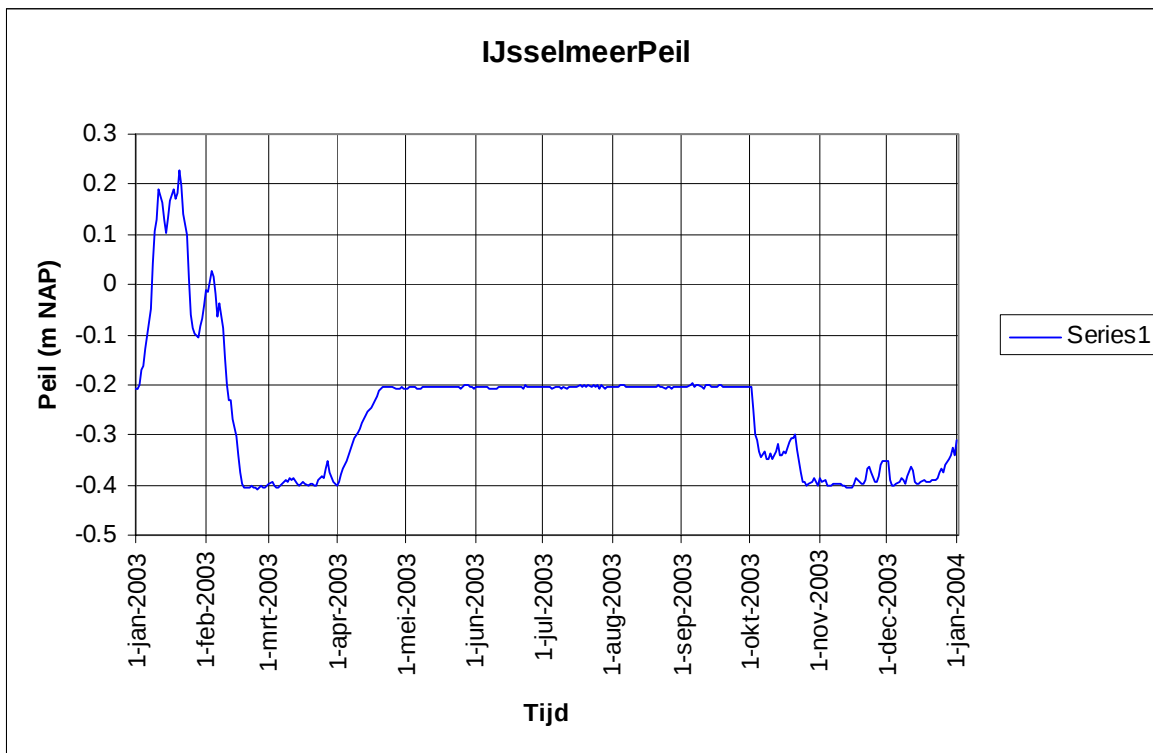


Figuur 3.7: Vergelijking afvoer Driel met meting voor 2003 (model = blauw)



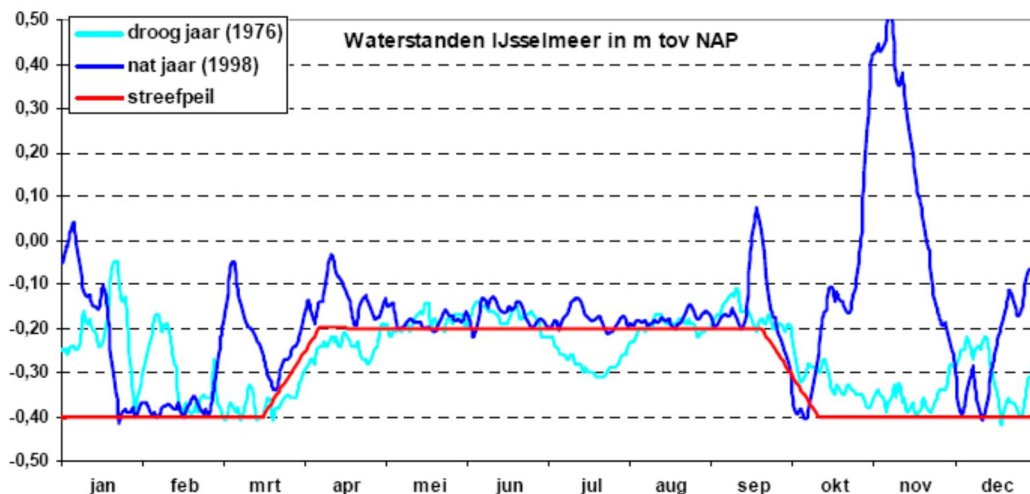
Figuur 3.8: Vergelijking afvoer Tiel (Waal) met meting 2003 (model = blauw)

3.4 IJsselmeer

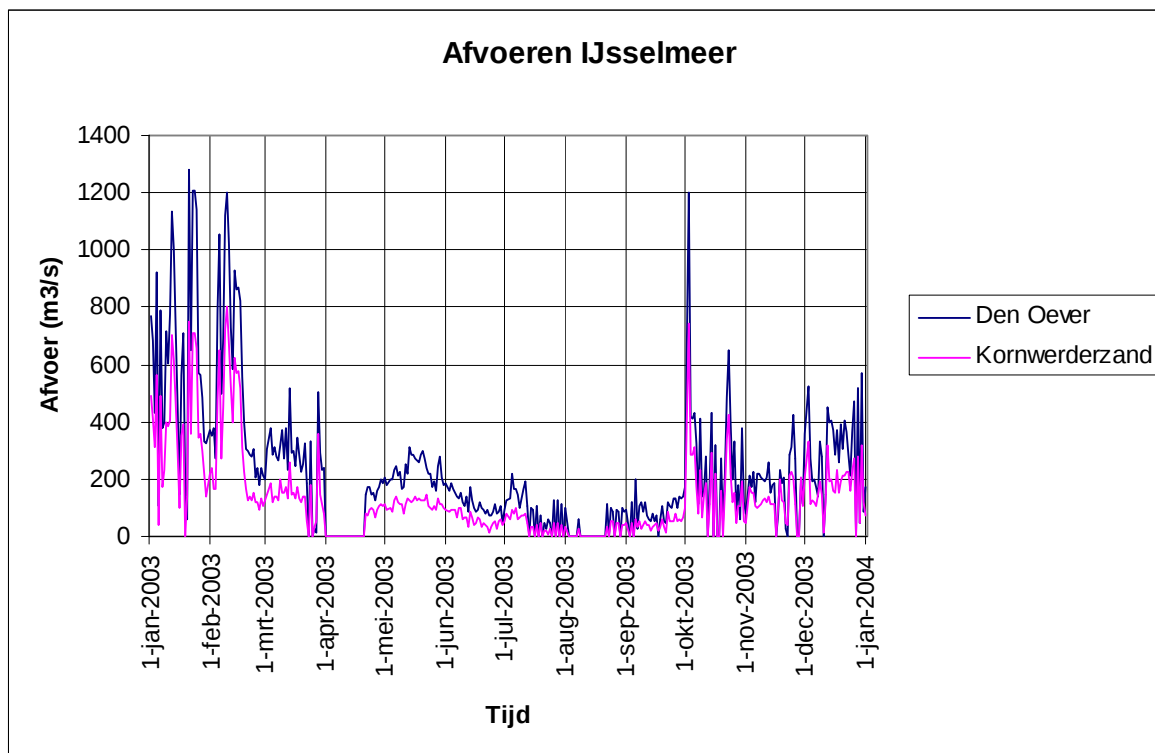


Figuur 3.9: IJsselmeer peil (2003)

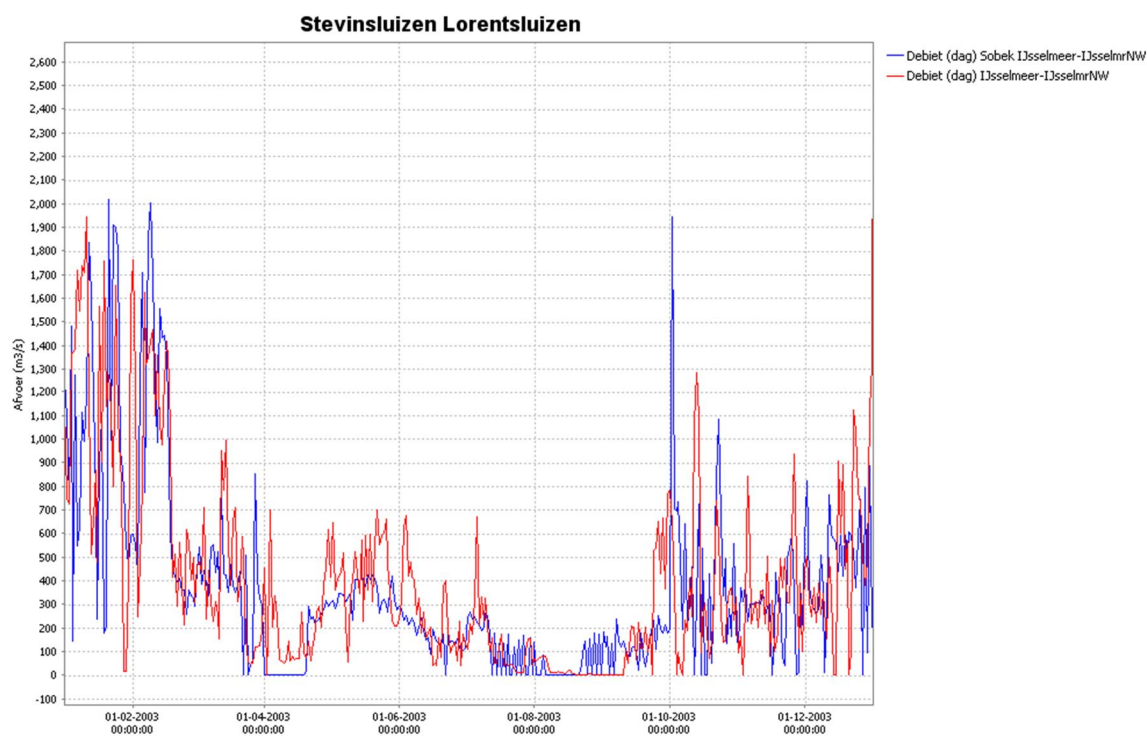
- Bij het IJsselmeer is een streefpeilregime van -0.4 m NAP in de winter, -0.2 m NAP in de zomer opgelegd. Het initiële peil van de meren was in deze som abusievelijk nog op -0.2 m NAP ingesteld (zomerpeil in plaats van winterpeil). En verder is er een afvoergolf begin januari 2003, dus het peil stijgt tot ruim boven 0 m NAP. In werkelijkheid is dat minder geweest, omdat het peil wel netjes op winterstreefpeil was voordat de afvoergolf kwam. In het winterhalfjaar komt het peil regelmatig boven streefpeil, door lozingsbelemmeringen door hoge buitenwaterstanden en/of door hoge rivierafvoeren. In droge zomers zakt het peil soms onder het streefpeil van -0.20 NAP. In de NHI som (met DM) voor 2003 is dit wel het geval en zakt het peil volgens de metingen tot 4 cm beneden het streefpeil van -0.20 m NAP (dus tot -0.24 m NAP), maar in de hier gepresenteerde Sobek som niet. De metingen van IJsselmeerpeilen van de provincie Overijssel voor de droge zomer van 2003 geven aan dat het peil van het IJsselmeer eerst tot boven het streefpeil is opgezet (bovenkant peilbesluit -0.17 m NAP), maar daarna orde 5 cm is uitgezakt. De met DM berekende uitzakking klopt dus goed. Uitgezocht moet nog worden waarom LSM nauwelijks uitzakking van het IJsselmeerpeil laat zien.



Figuur 3.10: Gemeten waterstanden IJsselmeer (1976 en 1998)



Figuur 3.11: Afvoeren Den Oever en Kornwerderzand (2003)

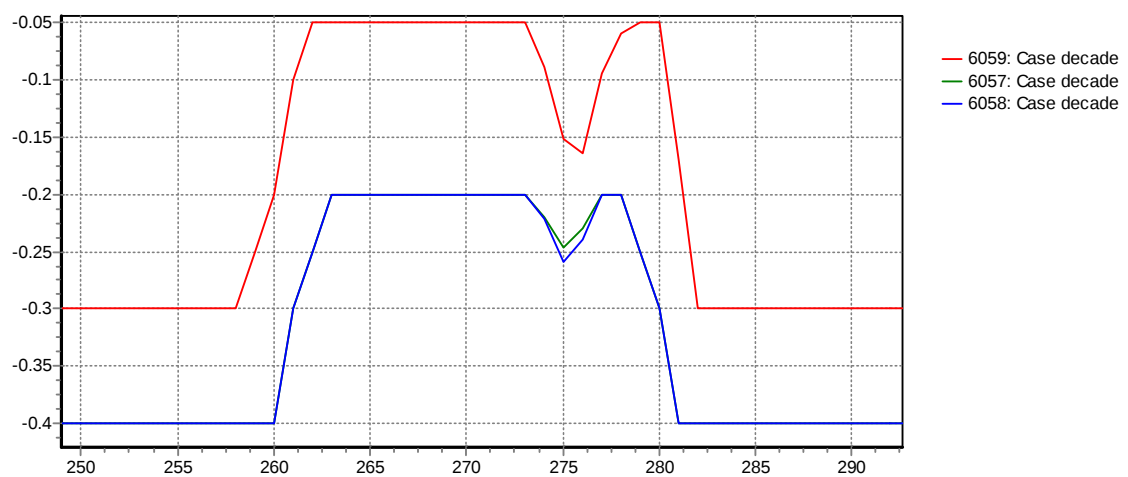


Figuur 3.12: Totale afvoer Afsluitdijk in vergelijking met metingen voor 2003 (model=blauw)

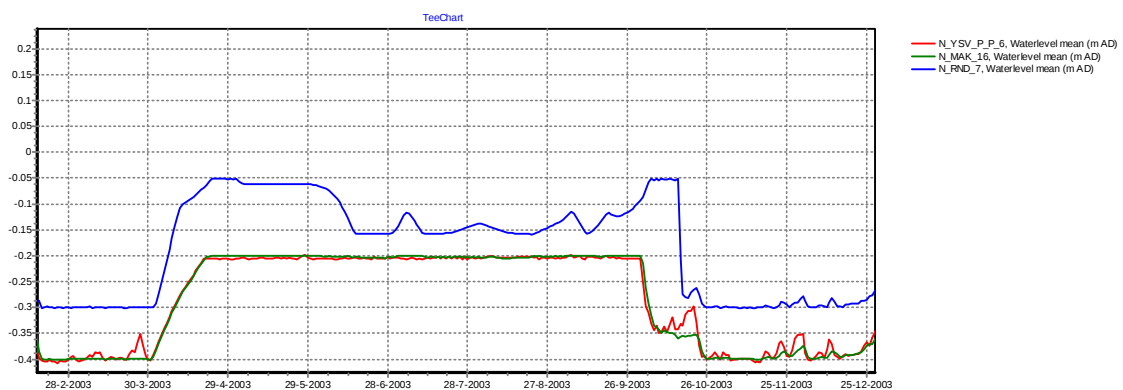
- Alleen in perioden van wateroverschot wordt water naar de Waddenzee afgevoerd. In de periode van peilopzet (april) en als in de zomer door een verdampingsoverschot en grote regionale watervragen het peil onder streefpeil zakt, wordt er geen water geloosd

naar de Waddenzee. Bij de periode van peilopzet van het IJsselmeer in het model in april wordt er dus geen water geloosd naar de Waddenzee; in de zomerperiode is er volgens de LSM berekening gedurende 2 weken in augustus geen lozing naar de Waddenzee geweest; volgens de metingen was dat orde 4 weken lang het geval. Dat is consistent met de observatie dat in de metingen het IJsselmeerpeil uitzakt en in het LSM nauwelijks.

- In de NHI berekening met DM zakken in 2003 de peilen van IJsselmeer en Markermeer orde 5 cm uit, en het Veluwerandmeer in dezelfde periode 10 cm. In het LSM zakken IJsselmeer en Markermeer nauwelijks uit, en zakt het Veluwemeer langdurig orde 10 cm uit.

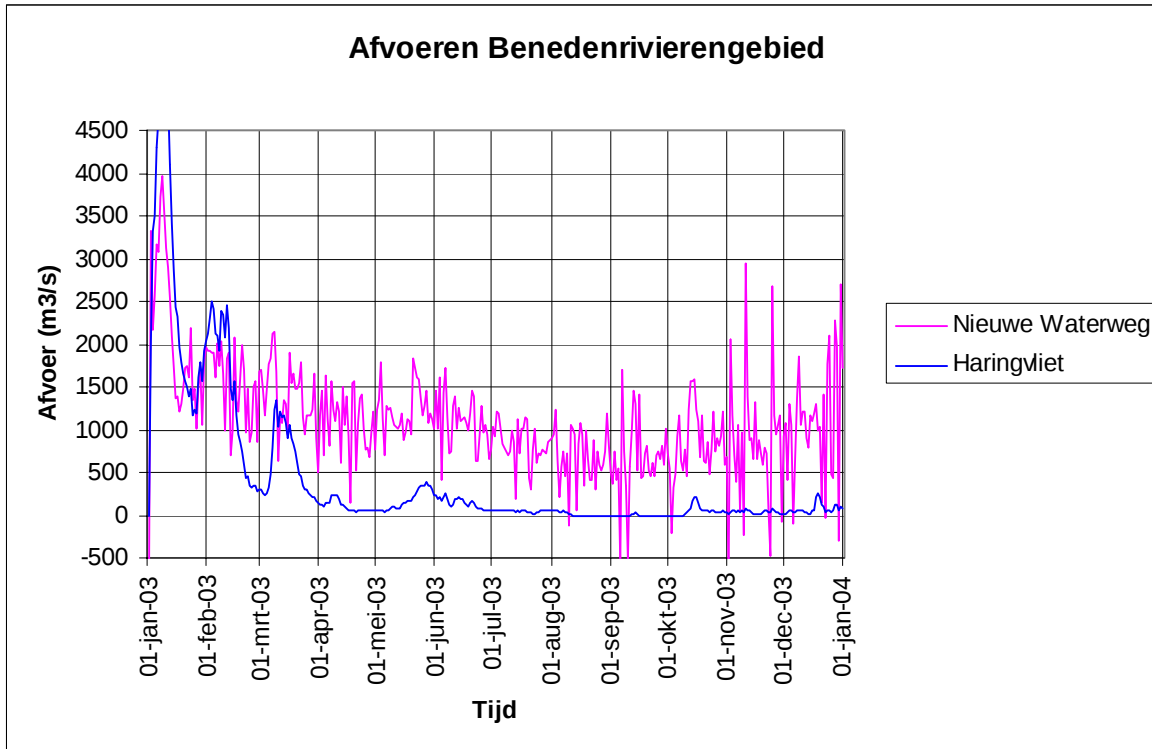


Figuur 3.13: Met NHI en DM berekende peilen in IJsselmeer/Markermeer (groen/blauw) en Veluwemeer (rood) voor 2003



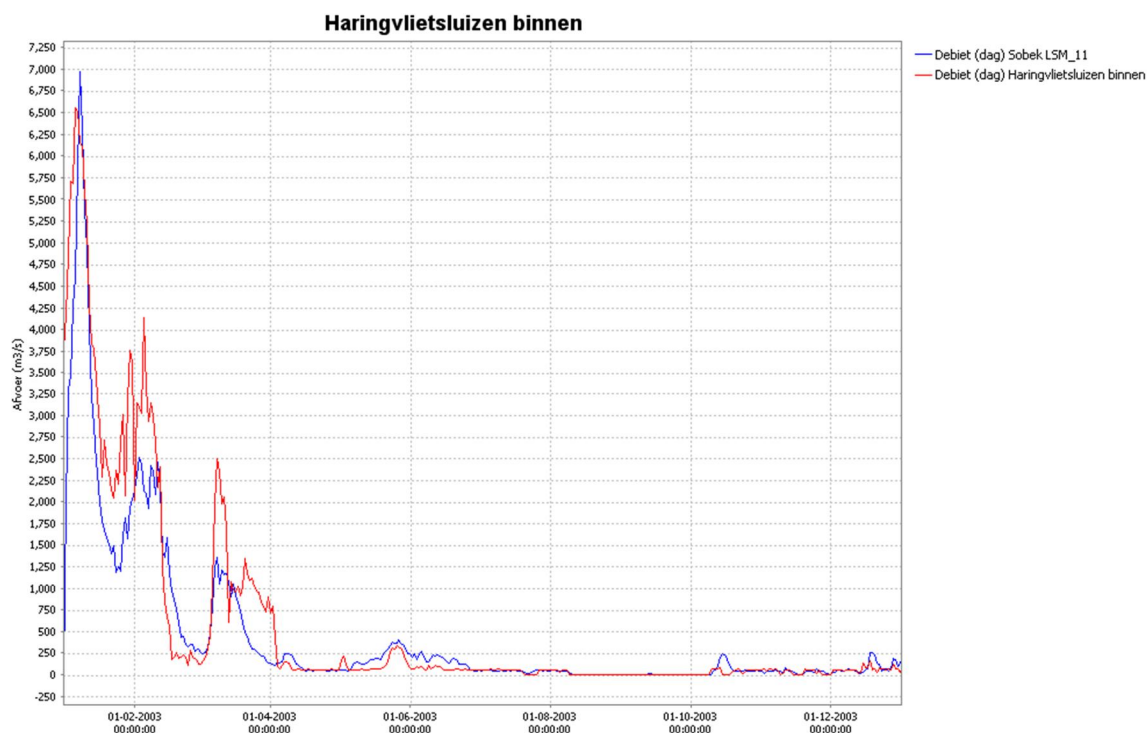
Figuur 3.14: Met LSM berekende peilen in IJsselmeer/Markermeer (groen/rood) en Veluwemeer (blauw) voor 2003

