



Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model

Modelbouw, kalibratie
en validatie



Ontwikkeling zesde-generatie Maas- model

Modelbouw, kalibratie en validatie

Jurjen de Jong

11200569-003

Titel

Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model

Opdrachtgever

RWS-WVL, RWS-ZN

Project

11200569-003

Kenmerk

11200569-003-ZWS-0014

Pagina's

369


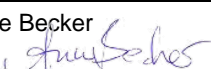

Trefwoorden

D-HYDRO, Maas, Zesde generatie, D-Flow FM,

Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de opzet van het zesde-generatie hydraulische riviermodel van de Maas in opdracht van Rijkswaterstaat. In de zesde generatie is de Maas van Eijsden tot Keizersveer gemodelleerd met D-HYDRO. D-HYDRO werkt op basis van een ongestructureerd rooster en biedt daardoor mogelijkheden die in eerdere generaties Rijkswaterstaat-modellen niet aanwezig waren. De uitlijning van het rooster met de lokale geometrie en stroomrichting kan hierdoor significant worden verbeterd.

Vanuit de geografische database Baseline6 zijn nieuwe modelschematisaties van de Maas opgezet voor 1993, 1995, 2010 en 2014. Het model is gekalibreerd om te compenseren voor onbekenden en onnauwkeurigheden in de modelbouw. De kalibratie vindt plaats op de zomerbedruwheid door hier een kalibratiefactor toe te passen die bovenop de alluviale achtergrondruwheid werkt. De kalibratie is uitgevoerd op de hoogwaters van 1995 en 2010-2011 en op perioden van het jaar 2014-2015. Bij de kalibratie is de bias tussen modelresultaten en metingen geminimaliseerd. De kalibratie is uitgevoerd met het DuD-algoritme van OpenDA. Uit een uitgebreide analyse blijkt dat het model goede resultaten geeft. De opgeleverde modellen vormen de basis voor de zesde-generatie modellen van de Maas.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.4	dec. 2017	Jurjen de Jong Mohammed Yossef		Anke Becker		Johan Boon	
0.6	dec. 2018	Jurjen de Jong Mohammed Yossef		Anke Becker		Johan Boon	
0.8	dec. 2019	Jurjen de Jong		Anke Becker		Johan Boon	
1.0	dec 2020	Jurjen de Jong		Anke Becker		Johan Boon	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel	1
1.3	Toepassingen van het model	1
1.4	Gebruikte programmatuur en hardware	3
1.5	Organisatie en bijdragen	3
1.6	Leeswijzer	3
2	Systeembeschrijving	5
2.1	Stroomgebied	6
2.2	Geometrie	7
2.2.1	Kunstwerken	8
2.2.2	Bergings- en retentiegebieden	13
2.2.3	Grinddrempels	14
2.2.4	Nevengeulen en eilanden	15
2.2.5	Beken en rivieren, pompen en gemalen	16
2.2.6	Dijkringen, maaskades en hoge gronden	16
2.3	Verbinding met andere gebieden	17
3	Beschikbare data	19
3.1	Geometrie in Baseline	19
3.2	Randvoorwaarden en metingen ten behoeve van kalibratie/validatie	19
3.2.1	Aangeleverde meetgegevens	19
3.2.2	Gladstrijken van metingen bovenstrooms van de stuw	21
3.3	Synthetische afvoergolven	21
3.3.1	Afvoergolf voor validatie stuwsturing	22
3.3.2	Randvoorwaarden voor actualisatie modellen, vergunningverlening, BOI	22
4	Modelopzet	25
4.1	Roosterontwerp	25
4.1.1	Methodiek	25
4.1.2	Aanpak	26
4.1.3	Roostereigenschappen	28
4.2	Projectie vanuit Baseline	30
4.3	Randvoorwaarden	31
4.3.1	Open randen	31
4.3.2	Lateralen	31
4.3.3	Niet-gemodelleerde processen	33
4.3.4	Initiële condities	33
4.4	Schematisatie kunstwerken	34
4.4.1	Stuwen	34
4.4.2	Keringen	36
4.4.3	Duikers en onderdoorgangen	38
4.4.4	Bruggen	38
4.5	Definitie ruwheden	38
4.5.1	Zomerbed	39
4.5.2	Winterbed	41

4.6	Fysisch-numerieke instellingen	42
4.6.1	Bodemhoogtediscretisatie	43
4.6.2	Overlaatformulering	43
4.6.3	Horizontale viscositeit	44
4.6.4	Wandruwheid	44
4.6.5	DIMR en rekestijdstappen	45
5	Kalibratie en validatie	47
5.1	Methodiek	47
5.1.1	Kalibratiefactor	47
5.1.2	Kalibratietrajecten	48
5.1.3	Kalibratie- en verificatieperioden	49
5.1.4	Niet-stationariteit tussen kalibratiemodellen	52
5.1.5	Kalibratieprocedure met OpenDA	54
5.1.6	Goodness-of-fit-criteria	56
5.2	Resultaat	57
5.2.1	Kalibratiefactoren	57
5.2.2	Vergelijking met metingen	60
5.3	Conclusies	71
6	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	73
6.1	Modelopzet	73
6.2	Kalibratie en validatie	74
7	Referenties	77
Bijlage(n)		
A	Systeembeschrijving	A-1
A.1	Stuwen	A-1
A.1.1	Borgharen en Lith: hefschuiven met overstortklep	A-1
A.1.2	Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek: Stoney en Poirée	A-4
A.1.3	Grave: wegklapbare jukken met wielschotten	A-6
A.2	Keringen	A-8
A.3	Duikers	A-9
A.4	Bruggen	A-16
A.5	Grinddremfels	A-17
B	Baseline-varianten	B-1
B.1	Baseline5-maatregellijsten	B-2
B.1.1	Baseline j95_5-6G-v1 tot -v6	B-2
B.1.2	Baseline j93_5-6G-v1	B-3
B.1.3	Baseline j08_5-6G-v2	B-4
B.1.4	Baseline j10_5-6G-v1	B-6
B.1.5	Baseline j11_5-6G-v1	B-8
B.1.6	Baseline j12_5-6G-v1	B-9
B.1.7	Baseline j13_5-6G-v1	B-10
B.1.8	Baseline j14_5-6G-v1	B-11
B.1.9	Baseline j15_5-6G-v1	B-11
B.1.10	Baseline j17_5-6G-v1	B-12

B.1.11	Baseline j18_5-6G-w5	B-14
B.1.12	Baseline j19_5-6G-w5	B-15
B.2	Baseline5-maatregelbeschrijvingen	B-16
B.2.1	Baseline-j93_5-6G-v1	B-16
B.2.2	Baseline-j08_5-6G-v1	B-16
B.2.3	Baseline-j10_5-6G-v1	B-19
B.2.4	Baseline-j11_5-6G-v1	B-21
B.2.5	Baseline-j12_5-6G-v1	B-22
B.2.6	Baseline-j13_5-6G-v1	B-23
B.2.7	Baseline-j14_5-6G-v1	B-24
B.2.8	Baseline-j15_5-6G-v1	B-25
B.2.9	Baseline-j17_5-6G-v1	B-25
B.2.10	Baseline-j18_5-6G-v1	B-27
B.2.11	Baseline-j19_5-6G-v1	B-28
B.3	Conversie naar Baseline 6 en Baseline6-maatregelen	B-29
B.4	Overzichten	B-30
B.4.1	Meetstations	B-30
B.4.2	Afvoerraaien	B-34
B.5	Plausibiliteitscontrole	B-37
B.5.1	Modelinvoer	B-37
B.5.2	Modeluitvoer	B-41
B.5.3	Waterstandsveranderingen per station	B-45
C	Randvoorwaarden en metingen	C-1
C.1	Achtergrond	C-1
C.1.1	Waterstandsmetingen	C-1
C.1.2	Afvoermetingen	C-2
C.2	Randvoorwaarden Generator Water Modellen	C-4
C.2.1	Invoer	C-4
C.2.2	Uitvoer	C-5
C.3	Herkomst van metingen gebruikt in RGWM	C-8
C.4	Overzicht aanwezigheid historische metingen per meetstation	C-9
C.4.1	Waterstandsmetingen	C-9
C.4.2	Afvoermetingen	C-10
C.5	2014 – 2015 (J2014)	C-11
C.5.1	Aangeleverde metingen	C-11
C.5.2	Overige metingen	C-15
C.5.3	Lateralen RGWM	C-16
C.6	2010 – 2011 (HW2011)	C-21
C.6.1	Aangeleverde metingen	C-21
C.6.2	Overige metingen	C-25
C.6.3	Lateralen RGWM	C-25
C.7	1995 (HW1995)	C-30
C.7.1	Aangeleverde metingen	C-30
C.7.2	Overige metingen	C-34
C.7.3	Lateralen RGWM	C-34
C.8	1993 (HW1993)	C-39
C.8.1	Aangeleverde metingen	C-39
C.8.2	Overige metingen	C-43
C.8.3	Lateralen RGWM	C-44
C.9	Meteorologische metingen	C-48

D Roosterontwerp	D-1
D.1 Definitieve rooster	D-1
D.2 Statistieken	D-5
D.2.1 Eigenschappen	D-5
D.2.2 Orthogonaliteit	D-5
D.2.3 Smoothness	D-7
D.2.4 Aspect ratio en cell area	D-9
D.2.5 Uitlijning met de stroomrichting	D-9
D.2.6 Verdeling in aantal hoekpunten per gridcel	D-9
D.2.7 Maatgevende roostercellen voor de rekentijdstap	D-11
E Projectie, Baseline en geometrie	E-1
E.1 Datastructuur Baseline6 en projectie naar rekenrooster	E-1
E.2 Projectie door initialisatie van D-Flow FM	E-3
E.2.1 Punt-elementen: observation points, lateral sources,	E-3
E.2.2 Lijn-elementen: thin dams, fixed weirs, structures, cross-sections	E-3
E.2.3 Brugpijlers	E-5
E.2.4 Randvoorwaarden	E-6
E.3 Trachytopendefinitie	E-6
E.4 Voorbeeld projectie van j14	E-13
F Schematisatie kunstwerken	F-1
F.1 Aansturing kunstwerken	F-1
F.1.1 Stuw Borgharen	F-1
F.1.2 Stuw Linne	F-1
F.1.3 Stuw Roermond	F-1
F.1.4 Stuw Belfeld	F-2
F.1.5 Stuw Sambeek	F-2
F.1.6 Stuw Grave	F-3
F.1.7 Stuw Lith	F-5
F.1.8 Keerschuij Mook	F-6
F.1.9 Keerschuij Cuijk	F-6
F.1.10 Kering Kromme Nol	F-6
F.2 Validatie stuwsturing	F-6
F.3 Evaluatie verval stuw	F-12
G Model definition Unstructured (MDU-bestand)	G-1
H Kalibratie en validatie	H-1
H.1 Overwegingen bij de kalibratie	H-1
H.1.1 Bepaling afvoerniveaus	H-1
H.1.2 Afhandeling van getijd dominante trajecten	H-4
H.1.3 Samenvoegen van afvoerniveaus vanwege laag verval	H-6
H.1.4 Kalibratieperiodes	H-7
H.2 Resultaten kalibratiefactor	H-10
I Modelresultaten, voor en na kalibratie	I-1
I.1 Hoogwater 1993	I-1
I.1.1 Statistieken waterstand	I-1
I.1.2 Statistieken afvoer	I-1
I.1.3 Tijdseries waterstanden	I-2

I.1.4	Tijdseries afvoeren	I-13
I.1.5	QH-figuren	I-16
I.1.6	Vergelijking veekranden	I-19
I.2	Hoogwater 1995	I-21
I.2.1	Statistieken waterstand	I-21
I.2.2	Statistieken afvoer	I-21
I.2.3	Tijdseries waterstanden	I-22
I.2.4	Tijdseries afvoeren	I-33
I.2.5	QH-figuren	I-36
I.2.6	Vergelijking veekranden	I-39
I.3	Hoogwater 2010-2011	I-41
I.3.1	Statistieken waterstand	I-41
I.3.2	Statistieken afvoer	I-41
I.3.3	Tijdseries waterstanden	I-42
I.3.4	Tijdseries afvoeren	I-54
I.3.5	QH-figuren	I-57
I.3.6	Tijdseries blauwe Peilschalen	I-61
I.4	Jaarsom 2014 – 2015	I-63
I.4.1	Statistieken waterstand	I-63
I.4.2	Statistieken afvoer	I-63
I.4.3	Tijdseries waterstanden	I-64
I.4.4	Tijdseries afvoeren	I-76
I.4.5	QH-figuren	I-79
I.5	Samenvoeging evaluatie van alle perioden	I-84
I.5.1	Samenvattende tabellen behorende bij figuren in H5.2	I-84
I.5.2	Vergelijking QH	I-87
J	Rekensnelheid en parallelisatie	J-1
J.1	Rekentijdstap	J-1
J.2	Parallelisatie	J-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Met het in gebruik nemen van de D-HYDRO Suite stapt RWS over van modelschematisaties in de vijfde generatie naar modelschematisaties in de zesde generatie. Het doel is om uiterlijk in 2020 de modellen voor alle watersystemen in D-HYDRO ter beschikking te hebben. In 2016 zijn hiervoor al een drietal pilotstudies gedaan o.a. voor de Waal. Op basis hiervan en een aantal klankbordsessies zijn generieke specificaties voor de opzet van de zesde-generatie modellen opgesteld (Minns et al., 2019).

Alleen tijdens de ontwikkeling van nieuwe generatie modellen kunnen methodieken gewijzigd worden, die van invloed zijn op de kalibratie en validatie (bijv. numerieke instellingen, bepaling van laterale toestromingen, of de Qf-relaties, kalibratiestrategie). Ook het rekenrooster wordt in de basis éénmaal gemaakt, waarbij er in navolgende jaren alleen een mogelijkheid is tot uitbreiding. Samen met de nieuwe software levert dit de mogelijkheid tot een kwaliteitsimpuls van de schematisatie.

Als eerste riviermodel in de zesde-generatie is gewerkt aan de Maas. De modelopzet, kalibratie en validatie worden beschreven in deze rapportage. Conclusies en beslissingen genomen in dit traject hebben invloed op alle verdere modellen binnen de zesde generatie.

1.2 Doel

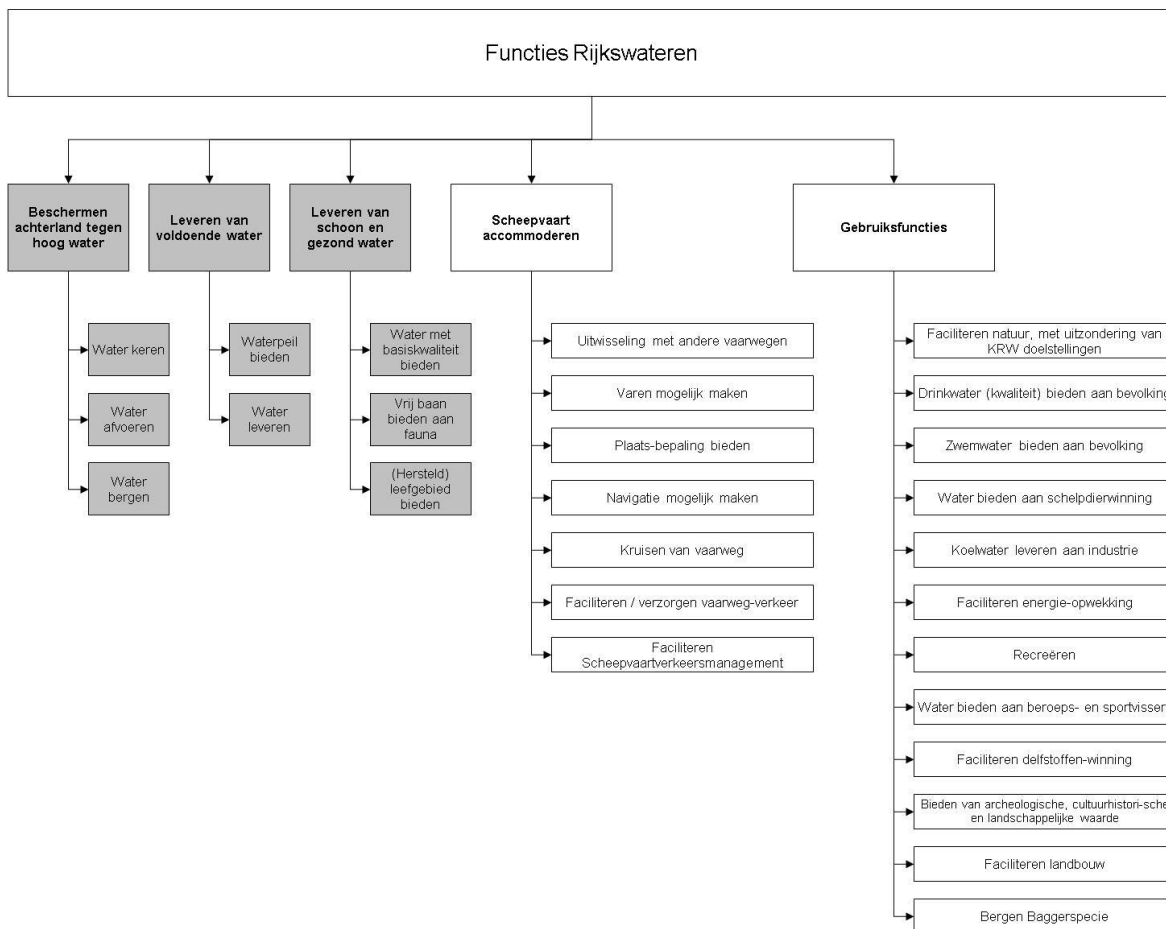
Het doel is de ontwikkeling van een 2D model van de Maas in de D-HYDRO Suite. Dit model wordt opgezet voor meerdere historische situaties en gekalibreerd en gevalideerd op historische metingen. De toepassingen van het model staan beschreven in Hoofdstuk 1.3.

1.3 Toepassingen van het model

De modellen van de Maas worden gebruikt in verschillende toepassingen die gerelateerd zijn aan de functies van het watersysteem (zie Figuur 1.1) en dienen geschikt te zijn om vragen die hierop betrekking hebben te helpen beantwoorden. Elke toepassing stelt zijn eigen eisen aan de te gebruiken modellen. Deze eisen, wensen en verwachtingen zijn geïnventariseerd in Spruyt et al. (2016) volgens een indeling langs de lijn van de RWS-missie:

- Veilig;
- Schoon;
- Voldoende;
- Vlot.

Op deze manier staan de toepassingen voor RWS centraal en worden de modellen hiervoor gebouwd, in plaats van dat er eerst een model wordt gemaakt en dat iedere toepassing hiervan gebruik moet maken (of het geschikt is of niet).



Figuur 1.1 Functieboom Rijkswateren (Bron: Basisspecificatie Rijkswateren versie 5.2)

Toepassing van hydraulische modellen van de Maas vindt in alle RWS-processen plaats:

- Aanleg en onderhoud
 - Maaswerken
 - Verkenningen en planstudies
- Informatievoorziening
 - toeleverend: gegevensinwinning (bodem, water, etc.)
 - aanleverend: vervaardigen betrekkinglijnen
- Slagvaardig crisismanagement
 - hoogwaterverwachting
 - overige crisissituaties
- Omgevings- en assetmanagement
 - AM: vergunningverlening en handhaving
- Verkeer- en watermanagement
 - dagelijkse berichtgeving (RWsOS)
- Kennis en netwerkkwaliteit
 - bouw, ontwikkeling, actualisatie, software
 - beleidsadvies (bv. WBI2017, Deltaprogramma)
 - netwerkmonitoring (Advies Monitoring Hoogwaterveiligheid)
 - onderzoek (RiverCare)

Deze toepassingen en hun bijbehorende eisen aan de modelschematisaties zijn nader toegelicht in Spruyt (2017).

1.4 Gebruikte programmatuur en hardware

Binnen het project is continue gewerkt met recente versies van de software. Op die manier zijn zowel autonome ontwikkelingen in de software als specifieke features voor dit project meegenomen. Regelmatig is het nodig gebleken vanwege crashende simulaties een nieuwe versie van de rekenhart af te wachten. De volgende versies zijn gebruikt bij de finale oplevering:

- D-HYDRO 2020-03 (DIMR: 2.12.09.67490)
- Baseline 6.1.2.2125 in ArcGIS 10.5
- RGWM 2.2.1

1.5 Organisatie en bijdragen

Aan het project is bij Deltares gewerkt door Jurjen de Jong, met advisering van Mohammed Yossef. Grotendeels van het rekenrooster is gemaakt door Sander van der Pijl. Baseline-ondersteuning is gegeven door Ton Visser. Tijdens het proces zijn regelmatig verbeteringen nodig geweest aan het rekenhart, hiervan zijn met name bijdragen van Sander van der Pijl en Herman Kernkamp significant geweest. Er is regelmatig contact geweest met Aukje Spruyt (projectleider KPP Modelschematisaties Zoet). Door Anke Becker is de review van de rapportage uitgevoerd.

Het plan en de voortgang van de modelopzet en kalibratie is meermaals gepresenteerd aan Rijkswaterstaat. Bij deze sessies is input geleverd door Martin Scholten (RWS-WVL), Siebolt Folkertsma, Jan Bremer en Lianita Suryawinata (RWS-ZN) en Tijmen Vos en Dénes Beyer (RWS-ON).

1.6 Leeswijzer

Het rapport is opgezet volgens een generieke structuur voor de zesde-generatie modellen.

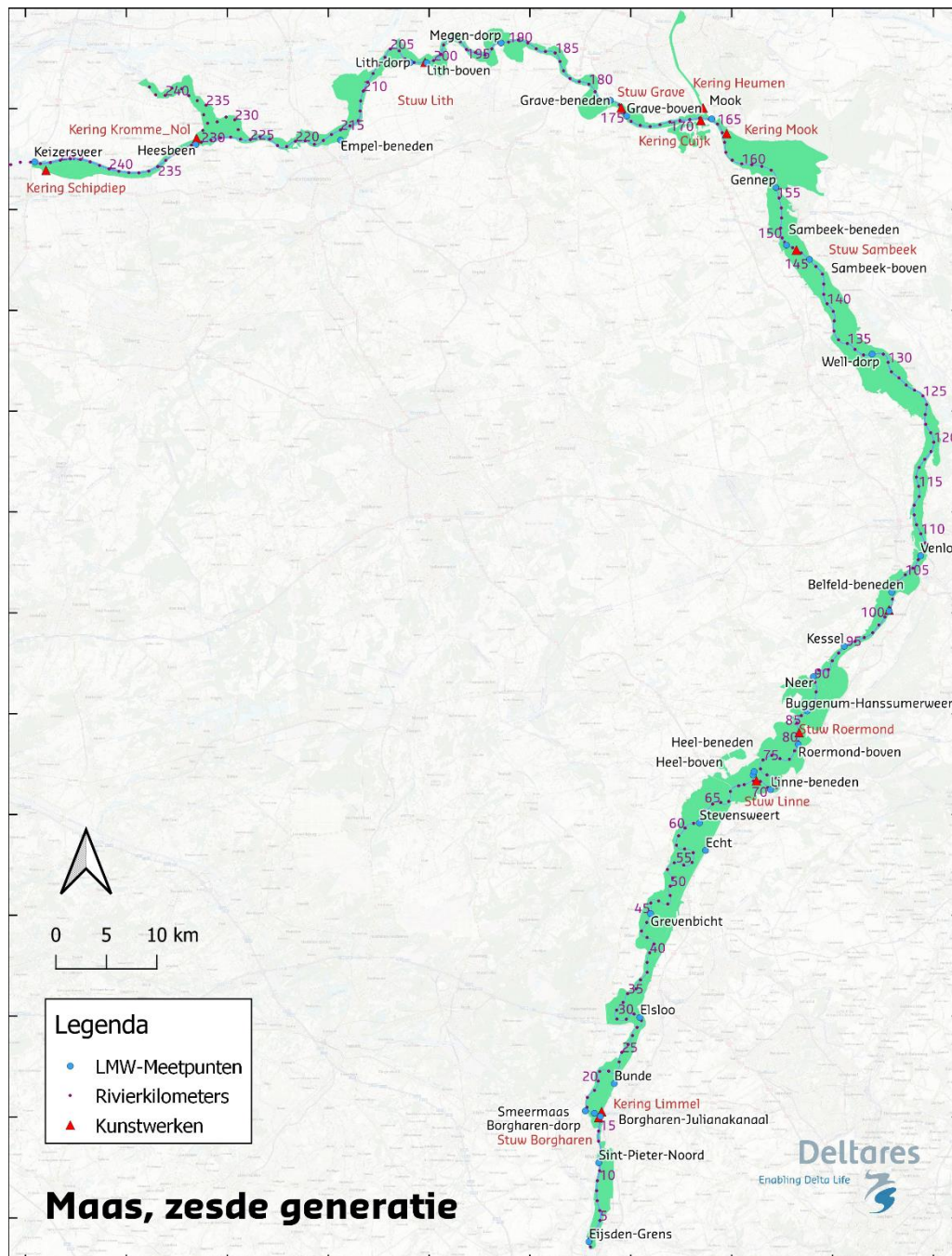
Allereerst volgt een uitgebreide beschrijving van het systeem, de diverse geometrische elementen die hierin voorkomen en andere belangrijke aspecten voor modelopzet en –toepassingen (Hoofdstuk 2). Hierna volgt een beschrijving met een selectie van beschikbare data voor de opzet van het model (Hoofdstuk 3).

Vanaf Hoofdstuk 4 wordt begonnen met de opbouw van het model. Allereerst wordt hier het ontwerp van het rooster gegeven en daarna de verdere opzet en configuratie van het model. Na de opzet volgen de kalibratie en validatie van het model in Hoofdstuk 5.

In Hoofdstuk 6 wordt alles samengevat met de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2 Systeembeschrijving

Dit hoofdstuk geeft een systeembeschrijving van de Maas tussen Eijsden (of Lixhe vanaf 2019) en Keizersveer. Het beschrijft de afvoeren die voorkomen, en de kunstwerken en overige geometrie die men in dit gebied kan tegen komen. Een uitgebreidere systeembeschrijving kan gevonden worden in Het Verhaal van de Maas (Asselman et al., 2018). In Figuur 2.1 is het gemodelleerde modelgebied weergegeven met hierop de stuwen en meetstations.



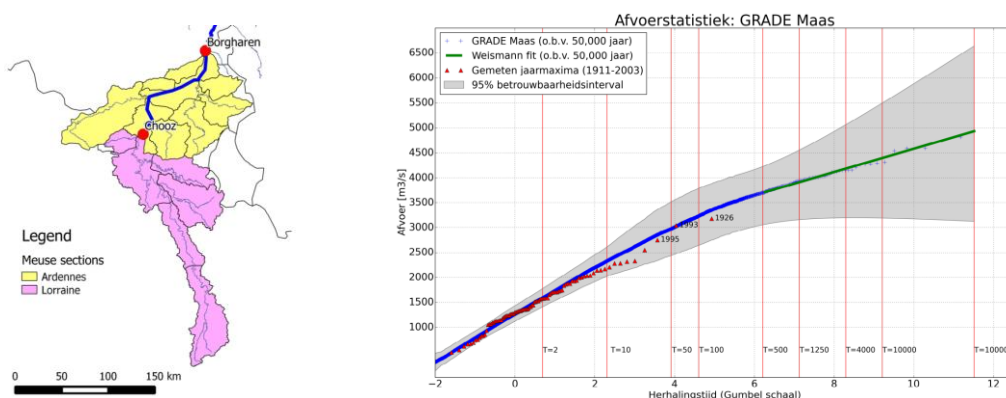
Figuur 2.1 Overzichtskartaal van de LMW-meetpunten, rivierkilometers en kunstwerken (schematisatie 2019)

2.1 Stroomgebied

De Maas is een regenrivier en heeft haar oorsprong in Frankrijk, waarna zij via Wallonië bij Eijsden Nederland in stroomt. Het hydrologisch stroomgebied van de Maas bovenstrooms van Eijsden valt op te delen in twee trajecten (zie Figuur 2.2 (links)):

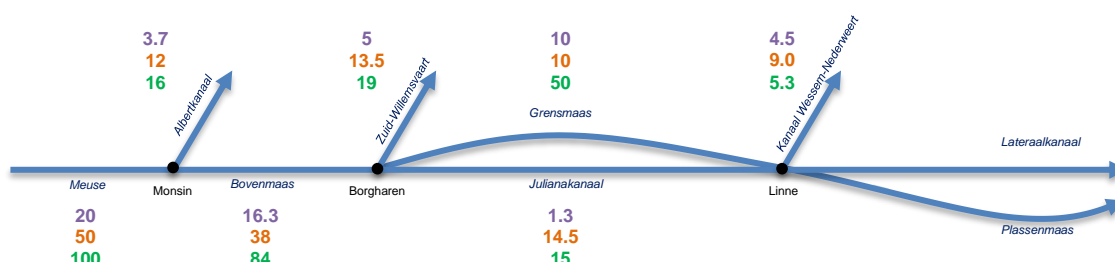
- De Lorraine (in Frankrijk) is het bovenstroomse traject van de bron tot Chooz. Dit is een lang en smal gebied met weinig hoogteverschil. De uiterwaarden zijn breed en het aandeel tot de piekafvoer bij Eijsden is beperkt.
- De Ardennen is het Belgische deel van de Maas tussen Chooz en Eijsden. Hier is het verval van de Maas hoog en zijn de uiterwaarden klein. De vele instromingen vanuit de Ardennen dragen bij aan een verdubbeling van de afvoer tussen Chooz en Eijsden.

Een hoge afvoer op de Maas komt enkel voor tijdens de winter bij een combinatie van langdurige regenval, lage verdamping en het smelten van sneeuw. Tijdens deze extreme afvoeren is de bodem vaak al verzadigd zodat de indringing in de bodem maar klein is. Belangrijk voor de afvoerpiek is met name het faseverschil tussen de piekafvoeren van de instromende rivieren. In het project GRADE zijn berekeningen uitgevoerd aan de afvoer bij hoge herhalingstijden (Hegnauer et al., 2014). Deze terugkeertijd van deze extreme afvoeren wordt toegepast voor de normering van de dijken in het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI) (Agtersloot & Paarlberg, 2016). De herhalingstijden voor extreme afvoeren zijn weergegeven in Figuur 2.2 (rechts):



Figuur 2.2 Links: Hydrologische stroomgebieden van de Maas. Rechts: Herhalingstijd van piekafvoeren op de Maas vanuit het project Grade voor de locatie Borgharen voor de situatie van 2015 (Hegnauer et al., 2014).

De Maas ondervindt ook regelmatig perioden van lage afvoer. Om de problemen bij lage afvoer te beperken zijn er vanaf 1995 afspraken gemaakt met België over de verdeling van het water, het Maasafvoeroverdrag. Voor enkele afvoeren bij Monsin (20, 50 en 100 m³/s) is de afgesproken waterverdeling weergegeven in Figuur 2.3. Dit voorkomt echter niet dat in kritieke perioden maatregelen moeten worden getroffen met nadelige effecten op de gebruikers van het water zoals de scheepvaart, landbouw en drinkwater.



Figuur 2.3 Schematische weergave van de Maas en de afvoeren (m^3/s) in het Maasafvoercontract voor drie afvoeren bij Monsin: 20 m^3/s (paars), 50 m^3/s (oranje) en 100 m^3/s (groen)

2.2 Geometrie

Wanneer men de Maas door Nederland beschouwt, dan valt dit op te splitsen in een aantal trajecten met ieder hun karakteristieke eigenschappen. In onderstaande alinea's worden deze trajecten kort beschreven. In de subparagrafen wordt verder ingegaan op specifieke onderdelen en objecten die te vinden zijn in het zomerbed en winterbed van de Maas.

