

Memo

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
9 september 2020	11205258-002-ZWS-0008	1 van 49
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Jurjen de Jong	+31(0)88 335 8038	Jurjen.deJong@deltares.nl

Onderwerp

Resultaten kalibratie 1995 op 2 afvoerniveaus (meerwerk in het kader van kalibratiemodellen Maas 6G)

Dit memo beschrijft beknopt de resultaten van het meerwerk van de kalibratie Maas G6.

1 Plan

Meerwerk kalibratie Maas G6*Jurjen de Jong, 23 juni 2020***Probleem**

In de huidige methodiek kalibreren we H1 op 2010-2011 en H2 op 1995. Doordat de stationariteit in de modellen niet perfect is zorgt de kalibratie op H1 bij veel stations voor te lage waterstanden in aanloop of staart van een afvoergolf tijdens de hoogwatergolf van 1995. Doordat de kalibratie op H2 plaatsvindt op het gemiddelde verschil in een periode rondom de piekwaterstand, zal dit leiden tot overcompensatie in de ruwheid, waardoor de piekwaterstand in modellen van recentere jaren door het model (waarschijnlijk) te hoog wordt uitgerekend. (zie bijlage)

Oplossing

Hoewel we niet op kunnen lossen dat de stationariteit een (onbekende) fout introduceert, kunnen we wel de overcompensatie proberen te voorkomen. Hiervoor moeten we zorgen dat het basismodel 1995 goede resultaten geeft voor lagere afvoeren voordat we H2 gaan kalibreren.

Als methode om H2 te kalibreren op een verbeterd basismodel wordt daarom voorgesteld enkel het niveau H1 opnieuw te kalibreren en M2 op de huidige waarde te houden. Uit onderstaande figuur is af te lezen dat momenteel juist rond H1 het grootste verschil in het model ontstaat en uiteraard heeft deze ook de grootste invloed op H2 door het interpolatie-afvoerbereik tussen H1 en H2.

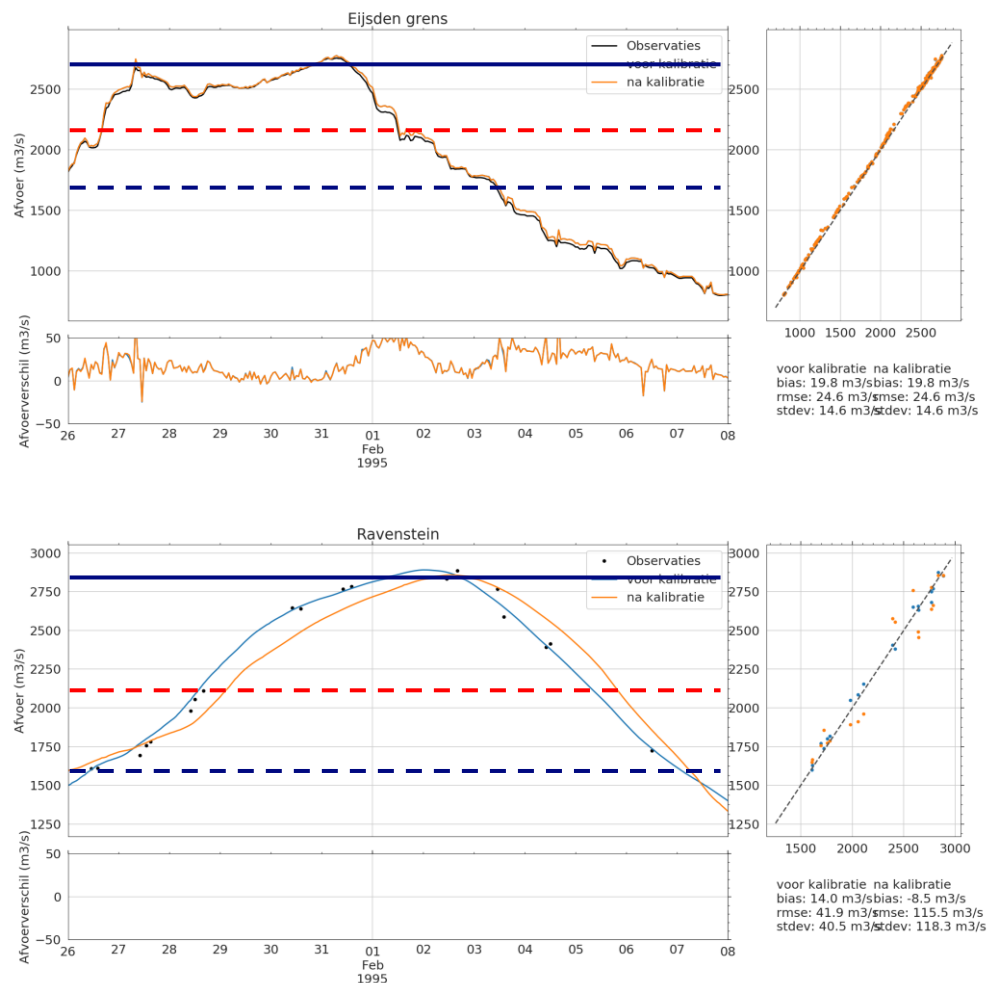
In de winter van 1994/1995 is er echter geen geschikte afvoerpiek beschikbaar om het niveau H1 op te kalibreren. Als instellingen van OpenDA wordt daarom gebruik gemaakt van het gezamenlijk kalibreren van H1 en H2 op basis van het RMSE criterium (Bias is waarschijnlijk niet langer mogelijk bij meerdere stochasten per station), hier zijn goede ervaringen mee voor de kalibratie van L en M1. Mocht dit niet werken, dan wordt de kalibratie in 2 stappen uitgevoerd: eerst kalibratie van niveau H1 (met de ruwheid van H2 gelijk aan H1), daarna kalibratie van niveau H2. Het tijdsvenster van de H2 kalibratie wordt gelijk gehouden aan de huidige instellingen (26 januari tot 8 februari).

De waarden van kalibratieniveau "H1j95" worden niet verder gebruikt in de modellen die recenter zijn dan 1995. Wel in de validatie van 1993.

Werkzaamheden meerwerk

1. Kalibratie van het model 1995 op de niveaus H1j95 en H2
2. Opnieuw uitvoeren van de validatie (1993, 1995 en 2011)
3. Nieuwe versie conceptrapportage

4. Verwerken commentaar in definitieve versie.



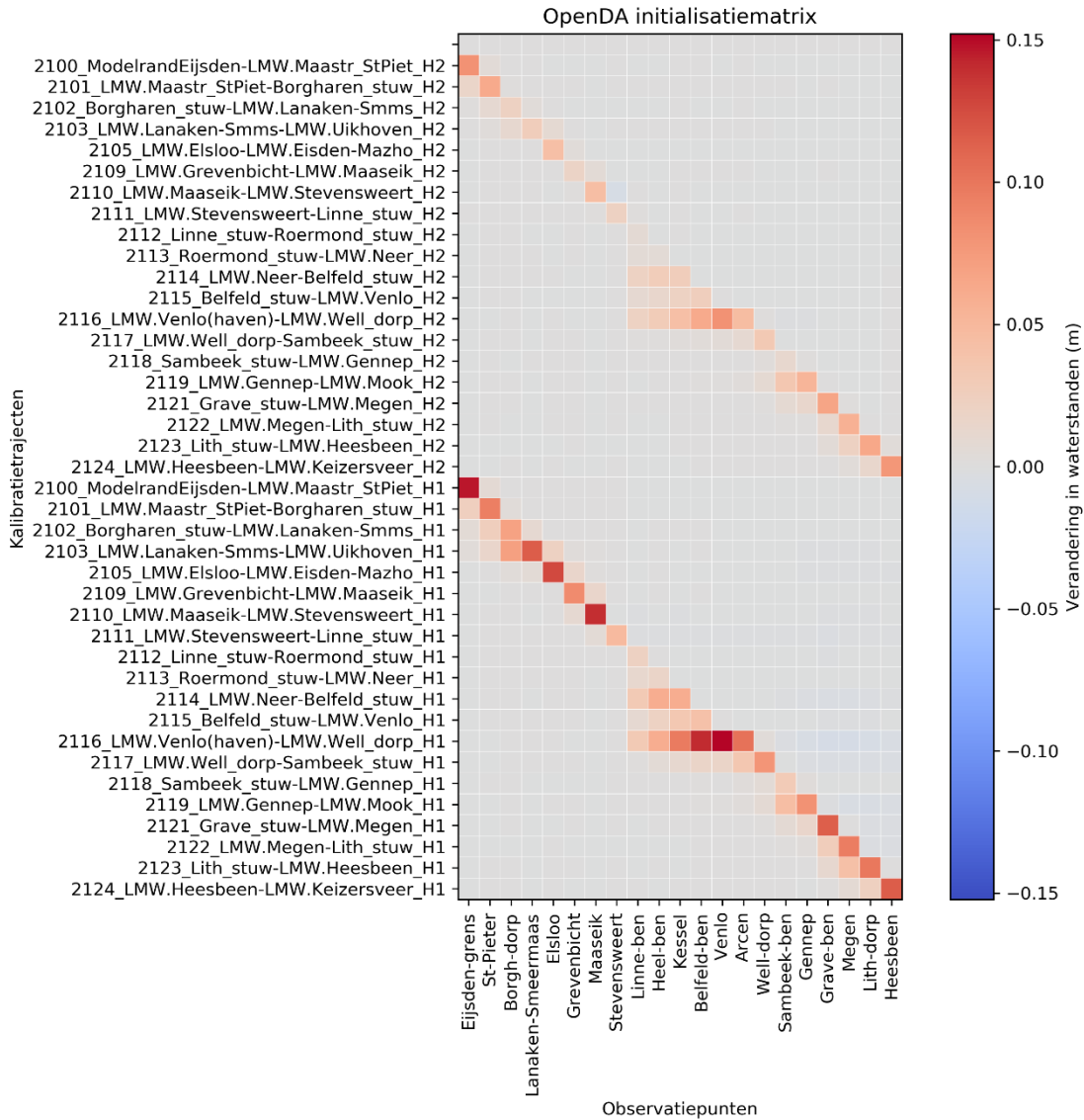
Figuur: Voor de stations Eijsden en Ravenstein zijn de kalibratie-instellingen weergegeven. Blauw: kalibratieniveau H2, rood gestreept niveau H1/H1j95, blauw gestreept M2. In de conceptkalibratie (v0.10/juni-2020) is gekalibreerd op M2 en H1 (beide 2011) en H2 (1995), in de extra kalibratie van dit memo wordt gekalibreerd op H1j95 en H2 (beide 1995) en vervalt M2. Bij afvoeren lager dan H1j95 wordt dus de kalibratiefactor van H1j95 aangehouden.

2 Resultaat Kalibratie 1

2.1 Kalibratie

Het doel is om een beter basismodel van 1995 te nemen en hierop de kalibratie van H2 uit te voeren. Dit betere basismodel wordt verkregen door ook de aanloop en staart van de afvoergolf (niveau H1 en lager) te kalibreren voor het j95-model. De niveaus L tot M2 zijn uit het j95-model verwijderd, waardoor enkel het niveau H1 en H2 over is. Omdat H1 speciaal voor het j95-model wordt gekalibreerd wordt hiernaar verwezen als "H1j95". De aanloop van de afvoergolf bevat valt samen met niveau H1j95, de piek valt samen met H2. In de invoer van OpenDA is geen afvoerafhankelijkheid gespecificeerd. OpenDA moet dus zelf uitzoeken hoe de kalibratie van ieder afvoerniveau de metingen kan beïnvloeden. De kalibratie loopt van 26 januari 1995 tot 7 februari 1995. Het model bevat telkens 1 dag (vanaf 25 januari) initialisatie.

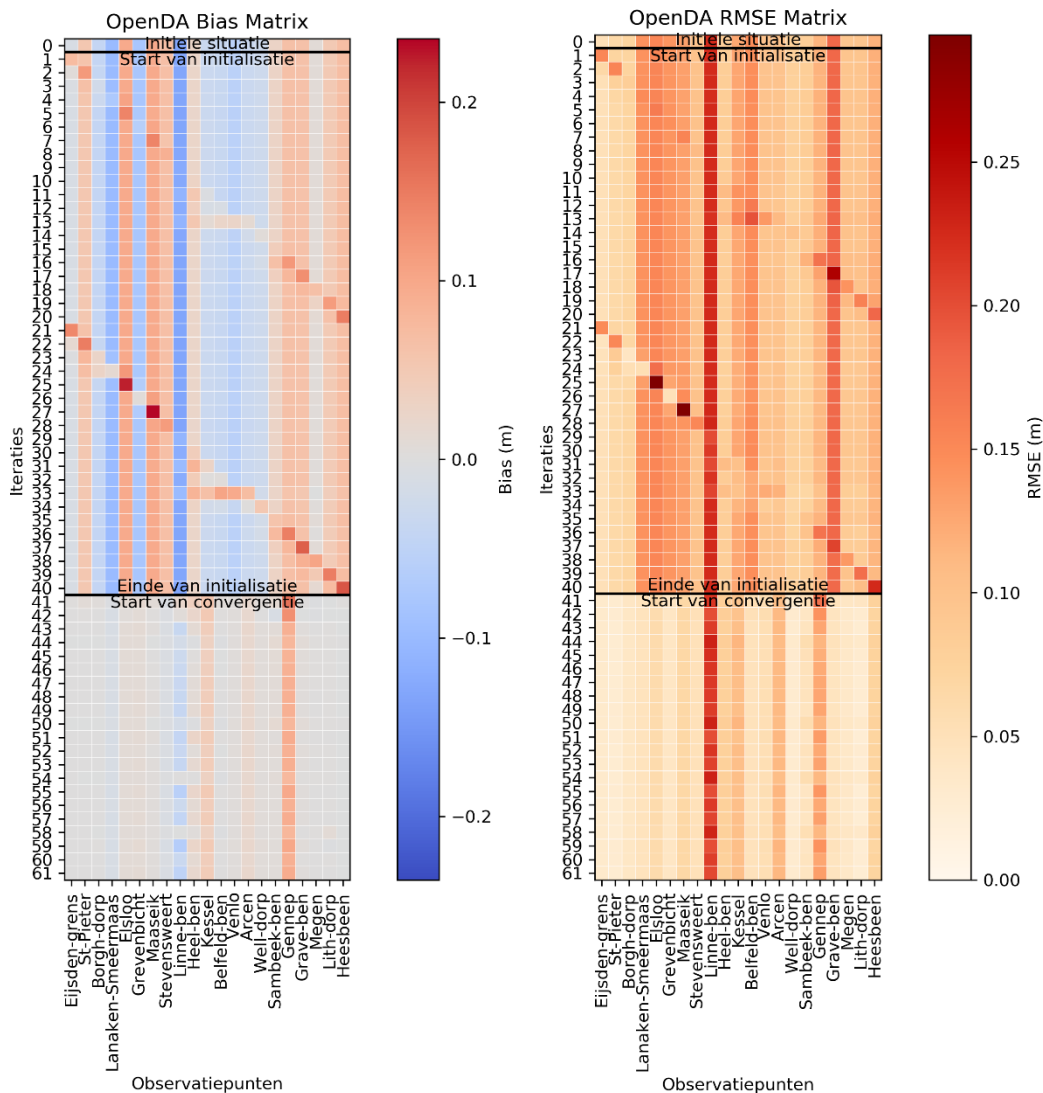
De niveaus H1 en H2 zijn gelijktijdig gekalibreerd in 1 kalibratierun. Onderstaande figuur geeft de initialisatie in OpenDA aan. De figuur geeft de gevoeligheid van de waterstanden bij de meetstations (x-as) bij aanpassing van de kalibratiefactor met +10%.



Figuur 2.1 Initialisatiematrix kalibratie H1j95+H2

Onderstaande figuren geven de convergentie van de kalibratierun. De bias reduceert naar 0 voor alle stations behalve Linne Beneden (-0.05 m), Kessel (+0.05 m), en Gennep (+0.10 m). In de figuur van RMSE vallen dezelfde stations op (0.20 m; 0.10 m; 0.13 m), alsook Heel beneden (0.08 m) en Arcen (0.11 m). Hier wordt in de volgende paragraaf verder op in gegaan.

Het resultaat van iteratie 58 is gekozen als beste resultaat.



Figuur 2.2 Resultaten van de kalibratie: bias (links) en RMSE (rechts)

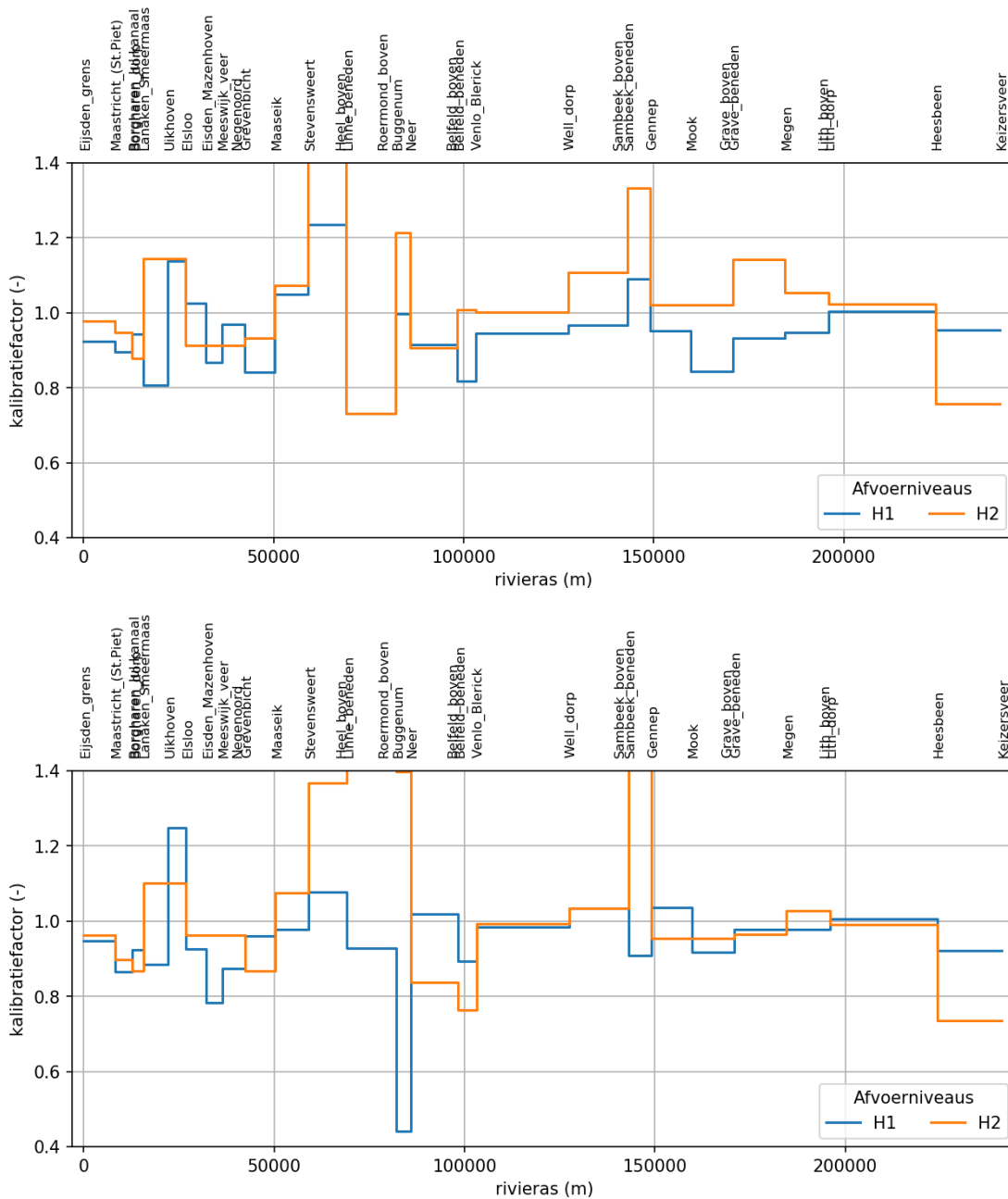
2.2 Kalibratiefactor

Onderstaande figuren geven langsdorsneden van de kalibratiefactor voor kalibratie (boven) en na kalibratie (onder). Opvallend zijn:

- Een grote toename in de kalibratiefactor H2 voor Sambeek-Gennepe
- Een grote afname in de kalibratiefactor H1j95 voor Roermond-Neer
- Een toename in de kalibratiefactor H2 voor het traject Linne-Neer.

Verder valt op dat voor een groot deel van de Zandmaas de niveaus H1j95 en H2 nu dicht op elkaar liggen, terwijl in de eerdere resultaten een veel hogere factor nodig was bij H2 dan bij H1. De nieuwe kalibratie zorgt voor een afname van de factor $\frac{\partial h}{\partial Q}$ en daardoor voor een verhoging van de golfsnelheid (zie onderstaande formule). Dit is duidelijk terug te zien in de waterstanden op de benedenstroomse stations van de Maas.

$$c = \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial h}$$



Figuur 2.3 Boven: kalibratiefactor H1 en H2 zoals in de conceptrapportage (v0.10); Onder: kalibratie H1j95 en H2 na aangepaste kalibratie op 1995

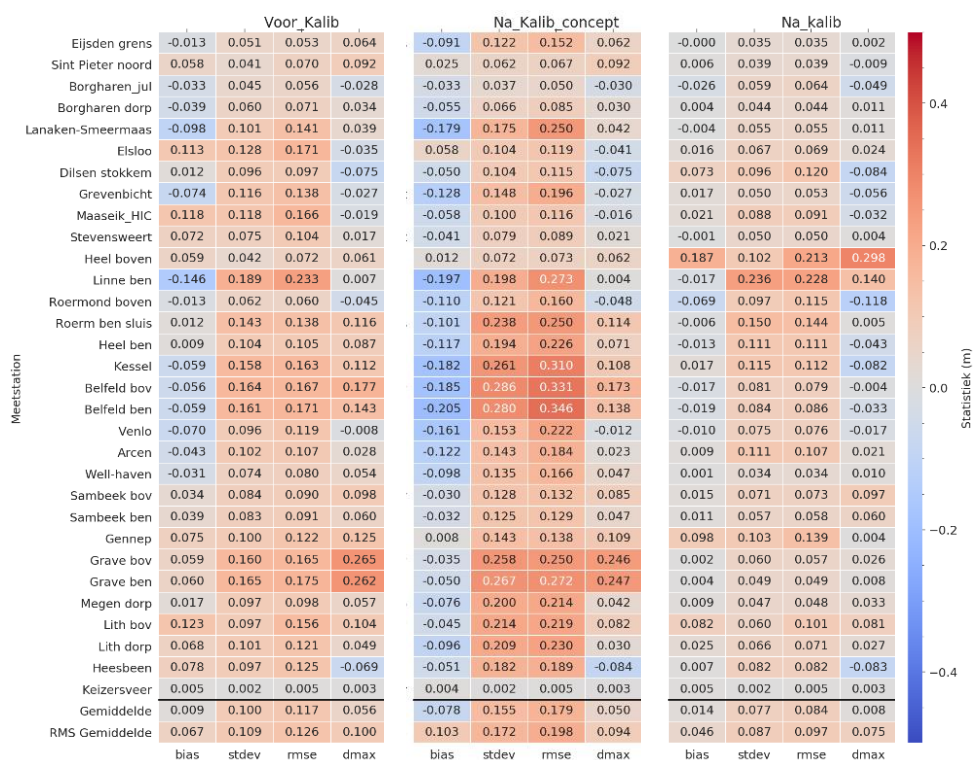
2.3 Waterstanden

Tijdseries van de resultaten bij alle stations zijn opgenomen in Bijlage A. In deze figuren is de dag die wordt gebruikt voor initialisatie ook opgenomen. Hierdoor zijn de statistieken net anders dan door OpenDA is gerapporteerd in figuur 2.2. In de figuren is 'Na_kalib_concept' het resultaat dat was meegestuurd met de conceptrapportage (v0.10) op basis waarvan de extra werkzaamheden zijn ingepland.

Over het algemeen is er een significante verbetering in de resultaten zowel voor de hele periode als tijdens de piekwaterstand. Opvallende uitschieters zijn:

- De Grensmaas is identiek of verbeterd. Dilsen-Stokkem vertoont een kleine bias, maar is geen kalibratiestation.