3.5 Benedenrivierengebied



Figuur 3.15: Afvoeren Nieuwe Waterweg (Stormvloedkering NWW) en Haringvlietsluizen (2003)

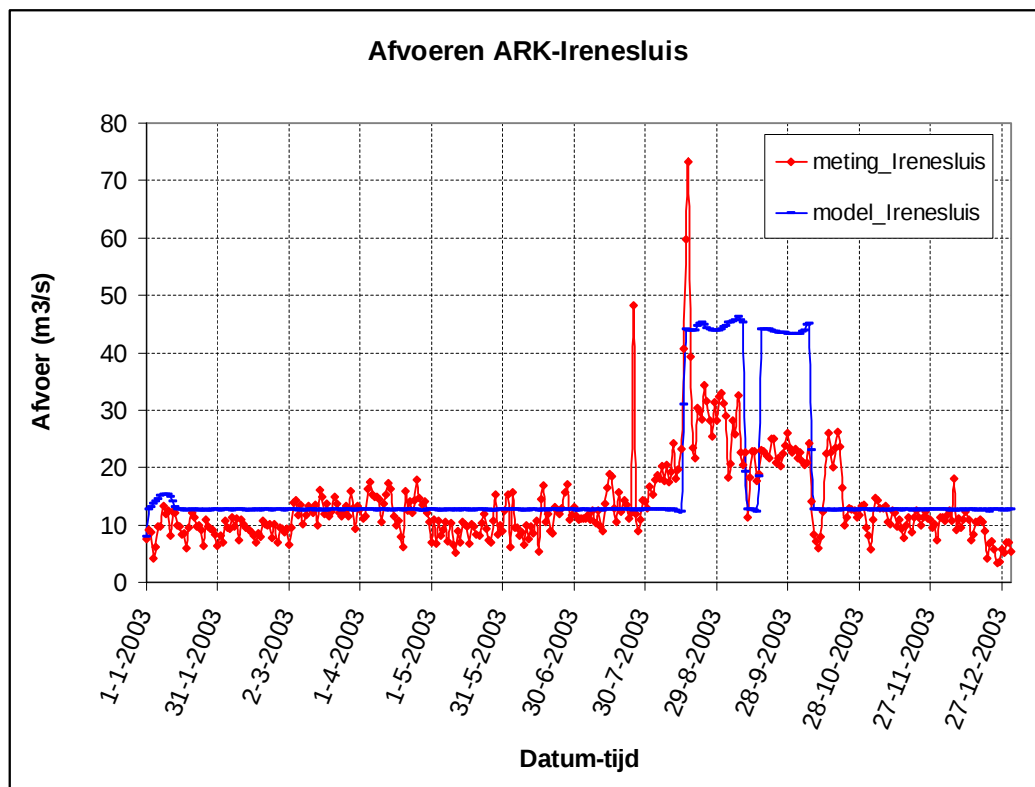
- De Haringvlietsluizen worden bij lage afvoeren op de Waal bij Tiel gesloten, en vervolgens (bij eb) steeds verder geopend bij toenemende afvoeren bij Tiel. Dat de sturing op basis van de Waalafvoer bij Tiel gebeurt, en niet op basis van de Rijnaafvoer bij Lobith, komt omdat de sturing van de Haringvlietsluizen is overgenomen uit het TMR 2006 Sobek model van het Noordelijk Deltabekken waarin de bovenrand bij Tiel ligt (Lobith is niet in dat model opgenomen).
- Van half april tot half mei, en van juli tot half december is de Rijnaafvoer bij Lobith vrijwel altijd beneden de 1500 m³/s, met uitzondering van een afvoerpiekje half oktober. In die periode blijken de sluizen op het Haringvliet vrijwel steeds gesloten. De Nieuwe Waterweg staat continu open, dus hier dringt zout water naar binnen. Op sommige dagen is het daggemiddelde debiet negatief (dus van Hoek van Holland richting Rotterdam), door een combinatie van lage rivierafvoeren en hoge buitenwaterstanden (windopzet).
- In de periode januari-februari is er een forse afvoer via de Nieuwe Waterweg (veel achtereenvolgende daggemiddelde waarden boven de 1500 m³/s); in het beheer in DM wordt tot 1500 m³/s over de Nieuwe Waterweg gestuurd en overtollig water via het Haringvliet. Ook bij vergelijking van het debiet met de metingen 2003 blijkt dat er in januari-februari meer via Haringvliet is afgevoerd dan het model berekend. Onderzocht zou moeten worden of dit ligt aan de relatief oude schematisatie van het Noordelijk DeltaBekken die in LSM is overgenomen (en of dit dus met een nieuwere NDB-schematisatie / sturing is verholpen).



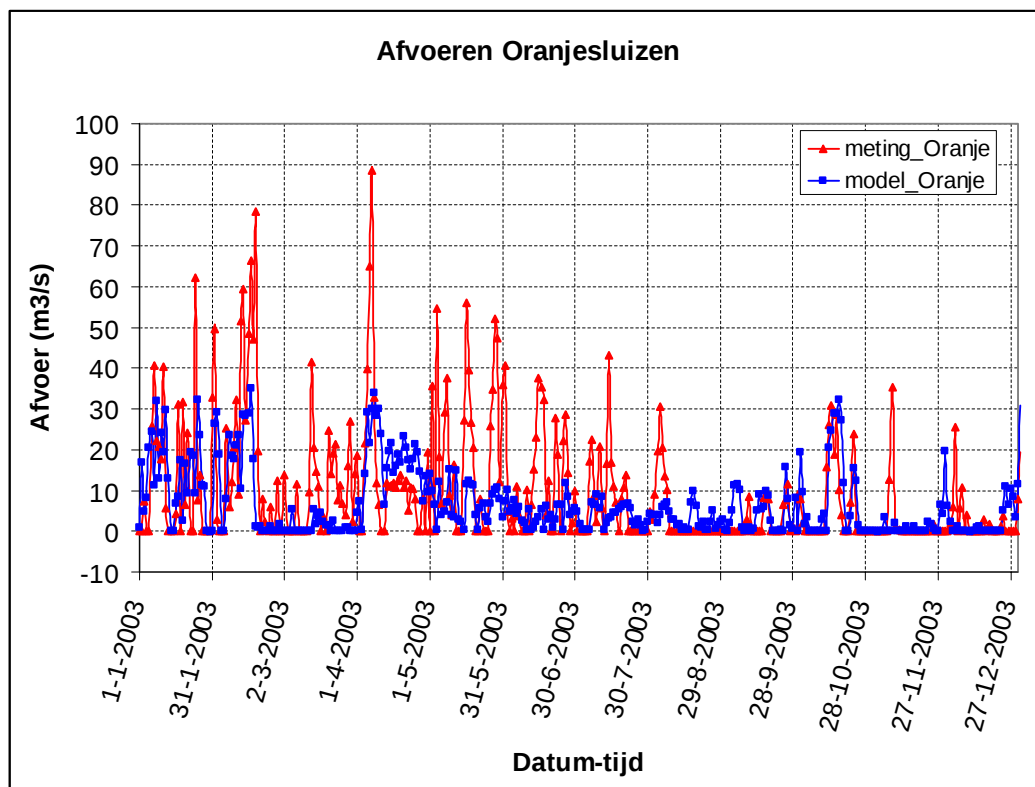
Figuur 3.16: Afvoeren Haringvliet in vergelijking met metingen 2003 (model=blauw)

3.6 ARK-NZK

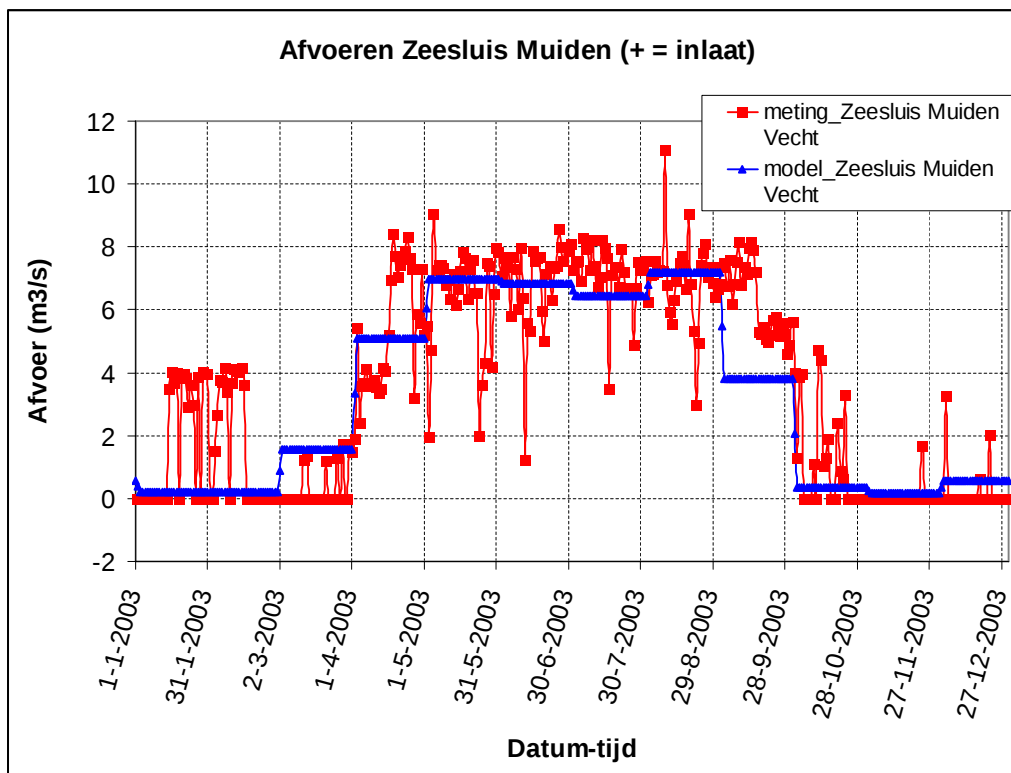
Voor het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal zijn vooral de inlaten bij de Prinses Irenesluizen op het ARK en de Oranjesluizen (van Markermeer naar NZK) van belang. De inlaat van de Beatrixsluizen is veelal kleiner dan de inlaat bij de Irenesluizen. Daarnaast staat het systeem in verbinding met de Vecht; bij de Zeesluis Muiden wordt water uit het IJmeer ingelaten.



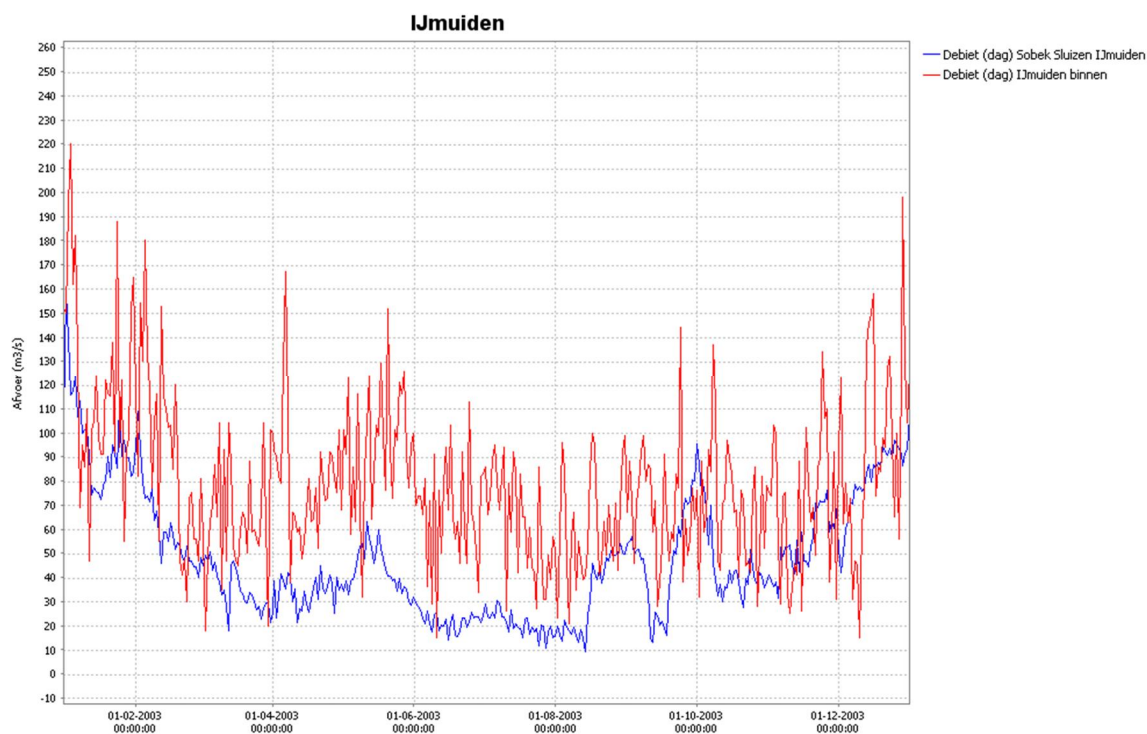
Figuur 3.17: Debiet bij de Irenesluizen (inlaat ARK) en metingen 2003 (model = blauw)



Figuur 3.18: Debiet bij de Oranjesluizen (Markermeer-NZK) en metingen 2003 (model = blauw)



Figuur 3.19: Debiet bij Muiden 2003 (model = blauw)

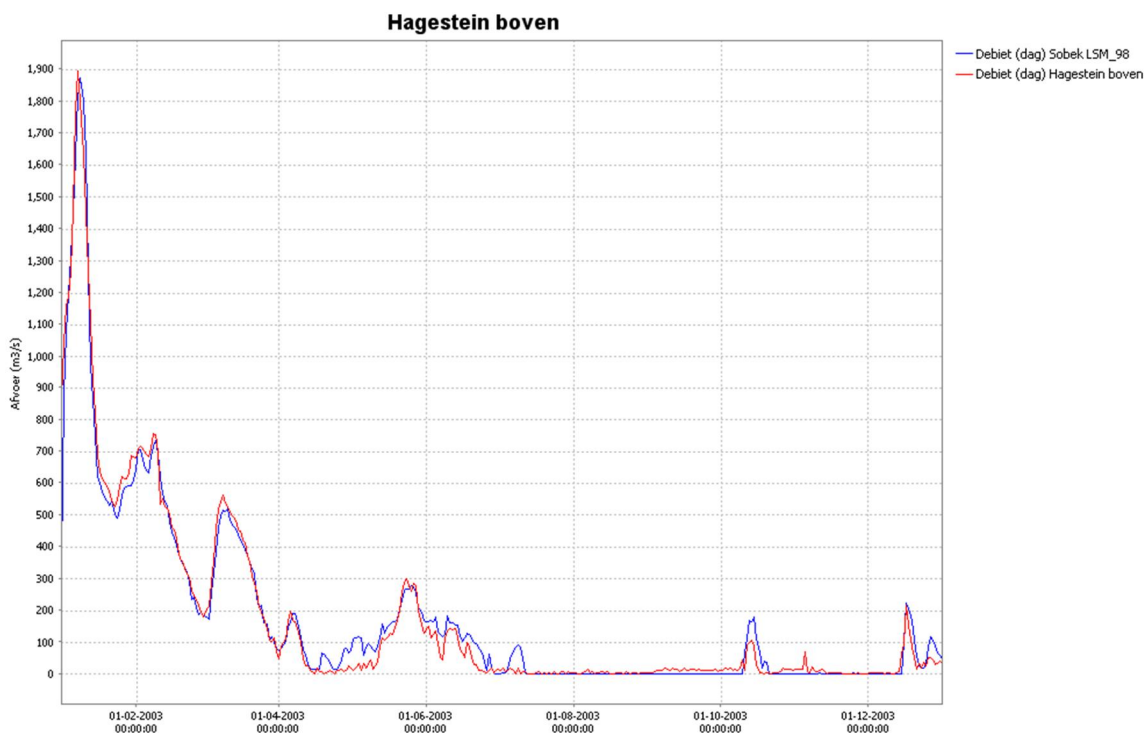


Figuur 3.20: Debiet bij IJmuiden en metingen 2003 (model = blauw)

De Irenesluizen geven tijdens de KWA in het model wat hogere debieten dan gemeten, voor de overige perioden is de vrij constante afvoer in het model qua orde grootte goed, maar de

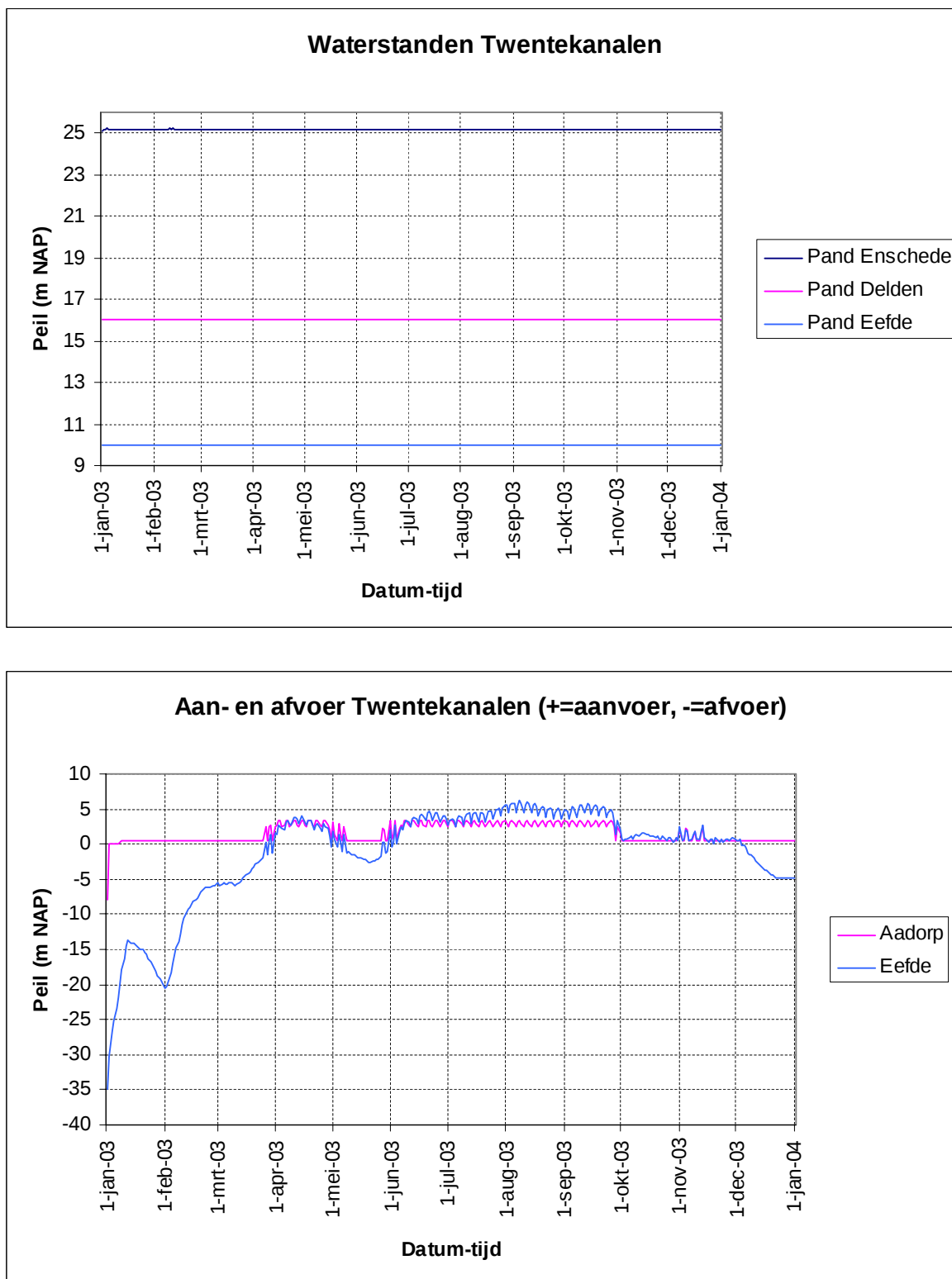
metingen tonen meer fluctuaties. Voor de Oranjesluizen is het gemeten daggemiddelde debiet ook tamelijk wisselvallig. Het door LSM berekende debiet is in de winter gemiddeld lager. In de periode mei-juli geldt dat ook. In augustus geven de metingen nul aan, maar berekent het model nog wel een afvoer van Markermeer naar NZK. Bij IJmuiden is het model systematisch lager dan de metingen; dat kan worden verklaard door enerzijds de twijfel die er is over de kwaliteit van de metingen cq het al of niet netjes sluiten van de sluis IJmuiden, en anderzijds doordat in het model de aanvoer via Oranjesluizen meestal lager is dan de metingen (behalve in augustus/september 2003)

De afvoer die bij Hagestein over de Lek gaat klopt redelijk met de metingen. De verschillen die al bij Driel (figuur 3.7) waren geconstateerd werken uiteraard ook door in de afvoer bij Hagestein, al zijn er meer verschillen. Het verschil in april-mei wordt verklaard doordat in het model het Betuwepand open gaat omdat het peil bij Tiel het kritieke peil van +3 m NAP bereikt, terwijl dat in de metingen blijkbaar niet het geval was. Dat is consistent met de gesignaleerde verschillen in figuur 3.8 voor de afvoer bij Tiel. Behalve het toevoegen van de extra resistances lijkt het nuttig om de gedefinieerde weerstanden nog eens na te lopen, want bij lagere afvoeren hebben de extra resistances naar verwachting niet veel invloed (aangezien ze juist zijn gedefinieerd als extra weerstand bij hoge waterstanden).