RKM	Beschrijving
3 – 15	Het meest bovenstroomse traject van de Maas is de <i>Bovenmaas</i> (ook wel Kalkmaas) in een kort traject van de landsgrens (Eijsden) tot de eerste stuw bij Borgharen. De waterstanden zijn hier gestuwd en stromen door een smal dal in het Zuid-Limburgse Heuvelland.
15 – 56	De <i>Grensmaas</i> of <i>Gemeenschappelijke Maas</i> begint bij Borgharen en heeft een sterk verval en een geringe waterdiepte. Door de beperkte waterdiepte wordt de Grensmaas nauwelijks bevaren en is parallel hieraan in 1935 het Julianakanaal aangelegd voor de doorgang van de scheepvaart (zie Foto 2.1 links). De bodem bestaat hier vooral uit grind, waardoor dit ook wel de Grindmaas wordt genoemd. Ondanks de lage afvoer en het grote verval is er altijd enige waterdiepte door de aanwezigheid van grinddrempels (zie Paragraaf 2.2.3).
56 – 93	Bovenstrooms van stuw Linne komt het Julianakanaal uit in de Maas. Hier vaart het grootste deel van de scheepvaart (de beroepsvaart) verder over het Kanaal van Wessem-Nederweert (sluis Panheel) en het Lateraalkanaal (sluis Heel). De Maas heeft hier een bochtig traject met veel plassen en wordt daarom ook wel de <i>Plassenmaas</i> genoemd.
93 – 165	Vanaf het moment dat het Lateraalkanaal zich weer bij de Maas voegt, benedenstrooms van stuw Roermond, wordt zij de <i>Zandmaas</i> genoemd vanwege de bodemopbouw vanaf dit traject. Het verval over dit deel van de Maas is klein en de waterstand wordt opgestuwd zodat het traject voor de scheepvaart ook bij lage afvoeren te bevaren is.
165 – 201	Bij Cuijk buigt de Maas naar het westen en wordt het binnenland beschermd met bandijken. Historisch was dit de overstromingsvlakte van de Rijn en de Maas en zijn er bandijken voor de bescherming van het achterland. Dit traject heet de <i>Bedijkte Maas</i> .
201 – 248	Vanaf de meest benedenstroomse stuw bij Lith is de Maas vrij afstromend en heet zij vanwege de indringing van getij de <i>Getijde Maas</i> . Hiervan is het traject vanaf Heusden in 1904 gegraven (Bergsche Maas). In dit gedeelte is er ook een kleine invloed van het getij. Op dit deel van de Maas zijn voor het eerst ook (serieuze) kribben aanwezig (zie Foto 2.1 rechts).



Foto 2.1 Links: Julianakanaal en Maas bij Geulle aan de Maas (bron: Beeldbank RWS); Rechts: Kribben langs de Bergsche Maas (bron: J.v.Houdt, beeldbank RWS)

2.2.1 Kunstwerken

Stuwen

Het waterpeil van de Maas wordt het grootste deel van het jaar geregeld door middel van stuwen. Net over de grens met België bevindt zich de laatste Belgische stuw: stuw Lixhe. In Nederland zijn er zeven stuwen, waarvan de eerste bovenstrooms van de Grensmaas (bij Borgharen) en de overige zes benedenstrooms van de Grensmaas (bij Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek, Grave en Lith) (zie Foto 2.2 tot Foto 2.5). De gestuwde delen van de Maas zijn geschikt voor scheepvaart en worden met elkaar verbonden door het Julianakanaal en het Lateraalkanaal.

Voor de stuwen kunnen de volgende doelen onderscheiden worden:

- **Scheepvaart:** Door de stuwen wordt de waterstand opgestuwd om scheepvaart mogelijk te maken voor CEMT-klasse Vb (diepgang 3.5 m). Bij lage en normale afvoer maakt de scheepvaart gebruik van de sluis; bij hoge afvoer is de stuw gestreken en is scheepvaart door de stuw mogelijk. Met de aanleg van het Julianakanaal is de scheepvaartfunctie van de Grensmaas en daarmee van stuw Borgharen komen te vervallen. Stuw Linne heeft geen scheepvaartopening vanwege het parallel gelegen kanaal.
- **Vistrap:** Ten behoeve van de vismigratie zijn bij alle stuwen vistrappen aangelegd zodat de vissen ook in bovenstroomse richting kunnen zwemmen.
- **Waterkrachtcentrale:** Door het aanwezige verval bij lage afvoer zijn er waterkrachtcentrales aangelegd bij stuw Linne (maximale capaciteit 11.5 MW) en stuw Lith (maximale capaciteit 14 MW) (De Jong, 2009).

De techniek van de bewegende delen van de stuwen is in te delen in drie categorieën (Jongeling, 2012a):

- **Borgharen en Lith:** hefschuiven (deels) voorzien van een overstortklep ten behoeve van de fijnere regulering.
- **Grave:** drie rijen boven elkaar geplaatste wielschotten die worden ondersteund met jukken; de schotten zijn afzonderlijk omhoog te bewegen. Het geheel is wegklapbaar onder de verkeersbrug.
- **Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek:** Stoney schuiven in combinatie met Poirée schotten. De Poirée schotten maken een grove regulering mogelijk en zijn op de foto's te herkennen aan het brede lage deel. De Stoney schuiven maken een fijnere regulering mogelijk en zijn op afstand te bedienen.



Foto 2.2 Links: Stuw Borgharen; Rechts: Stuw Linne (foto's: J.v.Houdt, beeldbank RWS)



Foto 2.3 Links: Stuw Roermond; Rechts: Stuw Belfeld (foto's: J.v.Houdt, beeldbank RWS)

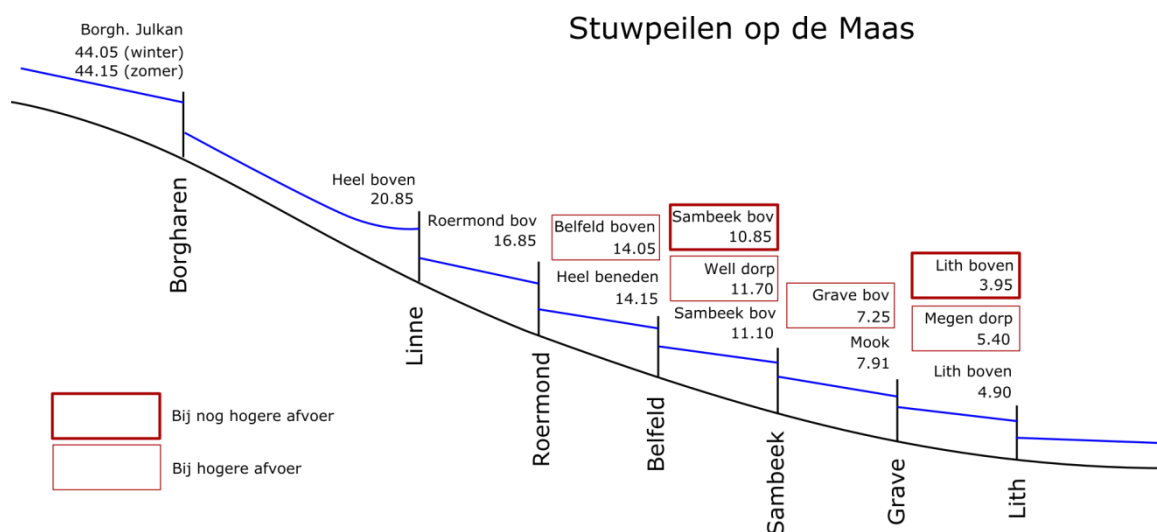


Foto 2.4 Links: Stuw Sambeek; Rechts: Stuw Grave (foto's: J.v.Houdt, beeldbank RWS)



Foto 2.5 Stuw Lith (foto: J.v.Houdt, beeldbank RWS)

Iedere stuw wordt bediend volgens een stuwprogramma. In dit stuwprogramma wordt gestreefd naar het behalen van de benodigde vaardiepte op het gehele traject. Voor één of meerdere meetstations binnen het stuwpannd wordt een stuwpeil nagestreefd. De stuwpeilen voor alle stuwpannden zijn gegeven in Figuur 2.4 en beschreven in Tabel 2.1. De stuwmeester is verantwoordelijk voor het behalen van de stuwpeilen, maar heeft ook de mogelijkheid om hiervan af te wijken, waardoor in de praktijk afwijkingen kunnen ontstaan tussen het stuwprogramma en de metingen.



Figuur 2.4 Stuwpeilen op de Maas

Tabel 2.1 Stuwprogramma van stuwen

Stuw	RKM	Stuwprogramma
Borgharen	15	Stuw Borgharen stuurt in de winter op het handhaven van een stuwpeil van 44.05 m+NAP bij Borgharen_Julianakanaal. In de zomer is dit 44.15 m+NAP.
Linne	69	Stuw Linne stuurt op het handhaven van een stuwpeil van 20.85 m+NAP bij Heel_boven
Roermond	81	Stuw Roermond stuurt op het handhaven van een stuwpeil van 16.85 m+NAP bij Roermond_boven
Belfeld	101	Stuw Belfeld stuurt bij lage afvoeren op het handhaven van een stuwpeil van 14.15 m+NAP bij Heel_beneden, als bij toenemende afvoeren de waterstand bij Belfeld Boven daalt onder de 14.10 m+NAP wordt gestuurd op een stuwpeil van 14.05 m+NAP bij Belfeld_boven.
Sambeek	146	Stuw Sambeek stuurt bij afvoeren tot 620 m³/s (afvoer Well_dorp) op het handhaven van een stuwpeil van 11.10 m+NAP bij Sambeek_boven. Zodra de waterstand 11.66 m+NAP bij Well wordt bereikt wordt deze vastgehouden op circa 11.70 m+NAP en daalt de waterstand bij Sambeek_boven. Zodra de waterstand bij Sambeek_boven 10.85 m+NAP is geworden (afvoer Well_dorp circa 800 m³/s) wordt gestuurd op de waterstand Sambeek_boven 10.85 m+NAP.
Grave	176	Stuw Grave stuurt op het handhaven van een stuwpeil van 7.91 m+NAP bij Mook. Dit peil wordt gehandhaafd totdat de waterstand bij Grave_boven is gedaald tot 7.25 m+NAP (afvoer Mook circa 950 m³/s). Vanaf dat moment wordt gestuurd op een waterstand van 7.25 m+NAP bij Grave_boven.
Lith	201	Stuw Lith stuurt op het handhaven van een stuwpeil van 4.90 m+NAP bij Lith_boven. Dit peil wordt gehandhaafd totdat de waterstand bij Megen is gestegen tot

Stuw	RKM	Stuwprogramma
		5.35 m+NAP (afvoer Megen circa 800 m ³ /s). Vanaf dat moment wordt de waterstand 5.40 m+NAP bij Megen gehandhaafd en daalt de waterstand bij Lith_boven. Zodra de waterstand bij Lith_boven is gedaald tot 4.00 (afvoer Megen circa 1250 m ³ /s) wordt gestuurd op een waterstand van 3.95 m+NAP bij Lith_boven.

Schutsluizen en keringen

Op de Maas zijn meerdere kanalen aangesloten. Een deel van deze kanalen staat bij lage en normale afvoer in vrije verbinding met de (dan gestuwde) Maas. Bij stijgende waterstanden worden alle schutsluizen gesloten. Een deel van de kanalen is in beheer bij Rijkswaterstaat en zal (in de toekomst) ook opgenomen worden in de zesde-generatie modellen. Een overzicht van de kanalen en schutsluizen is gegeven in Tabel 2.2 en een voorbeeld in Foto 2.6.

Daarnaast zijn er enkele gebieden die door middel van een kering afgesloten worden van de Maas. De grootste hiervan is het Deltawerk de Kromme Nolkering die de gehele Agedamde Maas afsluit, maar ook enkele plassen worden bij hoge waterstanden van de rivier afgesloten. Een overzicht is gegeven in Tabel 2.3 en een voorbeeld in Foto 2.7. Middels voetnoten is aangegeven hoe de sluizen opgenomen zijn in de modellering.

Tabel 2.2 Overzicht van kanalen, spuisluizen en schutsluizen langs de Maas

Naam	RKM	Schutsluis	Status bij lage afvoer
Kanaal van Ternaaien	9	Sluis (Stop van) Ternaaien	Gesloten
Voedingskanaal (naar Zuid-Willemsvaart)	13	- (spuisluis)	Open
Verbindingskanaal in het Bosscherveld (naar Zuid-Willemsvaart) ¹	14	Sluis Bosscherveld	Gesloten
Julianakanaal ²	15 – 68	Sluis Limmel (tot 2017) Sluis Born ⁵ Sluis Maasbracht ⁵	Open ³ Gesloten Gesloten
Kanaal Wessem-Nederweert	68	Sluis Panheel ⁵	Gesloten
Lateraalkanaal Linne-Buggenum ¹	68 – 85	Sluis Heel	Gesloten
Afgesneden Maas ¹	68 – 74	Sluis Linne	Gesloten
Maas-Waalkanaal ²	165	Sluis Heumen Sluis Weurt (Waal)	Open ⁴ Gesloten
Burgemeester Delenkanaal	193	Sluis Macharen	Open
Kanaal van St. Andries	209	Sluis St. Andries	Gesloten
Maximakanaal	215	Sluis Empel	Gesloten
Gekanaliseerde Dieze	221	Sluis Engelen	Gesloten
Agedamde Maas	230	Wilhelminasluis Andel	Gesloten

¹ Het kanaal achter de sluis is aanwezig binnen de gebiedsgrenzen van alle Baseline-schematisaties

² Het kanaal achter de sluis is aanwezig binnen de gebiedsgrenzen Baseline-schematisaties vanaf 2019

³ Sluis Limmel gaat schutten als keersluis Limmel gesloten is. De schutsluis is inmiddels verwijderd.

⁴ Sluis Heumen gaat schutten als keersluis Heumen gesloten is

⁵ Pompen aanwezig ten behoeve van waterbesparing tijdens droge perioden

Tabel 2.3 Overzicht van keringen langs de Maas

Naam	RKM	Doorgang naar	Aansturing
Keersluis Limmel	15	Julianakanaal	Sluiten als afvoer St. Pieter > 1800 m ³ /s ²
Keersluis Mook	164	Mookerplas	Sluiten als waterstand Mook > 8.30 m+NAP
Keersluis Heumen	165	Maas-Waalkanaal	Sluiten als waterstand Mook > 8.30 m+NAP ¹
Keersluis Cuijk	167	Kraaijensbergse Plassen	Sluiten als waterstand Mook > 8.30 m+NAP
Kromme Nolkering	230	Heusdensch Kanaal (Afgedamde Maas)	Sluiten als waterstand Heesbeen > 3.42 m+NAP ³
Keersluis Schipdiep	247	Oude Maasje	Sluiten als waterstand Keizersveer > 1.40 m+NAP

¹ Het sluiten wordt ingezet vanaf 8.30 m+NAP. Bij 8.50 m+NAP dient de kering gesloten te zijn. Bij dalende waterstanden wordt vanaf 8.49 m+NAP de kering weer geopend. (van Aubel, 2016)

² Vanaf 2017 is hier geen scheepvaart verkeer meer mogelijk, wel kan er via een omloopriool nog water doorgelaten worden zodat het scheepvaartverkeer bij Born en Maasbracht nog door kan gaan

³ Vanaf een waterstand van 3.42 m+NAP wordt begonnen met sluiten, zodat bij 3.50 m+NAP de sluis gesloten is.



Foto 2.6 Voorbeelden van enkele sluisen langs de Maas. Links: Schutsluis Empel naar het Maximakanaal (foto: J.v.Houdt, beeldbank RWS); Rechts: Schutsluis en keersluis Heumen (foto: Raymond Rutting, Volkskrant)



Foto 2.7 Keringen langs de Maas. Links: De Kromme Nolkering naar de Afgedamde Maas (bron: Website Rijkswaterstaat); Midden: de Keerschuijf Cuijk naar de Kraaijensbergse Plassen (bron: Google Earth); Rechts: Keerschuijf Mook naar de Mookerplas.

Duikers en onderdoorgangen

Binnen de uiterwaarden liggen op diverse plaatsen duikers om de in- en uitstroming van de uiterwaarden enigszins te kunnen controleren. Ook zijn er op diverse plekken tunnels aanwezig in bruggenhoofden. Doordat bij hoge waterstanden een groot verval kan ontstaan bij bruggenhoofden zullen de tunnels bijdragen aan het stroombeeld. Een overzicht van de duikers en onderdoorgangen is gegeven in Bijlage A.3. Enkele voorbeelden zijn gegeven in Foto 2.8.



Foto 2.8 Links: Inlaatconstructie retentiegebied Negenoord; Midden: Verbinding tussen LKW-Noord / Zuid; Rechts: Fietserstunnel bij Buggenum (Buggenummerweg) (bron: Google Streetview)

Bruggen

Voor voetgangers, autoverkeer en treinverkeer zijn er vele bruggen die de Maas oversteken. Sommige bruggen beïnvloeden de stroming doordat er brugpijlers in de rivier staan en soms omdat de waterstand tot het brugdek kan komen; beiden gebeurt bij de Sint Servaasbrug, Foto 2.9 links. Daarnaast hebben de bruggen vaak een talud met een brughoofd waardoor de brug een hydraulisch knelpunt wordt van het riviersysteem. Een voorbeeld hiervan is de brug bij Elsloo (op de Foto 2.9 rechts).

Een volledig overzicht van de bruggen over de Maas is gegeven in Bijlage A.4. Ook bij veel stuwen is er over een deel van de vaarweg een hoogtebeperking door een (voetgangers)brug. Deze zijn niet verwerkt in de tabel.

Er liggen geen tunnels onder de Maas



Foto 2.9 Links: Sint Servaasbrug met op de achtergrond de Wilhemina- en de Spoorbrug (Maastricht) (Foto's: J.v.Houdt, beeldbank RWS); Rechts: Brug bij Elsloo in januari 2018

2.2.2 Bergings- en retentiegebieden

Langs de Maas liggen diverse retentiegebieden die bij een extreme hoogwatergolven zorgen voor topvervlakking en daardoor verlaging van de piekafvoeren benedenstreams. Deze retentiegebieden bevatten vaak een afgeregelde drempel (zie Foto 2.10 links) of een in- of uitlaatconstructie (zie Foto 2.10 rechts) waardoor de waterstand waarbij instroming plaats vindt bekend is. Een overzicht van een aantal gebieden met een sterke bergende functie is gegeven in Tabel 2.4. Naast deze lijst bestaan er nog vele uiterwaarden met een kleine bergende functie. Zo kan elke dijkkring langs de Maas ook in enige mate als bergend gebied worden gezien.

Samen dragen deze kleine gebieden bij aan een aanzienlijke topvervlakking (De Jong & Asselman, 2019).



Foto 2.10 Links: Inlaatconstructie LKW; Rechts: Inlaatconstructie retentiegebied Negenoord

Tabel 2.4 Overzicht van gebieden met een sterke bergende functie.

RKM	Naam	Opmerking ¹
8 – 10	Maastricht Oost	DR 90
25	Geulle aan de Maas	DR 88
40 – 42	Negenoord	
40 – 54	Nattenhoven Grevenbicht Roosteren	DR 84
56 – 62	Ohé Laak Stevensweert	DR 81
66 – 67Z	Thorn-Wessem	DR 79
68Z	Heel (Boschmolenplas en De Lange Vlieter)	DR 78
67 – 68N	LKW ² Zuid en Noord	Ontwerp op Q3275
125 – 129	Blitterswijck	DR 63
133 – 135	Wanssum – Geijsteren	DR 61
156 – 158	Ottersum – Mook (incl. Middelaar en Mookerplas)	DR 54
167	Kraaijenbergse plassen	
157 – 165	Lob van Gennep	DR 54. Ontwerp op Q3800
230	Afgedamde Maas	

¹ Het nummer geeft het dijkkringnummer (DR) uit de Waterwet aan. Deze dijkkringgebieden zijn vanwege hun, bij zeer hoge afvoeren, potentieel groot bergende vermogen geïdentificeerd in het kader van de systeemwerkingsstudie van de Maas (RWS, 2016).

² LKW staat voor Lateraal Kanaal West

2.2.3 Grinddrempels

Bij lage afvoer zijn sommige trajecten van de Grensmaas een cascade van grinddrempels. Deze grinddrempels worden door Rijkswaterstaat op hoogte gehouden en zijn belangrijk voor het voorkomen van droogval van de rivierbedding en de nadelige verdrogingseffecten op de grondwaterstand en de fauna en flora. Een overzicht van de grinddrempels is gegeven in Bijlage A.5, een voorbeeld is gegeven in Foto 2.11.



bron: RWS / J.v.Houdt

Foto 2.11 Grinddrempel bij rkm 34 (de afvoer is hier ongeveer 30 m³/s op de Grensmaas) (foto: J.v.Houdt, Beeldbank RWS)

2.2.4 Nevengeulen en eilanden

Belangrijk voor de hydrodynamica bij hogere afvoeren zijn de nevengeulen rondom de Grensmaas. De stroomsnelheid is hier hoger dan op andere plekken in de uiterwaarden, waardoor de kwaliteit van de modellering veel invloed kan hebben op de waterstanden in het zomerbed. De nevengeulen zijn vaak oude rivierbeddingen of onderdeel van de plannen voor de hoogwaterveiligheid zoals de Maaswerken.

Ten slotte zijn er ook enkele eilanden in de Grensmaas (zie Foto 2.12) waardoor over enkele honderden meters een meergeulenzomerbed ontstaat.



bron: RWS / J.v.Houdt



bron: RWS / J.v.Houdt

Foto 2.12 Links: Nevengeul bij Itteren; Rechts: Eiland in de Maas bij Meers. (foto's: J.v.Houdt, Beeldbank RWS)

2.2.5 Beken en rivieren, pompen en gemalen

Op de Maas lozen en onttrekken ruim honderd beken, rivieren en gemalen. Voor de waterbalans in tijden van lage en hoge afvoeren is het belangrijk dat deze meegenomen worden in de randvoorwaarden van het model. De grote beken zijn veelal bemeten, de tal van kleinere beken die direct op de Maas uitmonden meestal niet en hun afvoer dient benaderd te worden op basis van het oppervlakte van het stroomgebied. Een overzicht van alle beken is gegeven in Paragraaf 3.2.2. Een voorbeeld van de Roer en Niers is gegeven in Foto 2.13.

Pompen zijn aanwezig ter hoogte van de schutsluizen (zie Tabel 2.2). Enkel langs de bedijkte Maas zijn (14) gemalen aanwezig.

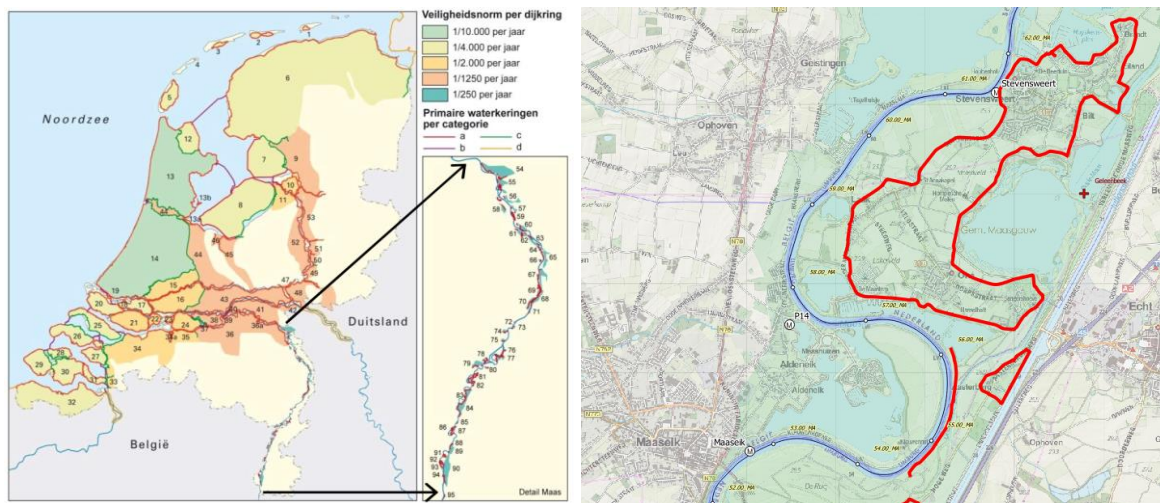


Foto 2.13 Luchtfoto's van de monding van twee grotere rivieren op de Maas. Links: de twee (van de drie) mondingen van de Roer bij Roermond; Rechts: De monding van de Niers.

2.2.6 Dijkringen, maaskades en hoge gronden

Doordat de Maas in Limburg door een dal stroomt zijn hier de dijkringen klein en zijn er veel dijkringen (zie Figuur 2.5 links). Door de beperkte schade bij een eventuele overstrooming is hier de veiligheidsnorm (conform HR2001) per dijkkring slechts 1/250 per jaar (dijkkring 54 tot 95). Benedenstrooms van stuw Sambek (de Bedijkte Maas) neemt dit toe tot 1/1250 per jaar (dijkkring 36 tot 41). Vanaf WBI2017 zijn deze normen aangepast naar signaleringswaarden van 1/300 en 1/10,000 jaar (voor respectievelijk de Onbedijkte Maas (Maasvallei) en de Bedijkte Maas). De ondergrens van deze nieuwe normen is respectievelijk 1/100 en 1/3000 jaar.

Veel van deze kades op de Grensmaas liggen binnen het stroomgebied van de Maas zoals te zien is in de Figuur 2.5 rechts. Jarenlang gold voor deze kades een overstroombaarheidseis ter bescherming van benedenstroomse dijkringen bij extreme afvoeren. Deze eis is inmiddels vervallen. Naast de dijkringen zijn hierop ook kades aangegeven die niet omhullend zijn maar dienen voor de stroomlijning van de afvoer, zogenaamde stroomgeleidingskades.



Figuur 2.5 Links: Veiligheidsnorm bij dijkringen langs de Maas; Rechts: Dijkringen en stroomgeleidingskades op de Grensmaas bij Stevensweert. De kaden aan de Vlaamse oever zijn niet weergegeven.

De begrenzing van de uiterwaarden in de Bovenmaas, Grensmaas en Zandmaas wordt niet bepaald door een banddijk, maar door hoge gronden. Doordat bij extreme hoogwatergolven het model tegen glazen wanden aan liep, is het noodzakelijk de grenzen te vergroten. Dat is echter in de voorliggende rapportage nog niet gebeurd.

2.3 Verbinding met andere gebieden

Het model van de Maas is het eerste model dat ontwikkeld is in de zesde-generatie hydrodynamische modellen van Rijkswaterstaat. In het ontwikkelproces staat voorop dat de verschillende modellen gecombineerd kunnen worden waardoor het belangrijk is om zowel de numerieke instellingen als het rooster op elkaar aan te laten sluiten.

De belangrijkste aansluiting van de Maas zit benedenstrooms. Hier loopt de Maas via de Rijnmaasmonding naar de mondingen op de Noordzee. In de modellen van de Maas en Rijnmaasmonding zit een overlapgebied van stuw Lith tot Keizersveer. Dit gebied is in beheer bij RWS-ZN en wordt daarom rechtstreeks overgenomen uit de Maas naar de Rijnmaasmonding. Hierbij wordt rekening gehouden met de beheerder van de Rijnmaasmonding, RWS-WNZ. Doordat de voortplanting van het getij beter wordt berekend door een integraal model van de Rijnmaasmonding, wordt hier bij de kalibratie rekening mee gehouden.

Daarnaast is er op enkele plekken een aansluiting met het model van de Rijntakken. Hier is geen sprake van vrije afstroming, maar van een gedeelde banddijk (bij St. Andries) of een aansluiting via een sluis (bij het Maas-Waalkanaal en de Afgedamde Maas). Op deze locaties zijn de rekenroosters van de Rijntakken en Maas op elkaar aangesloten.

3 Beschikbare data

3.1 Geometrie in Baseline

Rijkswaterstaat beheert de geografische informatie ten behoeve van de modellering in de GIS-databases van de applicatie Baseline. In deze database wordt data uit lodingen, het digitaal terrein bestand (DTB), ontwerptekeningen en vele andere databronnen gecombineerd. De database kan door Baseline worden geconverteerd naar een 2D hydrodynamisch model. Baseline biedt de mogelijkheid om met behulp van lokale maatregelen aanpassingen in de database te maken en zo op een reproduceerbare manier een nieuwe gebiedsbeschrijving te maken om een vergelijking mee uit te voeren. Een overzicht van de datalagen in Baseline6 is gegeven in Bijlage E.1.

Voor de zesde-generatie hydrodynamische modellen zijn nieuwe Baseline-databases opgezet voor historische en actuele perioden. Als basis geldt een verbeterde schematisatie van 1995. Hierop zijn maatregelen ingemixt om tot schematisaties te komen voor perioden die noodzakelijk zijn voor de kalibratie, validatie en actualisatie van het Maas-model. De nieuwe schematisaties zijn opgezet in Baseline5 en vervolgens geconverteerd naar Baseline 6 waarin nog enkele Baseline6-maatregelen zijn ingemixt.

De schematisaties beschrijven de situatie in het hoogwaterseizoen (de winter), en het jaartal in de naamgeving is een verwijzing naar de start hiervan (de uitzondering is j95, dat vernoemd is naar het hoogwater in januari 1995). Het complete overzicht van de gemaakte schematisaties en de maatregelen die hierin zijn verwerkt is gegeven in Bijlage B. De schematisaties die zijn gemaakt ten behoeve van de kalibratie, validatie en actualisatie van het zesde-generatie model van de Maas zijn gegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Overzicht van Baseline-schematisaties gebruikt in de opzet van de zesde-generatie Maas-modellen.

Baseline-schematisatie	Hoogwaterseizoen	Doel in dit rapport
baseline-maas-j93_6-v1	1993 – 1994	Kalibratie / Validatie HW1993
baseline-maas-j95_6-v1	1994 – 1995	Kalibratie / Validatie HW1995
baseline-maas-j10_6-v1	2010 – 2011	Kalibratie / Validatie HW2011
baseline-maas-j14_6-v1	2014 – 2015	Kalibratie / Validatie J2014
baseline-maas-j19_6-v1	2019 – 2020	Operationeel model 2019-2020 ¹

Om de kwaliteit van de aangeleverde data te controleren is een plausibiliteitscontrole uitgevoerd van de modelinvoer en -uitvoer. In Bijlage B.5 zijn analyses opgenomen van de verschillen in bodemhoogte in het zomerbed en de volumeverandering van het winterbed, alsook de waterstanden in de basismodellen. Verbeteringen die hieruit naar voren kwamen zijn verwerkt in de Baseline-schematisaties.