- Heel boven en Linne beneden. Beide stations hebben een grote positieve bias. De ruwheid van H2 is ook heel hoog. Ergens ging de kalibratie dus mis, mogelijk wegen observaties van 24u-metingen maar weinig mee in de kalibratie van OpenDA.
- Heel beneden. Er blijkt een heel lage ruwheid nodig bij H1j95. De reden is niet gevonden en vermoedelijk heeft het weinig effect op de waterstanden omdat het maar een kort traject is. Op de initialisatie na zien de resultaten er juist heel mooi uit.
- Roermond boven, Kessel. In het model lijkt iets te veel sprake van topvervlakking waardoor we de piek net niet meepakken.
- Well haven. Een kleine verschuiving in de looptijd raakt weer zichtbaar.
- Sambeek boven. Grote fout tijdens de piek, ook voor kalibratie. Op dit station is niet direct zelf gekalibreerd omdat dit dicht op de stuw ligt. Blijkbaar is de ruwheid over de stuw te hoog. Helaas valt dit in de huidige programmatuur niet te corrigeren met de afvoercoëfficiënt.
- Sambeek beneden. Een kleine overschatting. Eigenlijk weinig verandering met de eerdere kalibratie.
- Gennep, Grave bov, Grave ben, zijn duidelijk verbeterd. Door correctie in de aanloop is ook de piek van de golf mooier.
- Megen dorp, Lith bov, Lith dorp, zijn wel verbeterd, maar in mindere mate.
- Heesbeen is tijdens de aanloop duidelijk verbeterd. De tweede piek laat nog steeds rare dingen zien (maar is wel verbeterd)



Figuur 2.4 Diverse statistieken van de kalibratie na

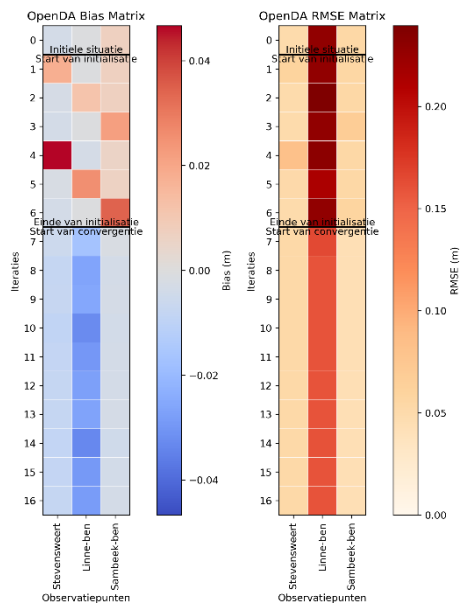
2.4 Conclusies

Over het algemeen zeer goede verbeteringen in de kalibratie. Voor een paar stations is het nodig om nog een kalibratie te draaien. Een nieuwe kalibratie wordt gestart voor verbeteringen bij de stations Sambeek, Linne en Stevensweert.

3 Resultaat Kalibratie 2

3.1 Kalibratieconvergentie

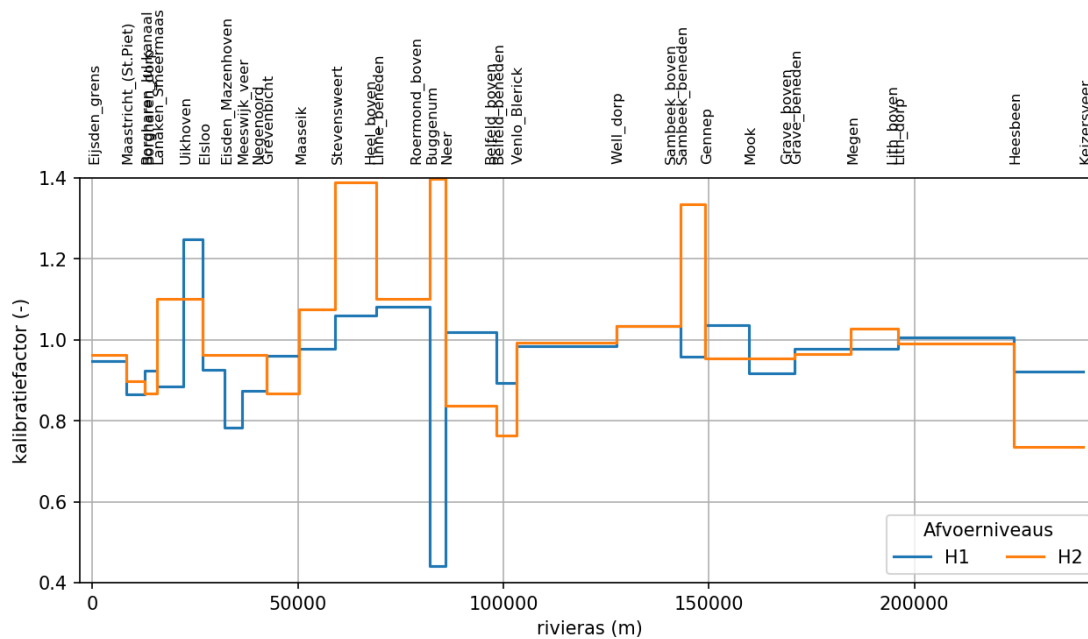
De kalibratietrajecten 2111, 2112, en 2118 behorende bij de stations Stevensweert, Linne en Sambeek worden nogmaals gekalibreerd. De kalibratie convergeert op het RMSE-criterium. Zoals te zien aan de middelste figuur neemt de RMSE van Linne Beneden behoorlijk af. Er is ook een kleine verbetering bij Sambeek.



Figuur 3.1 Convergentiematrix van de bias (links) en rmse (midden).

3.2 Kalibratiefactor

In onderstaande figuur zijn de kalibratiefactoren na de nieuwe kalibratie weergegeven. Meest opvallende verbetering is dat alle kalibratiefactoren nu binnen de plot-grenzen vallen door een afname van kalibratiefactor H2 op de trajecten Sambeek-Gennep en Linne-Roermond. Enkel de zeer lage waarde van H1j95 op traject Roermond-Neer is nog een onwenselijke uitschieter. Dit niveau van H1j95 wordt echter niet overgenomen in andere kalibratiemodellen, waardoor deze uitschieter wordt geaccepteerd.

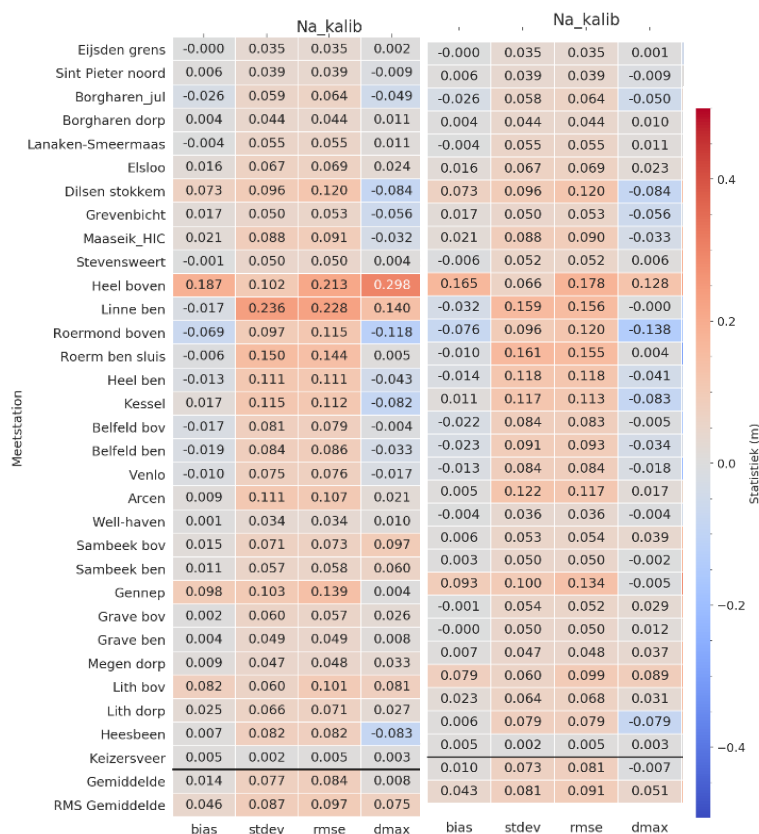


Figuur 3.2 Kalibratiefactor H1j95 en H2 na de tweede kalibratie

3.3 Waterstanden

In onderstaande figuur is de samenvatting gegeven van de resultaten bij alle stations. In Bijlage B zijn tijdseries van enkele relevante meetstations opgenomen. De veranderingen komen overeen met de statistieken van OpenDA zoals gegeven in figuur 3.1.

- Linne beneden heeft een verslechtering in bias, maar verbetering in RMSE. Bovendien zijn de resultaten tijdens de piek nu veel beter (perfect).
- Ook station Heel boven (geen onderdeel van de kalibratie) heeft door deze waterstandsdingaling een grote verbetering in het modelresultaat. Echter nog steeds zijn de waterstanden veel hoger dan de metingen. De verlaging van de drempel van 16.95 m+NAP naar 16.41 m+NAP (o.b.v. commentaar RWS-ZN) zal dit mogelijk verder verbeteren (zie hoofdstuk 4).
- Bij Stevensweert is (zoals bedoelt) geen verandering in de waterstanden merkbaar en zijn de resultaten nog steeds goed.
- Bij Sambeek Beneden zijn de waterstanden gedaald en nu tijdens de piek gelijk aan de metingen. Ook bij Sambeek boven zijn de waterstanden gedaald, maar nog steeds hoger dan de metingen.



Figuur 3.3: Links: resultaat na kalibratie 1 (gelijk aan de rechter figuur van figuur 2.4). Rechts: resultaat na kalibratie 2

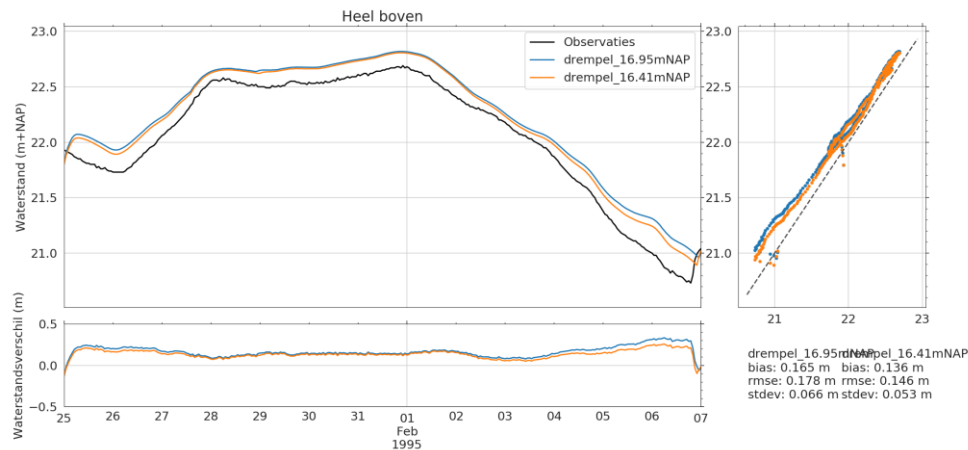
3.4 Conclusies

De tweede kalibratie heeft de resultaten bij Sambeek Beneden, Sambeek Boven, Linne Beneden en Heel Boven verbeterd. De stations benedenstrooms van de stuw zijn nu goed, maar bovenstrooms nog steeds vaak een overschatting van de waterstanden. Mogelijk is de weerstand over de stuwen nog te groot.

4 Verbeteringen stuw Linne

De drempel van stuw Linne is verlaagd van 16.95 m+NAP naar 16.41 m+NAP¹. Dit geeft een kleine verbetering bij Heel Boven. Tijdens de piekwaterstanden met 1 cm, bij lagere waterstanden (maar nog steeds gestreken stuw) is de waterstand gedaald met 10 cm. Nog steeds is de opstuwing door de stuw te groot. Door RWS-ZN is nagagaan dat de overlaat van Linne correct is geschematiseerd. Wel blijven er twijfels ontstaan over mogelijkheid dat er gaten in de kades zijn ontstaan tijdens het hoogwater 1995 die niet in de Baseline-schematisatie zijn opgenomen. In de rapportage wordt een aanbeveling opgenomen om hier verder naar te kijken.

¹ Gewogen gemiddelde tussen Poirée (15.95 m+NAP) en Stoney (16.95 m+NAP)



5 Validatieresultaten

De nieuwe kalibratie is opgenomen in twee kalibratiebestanden, deze zijn beiden opgenomen in Bijlage C.

- mainchannel_calibration-w24.cld (met niveaus L, M1, M2, H1, H2)
- mainchannel_calibration-w24_j95.cld (met niveaus H1j95, H2)

Een validatie is uitgevoerd door de nieuwe kalibratie door te rekenen met de hele perioden van HW1993, HW1995, en HW2010-2011 (zie de hoofdrapportage voor een verdere toelichting). In Bijlage D zijn resultaten van de validatie opgenomen. Uit deze figuren blijken de volgende conclusies.

- In de simulatie HW1995 zijn de waterstanden in de kalibratie w24 identiek aan de conceptkalibratie (juni-2020), behalve tijdens de piek van afvoergolf, waar het nieuwe afvoerniveau H2 actief wordt.
 - Dit zorgt voor veranderingen in modelresultaten tot enkele decimeters. De modelresultaten tijdens de piek van de afvoergolf worden hierdoor beter bij alle meetstations. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de kalibratie succesvol is geweest in het 'voorkomen van de overcompensatie' die was geïntroduceerd in de conceptkalibratie.
 - Bij afvoeren lager dan H2 is het modelresultaat bij veel stations nog gelijk aan de conceptkalibratie, en daardoor vaak een waterstandsverschil van vele decimeters. Door toepassing van afvoerniveau H1j95 worden de modelresultaten bij deze lagere afvoeren ook veel beter. Voor simulaties met als doel goede modelresultaten in 1995 kan beter gebruik gemaakt worden van kalibratiefactoren 'w24_j95'.
- Voor de simulatie HW1993 zijn de veranderingen vrijwel identiek aan HW1995. Bij bijna alle stations zijn de simulatieresultaten tijdens de afvoerpiek verbeterd. Ook voor HW1993 geldt dat voor goede simulatie bij lagere afvoeren beter gebruik gemaakt kan worden van de kalibratiefactoren 'w24_j95'.
- In de simulatie van HW2010-2011 zijn de veranderingen zeer klein, tot maximaal enkele millimeters (zoals verwacht).

6 Conclusies

Er zijn twee kalibraties uitgevoerd en aanpassingen aan de stuwen. Dit heeft geresulteerd in significante verbeteringen van het j95-model.

- Meest opmerkelijk is de verbetering in de fase van de afvoergolf bij de benedenstroomse stations. De versnelling van de afvoergolf is het gevolg van minder grote toename tussen de kalibratiefactoren van de niveaus H1 en H2.
- De meeste stations laten nu prima resultaten zien. De uitzonderingen hierop zijn enkele stations bovenstrooms van stuwen (Heel boven, Sambeek boven, Lith boven), getijd dominante stations (Heesbeen) en ongekalibreerde stations (Dilsen-Stokkem).
- De aanpassing van de drempel van stuw Linne geeft een kleine verbetering bij station Heel Boven.

Met de nieuwe kalibratie worden alle modellen opnieuw gesimuleerd. Uit de validatie blijken de volgende conclusies:

- De resultaten tijdens de afvoerpiek zijn verbeterd in HW1993/HW1995 door de nieuwe kalibratie. Het voorkomen van de overcompensatie die eerder aanwezig was in de conceptkalibratie (juni 2020) is succesvol geweest.
- Voor een simulatie van HW1993 of HW1995 met ook goede resultaten bij lagere afvoeren kan beter gebruik gemaakt worden van het tijdelijke niveau H1j95
- De nieuwe kalibratie H2 heeft een verwaarloosbaar effect op HW2010-2011

Het resultaat is opgeleverd in twee kalibratiebestanden:

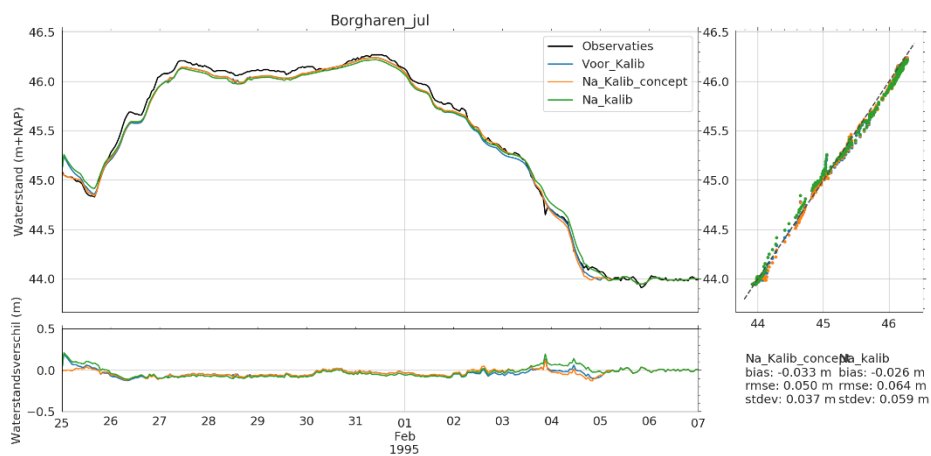
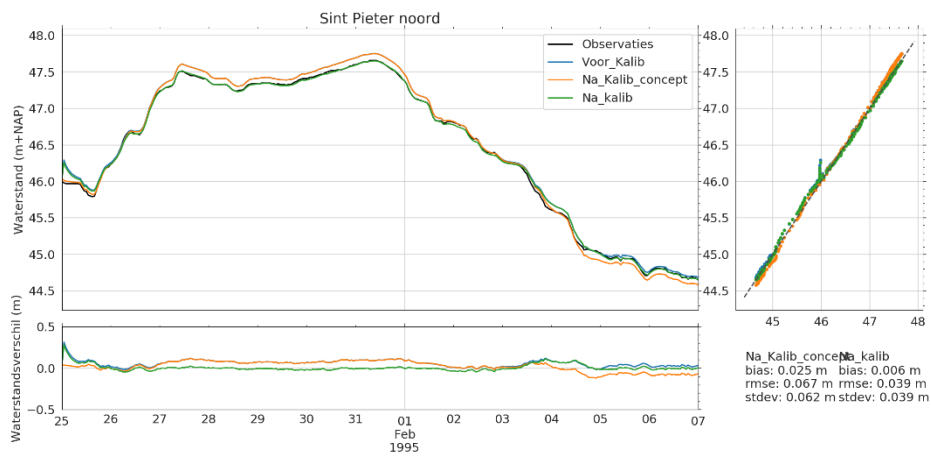
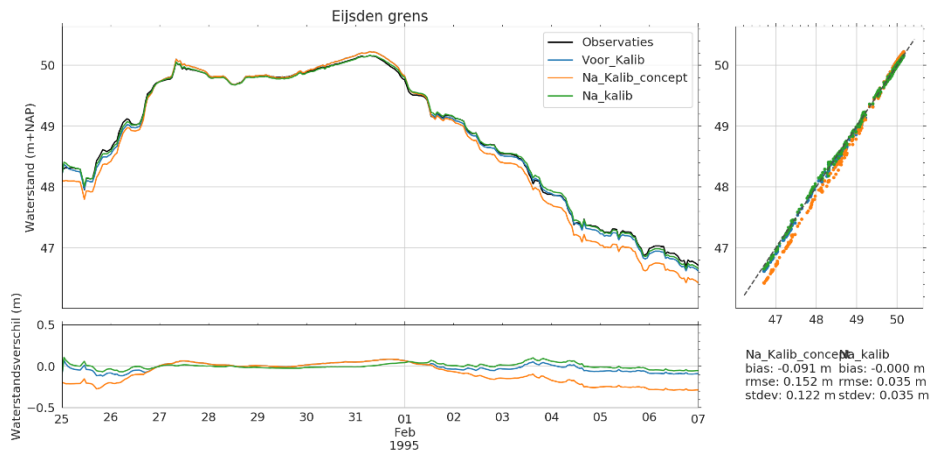
- mainchannel_calibration-w24.cld (met niveaus L, M1, M2, H1, H2)
- mainchannel_calibration-w24_j95.cld (met niveaus H1j95, H2)

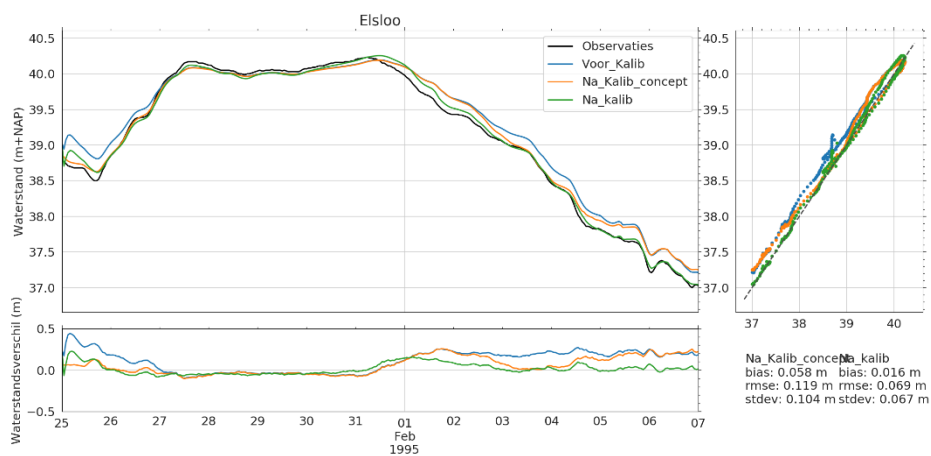
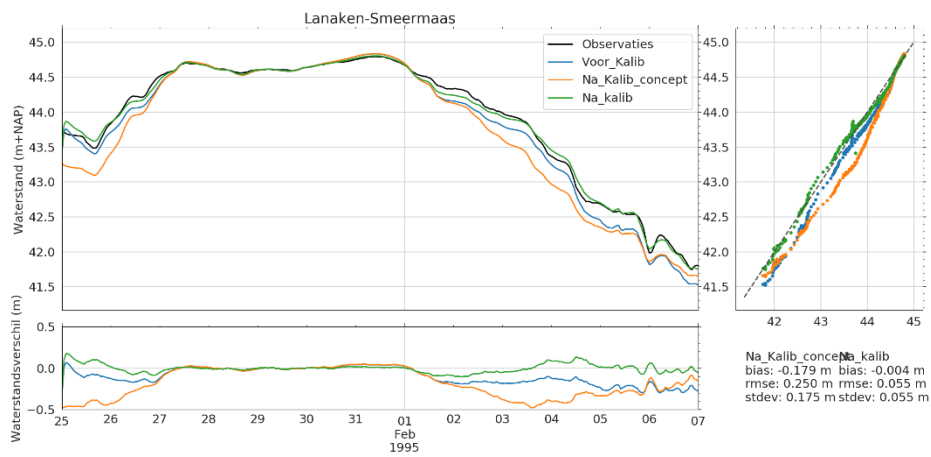
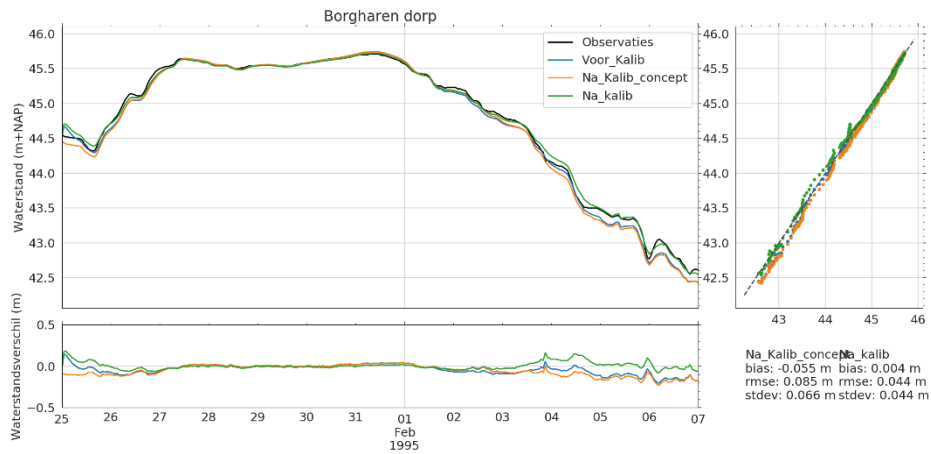
A Waterstanden na kalibratie 1