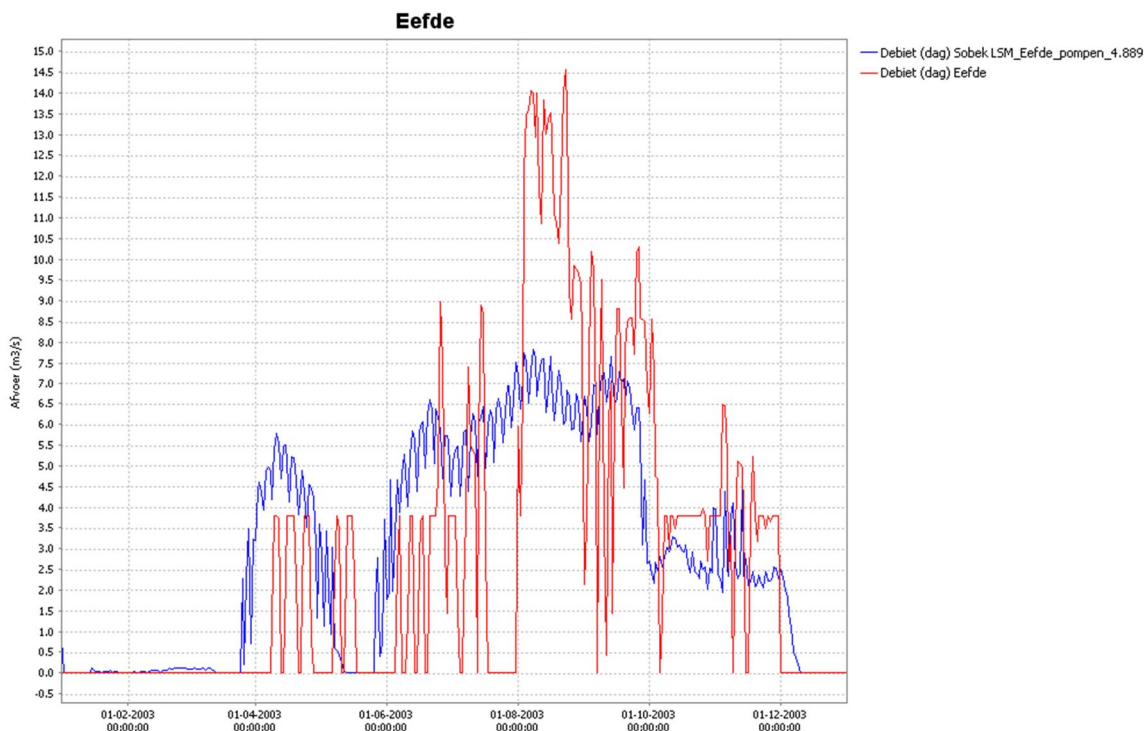


Figuur 3.21: Debiet bij Hagestein en metingen 2003 (model = blauw)

3.7 Twentekanaal



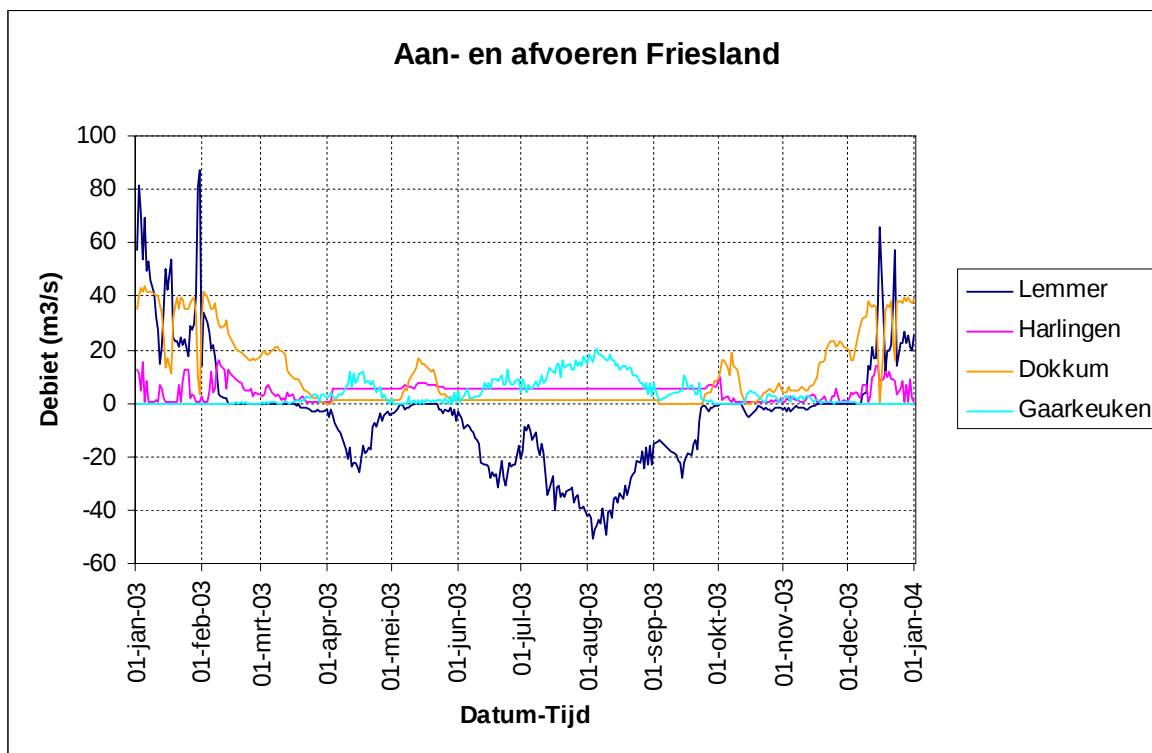
Figuur 3.22: Waterstanden en afvoeren Twentekanaal



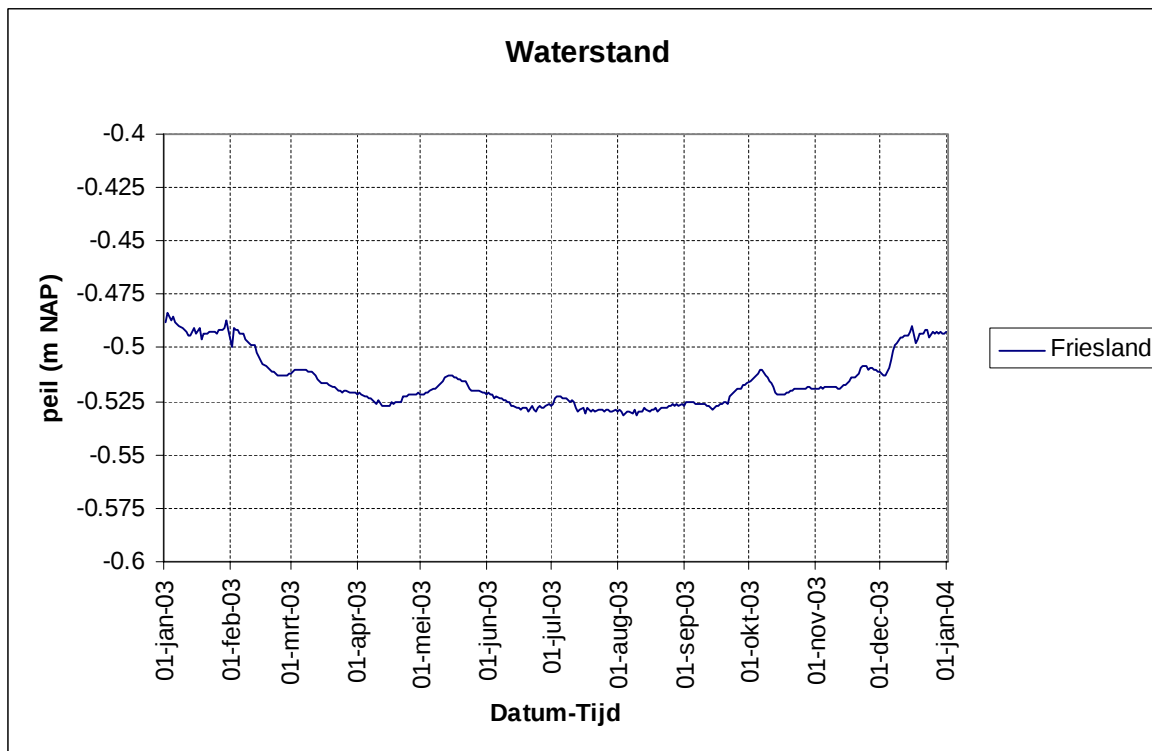
Figuur 3.23: Vergelijking berekende en gemeten afvoeren Eefde 2003 (model = blauw)

- De waterstanden in de panden van het Twentekanaal zijn correct: vrijwel constant rond respectievelijk +10.00, +16.03 en +25.20 m NAP.
- In de berekening wordt via Aadorp water doorgevoerd naar het noorden: in de zomerperiode is dit vrijwel continu 3 m³/s om wateraanvoer naar Overijssels kanaal en Vecht te garanderen. In het Sobek model gebeurt dit op basis van sturing op peilen, die weer door laterale lozingen/onttrekkingen en andere kunstwerken beïnvloed worden. Het model voert ook in de rest van het jaar vrijwel continu water door (0.5 m³/s); dat is in de praktijk niet zo (al zijn er wel enige schutverliezen door scheepvaart). In het voor- en najaar wordt bij Eefde overtollig water geloosd, in de zomer wordt water ingelaten. De inlaat bij Eefde in april is iets overschat (peilopzet in de regio), en in de zomer is de inlaat onderschat.

3.8 Friesland en Groningen



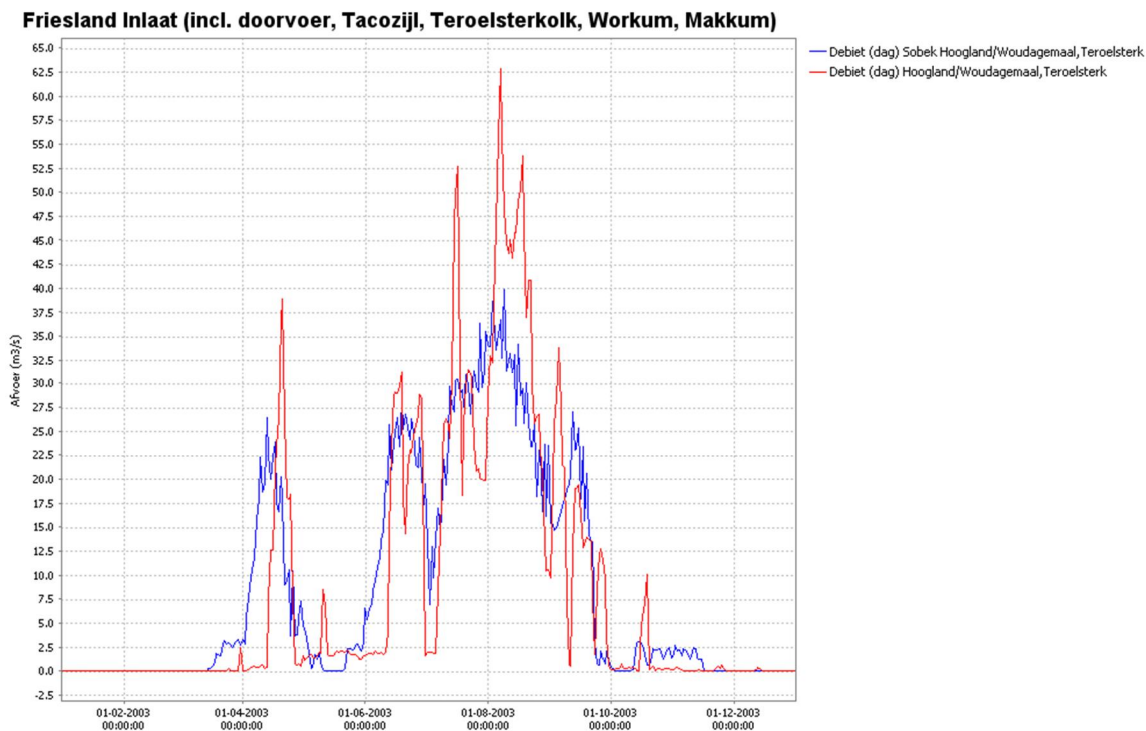
Figuur 3.24: Inlaten en uitlaten Friesland (+ = afvoer uit Friesland, - = aanvoer naar Friesland)



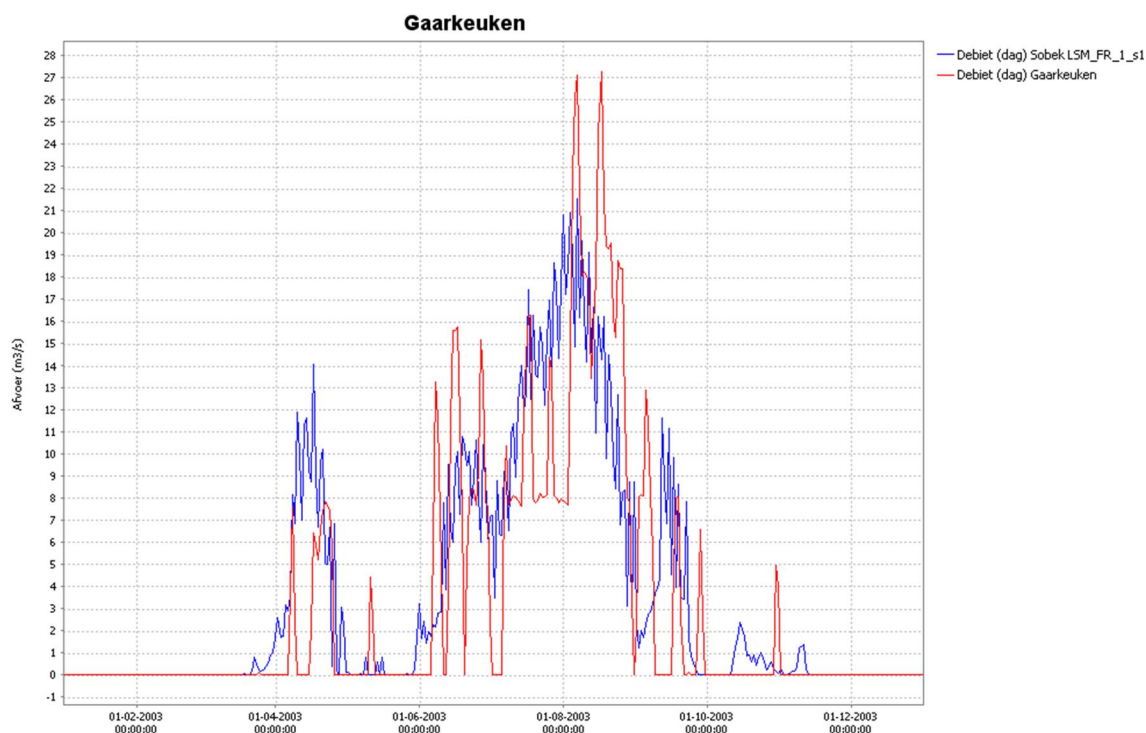
Figuur 3.25: Waterstand Friese Boezem (Margrietkanaal)

- De Friese boezem loost naar het IJsselmeer bij Lemmer (Woudagemaal, Hooglandgemaal) in voor- en najaar, en laat 's zomers water in op diezelfde lokaties plus bij Tacozijsl. De inlaat is in figuur 3.24 zichtbaar als een negatief debiet in de zomer. Gezien het berekende IJsselmeerpeil speelt de peilafhankelijkheid van de inlaatcapaciteit geen rol van betekenis. Via Harlingen en Dokkum wordt een gewenst debiet gehandhaafd en overtollig water geloosd. Waterdoorvoer naar Groningen via Gaarkeuken gebeurt in de zomer tot een capaciteit van $24 \text{ m}^3/\text{s}$; in de LSM som is de berekende maximale daggemiddelde doorvoer $20.6 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie figuur 3.27).
- De waterstanden in de boezem van Friesland worden goed gehandhaafd. Het boezempeil fluctueert tussen -0.53 en -0.48 m NAP. Met het ingebouwde model van Wetterskip Fryslan is dit dus veel beter dan voorheen in LSM 0.2, waar het peil in de zomer nog wegzakte tot onder de -0.60 m NAP.

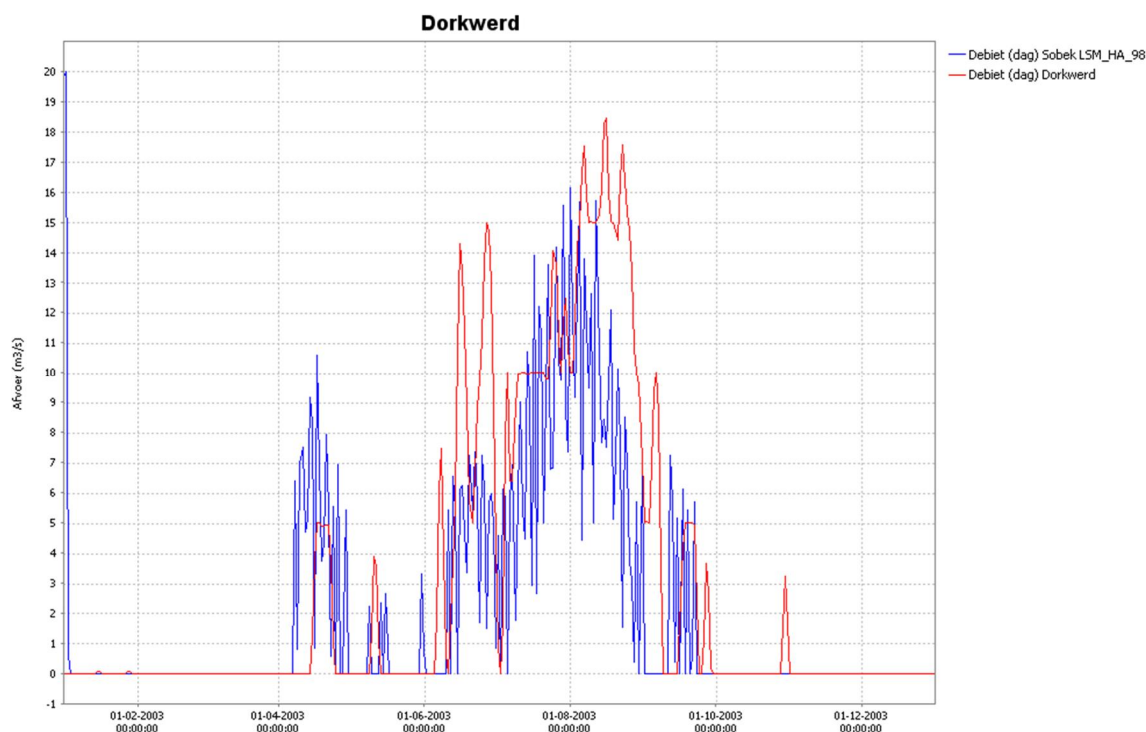
De volgende figuren laten nog de vergelijking van modelresultaten (in blauw) en metingen (in rood) zien voor de totale inlaat Friesland, de doorvoer naar Groningen bij Gaarkeuken, de doorvoer via Dorkwerd naar Hunze en Aas. Daarna volgen de lozingen bij Harlingen, Dokkum, Lauwersmeer, en de lozing via de spuilsuis Delfzijl.



