

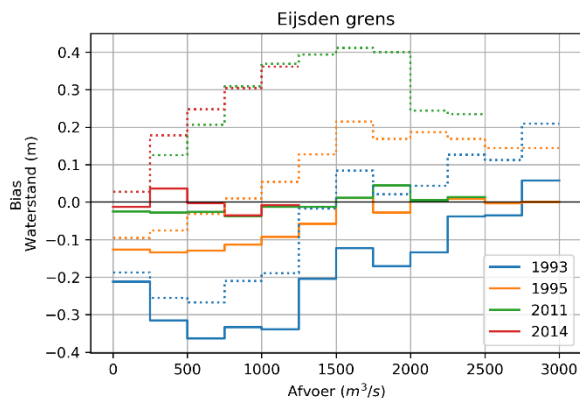
Memo

Datum 19 mei 2021	Ons kenmerk 11206813-002-ZWS-0008	Aantal pagina's 1 van 24
Contactpersoon Eveline van der Deijl Jurjen de Jong	Doorkiesnummer +31(0)88 335 7312	E-mail Eveline.vanderDeijl@deltares.nl
Onderwerp Deelonderzoek Extrapolatie model-resultaten		

1 Introductie

Tijdens de kalibratie (De Jong, 2020) bleken grote verschillen in de kwaliteit van het model tussen verschillende (geometrische) jaren. Bij gelijke afvoer kon het ene modeljaar goede resultaten geven, maar in een ander jaar juist slechte resultaten. Door kalibratie kon dit dan juist omgedraaid worden. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 1.1 voor Eijsden Grens waarbij de situatie na kalibratie (doorgetrokken lijn) voor lage afvoeren bij 1993 en 1995 juist verslechterd is. Een dergelijke conclusie voor lagere afvoeren geldt mogelijk ook voor de geldigheid van de kalibratie op hoge afvoeren in de recente jaren. In die argumentatie zou het mogelijk beter zijn om niet de kalibratie op HW1995 te gebruiken (niveau H2), maar te vertrouwen op de recentere kalibratie op HW2011 (niveau H1).

In dit memo wordt onderzocht wat het effect is van de extrapolatie naar extreme afvoeren (4000 m³/s) bij ofwel kalibratie op H2, of kalibratie op H1. Dit wordt afgezet tegen de resultaten van WAQUA bij deze afvoer.¹



Figuur 1.1 De doorgetrokken lijn is na kalibratie (kalibratieset 'definitief'), de gestreepte lijn is zonder kalibratie.² De simulatie van 1993 is enkel gebruikt in de validatiefase.

¹ De D-HYDRO modellen van de zesde generatie zijn de opvolgers van de WAQUA-modellen uit de vijfde generatie. Door de vele veranderingen in de nieuwe generatie (o.m. software en rooster, kalibratiemethodiek) ontstaan verschillen in de waterstanden bij de extrapolatie naar extreme afvoeren. In de verschilanalyse G5-G6 (Domhof, 2021) wordt voor ieder van deze individuele veranderingen onderzocht wat het effect is op de modelresultaten. Door Domhof wordt enkel gekeken naar de toepassing van de volledige kalibratie (inclusief niveau H2).

² Bij deze figuur in Bijlage I.5.2 in De Jong, 2020 is de legenda niet correct. In de simulaties met kalibratie is bij 1993 en 1995 gemaakt van de kalibratiefactoren 'gekalibreerd' (niveau H1|95 en H2). De resultaten met kalibratiefactoren 'definitief' is niet opgenomen in deze figuur.

2 Methode

Voor het deelonderzoek is gebruik gemaakt van het zesde generatie dflowfm2d-maas-j19_6-v2 Maas model waarmee de D4000 afvoergolf zoals toegepast in WBI2017 (De Jong, 2021) is doorgerekend voor zowel de kalibratie met het hoogste niveau H2, als de kalibratie met als hoogste niveau H1 (zie Tabel 2-1). De kalibratiefactoren van beide niveaus zijn weergegeven in Figuur 2.1. Ook voor het vijfde generatie WAQUA-model j19_5 is een D4000 afvoergolf doorgerekend (simulatie resultaten afkomstig uit HKV, 2019). Echter zijn in WAQUA zowel de golfvorm als de lateralen gebaseerd op TMR2006. Door deze inconsistentie worden al verschillen verwacht tussen beide simulaties.

In dit deelonderzoek wordt het WAQUA-model j19_5 gebruikt als referentie. De maximale waterstanden op de rivier-as van de scenario's "D-HYDRO (j19_6) – H2" en "D-HYDRO (j19_6) – H1" worden hiermee vergeleken.

Tabel 2-1 Keuze en motivatie afvoerniveaus. Afvoer bij Eijsden Grens.

Niveau		Afvoer (m ³ /s)	Motivatie
Laag	L	100	Op basis van de geometrie wordt een zo laag mogelijke afvoer gekozen. De afvoer kan echter ook niet te laag zijn, omdat deze dan nadelig wordt beïnvloed door onnauwkeurigheden in de metingen. Gekalibreerd op 2015.
Midden 1	M1	800	Bij deze middelhoge afvoer is het zomerbed behoorlijk gevuld, maar is de stuwsturing nog overal actief. Gekalibreerd op 2015.
Midden 2	M2	1700	Bij deze middelhoge afvoer is het zomerbed grotendeels gevuld en zijn de stuwen gestreken. Dit niveau is ook gekalibreerd op de afvoergolf in 2010.
Hoog 1	H1	2250	Dit is de kalibratie op het Hoogwater (januari) 2011
Hoog 2	H2	2700	Dit is de hoge afvoer van het Hoogwater (januari) 1995 die ook bij het vijfde-generatie model diende voor de kalibratie van het hoogste afvoerniveau.

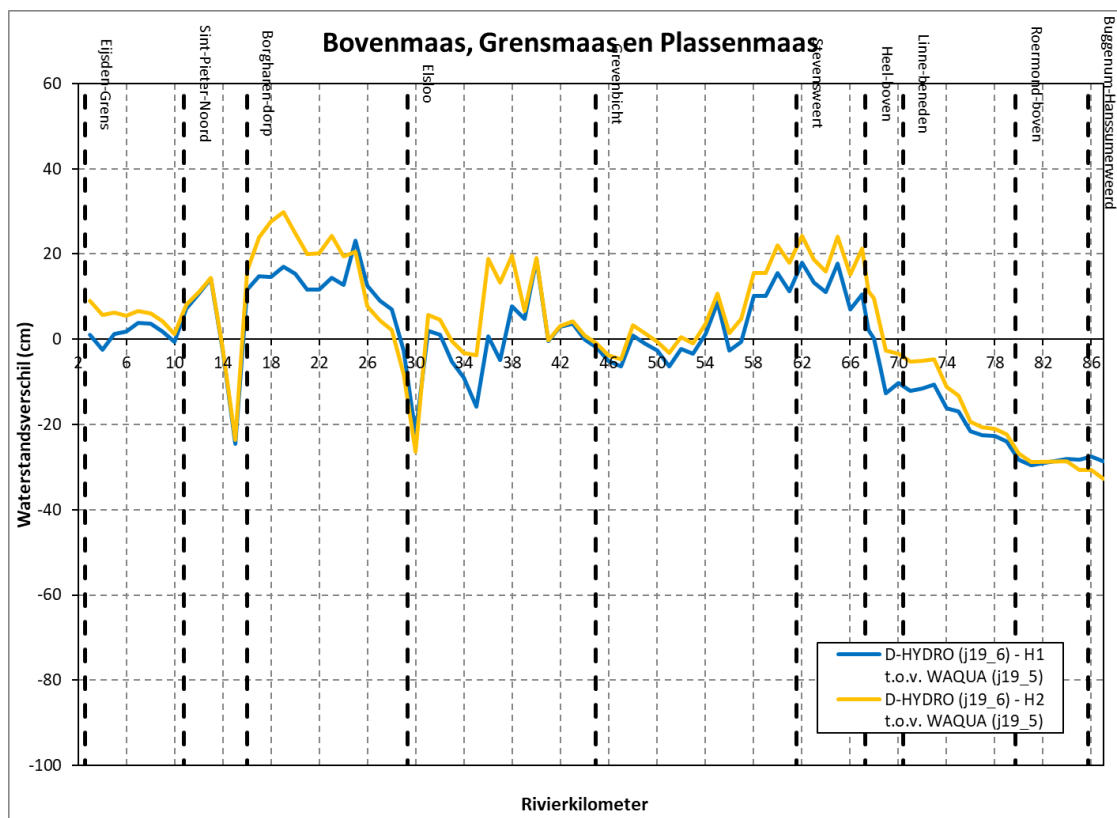
De twee zesde generatie modellen zijn doorgerekend op nodes van de H6 onder CentOS-7 op het Linux rekencluster met dimrset 2.15.07_DPC_COS7.70041 release (een voorloper van het rekenhart dat is toegepast bij D-HYDRO 2021.04). Voor het WAQUA-model j19_5 is de data afkomstig van HKV (2019).

Tabel 2-2 Overzicht van de (afwijkende) instellingen tussen de simulaties

Naam	Waqu_a_j19_5	D-HYDRO (j19_6) – H1	D-HYDRO (j19_6) – H2
Kalibratieniveaus	Referentie	Kalibratieniveaus: L, M1, M2 en H1 extrapolatie bij hogere afvoeren o.b.v. H1	Kalibratieniveaus: L, M1, M2, H1 en H2 extrapolatie bij hogere afvoeren o.b.v. H2
Model	waqua-maas-j19_5	dflowfm2d-maas-j19_6-v2	
Afvoergolf en lateralen gebaseerd op	TMR2006: D4000	WBI2017: D4000	
QH-relatie Keizersveer	j15_5	WBI2017	
Hardware	HKV cluster	Deltares cluster	
Software	Simona 2019	Voorloper van D-HYDRO 2021.04	
Kleur van lijn in figuren	Referentie	BLAUWE lijn	GELE lijn