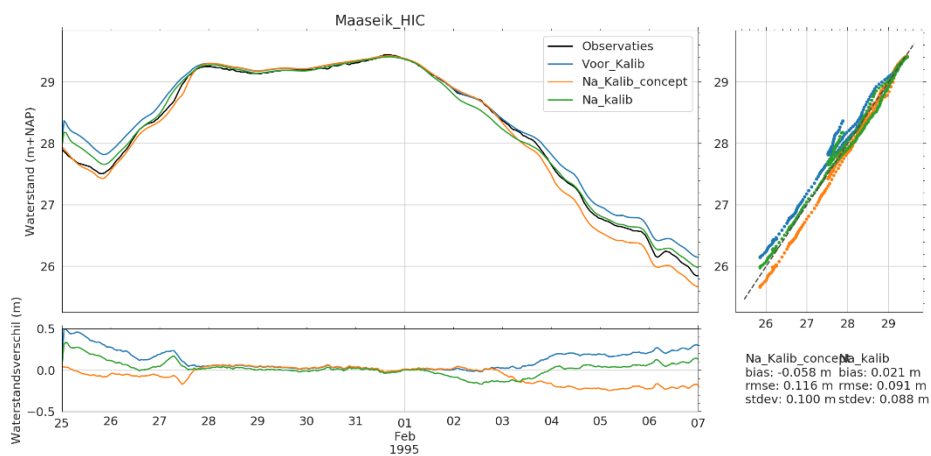
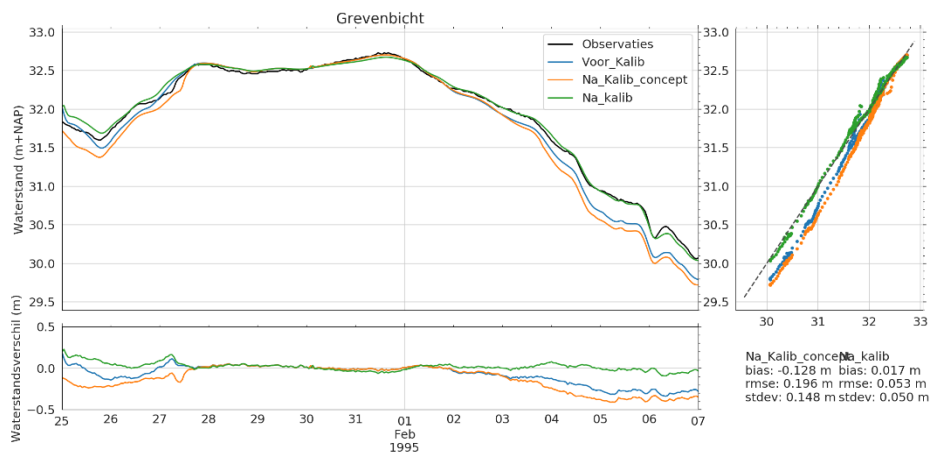
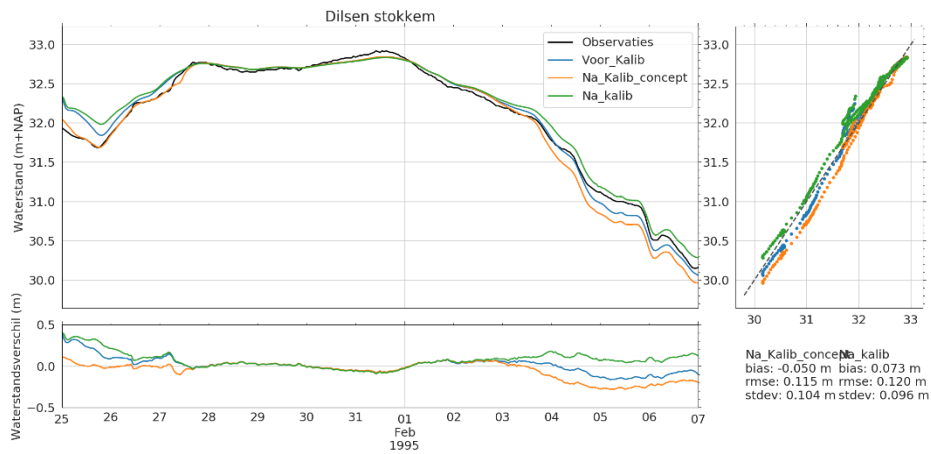
Deze bijlage geeft de waterstanden bij alle meetstations na uitvoering van kalibratie 1.

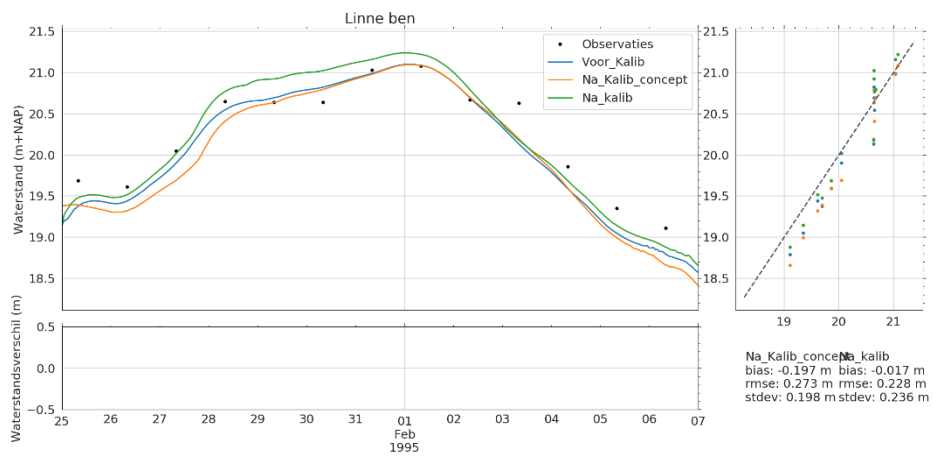
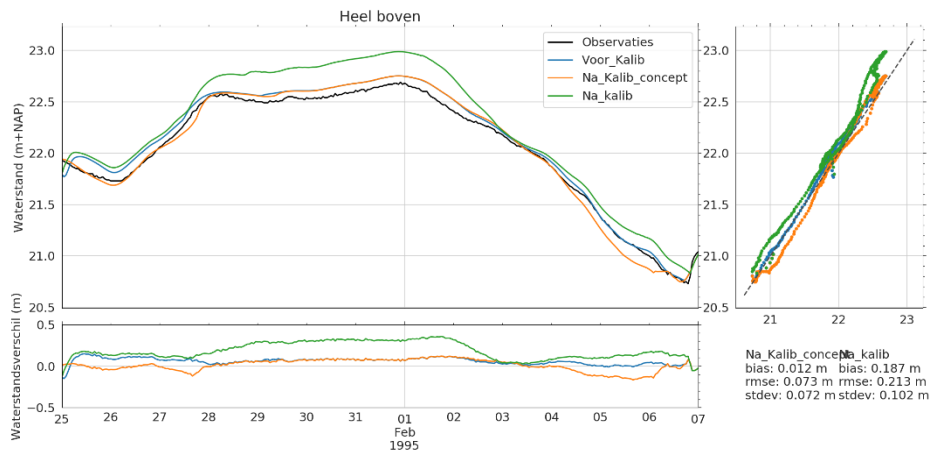
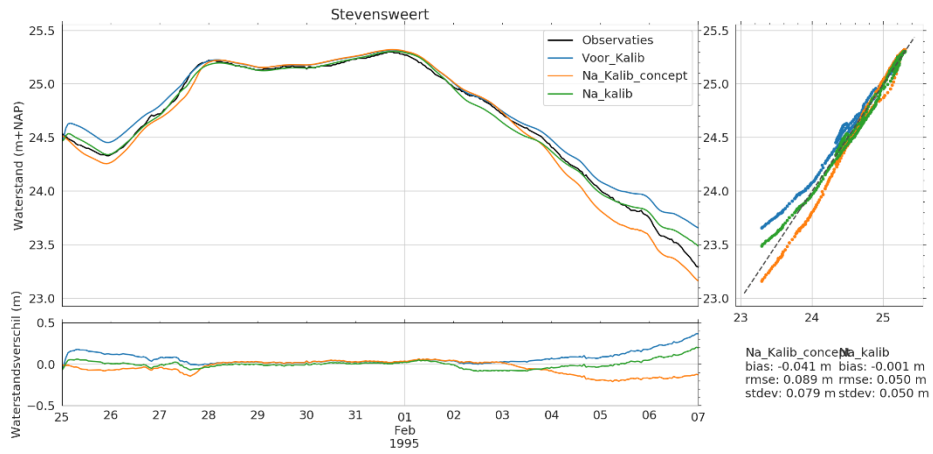
Een uitleg bij de legenda in de figuren:

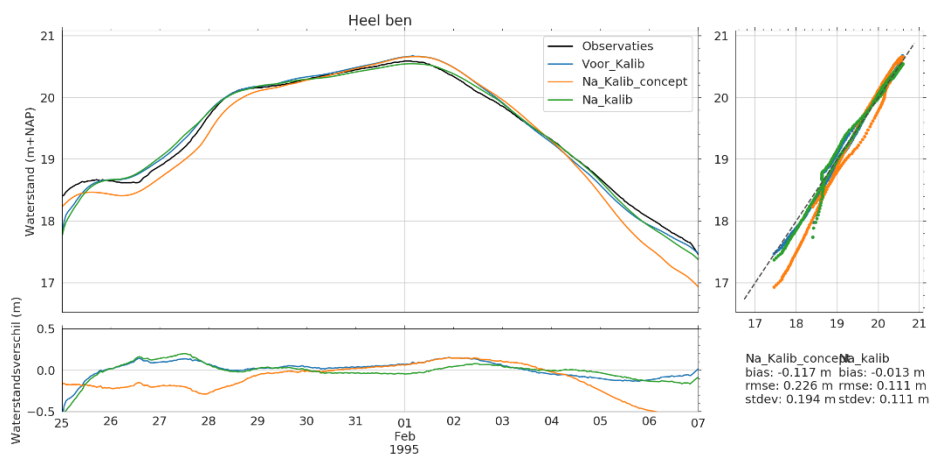
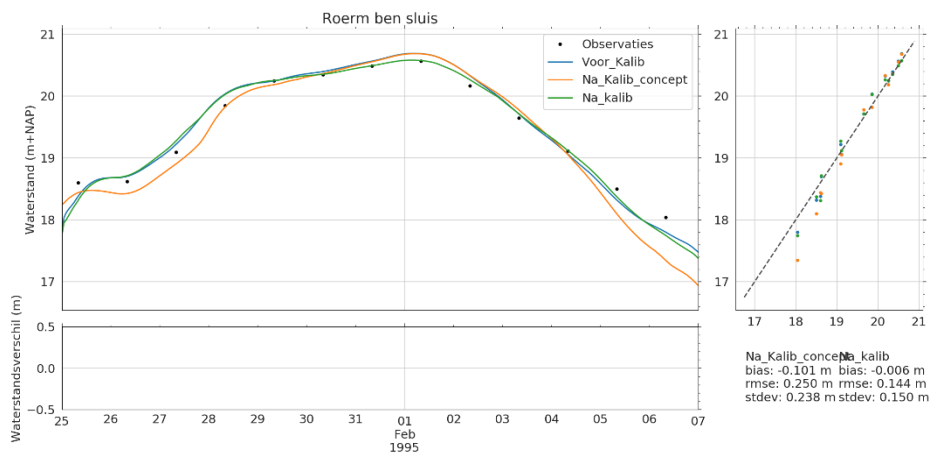
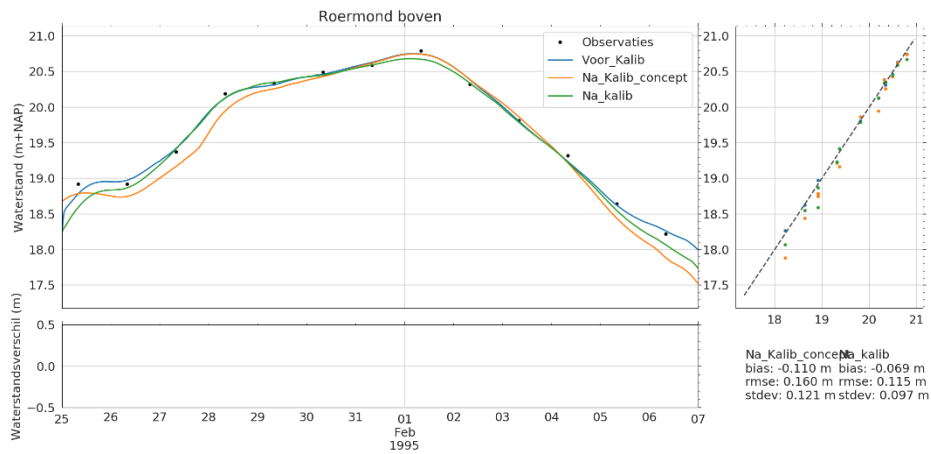
- Voor kalibratie: is de situatie aan het begin van kalibratie 1. Dit is dus gelijk aan "Na kalibratie (concept)" na verwijdering van de kalibratieniveaus L, M1 en M2.
- Na kalibratie (concept): Dit is het resultaat zoals gepresenteerd in de rapportage v0.10 in juni 2020.
- Na kalibratie: Dit is het resultaat na kalibratie 1.

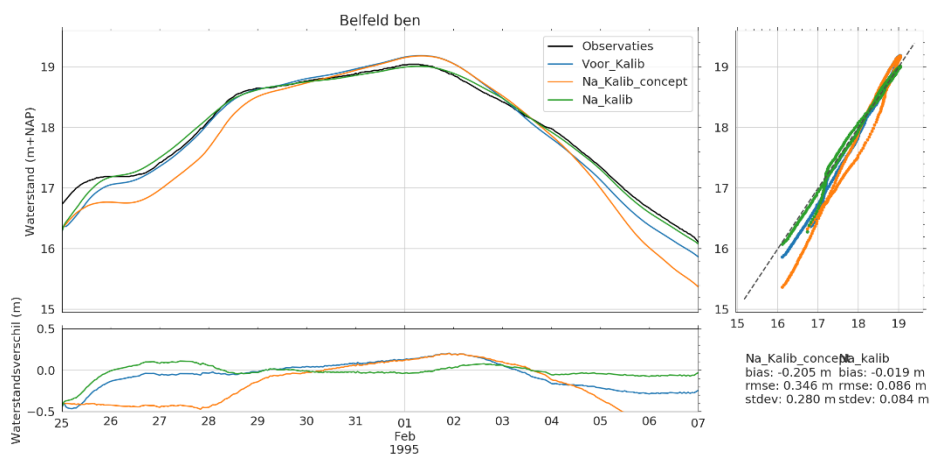
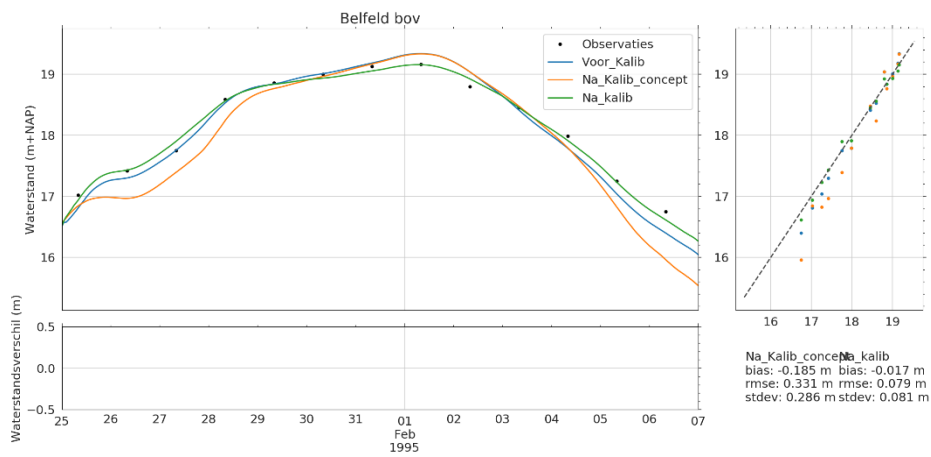
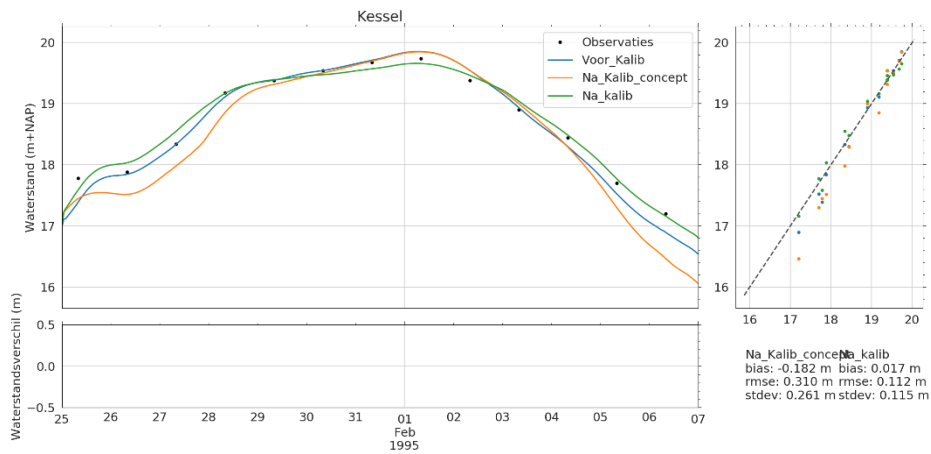


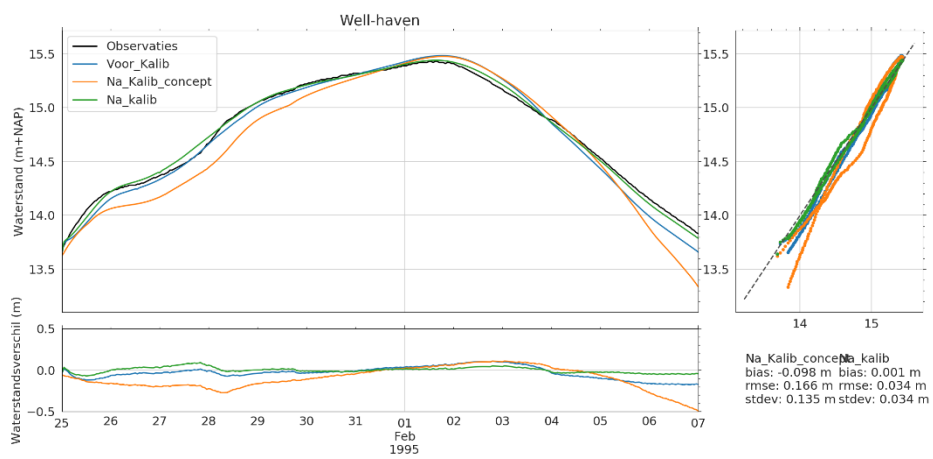
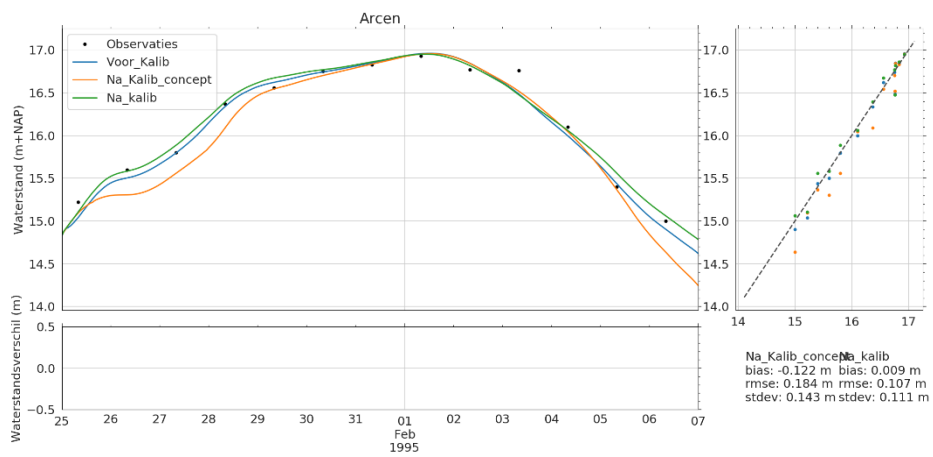
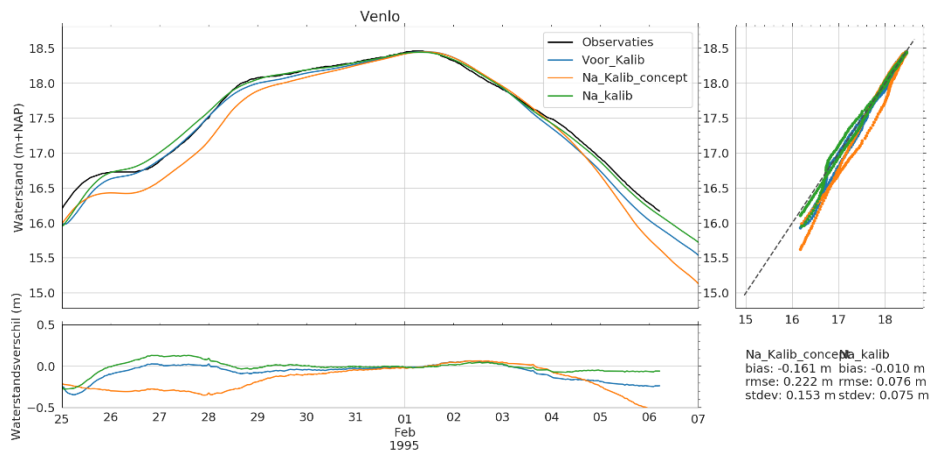


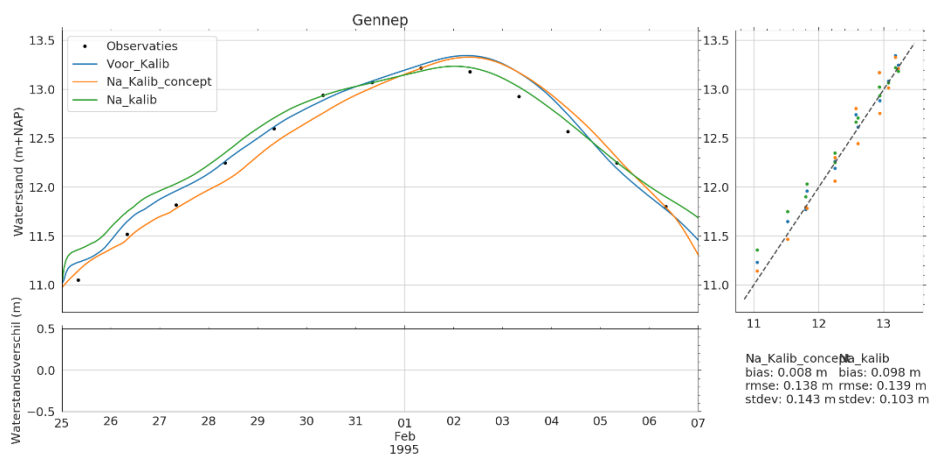
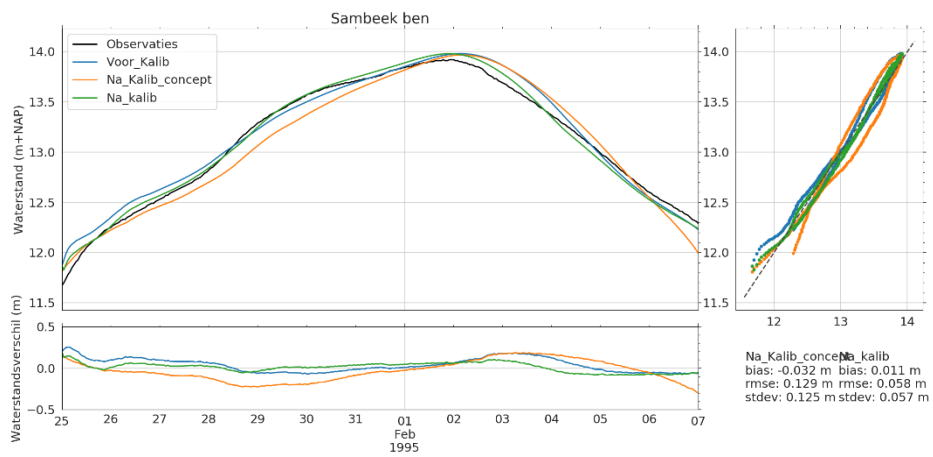
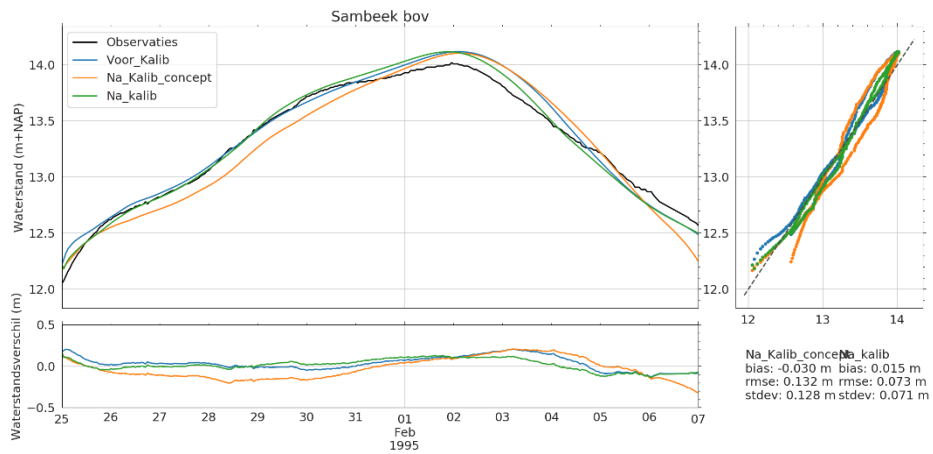