Figuur 3.26: Inlaten Friesland (Lemmer-Teroelsterkolk, Tacozijsl, inlaat Hoogland)



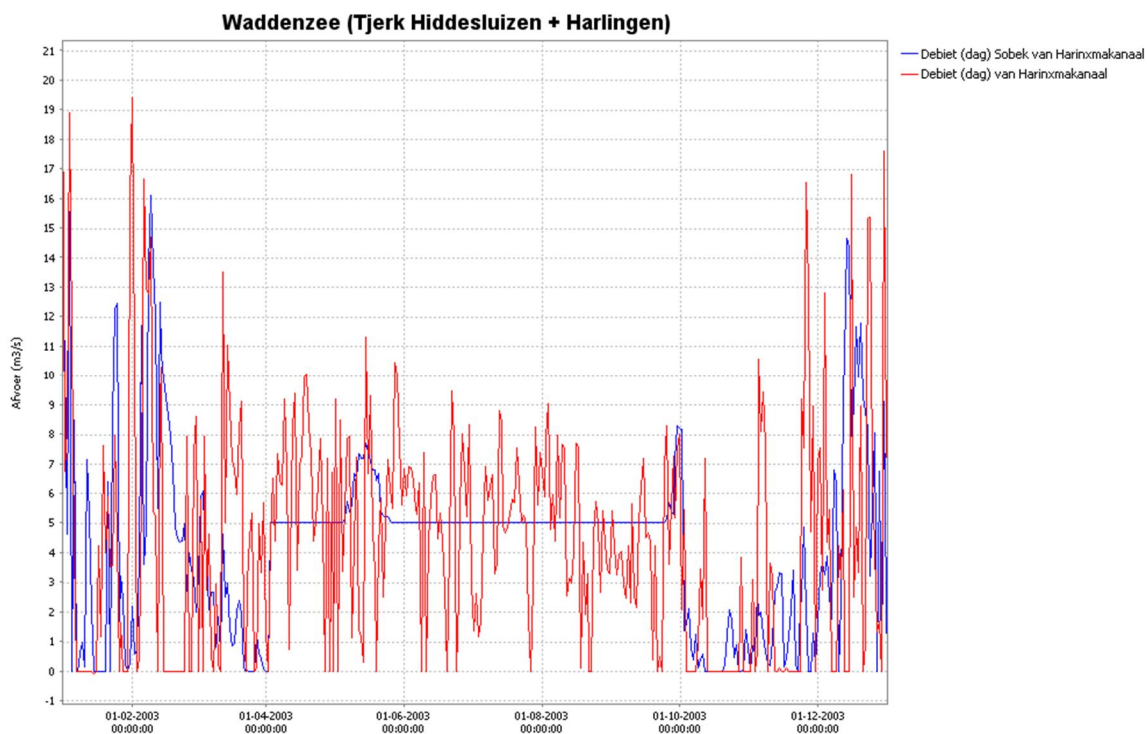
Figuur 3.27: Berekende en gemeten doorvoer Gaarkeuken 2003 (model=blauw)



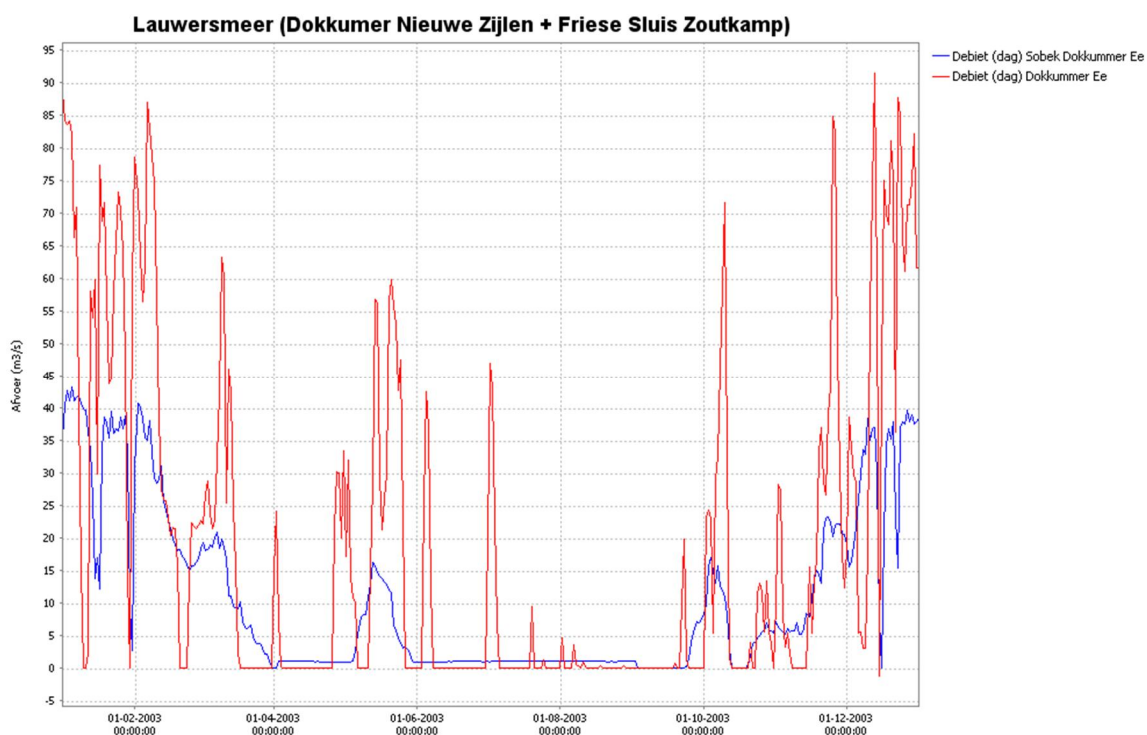
Figuur 3.28: Berekende en gemeten doorvoer Dorkwerd 2003 (model=blauw)

De berekende totale aanvoer van de inlaten Friesland is qua timing goed, maar de piek in augustus is duidelijk lager dan de metingen. Datzelfde geldt ook voor de andere locaties.

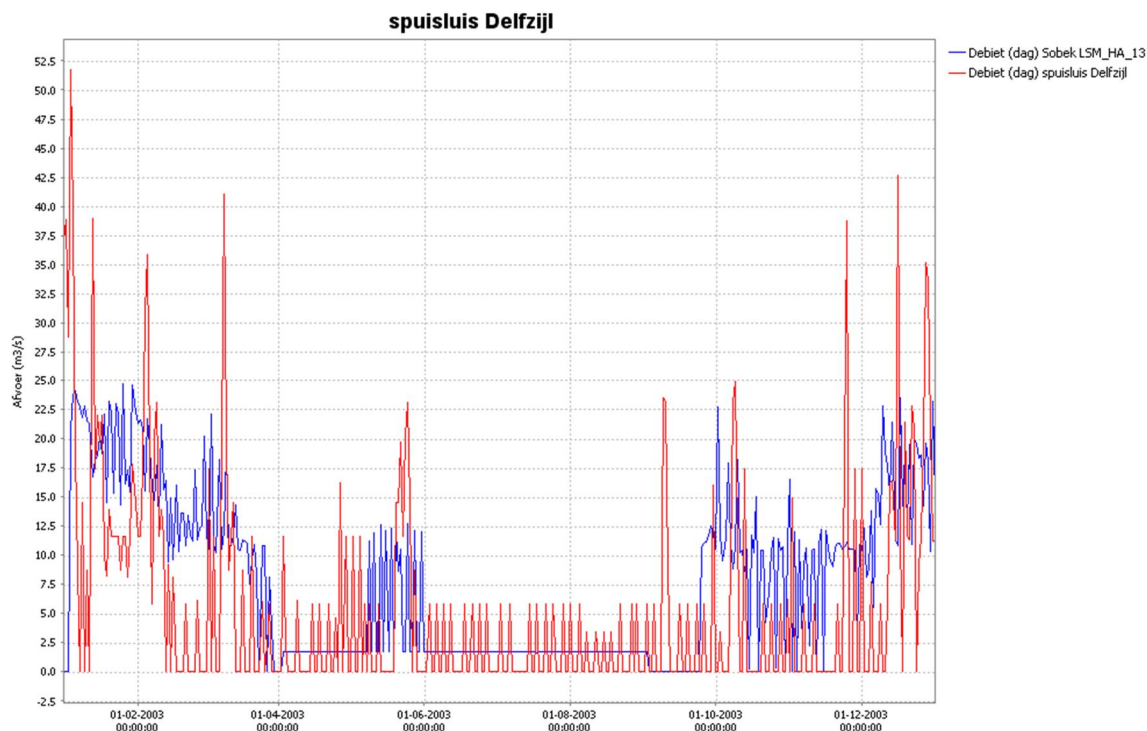
In het zomerhalfjaar is in het model een doorspoeling opgedrukt die bij Harlingen, Dokkum en Delfzijl goed te zien is. De metingen tonen meer variatie, vooral bij Dokkum (Lauwersmeer) zijn flinke pieken in de metingen die het model niet kan reproduceren. De orde grootte van de opgedrukte doorspoeling is goed.



Figuur 3.29: Berekende en gemeten afvoer Harlingen

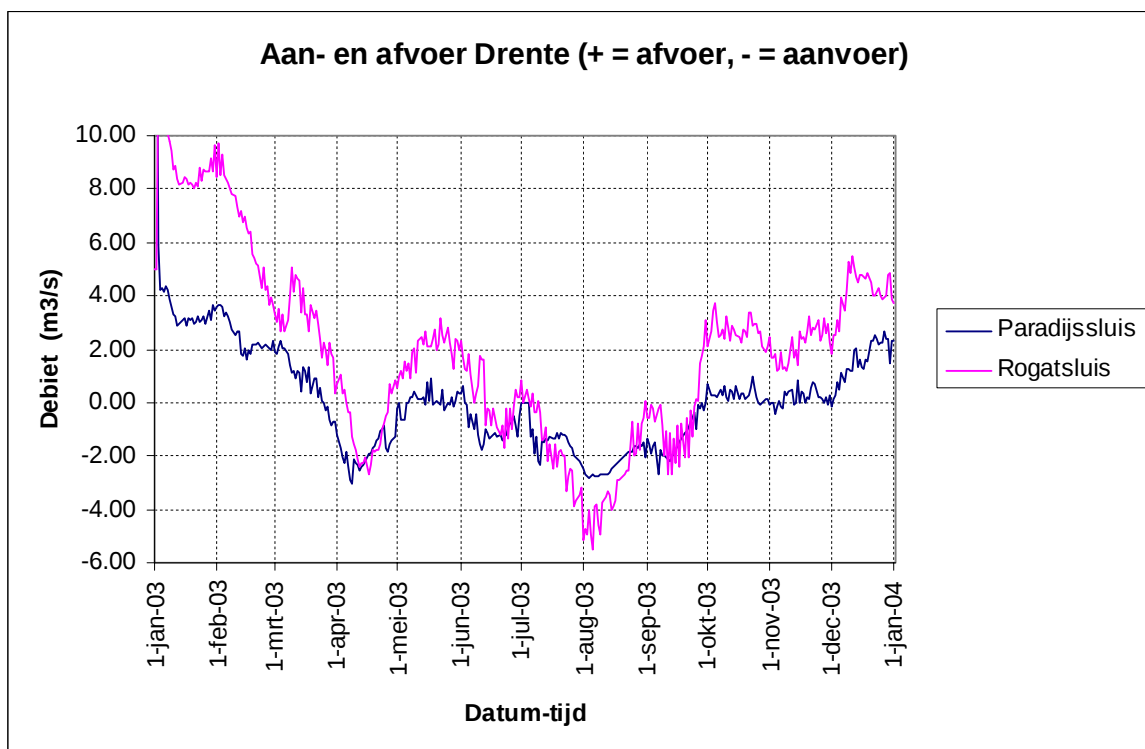


Figuur 3.30: Berekende en gemeten afvoer Dokkum/Lauwersmeer



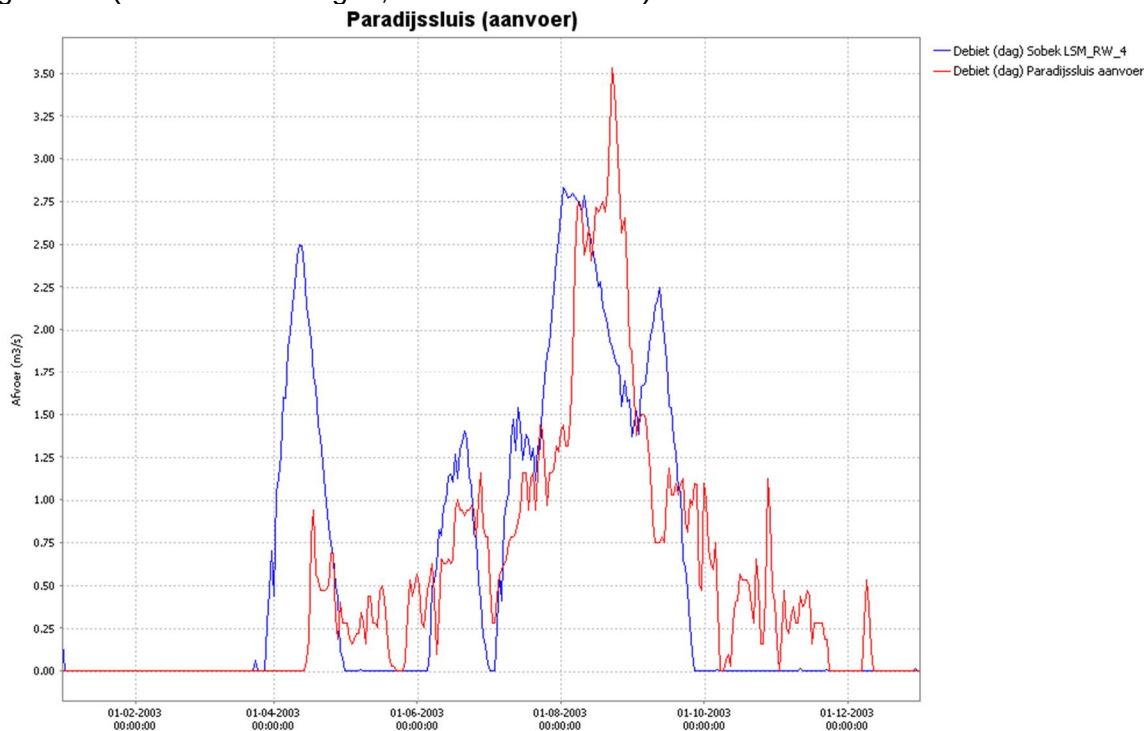
Figuur 3.31: Berekende en gemeten afvoer spuisluis Delfzijl 2003 (model=blauw)

3.9 Drenthe

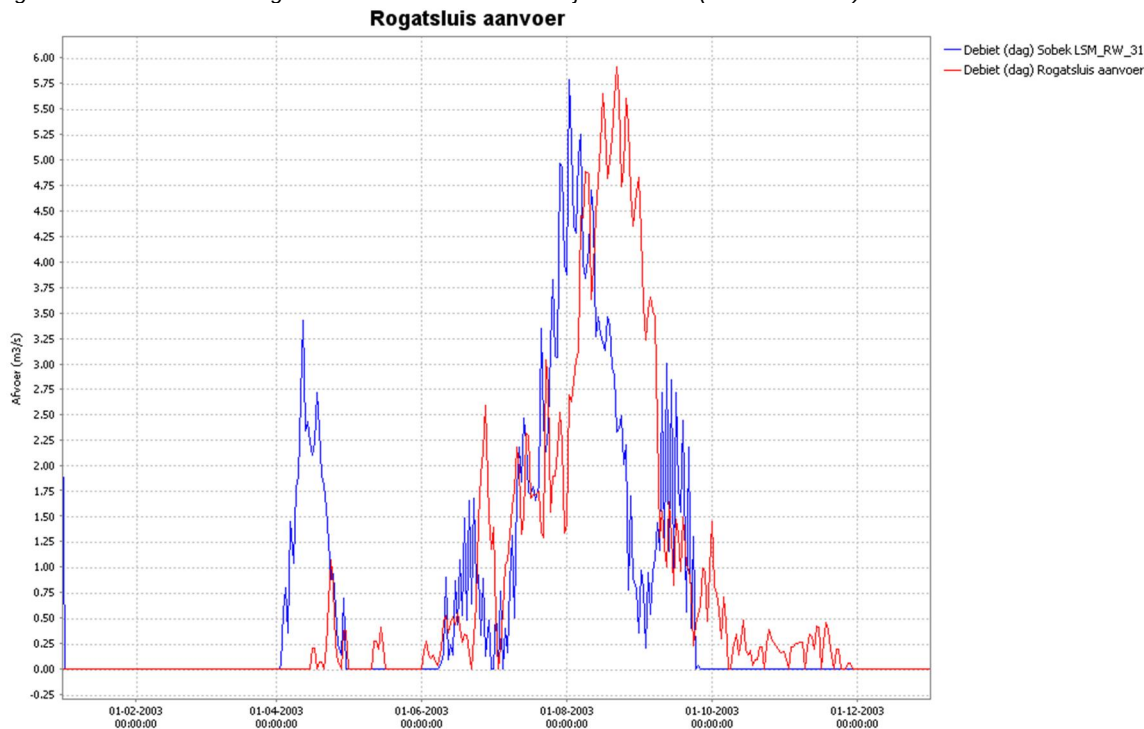


Figuur 3.32: Inlaten en uitlaten Drente (Paradijssluis en Rogatsluis)

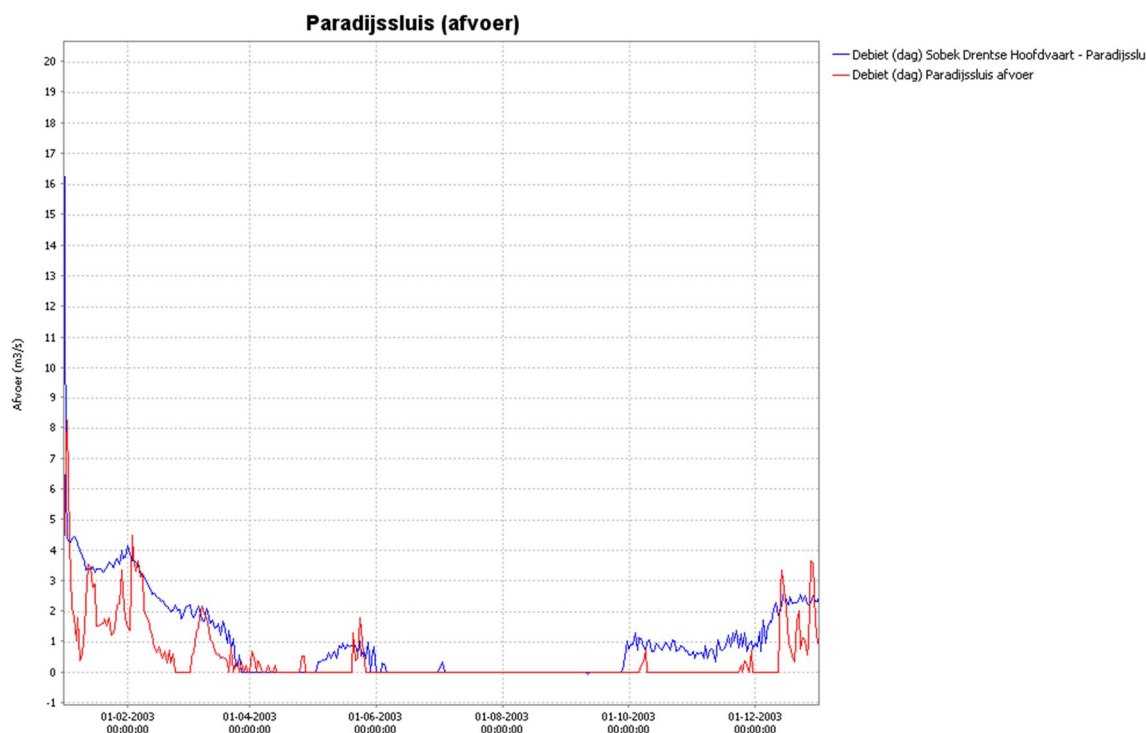
De vergelijking met de metingen voor aanvoer- en afvoer wordt in de volgende figuren getoond (in rood de metingen, in blauw het model).



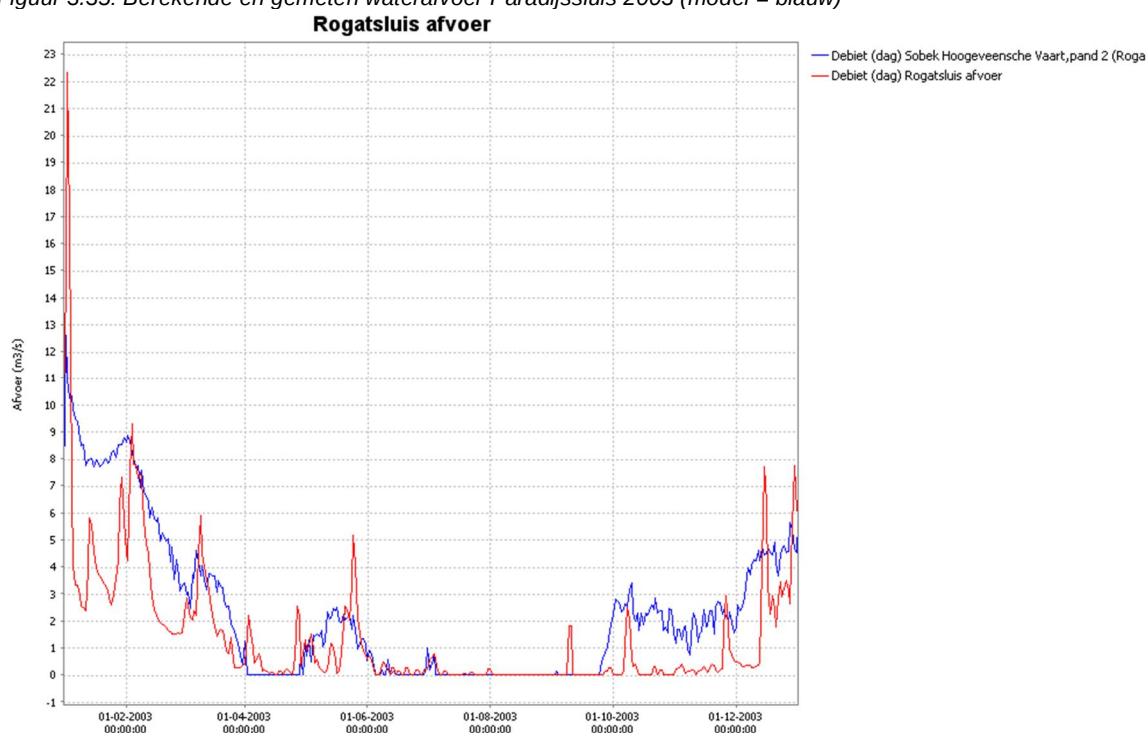
Figuur 3.33: Berekende en gemeten wateraanvoer Paradijssluis 2003 (model = blauw)



Figuur 3.34: Berekende en gemeten wateraanvoer Rogatsluis 2003 (model = blauw)