3 Resultaten

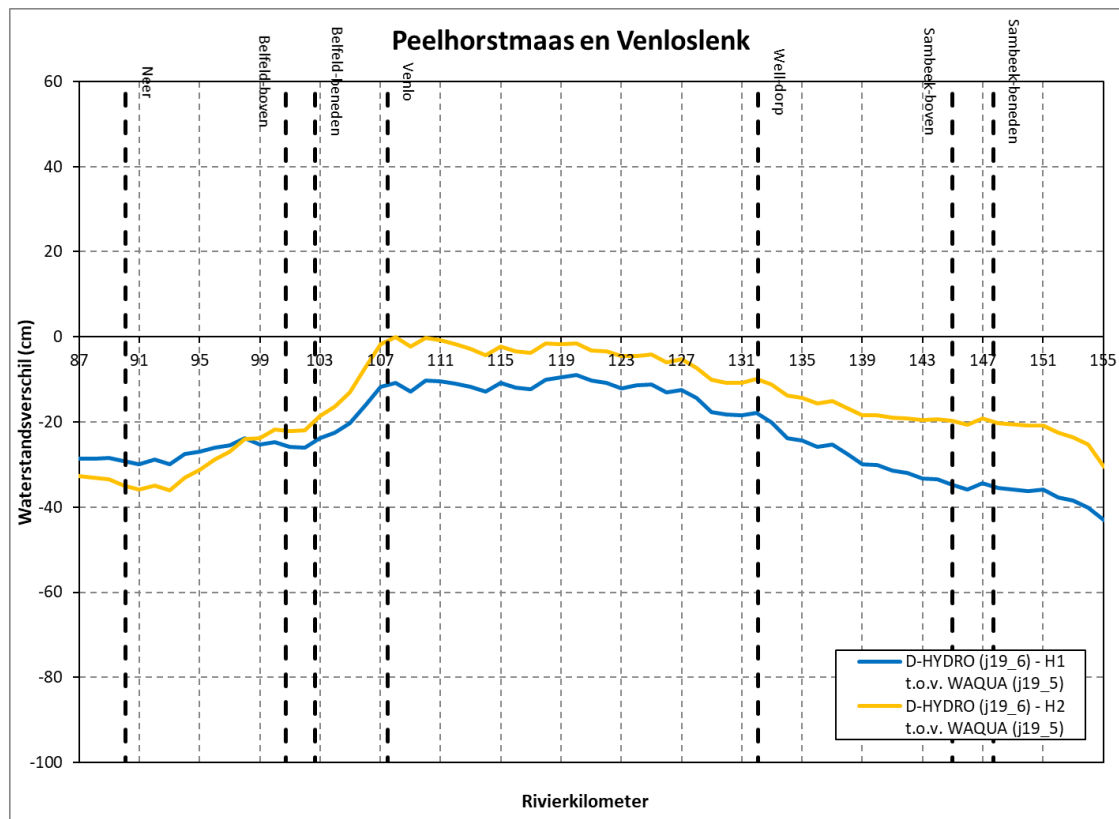
In Figuur 3.1, Figuur 3.2 en Figuur 3.3 is voor de rivier-as het verschil tussen de maximale waterstand van zowel “D-HYDRO (j19_6) – H1” (blauw) als “D-HYDRO (j19_6) – H2” (geel) en de WAQUA referentie weergegeven voor 3 trajecten langs de Maas. In Figuur 3.1 is zichtbaar dat langs de Bovenmaas, Grensmaas en Plassenmaas de variatie in het verschil in waterstand tussen de D-HYDRO scenario's en WAQUA meerdere decimeters groot is. Over het algemeen vertonen de twee D-HYDRO modellen hetzelfde patroon. De modelresultaten van zowel “D-HYDRO (j19_6) – H1” als “D-HYDRO (j19_6) – H2” zorgen voor hogere maximale waterstanden langs de rivier-as van dit traject dan de simulatie met WAQUA. Hierbij liggen de maximale waterstanden in “D-HYDRO (j19_6) – H2” het hoogst.



Figuur 3.1 Het verschil in waterstand [cm] ten opzichte van het WAQUA j19_5-model voor een D-HYDRO simulatie met extrapolatie o.b.v. H1 (blauw) en extrapolatie o.b.v. H2 (geel) voor het traject van de Bovenmaas, Grensmaas en Plassenmaas

Na meetstation Heel boven (rkm 67) wordt het verschil in waterstand tussen de D-HYDRO scenario's en de WAQUA referentie negatief en dus ligt langs de rest van de Maas de maximale waterstand van het WAQUA model hoger dan in de D-HYDRO modellen. Tussen rkm 82 en 98 is het verschil het grootst voor “D-HYDRO (j19_6) – H2”. Dit betekent dat de maximale waterstand van dit model het laagst is voor dit traject. Echter is de waterstand “D-HYDRO (j19_6) – H1” na rkm 98 tot aan rkm 197 weliswaar nog steeds lager dan in WAQUA, maar wel weer hoger dan “D-HYDRO (j19_6) – H2”.

Het verschil tussen de D-HYDRO modellen en WAQUA is minder dan 10 cm over het traject van Venlo tot Well-dorp (zie Figuur 3.2)



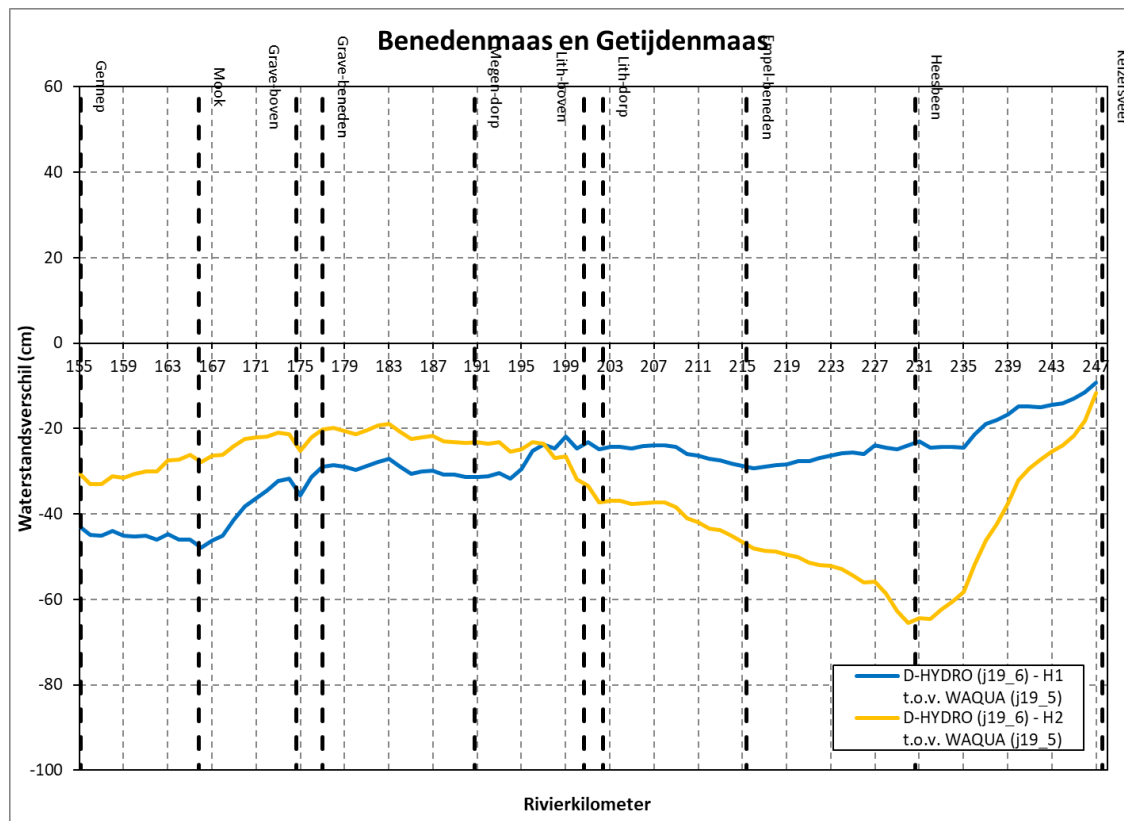
Figuur 3.2 Het verschil in waterstand [cm] ten opzichte van het WAQUA j19_5-model voor een D-HYDRO simulatie met extrapolatie o.b.v. H1 (blauw) en extrapolatie o.b.v. H2 (geel) voor het traject van de Peelhorstmaas en Venloslenk

In Figuur 3.3 is zichtbaar dat over het traject van Heesbeen naar Keizersveer de verschillen in waterstand tussen “D-HYDRO (j19_6) – H2” en WAQUA sterk toenemen, met een duidelijke piek in de verschillen bij Heesbeen. Dit komt omdat na kalibratie van WAQUA op HW1995 de ruwheid in dit traject handmatig is aangepast (meer ruw gemaakt) en dit in de D-HYDRO kalibratie niet is gebeurd.³ Omdat door deze lagere ruwheid de maximale waterstand in het H2 model veel lager ligt dan in het “D-HYDRO (j19_6) – H1” en in het WAQUA model zou dat ervoor pleiten om de H2 kalibratie ook voor het D-HYDRO model over dit traject weg te laten.

Op de benedenstroomse modelrand is er nog steeds een 10 cm lagere maximale waterstand in de zesde generatie D-HYDRO modellen dan in het vijfde generatie WAQUA model. Dit wordt veroorzaakt door een andere QH-relatie⁴, maar ook doordat de WBI2017-randvoorwaarden zoals toegepast in D-HYDRO resulteren in een lagere (piek)afvoer dan de TMR2006-randvoorwaarden zoals toegepast in WAQUA.

³ Er is geen verklaring waarom de ruwheid bij hoge afvoer lager zou zijn. De

⁴ In WAQUA geldt de QH-relatie j15_5, in D-HYDRO is de QH-relatie uit WBI2017 gebruikt.



Figuur 3.3 Het verschil in waterstand [cm] ten opzichte van het WAQUA j19_5-model voor een D-HYDRO simulatie met extrapolatie o.b.v. H1 (blauw) en extrapolatie o.b.v. H2 (geel) voor het traject van de Benedenmaas en Getijdenmaas

4 Discussie en conclusie

Een vergelijking is uitgevoerd tussen modelresultaten bij een afvoergolf van 4000 m³/s met D-HYDRO bij toepassing van zowel een kalibratieniveau H1 als niveau H2. De resultaten van beide simulaties zijn vergeleken met een WAQUA model met een vergelijkbare afvoergolf. Uit de analyse blijkt het volgende:

- Over het algemeen zijn de maximale waterstanden voor de D4000 afvoergolf in het “D-HYDRO (j19_6) – H1” model ongeveer 1 decimeter lager dan in het “D-HYDRO (j19_6) – H2” model (zie figuren in bijlage **Error! Reference source not found.**). Uitzondering hierop is het traject rondom Heesbeen, maar hier wordt getwijfeld aan de nauwkeurigheid van de kalibratie H2.
- Ten opzichte van WAQUA is er bij beide kalibratieniveaus op de Grensmaas een toename in waterstanden en benedenstrooms hiervan een afname in de waterstanden. Dit kan echter ook veroorzaakt worden door de verschillen in randvoorwaarden (afvoergolf en lateralen) en wordt daarom in de conclusies van dit memo minder aandacht aan besteed.

Op basis van de analyse blijkt dat het laten vervallen van de H2-kalibratie (en dus toepassen van enkel de H1 kalibratie) zal resulteren in lagere maximale waterstanden.

Er wordt getwijfeld aan de toepasbaarheid van de H2-kalibratie in de huidige modellen, doordat sinds 1995 veel is veranderd in de inrichting van de rivier (de niet-stationariteit, zie De Jong, 2020) en daardoor de kalibratie mogelijk minder geldig is. Ook is de kwaliteit van de geometrie in de meer actuele schematisaties vermoedelijk beter dan de schematisatie uit 1995. Door RWS-ZN wordt bijvoorbeeld de ‘gekunstelde’ bodemligging van het 1995-model waarbij een singlebeam-meting is vertaald naar een quasi-multibeam-meting.