3.2 Randvoorwaarden en metingen ten behoeve van kalibratie/validatie

3.2.1 Aangeleverde meetgegevens

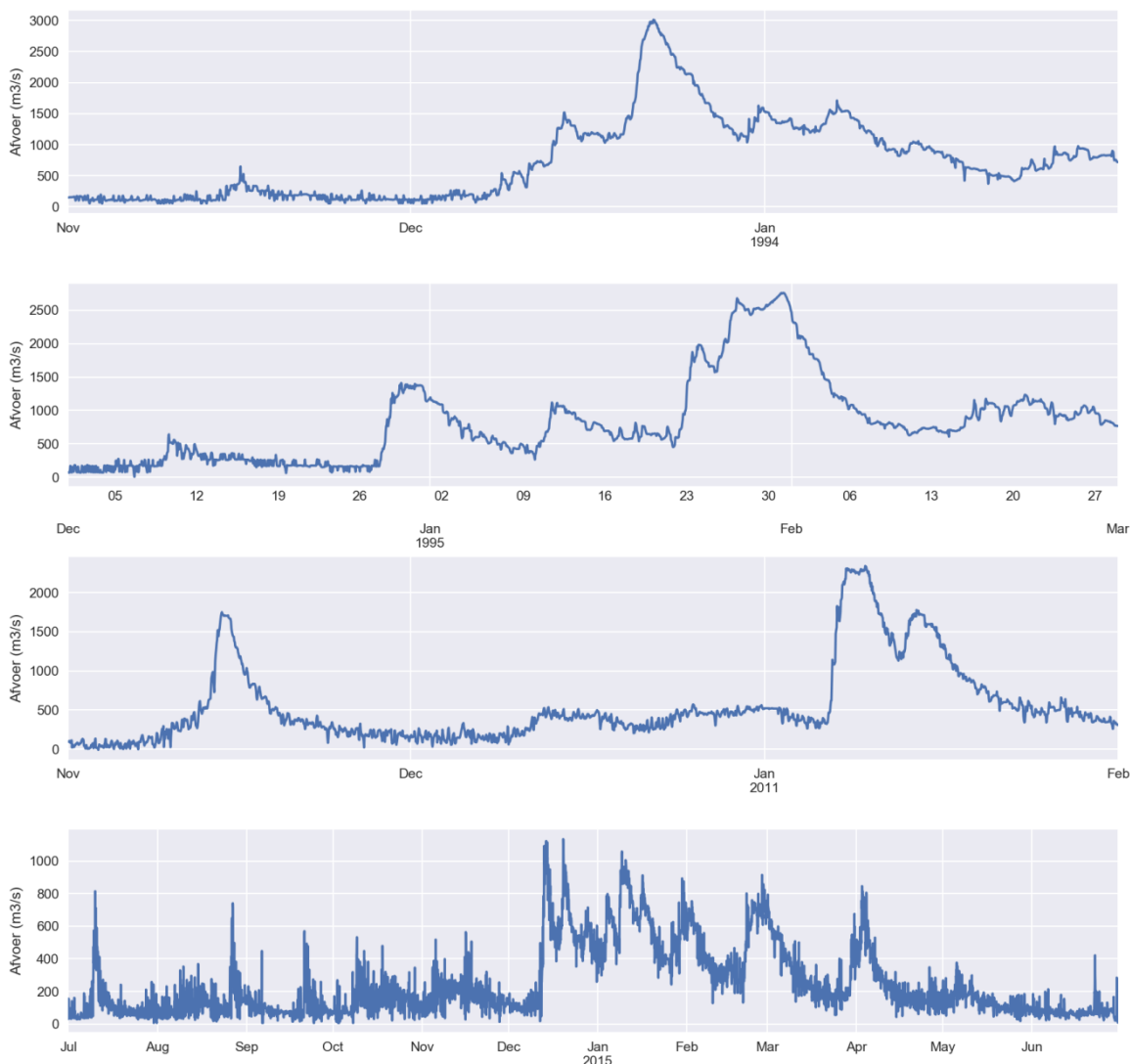
De Maas wordt al vele decennia bemeten. Voor de kalibratie en validatie van een model wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van zo recent mogelijke en accurate metingen, maar is het ook belangrijk om te kalibreren op hoge piekafvoeren. In Figuur 2.2 is aangegeven dat de laatste

¹ Verschilanalyses en toepassing van het j19-model zijn beschreven in Visser & De Jong (2020).

extreme afvoeren plaats vonden tijdens het hoogwater van 1993 en 1995. Voor minder extreme afvoeren kan uitgeweken worden naar recentere perioden en is gekozen voor het winterseizoen 2010-2011, en voor perioden van lage afvoer wordt gebruik gemaakt van het hydraulische jaar 2014-2015.

Van deze perioden zijn nieuwe meetgegevens aangeleverd (zie Figuur 3.1):

- Hoogwater 1993 (1 november 1993 tot 31 januari 1994)
- Hoogwater 1995 (1 december 1994 tot 28 februari 1995)
- Hoogwaters 2010-2011 (1 november 2010 tot 31 januari 2011)
- Hydraulisch jaar 2014-2015 (1 juli 2014 tot 30 juni 2015)



Figuur 3.1 Afvoer bij Eijsden voor het hoogwater 1993, hoogwater 1995, hoogwaters 2010-2011 en het jaar 2014-2015.

De aanlevering bevat metingen van waterstanden (tot 34 meetstations) en afvoeren (tot 5 meetlocaties). Voor de hoogwaters van 1993 en 1995 is ontbrekende data aangevuld met meetgegevens uit de kalibratie/validatie van de vijfde-generatie modellen. De aangeleverde

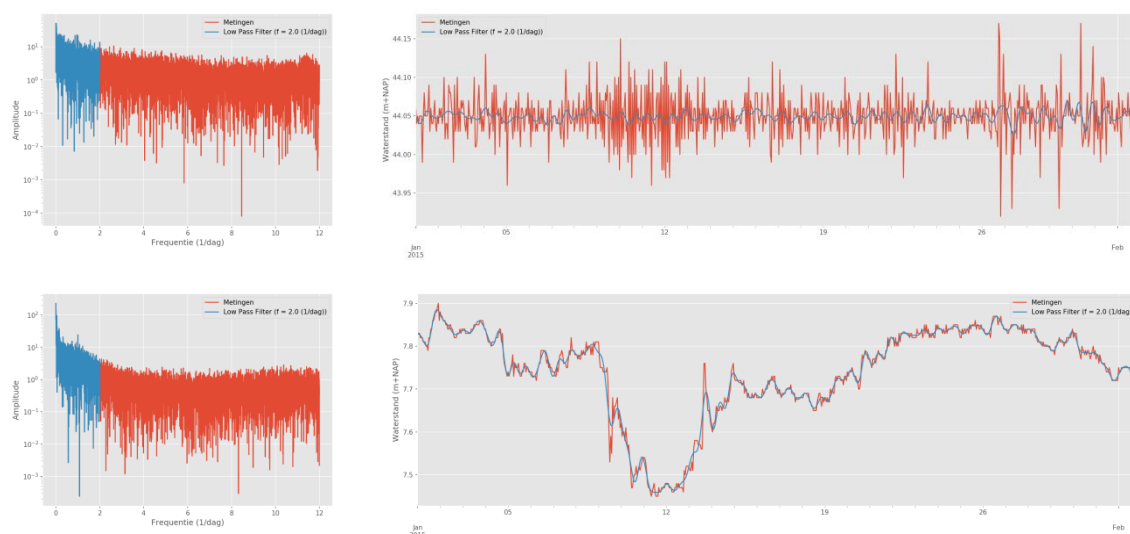
afvoerreeksen worden afgeleid uit ADM-metingen, Qh-relaties of Qf-relaties². In Bijlage C is verdere informatie en een overzicht van de metingen opgenomen voor alle jaren.

De nieuwe data is anders dan de metingen uit eerdere projecten tijdens de vijfde generatie Maas-modellen. De verschillen zijn niet verder onderzocht.

3.2.2 Gladstrijken van metingen bovenstrooms van de stuw

Bij de operationele stuwsturing wordt gebruik gemaakt van bepaalde stuwregels waarbij voor verschillende afvoeren op verschillende meetstations wordt gestuurd (zie paragraaf 2.2.1). Hierbij probeert de stuwbeheerder de gespecificeerde stuwpeilen zo goed mogelijk te benaderen, maar kan er ook besloten worden hiervan af te wijken. Om de werkelijkheid zo goed mogelijk te reproduceren in het model wordt gebruik gemaakt van de gemeten waterstand direct bovenstrooms van de stuw. De RTC van het model wordt ingericht te sturen op deze waterstanden.

Zoals te zien in Figuur 3.2 bevat de meetreeks hoog-frevente schommelingen door de wijze van stuwsturing. Omdat het niet wenselijk is om deze kleine variaties mee te nemen in de stuwsturing, is het nodig om de meetreeks gladder te maken. Hiervoor is gebruik gemaakt van een Low Pass Filter om frequenties met een periode kleiner dan 12 uur uit de metingen te verwijderen (zie Figuur 3.2). In rood is het originele frequentiespectrum te zien, in blauw het resterende deel na toepassing van het Low Pass Filter.



Figuur 3.2 Toepassing van een Low Pass Filter op de waterstandsmetingen bij Borgharen Julianakanaal (boven) en Grave Boven (onder). Links is in rood is het originele frequentiespectrum te zien, in blauw de resterende frequenties na toepassing van het Low Pass Filter (12 uur is gelijk aan 2 dag⁻¹). Rechts is een detail van de tijdserie voor de maand januari 2015

3.3 Synthetische afvoergolven

Naast de historische randvoorwaarden wordt tijdens de opzet van het model vaak gebruik gemaakt van (semi-)stationaire afvoeren en fictieve afvoergolven. Deze randvoorwaardensets dienen de volgende doelen:

- Validatie stuwsturing

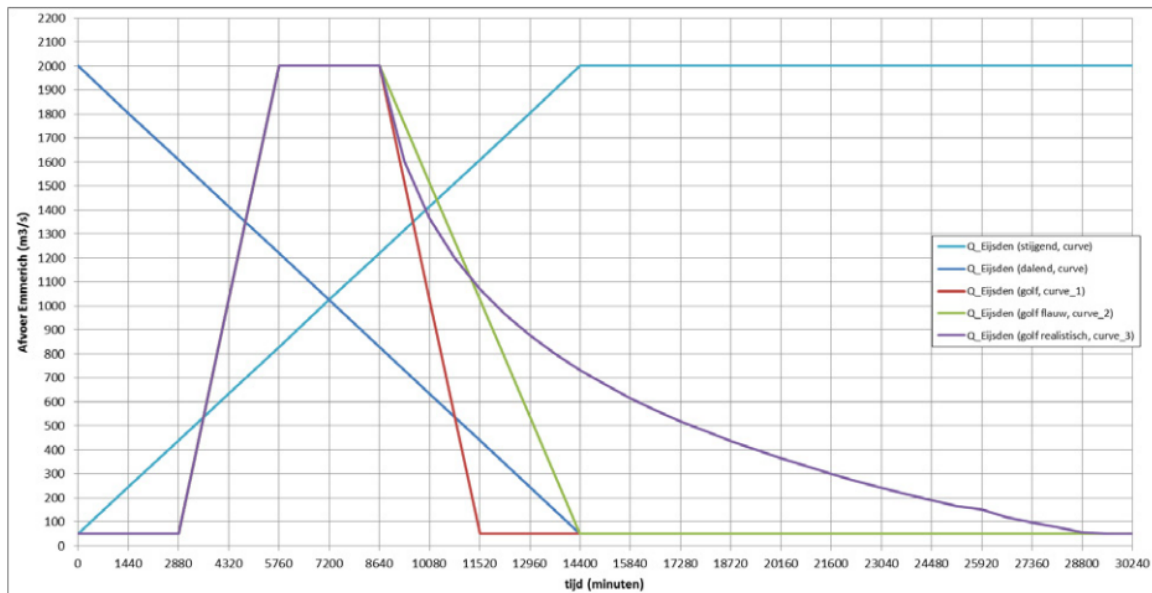
² Bij een Qh-relatie wordt de lokale waterstand gebruikt om de afvoer te bepalen. Bij een Qf-relatie wordt meer meegenomen dan enkel de waterstand (Van der Veen, 2013)

- Bepalen stabiliteit onder extreme afvoeren
- Bepalen verschillen in modelresultaten door actualisatie baseline schematisatie
- Bepalen verschillen in modelresultaten als gevolg van nieuwe modelsoftware versies

In alle gevallen wordt dit gecombineerd met de Qh-relatie bij Keizersveer (Qh-Keizersveer-j15_5-v1) zoals afgeleid met het WAQUA-model van de Rijnmaasmonding (waqua-rmm-j15_5) (Van der Wijk, 2016)³.

3.3.1 Afvoergolf voor validatie stuwsturing

Deze randvoorwaarden zijn afkomstig uit Agtersloot (2012) (zie Figuur 3.3). In de genoemde rapportage is onderzoek gedaan naar de stabiliteit in de stuwsturing in het vijfde-generatie WAQUA-model. Voor hetzelfde doel kunnen de randvoorwaarden hergebruikt worden in de testen voor de zesde generatie. Van de vijf afvoergolven is in deze rapportage enkel gebruik gemaakt van “Q_Eijsden (golf, curve_1)”. Deze heeft een sterke stijging en daling van de afvoer met een piek van 2000 m³/s en een stationaire situatie van 50 m³/s.



Figuur 3.3 Afvoerrandvoorwaarde bij Eijsden uit Agtersloot (2012)

3.3.2 Randvoorwaarden voor actualisatie modellen, vergunningverlening, BOI

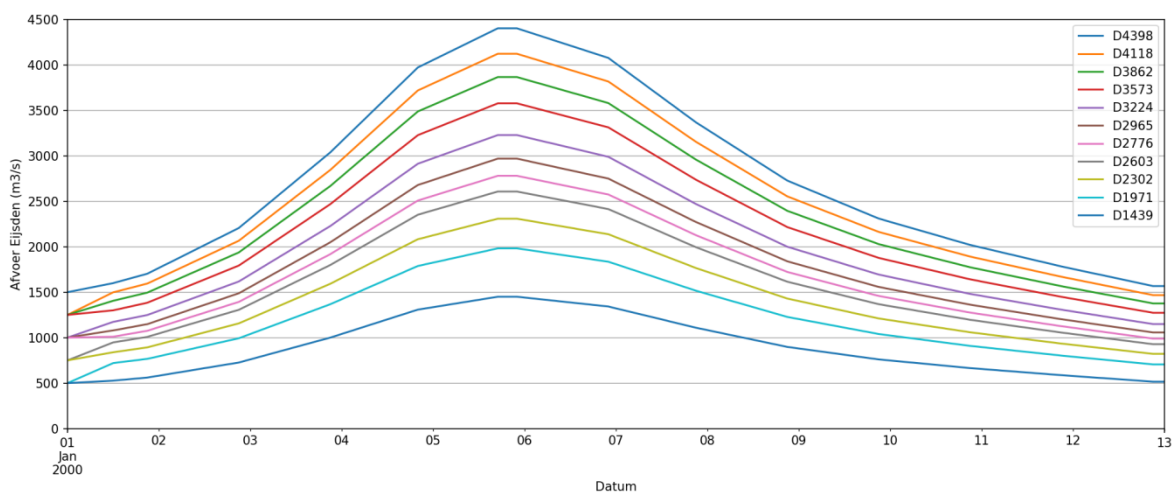
De vigerende golfvorm voor de Maas is afkomstig uit het project GRADE en is toegepast in de waterstandsberekeningen van WBI2017. Voor toepassing in de vijfde generatie zijn randvoorwaarden gemaakt (De Jong, 2018) voor een aantal afvoerniveaus (zie Figuur 3.4). Deze worden toegepast voor o.a. verschilanalyses in de JAMM-standaardsommen en in het Rivierkundig BeoordelingsKader (RBK) 5. Ten behoeve van zowel de vergunningverlening als de (jaarlijkse) Monitoring Hoogwaterveiligheid is het afvoerniveau voor de Maas gesplitst tussen de Maasvallei (3.224 m³/s) en Bedijkte Maas (4.118 m³/s) (zie Tabel 3.2). Deze afvoeren zijn vastgesteld als de officiële Hoogwaterreferentie afvoer.

Voor de zesde generatie moeten er nog afspraken gemaakt worden over welke randvoorwaarden gebruikt gaan worden als standaardsommen in de actualisatie van nieuwe modellen. Voor deze randvoorwaarden dienen lateralen nog bepaald te worden.

³ Er zijn plannen om een nieuwe QH-relatie af te leiden gebaseerd op het zesde-generatie RMM-model

Tabel 3.2 Hoogwaterreferentie voor vergunningverlening kleine ingrepen en (jaarlijkse) Monitoring
Hoogwaterveiligheid volgens RBK 5

	Herhalingstijd (jaar)	Afvoerniveau (m ³ /s)
Maasvallei	~ 100 jaar	3.224 m ³ /s
Bedijkte Maas	~ 3.000 jaar	4.118 m ³ /s



Figuur 3.4 Afvoergolven met golfvorm WBI2017 voor de Maas ten behoeve van het RBK5 (De Jong, 2018). De golfvorm is het gemiddelde van alle afvoergolven die geanalyseerd zijn in project GRADE (Hegnauer et al., 2014).

4 Modelopzet

Aan de hand van geometrische gegevens is eerst een rooster gebouwd (sectie 4.1). Vervolgens zijn ruimtelijke eigenschappen met Baseline op dit rooster geprojecteerd voor verschillende Baseline-schematisaties en aangevuld met handmatige aanpassingen en bestanden (sectie 4.2). Randvoorwaarden en externe forceringen zijn geconverteerd vanuit de Randvoorwaarden Generator Water-Modellen (zie sectie 4.3). Ten slotte volgt de opzet en de stuwsturing van de kunstwerken (zie sectie 4.4), de definitie van de ruwheden (zie sectie 4.5) en de fysisch-numerieke instellingen (zie sectie 4.6).

4.1 Roosterontwerp

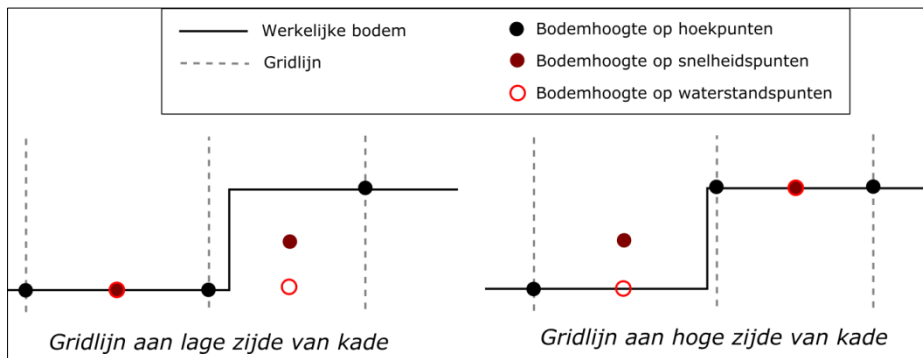
4.1.1 Methodiek

Centraal in de opzet van het ongestructureerde rooster voor de zesde-generatie modellen staan de extra mogelijkheden om het rooster uit te lijnen met de stroming en de geometrie. De afvoer stroomt grotendeels tussen de oeverlijnen van het zomerbed. Hier zijn ook de hoogste stroomsnelheden waardoor uitlijning van het rooster belangrijk is. De oeverlijnen worden aangevuld met stroomlijnen op basis van modelresultaten uit de vijfde generatie (j15-model en beno15-model). In de stroomlijnen zijn nevengeulen, zomerbedverbredingen en stroomgeleidingskades duidelijk terug te herkennen.

Daarnaast zijn geografische lijnen meegenomen van bruggen en stuwen, de toegang naar aangetakte plassen, kades van retentiegebieden, maaskaden en stroomgeleidingskaden, en kanalen.

Het is belangrijk om de discretisatie van de bodemhoogte op het rooster mee te nemen in de opzet van het rooster. De bodemhoogte wordt (door Baseline) bepaald door op de hoekpunten van het rooster de bodemhoogte te prikken in het hoogtebestand (*terrain*). Het waterbewegingsmodel bepaalt zelf de bodemhoogte op de snelheidspunten door het gemiddelde te nemen van de hoekpunten; en bepaalt de bodemhoogte op de waterstandspunten met het minimum van alle snelheidspunten (zie ook Paragraaf 4.6.1).

Dit is met name belangrijk op locaties met een grote verandering in de bodem, bijvoorbeeld bij kaden rondom stuwen (zie Figuur 4.1). Zoals weergegeven heeft een kleine verplaatsing van de roosterlijn bij de kade hier grote gevolgen op de discretisatie van de bodemhoogte. De bodemhoogte op snelheidspunten is van belang op het stroomvoerende oppervlak, terwijl de bodemhoogte op waterstandspunten enkel het bergende effect bepaalt. De plaatsing van de roosterlijn volgens linker figuur heeft daardoor een overschatting van de stroomvoerende oppervlakte en de rechter figuur een onderschatting hiervan. Omdat de waterstand in een rivier vooral bepaald wordt door het stroomvoerende oppervlak is het belangrijk dit goed te modelleren. Dit wordt bereikt door de roosterlijn altijd aan de lage zijde van de kade te leggen en de kade zelf ook te modelleren als overlaat in het model.



Figuur 4.1 Een dwarsdoorsnede van de bodemhoogte bij een kade met hierop het effect van de plaatsing van de drie gridlijnen op de discretisatie naar snelheids- en waterstandspunten

De begrenzing van het rekenrooster is gebaseerd op de begrenzing van de actuele Baseline-schematisatie van 2018 met hierop enkele uitbreidingen. Het rooster loopt aan de bovenstroomse zijde door tot stuw Lixhe (België) en aan de benedenstroomse zijde tot de brug bij Keizersveer. Het traject tussen Lith en Keizersveer wordt ook overgenomen in het model van de Rijnmaasmonding en dient dus de mogelijkheid te bieden uit te breiden richting de Rijnmaasmonding. Daarnaast dient het ook mogelijk te zijn om in de toekomst kanalen aan te laten sluiten op het rooster van de Maas. Het Julianakanaal en Maas-Waalkanaal zijn al meegenomen in het rooster.⁴

Omdat de grenzen van de uiterwaarden voor een deel van de Maas niet worden gevormd door dijken, maar door hoge gronden, is de benodigde begrenzing van het model afhankelijk van de grootte van de door te rekenen afvoer. In de vijfde generatie bleek de begrenzing te klein gekozen, waardoor het model bij extreem hoge afvoeren (hoger dan 4000 m³/s) *glazen wanden* bevatte. In de zesde generatie wordt de begrenzing breder, al is het op dit moment nog niet bekend tot hoever. Er wordt in de opzet van het rooster wel rekening gehouden met deze mogelijk toekomstige uitbreiding. Daarnaast is ook besloten om niet uit te lijnen met de bandijken, omdat direct langs de bandijk de stroomsnelheid vaak beperkt is en daardoor de toegevoegde waarde van de uitlijning klein.

De resolutie van het rooster is vergelijkbaar met de resolutie van de vijfde-generatie modellen:

- In het zomerbed zijn er 6-10 cellen van minimaal 10 meter breedte. Deze hebben een aspectratio van maximaal 1:4 en zijn in de lengterichting 40 meter.
- In het winterbed wordt gericht op cellen met een aspect ratio: 1. Deze hebben dezelfde resolutie als de lengterichting van het zomerbed: 40 meter.

De cellen moeten een minimale resolutie van 10-15 meter hebben, vanwege de subgrid-aanpak van overlaten (De Goede & Van Kester, 2013).

4.1.2 Aanpak

Er is gekozen voor een methode waarbij het rooster zoveel mogelijk wordt uitgelijnd met stroombanen en waar vierhoekige roostercellen de voorkeur hebben boven andere vormen. De keuze voor vierhoeken heeft de volgende voordelen (De Jong, 2017):

- Minder numerieke diffusie door uitlijning van het rooster met de stroomrichting
- Een grotere rekentijdstep mogelijk door het grotere volume van vierhoeken tot driehoeken
- Minder roostercellen nodig door de betere gridconvergentie van vierhoeken

⁴ Baseline-gegevens van de uitbreiding bij Lixhe en de kanalen is pas opgenomen vanaf het j19-model

Nadelen van deze methode zijn:

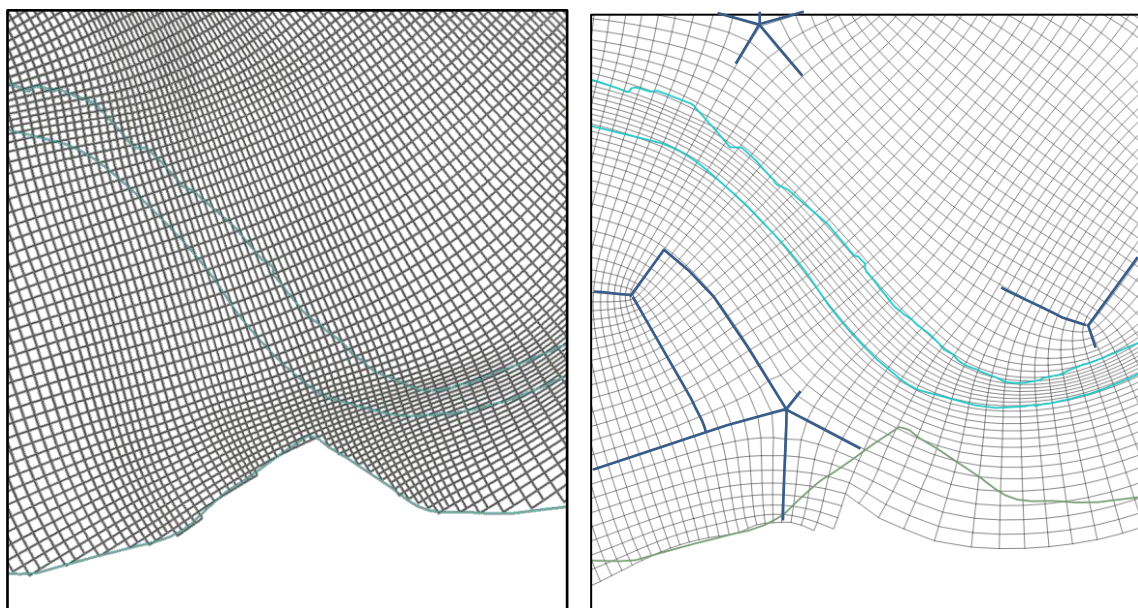
- Het ontwerp van het rooster is arbeidsintensiever
- Eisen aan orthogonaliteit en gladheid zijn lastiger te halen

De methode die gebruikt wordt voor het ontwerp kan benoemd worden als een blok-gestructureerd (ook wel *multiblok*-) rooster waarin verschillende kromlijnige blokken door de ongestructureerde administratie toch op elkaar aangesloten kunnen worden.

De algemene werkwijze kan samengevat worden in de volgende punten:

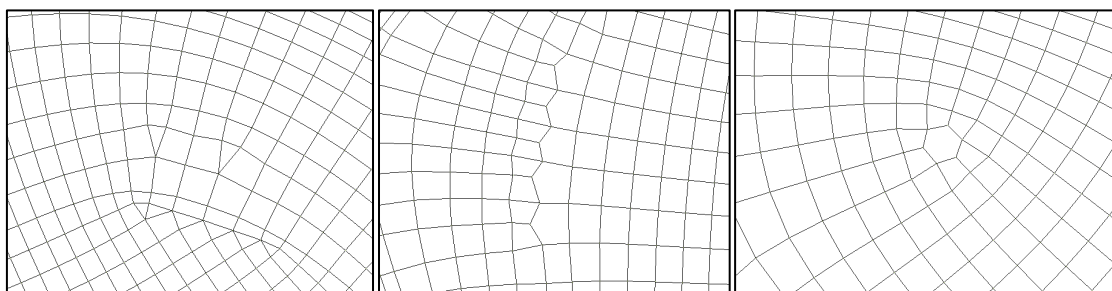
- 1 Allereerst wordt een kromlijnig rooster in het zomerbed gemaakt door met behulp van *splines* de oeverlijnen zo goed mogelijk te volgen.
- 2 Hierna volgt een exponentieel groeiende laag waarbij de langgerekte cellen van het zomerbed groeien tot vierkanten met een laag aspectratio.
- 3 Genereren grid bij overige uitgelijnde waterlichamen (kanalen, nevengeulen, etc.)
- 4 Vervolgens wordt het winterbed opgedeeld in blokken met vier hoekpunten die aansluiten op bestaande of toekomstige stukken rooster. Binnen ieder blok wordt een grid van vierhoeken gegenereerd.
- 5 Afwerking om de roosterkwaliteit te verbeteren

Een voorbeeld van een vergelijking met het rooster zoals gebruikt in het vijfde-generatie WAQUA-model voor de Maas is gegeven in Figuur 4.2.



Figuur 4.2 Uitsnede uit het rooster bij de Maasplassen (Linne) in WAQUA (links) en in D-HYDRO (rechts). In het D-HYDRO rooster zijn aangegeven: het curvilineaire zomerbed (licht blauw), de exponentieel groeiende laag hieromheen en de blok-gestructureerde aanpak in het winterbed (donkerblauw).

Lokaal is het niet altijd mogelijk om enkel vierhoeken te gebruiken. Figuur 4.3 toont enkele voorbeelden waar gebruik gemaakt is van driehoeken, vijfhoeken en zeshoeken.



Figuur 4.3 Voorbeelden van driehoeken gebruikt bij de uitlijning van de kade bij Elsloo; vijfhoeken gebruikt op het eiland in de Maas bij Visserweert om extra roosterlijnen mogelijk te maken; en zeshoeken gebruikt bij diverse locaties waar roosterlijnen samenkomen in combinatie met hoge stroomsnelheden om zo te kleine cellen te voorkomen

4.1.3 Roostereigenschappen

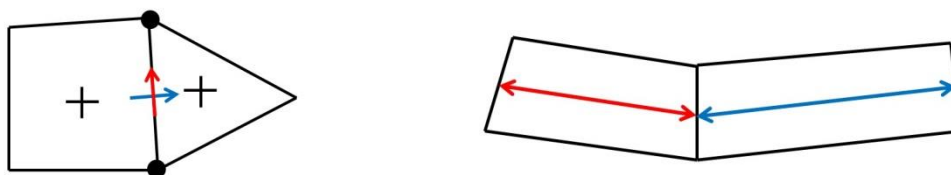
Na initialisatie van het model kan uit het uitvoer bestand (*_map.nc) worden uitgelezen hoeveel roostercellen (waterstandspunten) en flow links (snelheidspunten) er actief zijn na toepassing van de rekenroosterbegrenzing. Dit is vergeleken met het (naar D-HYDRO geconverteerde) WAQUA-rooster in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Vergelijking van aantal roostercellen en flow links voor de roosters van WAQUA en D-HYDRO (met toepassing van rekenroosterbegrenzing)

	WAQUA (40 m)	D-HYDRO (40 m)
Aantal roostercellen	336.874	353.898
Aantal flow links	646.927	695.248

Traditioneel wordt een rekenkundig rooster getoetst aan (met name) de volgende eigenschappen:

- De orthogonaliteit: dit is de hoek tussen een netlink en een flowlink (Figuur 4.4 links).
- De gladheid (smoothness): dit is de verhouding van de lengtes van twee aansluitende roostercellen (Figuur 4.4 rechts).