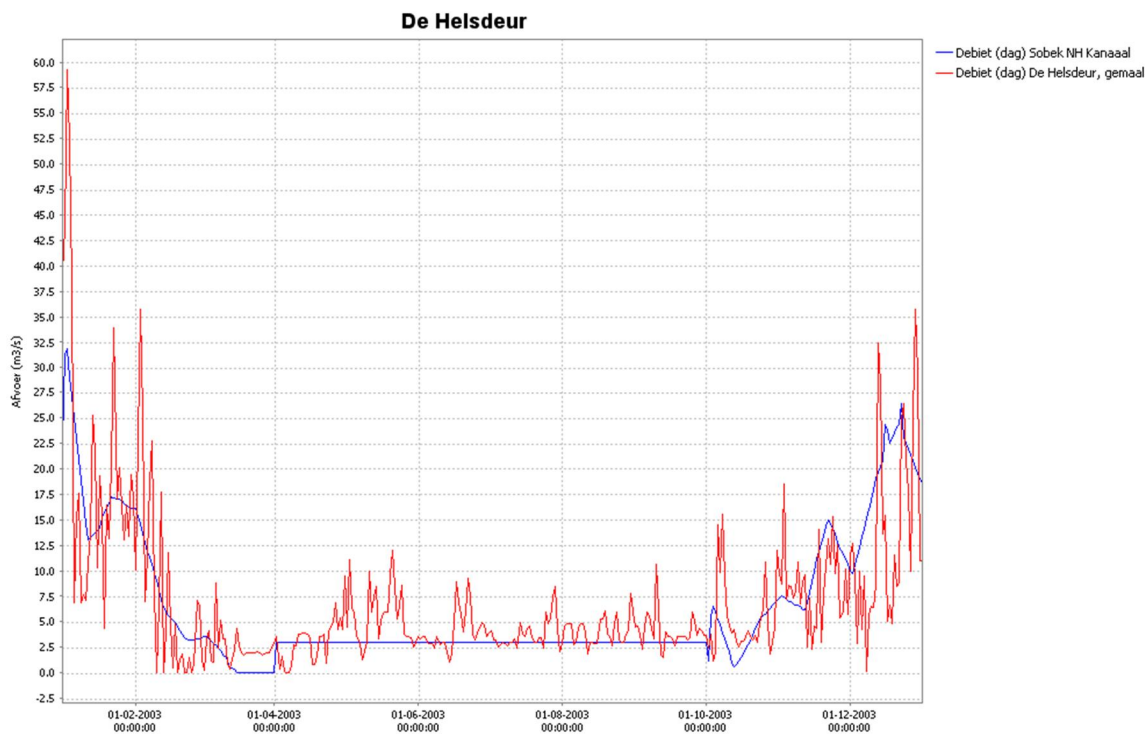
Figuur 3.35: Berekende en gemeten waterafvoer Paradijssluis 2003 (model = blauw)



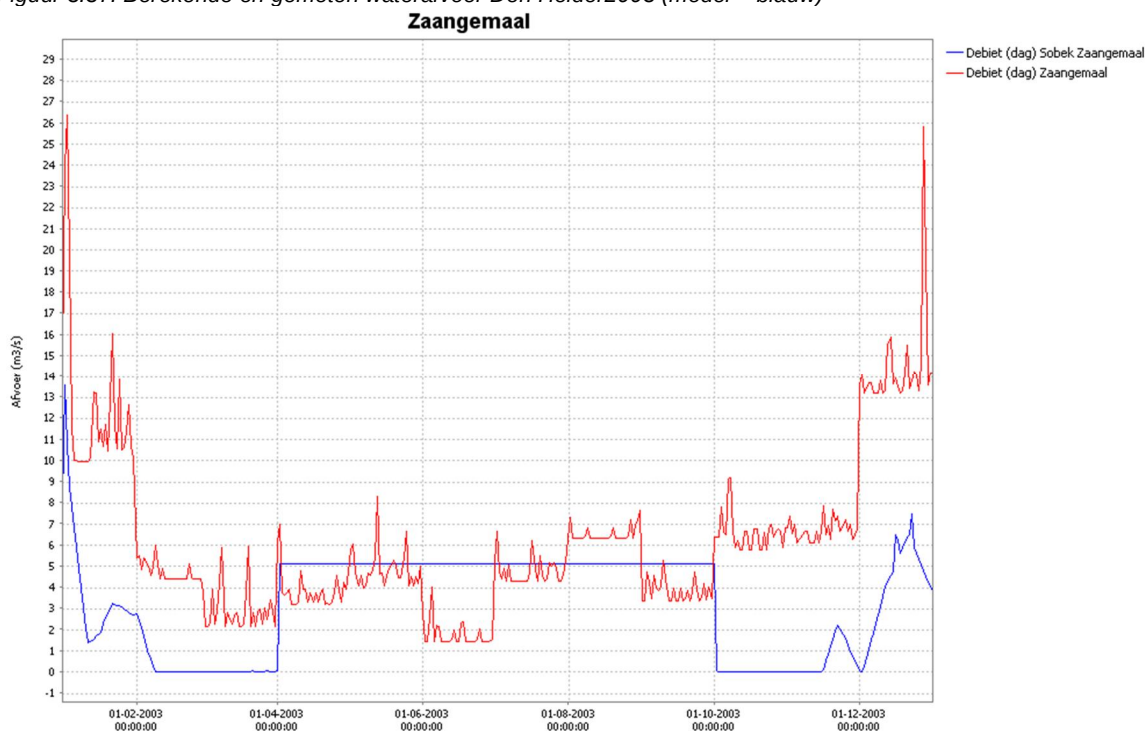
Figuur 3.36: Berekende en gemeten waterafvoer Rogatsluis 2003 (model = blauw)

- Het model berekent correct dat er zowel aan- als afvoer is bij beide locaties (ook NHI met DM berekent dit).
- De afvoer is voor beide locaties enigszins overschat, de aanvoer is qua timing iets vroeger dan gemeten. Dit geldt ook voor de NHI resultaten met DM.

3.10 Hollands Noorderkwartier



Figuur 3.37: Berekende en gemeten waterafvoer Den Helder2003 (model = blauw)

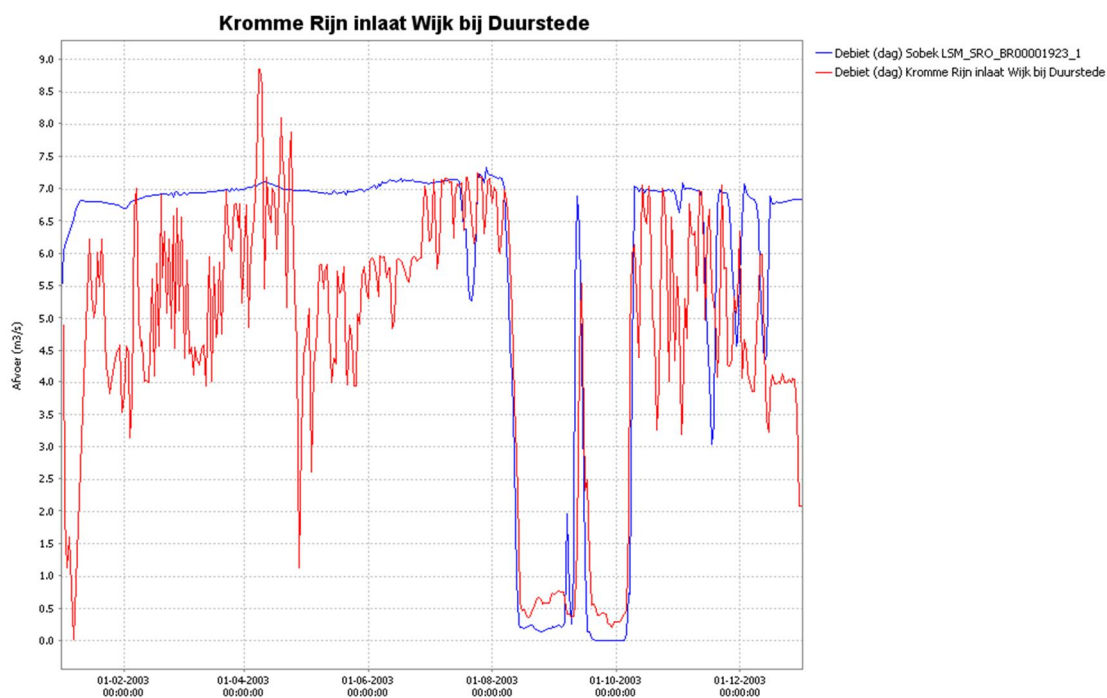


Figuur 3.38: Berekende en gemeten waterafvoer Zaan naar NZK 2003 (model = blauw)

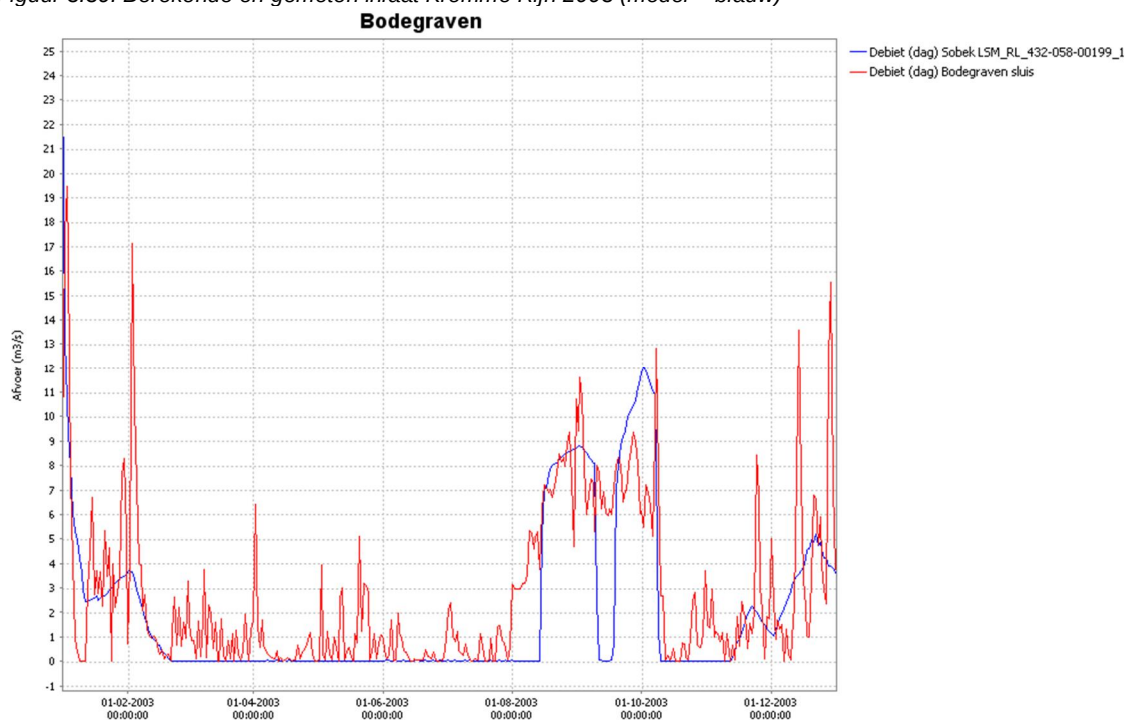
- Voor Hollands Noorderkwartier zijn voor 2003 gegevens van afvoeren naar de Waddenzee bij Den Helder en naar het Noordzeekanaal via de Zaan bekend. In het model is voor beide locaties een zomerdoerspoeling opgelegd (voor de Zaan is die na

2003 trouwens afgeschaft). Het model berekent een redelijk afvoerloop voor Den Helder, de Zaan is in de wintermaanden lager dan gemeten. Vermoedelijk zijn enkele districtslozingen in het model direct op het NZK of andere takken gezet, in plaats van via de Zaan.

3.11 HdSR



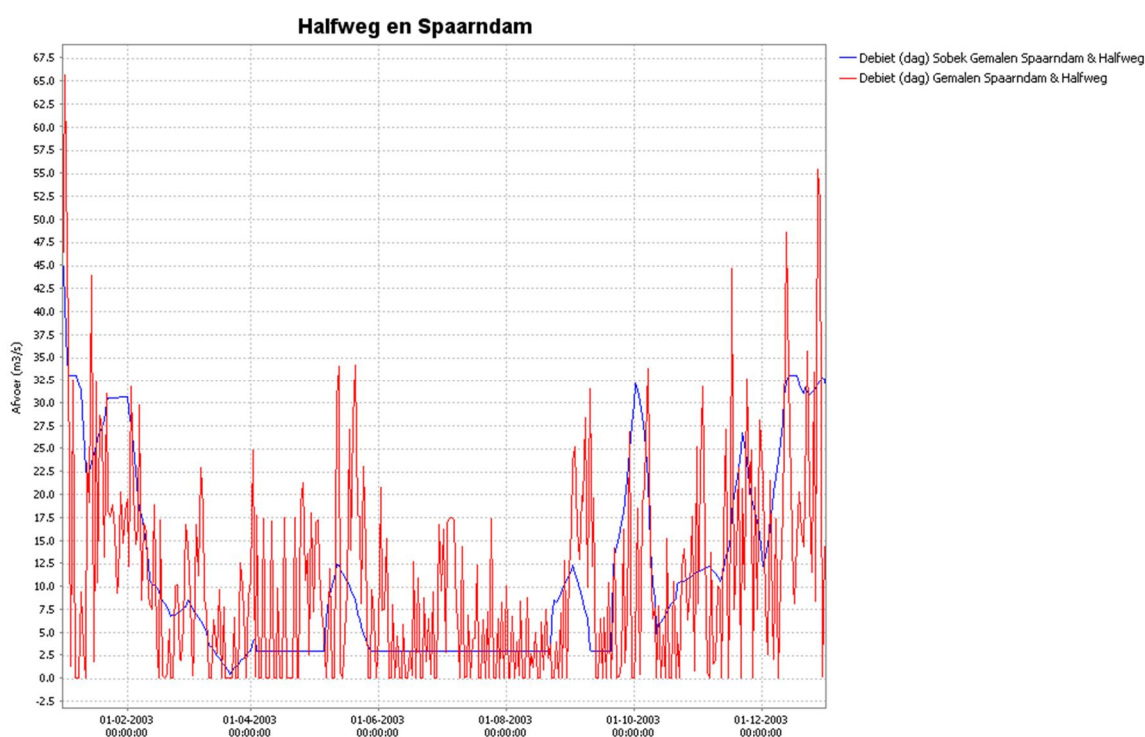
Figuur 3.39: Berekende en gemeten inlaat Kromme Rijn 2003 (model = blauw)



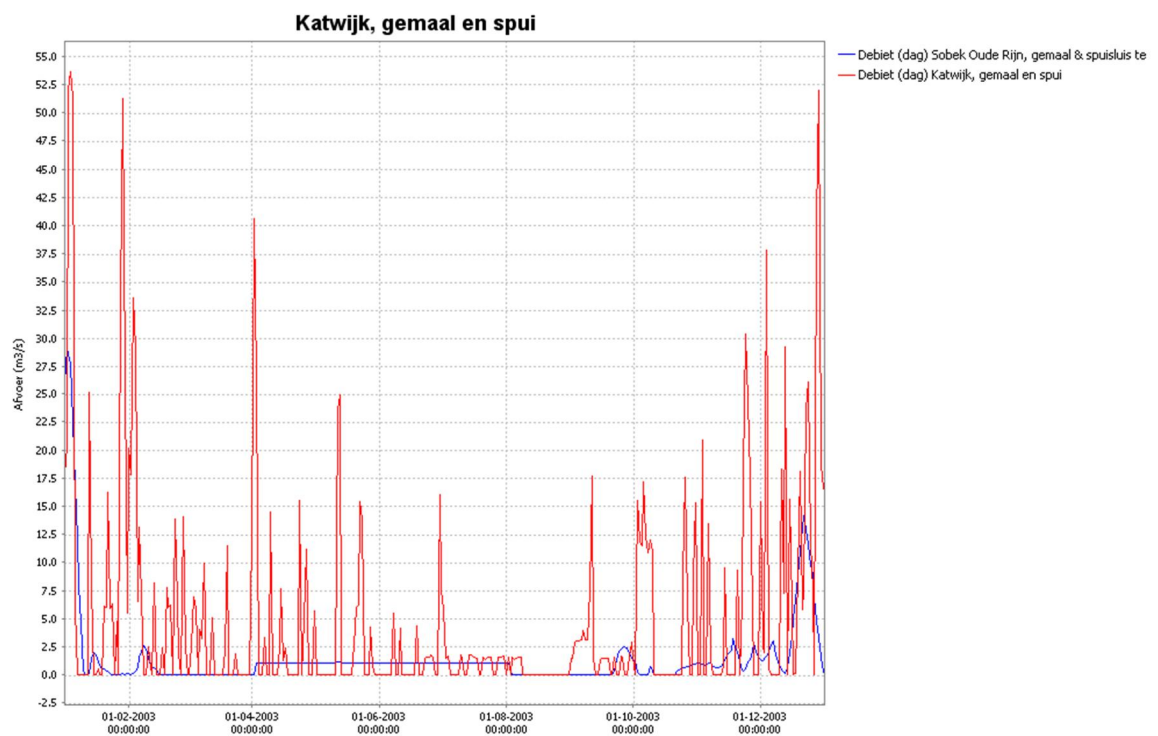
Figuur 3.40: Berekende en gemeten afvoer naar Rijnland bij Bodegraven, 2003 (model=blauw)

LSM berekent correct dat de inlaat Kromme Rijn problematisch wordt vanaf medio augustus tot begin oktober 2003, met een kleine opleving daartussen. Bij Bodegraven wordt de periode van KWA redelijk geschat op basis van de Rijnaafvoer. Ook de afvoer van overtollig water in de winter naar Rijnland wordt goed gereproduceerd door LSM; in lente en herfst wordt er volgens de metingen ook water afgevoerd naar Rijnland, maar dat wordt niet door het model berekend.

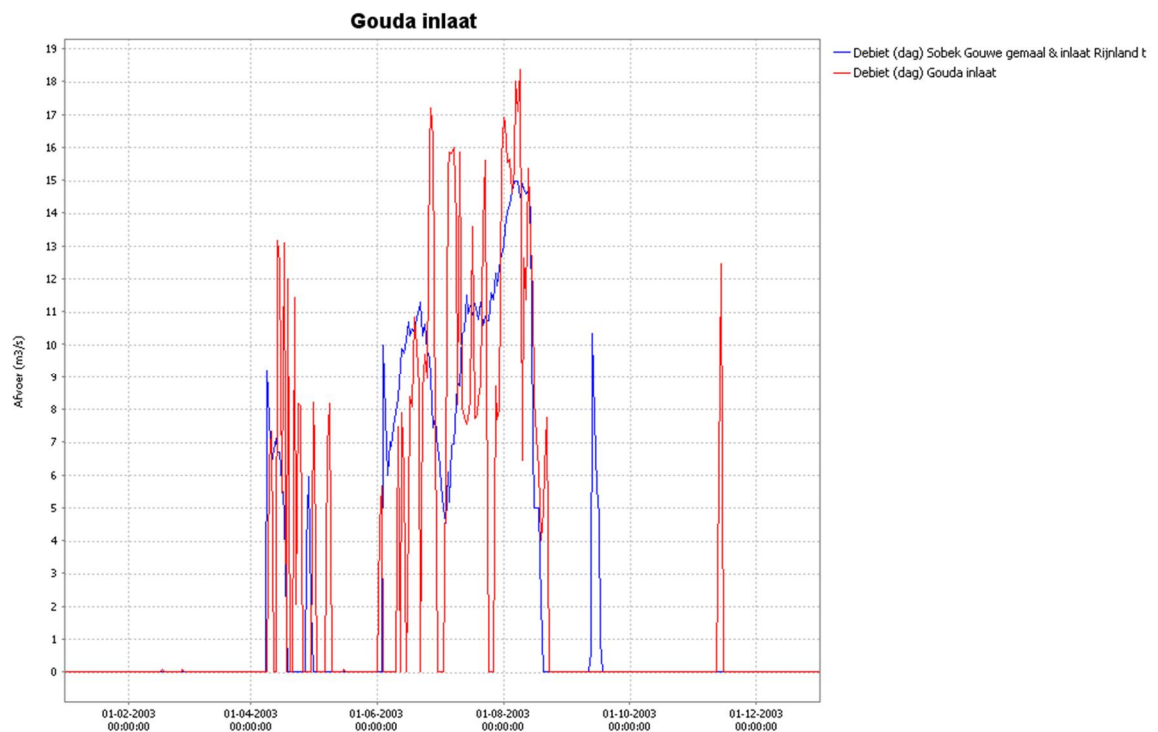
3.12 Rijnland



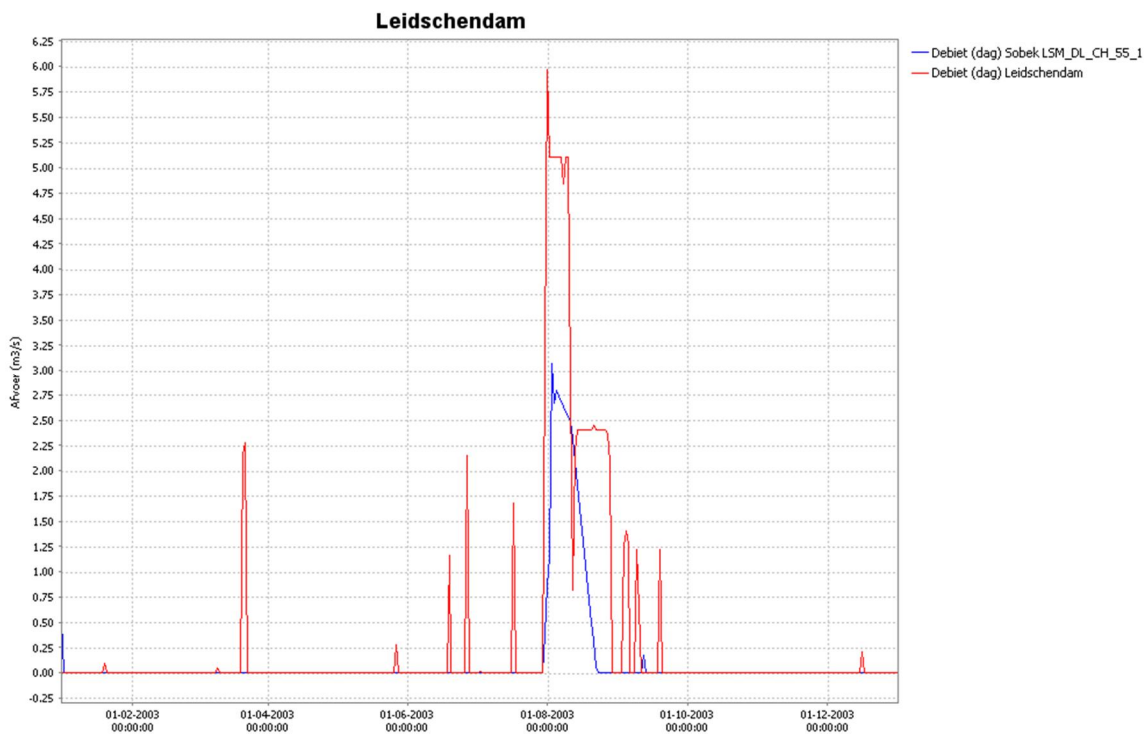
Figuur 3.41: Berekende en gemeten lozing Rijnland naar NZK, 2003 (model=blauw)