Uit de validatie (De Jong, 2020) bleek dat toepassing van kalibratieniveau H1 in de aanloop van HW1995 resulteerde in te lage waterstanden. Het tijdelijk aangepaste niveau H1j95 tijdens de kalibratie van H1995 geeft dan ook hogere ruwheden dan H1. Op basis van deze bevindingen zou omgekeerd verwacht worden dat het niveau H2 mogelijk te hoge waterstanden berekend indien een HW1995-afvoer in de periode 2010-2011 doorgerekend zou worden. Dit komt overeen met de bevindingen uit dit memo. In die argumentatie zouden de resultaten met niveau H1 een betrouwbaarder antwoord geven.

De keuze tussen kalibratieniveau H1 of H2 komt uiteindelijk neer op een keuze tussen de beredeneerde kwaliteit van deze kalibraties bij de huidige inrichting van de rivier. Enkel met aanvullende validaties op recente hoogwaters kan de argumentatie kwantitatief onderbouwd worden. Afvoeren zoals in 1995 zijn sindsdien niet meer voorgekomen waardoor validatie van het niveau H2 niet mogelijk is. De toepassing van de H2-kalibratie blijkt echter wel de conservatieve keuze te zijn, resulterend in de hoogste waterstanden.

Aanbevolen wordt om:

- Een bewuste keuze te maken tussen de toepassing van kalibratieniveau H1 of H2.
- Bij toepassing van kalibratieniveau H2 te overwegen of de kwaliteit van het traject bij Heesbeen voldoende nauwkeurig is.
- Aanvullende validaties uit te blijven voeren wanneer dit mogelijk is. Ondanks dat de extremen van 1995 niet meer zijn voorgekomen, kan ook validatie op een van de recente hoogwaters (zoals hoogwater 2018) meer inzicht geven in de kwaliteit van de modeluitkomsten. Belangrijk hierbij is dat modelgeometrie en het moment van de afvoergolf op elkaar aansluiten.

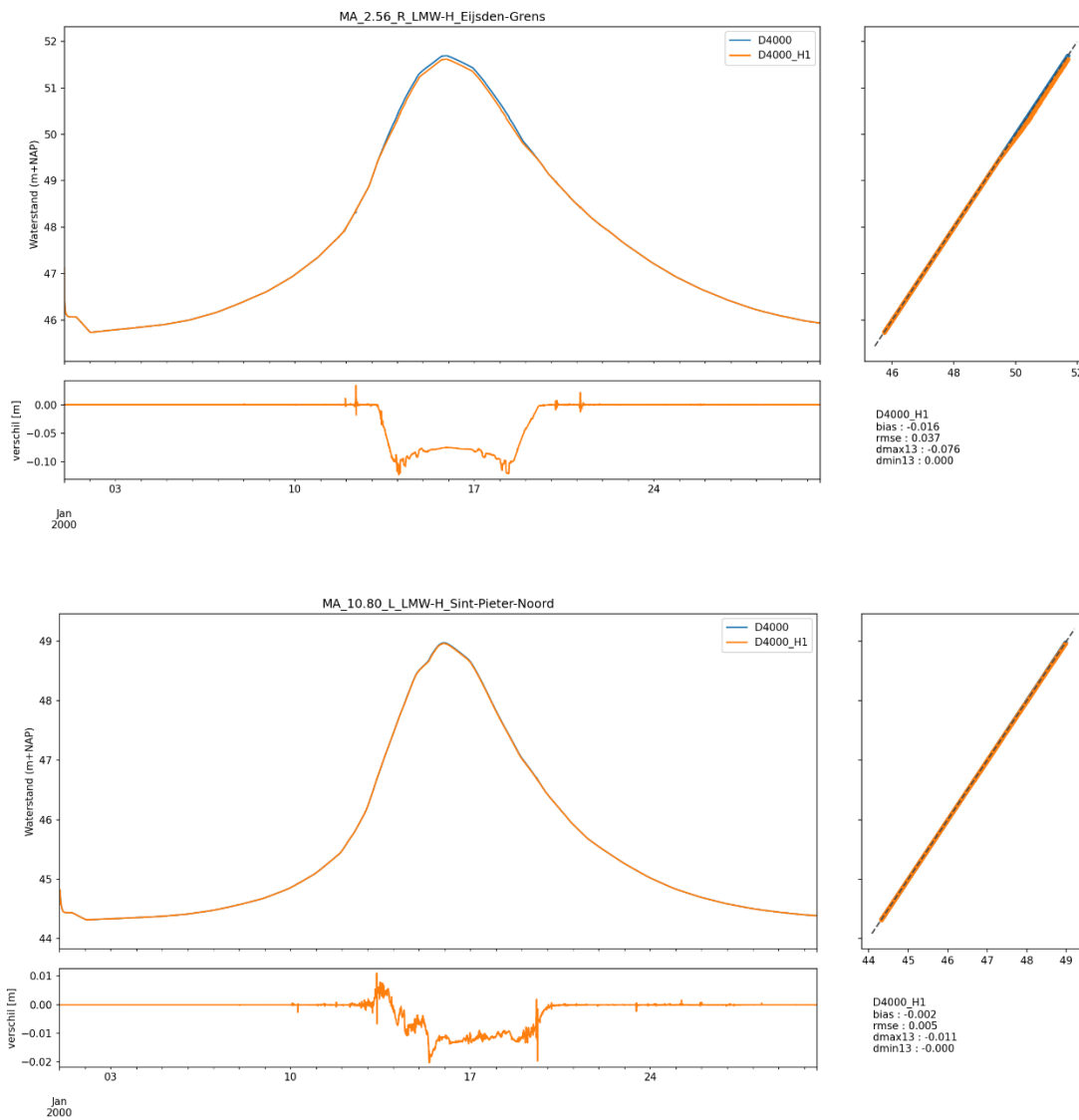
5 Referenties

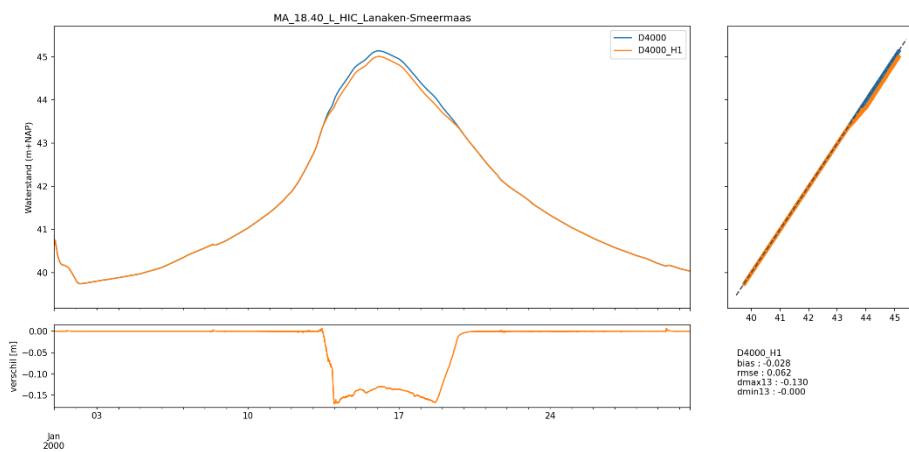
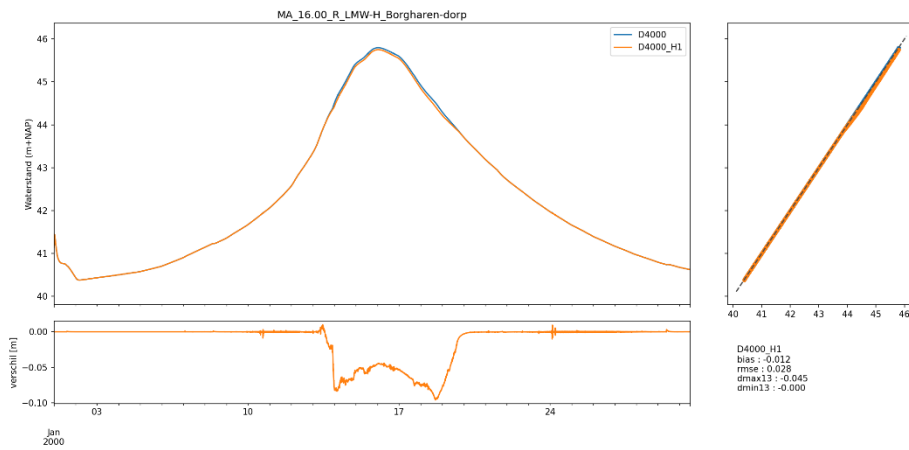
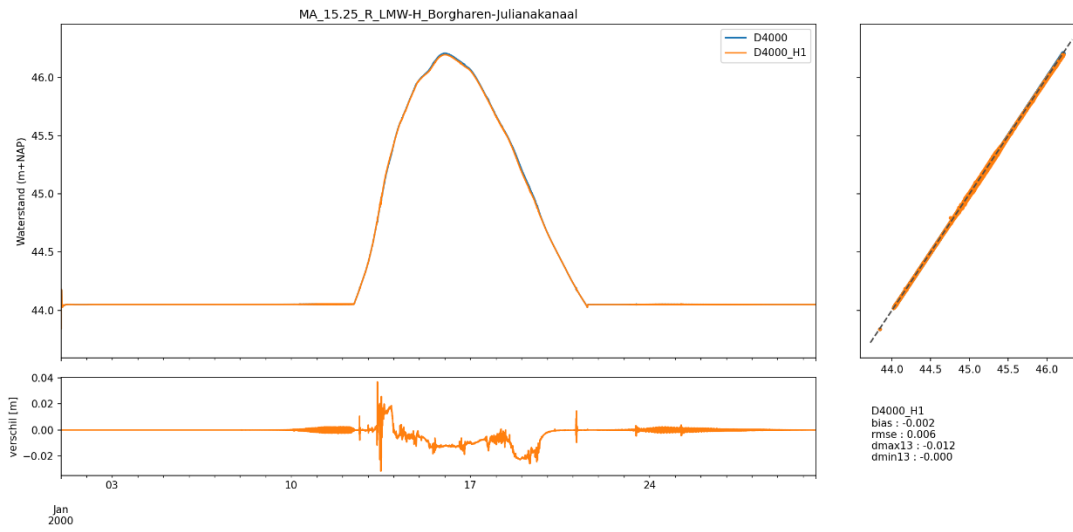
HKV (2019) Jaarlijkse Actualisatie Modellen Maas 2019.