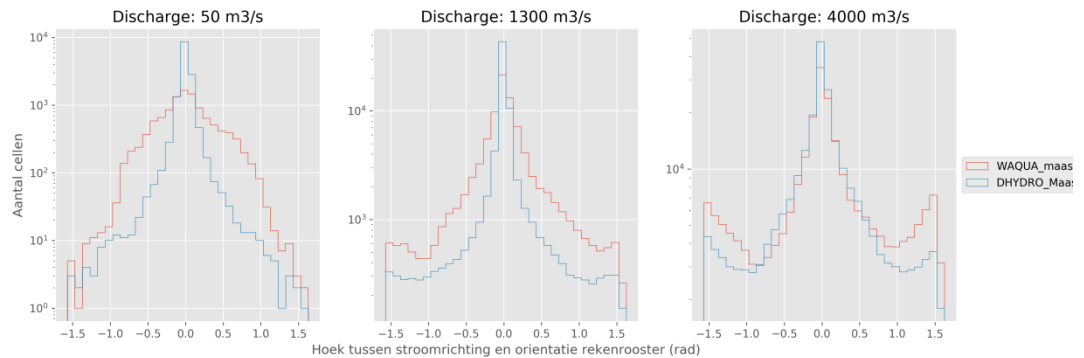


Figuur 4.4 Links: Illustratie van orthogonaliteit: afwijking van de hoek tussen de rode en blauwe pijl tot een loodrechte hoek; Rechts: gladheid/smoothness als de verhouding tussen de lengtes van beide pijlen (rechts)

Beide eigenschappen zorgen voor een hoge nauwkeurigheid in het oplossen van de numerieke vergelijkingen. Daarbij is ook belangrijk wat de oriëntatie van het rooster ten opzichte van de stroomrichting is. Bij een kromlijning rooster (WAQUA) waren hiervoor de mogelijkheden in zeer bochtige delen van de Maas beperkt, omdat dit zeer grote consequenties zou hebben op de orthogonaliteit en gladheid. Voor een ongestructureerd rooster zijn de consequenties van uitlijnen met de stroomrichting veel kleiner, waardoor de afweging gemaakt is om deze uitlijning te prefereren ten koste van de orthogonaliteit en gladheid.

Het resultaat van de uitlijning is in Figuur 4.5 weergegeven. Hieruit blijkt dat voor alle afvoeren de oriëntatie met de stroomrichting is verbeterd. De verbetering is het duidelijkst zichtbaar voor

de lage afvoeren. In WAQUA was het rooster op de Grensmaas vaak uitgelijnd met het winterbed in plaats van het (sterk meanderende) zomerbed.

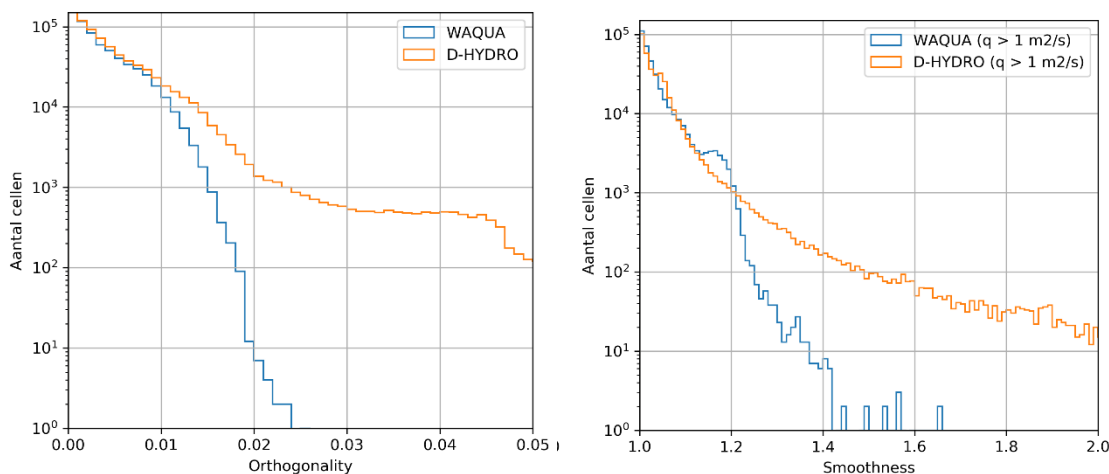


Figuur 4.5 Histogram van de verdeling in de hoek tussen stroomrichting en de oriëntatie van het rekenrooster voor drie afvoeren (50, 1300 en 4000 m³/s). Een hoek van 0 betekent dat de roostercellen perfect met de stroming zijn uitgelijnd.

In Figuur 4.6 is een histogram gegeven van de orthogonaliteit en gladheid van het rooster. Hierbij is vergeleken met het WAQUA-rooster (geconverteerd naar D-HYDRO). Zoals verwacht blijkt uit de de figuren dat voor beide eigenschappen de kwaliteit van het D-HYDRO rooster is verminderd. Dit wordt veroorzaakt doordat in WAQUA deze eigenschappen leidend waren in de roostergeneratie, terwijl in D-HYDRO een betere uitlijning met de stroomrichting wordt verkregen.

Voor de orthogonaliteit is ernaar gestreefd om dit voor het merendeel van het rooster lager dan 0.01 te brengen (13.0% van de cellen is hoger dan 0.01). Lokaal kon echter niet voorkomen worden dat er vlakken tot 0.02 zouden ontstaan (2.3% van de cellen is hoger dan 0.02). Daarnaast zijn er enkele roostercellen met een orthogonaliteit tot 0.10. Deze zijn vooral buiten de stroomlijnen gehouden en voornamelijk omringd door roostercellen met een lagere orthogonaliteit. Er zijn geen roostercellen in het model met een orthogonaliteit tussen 0.10 en 0.50 (het rekenkundig maximum van D-HYDRO).

Aan de gladheid zijn geen numerieke eisen gesteld. Dit neemt niet weg dat geprobeerd is om roosterovergangen zo geleidelijk mogelijk te laten verlopen. In Figuur 4.6 is duidelijk te zien dat er een forse toename is in de gladheid van het rooster. De aanbeveling in WAQUA (gladheid maximaal 1.2) is duidelijk terug te zien. In het D-HYDRO-rooster is 3.7% van de gridcellen boven deze waarde.



Figuur 4.6 Histogram van de verdeling in Orthogonaliteit (links) en gladheid/smoothness (rechts)

4.2 Projectie vanuit Baseline

Voor de opzet van het model wordt grotendeels gebruik gemaakt van de geometrische gebiedsbeschrijving zoals deze opgenomen is in de Baseline (zie Paragraaf 3.1). Vanuit Baseline worden de bestanden aangemaakt zoals weergegeven in Tabel 4.2. Een workflow van de Baseline-database naar deze bestanden is te vinden in Bijlage E.1. De wijze waarop dit door D-Flow FM naar het rooster geprojecteerd wordt is beschreven in Bijlage E.2.

Tabel 4.2 Overzicht van de modelbestanden uit Baseline6, met hierbij de vergelijking met de namen in WAQUA (Engelse naamgeving) en de Baseline5-projectie met BASWAQ (Nederlandse naamgeving)

Naamgeving FM	Extensie	Naamgeving WAQUA	Naamgeving BASWAQ	Beschrijving
netwerk	._net.nc	grid & bathymetry	rooster & bodem	De bodemhoogte wordt toegevoegd aan het rooster op de hoekpunten
landboundaries	.ldb	-	secties	Enkel voor visualisatie
fixed_weirs	.pliz	weirs	overlaten	Subgrid afhandeling voor lokale bodemveranderingen, door een drempelwaarde op de snelheidspunten
trachytopes	.arl	roughcombination	ruwheid	Voor iedere snelheidslink is aangegeven uit welke trachytopen de ruwheid bestaat en in welke verhouding.
dry_areas	.pol	drypoints	schotjes	Definieert dat een roostercel niet actief is
enclosure	.pol	computational enclosure	rekenrooster-begrenzing	Actieve deel van het rekenrooster (feitelijk het omgekeerde van een dry area)
thin_dams	.pli	drypoints	schotjes	Definieert dat een snelheidspunt niet actief is
source_sinks	.pli	discharges	lateraal	Een lokale in- of uitstroming op een roostercel die niet aan de rand van het rooster zit.
structures	.pli	barriers	kunstwerken	In tijd-variabele kunstwerken, afgehandeld als overlaat
output_locations	.xyn	checkpoints	uitvoerlocaties	Locaties (waterstandspunten) waarop de waterstand met een hogere frequentie wordt weggeschreven
cross_sections	.pli	curves	-	Langsdoorsnede voor afvoerbepaling
calibration_sections	.cll	-	-	Indeling van snelheidspunten in kalibratiesecties

4.3 Randvoorwaarden

4.3.1 Open randen

Het Maas model bestaat uit één bovenstroomse randvoorwaarde en één benedenstroomse randvoorwaarde (Figuur 4.7).

- De benedenstroomse rand bevindt zich ter hoogte van het meetpunt Keizersveer. Dit is een verplaatsing van 100 meter ten opzichte van de waterstandsrand van WAQUA in de vijfde generatie, toen de modelrand bij de A27 brug lag (De Jong, 2019b). De locatie komt nu ook overeen met de modelrand in SOBEK.
- De bovenstroomse rand bevindt zich in de kalibratiemodellen bij Eijsden, waar de Maas Nederland binnen stroomt. Omdat stuw Lixhe slechts enkele kilometers bovenstrooms van Eijsden ligt, wordt de modelrand vanaf het actuele model (j19_6) naar Lixhe verplaatst.



Figuur 4.7 Locatie van de randvoorwaarde bij Keizersveer (links) en Eijsden en Lixhe (rechts).

4.3.2 Lateralen

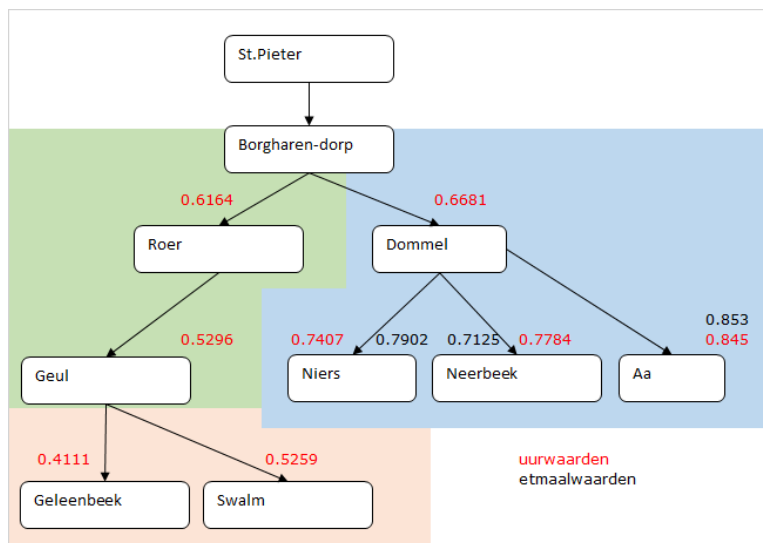
Om diverse redenen zijn er laterale lozingen en onttrekkingen aan het model toegevoegd. Het gaat hier om gemalen, schutverliezen bij sluisen en instromende rivieren en beken met een breedte kleiner dan het rekenrooster. De grootte van de in- en uitstromende afvoer is vaak niet precies bekend en wordt daarom afgeleid op basis van beschikbare metingen en regressieformuleringen.

Voor het afleiden van laterale onttrekkingen en toestromingen wordt gebruik gemaakt van de Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) (Tanis, 2020). In deze software is een database aan regressies opgenomen waarmee uit een beperkte set randvoorwaarden, een volledige set verkregen kan worden. De RGWM is de opvolger van de Lateralen Afvoergenerator (LAG) en de Hulpprogrammatuur.

In deze paragraaf wordt de methode waarop de RGWM de lateralen bepaald beschreven. In sommige stappen wordt in de RGWM een andere methode toegepast bij standaardafvoergolven dan bij historische perioden. In deze tekst wordt enkel ingegaan op de methode voor historische perioden.

Als basis wordt uitgegaan van afvoergegevens bij St. Pieter / Borgharen en metingen van enkele belangrijke beken van de Maas. De belangrijke beken zijn de Geul, Geleenbeek, Roer, Swalm, Neerbeek, Niers, Dommel en Aa. Er wordt uitgegaan van de locatie van het

meetstation. Voor historische perioden kan de RGWM gebruikt worden om voor deze beken hiaten op te vullen. Hiervoor zijn statistische regressierelaties opgesteld tussen de beken en Borgharen volgens de boomstructuur in Figuur 4.8. In de figuur staat de kwaliteit R^2 van de regressies aangegeven. Voor korte perioden met hiaten is de kwaliteit beter als in plaats van regressies een simpele lineaire interpolatie wordt gedaan, ook dit gebeurt door de RGWM ("Interpolation window"). Na deze stap zijn er volledige tijdreeksen voor de belangrijke beken beschikbaar.



Figuur 4.8 Kwaliteit (R^2) van de gevonden correlatiecoëfficiënten tussen de afvoeren van belangrijke beken op de Maas (Van der Veen, 2018)

In een tweede stap worden de belangrijke beken vertaald naar de *overige beken*. Deze overige beken worden afgeleid op basis van oppervlakte-oppervlakte relaties met de meest nabijgelegen belangrijke beek. In deze stap worden de belangrijke beken ook gecorrigeerd voor de afstand tussen de meetlocatie en de monding in de Maas en er worden aanvullende correcties uitgevoerd op beperking van de instroming door hoge waterstanden in de Maas (een lozingsbeperking). Er wordt onderscheid gemaakt tussen de vrije afstroming van beken en de inzet van gemalen.

Voor waterinlaatpunten en lozingspunten van Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) worden constante waarden aangenomen.

Door RGWM worden geen pompdebieten uitgerekend bij sluisen. Bij kanalen die tijdens normale afvoeren in open verbinding staan met de rivier maar bij hoge afvoer afgesloten worden van de rivier, dient het op kanaalpeil op het afgesloten deel constant gehouden te worden door aansturing van pompen in het model.

Bij schutsluisen wordt gebruik gemaakt van een weekgemiddelde schutintensiteit (aantal schuttingen/uur) welke is afgeleid uit IVS-gegevens voor de scheepvaart. In combinatie met de oppervlakte van de sluiscolken is daarmee een schutdebiet afgeleid (uitgedrukt in $m^3/s/m$ verval). Het verval kan worden opgegeven als invoer voor de RGWM, of (indien afwezig) wordt afgeleid uit de betrekkinglijnen. Voor een aantal sluisen wordt er nog een correctiefactor t.a.v. seizoenseffecten toegepast.

Ten slotte wordt daar waar mogelijk uitgegaan van gemeten afvoeren. Deze ADM-metingen zijn beschikbaar op het Julianakanaal (Bunde) en de Zuid-Willemsvaart (Smeermaas).

In Bijlage C.2 is een overzicht gegeven van de invoer en uitvoer van de RGWM voor de Maas. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de tool Randvoorwaarden Generator Water Modellen.

4.3.3 Niet-gemodelleerde processen

Naast de forcering van het hydrodynamische model met diverse hydraulische randvoorwaarden zijn er ook andere processen actief die in de modellering niet meegenomen worden omdat de effecten verwaarloosbaar klein zijn, of te veel data of rekenkracht vragen om te modelleren:

- Meteorologische condities zoals luchtdruk en wind beïnvloeden de waterstand van de rivier. Door lokale hoge en lage drukgebieden en door de schuifspanning door wind kan een opstuwning van een of enkele decimeters ontstaan (Zagonjolli (2019) en Verheij et al. (2002)). De ruimtelijke variabiliteit en de lokale beschutting van de rivier maken het echter complex om deze meteorologische forcering mee te nemen. In keuze van kalibratieperioden is er rekening mee gehouden dat de invloed in deze periode door wind beperkt is.
- Neerslag en verdamping dragen bij aan de volumebalans. Ten opzichte van de rivierafvoer wordt dit echter verwaarloosbaar klein geacht. Tijdens droge, warme periodes is over de gehele Maas de verdamping circa $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁵. Tijdens een grote neerslag is de toevoeging over de gehele Maas ruim $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁶. Een deel hiervan zal door infiltratie in de grond trekken. Tijdens perioden van lage afvoer kan dit echter niet verwaarloosd worden. Dit wordt deels opgevangen door opname in de laterale condities van de RGWM. Daarnaast wordt in de keuze van de kalibratieperiode voorkomen dat er teveel neerslag viel.
- Ook de interactie van het oppervlaktewater met het grondwater beïnvloed de volumebalans. Ook zorgt dit voor uitwisseling tussen de Maas en niet-aangetakte plassen. De waterstand in de plas Negenoord-West stijgt bijvoorbeeld met 0.1 m/uur nog voordat er overslag van water over het inlaatwerk plaatsvindt.

4.3.4 Initiële condities

Voor het juist modelleren van een afvoergolf is het belangrijk dat de berging correct wordt opgenomen in de modelinvoer. Hiervoor is het belangrijk dat de waterstand in het zomerbed en in plassen goed ingevoerd wordt.

Als basis voor het aanmaken van een initieel waterstandveld wordt gebruik gemaakt van de Waterlevel Creation Tool (versie 0.1.2) in Baseline (vergelijkbaar met WaqINI voor WAQUA). Deze tool genereert een waterstandsveld (bestandstype: hoogtemodel) op basis van de land/water grens zoals deze is opgeslagen in de Baseline-database. Dit waterstandsveld kan dan als basis worden gebruikt om goede initiële condities te genereren. Hierbij dient een initiële (stationaire) berekening plaats te vinden met de randcondities zoals die aan het begin van de uiteindelijke (eventuele dynamische) simulatie gebruikt gaan worden. Deze initiële berekening dient voldoende lang te zijn, zodanig dat er een stationaire toestand wordt bereikt (Spruyt, 2017c).

⁵ Een krachtige verdamping in Nederland is ongeveer 4-5 mm/dag. Het wateroppervlak van de Maas is ongeveer 100 km²

⁶ Jaarlijks terugkerende neerslag gedurende langere tijd voor een groot oppervlak is 30 mm per 24 uur. Het totale modeloppervlak bestrijkt 400 km². (Overeem en Buishand, 2012).

Naast de initiële condities van het D-Flow FM-rekenhart dient ook D-RTC (RealTimeControl) een initiële toestand te krijgen met de toestand van de kunstwerken. Met name de initiële stand van de stuwen is belangrijk, omdat meerdere (simulatie)dagen kan duren voor de stuwpannen weer op streefpeil zijn. Dit gebeurt door het vervangen van het state_import bestand. Dit kan vervangen worden door de definitieve toestand van een eerdere simulatie (state_export) of door post-processing van het tijdserie-bestand met een python script.

Initiële waterstandsvelden en stuwstanden worden voor de afvoeren 25, 250, 500, en 1000 m³/s bij het model opgeslagen. De waterstand in de map-files wordt vervolgens geconverteerd naar sample-bestanden (xyz) om als invoer te dienen voor latere simulaties.

4.4 Schematisatie kunstwerken

De kunstwerken zoals geïntroduceerd in Hoofdstuk 2.2.1 worden ieder op hun eigen manier geschematiseerd in het model. In dit hoofdstuk worden alle verschillende typen kunstwerken langsgelopen. Voor ieder type wordt hierbij ook geschetst hoe deze aangestuurd worden door middel van FeedBackControl in D-RTC (RealTimeControl).

4.4.1 Stuwen

Schematisering

Zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 bestaat iedere stuw uit meerdere elementen die individueel van elkaar aangestuurd worden. Dit kan gaan om hefschuiven, wielschotten, stoney-schuiven en Poirée-schotten. Vaak wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen elementen voor grove en elementen voor fijne regulering. De exacte aansturing van de fijne regulering is zeer complex omdat dit gaat om een combinatie van de huidige afvoer, de stand van de grove regulering, maar ook van de expertise van de stuwmeester. De grove regulering is meestal niet een continue proces, maar gaat in grotere stappen (bijvoorbeeld een rij Poirée-schotten verwijderen). Daarnaast zijn de individuele schuiven en schotten van een resolutie die vaak kleiner is dan de resolutie van het rekenrooster waardoor de schuiven niet individueel op het rooster te passen zijn. Om deze redenen is ervoor gekozen om de stuwen niet te modelleren als individuele elementen, maar als één constructie die de dimensies van het werkelijke kunstwerk en de werking op het systeem zo nauwkeurig mogelijk benaderen.

Er is gekozen om alle stuwen als overlaat (*General Structure*) te schematiseren. Dit is een middenweg tussen de combinaties van overstort en onderlaat waar de werkelijke stuwsturing vaak uit bestaat. Bij gestreken stuwen is de keuze voor het type kunstwerk niet langer relevant, omdat ze allen reduceren tot eenzelfde overlaatformulering.

Voor het afregelen van de contractie en energieverliezen bij een kunstwerk kan met een correctiecoëfficiënt de afvoer over het kunstwerk gekalibreerd worden. Hiermee kan invloed worden uitgeoefend op het moment waarop de stuw volledig gestreken is en op het verval over de stuw in de volledig gestreken toestand. Uit onderzoek is gebleken dat door de complexe wisselwerking van de stroming en formulering van de General Structure het niet mogelijk is om het energieverlies te *verlagen* en daarbij de waterstand bovenstrooms van de stuw te verlagen. Daarom is ervoor gekozen geen verdere aanpassingen te doen aan de correctiecoëfficiënt.

Het verval over de stuw is wel gevalideerd voor een aantal afvoerniveaus. De resultaten hiervan zijn gegeven in Bijlage F.2. Per definitie zijn de resultaten in het gestuwde bereik goed (dit wordt door RTC afgeregeld).

Alle details van de schematisering zijn gegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Schematisering van de stuwen (type kunstwerk: general structure).

	Coëfficiënt (-)	Min. kruinhoogte (m+NAP) ²	Breedte (m) ³	Kruinhoogte (m+NAP)			
				25 m ³ /s	250 m ³ /s	500 m ³ /s	1000 m ³ /s
Borgharen	1.0	39.27 ¹	99.00	43.5	42.6	41.9	40.7
Linne	1.0	16.41	111.00	20.3	19.5	18.8	17.6
Roermond	1.0	11.80	102.00	16.3	15.5	14.7	13.6
Belfeld	1.0	7.93 ¹	97.00	136	12.7	11.9	8.4
Sambeek	1.0	4.64 ¹	97.05	10.6	9.7	8.9	7.3
Grave	1.0	2.70	110.45	7.4	6.6	5.8	4.5
Lith	1.0	-2.50	114.00	4.4	3.6	2.9	1.6

¹ Gewogen gemiddelde van de openingen.

² In een general structure worden hoogtes opgegeven bij twee doorsneden boven- en twee doorsneden benedenstrooms van de stuw. Conform de generieke specificaties is de waarde van Upstream2Level en Downstream1Level (direct naast de stuw) gelijk aan de minimale kruinhoogte -5 cm, en bij de doorsneden Upstream1Level en Downstream2Level gelijk aan de minimale kruinhoogte -10 cm. De minimale kruinhoogte zelf is alleen onderdeel van de instellingen van de stuwen als gerekend wordt met gestreken stuwen en wordt verder opgegeven als limietwaarde in de RTC (zie Tabel 4.4).

³ De breedte van de general structure is gelijk gesteld voor iedere doorsnede: zowel bij de kruin (CrestWidth) als bij de boven- en benedenstroomse doorsneden (Upstream1Width, etc.).

Aansturing

Zoals eerder beschreven is de schematisatie van het kunstwerk bedoeld om de werking van het kunstwerk in het systeem te reproduceren, zonder dat hierbij gebruik gemaakt wordt van de fijne en grove regeling van de werkelijke stuwsturing. Van alle stuwen is de functie om een bovenstroomse waterstand te houden op een opgegeven streefpeil. In D-RTC is dit geïmplementeerd door de de stuwhoogte te sturen met een PID-controller (vernoemd naar de drie coëfficiënten). Deze PID-controller probeert de waterstanden bovenstrooms van de stuw zo goed mogelijk op het stuwpeil (het setpoint) te krijgen. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van de volgende formulering, waarin $f(t)$ de stuwhoogte voor de volgende tijdstap is en $e(t)$ de afwijking tot het setpoint ⁷:

$$f(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Enige toelichting bij de toepassing van de coëfficiënten:

K_p	<i>Proportional</i>	<i>Deze term is effectief in het reduceren van de fout, maar zal altijd een resterende fout overhouden</i>
K_i	<i>Integral</i>	<i>Deze term dient toegevoegd worden aan de K_D om de setpoint te behalen.</i>
K_D	<i>Derivative</i>	<i>Deze term beïnvloedt de tijd naar en de schommelingen rond het setpoint, maar heeft maar beperkte invloed.</i>

Er zijn twee verschillende versies van de stuwsturing ontwikkeld voor verschillende toepassingen. Bij simulaties van historische perioden wordt gestuurd op gemeten

⁷ In het rekenhart is de PID-velocity implementatie toegepast waarbij de afgeleide van deze formule wordt toegepast om de verandering in stuwhoogte ($f(t)$) te bepalen. Een validatie van deze implementatie is beschreven in Mooiman (2017).

waterstanden direct bovenstreams van de stuw. Als in werkelijkheid in de stuwsturing is afgeweken van de officiële stuwsturing dan zal dit hierdoor worden meegenomen in de simulatie. Omdat het hierbij vooral gaat over de variaties op een tijdsschaal van meerdere uren, worden de metingen gefilterd om kleine golven hieruit te verwijderen (zie Paragraaf 3.2.2). Deze stuwsturing wordt niet verder beschreven.

Bij simulaties met synthetische afvoergolven of voor operationeel gebruik (toekomstige perioden), wordt gebruik gemaakt van de sturingsregels conform Figuur 2.4 en Tabel 2.1. Dit wordt ook wel de operationele stuwsturing genoemd. In deze stuwsturing wordt bij sommige stuwen voor verschillende afvoerbereiken gestuurd op verschillende meetstations. Deze stuwsturing is opgenomen in een logica van de stuwsturing in D-RTC.

De *controlgroups* van alle kunstwerken zijn te vinden in Bijlage F.1. De instellingen van de PID-controllers zijn gegeven in Tabel 4.4. Een snelheid van 0.001 m/s komt overeen met 3.6 m/uur, waarmee een maximale afvoerstijging per uur van 80 m³/s (bij een spitse golfvorm van 4000 m³/s) of een waterstandsstijging van ongeveer 8 cm/uur ruimschoots opgevangen zal kunnen worden. Als gestuurd wordt op een meetstation dat verder van de stuw af ligt, dan duurt het enige tijd voor een aanpassing in de stuw resulteert in een verandering van de waterstand. Om klapperen (open/dicht gaan) van de stuw tegen te gaan hebben deze controllers een lagere maximale snelheid.

Tabel 4.4 Overzicht van de instellingen van de PID-controllers. Als bij een stuw meerdere PID's staan, dan staat in de kolom Q (afvoer) of voor hoge (H), gemiddelde (M) of lage (L) afvoeren dient. De condities waarmee geschakeld wordt tussen de PID-controllers is gegeven in Bijlage F.1.

ControlGroup	Q	Station	SetPoint (m+NAP)	Min (m+NAP) ₁	Max (m+NAP) ₂	MaxSpeed (m/s) ₃	K _p (-)	K _i (-)	K _d (-)
Stuw Borgharen	-	Borgharen Julkan	44.05	39.27	44.00	0.001	1	0.005	-10
Stuw Linne	-	Heel Boven	20.85	16.41	20.80	0.001	1	0.005	-10
Stuw Roermond	-	Roermond Boven	16.85	11.80	16.80	0.0005	1	0.005	-10
Stuw Belfeld	H	Belfeld Boven	14.05	7.93	14.00	0.001	1	0.001	-10
	L	Heel Beneden	14.15	7.93	14.10	0.0001	0.1	0.0001	-10
Stuw Sambeek	H	Sambeek Boven	10.85	4.64	10.80	0.001	1	0.005	-10
	M	Well Dorp	11.70	4.64	11.05	0.0001	0.001	0.000001	-0.01
	L	Sambeek Boven	11.10	4.64	11.05	0.001	1	0.001	-10
Stuw Grave	H	Grave Boven	7.25	2.70	7.20	0.001	1	0.005	-10
	L	Mook	7.91	2.70	7.86	0.0001	1	0.005	-10
Stuw Lith	H	Lith Boven	3.95	-2.50	3.90	0.001	1	0.005	-10
	M	Megen Dorp	5.40	-2.50	4.85	0.0001	0.5	0.0005	-5
	L	Lith Boven	4.90	-2.50	4.85	0.001	1	0.001	-10

¹ Gelijk aan de minimale kruinhoogte in Tabel 4.3.

² Het maximum is gedefinieerd als het streefpeil -0.05 m (dit komt neer op een minimum afvoer van 5 m³/s).

³ De maximale snelheid wordt lager gekozen bij vergelegen meetpunten omdat het langer duurt een aanpassing in de stuwstand aankomt bij het meetpunt.

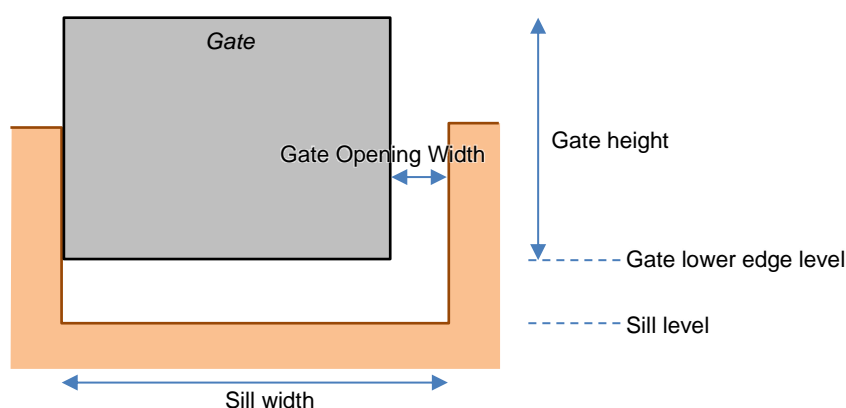
4.4.2 Keringen

Schematisatie

De keringen in het model worden geschematiseerd als gate (general structure). Een gate in D-HYDRO heeft naast een overstort (zoals een weir) ook een beperking van boven. Enkel tijdens het sluiten zal de kering echter als een gate functioneren. Bij open kering is de gate dermate hoog gezet dat het water hier nooit mee in contact zal komen en van het kunstwerk enkel de weir actief zal zijn. Een overstort over de gate is in geen van de kunstwerken meegenomen, de gates zijn oneindig hoog verondersteld.

De definities in de modelinvoer staan weergegeven in Figuur 4.9. Bij een verticaal sluitende kering (zoals keerschuif Cuijk) wordt de Gate lower edge level gevarieerd tussen de hoogte van de drempel (sill level) en de hangende positie. Bij een horizontaal sluitende kering (zoals keerschuif Mook) wordt dit geschematiseerd als een hefdeur (gate) die op de drempel ligt, waarbij de Gate Opening Width gevarieerd wordt tussen open en gesloten toestand.

Een overzicht van de schematisatie van de keringen is gegeven in Tabel 4.5. Het Oude Maasje en de hierop aanwezige Keersluis Schipdiep zijn niet opgenomen in Baseline en dus niet geschematiseerd. In de kalibratie- en validatieschematisaties zijn ook keersluis Limmel en Mook niet opgenomen omdat het achterliggende kanaal niet in het model aanwezig is.



Figuur 4.9 Zij aanzicht van de definities van dimensies van een kunstwerk in D-HYDRO. De aansturing wordt gedaan door variatie van de Gate Opening Width (voor horizontaal sluiten) of de Gate Lower Edge Level (voor verticaal sluiten).

Tabel 4.5 Schematisatie van de geopende keringen (bij lage afvoer).

	Sill width (m)	Sill level (m+NAP)	Gate Lower edge level (m+NAP)	Gate height (m)	Gate Opening width (m)
Kromme Nolkering	50.0	-4.0	11.4	9.0	0.0
Keerschuif Mook	11.0	4.6	4.6	8.7	11.0
Keerschuif Cuijk	14.0	3.8	18.0	9.0	0.0

Aansturing

Voor het sluiten van de keringen wordt gebruik gemaakt van een *Lookup Table rule*. Deze regel stuurt de kering door de waterstand bij een opgegeven observatiestation te koppelen aan de hoogte van de keerschuif of de breedte van de doorstroomopening. Door een marge op te geven tussen de waterstand bij gesloten en open conditie wordt voorkomen dat de stuw met

een klap sluit, wat een schokgolf kan geven in het systeem. Daarnaast zorgt het ervoor dat het sluiten minder gevoelig is voor kleine (korte) variaties in de waterstand. Het resultaat is gegeven in Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Aansturing van keringen. H = Waterstand bij meetstation (m+NAP); GLEL = Gate Lower Edge Level van de kering (m+NAP); GOW = Gate Opening Width (m).