Figuur 3.42: Berekende en gemeten lozing Rijnland bij Katwijk, 2003 (model=blauw)



Figuur 3.43: Berekende en gemeten aanvoer bij Gouda, 2003 (model=blauw)

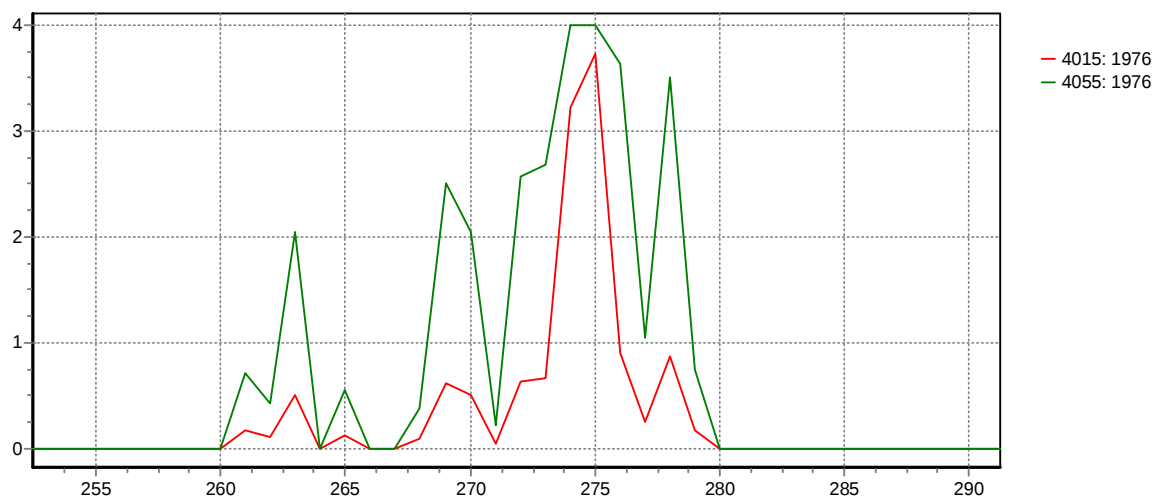


Figuur 3.44: Berekende en gemeten doorvoer naar Delfland, 2003 (model=blauw)

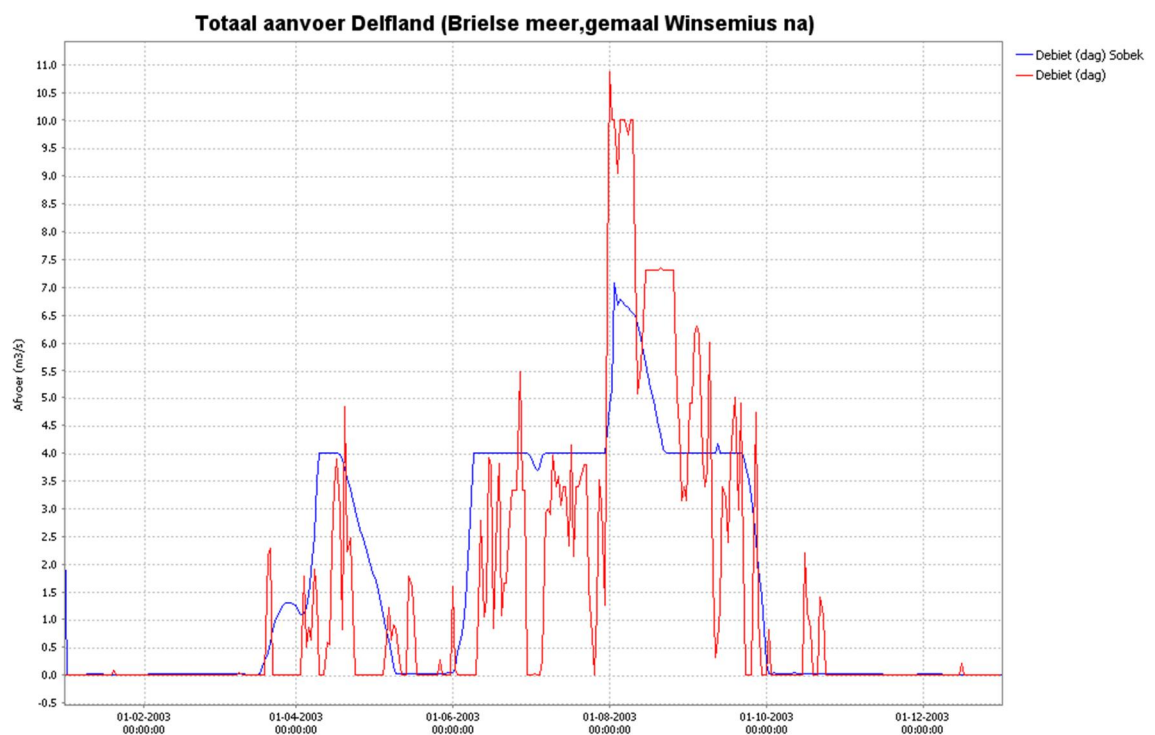
- Rijnland voert in de zomer water aan via Gouda, en via Bodegraven als gebruik wordt gemaakt van de KWA. In voor- en najaar voert HdSR ook overtollig water af bij Bodegraven naar Rijnland. Er wordt water naar Delfland doorgevoerd bij Leidschendam (gemaal Dolk). Water wordt afgevoerd bij (in volgorde van prioriteit) Halfweg/Spaarndam, Katwijk en Gouda. Bij Halfweg/Spaarndam en Katwijk wordt in de zomer de gewenste doorspoeling van respectievelijk 3.1 en 1.1 m³/s gerealiseerd. In de praktijk blijkt die doorspoeling niet constant, maar variabler in de tijd. De Tolhuisroute wordt in het model niet gebruikt. De doorvoer naar Delfland is in LSM iets minder frequent dan in NHI-DM berekend; dat komt doordat in de LSM sturing van inlaten voor Delfland meer via het Brielse meer wordt ingelaten dan in NHI-DM; dit wordt in de volgende paragraaf toegelicht.
- Het peil in Rijnland wordt goed op streefpeil gehouden, en varieert tussen minimum peil -0.64 m NAP en maximum peil -0.60 m NAP; dit is duidelijk beter dan in LSM 0.2 door het opnemen van de modellen van de regionale waterbeheerder.

3.13 Delfland

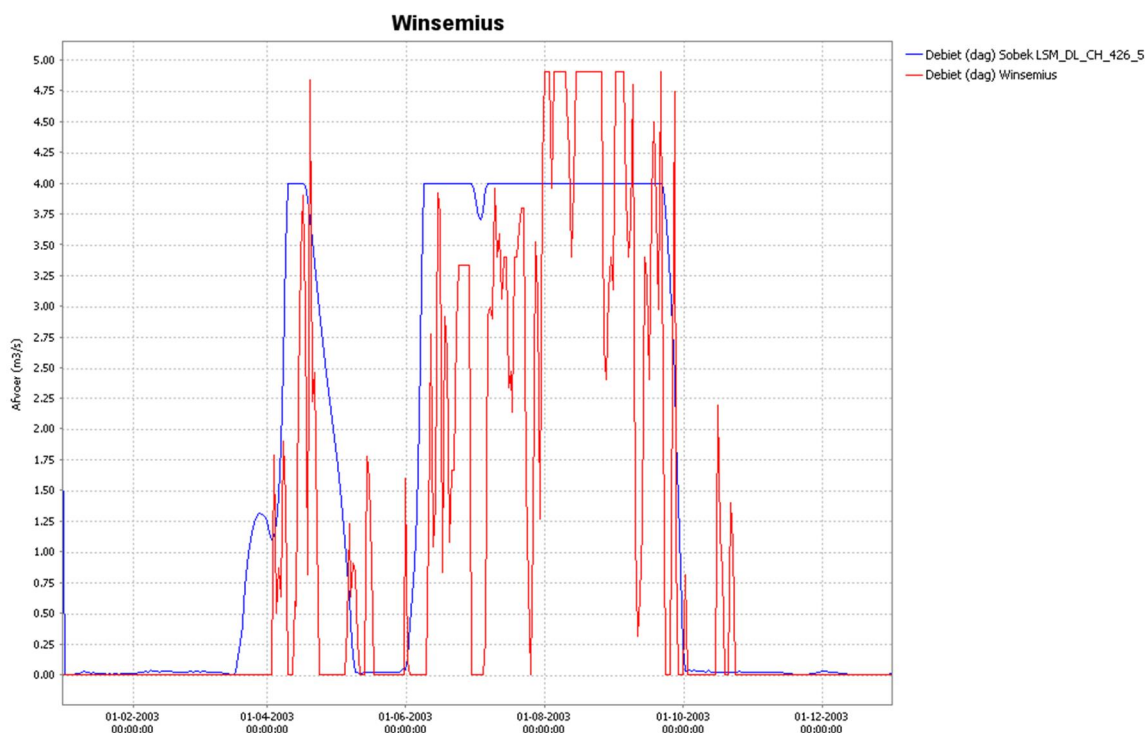
Delfland laat water in via gemaal Winsemius uit het Brielse meer, en aanvullend ook via Leidschendam (gemaal Dolk) uit Rijnland. Dat laatste gebeurt vooral in perioden dat Rijnland via de KWA bij Bodegraven water aanvoert, al zijn er ook korte andere perioden waarin water van Rijnland naar Delfland wordt doorgevoerd.



Figuur 3.45: NHI aanvoer naar Delfland via Brielse meer (groen) en Rijnland(rood)



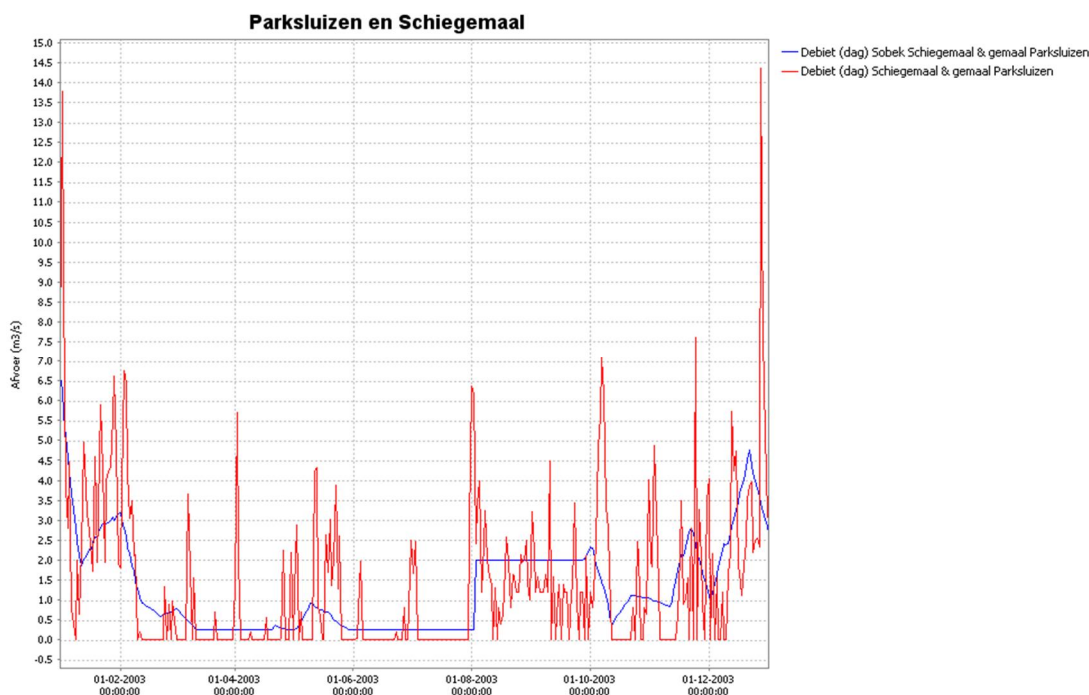
Figuur 3.46: LSM aanvoer naar Delfland totaal (model=blauw)



Figuur 3.47: LSM aanvoer naar Delfland via Brielse Meer (Winsemius) (model=blauw)

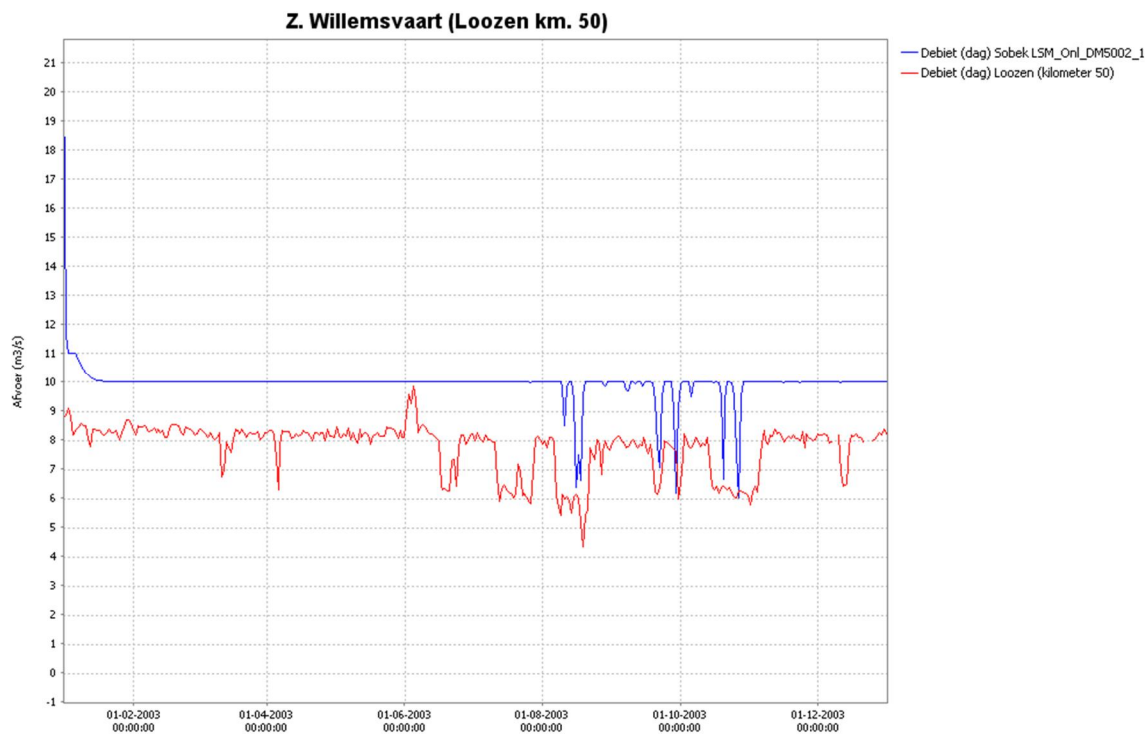
De sturing van LSM laat in vergelijking met NHI meer in via gemaal Winsemius uit het Brielse meer, en iets minder via gemaal Dolk uit Rijnland. Opvallend is trouwens dat de metingen aangeven dat bij Winsemius soms tot 4.75 m³/s wordt ingelaten, aangezien in het model de capaciteit op 4 m³/s is beperkt.

De afvoer van Delfland wordt goed beschreven in LSM blijkt uit de volgende figuur.

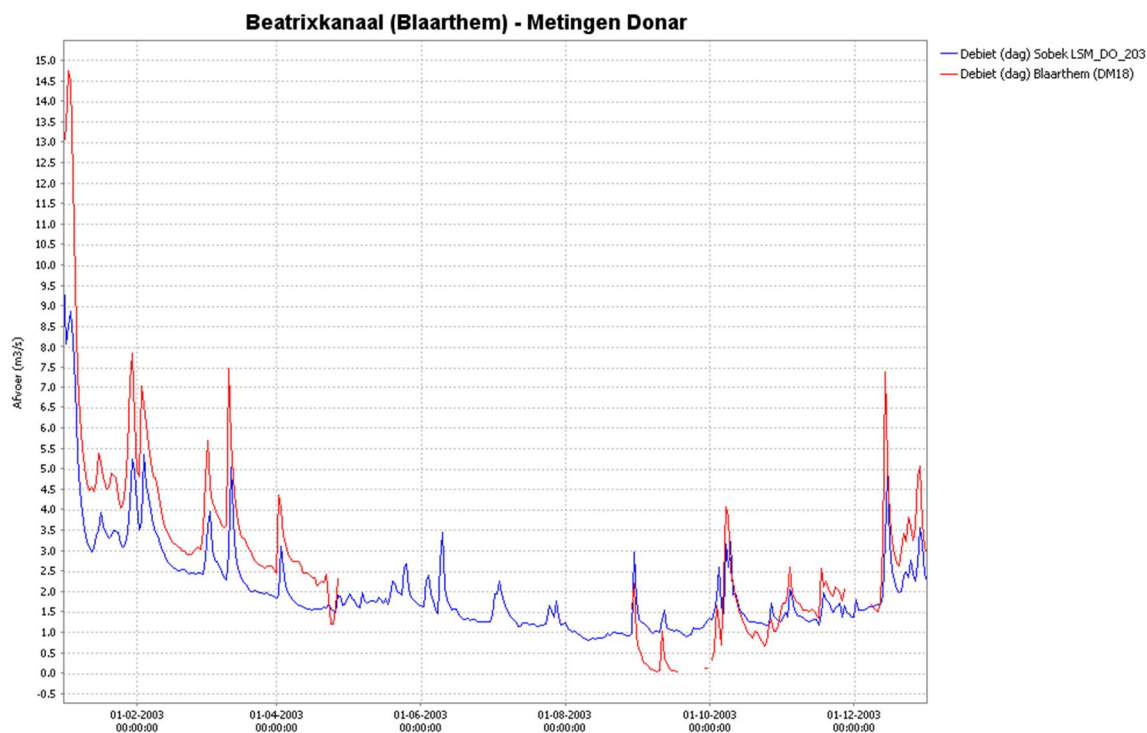


Figuur 3.48: Gemeten en berekende afvoer Delfland bij Parksluizen (model=blauw)