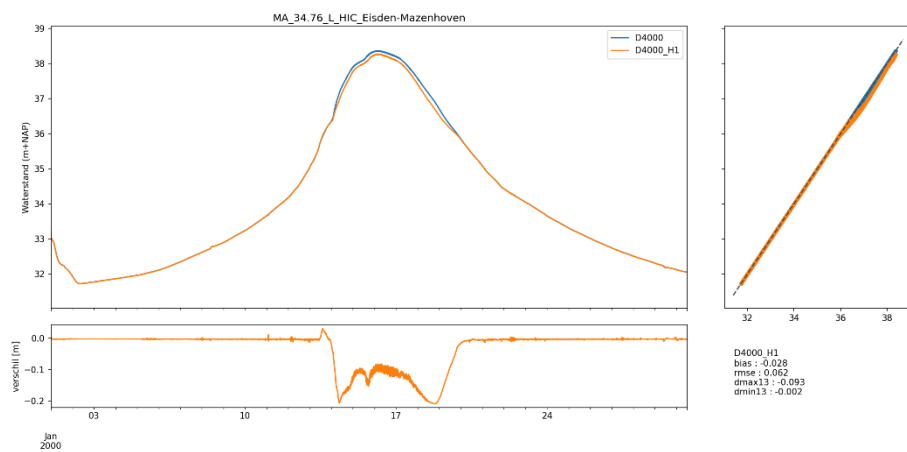
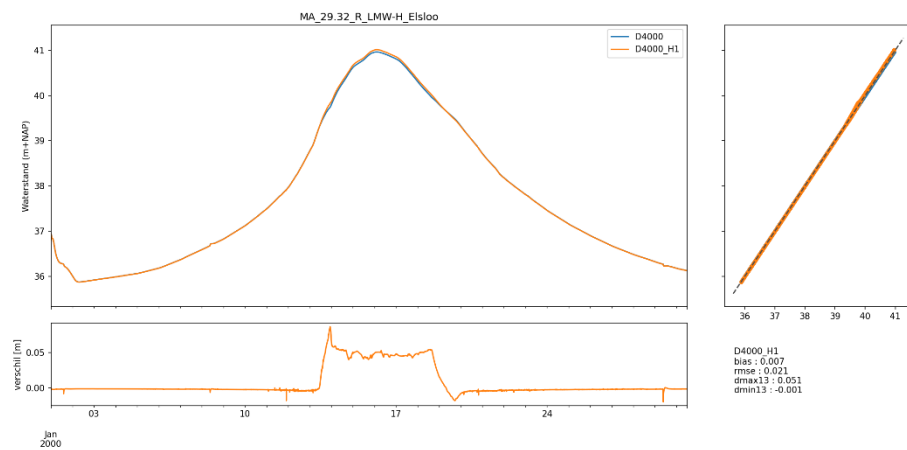
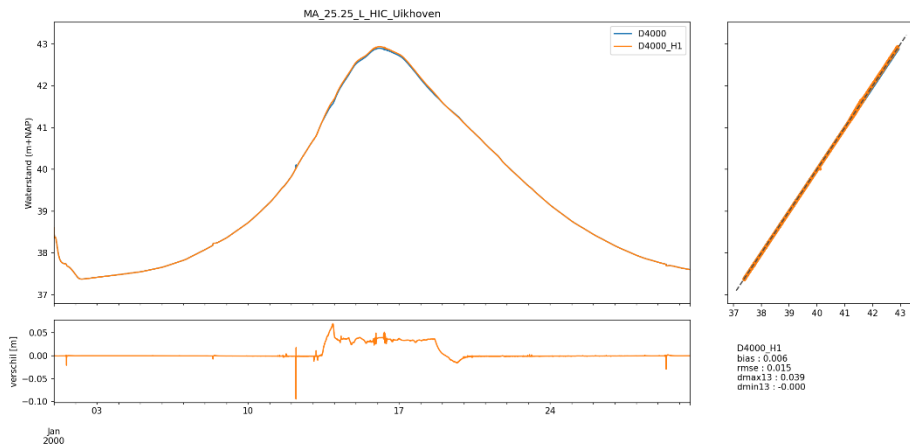
De Jong (2020). Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model. Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltares rapport 11200569-003-ZWS-0014, v1.0 dec 2021

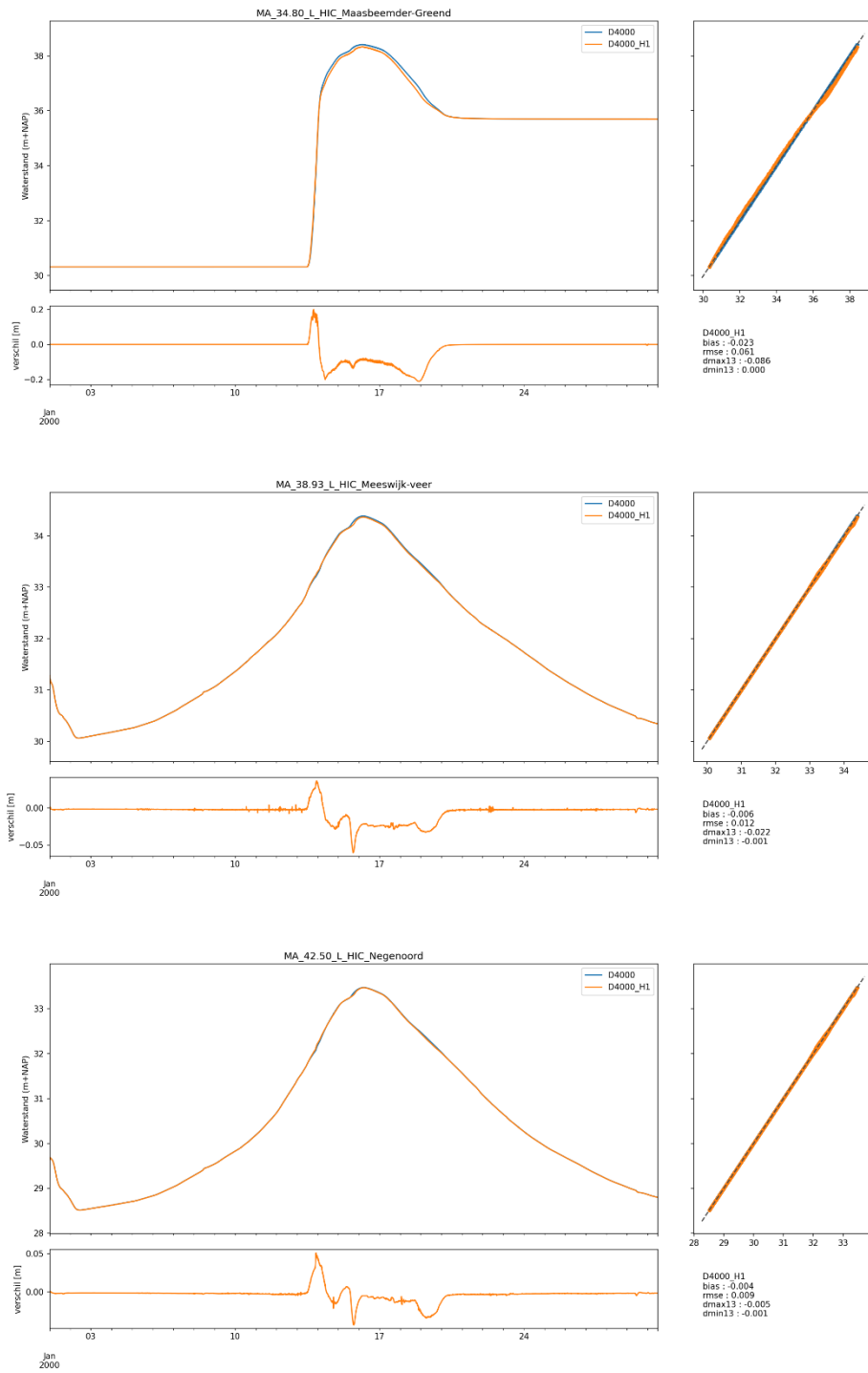
De Jong (2021) Randvoorwaarden WBI2017 geconverteerd naar D-HYDRO. Deltares memo 11205258-002-ZWS-0014

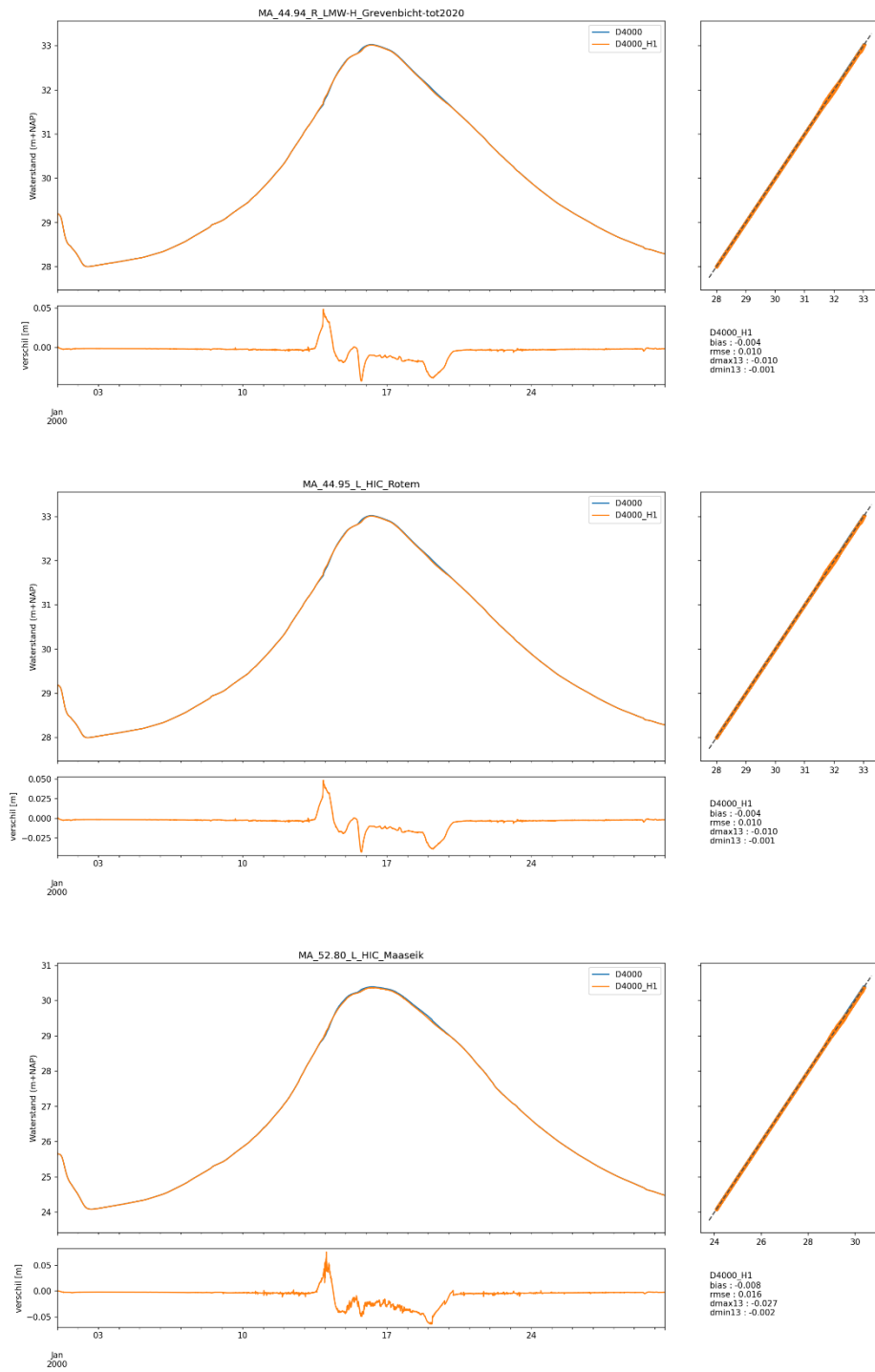
A Waterstand en waterstandsverschil op de meetstations