	Meetstation	Geopende conditie		Gesloten conditie	
Kromme Nolkering	Heesbeen	$H < 3.45$ m+NAP	GLEL: 11.4 m+NAP	$H > 3.50$ m+NAP	GLEL: -4.0 m+NAP
Keerschuij Mook	Mook	$H < 8.25$ m+NAP	GOW: 11.0 m	$H > 8.30$ m+NAP	GOW: 0 m
Keerschuij Cuijk	Mook	$H < 8.25$ m+NAP	GLEL: 18.0 m+NAP	$H > 8.30$ m+NAP	GLEL: 3.8 m+NAP

4.4.3 Duikers en onderdoorgangen

Duikers en onderdoorgangen zijn vooralsnog niet meegenomen in de schematisatie. Toch kunnen deze invloed hebben op de afvlakking van de afvoergolf door een eerdere instroming van de uiterwaarden, of ze kunnen voor een grotere doorstroming van de uiterwaard zorgen doordat bijvoorbeeld een bruggenhoofd wordt doorkruist.

Er is een test uitgevoerd om de duikers met de huidige programmatuur te verwerken in de bodemhoogte en met overlaten. Hiervoor bleken echter grote theoretische maatregelen nodig om dit op het rooster te kunnen schematiseren. Daarom is besloten deze implementatie niet door te voeren in het model. Er wordt momenteel gewerkt aan functionaliteit van een nieuw type kunstwerk genaamd "lange duikers" dat bedoeld is om dergelijke lange duikers mee te kunnen schematiseren. De verwachting is dat deze functionaliteit vanaf 2021 beschikbaar is.

4.4.4 Bruggen

De opstuwing van een brug bestaat uit twee aspecten:

Allereerst belemmert het grondlichaam van het bruggenhoofd de stroming door de uiterwaarden. Dit is in de baseline-schematisatie meegenomen als hoogwatervrij terrein (dry area) en zal daardoor altijd niet-overstroombaar zijn in het model.

Daarnaast bevat een brug veelal pijlers in zowel zomerbed als winterbed. Bij hoge stroomsnelheden zal hierdoor de lokale doorstroming beperkt worden met tot gevolg een waterstandsverhoging tussen de benedenstroomse en bovenstroomse zijde van de brug. In de vijfde-generatie modellen werd dit geschematiseerd door een verhoging van de zomerbedruwheid van roostercellen met brugpijlers. Uit onderzoek is echter gebleken dat dit een forse onderschatting gaf van de hydraulische weerstand. In de zesde-generatie worden brugpijlers gemodelleerde als een kwadratische weerstandsterm in de impulsvergelijking. De weerstand is hierbij afhankelijk van de breedte van de brugpijler (dwars op de stroomrichting) en een coëfficiënt. Uit onderzoek is gebleken dat deze coëfficiënt niet enkel afhankelijk is van de vorm van de brugpijler, maar ook van het lokale stroombeeld (stroomsnelheid/stroomrichting). Omdat hierdoor onvoldoende kennis is om de coëfficiënt op voorhand te bepalen is besloten de coëfficiënt voor alle pijlers op 1.0 te houden (De Jong et al., 2019).

4.5 Definitie ruwheden

In het model wordt gebruik gemaakt van een ruimtelijk variërende ruwheid. In Baseline is een ruwheidsklasse (ecotoop) gespecificeerd, en bij de conversie naar D-Flow FM wordt voor ieder snelheidspunt (flow link) bepaald voor hoeveel procent de ruwheid afhankelijk is van de verschillende ecotopen rondom dit snelheidspunt. Binnen de trachytopen-module van D-

HYDRO wordt vervolgens berekend welke ruwheid hierbij hoort. In tegenstelling tot de vijfde generatie worden deze waarden niet omgerekend naar Chézy, maar (eerst) naar de gespecificeerde uniforme ruwheidsdefinitie van het model. Voor de zesde generatie is dit gespecificeerd als Manning.

De definitie van de parameters voor de ruwheidsformuleringen per ruwheidsklasse staat in het trachytopen-definitie-bestand *roughcombination-general_maas-2019_6-v1.ttd*, een geconverteerde versie van het bestand *roughcombination-general-2015_5-v3* uit de vijfde generatie waaraan nieuwe definities van het zomerbed van de nieuwe modellen zijn toegevoegd. In onderstaande paragrafen wordt de inhoud hiervan verder uitgewerkt voor het zomerbed en het winterbed. Het gehele trachytopen-definitie-bestand is opgenomen in Bijlage E.3.

4.5.1 Zomerbed

In tegenstelling tot de modellen van de vijfde generatie wordt de zomerbedruwheid niet gebruikt voor de kalibratie. In plaats daarvan wordt een kalibratiefactor toegepast bovenop een achtergrondruwheid (meer informatie volgt in Paragraaf 5.1.1). De achtergrondruwheid is de basis van de kalibratie en wordt bij voorkeur zo realistisch mogelijk gekozen op basis van de fysische eigenschappen van het segment van de rivier. Hierbij moet gedacht worden aan de opbouw van het sediment en de variatie van bodemvormen in tijd en ruimte.

Voor de beschrijving van de morfologische karakteristieken van de Maas wordt een onderscheid gemaakt tussen vijf trajecten (ARCADIS, 2011):

- Bovenmaas (rkm 2 – 15): vaste kalkbodem, zwak verhang
- Grensmaas (rkm 15 – 60): grindbodem, steil verhang
- Plassenmaas (rkm 60 – 87): overgangsgebied grind/zand, veel grindplassen, zwak verhang
- Zandmaas (rkm 87 – 166): zandbodem, zwak verhang
- Bedijkte Maas (vanaf rkm 166): zandbodem, zwak verhang.

Voor het bepalen van de achtergrondruwheid wordt gebruik gemaakt van deze morfologische karakteristieken. Hiervoor worden bovenstaande trajecten vereenvoudigd tot drie trajecten waarbij de grenzen worden gelegd bij discontinuïteiten in de stroming.

- Kalkmaas: het traject bovenstrooms van stuw Borgharen (tot rkm 15). In dit traject wordt de opbouw van de bodem in het zomerbed getypeerd door afwisselend kalkstenen bodem en locaties waar grind op de kalkbodem ligt. Er is gekozen gebruik te maken van dezelfde ruwheidsbenadering en –waarden als voor de Grindmaas.
- Grindmaas: het traject tussen stuw Borgharen en stuw Linne (rkm 15 tot 69). Hier bestaat de rivierbodem uit een afpleisteringslaag van grind. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een constante ruwheid voor een grindbodem.
- Zandmaas: het traject benedenstrooms van stuw Linne (vanaf rkm 69). Door het kleine verhang en korreldiameter ontstaat hier een alluviale rivier met duinvorming. De bodemruwheid bestaat uit een ruwheid door de korreldiameter en een ruwheid door deze bodemvormen.

Kalkmaas en Grindmaas

Bepalingen van de opbouw van de toplaag van het grind zijn gegeven in Arcadis (2011) en Murillo-Muñoz & Klaassen (2006) en geven een mediane korreldiameter tussen de 10 en 80 mm. Voor de Grensmaas zijn deze resultaten vaak niet aanwezig als metingen, maar bepaald met modelresultaten. Hierbij is aangenomen dat de toplaag van de bodem bestaat uit

een afpleisteringslaag die stabiel blijft tot een afvoer van 1250 m³/s. Met behulp van de stroomsnelheid en de Shields-waarde is zo de korreldiameter berekend.

Voor de invoer in het model wordt de korreldiameter uitgedrukt in een Nikuradse-coëfficiënt in de White-Colebrook vergelijking. Hierbij wordt een veelvoud van de korreldiameter genomen om rekening te houden met bodenvormen door onregelmatigheden. Op basis van diverse literatuur wordt een waarde aangenomen van $k = 0.3 \text{ m}$ (Kleinans, 2005 en Silberman et al., 1963).

Zandmaas

Benedenstrooms van stuw Linne bestaat de bodem uit zand en moet duinvorming meegenomen in de ruwheidsformulering van de achtergrondruwheid. Informatie over de duinhoogtes en sedimentkarakteristieken van de Maas is schaars. Voor de bepaling van de achtergrondruwheid is gebruik gemaakt van data uit Julien (1992) en Frings (2002) (zie Figuur 4.10).

Een schatting van de achtergrondruwheid kan gemaakt worden op basis van de formule van Van Rijn (1984):

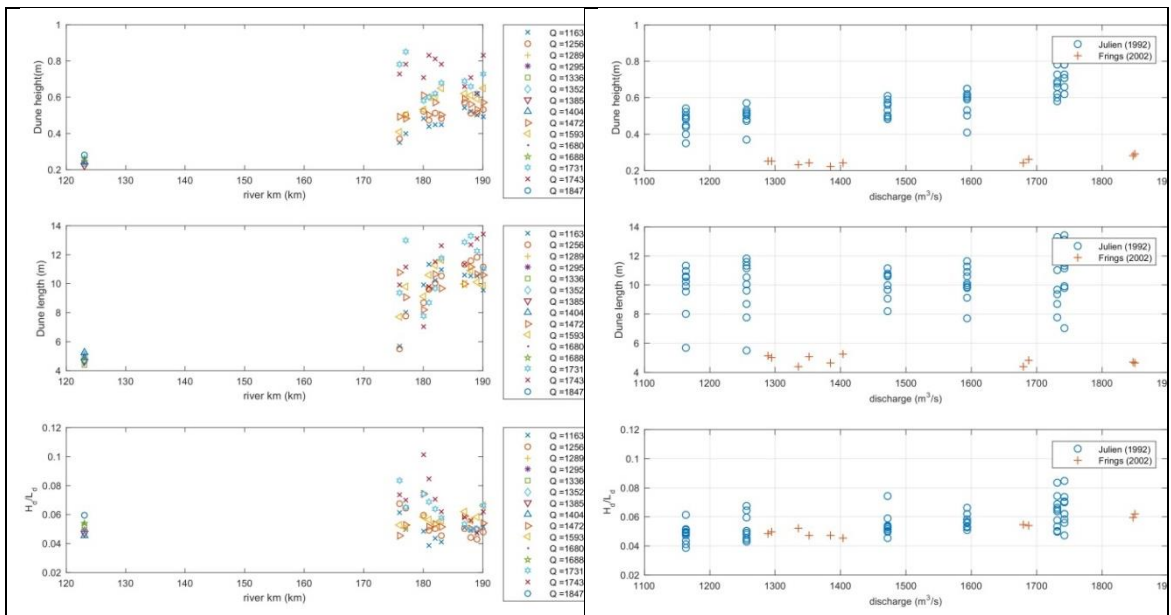
$$k = 3D_{90} + 1.1\gamma_d h_d \left(1 - e^{-25 \frac{h_d}{L_d}} \right)$$

Met hierin D_{90} als karakteristiek van de zeefkromme, k als White-Colebrook/Nikuradse ruwheidswaarde, h_d de duinhoogte, L_d de duinlengte, en γ_d is een kalibratiefactor voor de duinhoogte ($\gamma_d = 0.7$, voor de schaalmodel-experimenten van Van Rijn).

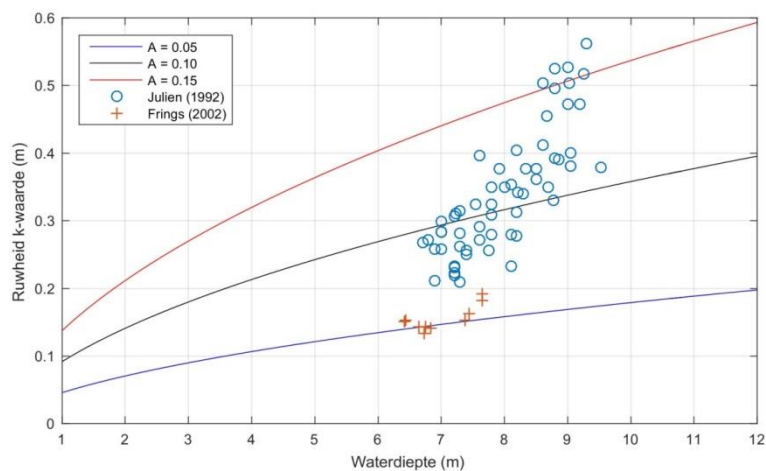
Omdat een voorspeller van de duinhoogte nog niet aanwezig is in D-HYDRO, is besloten een versimpelde formulering van Van Rijn te gebruiken als ruwheidsformulering voor de Zandmaas. Hiervoor wordt aangenomen dat $h_d \propto h$ en $L_d \propto h$ en dat korrelruwheid genegeerd kan worden. In dat geval kan de formule van Van Rijn worden versimpeld tot:

$$k = Ah^{0.7} \left(1 - e^{-Bh^{-0.3}} \right)$$

Voor het traject benedenstrooms van Linne gebruiken we de data uit Figuur 4.10 om voor verschillende waterdieptes en sedimentgroottes de waarde van k te bepalen. Het resultaat hiervan is vergeleken met analytische waarden op basis van de versimpelde formulering van Van Rijn voor verschillende waarden van A en $B=2.5$. De vergelijking laat zien dat een waarde $A = 0.1$ een acceptabele benadering is voor de ruwheidswaarde. Echter, we zien in Figuur 4.11 dat de metingen een sterkere toename in de k -waarden hebben als functie van de waterdiepte, dan zich laat zien in de versimpelde formulering van Van Rijn. Een verhoging van de B -coëfficiënt zou de curve steiler maken, maar tot een zekere hoogte. Verder onderzoek is nodig om dit te verbeteren, waaronder een analyse van verdere metingen.



Figuur 4.10 Enkele bodemeigenschappen als functie van de rivierkilometers (langsdoorsnede) (links) en als functie van de afvoer (rechts)



Figuur 4.11 Relatie tussen de waterdiepte en de metingen (Julien en Frings) omgerekend naar een k-waarde en de versimpelde Van Rijn formulering omgerekend naar k-waarde voor verschillende A-coëfficiënten.

4.5.2 Winterbed

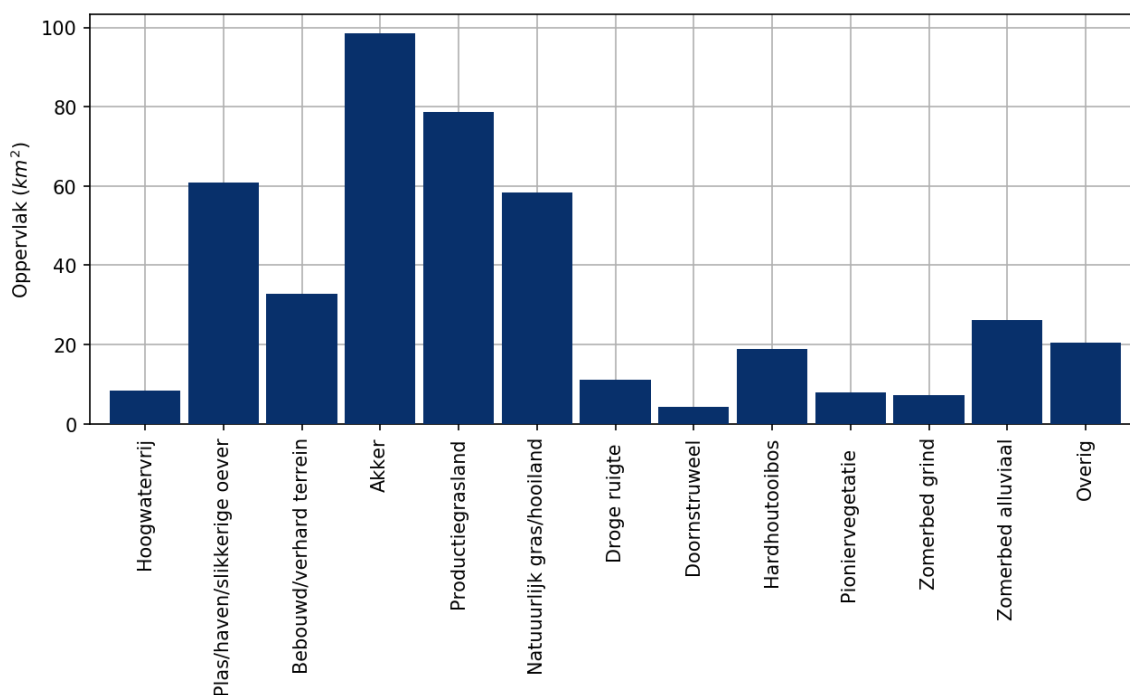
Ook binnen het winterbed is gebruik gemaakt van verschillende ruwheidsformuleringen voor verschillende klassen, zie Tabel 4.7. In de tabel is ook af te lezen dat het mogelijk is om een combinatie van andere ruwheidsklassen te maken. Dit werkt ook recursief waardoor soms voor één klasse, tientallen subklassen worden berekend. Meer informatie over de ruwheidsformuleringen en hun benodigde coëfficiënten is te vinden in de D-Flow FM User Manual (Deltares, 2019).

Van een grote lijst met enkele honderden klassen (zie Bijlage E.3) is slechts een klein deel in gebruik in de schematisatie van het actuele model van de Maas, zie Figuur 4.12. Naast de ruwheidsklassen van polygonen die in de figuur zijn weergegeven is er ook nog een deel van de

ruwheden verwerkt in punten en lijnen. Het gaat hierbij om bomen (91636 stuks) en heggen (727 km).

Tabel 4.7 Overzicht ruwheidsformuleringen in het winterbed. Aangegeven is ook de reservering van de ruwheidscodes voor verschillende type formuleringen. In tegenstelling tot WAQUA zijn deze reserveringen niet hard-coded gekoppeld aan een formule, maar wordt in de trachytopen-definitie expliciet de formulecode opgegeven.

Ruwheidsformulering	Formulecode	Ruwheidscodes
Hoogwatervrij terrein	1	1 – 3
White-Colebrook	51	101 – 300
Manning	53	301 – 500
Chézy	52	501 – 600
Simplified van Rijn	101	601 – 900
Barneveld 2	152	1201 – 1400
Bomen	251	1501 – 1600
Heggen 2	202	1601 – 1700
Combinaties	2	1801 – 2000



Figuur 4.12 Verdeling van verschillende ruwheidscodes van het zomer- en winterbed in het model baseline-maas-j14_6

4.6 Fysisch-numerieke instellingen

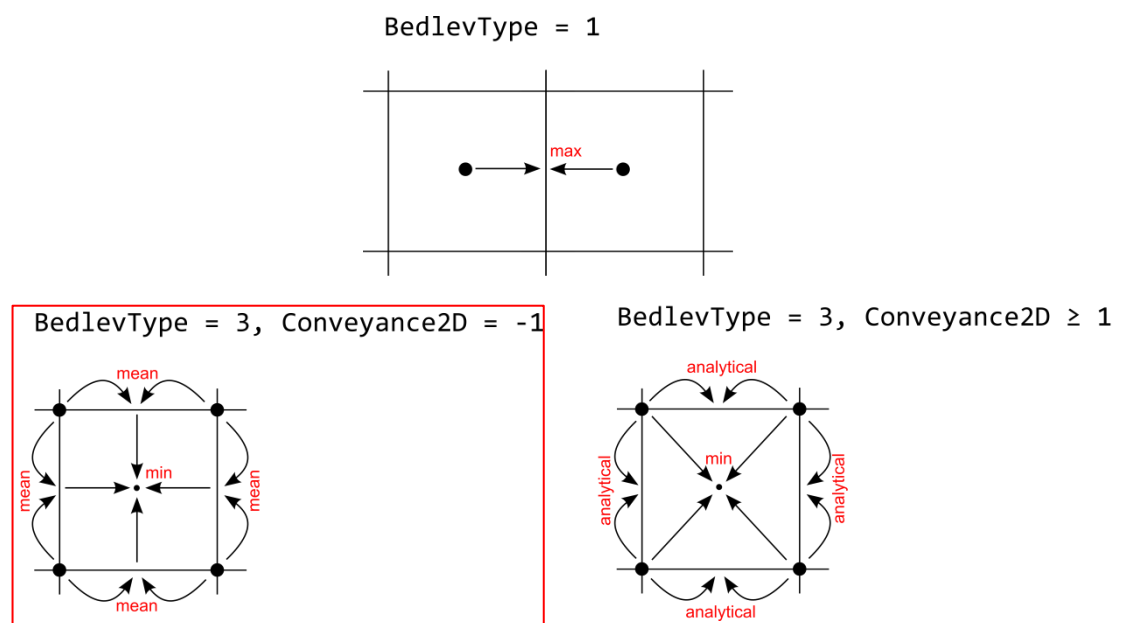
In het model zijn diverse numerieke of geometrische instellingen belangrijk voor het verkrijgen van nauwkeurige modelresultaten. Een overzicht van alle instellingen is gegeven in Bijlage G. In onderstaande secties zijn enkele belangrijke keuzes toegelicht (deels overgenomen uit Minns et al., 2019). Voor de overige instellingen wordt verwezen naar Paragraaf 4.3 en Bijlage C in Minns et al. (2019). Hier wordt alleen in uitzonderlijke gevallen van afgeweken en alleen als hier een goed onderbouwde reden voor is.

4.6.1 Bodemhoogtediscretisatie

In D-HYDRO zijn diverse instellingen mogelijk voor de locatie van de bodemhoogtes in het rooster (zie de *BedlevTypes* in Figuur 4.13). Voor toepassing van morfologie is alleen voor 'bodemhoogtes in roostercellen' een volledige en gevalideerde implementatie beschikbaar (deze aanpak is overeenkomstig met Delft3D). Voor hydrodynamische modelschematisaties zijn beide aanpakken (*BedlevType*=1 of 3) mogelijk. De verschillen in resultaten zijn voor rivieren niet erg groot voor de verschillende opties en zijn weg te kalibreren (De Jong & Yossef, 2016). De ervaring bij zeeën en kusten is dat de verschillen groter zijn (met name vanwege de grovere resolutie) en daarom is besloten om bij zesde-generatie hydrodynamische modellen gebruik te maken van een discretisatie van de *bodemhoogte in hoekpunten* (*BedlevType*=3). Voor morfologie is deze optie niet mogelijk. Daarom staat in Bijlage G van Minns et al. (2019) beschreven hoe uitgaande van een hydrodynamisch model met de bodemhoogte op hoekpunten een morfologiemodel kan worden afgeleid.

Er wordt geen gebruik gemaakt van interpolaties en middeling van *samples* in D-Flow FM. Omdat dit de initialisatie te veel zou vertragen. In plaats daarvan wordt de bodemhoogte direct in het roosterbestand verwerkt door Baseline. Deze bodemhoogte wordt geprikt op de locatie van de hoekpunten.

Naast de bodemhoogtes in hoekpunten (*BedlevType*=3) wordt *Conveyance2D* = -1 toegepast. Deze optie is gekozen omdat de overige opties voor *Conveyance2D* niet beschikbaar zijn in 3D-modellen en we ook de instellingen voor 2D en 3D modellen zo veel mogelijk op elkaar willen laten aansluiten.



Figuur 4.13 Schematische weergave hoe voor verschillende combinaties van *BedlevType* en *Conveyance2D* de bodemhoogte op de verschillende locaties van het rekenrooster wordt geprojecteerd. Rood omlijnd is de gekozen discretisatie.

4.6.2 Overlaatformulering

Vanwege de gebruikte roosterresolutie kunnen niet alle lijnelementen in de bodem worden meegenomen. Er wordt daarom, net als in de vijfde generatie, een subgrid aanpak toegepast waarin kleine bodemelementen (zoals kribben en kades) als overlaten (*fixed weirs*) in het model

worden opgenomen. Bij de opbouw van het rooster dient er voor gezorgd te worden dat deze elementen zo goed mogelijk op het rooster geprojecteerd kunnen worden.

In de zesde-generatie modellen wordt gebruik gemaakt van de 'Villemonte' formulering (`FixedWeirScheme=9`), omdat deze meer flexibiliteit biedt in de modellering van overlaten dan de 'Tabellenboek'-formulering (`FixedWeirScheme=8`), die tot nu toe standaard in de vijfde generatie wordt toegepast. De Villemonte implementatie biedt de mogelijkheid om meer geometrische eigenschappen (zoals helling en breedte) van de overlaat in te geven, en zodoende ook te variëren in maatregelen. Zodoende is voor kribben een andere waarde opgegeven in Baseline, dan voor de andere overlaten.

Als coëfficiënten wordt gebruik gemaakt van de standaard $C1=1$ en $C2=10$. Deze zijn erop gericht om de resultaten van het Tabellenboek zo goed mogelijk te benaderen en vormen daardoor coëfficiënten voor een gladde overlaat vanuit de schaalmodelexperimenten gebruikt voor de opzet van het Tabellenboek.

4.6.3 Horizontale viscositeit

D-HYDRO lost de ondiep-watervergelijkingen op voor een niet-samendrukbare vloeistof. Over het algemeen is het rooster te grof en de tijdstap te groot om alle turbulente bewegingen te kunnen vatten. De turbulente processen zijn dan 'sub-grid'.

De horizontale eddy viscositeit en eddy diffusiteit worden meestal geassocieerd met de bijdrage van horizontale turbulente bewegingen en forceringen die niet worden weergegeven op het rooster of door de Reynolds-gemiddelde ondiep-watervergelijkingen. De horizontale coëfficiënten worden verondersteld te bestaan uit drie delen:

- i. Een deel door moleculaire viscositeit
- ii. Een deel door '2D-turbulentie'
- iii. Een deel door '3D-turbulentie'

Voor de horizontale eddy viscositeit en eddy diffusiteit kan een constante (of ruimtelijk variërende) achtergrondwaarde worden opgegeven. Het is binnen D-HYDRO nog niet mogelijk om gebruik te maken van HLES (Horizontal Large Eddy Simulation), een sub-grid model voor 2D-turbulentie. Wel is er een simpeler model beschikbaar, het zogeheten Smagorinsky model. Hiermee is het mogelijk om automatisch om te gaan met grote verschillen in celgrootte en mogelijk daarbij behorende stroomsnelheidsverschillen.

Voor 3D-modellen kan er voor de verticale 3D-turbulentie gebruik gemaakt worden van een $k-\epsilon$ -model. Daarnaast kan de constante achtergrondwaarde worden gebruikt om het effect van een 3D snelheidsprofiel mee te nemen in 2D dieptegemiddelde modellen. Daarom wordt in de zesde-generatie modellen gebruik gemaakt van de Smagorinsky-formulering (met constante $C_s = 0.20$) samen met de constante achtergrondviscositeit (waarde van 0.1) in 2D dieptegemiddelde modellen en het $k-\epsilon$ -model in 3D modellen.

4.6.4 Wandruwheid

Wanneer er geen stroming is door een celwand (edge), dan kan de diffusie van de ruwheid van deze celwand niet worden uitgerekend op basis van de stroomsnelheid en wordt er gebruik gemaakt van een slip-randvoorwaarde. Er zijn drie instellingen mogelijk:

- Vrije slip
- Gedeeltelijke slip
- Geen slip

Bij vrije slip is er geen wandwrijving en dus een lagere weerstand, terwijl een simulatie zonder slip (geen slip) zal zorgen voor een grotere weerstand. Vrije slip komt overeen met de aanpak in WAQUA.

Rapporten van eerdere onderzoeken benadrukken de noodzaak van deze instelling voor een juiste berekening van de circulatie in kribvakken bij gebruik van een rekenrooster met een hogere resolutie in deelmodellen (Yossef, 2005 en Platzek & Patzwahl, 2015b). Door gebruik te maken van gedeeltelijke slip wordt de fysica beter gerepresenteerd en kan de instelling gelijk blijven voor verschillende resoluties.

Omdat we bij de opzet van de zesde-generatie uitgaan van overzichtsmodellering is het effect echter zeer klein en wordt in de zesde-generatie modellen (net als in de vijfde generatie) gebruik gemaakt van ruwheid op basis van de vrije slip ($i_{rov}=0$).

4.6.5 DIMR en rekentijdstappen

Om de rekenharten (D-RTC en D-Flow FM) aan te sturen, wordt gebruik gemaakt van de Deltares Integrated Model Runner (DIMR). In de DIMR wordt gebruik gemaakt van een eigen tijdstap waarop gecommuniceerd wordt tussen beide modellen. Deze communicatietijdstap is gespecificeerd op 1 minuut. Na iedere minuut worden waterstanden en afvoeren van het D-Flow FM-model doorgegeven aan D-RTC. Met behulp van de gegeven logica uit Paragraaf 4.4 berekent D-RTC een nieuwe stand van de kunstwerken waarna deze worden teruggegeven aan D-Flow FM. Deze stuw- en keringstanden worden gedurende de volgende minuut gebruikt in de berekening van D-Flow FM, waarna dit proces zich herhaalt.

Binnen deze communicatietijdstap hanteert het impliciete rekenhart van D-Flow FM een eigen rekentijdstap. Deze tijdstap wordt automatisch gelimiteerd op basis van het CFL-criterium en het opgegeven Courant-nummer (voor de Maas gespecificeerd op CFLMax = 0.7). Bij een combinatie van hoge stroomsnelheden en/of kleine roosterzellen zal het CFL-criterium de rekentijdstap verkleinen. Omdat slechts 1 rekencel hierdoor de rekentijdstap van het hele model kan beïnvloeden, dienen kleine roosterzellen op locaties met hoge stroomsnelheid voorkomen te worden.

5 Kalibratie en validatie

Het model wordt gekalibreerd om te compenseren voor onbekenden en onnauwkeurigheden in de modelopzet. Onbekend is bijvoorbeeld de ruwheid van het zomerbed, onnauwkeurigheid wordt geïntroduceerd door bijvoorbeeld geometrische variaties van een subgrid resolutie of door afwijkingen in de energieverliezen van kribben. De kalibratie zal ook compenseren voor onbedoelde fouten in Baseline-schematisaties en randvoorwaarden.

5.1 Methodiek

5.1.1 Kalibratiefactor

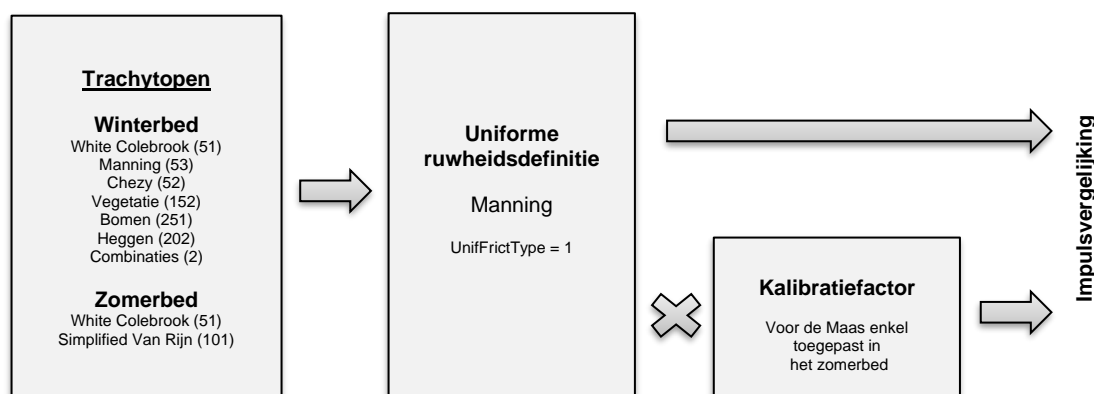
Voor de kalibratie van het model worden niet langer aanpassingen gedaan aan de definitie van de trachytopenruwheden (in het .ttd-bestand), maar wordt gebruik gemaakt van een nieuwe ruimtelijke variabele: de kalibratiefactor.