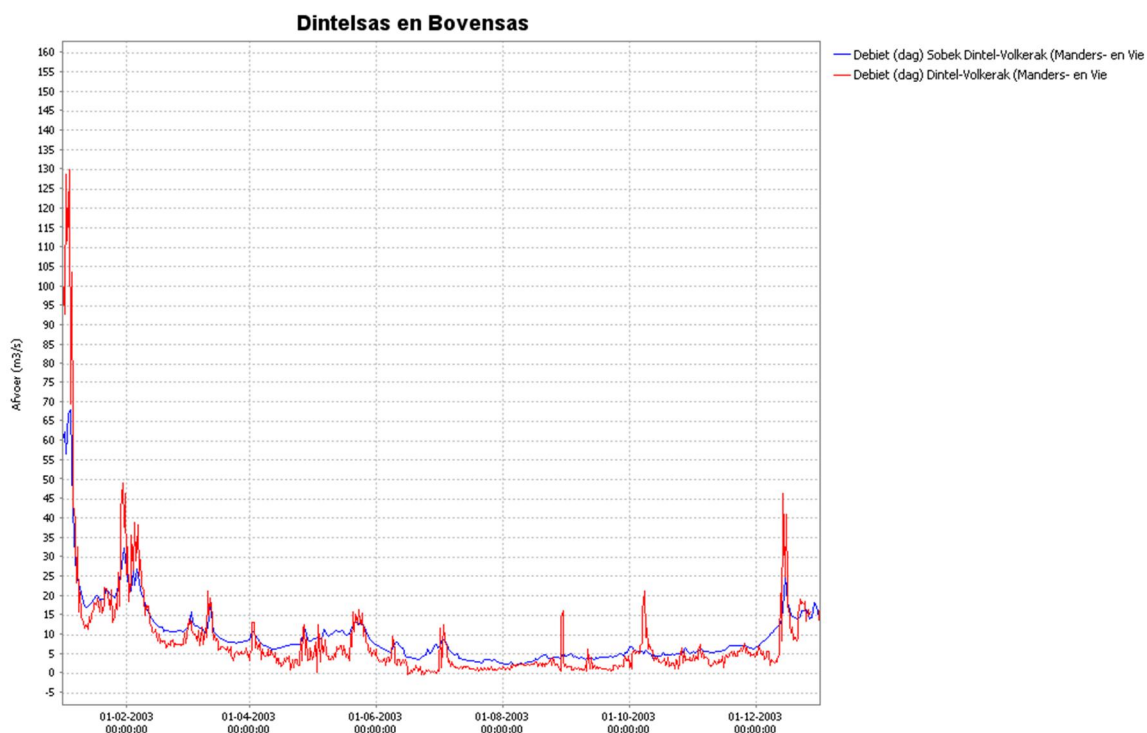
3.14 Brabant



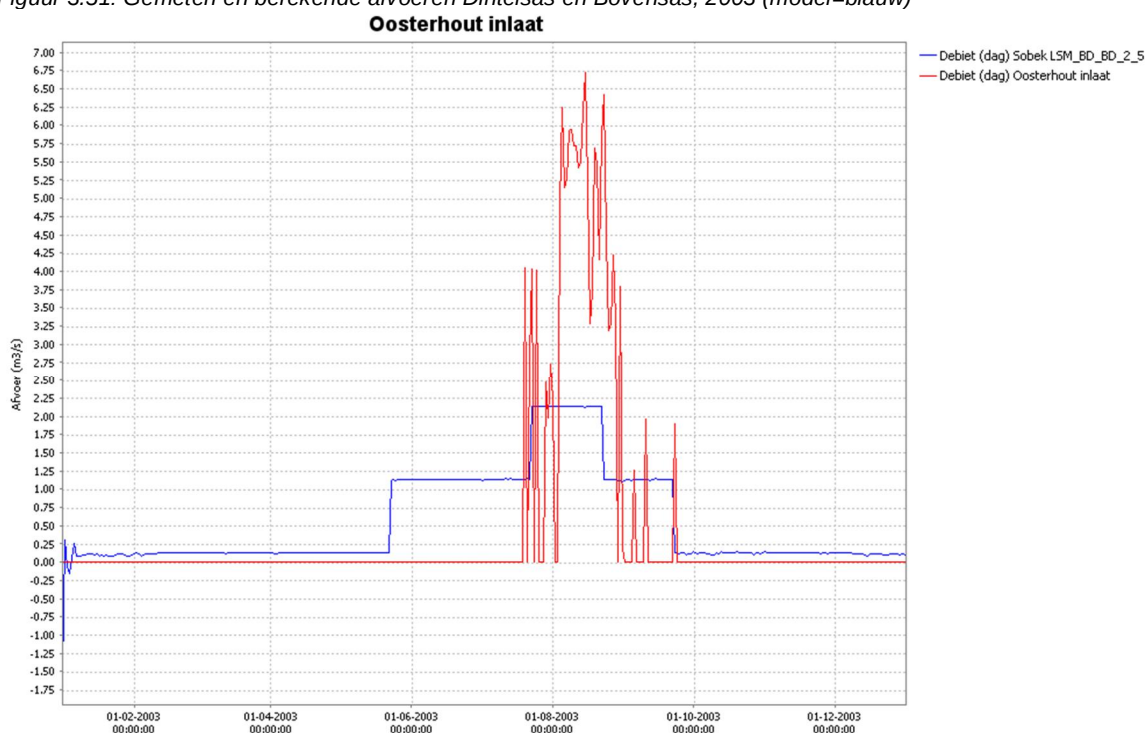
Figuur 3.49: Gemeten en berekende afvoeren Zuid-Willemsvaart bij Loozen(model=blauw)



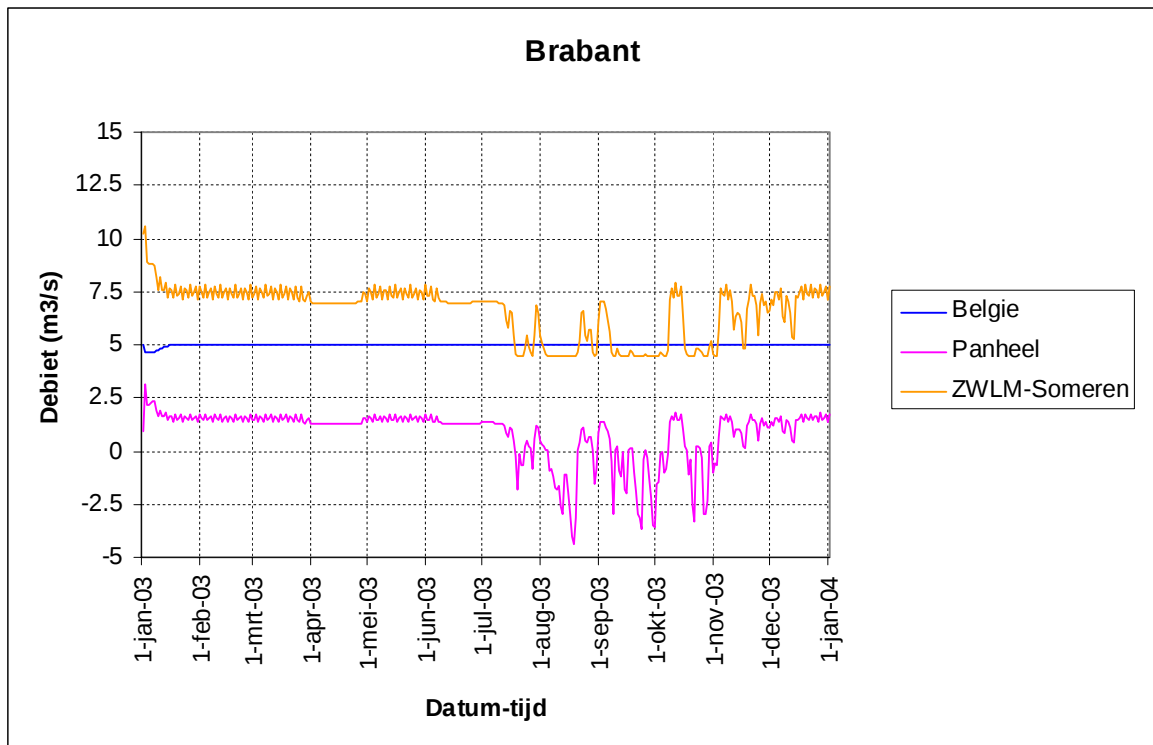
Figuur 3.50: Gemeten en berekende afvoeren Beatrixkanaal (Blaarthem) (model=blauw)



Figuur 3.51: Gemeten en berekende afvoeren Dintelsas en Bovensas, 2003 (model=blauw)



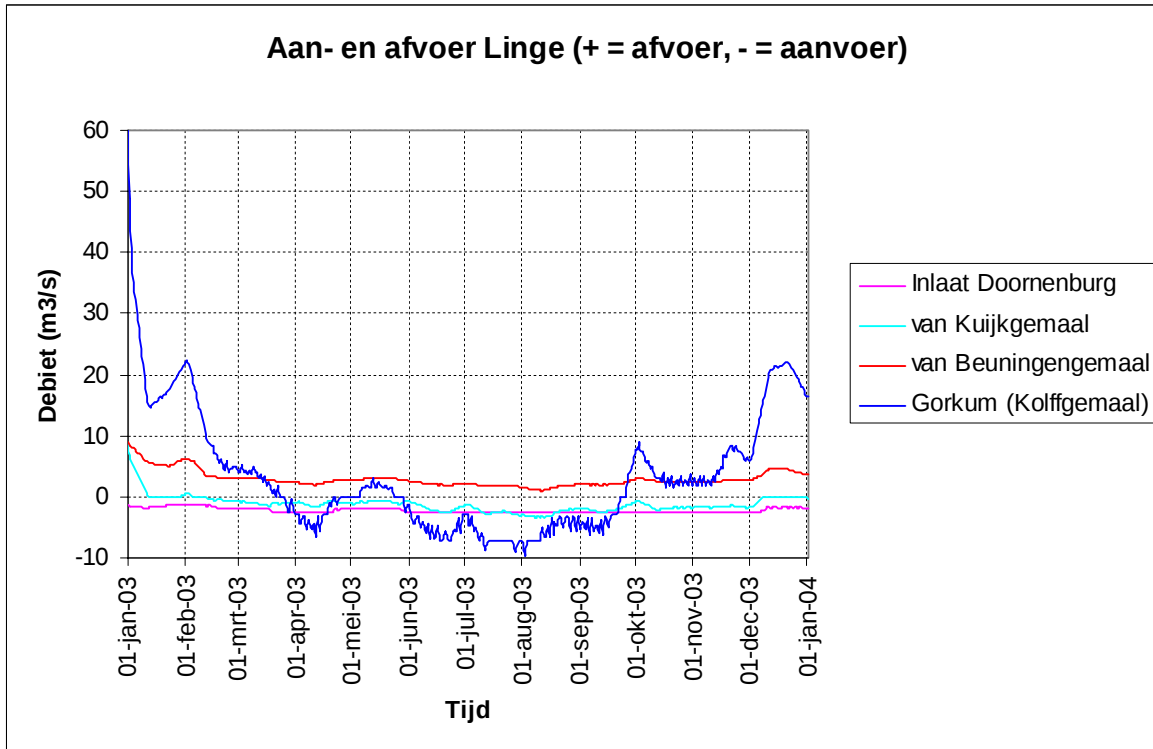
Figuur 3.52: Gemeten en berekende aanvoer Oosterhout 2003 (model=blauw)



Figuur 3.53: Overige resultaten Noord-Brabant

- De aanvoer bij Loozen (figuur 3.49) klopt goed met het in de praktijk gevoerde beheer en het Maasafvoercontract (in principe orde $10 \text{ m}^3/\text{s}$, tenzij er watertekorten zijn door lage Maasafvoeren). Er blijft orde $5 \text{ m}^3/\text{s}$ voor België in het kanaal Bocholt-Herentals (figuur 3.53).
- De afvoer bij Blaarthem van de Dommel naar het Beatrixkanaal is goed (figuur 3.50)
- De totale afvoer van Brabantse Delta via Bovensas en Dintelsas (figuur 3.51) is redelijk goed qua patroon in het model, al ontbreekt de fijne dynamiek in vergelijking met de metingen (o.a. doordat de laterale debieten op basis van 10-daagse NHI resultaten zijn gedefinieerd).
- In de zomer periode wordt bij Oosterhout richting Mark en Dintel water ingelaten (figuur 3.52). De inlaat bij Oosterhout is in vergelijking met de metingen nog wel voor verbetering vatbaar (overleg met Brabantse Delta). In de droge zomer wordt door de inlaat een continue lozing bij Dintelsas bewerkstelligd.
- Bij Panheel is er sprake van schut- en lekverliezen naar de Maas; in de zomerperiode wordt er bij beperkte waterbeschikbaarheid via de Zuid-Willemsvaart zuinig geschut en water opgepompt bij Panheel. In figuur 3.53 is dit zichtbaar door een debiet richting Maas van orde $2 \text{ m}^3/\text{s}$ bij voldoende aanvoer bij Loozen, en een negatief debiet bij Panheel in droge perioden. Dit is een stuk beter dan in LSM 0.2, waar de pomp bij Panheel jaarrond ingeschakeld was.

3.15 Linge

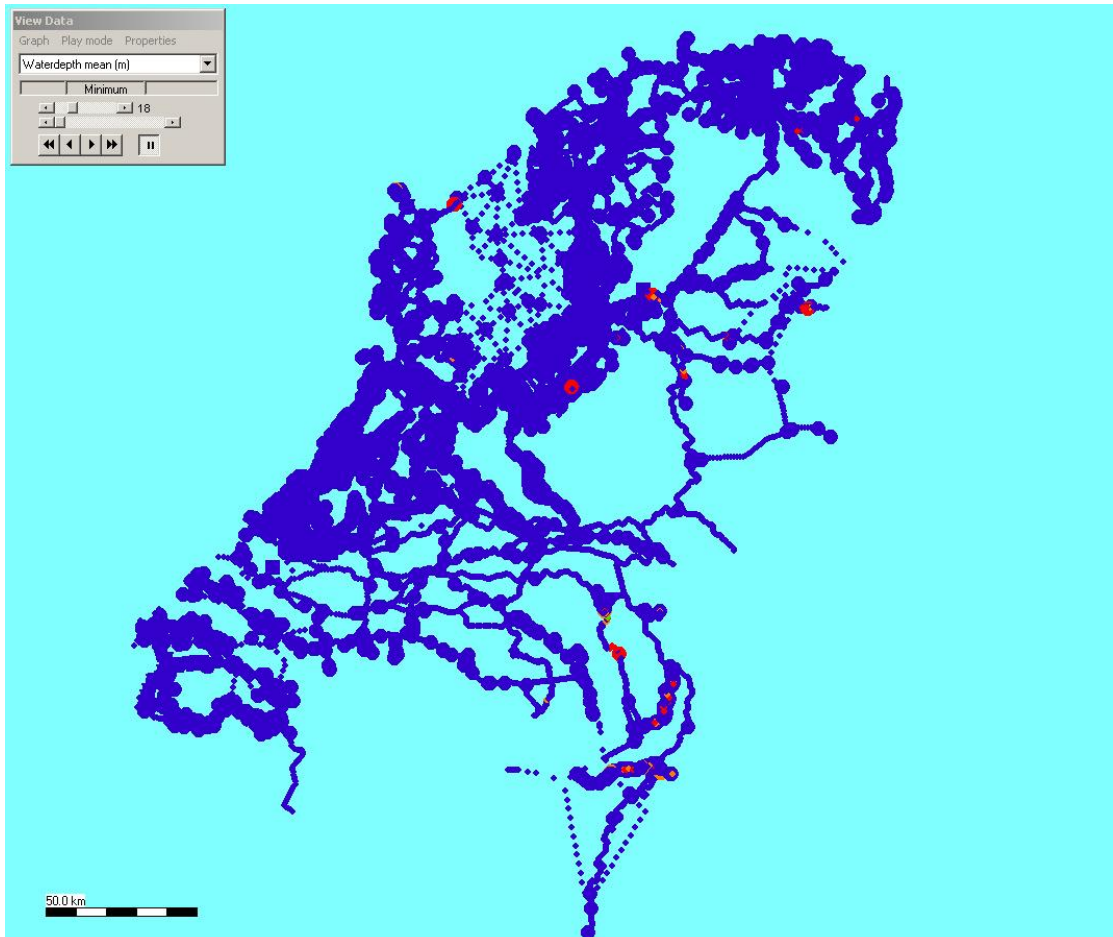


Figuur 3.54: Linge

- Doornenburg laat vrijwel continu water in. Dit is niet geverifieerd met eventuele metingen, maar het is meer dan DM berekent. Vermoedelijk wordt er in het Sobek model te veel water ingelaten, want het ligt niet voor de hand om ook in de winterperiode water in te laten.
- Het van Beuningen gemaal loost continu naar het ARK-Betuwepand, en laat nooit water in.
- Het van Kuijkgemaal voert in natte perioden af naar de Nederrijn, maar laat het merendeel van het jaar 2003 water in uit de Nederrijn.
- Bij Gorinchem / kanaal van Steenenhoek (Kolffgemaal) wordt in voor- en najaar water afgevoerd, en in de zomer water ingelaten.

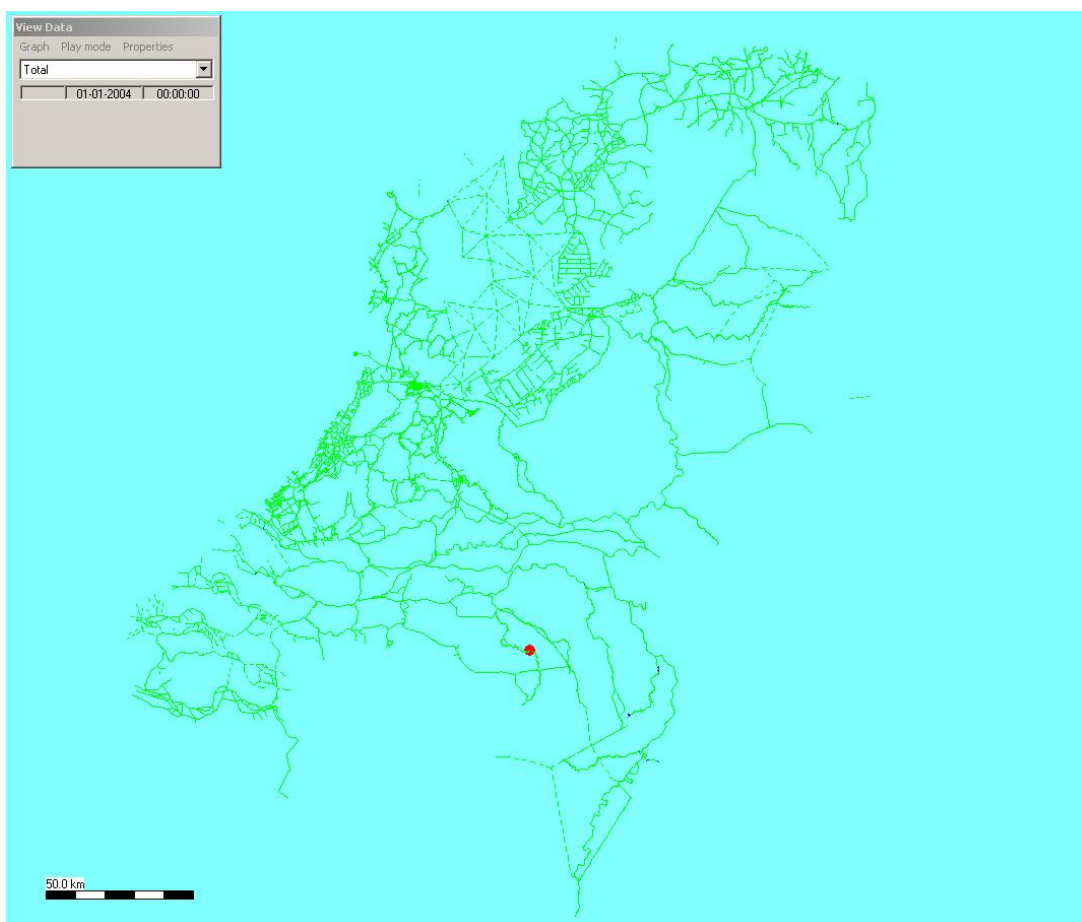
3.16 Overige opmerkingen

In onderstaande figuur 3.55 worden de lokaties met geringe diepte getoond. De lokaties waar de diepte minder dan 10 cm wordt zijn op het Peelkanaal, in de beken van Peel en Maasvallei, in het gebied van groot Salland, en enkele andere lokale ondiepten (Overijsselsche Vecht).



Figuur 3.55: Minimum diepte in het netwerk (blauw: $h > 20$ cm, oranje: $10 < h < 20$ cm, rood: $h < 10$ cm)

Figuur 3.56 toont de kritische lokaties in het rekenproces (tijdstep reductie, droogval en aantal iteraties). De meest kritische lokatie is op de Dommel; dit blijkt een reachsegment te zijn waarvan de lengte bepaald wordt door opeenvolgende laterale debietlokaties en kunstwerken. In Sobek geldt immers dat per reachsegment slechts 1 kunstwerk is toegestaan, of 1 of meer lateralen, maar niet 2 kunstwerken of een lateral en een kunstwerk.



Figuur 3.56: Kritische lokaties m.b.t. tijdstapreductie, droogval, iteraties (groen=niet, rood=kritisch)

4 Conclusies - aanbevelingen

Het Sobek LSM 1.0 model is opgebouwd uit LSM 0.2 en modellen van de regionale waterbeheerders. Deze modellen zijn aan elkaar gekoppeld in één Sobek schematisatie. Waar nodig is sturing voor wateraanvoer toegevoegd aan het model. De rekenpuntsafstand van de regionale modellen varieerde van 50 tot 500 meter; in LSM 1.0 is gestreefd naar een afstand van 500 m tussen de rekenpunten. Er zijn extra laterale debiet locaties toegevoegd ten behoeve van de koppeling met waterkwaliteit.

Het LSM is gedraaid voor het hydrologische jaar 2003 met laterale debieten op basis van een NHI 3.0 berekening (run G33, 1996-2006). Hierbij zijn de met NHI berekende districtslozingen en -onttrekkingen in Sobek als lateraal debiet per decade opgedrukt. De rivierafvoeren en meteorologie (neerslag op en verdamping van open water) zijn in LSM wel op dagbasis opgedrukt.

De resultaten zien er voor droogtetoepassingen plausibel uit als gekeken wordt naar de belangrijkste kranen in de rijkswateren en de grote regionale aanvoer- en afvoerlocaties. Er zijn al enkele inhoudelijke verbeterpunten in LSM geconstateerd. Ook is al aanvullende informatie beschikbaar (zoals extra regionale modellen, of nieuwere versies van regionale modellen) die nog niet in LSM is opgenomen. Het is zinvol om de resultaten van LSM 1.0 verder te vergelijken met metingen en het model te verbeteren.

In LSM 1.04 zijn een aantal kleine aanpassingen uitgevoerd zoals beschreven in bijlage 1. Verder is de rekentijd van LSM drastisch verminderd van 41 - 48 uur voor LSM 1.0 naar 18 uur voor 1 jaar met LSM 1.04.

Het LSM model is voor waterkwaliteit aangepast door extra laterale debiet locaties te definiëren, zodat op 1 locatie ook slechts 1 district loost. Voor waterkwaliteit is het lastig als op 1 locatie meerdere districten (met verschillende waterkwaliteitskarakteristieken) lozen.