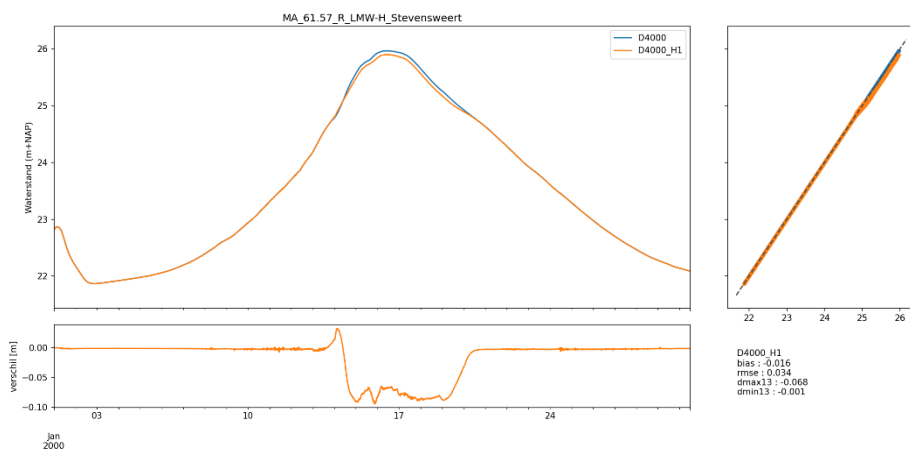
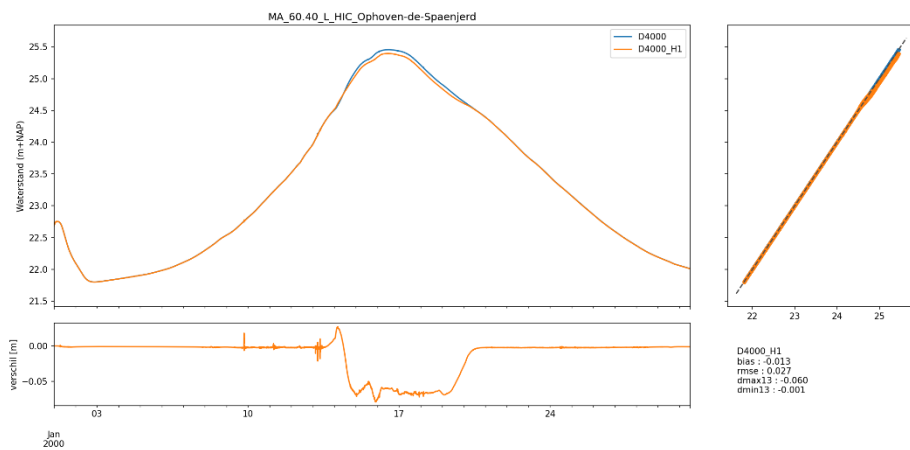
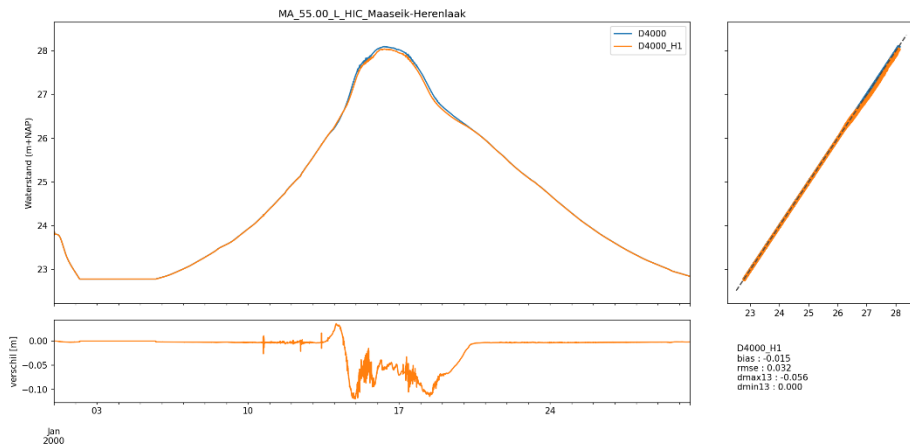


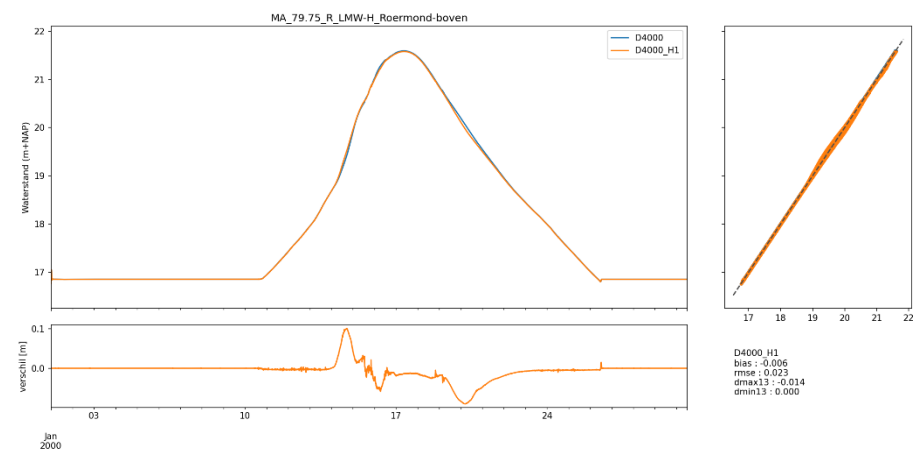
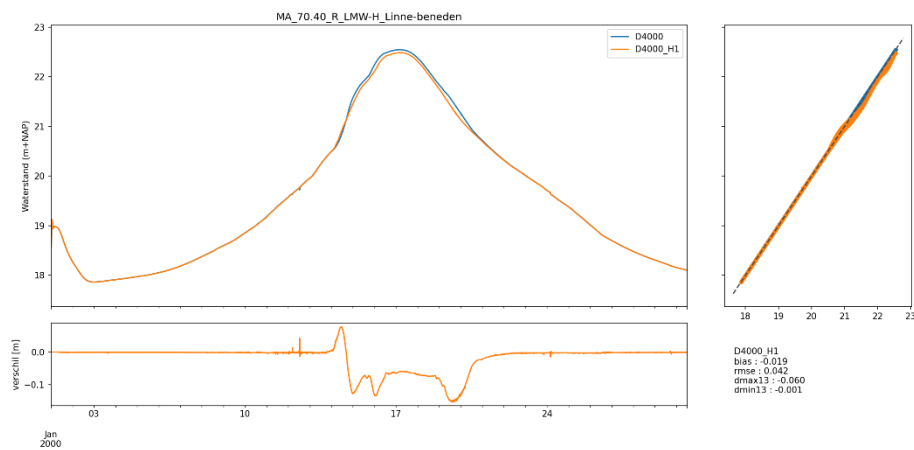
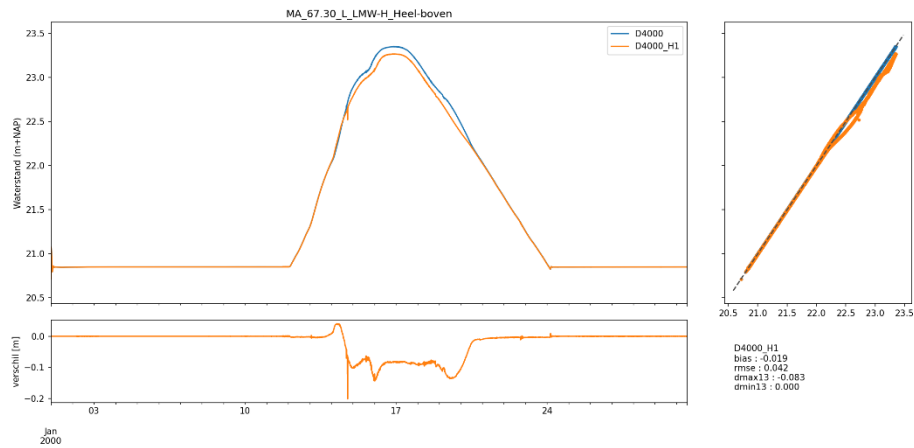