De werking van de kalibratiefactor is weergegeven in Figuur 5.1. Eerst wordt de trachytopenruwheid omgerekend naar de uniforme ruwheidsdefinitie zoals dit aangegeven staat in het .mdu-bestand (in dit geval Manning). Deze Manning-ruwheid wordt vermenigvuldigd met een kalibratiefactor en pas daarna toegepast in de impulsvergelijking.

De invoer van de kalibratiefactor is vergelijkbaar aan de trachytopen en bestaat uit twee bestanden:

- Per gridcel wordt een kalibratiecode gespecificeerd (.cfl-bestand)
- Per kalibratiecode wordt een (afvoerafhankelijke) kalibratiefactor toegekend (.cld-bestand)

Een kalibratiefactor van 1.0 betekent dat er geen veranderingen aan de ruwheid gedaan worden. Roostercellen waar geen specifieke kalibratiecode aan is toegewezen, krijgen de kalibratiefactor 1.0.



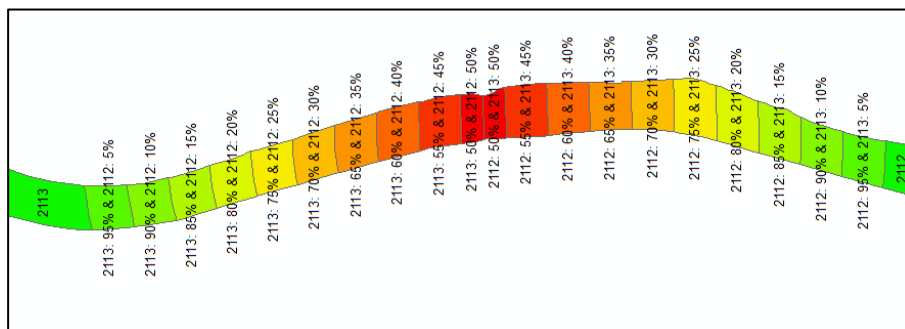
Figuur 5.1 Werking van de kalibratiefactor

5.1.2 Kalibratietrajecten

Voor de toepassing van de kalibratiefactor wordt de Maas opgedeeld in 25 kalibratietrajecten, zoals gegeven in Tabel 5.1. De trajecten zijn onafhankelijk van de trachytopen en laten daardoor toe om zowel het zomerbed als het winterbed te kalibreren. Hierdoor is het mogelijk om daar te kalibreren waar de onzekerheden het grootst zijn. Het kalibreren van het winterbed introduceert echter complicaties bij studies naar vergunningverlening, waardoor is besloten de kalibratiefactor enkel toe te passen op het zomerbed.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de zomerbedomhulling (1995) zoals deze in de Baseline-schematisaties is opgenomen. De polygoon is opgesplitst bij de meetstations die weergegeven zijn in Tabel 5.1. In het verleden zijn ook diverse andere meetstations actief geweest (zie Bijlage C.1), de definitie van de kalibratietrajecten is echter enkel gebaseerd op de huidige situatie. Voor de Maas worden voor zowel ruwheids- als kalibratiefactorcodes waardes startend vanaf 2100 gebruikt (De Jong, 2019a).

De aansluiting tussen de trajecten gebeurt geleidelijk over een traject van 2 km in 20 stapjes. Door deze geleidelijke overgang ontstaat er geen plotselinge versnelling of vertraging van de waterbeweging wat nadelig zou zijn voor morfologische toepassingen. Het aanmaken van deze overgangen is gedaan met een hiervoor ontwikkelde tool in Baseline. In Figuur 5.2 is de transitie met polygoon in Baseline 6 weergegeven.



Figuur 5.2 Transitie tussen de kalibratietrajecten 2112 en 2113 bij stuw Roermond. Het noorden is naar links. Voor iedere polygoon is aangegeven voor hoeveel procent dit afhankelijk is van de kalibratiefactoren van 2112 en 2113.

Tabel 5.1 Kalibratietrajecten en het debietraai waaraan de afvoerafhankelijke kalibratiefactor gekoppeld is

Bovenstrooms	Benedenstrooms	code	Lengte (km)	Kalibratiestation
Modelrand Eijsden	LMW.Maastr_StPiet	2100	7.8	LMW.Eijsden
LMW.Maastr_StPiet	Borgharen_stuw	2101	4.6	LMW.Maastr_StPiet
Borgharen_stuw	LMW.Lanaken-Smms	2102	2.9	LMW.Borgharen_dorp
LMW.Lanaken-Smms	LMW.Uikhoven	2103	6.5	LMW.Lanaken-Smms
LMW.Uikhoven	LMW.Elsloo	2104	4.5	LMW.Uikhoven
LMW.Elsloo	LMW.Eisden-Mazho	2105	5.4	LMW.Elsloo
LMW.Eisden-Mazho	LMW.Meeswijkveer	2106	4.2	LMW.Eisden-Mazho
LMW.Meeswijkveer	LMW.Negenoord	2107	3.5	LMW.Meeswijkveer
LMW.Negenoord	LMW.Grevenbicht	2108	2.5	LMW.Negenoord ⁽¹⁾
LMW.Grevenbicht	LMW.Maaseik	2109	7.8	LMW.Grevenbicht
LMW.Maaseik	LMW.Stevensweert	2110	8.8	LMW.Maaseik
LMW.Stevensweert	Linne_stuw	2111	7.2	LMW.Stevensweert
Linne_stuw	Roermond_stuw	2112	12.2	LMW.Linne_ben
Roermond_stuw	LMW.Neer	2113	9.2	LMW.Heel_ben / LMW.Buggenum ⁽²⁾
LMW.Neer	Belfeld_stuw	2114	10.7	LMW.Neer / LMW.Kessel ⁽³⁾
Belfeld_stuw	LMW.Venlo	2115	6.7	LMW.Belfeld_beneden
LMW.Venlo (haven)	LMW.Well_dorp	2116	24.6	LMW.Venlo (haven) ⁽⁴⁾
LMW.Well_dorp	Sambeek_stuw	2117	14.5	LMW.Well_dorp
Sambeek_stuw	LMW.Gennep	2118	8.5	LMW.Sambeek_beneden
LMW.Gennep	LMW.Mook	2119	10.7	LMW.Gennep
LMW.Mook	Grave_stuw	2120	9.9	LMW.Mook
Grave_stuw	LMW.Megen	2121	15.1	LMW.Grave_beneden
LMW.Megen	Lith_stuw	2122	10.1	LMW.Megen
Lith_stuw	LMW.Heesbeen	2123	29.7	LMW.Lith_dorp
LMW.Heesbeen	LMW.Keizersveer	2124	17.0	LMW.Heesbeen

- (1) Dilsen Rotem (tot 2012) ligt binnen dit traject, maar te dicht bij Grevenbicht om het toe te voegen als traject
- (2) Het meetpunt Heel Beneden ligt op het Lateraalkanaal en is enkel indirect verbonden aan de Maas. Op de verbinding met de Maas ligt sinds kort het meetpunt Buggenum, dat daarom gebruikt wordt voor de kalibratie 2014-2015. Ook station Roermond beneden sluis (tot 1996) ligt hier dichtbij (enkele kilometers op het kanaal naar sluis Roermond), maar wordt niet gebruikt in de kalibratie.
- (3) Kessel wordt gebruikt in afwezigheid van Neer in 1995
- (4) Arcen ligt halverwege het traject en wordt enkel als validatie meegenomen in 1995.

5.1.3 Kalibratie- en verificatieperioden

Voor de kalibratie van het model wordt gebruik gemaakt van een afvoerafhankelijke kalibratie. Dit betekent dat voor verschillende afvoeren een andere kalibratiefactor gebruikt zal worden. Voor tussenliggende afvoeren wordt de kalibratiefactor geïnterpoleerd, buiten de afvoerniveaus wordt de kalibratiefactor constant gehouden op de dichtstbijzijnde waarde.

De keuze van de afvoerniveaus en de kalibratiemethodiek heeft grote invloed op de resultaten van validaties en modeltoepassingen, zoals ook onderzocht in Domhof et al. (2017). Er zijn verschillende methoden om de kalibratieniveaus te bepalen:

- Op basis van terugkeertijd
- Op basis van geometrie
- Op basis van beschikbare en betrouwbare metingen
- Op basis van grootste fout in modelresultaten

Er is besloten vooral te kijken naar de geometrie en de beschikbare metingen. Hierop zijn de afvoerniveaus besloten zoals gegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Keuze en motivatie afvoerniveaus. Afvoer bij Eijsden.

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.
Midden 1	M1	800	Bij deze middelhoge afvoer is het zomerbed behoorlijk gevuld, maar is de stuwsturing nog overal actief.
Midden 2	M2	1700	Bij deze middelhoge afvoer is het zomerbed grotendeels gevuld en zijn de stuwen gestreken.
Hoog 1	H1	2250	Dit is de recentste hoge afvoer van 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.

Voor ieder van deze niveaus zijn perioden gekozen voor de uitvoering van de kalibratie en validatie. Bij de keuze voor kalibratieperioden wordt gekeken naar de stabiliteit van de afvoer, de aansluiting van metingen en schematisatie, de mogelijke negatieve invloed van niet-gemodelleerde processen (zie Bijlage C.9), en een bij voorkeur zo recent mogelijke periode. Uit de aanwezige metingen is telkens de meest recente periode geselecteerd als kalibratie, en indien er meerdere mogelijkheden waren ook als validatie. Dit resulteert in het overzicht in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Keuze kalibratie- (K) en validatieperioden (V). Een (V) geeft aan dat deze afvoer wel voor komt in de genoemde periode, maar niet gebruikt is voor de validatie van een korte periode.

Randvoorwaarden	Te kalibreren/valideren afvoerniveaus				
	L	M1	M2	H1	H2
01-11-1993 – 31-01-1994	(V)	(V)	(V)	(V)	V
01-12-1994 – 28-02-1995	(V)	(V)	V	V	K
01-11-2010 – 31-01-2011	(V)	(V)	K	K	
01-07-2014 – 30-06-2015	K	V	K	V	

Uit deze langere tijdreeksen worden kortere perioden (tijdvensters) gekozen om de benodigde rekenkracht en doorlooptijd van de kalibratie te beperken. Daarnaast kan gekozen worden om naast een tijdvenster ook een minimale of maximale afvoer in te geven. Tabel 5.4 geeft aan welke grenzen voor de kalibratie van het zesde-generatie Maas-model zijn gebruikt. Figuren van de kalibratie- en validatieperioden zijn opgenomen in Bijlage H.1.4.

Tabel 5.4 Tijdsvenster en minimale afvoer waarbinnen OpenDA de kostenfunctie moet berekenen en het tijdsvenster waarop de validatie is toegepast

	Tijdsvenster kalibratie	Minimale afvoer (m ³ /s)	Tijdsvenster validatie
L ²	17-05-2015 - 31-05-2015	Geen / 200 ¹	15-07-2014 – 15-08-2014
M1 ²	21-02-2015 - 14-03-2015	400	01-01-2015 – 28-01-2015
M2	13-11-2010 - 20-11-2010	1400	26-12-1994 – 05-01-1995
H1	07-01-2011 - 15-01-2011	1900	22-01-1995 – 26-01-1995
H2	26-01-1995 - 08-02-1995	2400	20-12-1993 – 01-01-1994

¹ Bij enkele stations op de Grensmaas is tijdens de kalibratie besloten toch een minimale afvoer van 200 m³/s aan te houden omdat het niet mogelijk was de lage afvoeren te kalibreren zonder daarbij andere resultaten of de modelstabiliteit negatief te beïnvloeden.

² Tijdens de kalibratie is uiteindelijk besloten voor een aantal perioden L en M1 samen te voegen (inclusief de periode die hiertussen ligt) in combinatie met de bovenstaande voetnoot (1). Hierdoor is het middenbereik (tussen L en M1) toegevoegd en is het niveau L voornamelijk op dit middenbereik gekalibreerd. Bij het samenvoegen is de minimale afvoer M1 komen te vervallen.

In Tabel 5.5 staan voor ieder gedefinieerd kalibratietraject (zie Tabel 5.1) de gebruikte afvoeren bij ieder afvoerniveau. Door instromingen en onttrekkingen en veranderingen in de golfvorm verandert de hoogte van de niveaus in de langsrichting van de rivier. De belangrijkste veranderingen zijn te zien bij de onttrekking naar het Julianakanaal bij lage afvoeren (van traject 2102 tot 2111), de instroming van de Roer (vanaf traject 2113) en de instroming van de Niers (vanaf traject 2119). De grootte van de veranderingen is bepaald door uit modelresultaten af te leiden wat het percentiel is van het afvoerniveau bij Eijsden en dit gelijk te houden voor alle stations (met afronding), zie Bijlage H.1.1.

Daarnaast is er gekeken naar verval tussen de meetstations bij alle afvoerniveaus. In de stuwpannen kan het verval soms zo klein zijn dat kalibreren nauwelijks mogelijk is en zou leiden tot onwenselijk te grote of te kleine kalibratiefactoren. Trajecten met een verval kleiner dan 1 cm per km (zie Bijlage H.1.3) worden niet gekalibreerd en zijn in de tabel grijs gekleurd. De waarde van de kalibratiefactor wordt gelijk getrokken met het bovenliggende afvoerniveau.

Voor het overlapgebied met de Rijnmaasmonding is gekeken naar de invloed van het getij (zie Bijlage H.1.2). Trajecten en afvoerniveaus met een duidelijke invloed van het getij worden uiteindelijk overgenomen uit de kalibratie van het RMM-model. Dit betreft de trajecten 2123 en 2124 voor de niveaus L en M1. Omdat de afvoerniveaus bovendien bedoeld zijn om bij verschillende stroombeelden een verschillende kalibratiefactor toe te kunnen passen, en dit stroombeeld gerelateerd kan worden aan de rivierafvoer, dient ervoor gezorgd te worden dat de afvoerafhankelijkheid in deze trajecten niet beïnvloed wordt door de variatie in afvoer van het getij. Dit zou er bij lage afvoeren voor zorgen dat bij iedere getijdencyclus tussen de kalibratiefactor van L en M1 heen en weer gesprongen worden. Door deze trajecten allen te verbinden met de eerste afvoerraai bovenstrooms van stuw Lith wordt dit voorkomen. Het kleine tijdsverschil door de looptijd van de afvoergolf tussen deze afvoerraai en het kalibratietraject is verwaarloosbaar.

Ten slotte zijn er enkele trajecten waar voor de hogere afvoerniveaus geen metingen aanwezig zijn. Deze zijn in de tabel rood gekleurd en worden samen gekalibreerd met het direct bovenstrooms gelegen kalibratietraject. De ruimtelijke variatie zoals die bekend was uit de lagere niveaus blijft hierbij wel behouden. OpenDA voert een relatieve verandering in de kalibratie uit.

Tabel 5.5 Afvoerniveaus (m^3/s) en afvoerraai per kalibratietraject. De kalibratiefactor bij grijs gedrukte afvoerniveaus wordt gelijk getrokken aan het eerste hoger gelegen niveau dat wel gekalibreerd is. De kalibratiefactor bij rood-gedrukte afvoerniveaus wordt gelijk getrokken met het direct bovenstrooms gelegen traject.

code	Debiet uit afvoerraai	L ⁶	M1	M2	H1	H2
2100	QR_EijsdenGrens-SintPieterNoord	100	800	1700	2250	2700
2101	QR_SintPieterNoord-Borgharendorp	100	800	1700	2250	2700
2102	QR_Borgharendorp-LanakenSmeermaas ¹	75	800	1700	2250	2700
2103	QR_LanakenSmeermaas-Uikhoven	75	800	1700	2250	2700
2104	QR_Uikhoven-Elsloo	75	800	1700	2250	2750
2105	QR_Elsloo-EisdenMazenhoven	75	800	1700	2250	2750
2106	QR_EisdenMazenhoven-Meeswijkveer	75	800	1700	2250	2750
2107	QR_Meeswijkveer-Negenoord	75	800	1700	2250	2750
2108	QR_Negenoord-Grevenbicht	75	800	1650	2250	2750
2109	QR_Grevenbicht-Maaseik	75	800	1650	2250	2750
2110	QR_Maaseik-Stevensweert	75	800	1650	2250	2750
2111	QR_Stevensweert-Linnebeneden	75	800	1600	2250	2750
2112	QR_Linnebeneden-Roermondboven ²	100	800	1600	2300	2700
2113	QR_Roermondboven-Neer ³	125	850	1600	2300	2800
2114	QR_Neer-Belfeldboven	125	850	1600	2300	2850
2115	QR_Belfeldbeneden-Venl	125	850	1600	2300	2850
2116	QR_Venlo-Welldorp	125	850	1600	2300	2850
2117	QR_Welldorp-Sambeekboven	125	850	1550	2300	2850
2118	QR_Sambeekboven-Gennep	125	850	1550	2300	2850
2119	QR_Gennep-Mook ⁴	150	900	1550	2300	2850
2120	QR_Mook-Graveboven	150	900	1550	2250	2850
2121	QR_Graveboven-Megendorp	150	900	1550	2250	2850
2122	QR_Megendorp-Lithboven	150	900	1550	2250	2850
2123	QR_Megendorp-Lithboven ⁵	150	900	1550	2250	2850
2124	QR_Megendorp-Lithboven ⁵	150	900	1550	2250	2850

¹ Debiet reduceert door onttrekking van het Julianakanaal

² Debiet neemt toe door lozing van het Julianakanaal

³ Debiet neemt toe door instroming van de Roer

⁴ Debiet neemt toe door instroming van de Niers

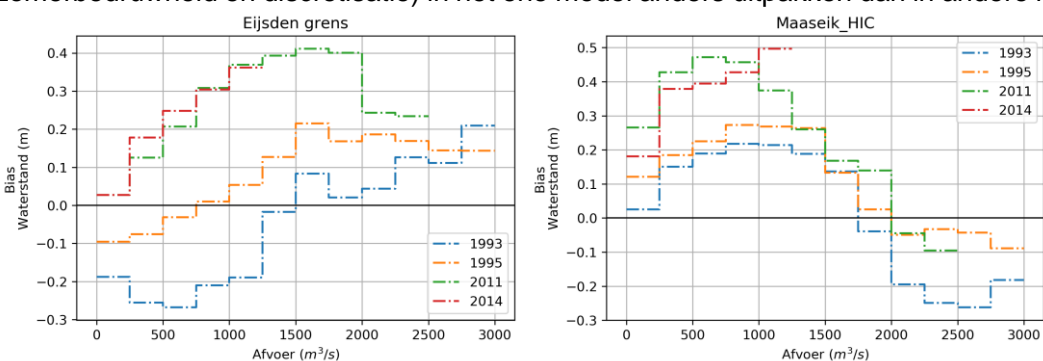
⁵ Debiet wordt gekoppeld aan bovenstrooms traject om de invloed van het getij te voorkomen. De afvoerniveaus worden daarom ook gelijk gehouden aan dit bovenstroomse traject

⁶ Een traject met een verval kleiner dan 1 cm / km wordt niet meegenomen. Door het lage verhang is hier de invloed van een kalibratie te laag

5.1.4 Niet-stationariteit tussen kalibratiemodellen

Zoals aangegeven in de voorgaande paragraaf gaat gebruik gemaakt worden van drie verschillende modellen om de kalibratie over het gehele afvoerbereik te realiseren. Ieder van deze modellen is noodzakelijk omdat enerzijds gekalibreerd wordt op zo recent mogelijke jaren, maar anderszijds voor de echt hoge afvoeren verder naar het verleden gekeken moet worden. Er zijn echter grote verschillen tussen de waterstanden in de modellen door de uitvoering van vele waterstandsverlagende maatregelen. In de plausibiliteitscontrole van de Baseline-databases (Bijlage B.5.3) werd al geconcludeerd dat deze verschillen in de orde grootte van decimeters tot een meter zijn. Het stroombeeld is significant veranderd en dit heeft ook invloed op de modelresultaten.

Uit een evaluatie van het ongekalibreerde model (Figuur 5.3) valt uit te lezen dat het verschil met metingen voor vastgestelde afvoerclassen grote verschillen kan geven voor de verschillende modellen. In dit voorbeeld zien we dat de modellering bij Eijsden in 2011 en 2014 een overschatting van de waterstanden geeft, terwijl 1995 de modelresultaten gemiddeld goed op de metingen liggen en er in 1993 zelfs een onderschatting was bij lagere afvoeren. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in kwaliteit van de baseline-schematisaties en randvoorwaarden/metingen, maar ook doordat aannames in de modellering (zoals zomerbedruwheid en discretisatie) in het ene model anders uitpakken dan in andere modellen.



Figuur 5.3 De bias (zie toelichting in H 5.1.6) in waterstanden van het ongekalibreerde model als functie van de afvoer voor de stations Eijsden en Maaseik.

Door het model te kalibreren kan voor een gegeven model het waterstandsverschil met de metingen kleiner worden, terwijl dit in een ander model ten gevolge van deze kalibratie juist verslechtert. Als voorbeeld geldt dat een kalibratie van Eijsden op 2011/2014 zal resulteren in een lagere kalibratiefactor, wat een negatief effect heeft op de waterstanden in 1993 en 1995, die daardoor over een groot deel van het afvoerbereik juist te laag zullen worden.

Bij de aanname dat een kalibratie van een gegeven model ook toepasbaar is op een ander model gaan we uit van voldoende *stationariteit* (Berends, 2020) tussen de modellen. De voorgaande analyse geeft echter twijfels bij deze aanname. Tegelijkertijd wordt er waarde aan gehecht om beschikbare metingen van de zeer hoge afvoeren in 1995 toch mee te nemen in de kalibratie.

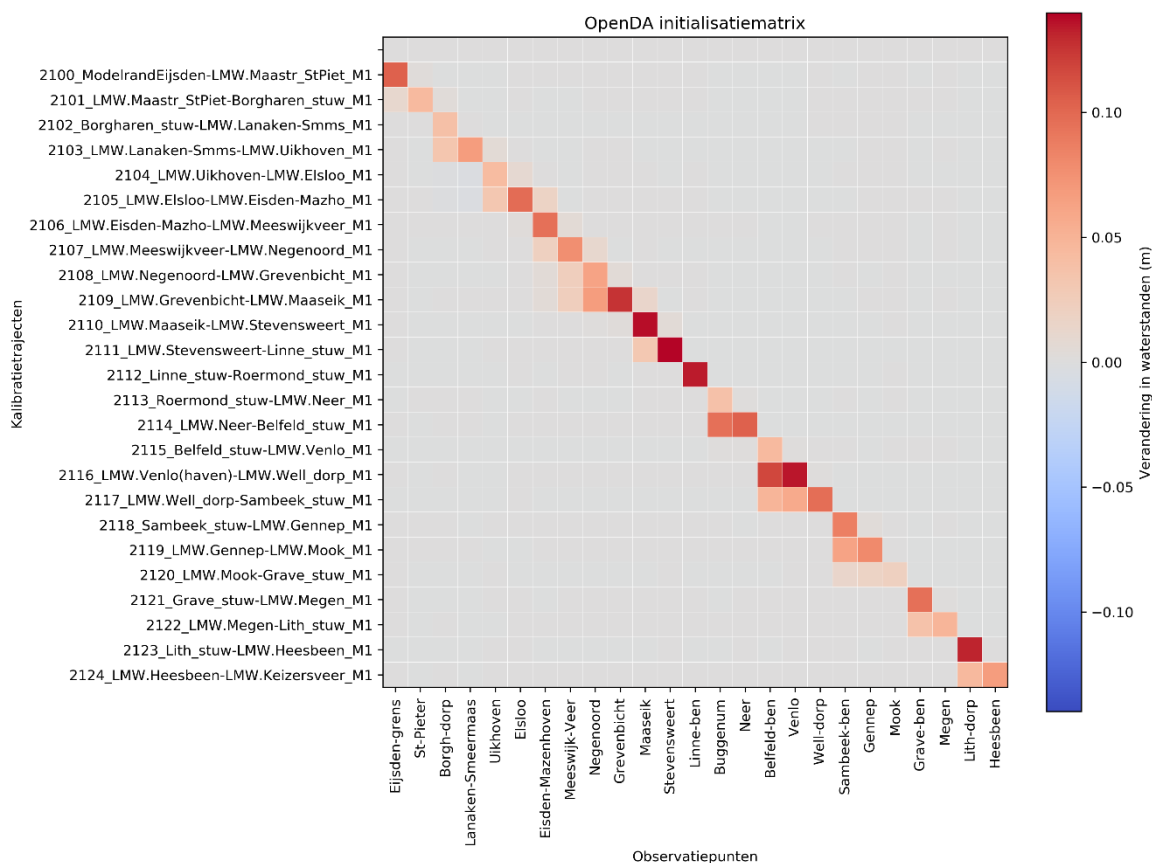
Uit een eerdere fase van de kalibratie is gebleken dat bij toepassing van kalibratie op 2011 (H1) bij de kalibratie op 1995 (H2) de relatief lage kalibratiefactor van niveau H1 door de kalibratiemethode wordt gecompenseerd met een relatief hoge kalibratiefactor voor niveau H2. Om deze overcompensatie te voorkomen zijn de kalibratiefactoren H1 (en lager) niet gebruikt in de kalibratie van 1995, maar is dit vervangen door een nieuw niveau H1j95 dat gekalibreerd is op de oplopende en aflopende golf van H2. Hierdoor zijn de resultaten voor de gehele afvoergolf van 1995 goed en wordt daardwerkelijk alleen de waterstand rondom de piek gekalibreerd. Deze kalibratiemethodiek en de resultaten hiervan staan verder uitgewerkt in De Jong (2020). In het vervolg van deze rapportage wordt het niveau H1j95 zo min mogelijk genoemd om verwarring te voorkomen.

Aanbevolen wordt om verder onderzoek en discussie te voeren naar het toepassen van dit laatste afvoerniveau (H2) bij het bepalen van zeer hoge afvoeren in modellen van de huidige of toekomstige situatie, of dat de kalibratie op 2011 (niveau H1) een realistischere extrapolatie geeft naar extreme condities.

5.1.5 Kalibratieprocedure met OpenDA

Voor de kalibratie is gebruik gemaakt van de data-assimilatie tool OpenDA (OpenDA, 2016). Het DuD-algoritme (*Doesn't Use Derivative*) van OpenDA is gebaseerd op een zelf lerend concept waarbij op basis van opgegeven *predictors* (de waterstanden bij de meetstations) en opgegeven *regularisationConstants* (de kalibratietrajecten) zelf wordt ontdekt welke kalibratietrajecten invloed hebben op verschillende meetstations. Het doel is om voor de predictors de afwijking tussen metingen en modelresultaten zo klein mogelijk te maken.

Om de correlatie tussen kalibratietrajecten en meetstations te bepalen wordt tijdens de initialisatie van OpenDA ieder traject individueel aangepast en doorgerkend. Het resultaat is een matrix zoals te zien in Figuur 5.4. Uit deze weergave blijkt direct of er onlogische correlaties in het model zitten ten gevolge van bijvoorbeeld stuwsturing. Onlogische of ongevoelige correlaties zullen een probleem opleveren voor de convergentie van OpenDA en dienen voorkomen te worden. In onderstaande initialisatie zien we dat ieder kalibratietraject ook effect kan hebben op verder bovenstrooms gelegen observatiepunten door het stuwkromme effect, maar ook soms een (klein) effect heeft op het benedenstroomse observatiepunt. Dit wordt veroorzaakt doordat de geleidelijke overgang in de kalibratiefactor net benedenstrooms van het observatiepunt door loopt.

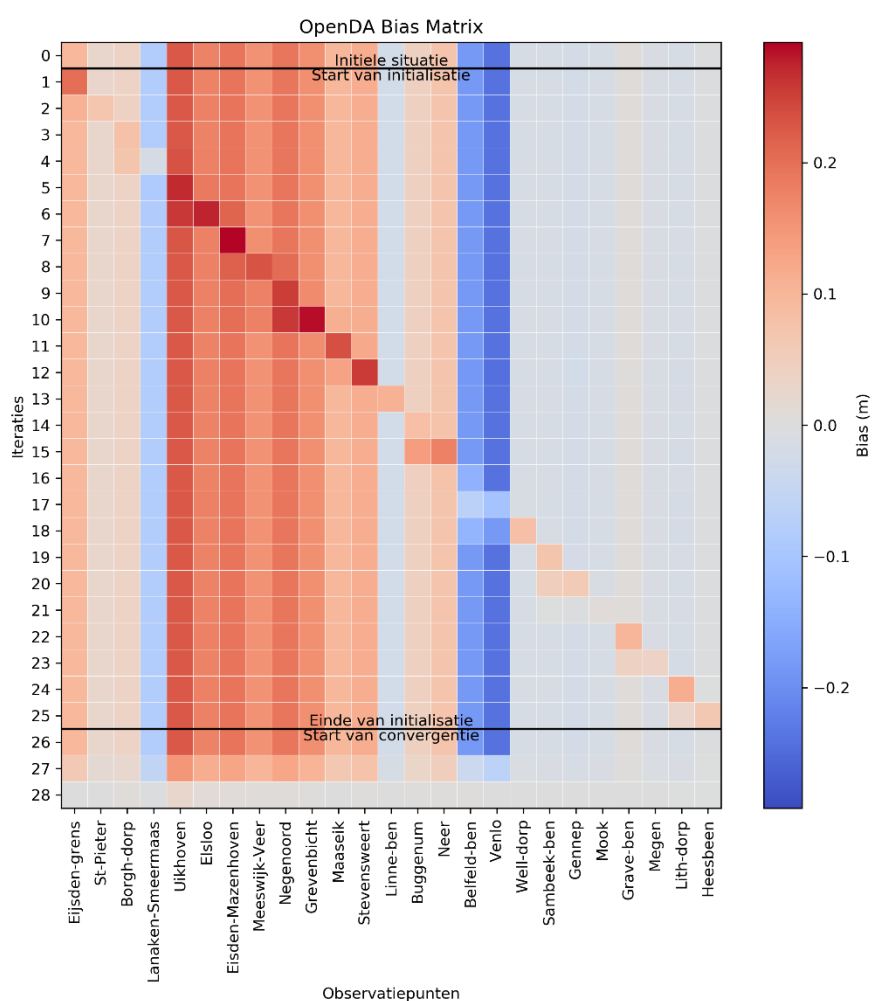


Figuur 5.4 Initialisatiematrix van OpenDA (Midden 1) bij een verhoging van de kalibratiefactor naar 1.105. Deze factor komt overeen met een toename van 10% volgens vermenigvuldigingsfunctie 'In': $e^{0.10}$. Deze functie wordt toegepast om negatieve kalibratiefactoren te voorkomen (immers e^x is altijd positief). Het gaat hierbij om de gemiddelde verandering in de waterstanden binnen het tijds- en afvoervenster in OpenDA.

Een kalibratie in OpenDA geeft na uitvoering een resultaat zoals te zien in Figuur 5.5. Hierin is te zien hoe na de initialisatie (dus vanaf iteratie 26) de bias (ook wel gemiddeld verschil, zie

paragraaf 5.1.5) in 2 stappen flink gereduceerd wordt. Het kan voorkomen dat OpenDA na een tijdje niet verder kalibreert, ook al is er nog verbetering mogelijk. In dat geval is de kalibratie nogmaals vanaf het eindresultaat gestart tot een geconvergeerde toestand is bereikt met een bias tot slechts enkele millimeters.