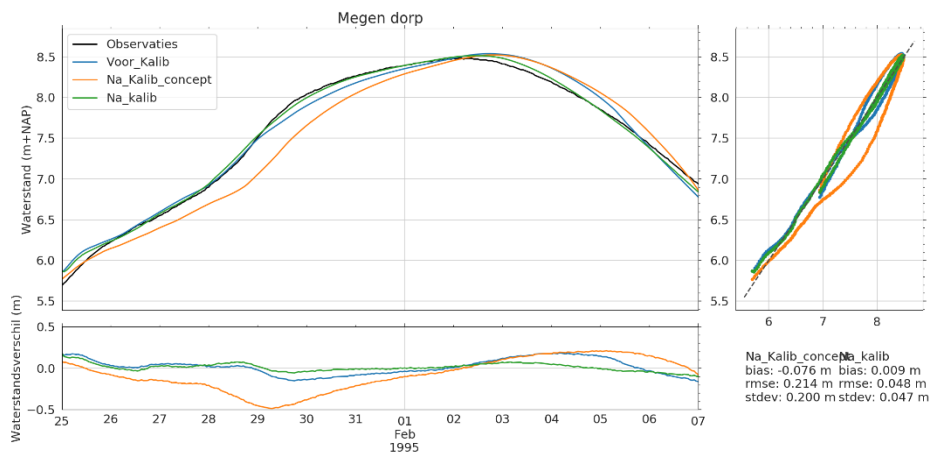
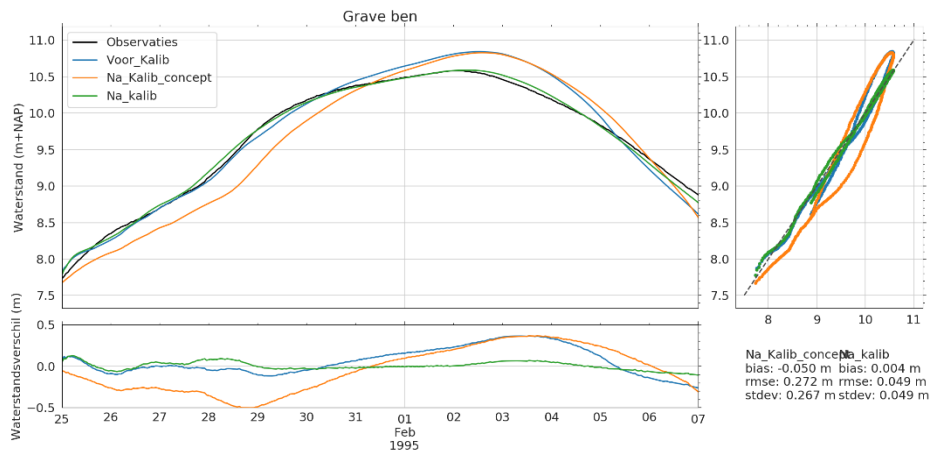
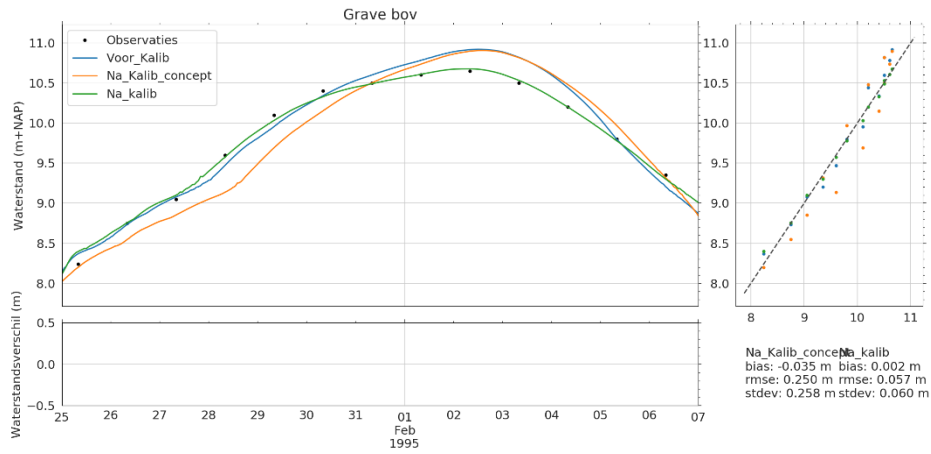


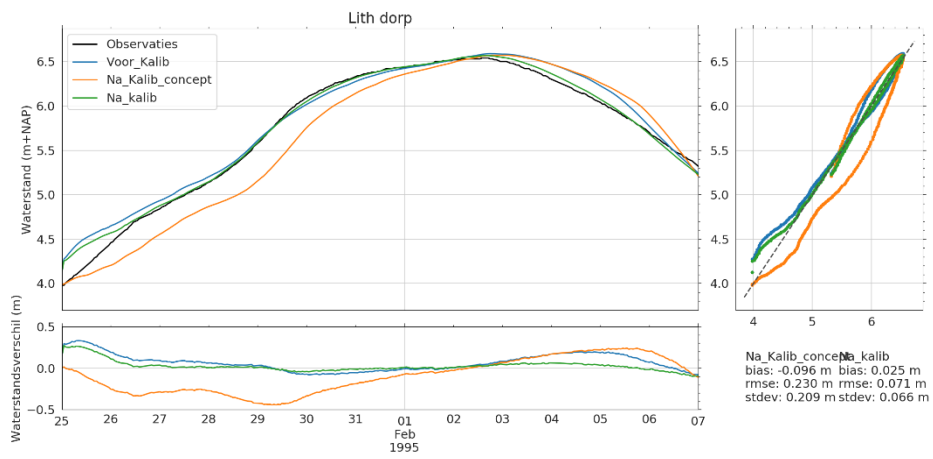
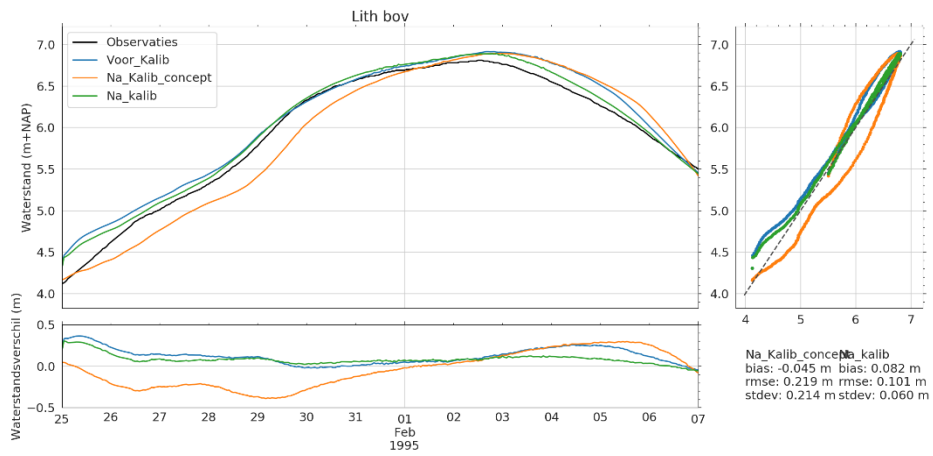


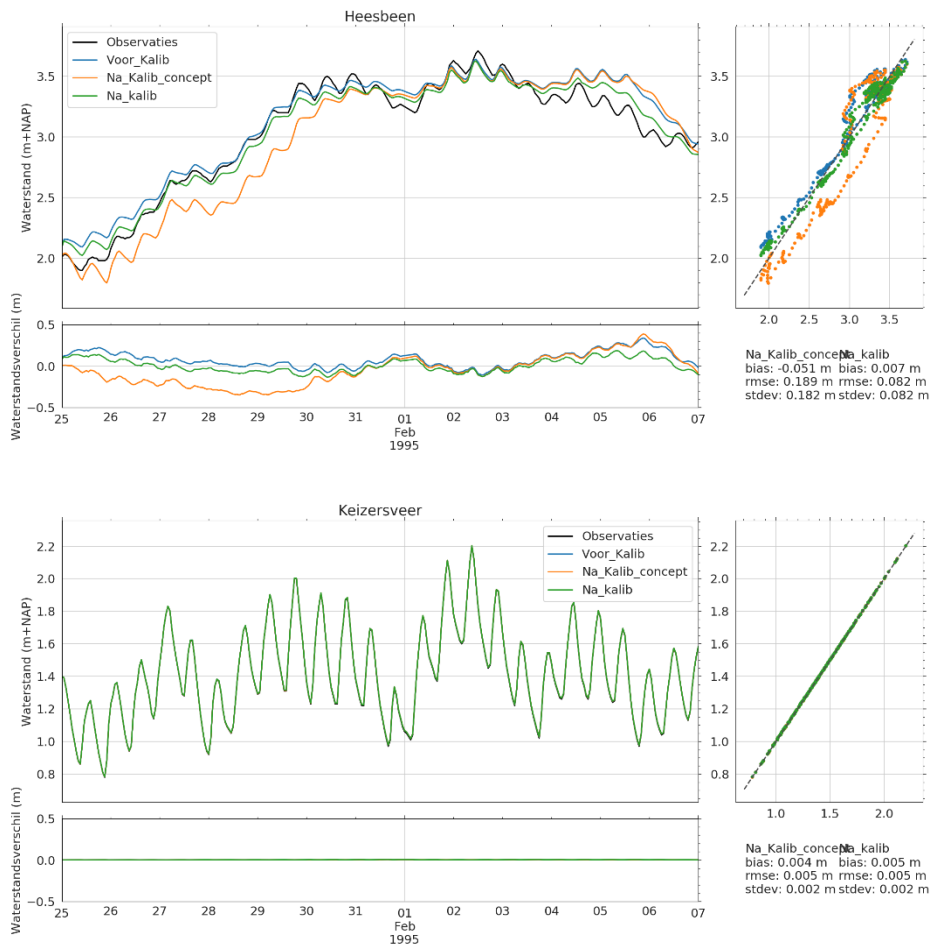










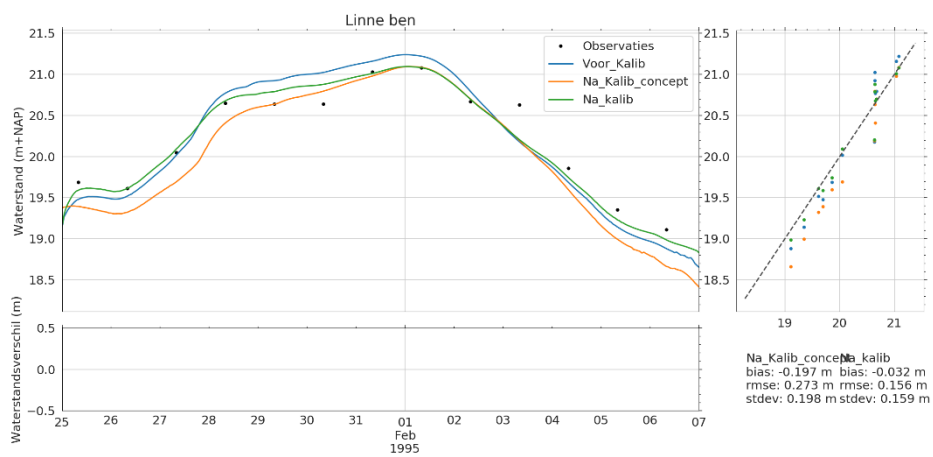
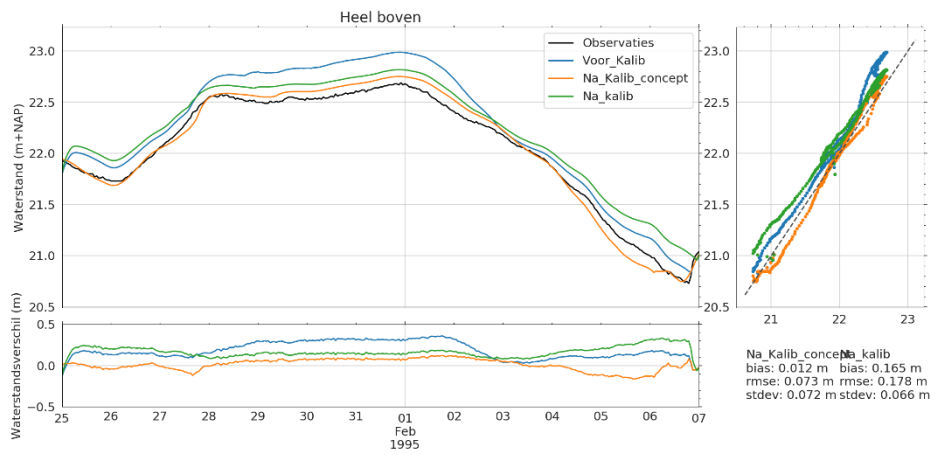
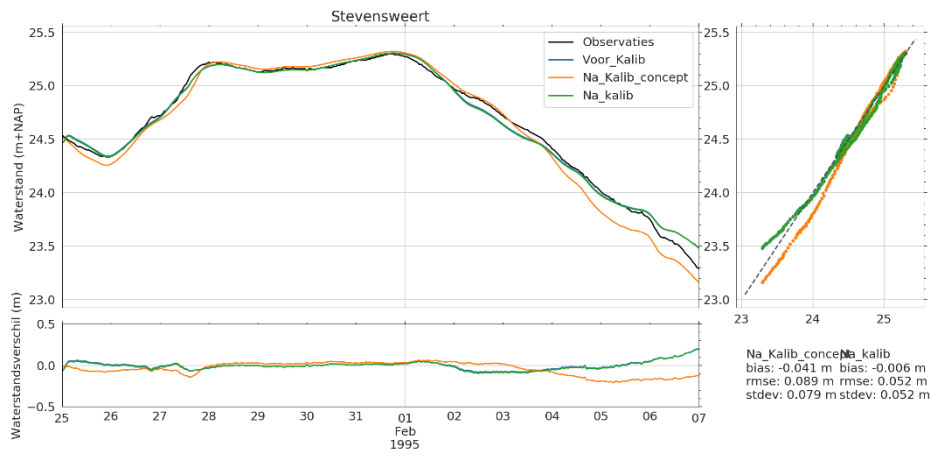


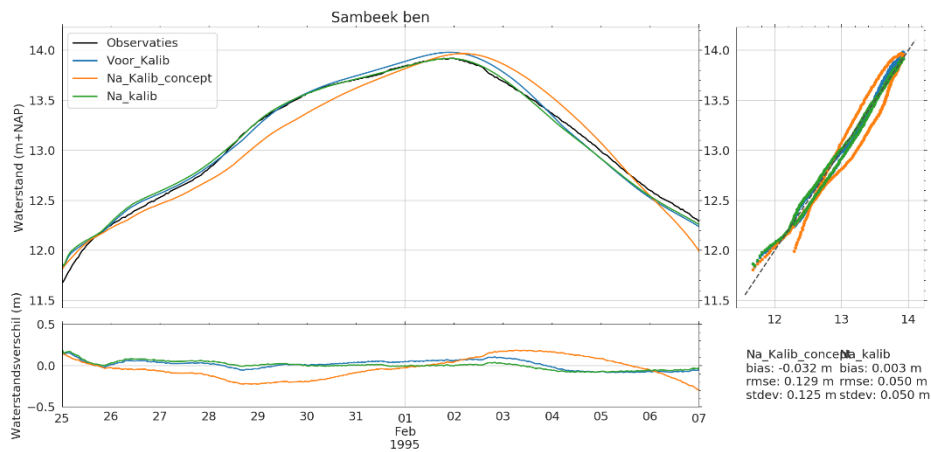
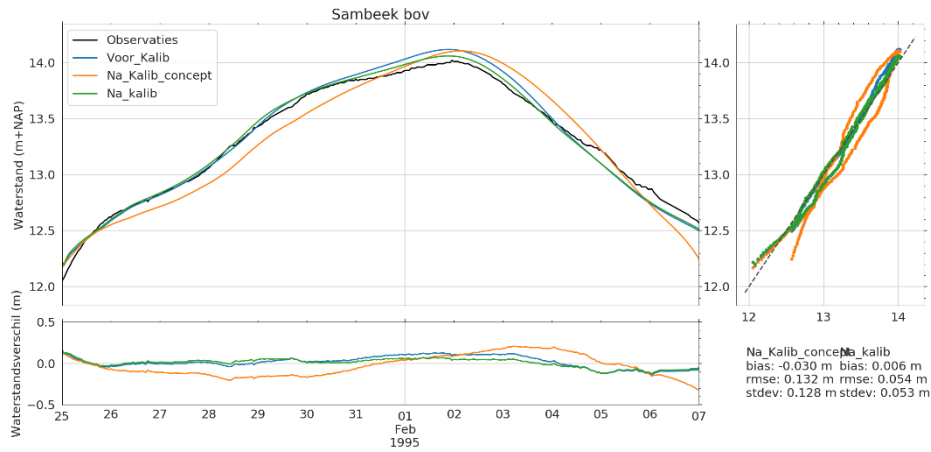
B Waterstanden na kalibratie 2

Enkele meetstations waar kalibratie 2 van invloed op is geweest.

Een uitleg bij de legenda:

- Voor kalibratie: is de situatie aan het begin van kalibratie 2. (Dit is dus gelijk aan het eindresultaat van kalibratie 1).
- Na kalibratie (concept): Dit is het resultaat zoals gepresenteerd in de rapportage v0.10 in juni 2020.
- Na kalibratie: Dit is het resultaat na kalibratie 2.





C Kalibratiefactor

C.1 Kalibratiefactor w24

```

#-----
2100 DISCHARGE MA_6.28_QR_EijsdenGrens-SintPieterNoord # Modelrand Eijsden - LMW.Maastr_StPiet
2100 0100 0.8994960602644755
2100 0800 0.8330802436745858
2100 1700 0.8678815609754384
2100 2250 0.9247292115683289
2100 2700 0.9632235050567388
#-----
2101 DISCHARGE MA_13.00_QR_SintPieterNoord-Borgharendorp # LMW.Maastr_StPiet - Borgharen_stuw
2101 0100 0.7850344393608685
2101 0800 0.7850344393608685
2101 1700 0.8721818212930593
2101 2250 0.8967617357222692
2101 2700 0.8982462586065365
#-----
2102 DISCHARGE MA_16.98_QR_Borgharendorp-LanakenSmeermaas # Borgharen_stuw - LMW.Lanaken-Smms
2102 0075 0.7644210312846402
2102 0800 0.8163236364949675
2102 1700 1.0874805123425653
2102 2250 0.9434865747740249
2102 2700 0.8670622867738966
#-----
2103 DISCHARGE MA_20.98_QR_LanakenSmeermaas-Uikhoven # LMW.Lanaken-Smms - LMW.Uikhoven
2103 0075 0.6892601402460408
2103 0800 1.0090791622577056
2103 1700 0.66905203695612
2103 2250 0.8061906127839853
2103 2700 1.1011948001363496
#-----
2104 DISCHARGE MA_27.02_QR_Uikhoven-Elsloo # LMW.Uikhoven - LMW.Elsloo
2104 0075 0.8103303739799295
2104 0800 0.6775941192611156
2104 1700 1.0160664269703323
2104 2250 1.138755467096798
2104 2750 1.1011948001363496
#-----

```

2105 DISCHARGE MA_32.98_QR_Eisloo-EisdenMazenhoven # LMW.Eisloo - LMW.Eisden-Mazho 2105 0075 1.0789923396540704 2105 0800 1.1274210859814984 2105 1700 0.9623837164976318 2105 2250 1.0266881881548306 2105 2750 0.9632761789262095 #
2106 DISCHARGE MA_37.00_QR_EisdenMazenhoven-Meeswijkveer # LMW.Eisden-Mazho - LMW.Meeswijkveer 2106 0075 0.5931092218731342 2106 0800 0.7136410699432767 2106 1700 0.7242870771932718 2106 2250 0.86840445352032 2106 2750 0.9632761789262095 #
2107 DISCHARGE MA_39.98_QR_Meeswijkveer-Negenoord # LMW.Meeswijkveer - LMW.Negenoord 2107 0075 0.8720707363926358 2107 0800 0.8995795119032507 2107 1700 0.8635570121955518 2107 2250 0.9698314016635513 2107 2750 0.9632761789262095 #
2108 DISCHARGE MA_44.02_QR_Negenoord-Grevenbicht # LMW.Negenoord - LMW.Grevenbicht 2108 0075 0.7852204543352649 2108 0800 0.859905315226715 2108 1650 0.8635570121955518 2108 2250 0.9698314016635513 2108 2750 0.9632761789262095 #
2109 DISCHARGE MA_49.02_QR_Grevenbicht-Maaseik # LMW.Grevenbicht - LMW.Maaseik 2109 0075 0.9070941002750676 2109 0800 0.8440605448740922 2109 1650 0.8185366108636762 2109 2250 0.8426734500426909 2109 2750 0.8675631996463614 #
2110 DISCHARGE MA_58.36_QR_Maaseik-Stevensweert # LMW.Maaseik - LMW.Stevensweert 2110 0075 0.7097033234167848 2110 0800 0.8643967429245588 2110 1650 0.9231221515373226 2110 2250 1.0490008327219849 2110 2750 1.0763691933237922 #
2111 DISCHARGE MA_64.02_QR_Stevensweert-Linnebeneden # LMW.Stevensweert - Linne_stuw 2111 0075 0.8621053688583266 2111 0800 0.8621053688583266 2111 1600 0.9623943886836513 2111 2250 1.2365882890534283 2111 2750 1.3892189592375825 #
2112 DISCHARGE MA_78.78_QR_Linnebeneden-Roermondboven # Linne_stuw - Roermond_stuw 2112 0100 0.7903730416952678 2112 0800 0.7903730416952678 2112 1600 0.7452504106095754 2112 2300 0.7319735920694045 2112 2700 1.1019364398134972 #
2113 DISCHARGE MA_87.34_QR_Roermondboven-Neer # Roermond_stuw - LMW.Neer 2113 0125 0.705728024022979 2113 0850 0.705728024022979 2113 1600 0.7796347970336434 2113 2300 0.997251079217547 2113 2800 1.3978840752683699 #
2114 DISCHARGE MA_92.80_QR_Neer-Belfeldboven # LMW.Neer - Belfeld_stuw 2114 0125 0.7776052280833032 2114 0850 0.7776052280833032 2114 1600 0.8127613500778154 2114 2300 0.9151185602538849 2114 2850 0.8369409973684464 #
2115 DISCHARGE MA_104.98_QR_Belfeldbeneden-Venlo # Belfeld_stuw - LMW.Venlo 2115 0125 0.6035951033600764 2115 0850 0.6035951033600764 2115 1600 0.5956426139718924 2115 2300 0.8183647918884075 2115 2850 0.764015819934057 #
2116 DISCHARGE MA_120.00_QR_Venlo-Welldorp # LMW.Venlo (haven) - LMW.Well_dorp 2116 0125 0.8537474540047246 2116 0850 0.8537474540047246 2116 1600 0.8275152063749874 2116 2300 0.9457673679478099 2116 2850 0.9938758734844586 #
2117 DISCHARGE MA_137.04_QR_Well_dorp-Sambeekboven # LMW.Well_dorp - Sambeek_stuw 2117 0125 0.8410929682266658 2117 0850 0.8410929682266658 2117 1550 0.8486471815400336 2117 2300 0.9669131729473044 2117 2850 1.0340404170169 #
2118 DISCHARGE MA_152.12_QR_Sambeekboven-Gennep # Sambeek_stuw - LMW.Gennep 2118 0125 0.9189726538006324 2118 0850 0.9189726538006324 2118 1550 0.8634736471033887 2118 2300 1.0896595818294286 2118 2850 1.3356156808903759 #
2119 DISCHARGE MA_159.40_QR_Gennep-Mook # LMW.Gennep - LMW.Mook 2119 0150 0.8935760724393446