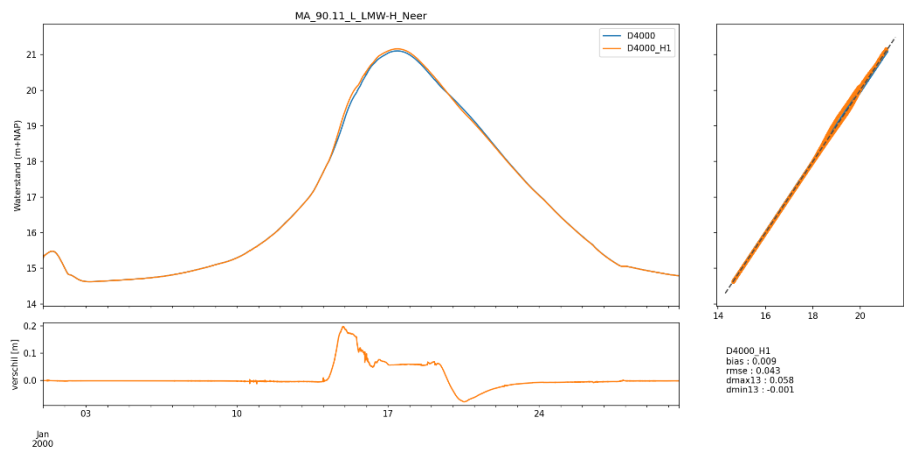
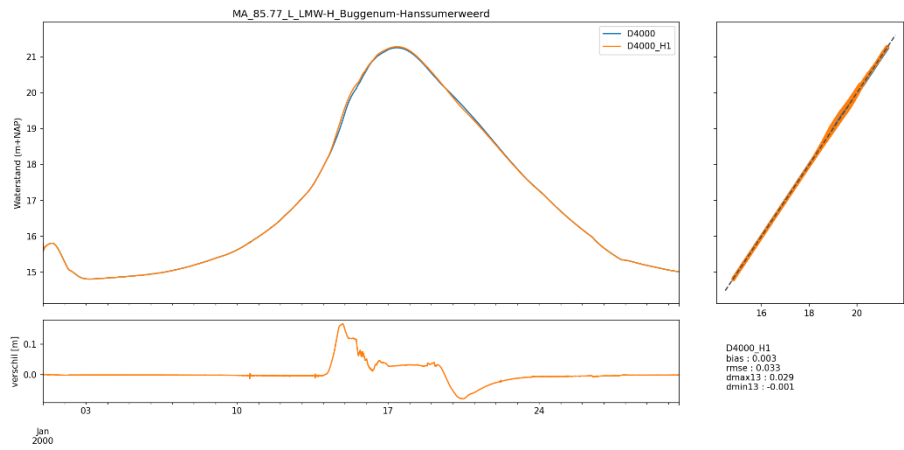
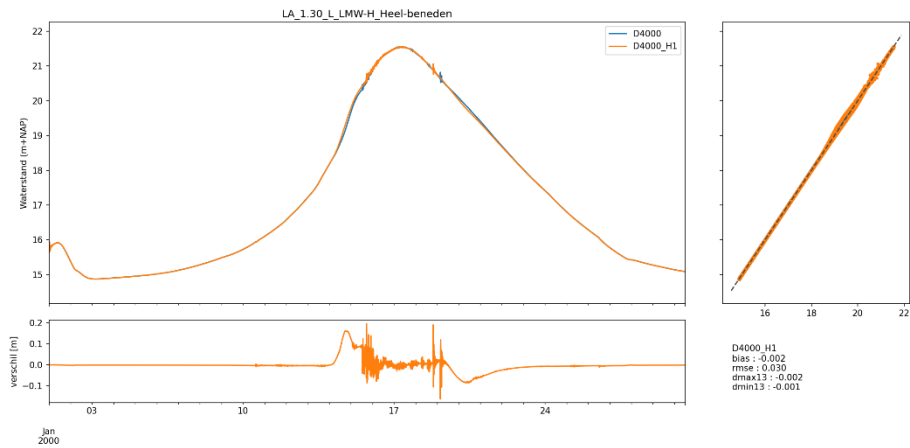


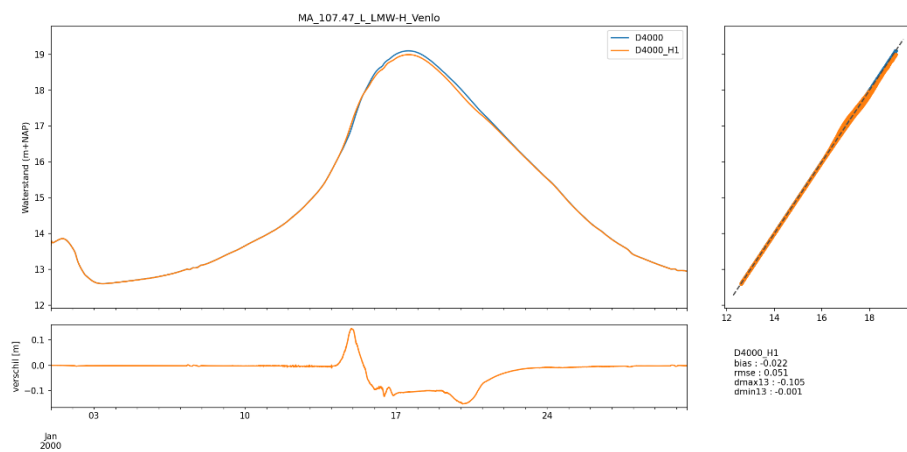
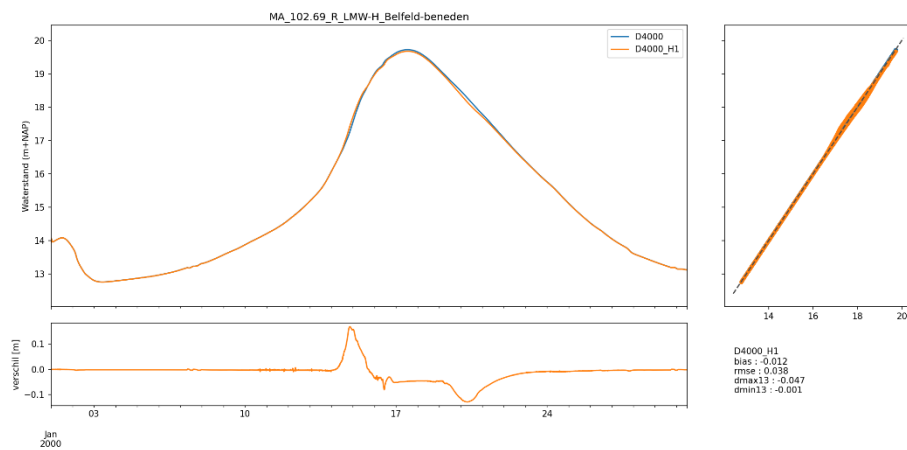
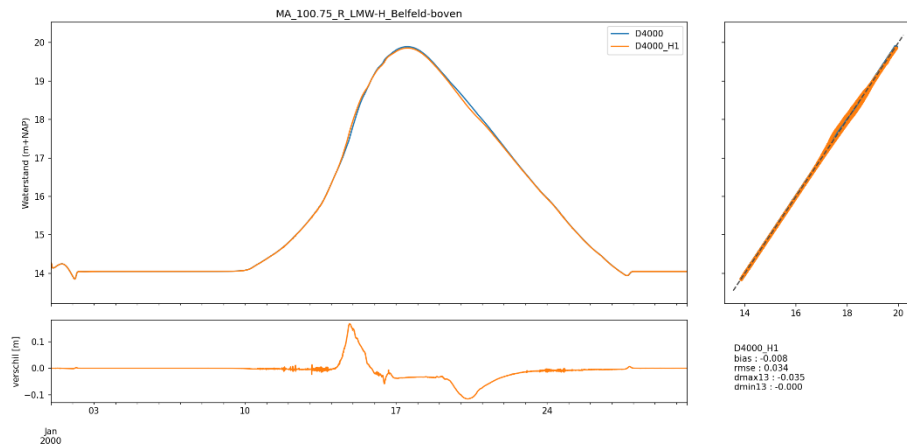


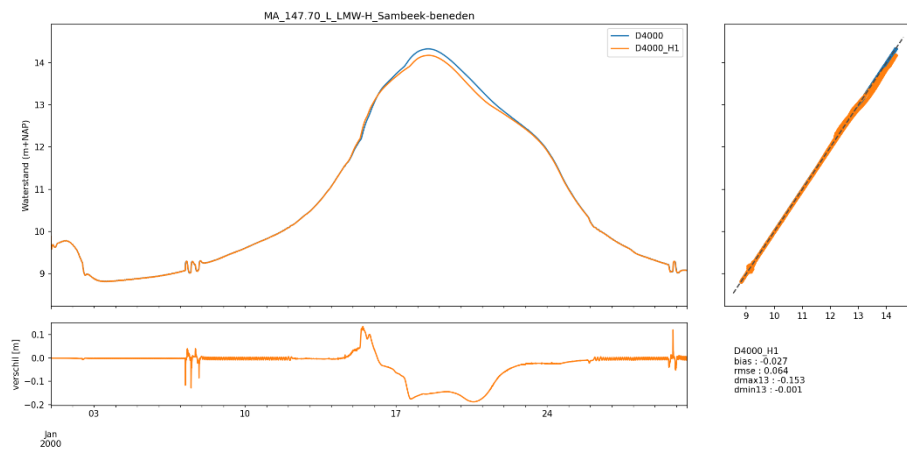
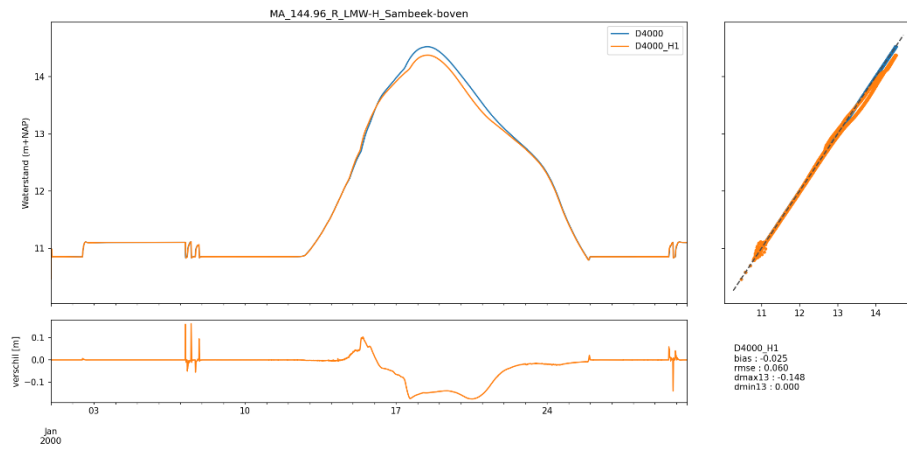
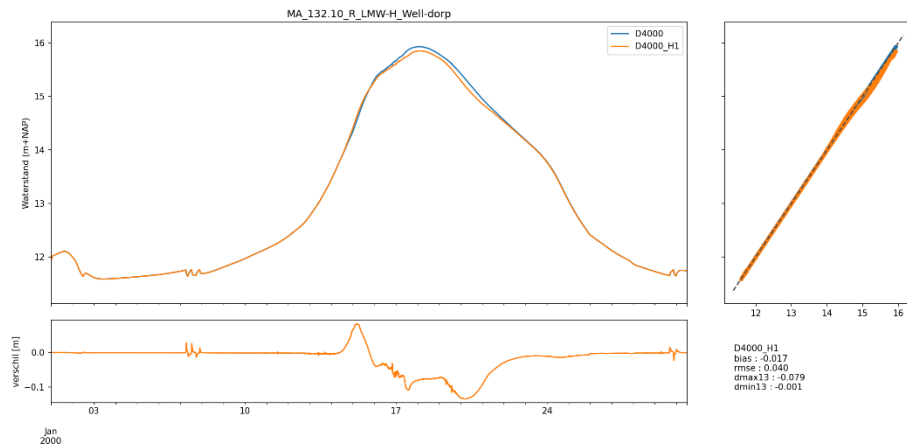