Het exact kalibreren op een bias geeft wel een risico. Het kan namelijk zijn dat de waterstand grote schommelingen rond de metingen vertoont, maar gemiddeld goed zit. Daarom dienen ook andere criteria beschouwd te worden. Deze goodness-of-fit-criteria worden nader beschouwd in Paragraaf 5.1.6.



Figuur 5.5 Iteratieproces van OpenDA

Rondom stuwen speelt een extra uitdaging omdat zowel RTC als OpenDA proberen de waterstand bovenstrooms zo goed mogelijk te benaderen. Dit geeft het risico dat OpenDA het traject veel gladder maakt zodat plotseling ook tijdens de piek van een afvoergolf met de stuw de waterstand gereguleerd kan worden volgens de opgegeven metingen. Om dit te voorkomen zijn uit de gefilterde metingen in RTC de afvoerpieken verwijderd en wordt bovendien het traject over de stuw niet meer los gekalibreerd.

5.1.6 Goodness-of-fit-criteria

De modelresultaten worden beoordeeld op basis van de onderstaande statistische parameters, ook wel goodness-of-fit-criteria. Van ieder van deze parameters is de streefwaarde om dit op 0 te krijgen. De optimalisatie van OpenDA vindt meestal plaats op een kostenfunctie op basis van de Bias. Als meerdere afvoerniveaus tegelijk worden gekalibreerd wordt in OpenDA een kostenfunctie op basis van RMSE gebruikt⁸.

Bias

De absolute bias wordt ook wel gemiddeld verschil (GV) genoemd:

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_{sim,k} - y_{ref,k}$$

met n het totaal aantal datapunten in de periode waarover de bias berekend wordt, y_{sim} de gesimuleerde waarden en y_{ref} de referentiewaarden (meestal metingen).

De bias is een maat om aan te geven of de resultaten systematisch worden overschat of onderschat. Een kleine bias is echter nog geen garantie dat de overeenkomst tussen de berekeningen en de metingen groot is. Als er grote schommelingen rond het gemiddelde plaatsvinden, levert dit een lage bias op, terwijl de fout lokaal wel groot kan zijn.

Standaardafwijking

De standaardafwijking of σ (*StDev*) van de fout

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n ((y_{sim,k} - y_{ref,k}) - bias)^2}$$

Dit is een maat voor de afwijking van de resultaten vanaf de bias. Hierbij worden grotere afwijkingen zwaarder meegewogen dan kleinere. Alleen een kleine standaardafwijking is echter nog geen garantie dat de overeenkomst van de datasets groot is. De resultaten kunnen dan namelijk nog systematisch worden overschat of onderschat.

Root Mean Square Error (RMSE)

De RMSE is een maat die zowel de bias als de standaardafwijking combineert:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_{sim,k} - y_{ref,k})^2} \approx \sqrt{\sigma^2 + bias^2}$$

Bij een bias van 0, is de RMSE gelijk aan de standaardafwijking. En andersom is de RMSE gelijk aan de bias indien de standaardafwijking gelijk aan nul is. Een RMSE van nul is een garantie dat twee datasets (metingen en berekeningen) exact met elkaar overeenkomen.

Verskil in waarden rond extremen

Dit is een maat om aan te geven in hoeverre extreme waarden goed worden gerepresenteerd. Hierbij wordt vaak niet gekeken naar één enkele waarde, maar naar bijvoorbeeld een gemiddelde over waardes rond de piek (om zo toevallige uitschieters uit te sluiten). Dit kan zowel de maximale waarde zijn (Δz_{max}) of de minimale waarde (Δz_{min}):

$$\begin{aligned} \Delta z_{max} &= \max(y_{sim,k}) - \max(y_{ref,k}) \\ \Delta z_{min} &= \min(y_{sim,k}) - \min(y_{ref,k}) \end{aligned}$$

⁸ Voor de convergentie maakt OpenDA gebruik van een kostenfunctie waarin de bias/rmse van alle stations zijn opgesteld. De bias/RMSE per station wordt gebruikt als afbreekcriterium (kleiner dan 0.005 m).

Deze maat kan o.a. worden gebruikt voor de amplitude van de getijbeweging, afvoergolven en bij stormpieken.

Verschil in tijdstip van extremen

Dit is een maat om aan te geven in hoeverre de timing van de extreme waarden van verschillende datasets met elkaar overeenkomen. Er wordt dan gekeken naar het tijdstip waarop de maximale (t_{max}) of minimale (t_{min}) waarde voorkomt:

$$\begin{aligned}\Delta t_{max} &= t_{max}(y_{sim,k}) - t_{max}(y_{ref,k}) \\ \Delta t_{min} &= t_{min}(y_{sim,k}) - t_{min}(y_{ref,k})\end{aligned}$$

Deze maat kan worden gebruikt om te bepalen hoe groot de faseverschuiving is.

Gemiddelde over stations

Naast waarden per afzonderlijk (meet)station kunnen de statistieken ook worden samengevat in zowel een gemiddelde over een aantal stations als het RMS (Root Mean Square)-gemiddelde. Daarvoor wordt de volgende formulering gebruikt:

$$\begin{aligned}Mean_stations &= \frac{\Sigma (Statistiek\ per\ station)}{Aantal\ stations} \\ RMS_stations &= \sqrt{\frac{\Sigma (Statistiek\ per\ station^2)}{Aantal\ stations}}\end{aligned}$$

Het gebruik van RMS heeft als voordeel dat positieve en negatieve fouten niet tegen elkaar uitgemiddeld worden. Daarnaast wegen grote fouten sterker mee dan kleine fouten.

5.2 Resultaat

Met behulp van OpenDA is de kalibratie succesvol uitgevoerd. Dit betekent dat bij iedere kalibratie net zo lang gedraaid en doorgestart is tot voor alle stations de fout is geminimaliseerd. Bij een kalibratie op bias betekent dit dat de bias in het gegeven afvoer- en tijdsvenster kleiner was dan 0.005 m.

De speciale methodiek voor de kalibratie H2 waarbij ook de kop en staart van de afvoergolf opnieuw gekalibreerd zijn als niveau H1j95 heeft goede resultaten gegeven in het verkrijgen van significante verbeteringen in de modelresultaten voor de grootste afvoergolf van HW1995 (zie H 5.1.4 en De Jong, 2020).

In onderstaande paragrafen worden de resultaten van simulaties na de kalibratie gegeven. Allereerst volgen de resulterende kalibratiefactoren met enkele conclusies hierop (Paragraaf 5.2.1), daarna volgen de resultaten in waterstands- en afvoerstatistieken (Paragraaf 5.2.2). In de conclusies (Paragraaf 5.3) volgt een korte samenvatting van het resultaat.

5.2.1 Kalibratiefactoren

De resulterende kalibratiefactor voor de 25 kalibratietrajecten en de 5 afvoerniveaus is gegeven in Figuur 5.6. Een tabel van alle waarden is gegeven in Bijlage H.2, in deze bijlage is ook een figuur van een langsddoorsnede te vinden die inzicht geeft in de ruimtelijke variatie van de kalibratiefactor. Daarnaast is in deze bijlage een figuur opgenomen van de hoogte van het tijdelijke kalibratieniveau H1j95 dat toegepast is bij de kalibratie van HW1995.

Uit de afvoerafhankelijke en ruimtelijke kalibratie worden de volgende algemene conclusies getrokken:

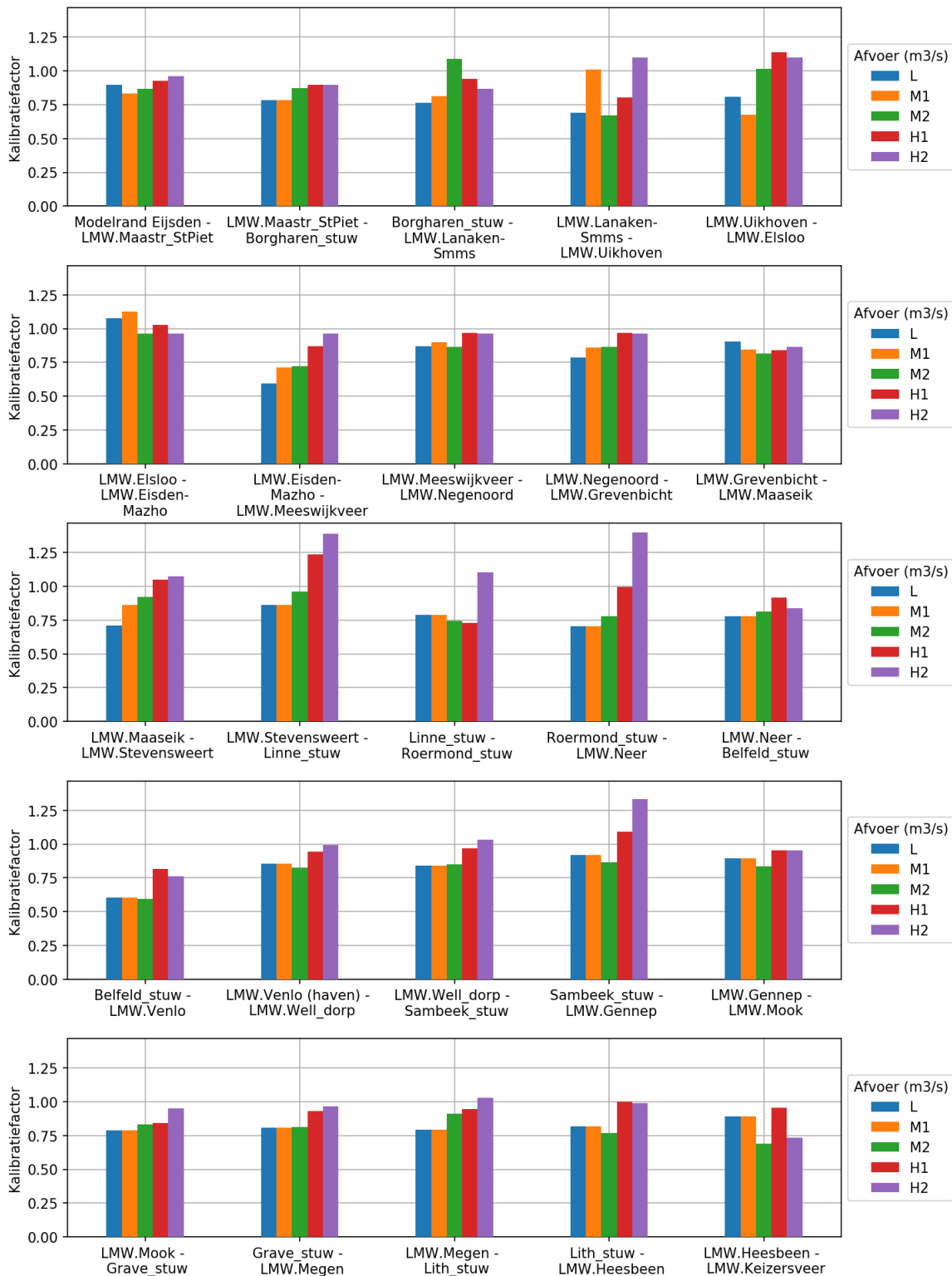
- De kalibratiefactoren hebben voor de 5 afvoerniveaus een gemiddelde waarde van respectievelijk 0.80, 0.82, 0.83, 0.94 en 1.00. De gemiddelde ruwheid is dus bij alle afvoerniveaus gelijk of verlaagd, waarbij een grotere correctie nodig was voor lagere afvoeren. Bij hoge afvoeren zit de kalibratiefactor dicht bij 1.0, wat betekent dat er (gemiddeld) maar beperkte kalibratie nodig was.
- Er is geen duidelijk onderscheid te zien tussen de kalibratiefactoren op de Grensmaas (bovenstrooms van Linne; ruwheidsconstante Nikuradse) en de Zandmaas (benedenstrooms van Linne; ruwheidsformulering Van Rijn). Beide trajecten laten vergelijkbare kalibratiefactoren en afvoerafhankelijkheid zien. De keuze van de basisruwheid is dus van vergelijkbare kwaliteit.
- De minimale kalibratiefactor is 0.59 en de maximale kalibratiefactor is 1.40. De lage kalibratiefactoren zijn vooral bij de lage afvoerniveaus, terwijl de hoge kalibratiefactoren bij de hoge afvoerniveaus zitten. Beide uitschieters geven aan dat er lokaal grote correcties in de modellering nodig zijn om de resultaten overeen te laten komen met de metingen. De benodigde correcties zijn vergelijkbaar met de vijfde generatie en worden acceptabel geacht⁹.
- Bij de meeste stations is er bij een toenemende afvoer een toename in de kalibratiefactor. De modellering (geometrie en ruwheden) geven voor de kalibratie te hoge waterstanden bij lagere afvoeren. De keuze voor een ruwheidsformulering met een grotere waterstandsafhankelijkheid (bijv. een grotere factor A of B in Van Rijn) zou dit ook op kunnen lossen. De keuze in ruwheidsformulering (en parameters) heeft ook invloed op de waterstanden bij extreme afvoeren (de extrapolatie van de kalibratie).
- De kalibratie is enkel uitgevoerd op een (deel van) het zomerbed. In de kalibratiefactor wordt daarom ook gecorrigeerd voor hogere ruwheden bij de zomerbedverbredingen. Daarnaast worden alle benodigde correcties voor de geometrie of ruwheid van het winterbed nu samengevat in de kalibratiefactor van het zomerbed. Hierdoor zal de kalibratiefactor bij een (deels) meestromend winterbed sterker variëren dan wanneer een bredere kalibratiepolygoon was toegepast.

Als we kijken naar de individuele trajecten dan valt hier het volgende uit te concluderen:

- Het afvoerniveau M1 heeft een dip in de kalibratiefactor op het traject Uikhoven-Elsloo en juist een sterke piek op het traject Lanaken-Uikhoven. Dit geeft het vermoeden dat de gemeten waterstand bij Lanaken M1 te laag is, of de bodemhoogte in het model bij Lanaken te hoog.
- Het traject Eisden-Meeswijk heeft een grote toename van de kalibratiefactor bij stijgende afvoer (van 0.59 naar 0.92). Dit kan ook betekenen dat bij lage afvoeren te veel ruwheid in het model wordt gegeven of een te grote bodemhoogte. Op dit traject liggen in het model geen grinddrempels. Op hogere afvoeren zal het effect van een dergelijke onnauwkeurigheid in de schematisatie minder worden, wat zou resulteren in een hogere kalibratiefactor. Het traject Elsloo-Eisden geeft juist een afvoerafhankelijke afname in de kalibratiefactor wat het omgekeerde kan betekenen.

⁹ In de vijfde generatie liep de kalibratie tussen een alpha van 0.001 en 1.000 (een factor 1000). Het verschil in orde grootte wordt veroorzaakt doordat in WAQUA werd gekalibreerd op Nikuradse-ruwheid (afkomstig uit Simplified van Rijn), terwijl in FM wordt gekalibreerd op een Manning-ruwheid (de kalibratiefactor werkt op de globale ruwheidsdefinitie). Tussen beide ruwheidsformuleringen zit een logaritmische verhouding.

- Het traject Stevensweert-Linne heeft een zeer sterke toename in de kalibratiefactoren bij de hoogste niveaus. Dit betekent dat de weerstand in het model te laag is. Op dit traject gaat een groot gedeelte van de afvoer door het winterbed en zou het meenemen van het winterbed binnen de kalibratiepolygoon voor realistischere kalibratiefactoren zorgen (kalibratiefactor dichterbij 1.0).
- Benedenstrooms van meerdere stuwcomplexen zijn er bij lage afvoerniveaus (gestuwde condities) opvallend lage kalibratiefactoren. Dit is met name zichtbaar op de trajecten Linne-Roermond, Roermond-Neer, en Belfeld-Venlo. De reden hiervan is niet bekend.



Figuur 5.6 Kalibratiefactor voor alle kalibratietrajecten

5.2.2 Vergelijking met metingen

Simulaties zijn uitgevoerd voor de volledige perioden (HW1993, HW1995, 2010-2011 en 2014-2015) zonder kalibratie en met kalibratiefactoren. Voor HW1993 en HW1995 zijn twee varianten van het gekalibreerde model. Hiernaar wordt verwezen als “gekcalibreerd”

(modelresultaten met de kalibratiefactoren H1j95 en H2) en “definitief” (kalibratiefactoren L, M1, M2, H1, H2). Het onderscheid hiertussen wordt later in deze paragraaf verder bediscussieerd.

Discussie algemene resultaten

In deze paragraaf worden deze simulaties geëvalueerd door per station de bias en standaarddeviatie te bepalen ten opzichte van de metingen. Dit is bepaald voor de deelperiode van de kalibratie (Figuur 5.7) en validatie (Figuur 5.8) en voor de gehele periode (Figuur 5.9). Een opsplitsing van de bias per afvoerbereik is gegeven in Figuur 5.10. De globale statistieken van de drie figuren zijn samengevat in Tabel 5.6. De deelperioden van kalibratie en validatie waren eerder gegeven in Tabel 5.4.

Figuren van de tijdseries (waterstanden en afvoeren) van de gehele perioden zijn opgenomen in Bijlage I. In deze bijlage zijn ook aanvullende figuren opgenomen van de statistieken per segment van afvoeren (Q-dH) en voor het jaar 2010-2011 ook ten opzichte van 6 blauwe peilschaal (BPS)-metingen. Voor HW1993 en HW1995 is een vergelijking uitgevoerd van de modelresultaten met de maximale grenzen waar het water is gekomen tijdens de afvoergolf (gemeten met de veekranden).

Op basis van de gegeven figuren kan uit het algemene beeld van de resultaten het volgende geconcludeerd worden:

- De resultaten van de kalibratieperiode zijn over het algemeen goed met een gemiddelde bias tussen 3 en 9 cm. Dit is een grotere fout dan de 0.5 cm waarop de kalibratie door OpenDA is geconvergeerd. Deze afwijking tussen het resultaat in de OpenDA-kalibratie en de hier gepresenteerde vergelijking met metingen kan de volgende oorzaken hebben:
 - De precieze berekening van de bias is anders, doordat in OpenDA is gebruik gemaakt van een afvoervenster met een minimale afvoer om meegenomen te worden in de kalibratie, terwijl dit in de gepresenteerde analyses niet is meegenomen. Dit speelt vooral bij afvoergolven en dus bij de niveaus M2, H1 en H2.
 - Hoewel de kalibratie niet enkel in de volgorde van L tot H2 is uitgevoerd, maar iteratief ook niveaus nogmaals zijn gekalibreerd, kan het nog steeds zijn dat de kalibratie van een onder- of boveng gelegen afvoerniveau dusdanige invloed heeft op de resultaten binnen het beschouwde afvoerniveau dat de statistieken negatief zijn beïnvloed.
 - In de hierop volgende beschouwing van de individuele stations wordt hier verder op ingegaan.
- De kalibratie geeft voor 15% van de resultaten (stations en niveaus) een bias groter dan ± 5 cm. Bij de validatie laten veel stations een negatiever beeld zien, waar dit is toegenomen tot 33%.
- De validatie van de niveaus L, M1 en H2 laat goede resultaten zien, de niveaus M2 en H1 zijn echter duidelijk minder goed. Dit correspondeert met de mate van stationariteit. De geometrie in 2010-2011 komt goed overeen met 2014 (goede resultaten L en M1) en de geometrie van 1993 komt goed overeen met 1995 (goede resultaten H2). Daarentegen zijn er grote verschillen tussen 2010-2011 en 1995 (slechte resultaten M2 en H1).
- De vergelijking tussen enerzijds 1993 en 1995 en anderzijds 2010-2011 en 2014-2015 wordt vermoeilijkt doordat beide modellen met andere kalibratiefactoren hebben gerekend. In Bijlage I worden ook de resultaten met ‘definitieve’ kalibratiefactoren in

1993 en 1995 gegeven. Dit geeft een eenduidigere trend en betere resultaten voor de lagere afvoeren van 1995, maar slechtere resultaten in de grootste afvoergolf van HW1995.

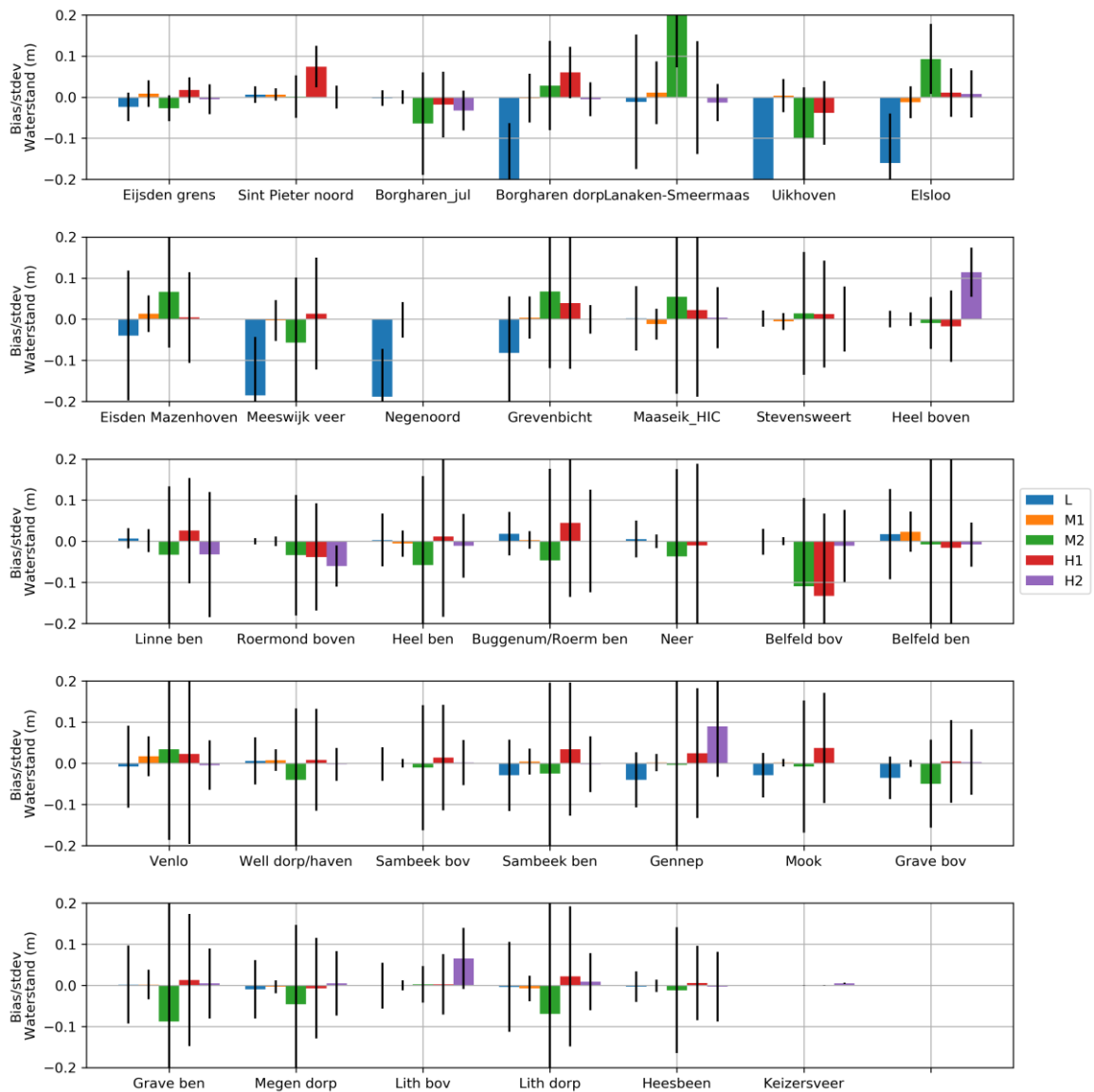
- Bij de beschouwing van de gehele periode valt op dat met name de historische golven van 1993 en 1995 slechte resultaten laten zien. Doordat het laagst toegepaste afvoerniveau in deze simulatie het niveau H1j95 is, is dit model feitelijk niet gekalibreerd voor de lagere afvoeren. Deze negatieve resultaten zijn daarom niet verrassend.

Deze resultaten zijn vergelijkbaar met de modelresultaten van de vijfde generatie tijdens kalibratie- en validatieperioden. Een verdergaande vergelijking tussen de vijfde en zesde generatie is niet uitgevoerd. Dit onder meer door de uitdagingen in de interpretatie door verschillen in kalibratieperioden.

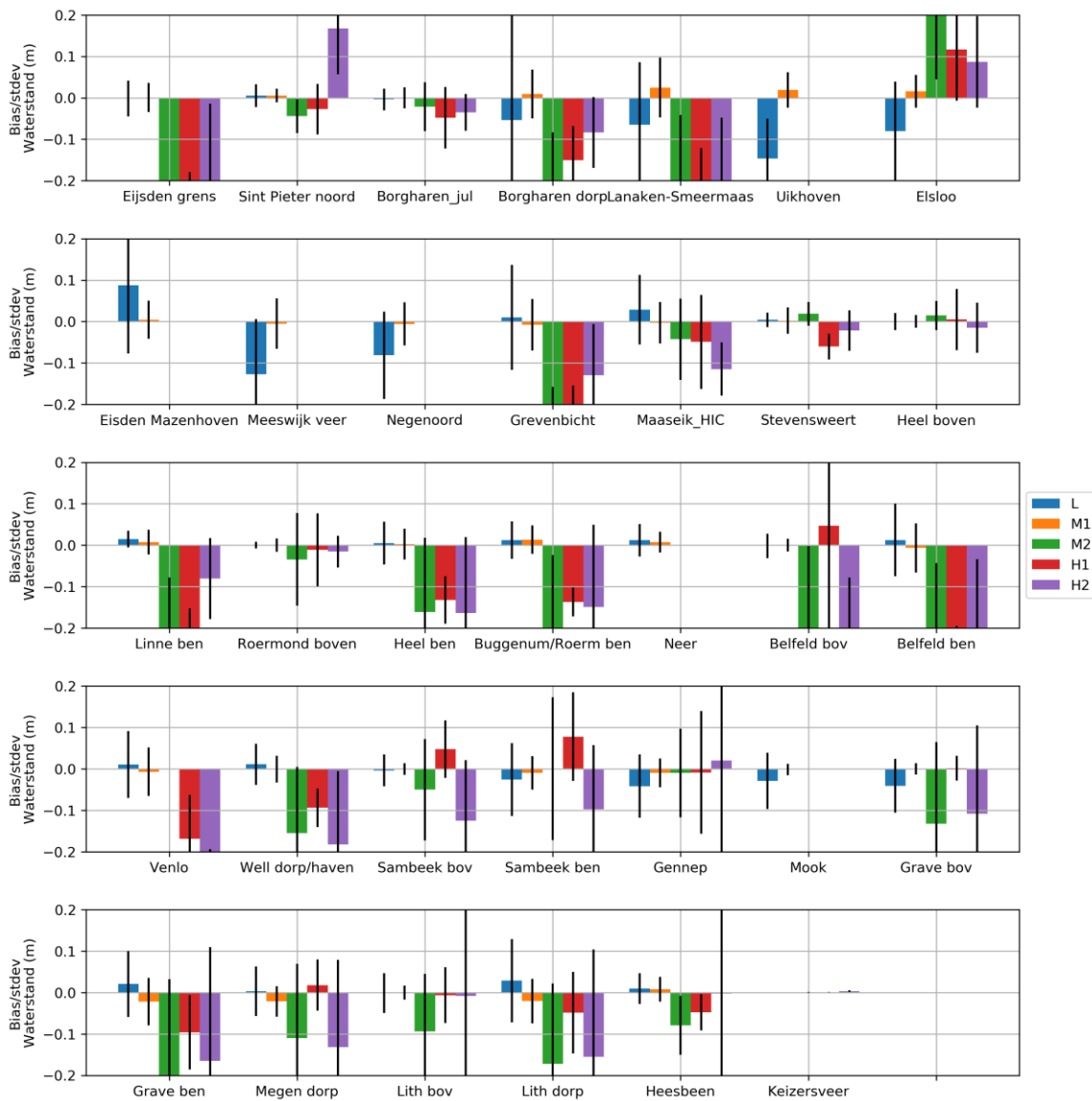
Onder de figuren volgt een analyse waar in meer detail wordt ingegaan op de individuele resultaten

Tabel 5.6 Statistieken van de RMS gemiddelde waterstand (m) voor de deelperioden van kalibratie, validatie, en de gehele periode. Verdere uitwerking van de perioden staat in Tabel 5.4.