In de LSM schematisatie zijn op diverse plekken lekdebieten bij zout-zoetsluizen toegevoegd, dit als voorbereiding op het modelleren van zout met LSM. Voor het noordelijk deltabekken (Rijn-Maas monding) is al een test met zout gedaan (zie memo Gao, 2012) met resultaten die vergelijkbaar zijn met de Sobek-RE zoutmodellering. Uit eerste testen van het hele LSM met zout blijkt echter dat rekenen met zout voor heel LSM flink extra rekentijd vraagt. Voor zoutmodellering wordt daarom aanbevolen eerst een uitsnede van LSM voor West-Nederland verder te testen. Dit is reeds in gang gezet en zal afzonderlijk worden gerapporteerd (Prinsen en Gao, in prep.)

5 Referenties

R.v.d. Veen, U. Pakes, J. van Essen en L. Schutte, Calibratie Sobek-Rijntakken, versie 1996.0, RIZA rapport 97.034, Arnhem, mei 1997

R. v.d. Veen. U. Pakes en L. Schutte, Bouw en calibratie Sobek-Maas, versie 2000.1 tm 2000.3, RIZA rapport 2002.031, Arnhem, juni 2002

R.v.d. Veen, Heralibratie Sobek-Maas hoogwaters januari 2002 en februari 2002, RIZA werkdocument 2004.198X, november 2004.

Q. Gao en F. Dirksen, Sobek modellen voor Markermeer en de Veluwe randmeren, RIZA werkdocument 2004.191X, december 2004.

E. Meijers en P. Boderie (2004), Sobek Landelijk Temperatuurmodel, WL | Delft Hydraulics rapport Q3861, Delft, december 2004.

Q. Gao en F. Dirksen, Een nationaal Sobek model versie 2005_1, RIZA werkdocument 2005.94x, Lelystad, november 2005.

P. Boderie, E. Meijers en R. Peñaillo, Verificatie Sobek landelijk temperatuurmodel, WL | Delft Hydraulics rapport Q4161, Delft, oktober 2006

J. Vieira da Silva en J. v.d. Werff ten Bosch, Verificatie nationaal Sobek model, Meander, december 2006.

P. Boderie, T. Visser, Implementeren verbeteringen in het landelijk temperatuurmodel, WL|Delft Hydraulics rapport Q4421, Delft, november 2007.

M.J. Kallen, T. Botterhuis en J. Udo, Koppeling DM en Sobek, stuurboordproject koelcapaciteit rijkswateren, HKV rapport PR1420.11, Lelystad, juni 2008.

G.F. Prinsen. NHI Deelrapport 6 – Landelijk Oppervlaktewater. Deltares, Delft, 2008.

G.F. Prinsen en B.P.J. Becker, Deltamodel 2010, Deelrapport 5a. Waterverdelingsnetwerk; Sobekschematisatie v360, Delft, 2010.

E. Meijers en S. Groot, Deltamodel – hulpmiddel ter ondersteuning van beheer en beleid van de zuidwestelijke Delta, WL|Delft Hydraulics rapport Q4435, december 2007

Witteveen+Bos (2010). Waterbalans en SOBEK-model Twentekanalen deelrapport SOBEK-model. DT333-1/abdm/017, 29 oktober 2010.

Witteveen+Bos (2010). Waterbalans en SOBEK-model Twentekanalen deelrapport waterbalansen. DT333-1/winb/016, 21 oktober 2010.

Witteveen+Bos (2010). Notitie Datacontrole en parameterinventarisatie. DT333-1/smei/012, 20 september 2010.

B. Becker en Q. Gao, Koppelen Sobek-modellen Wetterskip Fryslan en Noorderzijlvest via OpenMI, Deltares rapport 1204514-000-ZWS-0007-v2-r, 2012

Siebe Bosch Hydroconsult, Upgrade simulatiemodel waterschap Noorderzijlvest, januari 2011.

K.J. van Heeringen en K.J. Heynert, Analyse T=100 boezemmodel Noorderzijlvest, Deltares, 2010.

M. van der Vat en G. Verhoeven, Quick scan HOWA-3 Hunze & Aa's, Deltares rapport 1201123-003, 2010

HKV, PR 481.10, Hoogwater Coevorden.

Nelen en Schuurmans, Actualisatie boezemmodel HHNK, rapport H0103, maart 2007.

J.J. Reitsma, Rapport Rijnlandmodel schematisatie, versie juni 2009.

Nelen en Schuurmans, BOS Dommel en Aa, Aanpassingen en resultaten Sobek model, rapport I0064, mei 2008.

DHV, Modelstudie Watersysteem Grote Pand, april 2010.

HKV, Modelbeschrijving SOBEK model van de Midden Limburgse en Noord Brabantse Kanalen, PR454-10, 2001.

Hydrologic, Watersysteemanalyse Linge, juli 2009.

G.F. Prinsen en Q. Gao, zoutmodellering met LSM 1.0, in prep.

A Beschrijving aanpassingen voor LSM 1.04, maart 2013

Inleiding

Voor Deltamodel 1.04 is een versnellingsactie van LSM uitgevoerd. De december 2012 versie LSM 1.0 rekende het jaar 2003 door in ongeveer 41 uur, met een totale balansfout van 10125 m³, en grootste rekentijdstep van 193 seconden. LSM 1.04 rekent het jaar 2003 door in 18 uur, met een vergelijkbare balansfout en grootste rekentijdstep van 321 seconden.

Gefocust is op het oplossen van numerieke bottlenecks in de schematisatie. Daarnaast zijn een aantal andere geconstateerde inhoudelijke punten verbeterd. Een globaal overzicht:

- betere initiële condities;
- bodemniveaus van connection nodes with storage en lateral flows netjes gemaakt;
- clean-up van de database;
- sturing Waaiersluis (Gekanaliseerde Hollandsche IJssel) aangepast zodat er nauwelijks inlaat vanuit de Hollandsche IJssel is;
- de Dommel-bypass bij Boxtel, die abusievelijk uit het regionale model was gesneden, is weer toegevoegd.
- Brielse meer onttrekking Europoort/Evides (-teken i.p.v. +teken);
- Noordzeekanaal en Afsluitdijk: lekdebieten zout aangepast op basis KPP rapport zoet-zout sluizen RWS van Ida de Groot;
- Voor de meeste RWZI-lozingen was de jaargemiddelde lozing opgegeven, terwijl voor LSM alleen de droogweerafvoer gebruikt moet worden. De regenwaterafvoer zit immers al in de lateralen die op basis van NHI worden opgedrukt.
- Toevoegen WQ monitoring points (voor het LTM landelijk temperatuur model);
- Vallei-Eem stuw/onderlaat in Amersfoort: onderlaat altijd 1 cm open (verzoek LTM);
- Lange id's van lateralen ingekort (voor WQ/LTM);
- oplossen van numerieke bottlenecks: onnodig korte takjes verwijderd, op sommige locaties droogvalproblemen ondervangen door connection nodes met storage (en een bodem die iets lager ligt dan de bij het profiel aangegeven bodem), etc, met als eerste de lokaties genoemd in het achtergronddocument van LSM 1.0 d.d. december 2012. Aanpassingen vooral bij de Grote Molenbeek, Swalm, Dommel, Peelkanaal Noord, en in Drente.
- gebruik van de vlag Skipstructimestepreduction=1 in Sobeksim.ini;
- Upgrade naar laatste executables van Parsen en DelftFlow.exe

Analyse

Een belangrijke versnelling is gehaald door het gebruik van de vlag Skipstructimestepreduction=1 in de Sobeksim.ini.

In tabel 1 worden de resultaten met en zonder het gebruik van deze vlag vergeleken.

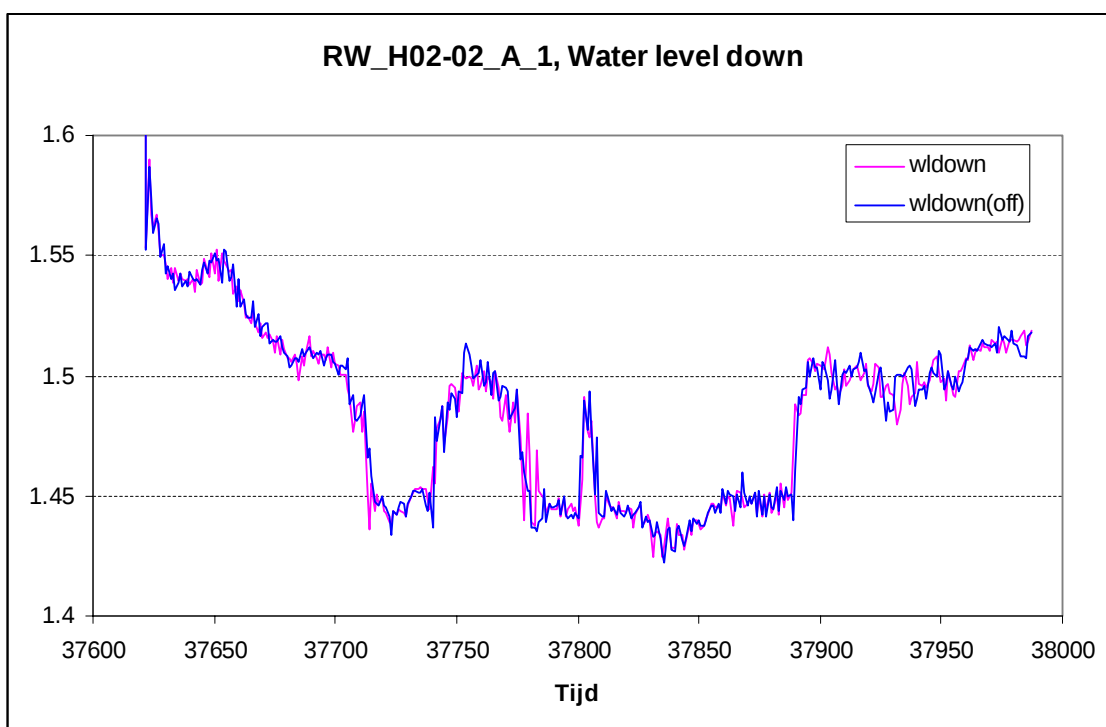
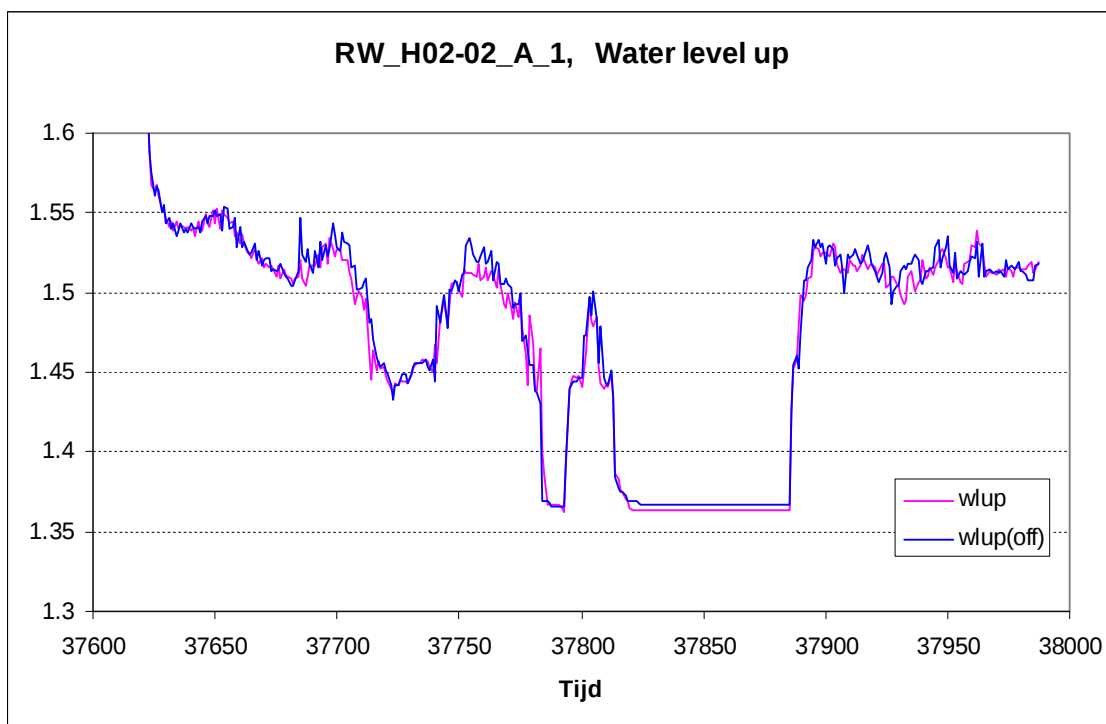
Tabel A.1 . Vergelijking van globale resultaten uit de Simulate.Rep

Aspect	Skipstructimestepreduction=1 (vlag aan)	Skipstructimestepreduction=0 (vlag uit)
Rekentijd	18 uur	28 uur
Grootste rekentijdstap	295 s	313 s
Externe kunstwerken:	Spilled volume (m3)	Spilled volume (m3)
HN_253	43,715,204	43,696,126
HN_251	158,505,242	158,551,253
DL_350180	0	0
DL_350181	16,715,585	16,715,263
NO_GURK	0	0
PompAlbertkanaal	769,665,198	769,665,198
Globale balans	Balanstermen in m3	Balanstermen in m3
Boundaries in	2,130,004,436,665	2,130,020,461,911
Boundaries out	2,134,930,190,850	2,134,907,513,951
Structures in	8,538,158	8,538,058
Structures out	988,601,341	988,627,852
Laterals in	10,435,876,819	10,435,944,231
Laterals out	4,029,287,566	4,029,293,769
Storage	540,687,278	539,493,822
Balansfout	11,606	14,804

De reductie van de rekentijd van LSM van 41 uur naar 18 uur is dus voor een belangrijk deel het gevolg van het gebruik van de vlag SkipStructimestepreduction (10 uur van de 23 uur reductie wordt hierdoor verklaard). Die versnelling lijkt nauwelijks effect op de resultaten te hebben: uit de balanstermen in de Simulate.rep en de spilled volumes bij externe kunstwerken blijkt dat de jaarsimulaties wat dit betreft vrijwel dezelfde resultaten opleveren. En de balansfout in de snelle som (met de vlag aan) is zelfs kleiner dan de balansfout in de tragere som (met de vlag uit).

In de som met de vlag aan is een tak op de Dommel het meest kritisch voor de rekentijd, en zijn andere lokaties een orde minder vaak het meest kritisch. In de som met de vlag uit is de lokatie op de Dommel nog steeds het meest kritisch, maar komt een lokatie in Drente nu veel vaker dan voorheen boven als kritiek punt.

De verschillen bij deze tak in Drente, waarop een duiker ligt, zijn qua debiet nihil (minder dan 1 liter/seconde verschil), maar qua (daggemiddelde) bovenstroomse en benedenstroomse waterstand is het verschil maximaal 3 cm. Dat is dan relatief veel. Kijkend naar de grafieken van de bovenstroomse en benedenstroomse waterstand laten die wel hetzelfde patroon zien.



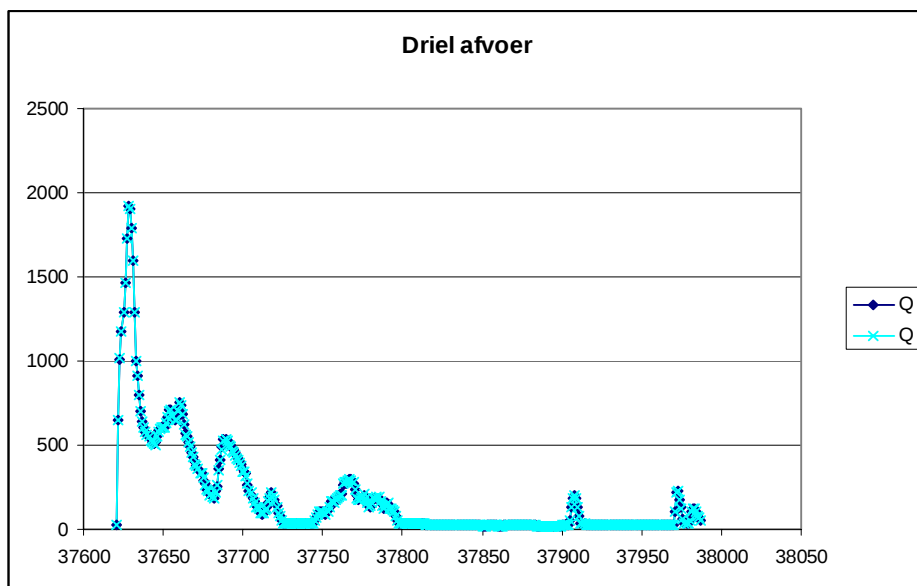
Figuur A.1 resultaten water level up duiker RW_H02-02_A_1

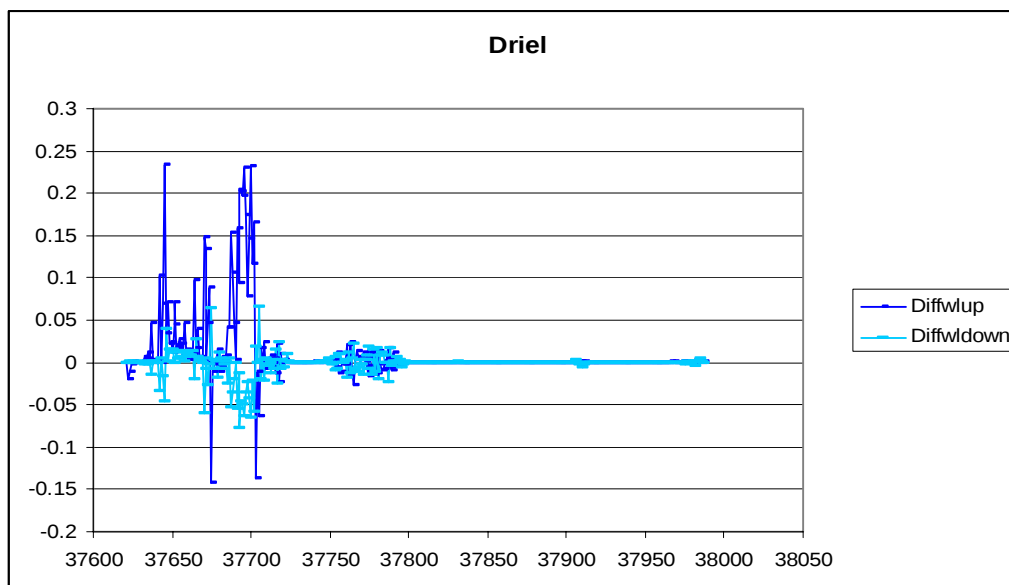
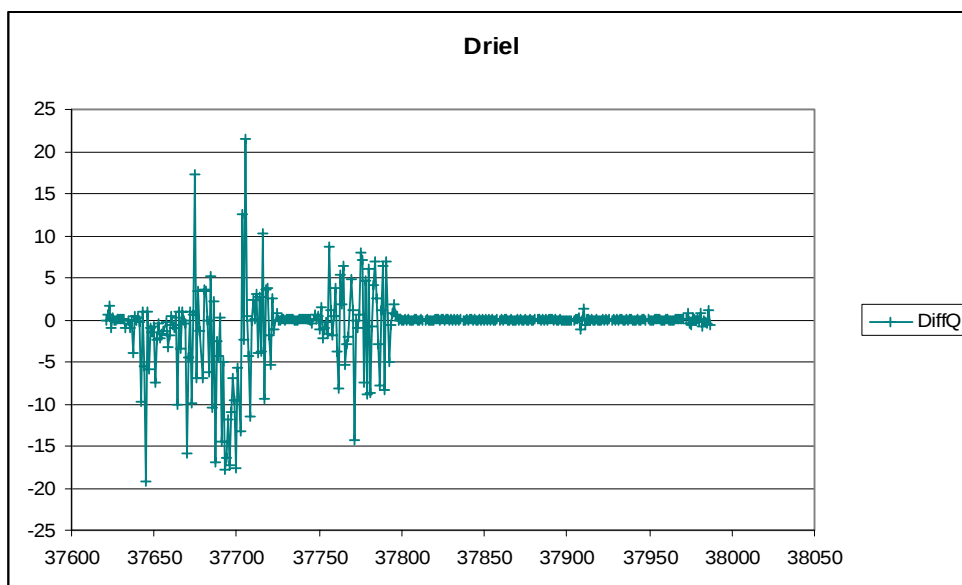
Voor de stuw bij Driel vinden de volgende verschillen:

	Verskil in Q	Verskil in water level up	Verskil in water level down
max	21.45	0.233	0.066
min	-19.25	-0.142	-0.077
average	-0.70	0.009776	-0.00166

Met de vlag aan gaat er jaargemiddeld 0.7 m³/s meer over de Nederrijn op een jaargemiddelde afvoer van 192 m³ (192.9 m³/s met de vlag aan, 102.2 m³/s met de vlag uit). Qua waterstand zijn de verschillen groter dan bij de duiker in Drente, maar hier heeft de sturing van het kunstwerk ook een effect.

De verschillen treden vooral op in de eerste helft van het jaar, als de afvoer bij Driel boven de 25 m³/s is. Zie onderstaande figuren met achtereenvolgens de berekende afvoer, de verschillen in afvoer tussen de 2 sommen en de verschillen in waterstanden tussen de 2 sommen.





Figuur A.2 resultaten Driel met vlag SkipStructimestepreduction aan en uit

Conclusie: er zijn verschillen in resultaten tussen de 2 sommen, maar de verschillen op dagbasis (de grafieken hierboven zijn voor daggemiddelde uitvoer) zijn klein en voor toepassing in het Deltamodel acceptabel.

Het is wel zinvol voor andere toepassingen om ook nog eens te analyseren wat de verschillen zijn bij uitvoer per 10 minuten in plaats van daggemiddelde uitvoer.