2119 0900 0.8935760724393446
2119 1550 0.8337356581924006
2119 2300 0.9517700325515209
2119 2850 0.9533146193169808
#
2120 DISCHARGE MA_171.60_QR_Mook-Graveboven # LMW.Mook - Grave_stuw
2120 0150 0.7875809102411372
2120 0900 0.7875809102411372
2120 1550 0.8355793507061234
2120 2250 0.8433792084784563
2120 2850 0.9533146193169808
#
2121 DISCHARGE MA_182.86_QR_Graveboven-Megendorp # Grave_stuw - LMW.Megen
2121 0150 0.8098954825862953
2121 0900 0.8098954825862953
2121 1550 0.8152444454655579
2121 2250 0.9321227417258218
2121 2850 0.9642991448881854
#
2122 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # LMW.Megen - Lith_stuw
2122 0150 0.7941417076889443
2122 0900 0.7941417076889443
2122 1550 0.9116025512630495
2122 2250 0.9482745681621785
2122 2850 1.0288773694672384
#
2123 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # Lith_stuw - LMW.Heesbeen
2123 0150 0.8170498087281182
2123 0900 0.8170498087281182
2123 1550 0.769436572367879
2123 2250 1.0030795364229392
2123 2850 0.9900671084589127
#
2124 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # LMW.Heesbeen - LMW.Keizersveer
2124 0150 0.8947270517223931
2124 0900 0.8947270517223931
2124 1550 0.6926188068088073
2124 2250 0.9547107256996563
2124 2850 0.7352867292803292

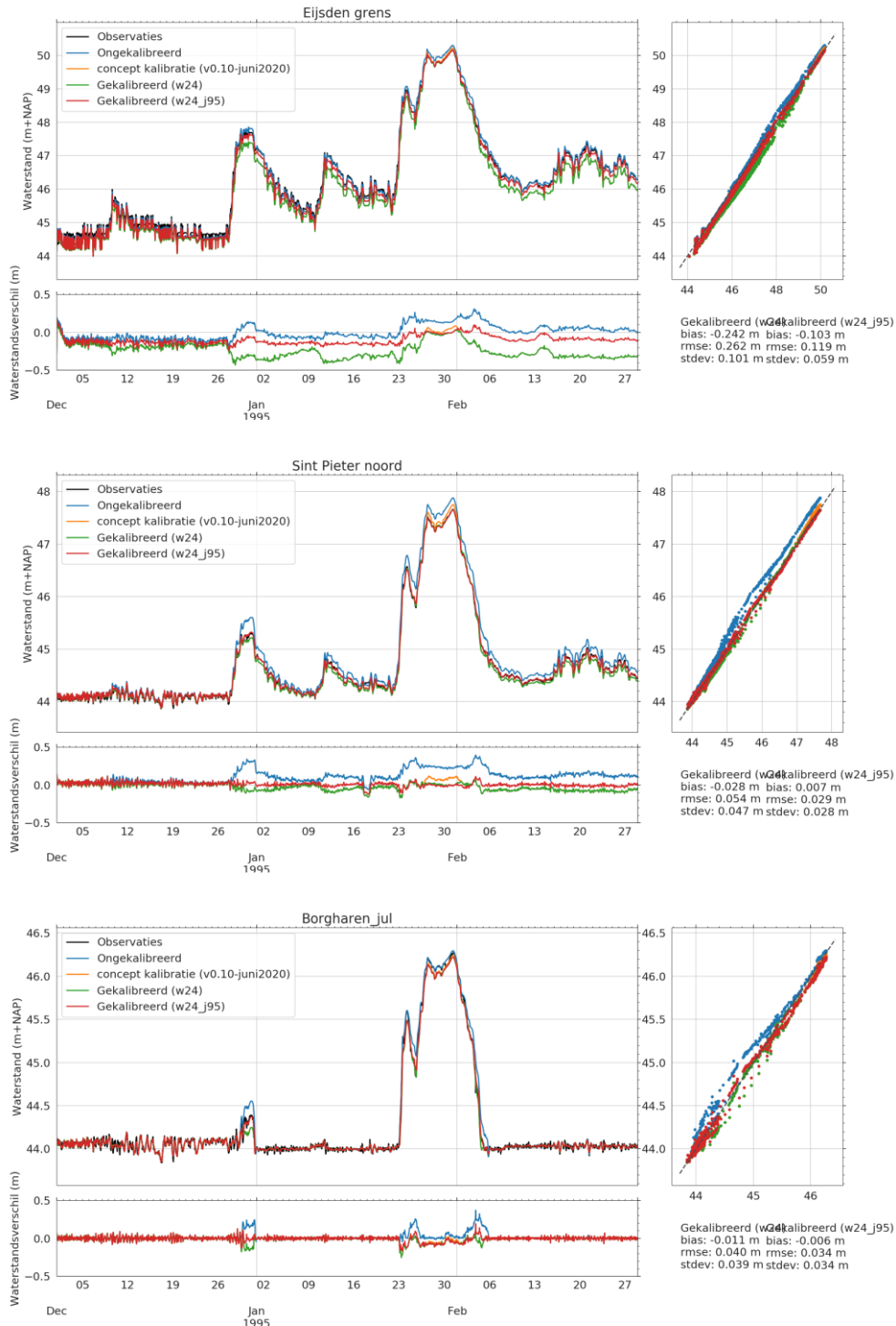
C.2 Kalibratiefactor w24_j95

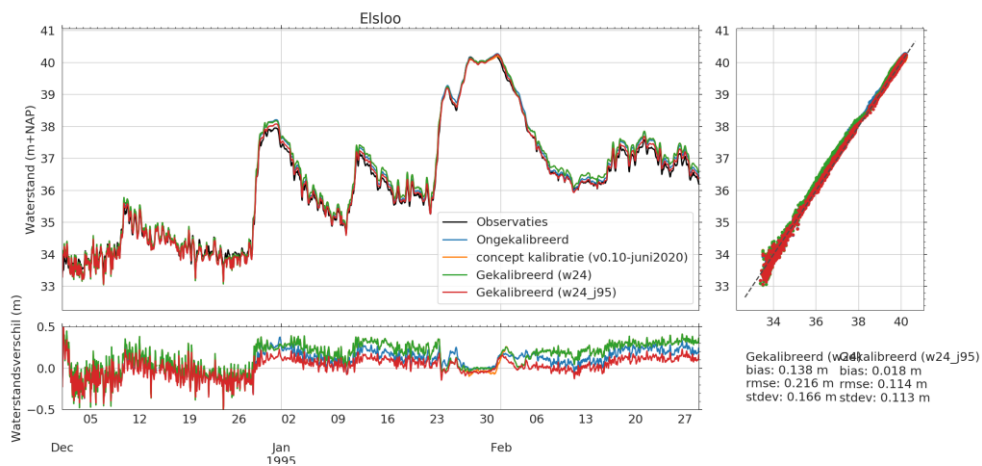
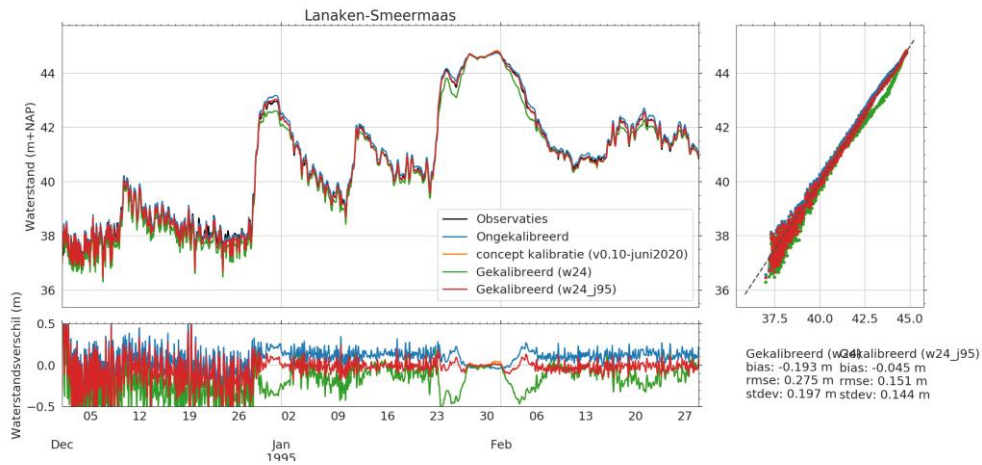
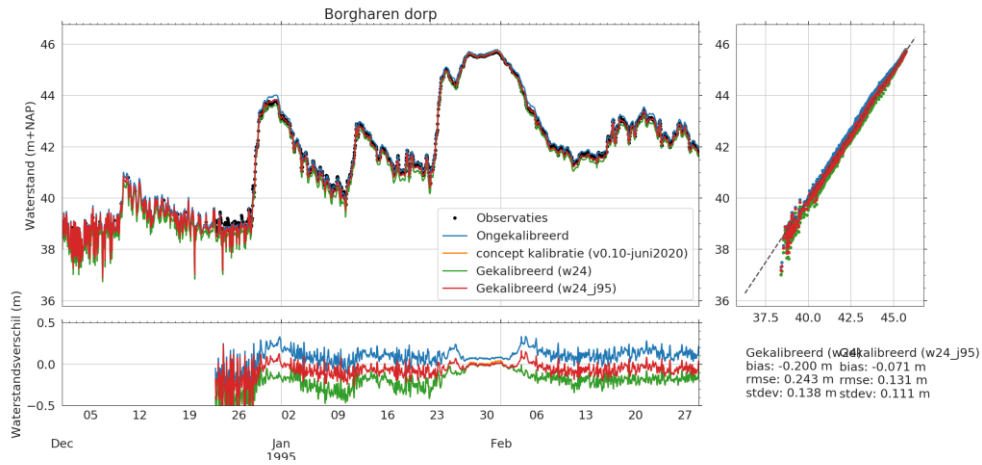
#
2100 DISCHARGE MA_6.28_QR_EijsdenGrens-SintPieterNoord # Modelrand Eijsden - LMW.Maastr_StPiet
2100 2250 0.9474369601086174
2100 2700 0.9632235050567388
#
2101 DISCHARGE MA_13.00_QR_SintPieterNoord-Borgharendorp # LMW.Maastr_StPiet - Borgharen_stuw
2101 2250 0.8660492935174264
2101 2700 0.8982462586065365
#
2102 DISCHARGE MA_16.98_QR_Borgharendorp-LanakenSmeermaas # Borgharen_stuw - LMW.Lanaken-Smms
2102 2250 0.9249865130846461
2102 2700 0.8670622867738966
#
2103 DISCHARGE MA_20.98_QR_LanakenSmeermaas-Uikhoven # LMW.Lanaken-Smms - LMW.Uikhoven
2103 2250 0.8840820071561076
2103 2700 1.1011948001363496
#
2104 DISCHARGE MA_27.02_QR_Uikhoven-Elsloo # LMW.Uikhoven - LMW.Elsloo
2104 2250 1.2487781463174672
2104 2750 1.1011948001363496
#
2105 DISCHARGE MA_32.98_QR_Elsloo-EisdenMazenhoven # LMW.Elsloo - LMW.Eisden-Mazho
2105 2250 0.9256242389904981
2105 2750 0.9632761789262095
#
2106 DISCHARGE MA_37.00_QR_EisdenMazenhoven-Meeswijkveer # LMW.Eisden-Mazho - LMW.Meeswijkveer
2106 2250 0.7829214562897896
2106 2750 0.9632761789262095
#
2107 DISCHARGE MA_39.98_QR_Meeswijkveer-Negenoord # LMW.Meeswijkveer - LMW.Negenoord
2107 2250 0.8743642553512404
2107 2750 0.9632761789262095
#
2108 DISCHARGE MA_44.02_QR_Negenoord-Grevenbicht # LMW.Negenoord - LMW.Grevenbicht
2108 2250 0.8743642553512404
2108 2750 0.9632761789262095
#
2109 DISCHARGE MA_49.02_QR_Grevenbicht-Maaseik # LMW.Grevenbicht - LMW.Maaseik
2109 2250 0.9607869707439752
2109 2750 0.8675631996463614
#
2110 DISCHARGE MA_58.36_QR_Maaseik-Stevensweert # LMW.Maaseik - LMW.Stevensweert
2110 2250 0.9771102182770635
2110 2750 1.0763691933237922
#
2111 DISCHARGE MA_64.02_QR_Stevensweert-Linnebeneden # LMW.Stevensweert - Linne_stuw
2111 2250 1.0611719547176246
2111 2750 1.3892189592375825
#
2112 DISCHARGE MA_78.78_QR_Linnebeneden-Roermondboven # Linne_stuw - Roermond_stuw
2112 2300 1.0816291908799833

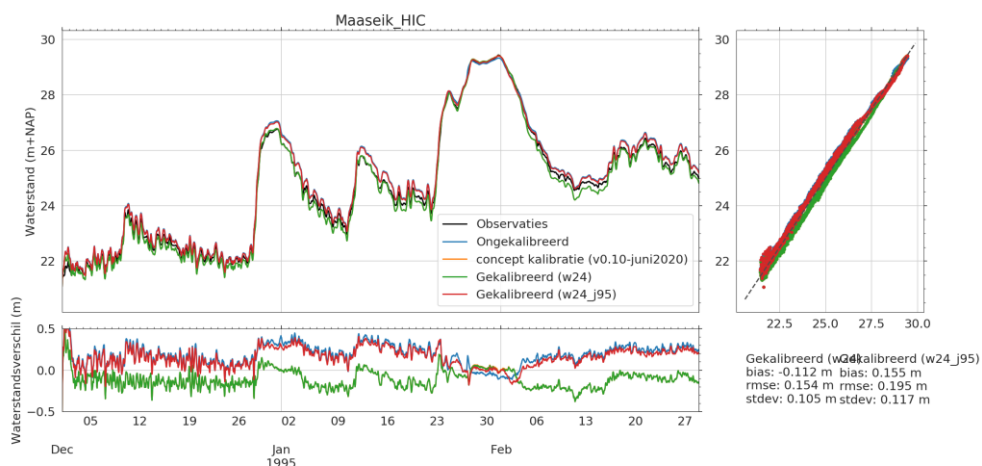
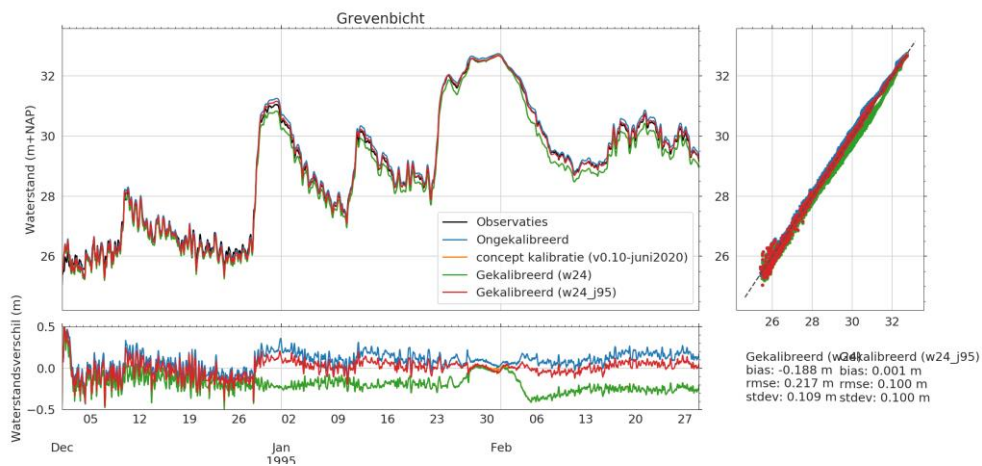
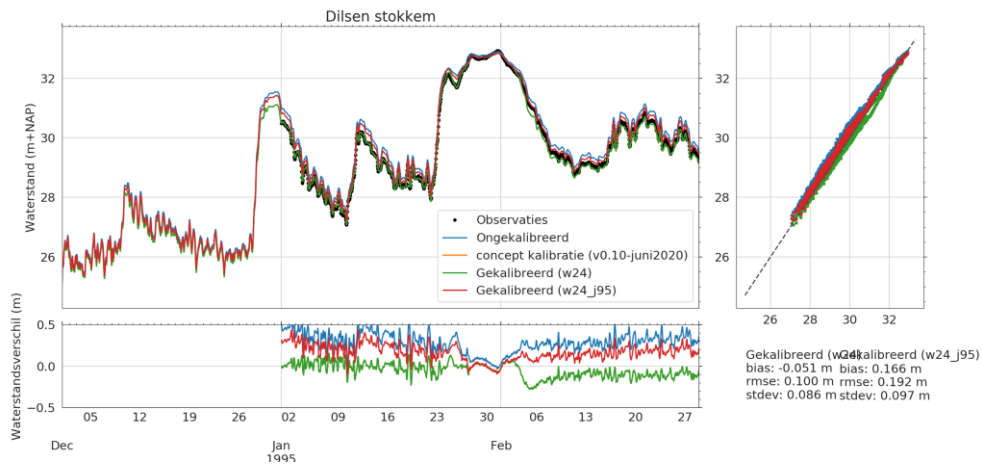
2112 2700 1.1019364398134972
#
2113 DISCHARGE MA_87.34_QR_Roermondboven-Neer # Roermond_stuw - LMW.Neer
2113 2300 0.4422171465627564
2113 2800 1.3978840752683699
#
2114 DISCHARGE MA_92.80_QR_Neer-Belfeldboven # LMW.Neer - Belfeld_stuw
2114 2300 1.0198644903062841
2114 2850 0.8369409973684464
#
2115 DISCHARGE MA_104.98_QR_Belfeldbeneden-Venlo # Belfeld_stuw - LMW.Venlo
2115 2300 0.894409282077905
2115 2850 0.764015819934057
#
2116 DISCHARGE MA_120.00_QR_Venlo-Welldorp # LMW.Venlo (haven) - LMW.Well_dorp
2116 2300 0.9836928050326273
2116 2850 0.9938758734844586
#
2117 DISCHARGE MA_137.04_QR_Welldorp-Sambeekboven # LMW.Well_dorp - Sambeek_stuw
2117 2300 1.034473533142535
2117 2850 1.0340404170169
#
2118 DISCHARGE MA_152.12_QR_Sambeekboven-Gennep # Sambeek_stuw - LMW.Gennep
2118 2300 0.9596139507568104
2118 2850 1.3356156808903759
#
2119 DISCHARGE MA_159.40_QR_Gennep-Mook # LMW.Gennep - LMW.Mook
2119 2300 1.0364768544035825
2119 2850 0.9533146193169808
#
2120 DISCHARGE MA_171.60_QR_Mook-Graveboven # LMW.Mook - Grave_stuw
2120 2250 0.9184393279642525
2120 2850 0.9533146193169808
#
2121 DISCHARGE MA_182.86_QR_Graveboven-Megendorp # Grave_stuw - LMW.Megen
2121 2250 0.9784896627848113
2121 2850 0.9642991448881854
#
2122 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # LMW.Megen - Lith_stuw
2122 2250 0.9785731718961123
2122 2850 1.0288773694672384
#
2123 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # Lith_stuw - LMW.Heesbeen
2123 2250 1.006264231145058
2123 2850 0.9900671084589127
#
2124 DISCHARGE MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven # LMW.Heesbeen - LMW.Keizersveer
2124 2250 0.9224636139547641
2124 2850 0.7352867292803292

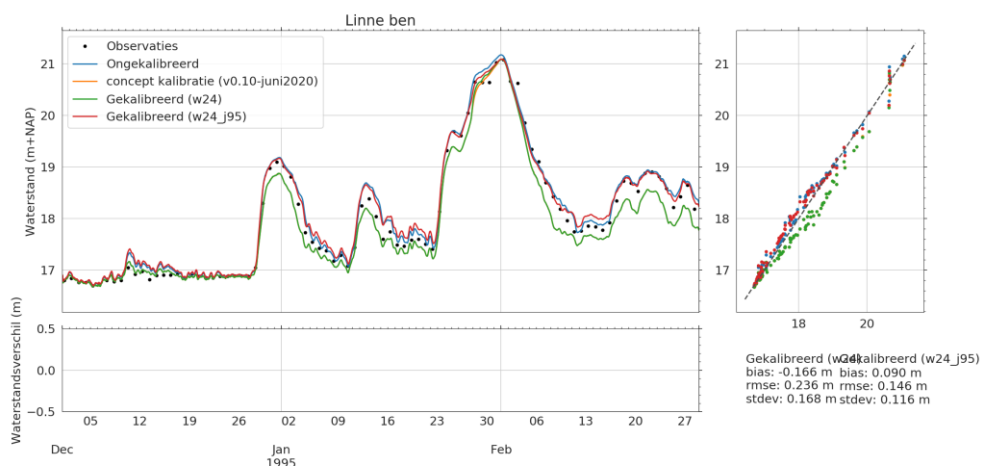
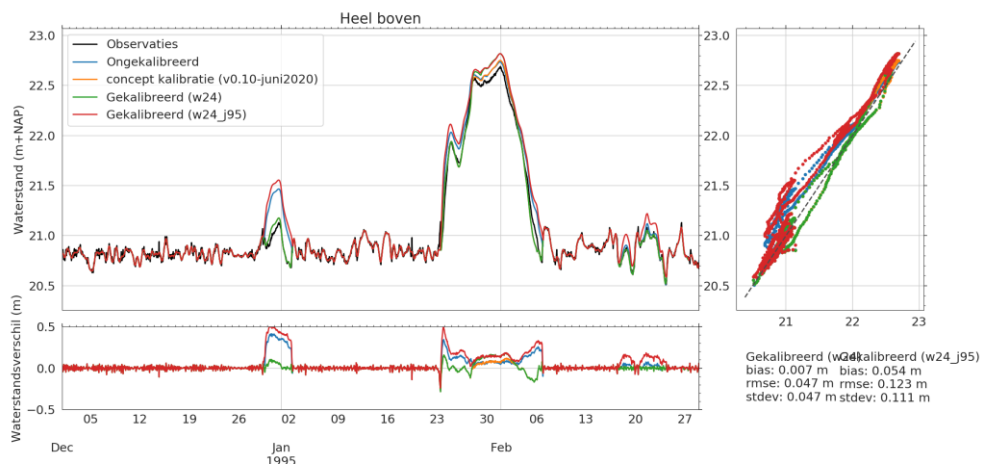
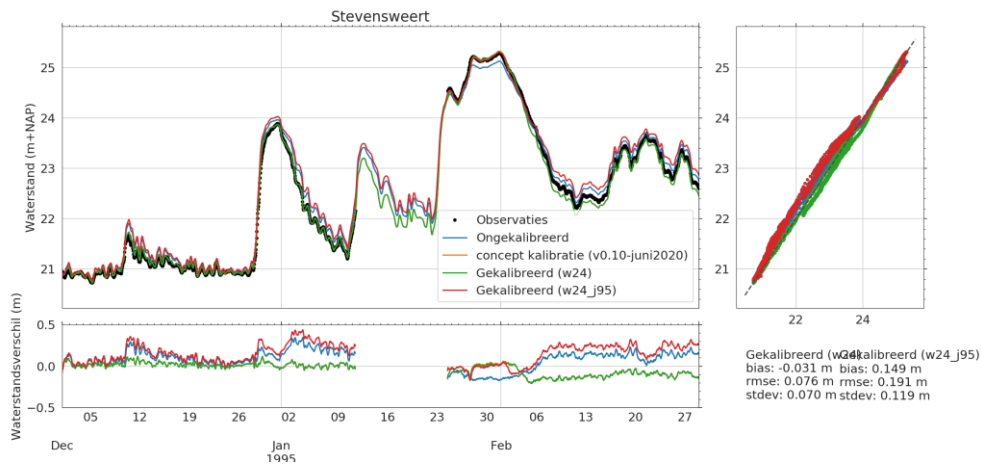
D Validatieresultaten