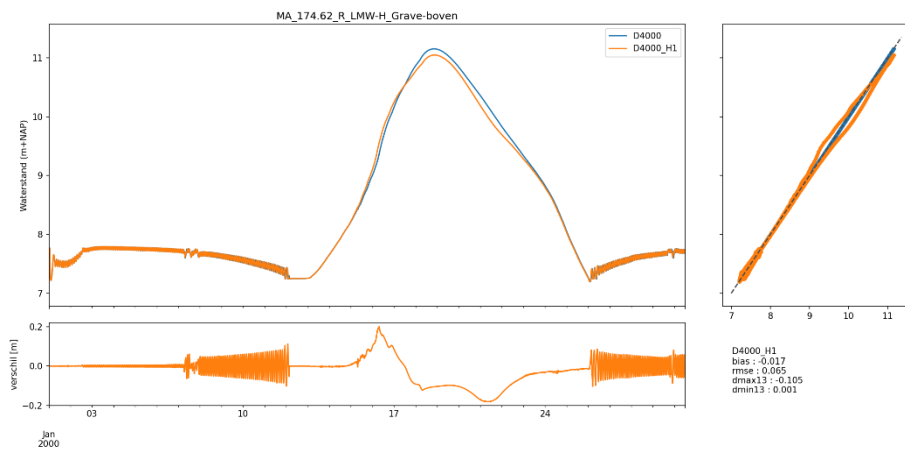
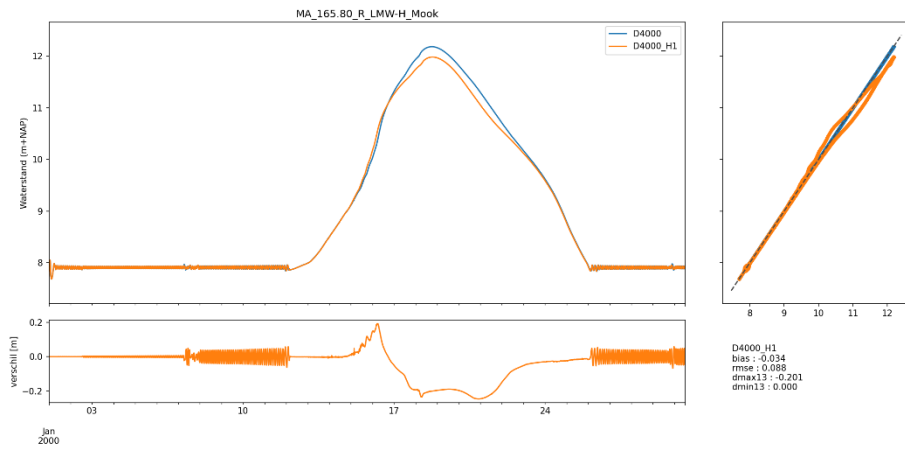
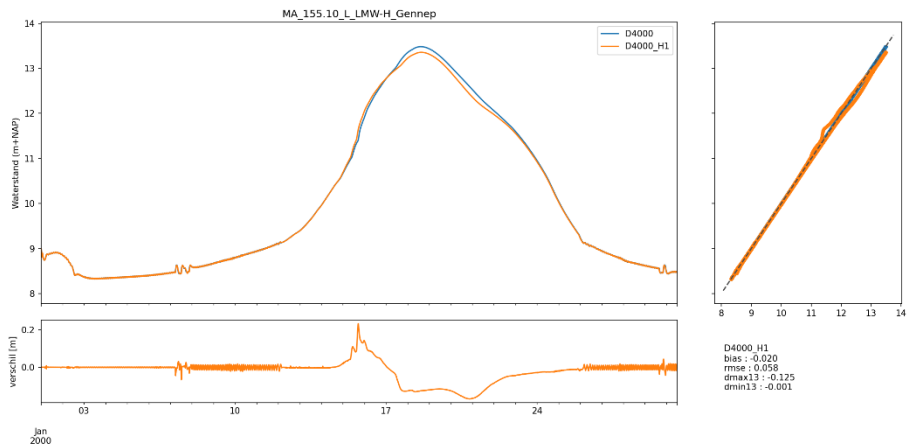


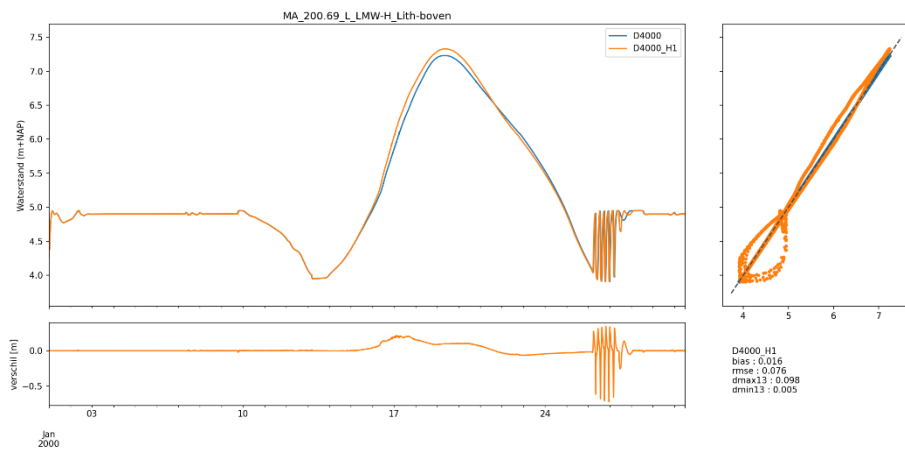
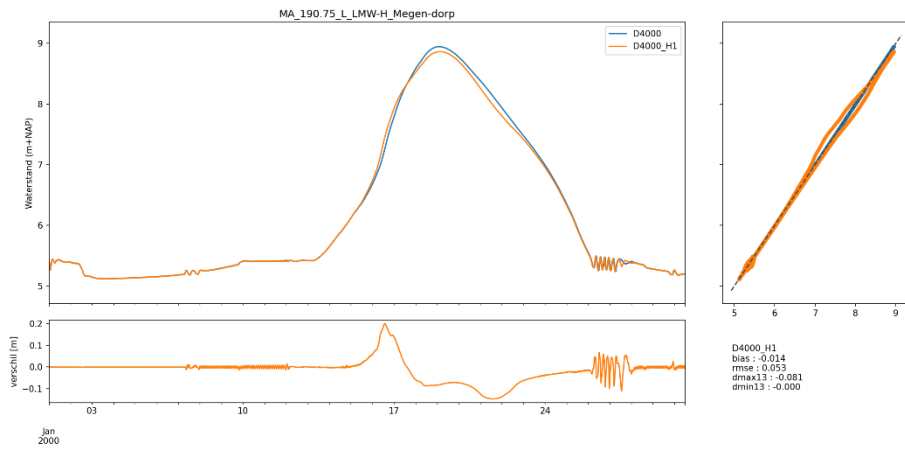
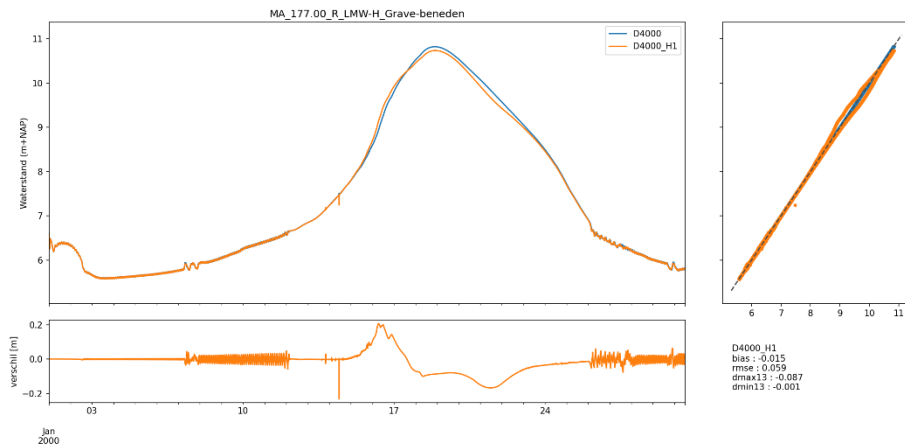


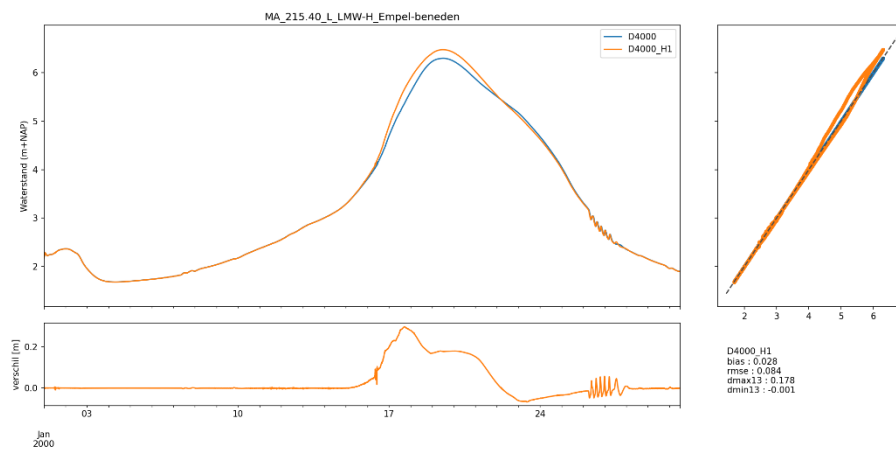
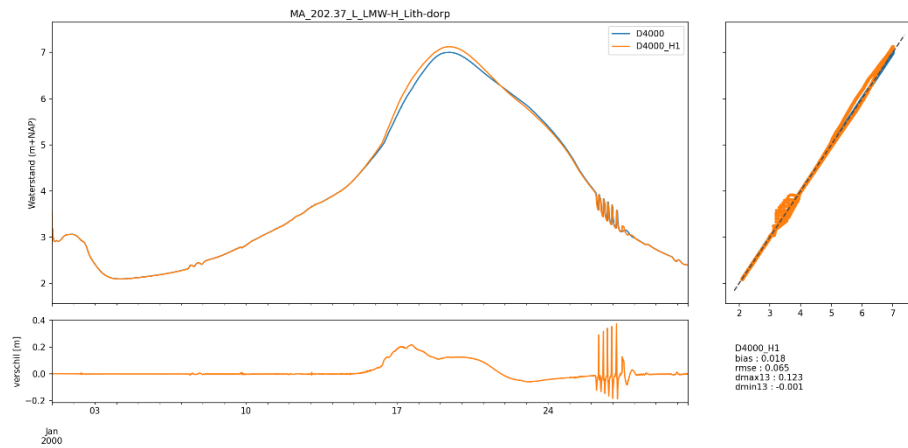