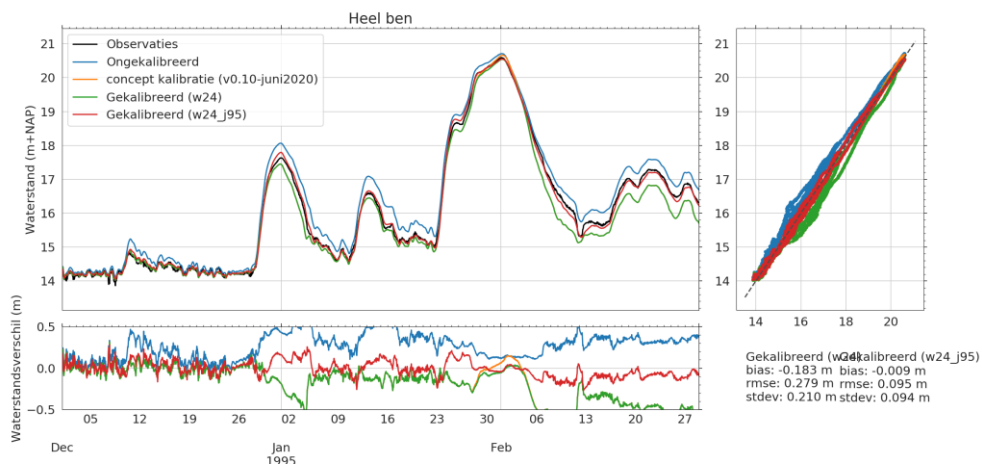
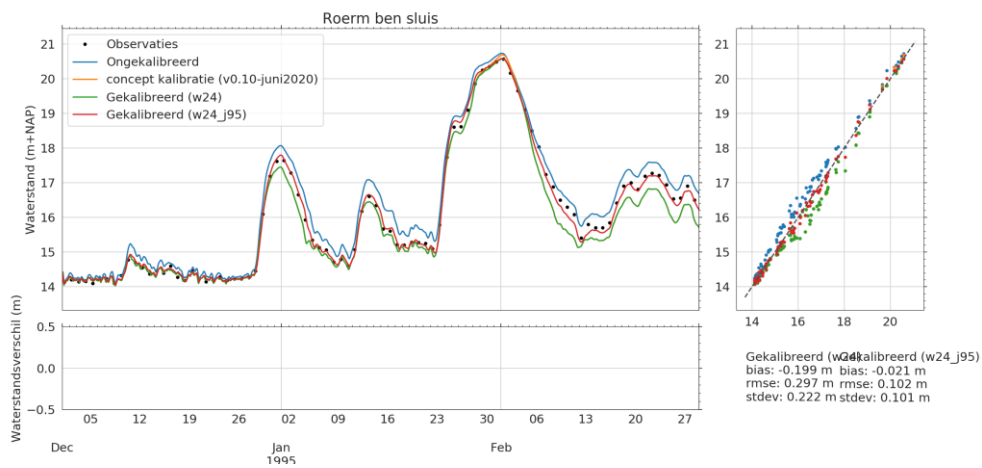
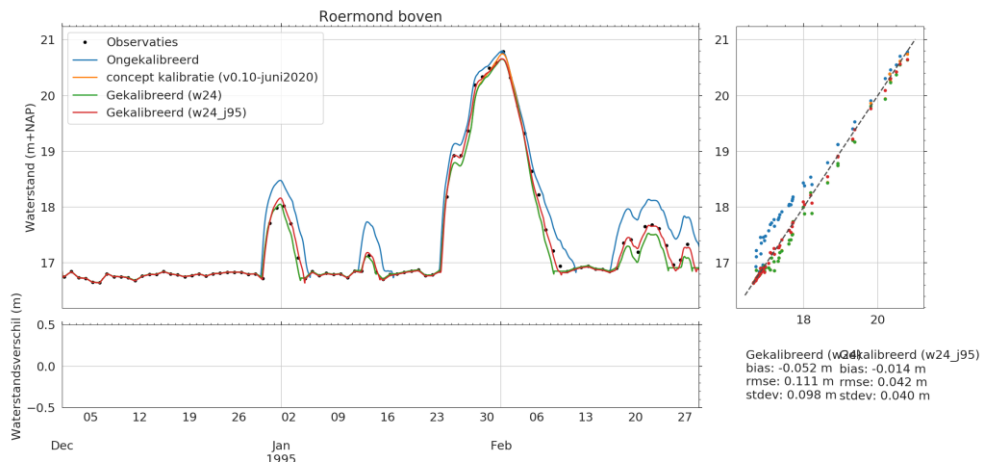
D.1 HW1995

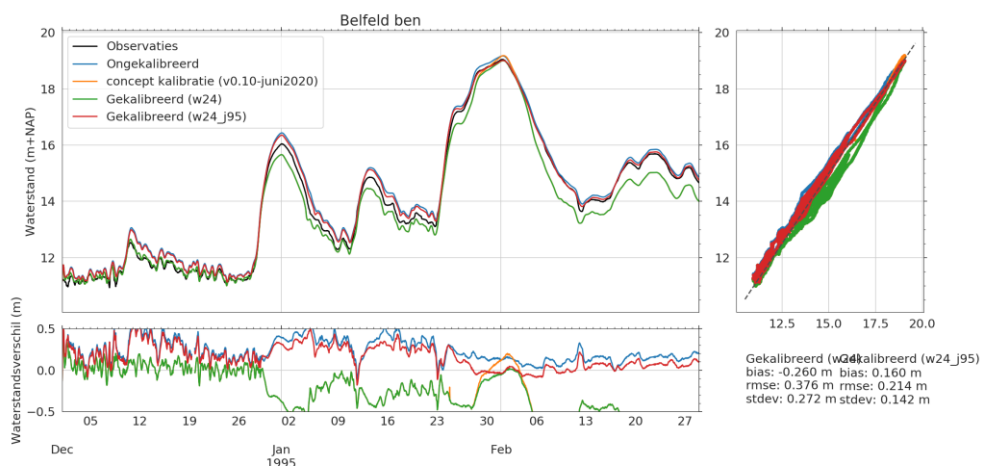
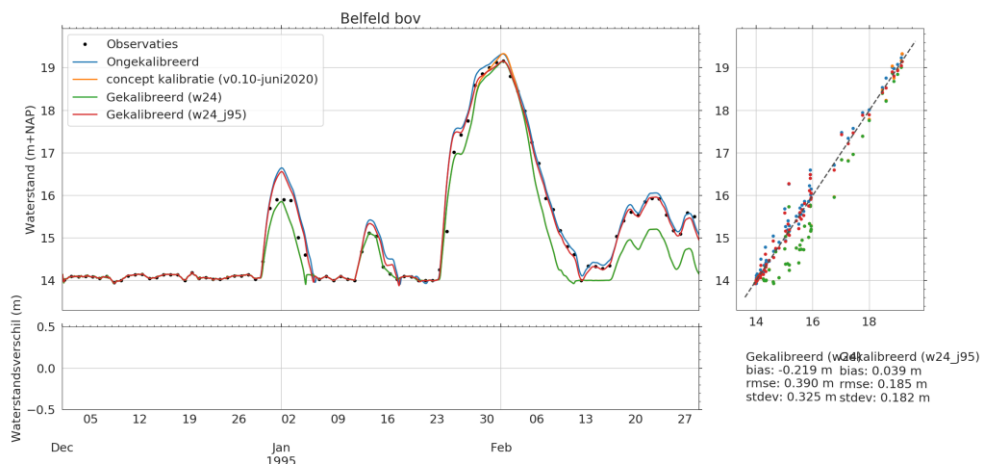
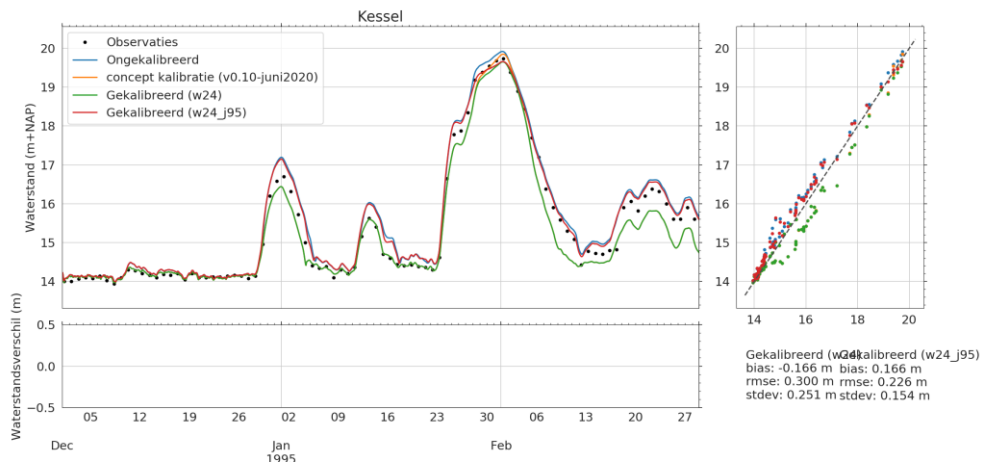


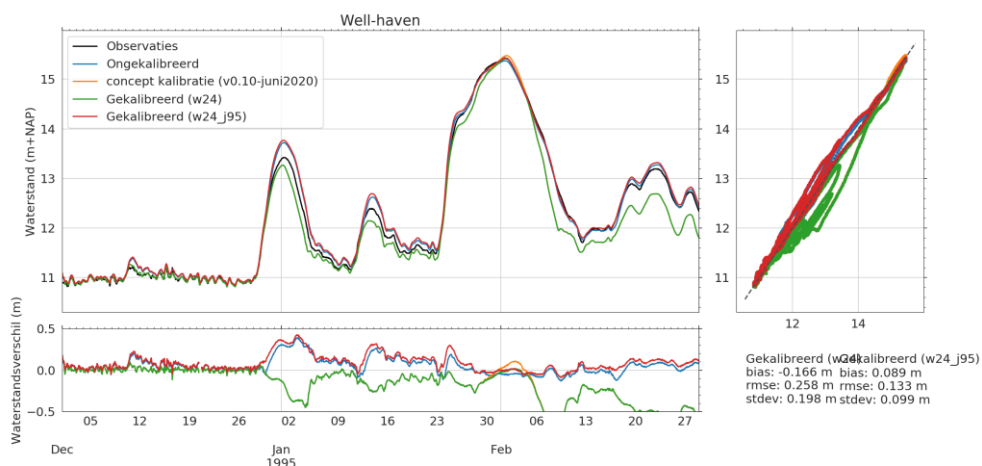
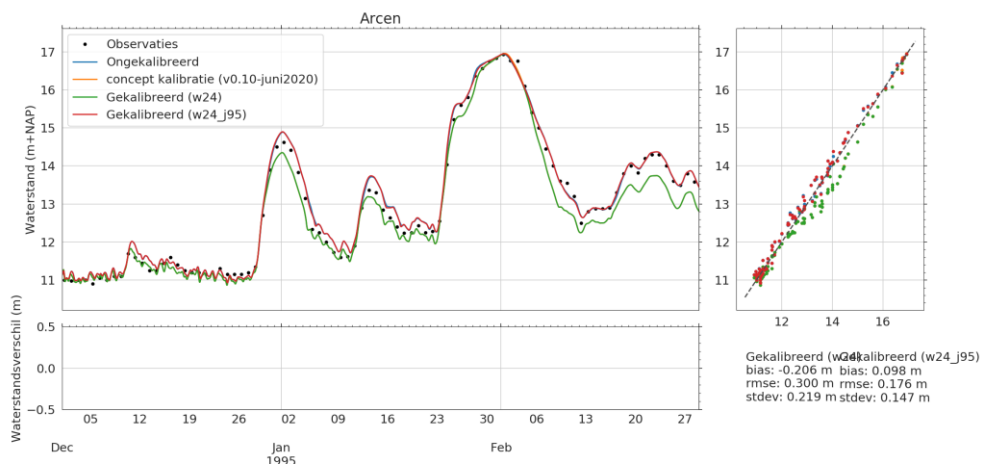
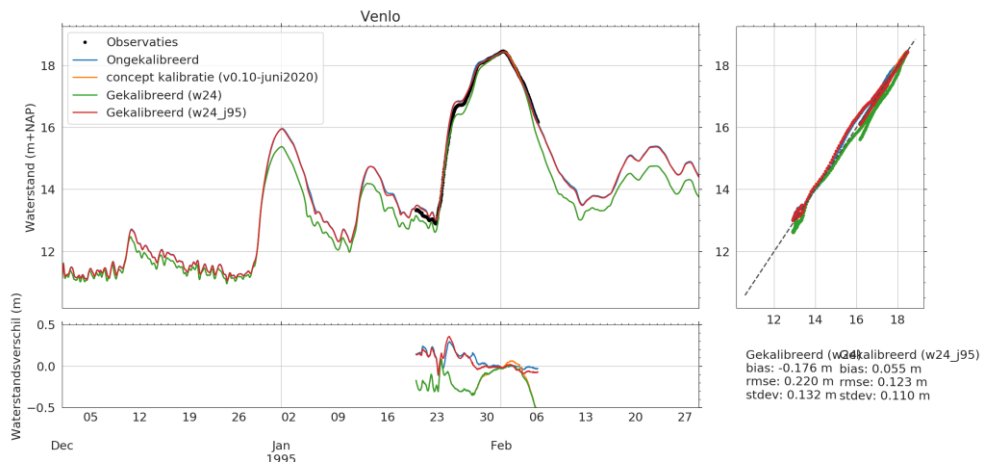


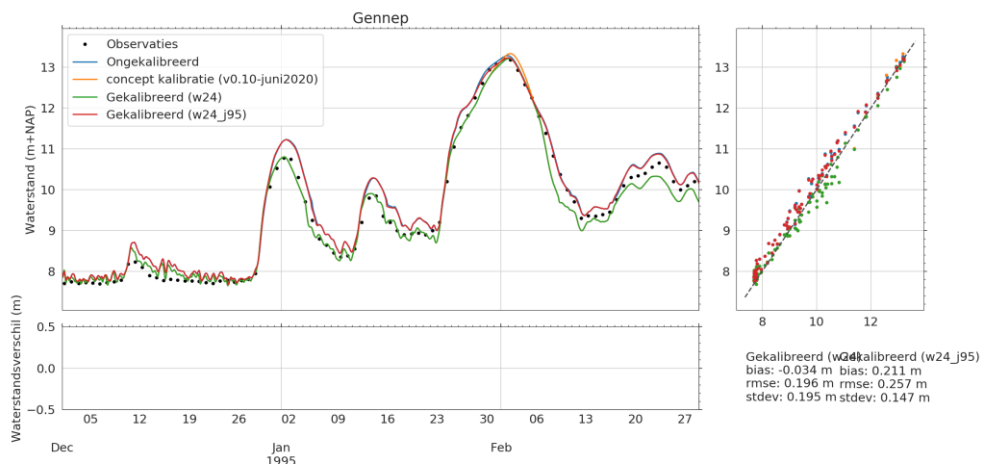
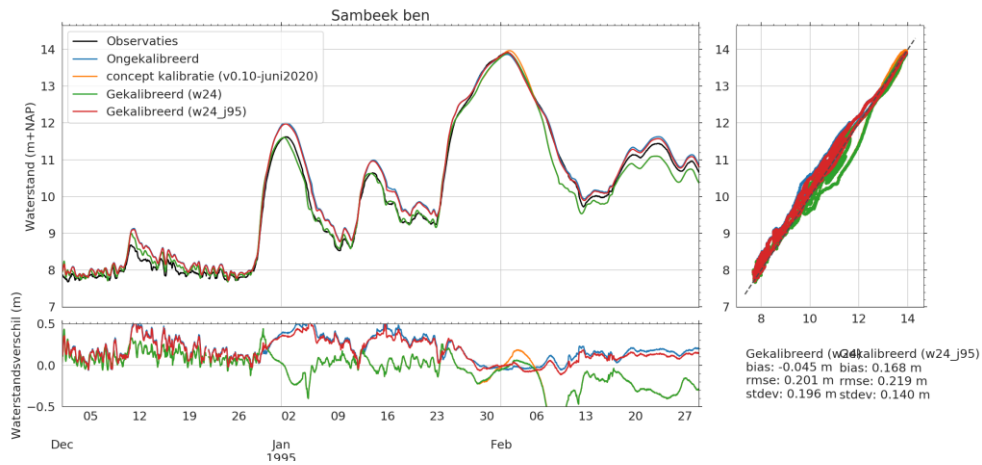
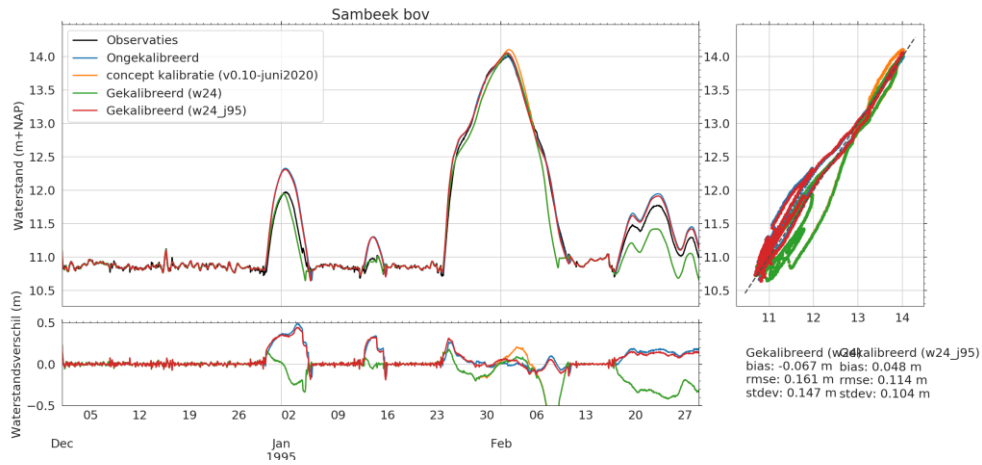


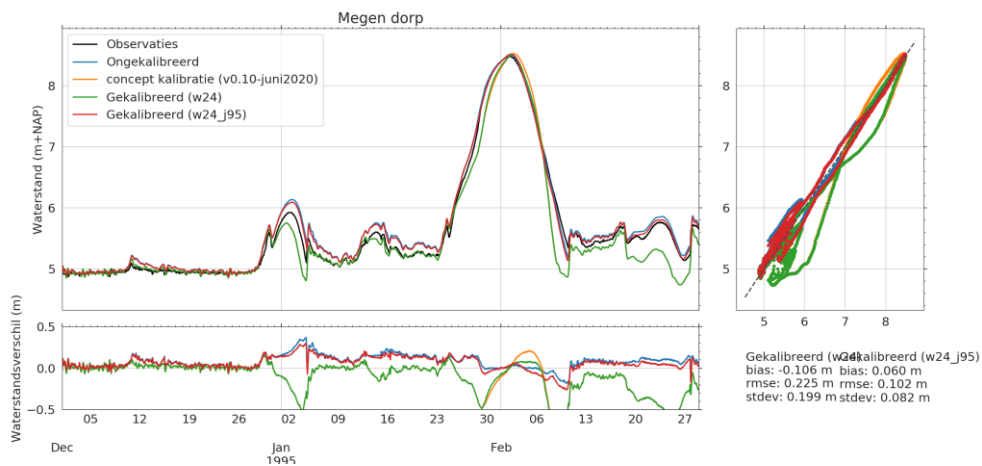
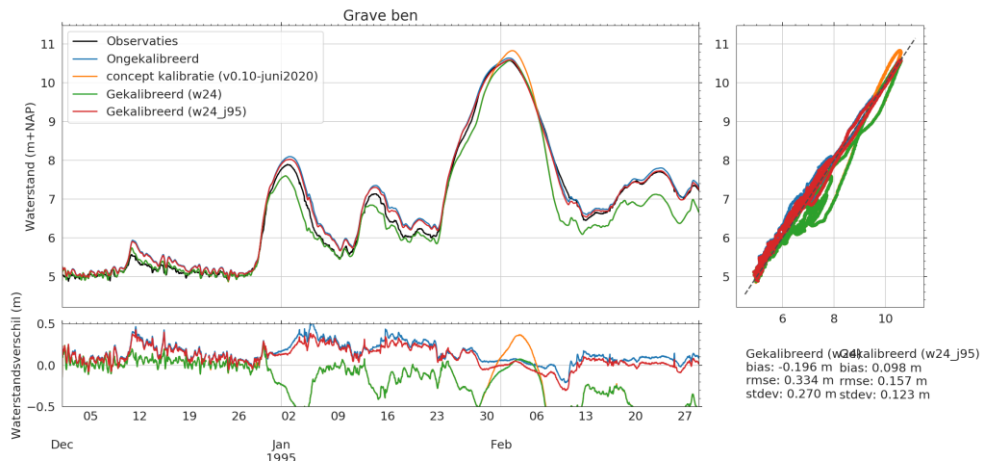
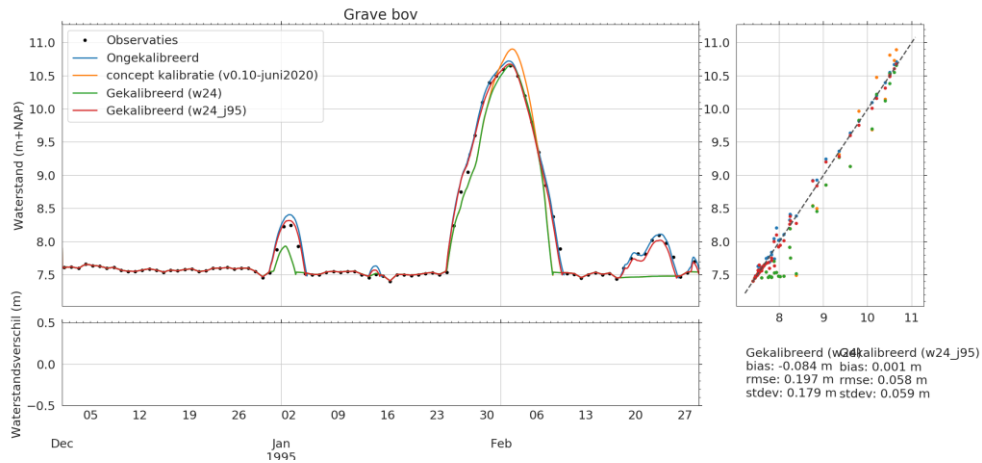


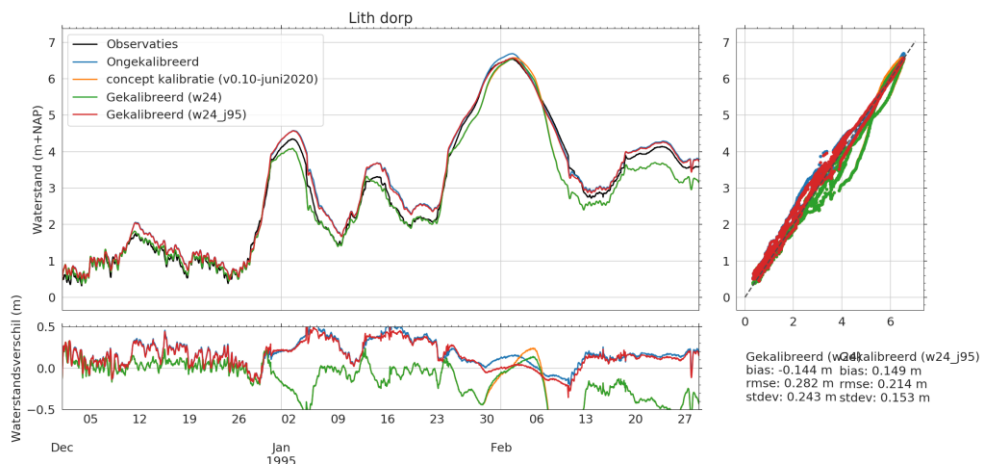
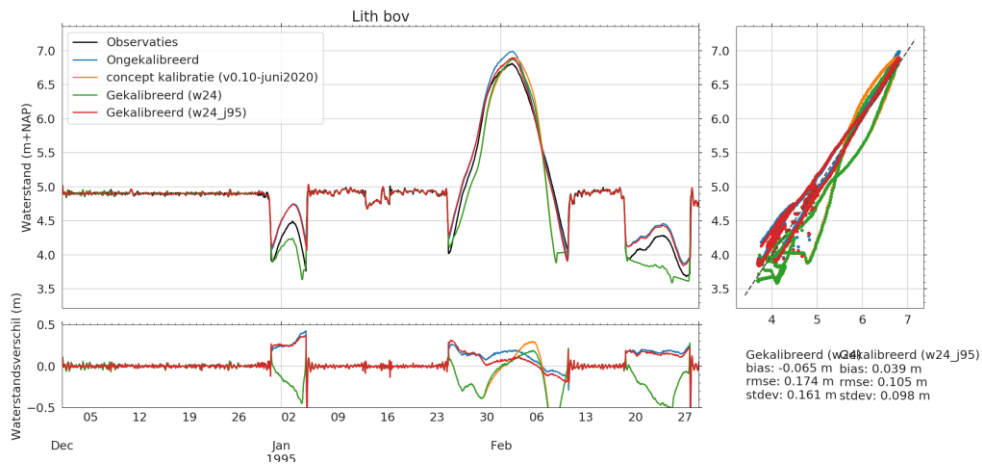


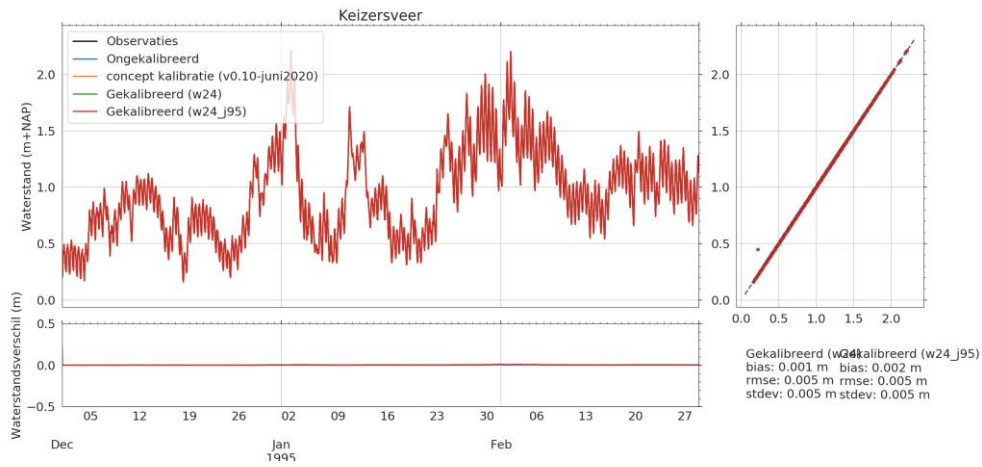
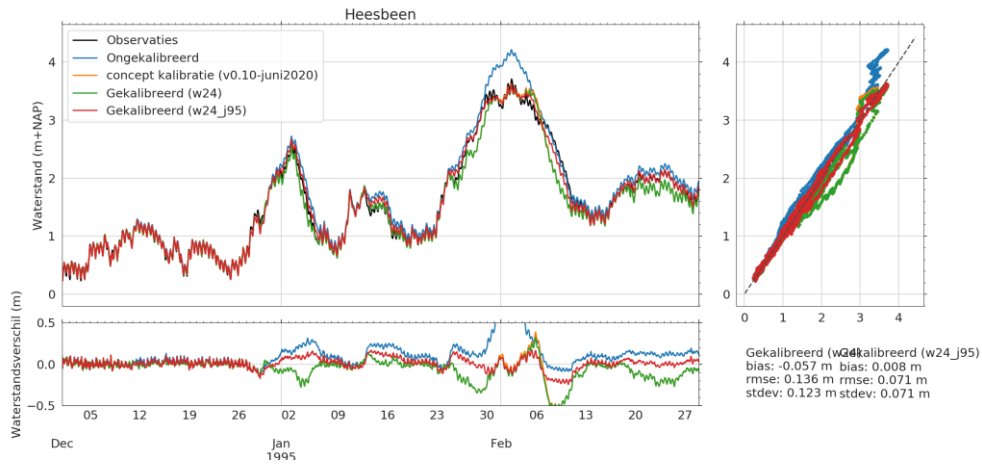




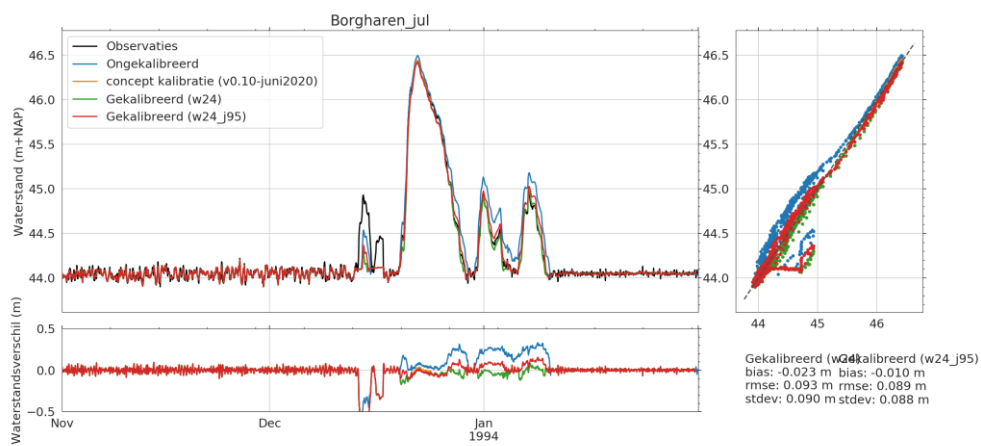
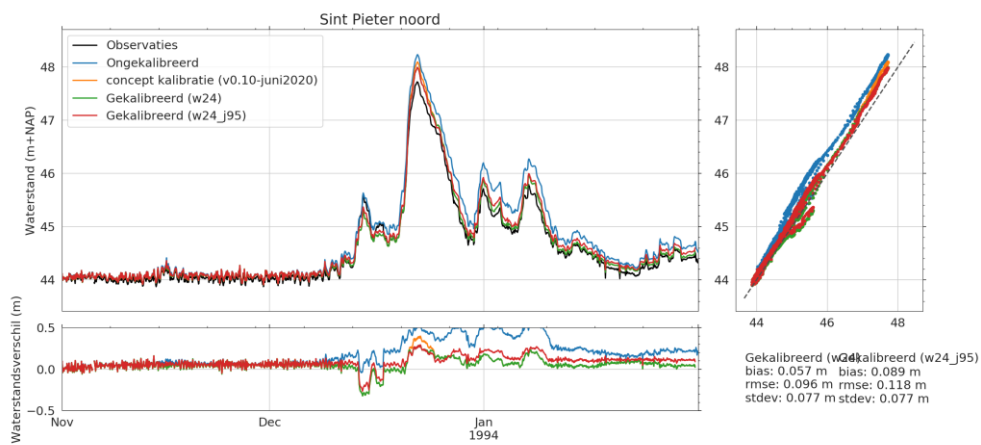
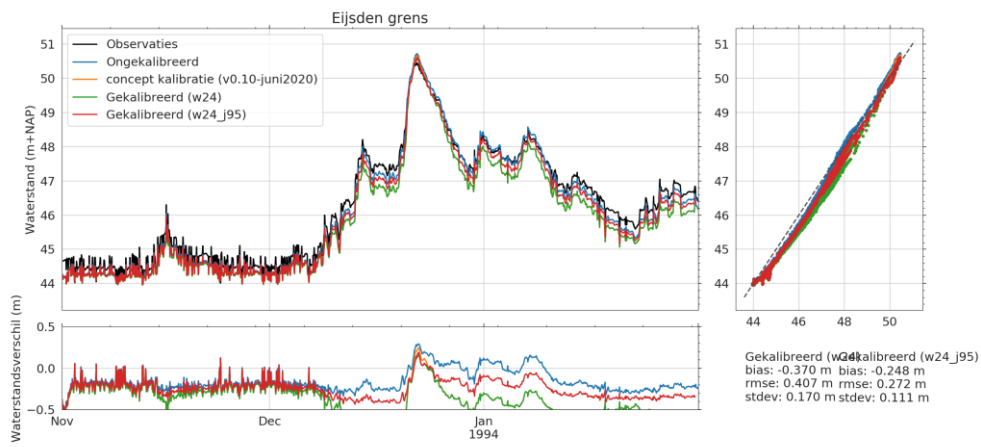


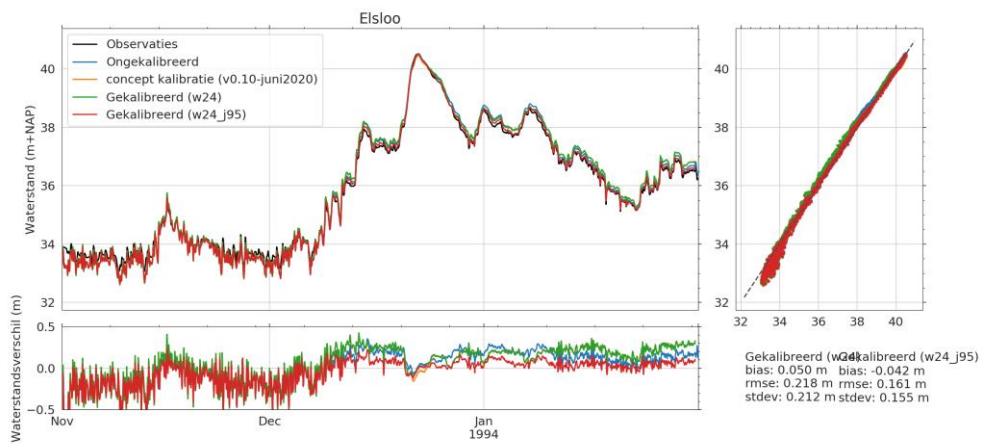
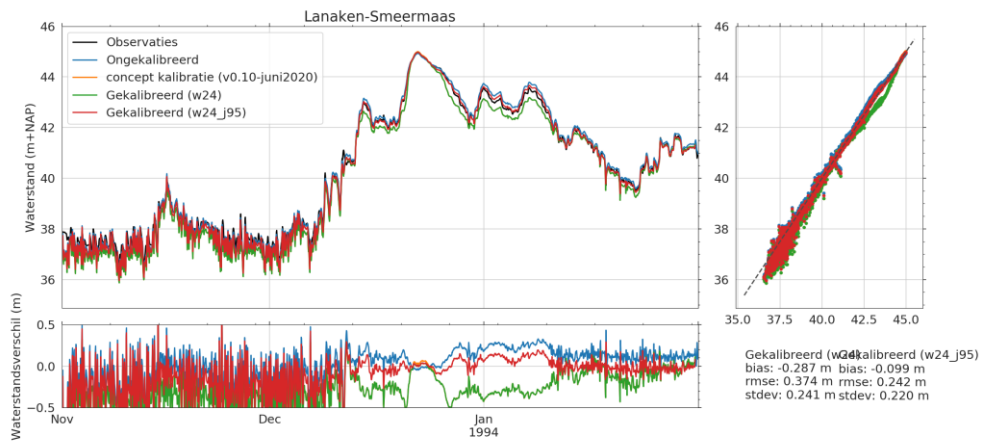
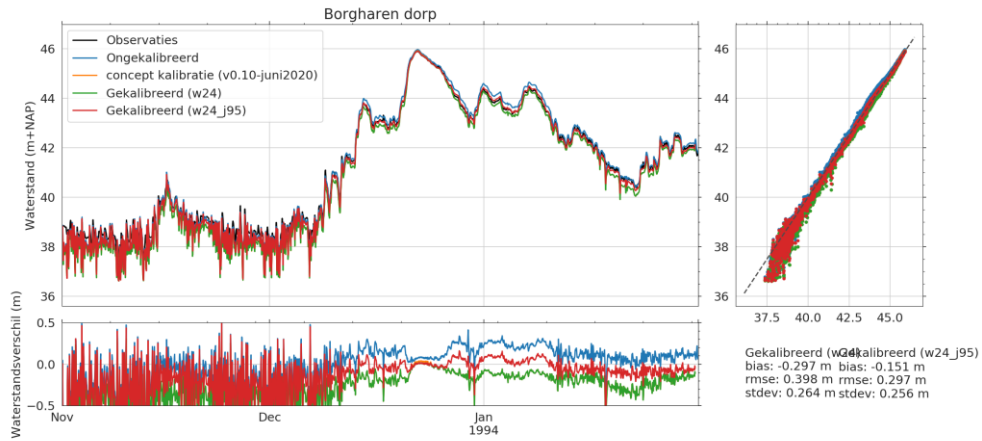


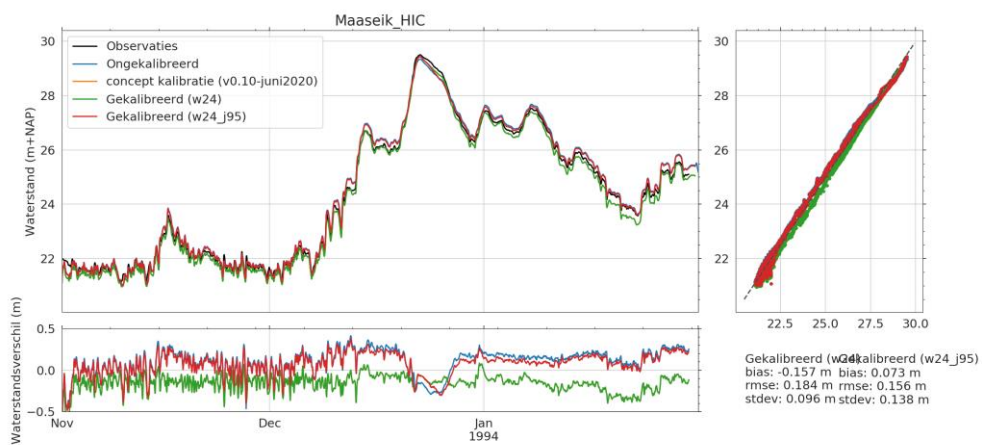
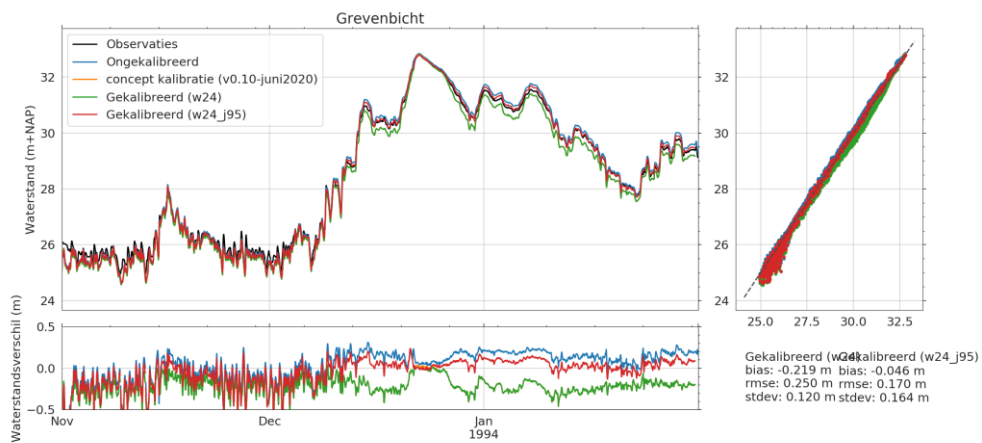
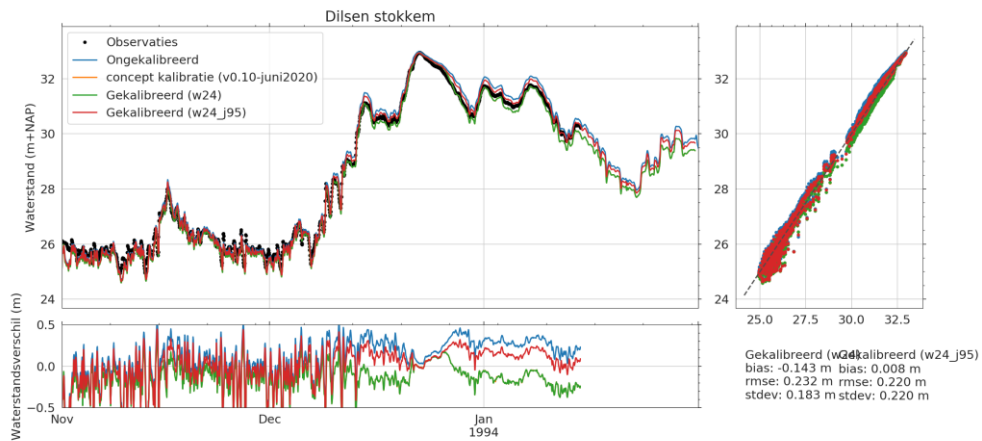


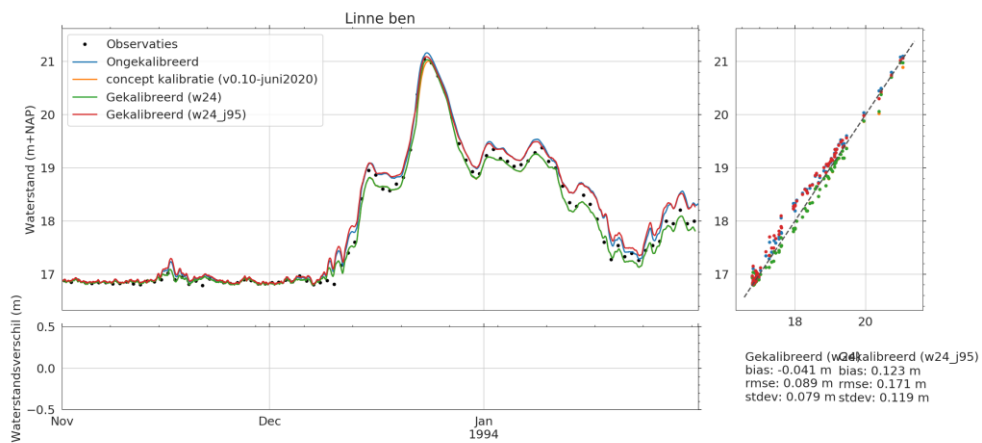
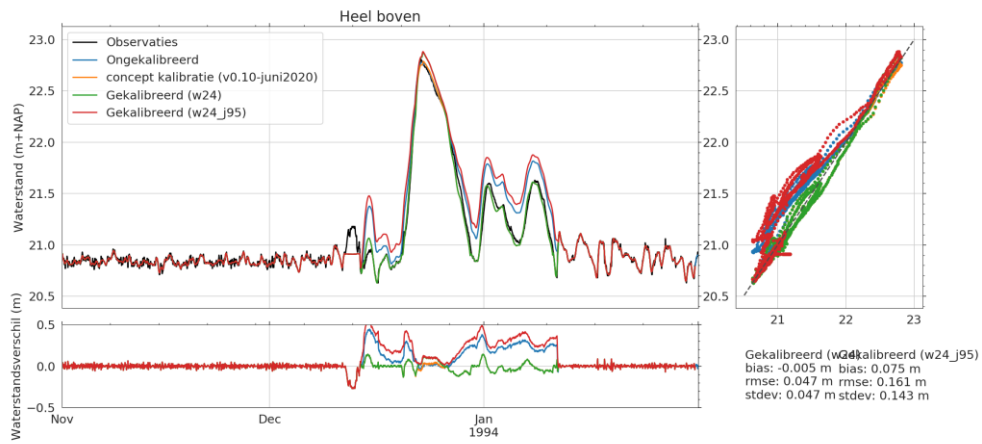
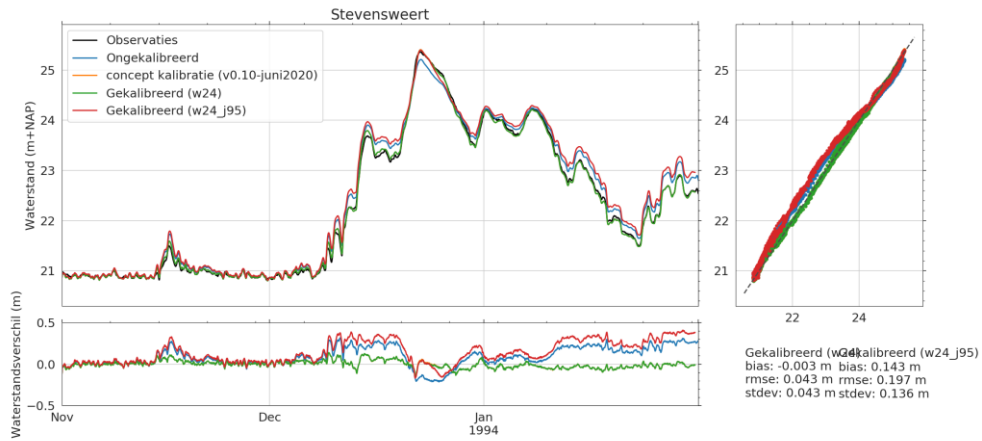


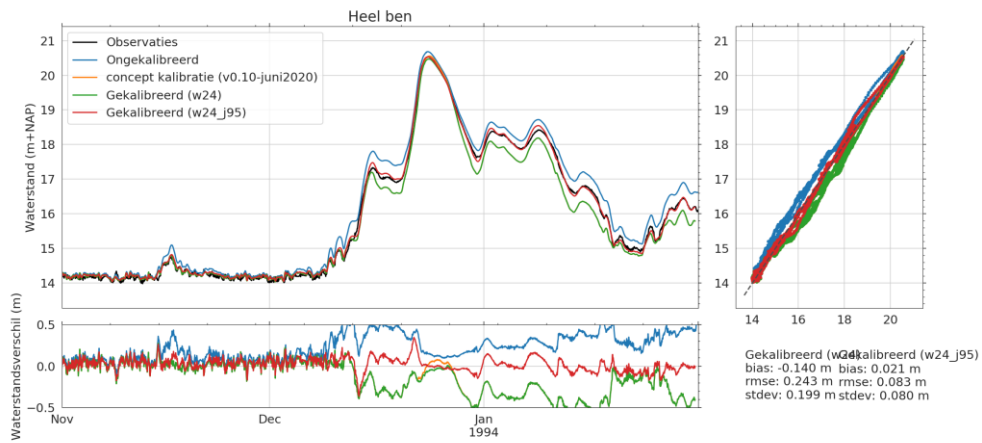
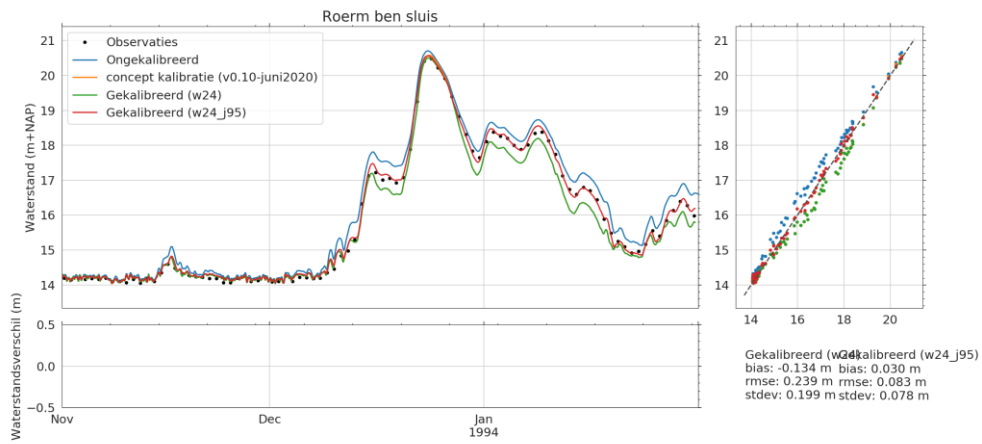
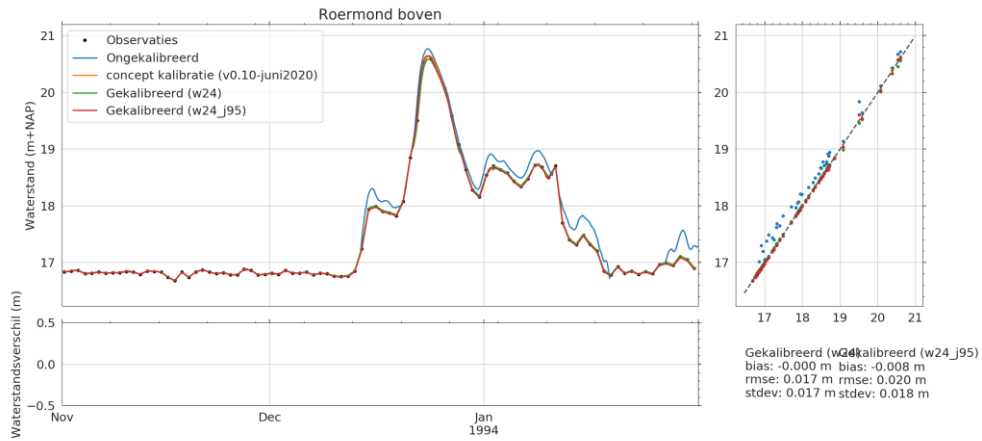
D.2 HW1993