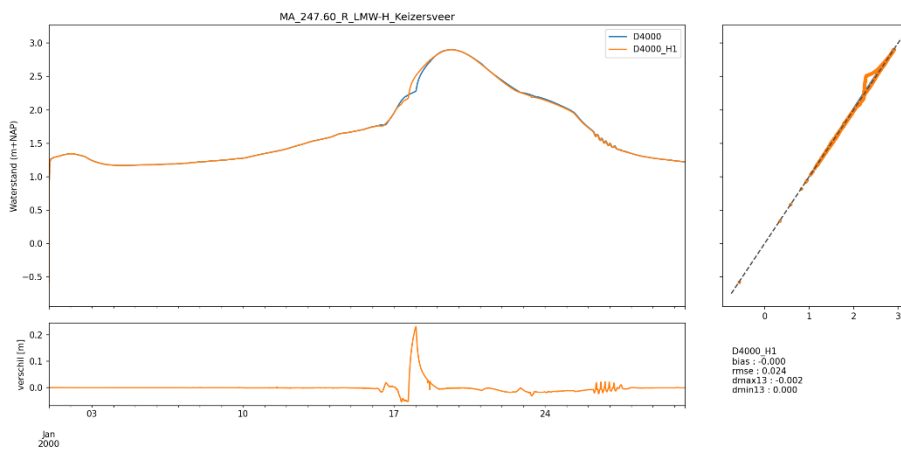
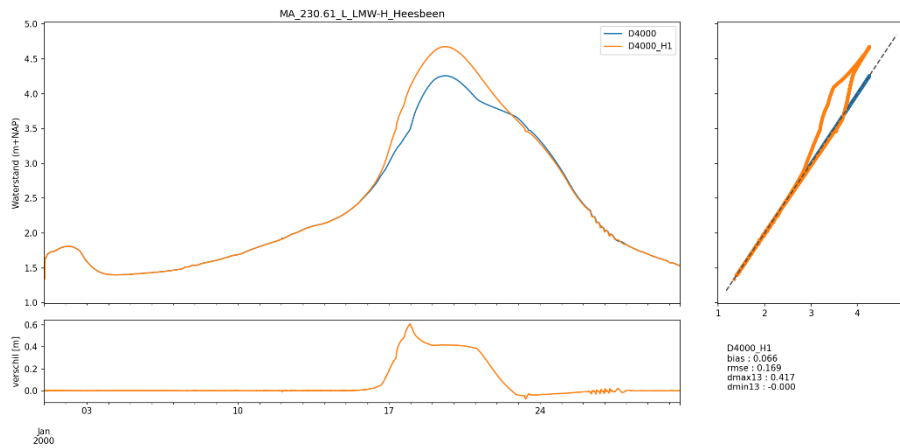




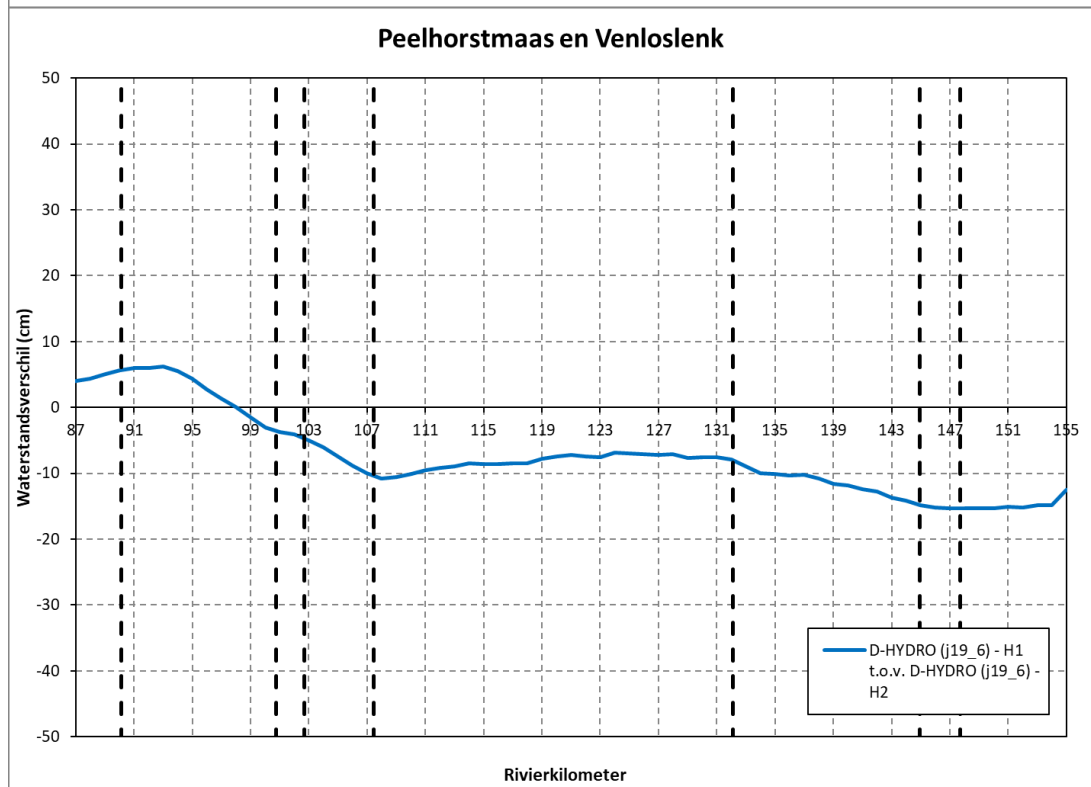
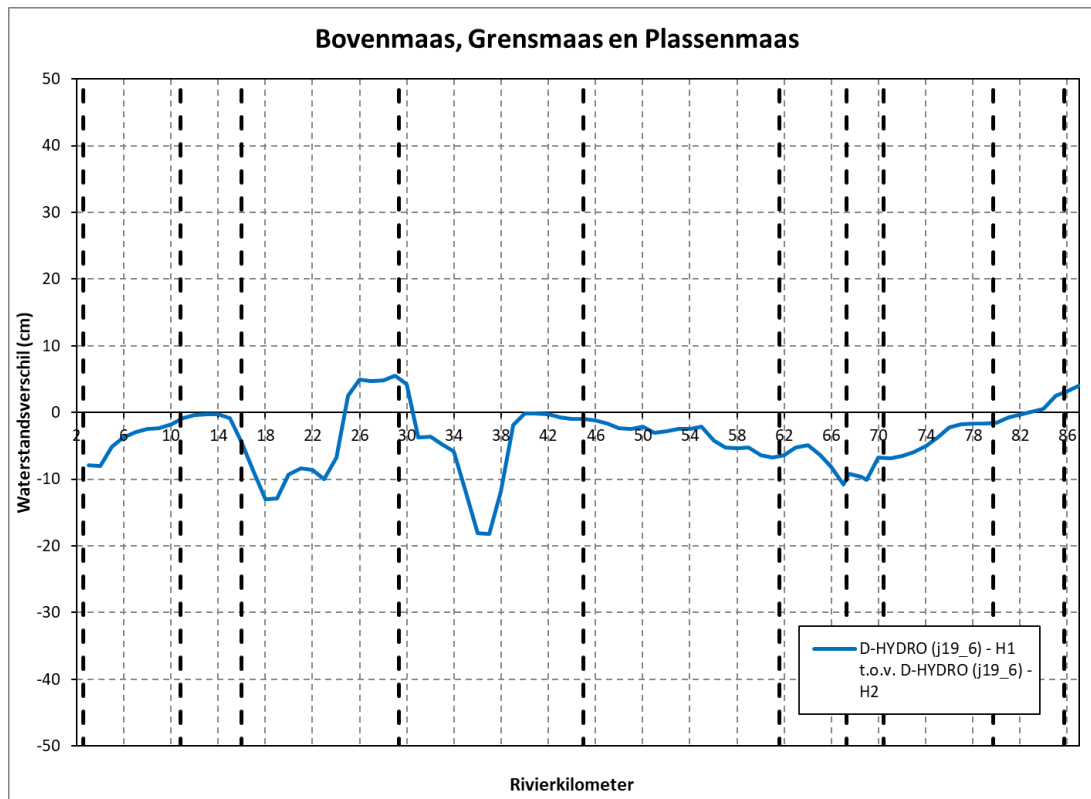


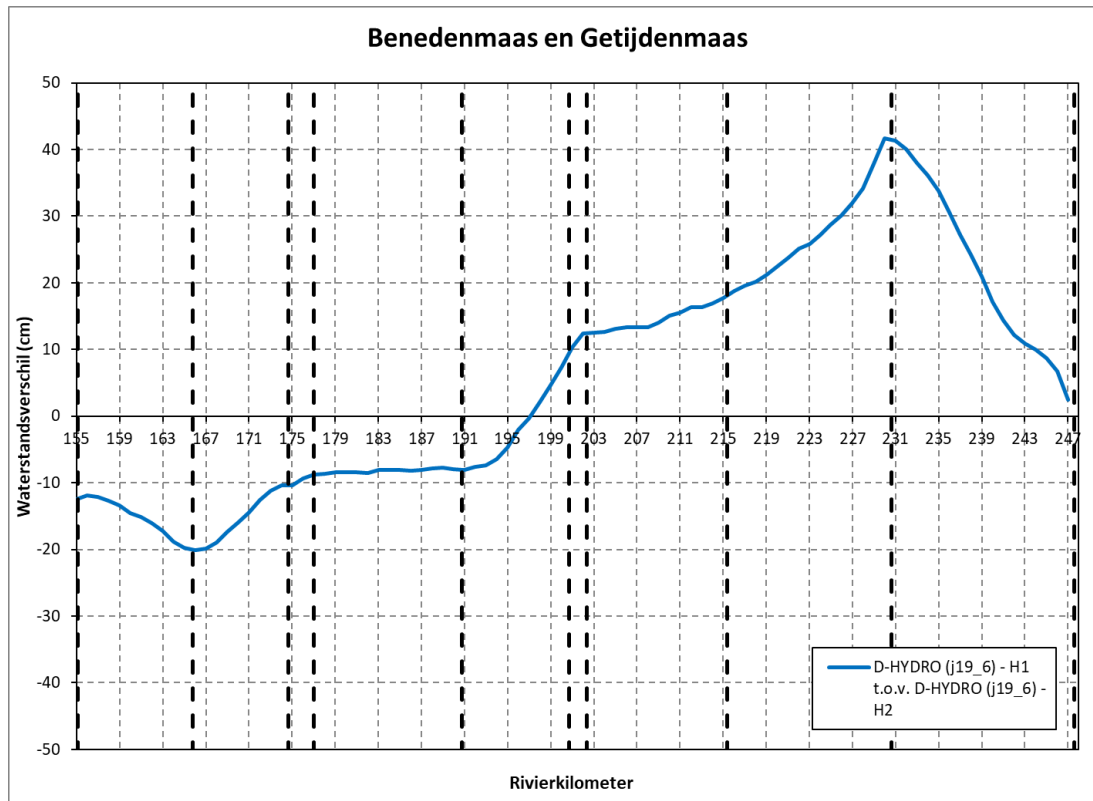






B Langdoorsnede waterstandsverschil tussen D-HYDRO H1 en D-HYDRO H2





C Langsdoorsnede absolute waterstanden