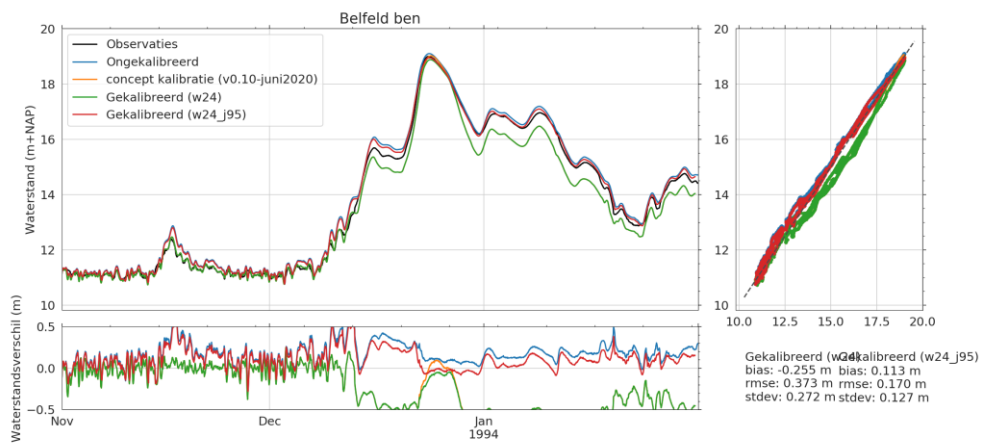
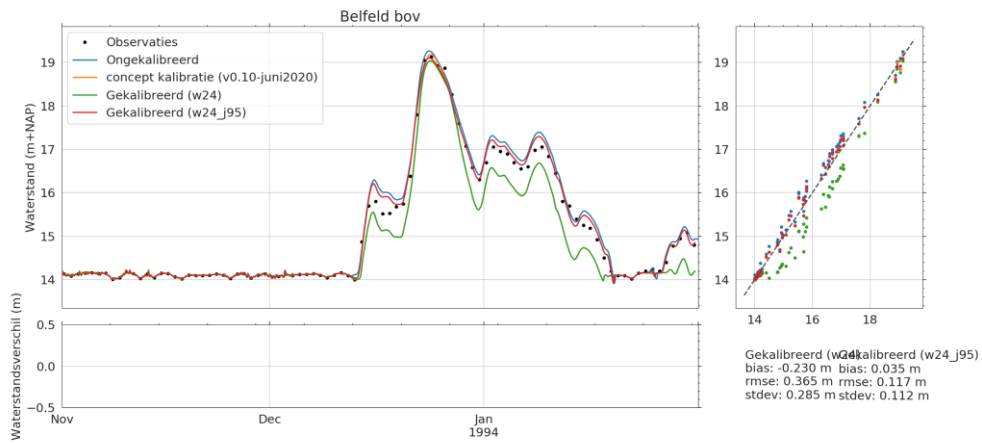
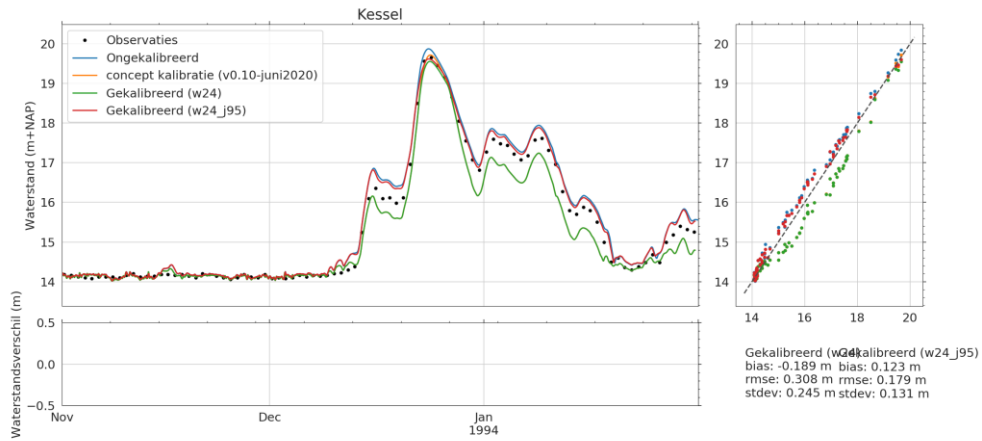


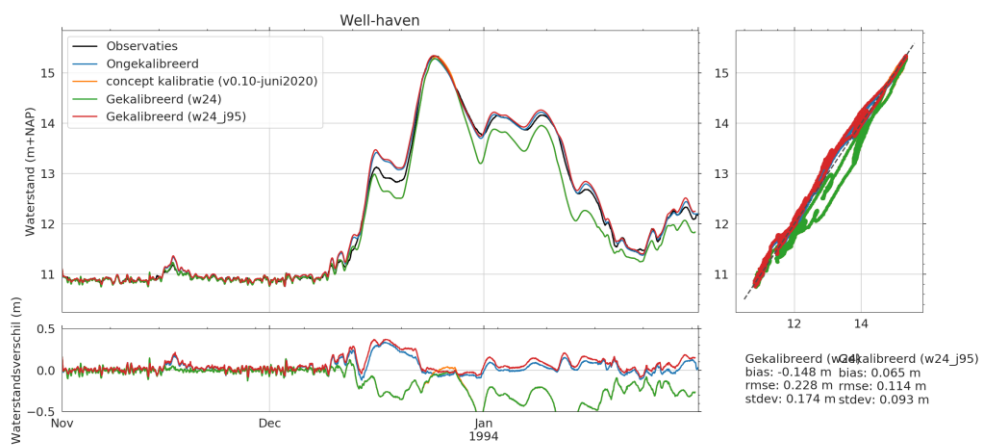
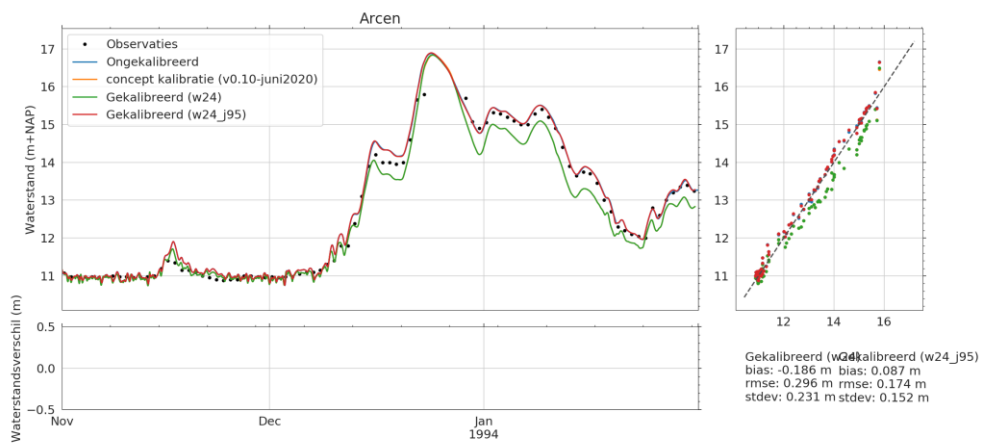
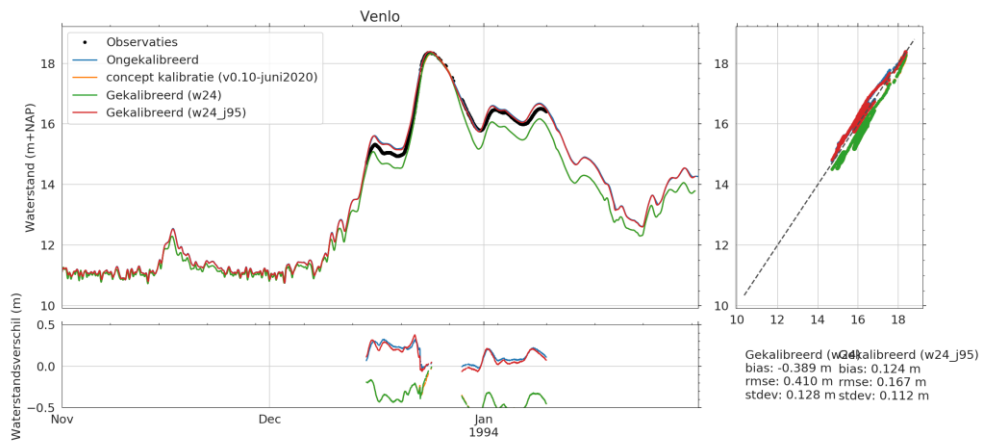


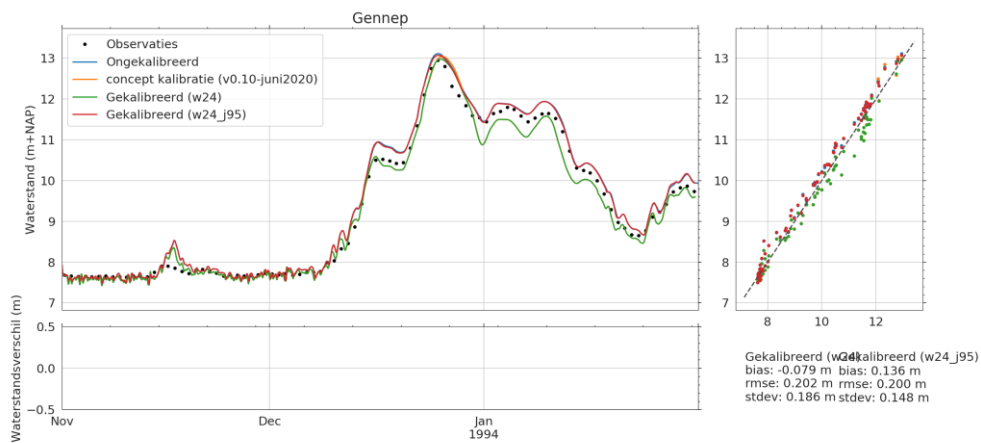
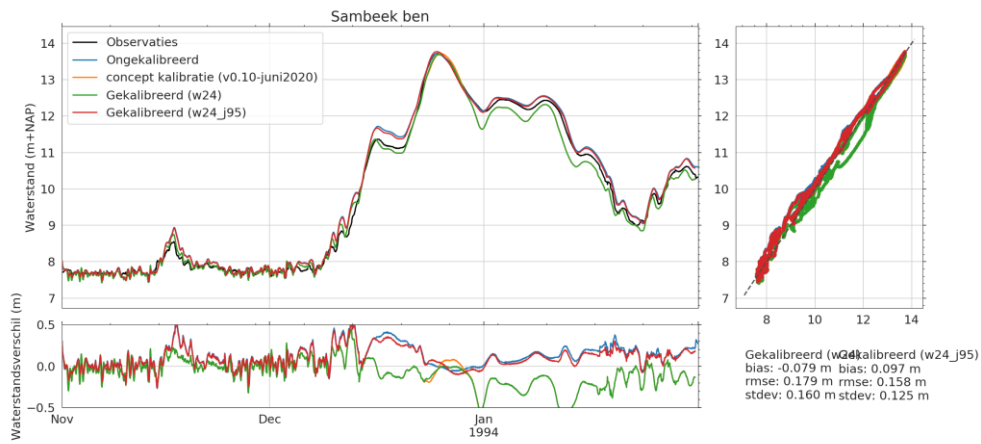
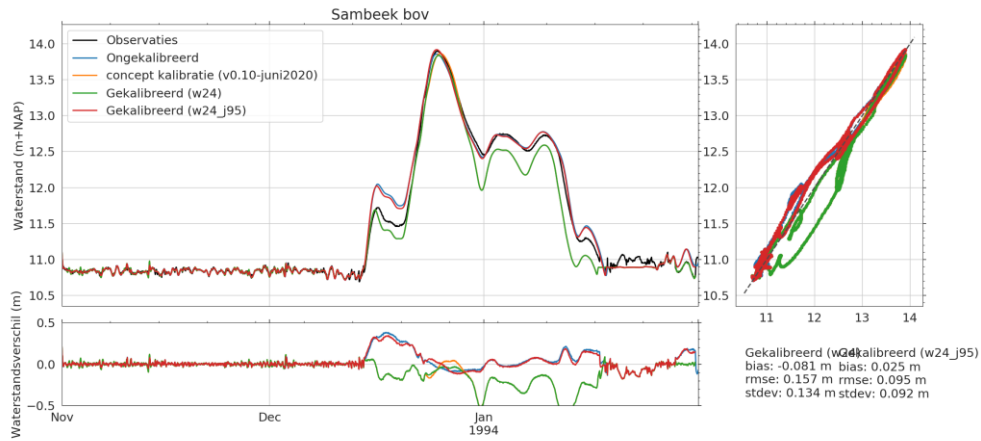


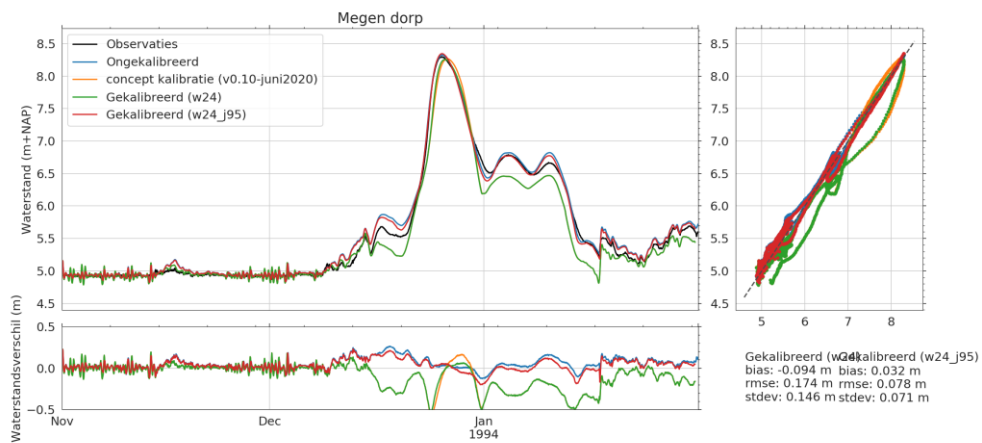
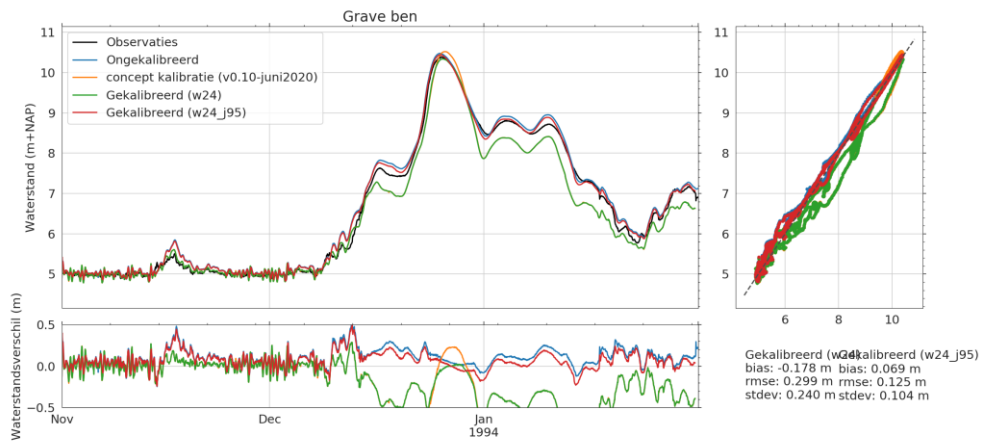
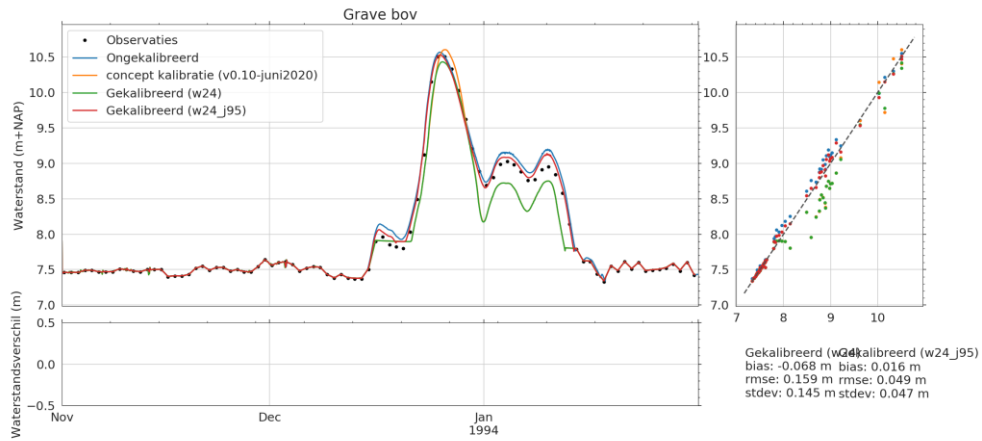


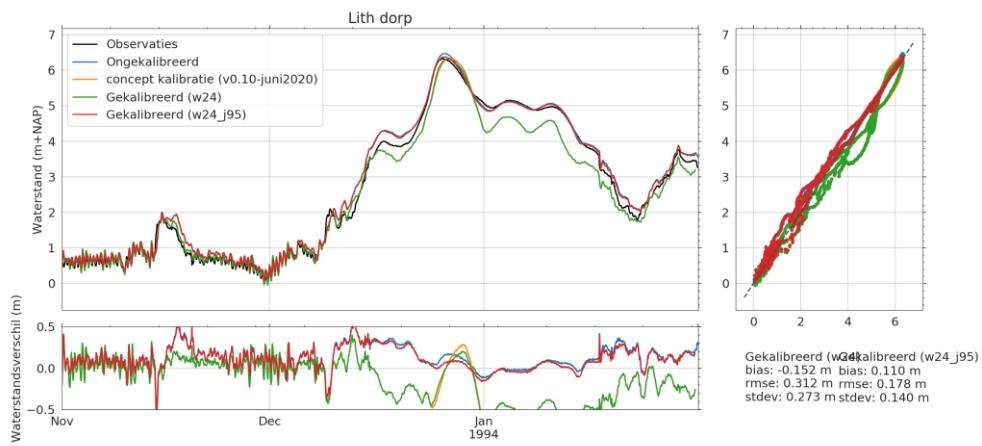
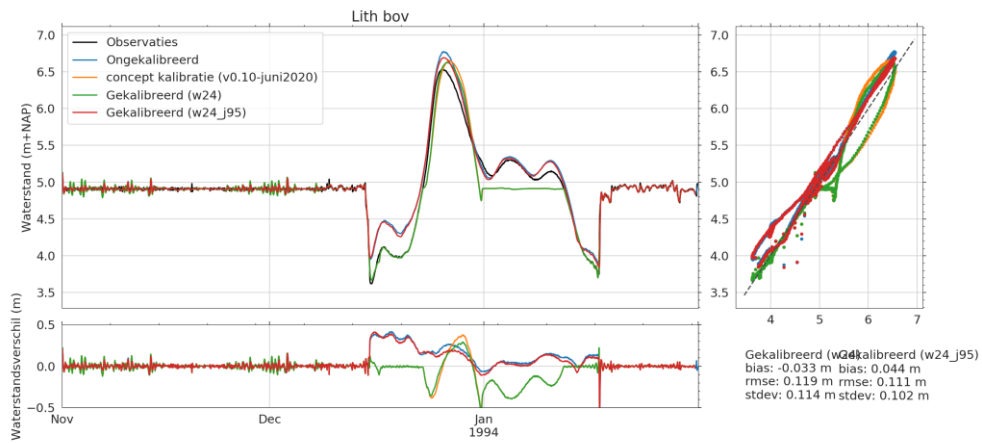


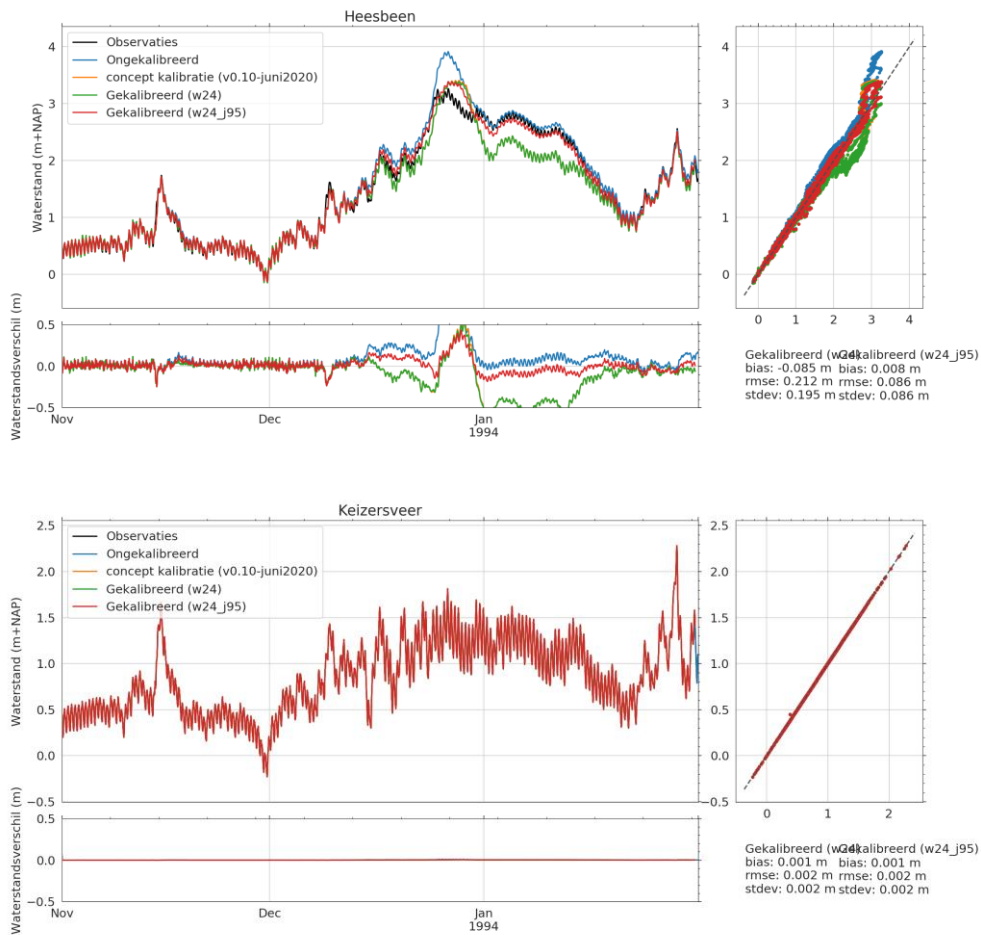












D.3 HW2010-2011

Deze figuren zijn niet opgenomen omdat de resultaten van kalibratie w24 niet zichtbaar verschillen van de kalibratie in de conceptrapportage (v0.10, juni 2020). De figuren zijn desgewenst beschikbaar.