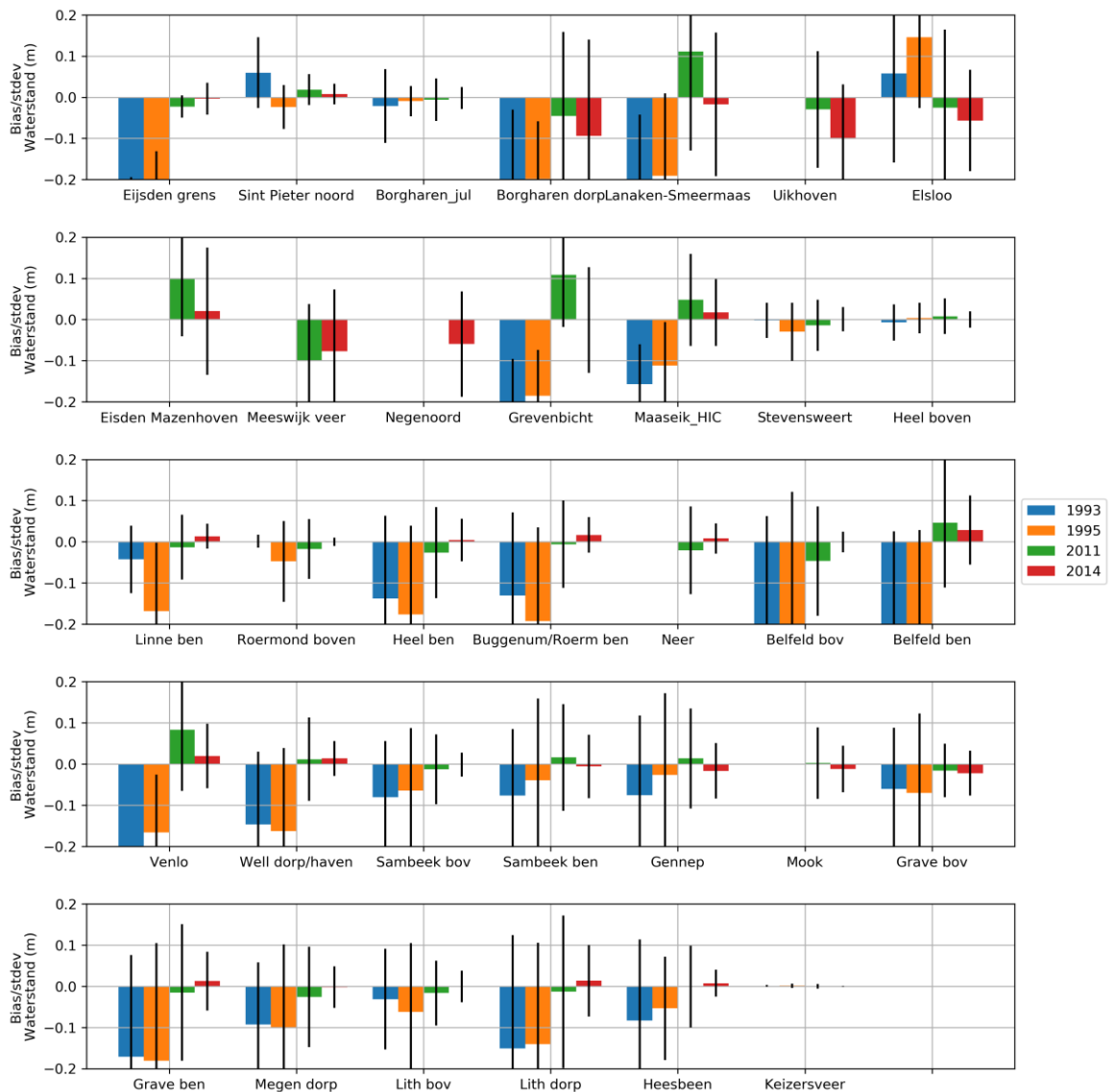
	Kalibratievenster			Validatievenster				Gehele periode	
	Periode	Bias	Stdev	Periode	Bias	Stdev		Bias	Stdev
L	mei '15	0.091	0.089	jul '14	0.047	0.091	HW1993	0.083	0.111
M1	feb '15	0.007	0.033	jan '15	0.011	0.040	HW1995	0.081	0.097
M2	nov '10	0.070	0.174	dec '94	0.134	0.107	2010-2011	0.045	0.122
H1	jan '11	0.035	0.138	jan '95	0.116	0.127	2014-2015	0.033	0.087
H2	feb '95	0.031	0.067	dec '93	0.070	0.091			



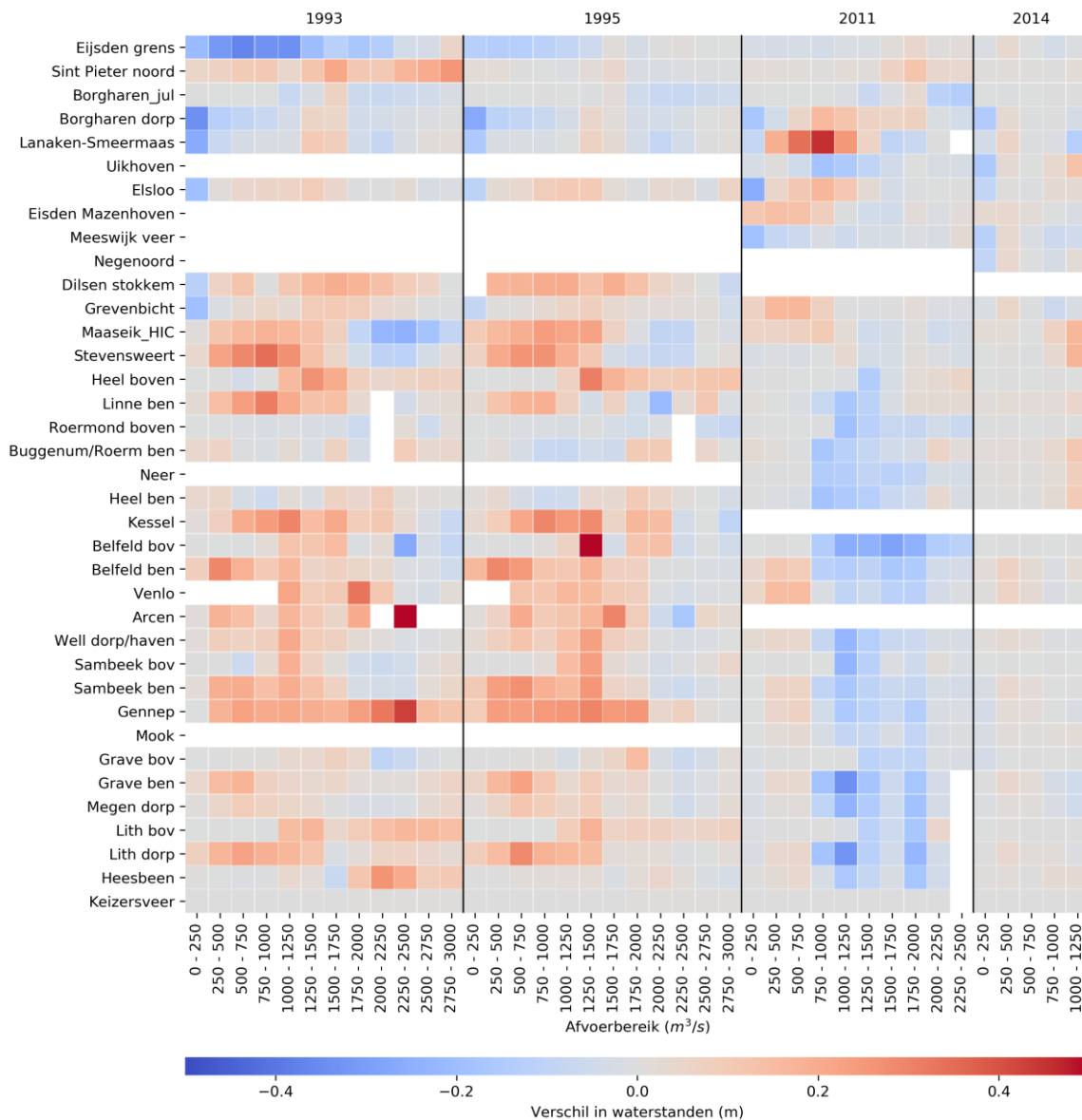
Figuur 5.7 Modelresultaten van het finale model voor de tijdsvenster van de *kalibratie*. De balken geven het gemiddelde verschil (bias) over de kalibratieperiode, de staven ('whiskers') geven de standaarddeviatie rondom de bias.



Figuur 5.8 Modelresultaten van het finale model voor de tijdsvenster van de validatie. De balken geven het gemiddelde verschil (bias) over de validatieperiode, de staven ('whiskers') geven de standaarddeviatie rondom de bias.



Figuur 5.9 Modelresultaten van het finale model voor de gehele periode. De balken geven het gemiddelde verschil (bias) over de gehele periode, de staven ('whiskers') geven de standaarddeviatie rondom de bias.



Figuur 5.10 Bias opgesplitst in klassen met een afvoerbereik van 250 m³/s. De modellen 1993 en 1995 zijn gedraaid met kalibratiefactoren H1j95 en H2 (kalibratieversie 'gekalibreerd').

Discussie per periode en afvoerniveau

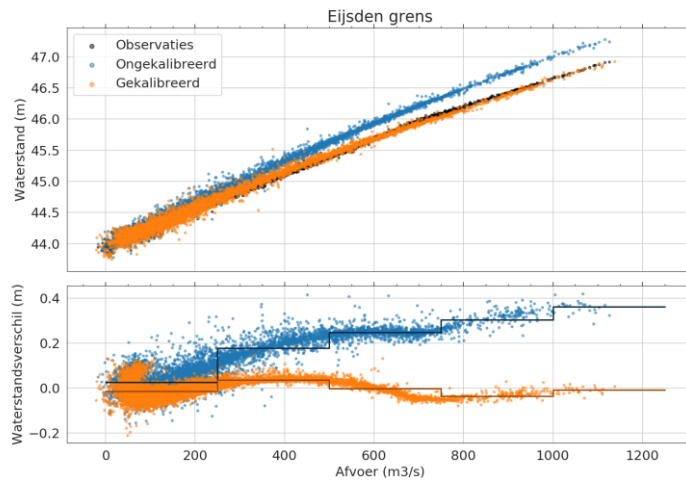
Per doorgerekende periode en per afvoerniveau is het volgende beeld zichtbaar. Deze conclusies zijn niet enkel verkregen uit de hier gegeven figuren, maar zijn ook gebaseerd op de tijdseries in Bijlage I.

- De periode 2014-2015 bevat zowel de kalibratie van L en M1 (februari tot mei) als de validatie van L en M1 (augustus tot januari).
 - De meeste stations laten voor het hele jaar (dus ook buiten de kalibratie- en validatieperioden) goede resultaten zien, met een gemiddelde bias van minder dan 3 cm. Uitzondering hierop zijn de stations op de Grensmaas, waar bij de lage afvoeren een te lage waterstand berekend werd om dit te kunnen

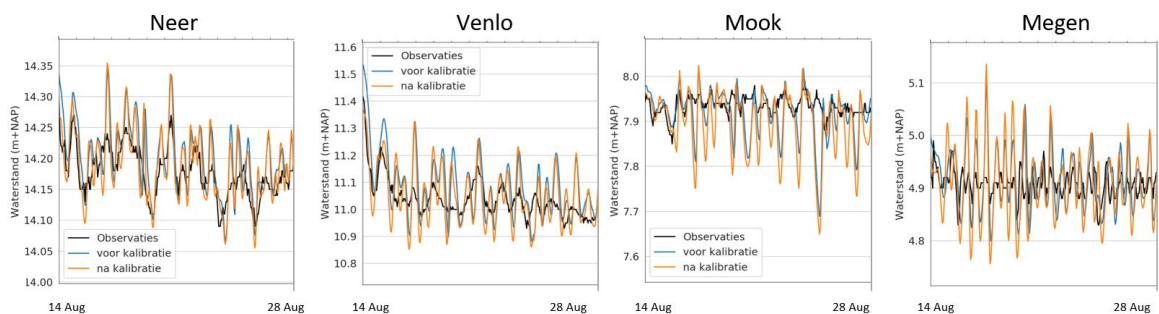
- kalibreren. In deze gevallen is geprobeerd juist de resultaten in het middenbereik (tussen L en M1) zo goed mogelijk te krijgen.
- De uitdaging van het modelleren van lage afvoeren, en de hierdoor soms slechtere modelresultaten verslechteren ook de modelresultaten bij hogere afvoeren. Dit valt uit te lezen uit de Q-H-figuren voor stations (bijv. Eijsden in Figuur 5.11). Hierin is te zien dat waterstanden bij lage afvoeren rond het afvoerniveau (L, 100 m³/s) ook na kalibratie nog te laag zijn. In het tussenbereik (400 m³/s) wordt nog steeds een groot deel van de kalibratiefactor van L gebruikt, wat hier resulteert in een te hoge waterstand. Dit wordt weer gecompenseerd in de kalibratie van niveau M1. Ditzelfde effect was in veel sterkere mate ook zichtbaar op de Grensmaas toen in de kalibratie de lagere afvoeren nog waren meegenomen.
 - De resultaten van de validatie op L laten betere resultaten zien op de Grensmaas dan de kalibratieperiode. Dit zou een indicatie kunnen zijn dat de afwijking in de kalibratieperiode veroorzaakt wordt door een afwijking in de afvoer (en dus door de randvoorwaarde bij Eijsden), maar het kan ook betekenen dat juist in de validatieperiode de afwijking deels wordt gecompenseerd door andere afvoeren.
 - In deze periode is ook het effect van de stuwsturing zichtbaar, waarbij door stuwsturing van Borgharen (i.c.m. de inkomende afvoergolfjes bij Eijsden) kleine afvoergolven op de Grensmaas ontstaan. Dit is ook zichtbaar in de metingen, maar vaak verschilt de amplitude en fase van de golven, waardoor een grote standaarddeviatie ontstaat. In benedenstroomse richting zien we door de geschakelde stuwsturing de afvoerfluctuaties in het model versterkt worden (tot een waterstandsvariatie van ±10 cm), zie Figuur 5.12. In werkelijkheid gebeurt dit niet. Dit speelt met name bij zeer lage afvoeren en is ook al opgemerkt bij de kalibratie van het vijfde-generatie model.
 - De (kleinere) afvoergolven in de kalibratie M1 laten zeer goede resultaten zien. De gemiddelde bias is minder dan 1 cm. Ook de validatie M1 geeft deze goede resultaten met een gemiddelde bias van 1 cm.
 - De vergelijking met afvoermetingen geeft een negatieve bias voor alle afvoerstations. Dit lijkt niet veroorzaakt te kunnen worden door het model, en is vermoedelijk een te lage afvoer in de randvoorwaarde(n). Ook bij Eijsden is er een afwijking in de gemodelleerde afvoer, omdat gerekend is met de 10 minuten tijdreeks, en geëvalueerd met de 60 minuten tijdreeks. Hiertussen zit een variatie tussen -20 en +20 m³/s.
 - De periode 2010-2011 is gebruikt voor de kalibratie op M2 en H1.
 - De gehele periode laat vrij goede resultaten zien met een gemiddelde bias van 4.5 cm. Door kalibratie komen de pieken van de afvoergolven goed overeen met de metingen.
 - In de tweede piek van januari is er vaak een onderschatting van de waterstand. Doordat dit vooral zichtbaar is op de Zandmaas (en benedenstreams) doet dit vermoeden dat de ruwheid van het systeem hoger is geworden na passage van de eerste golf (een verandering in ruwheid zit niet in de modellering), of dat de afvoer die als randvoorwaarde is opgelegd te laag is.
 - In de vorm van de afvoergolven is een verandering merkbaar na kalibratie (zie bijvoorbeeld Grave Boven in januari, H1). Tijdens de aanloop van de afvoergolf komt de golf nog te vroeg aan (t.o.v. metingen), net als in de situatie vóór kalibratie. Maar halverwege de afvoergolf vertraagt de golf plotseling, waardoor de piek op tijd, of zelfs net te laat, aankomt in het model.

De loopsnelheid van golf M2 (november) is in het hele model te groot, waardoor de piek te vroeg aankomt. Het effect van kalibratie op de golfvorm en de loopsnelheid wordt in Kader 5.1 behandeld.

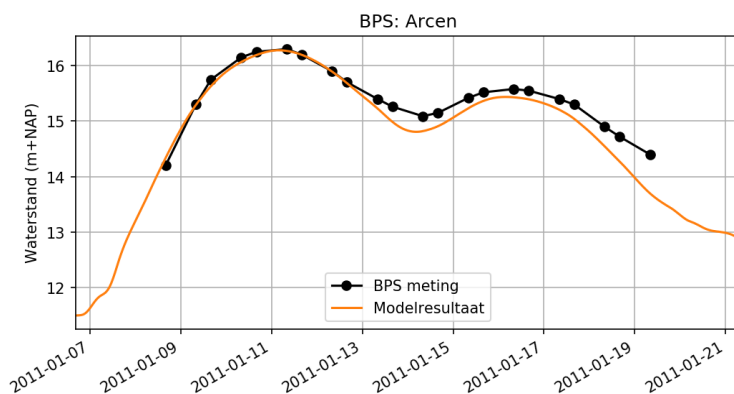
- De metingen met Blauwe Peilschalen (BPS) van de afvoergolf in januari (H1) ondersteunen de eerdere conclusies (zie bijvoorbeeld Figuur 5.13 en Bijlage I.3.6). De eerste piek wordt goed benaderd, de tweede piek wordt door het model onderschat.
- Tijdens de lage afvoeren in deze winterperiode zien we nog steeds dat het model te lage waterstanden geeft op de Grensmaas, net als geconcludeerd was voor de periode 2014-2015.
- De vergelijking met gemeten afvoer laat over het algemeen een erg goed resultaat zien. Tijdens de piek zijn er enige afwijkingen en is de afvoergolf bij Eijsden te laag ($-50 \text{ m}^3/\text{s}$), bij St. Pieter en Borgharen dorp goed, bij Maaseik te hoog ($100 \text{ m}^3/\text{s}$), bij Venlo goed en bij Megen te hoog ($100 \text{ m}^3/\text{s}$). Hieruit blijkt geen consistente fout. Mogelijk is dit slechts een indicatie van de kwaliteit van de diverse technieken waarmee de afvoermetingen worden gemaakt.
- De periode 1995 is gebruikt voor de kalibratie op H2 en de validatie van M2 en H1.
 - De kalibratie geeft goede resultaten tijdens de piek van de afvoergolf. Buiten de piek is het model niet gekalibreerd en zijn de resultaten minder goed. De kwaliteit hangt er vanaf welke kalibratieversie gebruikt wordt: “gekalibreerd” (niveaus H1j95 en H2) of “definitief” (de niveaus L tot H2). Bij gebruik van de kalibratieversie “definitief” zijn de resultaten aanzienlijk slechter (grote negatieve bias). Bij gebruik van “gekalibreerd” zijn de resultaten in vrijwel de hele periode beter (een licht positieve bias). Zie bijvoorbeeld Figuur 5.14 voor de waterstanden bij Belfeld Beneden.
 - De vergelijking met afvoermetingen geeft goede resultaten.
 - Een vergelijking op de maximale overstromingsbereik is uitgevoerd ten opzichte van de veekranden. Dit geeft goede overeenstemming.
- De periode 1993 is gebruikt voor de validatie op H2.
 - De hoogwatergolf 1993 laat vergelijkbare conclusies zien met 1995: de piek van de afvoergolf heeft goede resultaten. Daarbuiten is er een licht positieve bias bij gebruik van de kalibratieversie “gekalibreerd” en een sterk negatieve bias bij “definitief”.
 - De afvoermeting bij Maaseik is tijdens de afvoerpiek veel lager dan de afvoer bij Borgharen Dorp. Vermoedelijk licht dit aan de kwaliteit van de metingen. Het is onwaarschijnlijk dat op deze korte afstand op de Grensmaas zoveel topvervlakking plaats vindt.



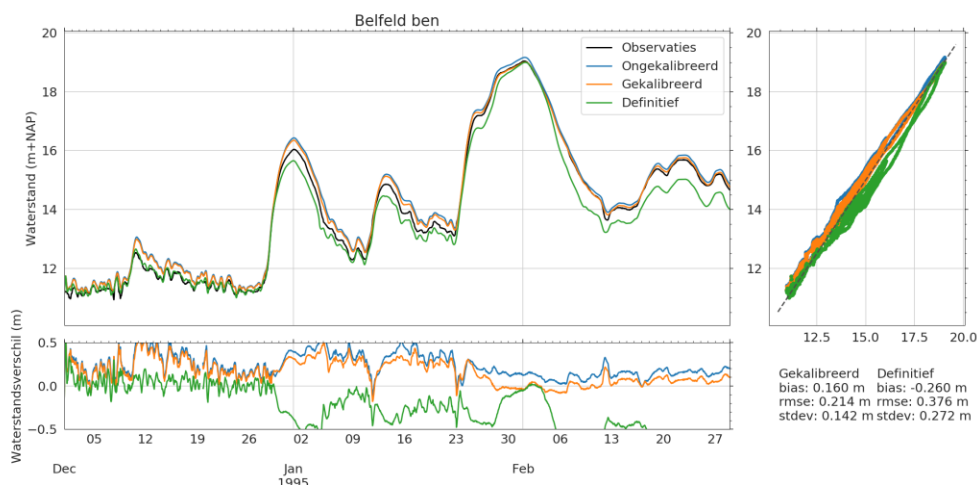
Figuur 5.11 Waterstanden en waterstandsverschil als functie van de afvoer bij Eijsden 2014-2015. Figuren van andere stations zijn opgenomen in Bijlage I.



Figuur 5.12 Waterstandsfluctuaties door schommelingen in de afvoer. Deze schommelingen worden veroorzaakt door de stuwsturing en bij geschakelde stuwen steeds sterker.



Figuur 5.13 Vergelijking modelresultaten met BPS-meting van Arcen voor HW 2011



Figuur 5.14 Voorbeeld van waterstanden in het 1995-model met de kalibratieversie “Gekalibreerd” (niveau H195 en H2) en kalibratieversie “definitief” (niveaus L tot H2).

Kader 5.1: Invloed van de kalibratiefactor op de looptijd

Door kalibratie kan de looptijd van de afvoergolf worden beïnvloed. Modelresultaten van de validatie laten dit duidelijk zien, waardoor de vraag naar boven is gekomen hoe dit principe werkt. In dit kader worden een paar processen uitgelicht aan de hand van analytische formuleringen.

Constante kalibratiefactor

Allereerst een beschouwing met een constante kalibratiefactor. Bij een simpel rechthoekig profiel, zonder bergende breedte, uitgaande van een ruwheid van Manning, is de golfsnelheid (c) een functie van de breedtegemiddelde stroomsnelheid (u):

$$c = \frac{5}{3}u$$

Als door kalibratie de waterstand verlaagd moet worden, neemt hierdoor (bij gelijke afvoer) de stroomsnelheid toe en daardoor ook de golfsnelheid. We zien in de resultaten van de kalibratiefactor dat dit voor veel stations het geval is, waardoor de golfsnelheid is toegenomen.

Er is analytisch onderzocht of dit zou verbeteren als in plaats van het zomerbed, ook (of alleen) het winterbed zou worden gekalibreerd. Een oplossing waarbij de aanpassing van de ruwheid uitsluitend in het winterbed wordt verdisconteerd, blijkt uit deze analyse de golfvorm echter nog meer te versnellen.

Een beter resultaat kan worden verkregen door de opstuwung door de geometrie in het model te verlagen. Wat hiermee bedoeld wordt is bijvoorbeeld het vergroten van het doorstroomoppervlak (verlaging bodemhoogte of verbreding zomerbed), of door aanpassing van de discretisatiekeuzes. Een lagere geometrische weerstand zou gecompenseerd worden met een grotere bodemruwheid (of kalibratiefactor) waardoor de afvoergolf zou vertragen.

Afvoerafhankelijke kalibratiefactor

Het tweede deel van deze analyse gaat in op het effect van een afvoerafhankelijke kalibratiefactor op de golfsnelheid. De golfsnelheid kan ook beschreven worden als een functie van de bergende breedte (B) en de toename van de afvoercapaciteit bij toenemende waterstand ($\partial Q / \partial h$).

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

Uitgaande van een waterstandsafhankelijke Chézy ruwheid (C) die afneemt met toenemende waterstand volgens de formule $C = C_0 - \gamma_c * h$ (met de waterstandsafhankelijkheidsfactor γ_c) kan het effect van deze factor op de golfsnelheid beschreven worden (voor een rechthoekig profiel zonder berging) met de volgende formule.

$$\frac{c}{c_0} = \frac{C_0 - \gamma_c h^{\frac{5}{3}}}{C_0} = 1 - \frac{\gamma_c h^{\frac{5}{3}}}{C_0}$$

Hierin is c_0 de golfsnelheid bij een ruwheid C_0 zonder waterstandsafhankelijkheid.

De formule laat zien dat het effect van de factor γ_c op de golfsnelheid een factor 5/3 groter is dan het effect van de Chézy-factor. Een toenemende ruwheid bij toenemende waterstand (positieve γ_c ; afnemende Chézy) geeft een sterk vertragende golf, zoals we ook bij de modelresultaten zien gebeuren. Minder grote verschillen in de kalibratiefactor tussen afvoerniveaus zouden dus waarschijnlijk de golfsnelheid positief beïnvloeden en de golf minder vervormen.

Een negatieve waarde van c/c_0 uit de voorgaande formule betekent dat het systeem instabiel zal worden.

5.3 Conclusies

Het zesde-generatie Maas-model is gekalibreerd voor vijf afvoerniveaus, waarbij voor de keuze van kalibratie- en validatieperioden gebruik is gemaakt van perioden in de jaren 1993, 1995, 2010-2011 en 2014-2015 (zie Paragraaf 5.1). Deze kalibratie is succesvol uitgevoerd met behulp van OpenDA.

De resultaten van de kalibratie zijn geanalyseerd op basis van hun kalibratiefactor (Paragraaf 5.2.1) en de afvoer- en waterstandsstatistieken (Paragraaf 5.2.2). Alle kalibraties geven goede resultaten binnen hun kalibratiebereik, de modellen van perioden van langer geleden, geven buiten het kalibratiebereik minder goede resultaten door de niet-stationariteit tussen de modellen: de kalibratiefactor van het ene modeljaar is niet volledig toepasbaar als kalibratiefactor voor een ander modeljaar als de verschillen in schematisatie te groot zijn. Hieruit blijkt het belang om te kalibreren op recente afvoergolven.

6 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Deze rapportage beschrijft de opzet van het zesde-generatie hydraulische riviermodel van de Maas in opdracht van Rijkswaterstaat. In de zesde generatie is de Maas van Eijsden tot Keizersveer gemodelleerd met D-HYDRO. Het functionele ontwerp van het model is bediscussieerd met de stakeholders in workshops. Op basis daarvan is geconcludeerd dat het model gebruikt moet worden in de volgende RWS-processen:

- Aanleg en onderhoud
- Informatievoorziening
- Slagvaardig crisismanagement
- Omgevings- en assetmanagement
- Verkeer- en watermanagement
- Kennis en netwerkkwaliteit

6.1 Modelopzet

D-HYDRO werkt op basis van een ongestructureerd rooster en biedt daardoor mogelijkheden die in eerdere generaties Rijkswaterstaat-modellen niet aanwezig waren. De uitlijning van het rooster met de lokale geometrie en stroomrichting kan hierdoor significant worden verbeterd. Hoewel zowel driehoeken als vierhoeken mogelijk zijn, wordt uit efficiëntie vooral gewerkt met vierhoeken. Het rooster is daardoor een combinatie van curvi-lineaire roosters (*multiblocken*) die met behulp van lokaal handwerk samengevoegd zijn. Het rooster loopt vanaf Eijsden (vanaf het j19-model uitgebreid vanaf Lixhe) tot Keizersveer en dekt de volledige baseline-schematisatie van de vijfde generatie.

Vanuit de geografische database Baseline6 zijn een viertal nieuwe modelschematisaties van de Maas opgezet vanuit een verbeterde database van 1995. Deze zijn geprojecteerd naar een D-Flow FM-model, en daarna nog op enkele punten handmatig bijgewerkt. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de volgende schematisaties:

- dflowfm2d-maas-j93_6-v1
- dflowfm2d-maas-j95_6-v1
- dflowfm2d-maas-j10_6-v1
- dflowfm2d-maas-j14_6-v1

Naast de bodemhoogte op het rekenrooster worden bodemhoogteverandering van een kleinere schaal, zoals bijvoorbeeld de grinddrempels op de Grensmaas, geschematiseerd met overlaten. Brugpijlers zijn meegenomen als een verkleining van de doorstroombreedte tussen de roostercellen. De aansturing van de kunstwerken wordt gedaan binnen D-RTC.

De ruwheid van het zomerbed en winterbed is gemodelleerd met trachytopen. De kalibratie van de zomerbedruwheid wordt niet in de trachytopen verwerkt, maar in een losse modelinvoer *kalibratiefactor*. Hierdoor is het belangrijk geworden om een fysisch-gebaseerde zomerbedruwheid te definiëren. Op basis van bodemlodingen is voor de Grensmaas gekozen voor een ruwheidsformulering voor grind (Manning) en voor de Zandmaas een alluviale formulering volgens Van Rijn.

Conclusies

Een aantal eigenschappen van het nieuwe rooster is vergeleken met het rooster van het vijfde-generatie model. Hieruit blijkt dat er een duidelijke verbetering is in de uitlijning van de roostercellen met de stroomrichting van de rivier voor alle afvoeren.

In een beperkte studie naar de gridconvergentie zijn goede resultaten te zien. Door complicaties rondom stuwen is het echter lastig hier een hard oordeel op te baseren. Omdat voor sommige toepassingen een verfijnd rooster noodzakelijk is, verdient het de aanbeveling hier verder onderzoek naar te doen.

Verder worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de modelopzet:

1. De modelopzet in de zesde generatie modellen is uitgevoerd in lijn met de vijfde generatie met hierop enkele kleinere correcties en aanvullingen. Het is echter onbekend hoe veel historische keuzes in de schematisatietechniek, zoals het grootschalig gebruik van overlaten, terug werken in de kwaliteit van het model. Voor toekomstige modelgeneraties wordt aanbevolen de keuzes die in de loop der jaren gemaakt zijn goed te evalueren.
2. Veel numerieke parameters zijn gekozen op basis van de pilot van de Waal (De Jong & Yossef, 2016). De stroming op de Grensmaas is dusdanig anders, dat onbekend is of deze parameters hier daadwerkelijk toepasbaar zijn. Er wordt aanbevolen meer begrip te krijgen voor het effect van numerieke parameters op de Grensmaas. Wellicht ter voorbereiding op een toekomstige modelgeneratie.
3. De opzet van de PID-coëfficiënten voor stuwen blijkt uitdagend. Aanbevolen wordt hier een betere theoretische en toepasbare methodiek voor op te zetten.
4. De functionaliteit voor het modelleren van duikers ontbreekt nog in de software, maar wordt momenteel ontwikkeld. Aanbevolen wordt het model bij te werken zodra deze functionaliteit wordt opgeleverd. Vermoedelijk is het effect op de kalibratie beperkt, maar zal het de lokale modelresultaten verbeteren.

6.2 Kalibratie en validatie

Het model is gekalibreerd om te compenseren voor onbekenden en onnauwkeurigheden in de modelbouw. De kalibratie vindt plaats op de zomerbedruwheid door hier een kalibratiefactor toe te passen die bovenop de achtergrondruwheid werkt. De Maas is opgedeeld in 25 kalibratietrajecten op basis van de stuwen en LMW-meetstations. Ieder van deze trajecten krijgt een afvoerafhankelijke ruwheid en wordt gekalibreerd en gevalideerd op perioden in 1993, 1995, 2010-2011 of 2014-2015 zoals gegeven in Tabel 6.1. De argumentatie achter de keuze voor de afvoerniveaus is samengevat in Tabel 5.2. Bij de kalibratie is de bias tussen modelresultaten en metingen geminimaliseerd.

Tabel 6.1 Keuze kalibratie- en validatieperioden. K = kalibratie, V = validatie. Een (V) geeft aan dat deze afvoer wel voor komt in de genoemde periode, maar niet gebruikt is voor validatie.

Randvoorwaarden	Afvoerniveaus in de kalibratiefactor				
	Laag (L) 100 m ³ /s	Midden1 (M1) 800 m ³ /s	Midden2 (M2) 1700 m ³ /s	Hoog1 (H1) 2300 m ³ /s	Hoog2 (H2) 2700 m ³ /s
01-11-1993 – 31-01-1994	(V)	(V)	(V)	(V)	V
01-12-1994 – 28-02-1995	(V)	(V)	V	V	K
01-11-2010 – 31-01-2011	(V)	(V)	K	K	
01-07-2014 – 30-06-2015	K	V	K	V	

De kalibratie is uitgevoerd met het DuD-algoritme van OpenDA. Voor ieder afvoerniveau is een losse kalibratie ingericht, ieder van deze kalibraties is gedurende het project meerdere malen doorlopen om te convergeren tot een voldoende goede oplossing. De resultaten van de

kalibratie zijn beschreven in Hoofdstuk 5.2 en Bijlage I, een samenvatting van de resultaten is gegeven in Tabel 6.2.

Conclusie en aanbevelingen

Uit de uitgebreide analyse in Hoofdstuk 5.2 blijkt dat de kalibratie succesvol is uitgevoerd en het model na kalibratie goede resultaten geeft. In de validatie van de recente jaren (2011 en 2014) blijkt de gemiddelde afwijking in waterstanden slechts enkele centimeters over het hele gekalibreerde afvoerbereik. Tijdens validatieperioden kan de afwijking t.o.v. metingen toenemen tot enkele decimeters door de niet-stationariteit tussen modellen (zie onderstaande aanbeveling). Het model heeft na kalibratie een vergelijkbare kwaliteit met de vijfde generatie in WAQUA.

Voor toepassing van de kalibratiefactoren en voor de uitvoering van toekomstige kalibraties worden de volgende aanbevelingen gegeven:

1. Er is sprake van niet-stationariteit tussen de kalibratiemodellen: de kalibratiefactor gebaseerd op het ene modeljaar is niet volledig toepasbaar als kalibratiefactor voor een ander modeljaar als de verschillen in schematisatie te groot zijn. Vanwege de niet-stationariteit tussen de kalibratiemodellen is in het j95-model geen gebruik gemaakt van de kalibratiefactoren van H1 tijdens de kalibratie op H2. In plaats daarvan is voor de aanloop van de afvoergolf een tijdelijk kalibratieniveau H1j95 geïntroduceerd (een aangepaste versie van H1 dat gekalibreerd is op deze aanloop van de afvoergolf). Door deze aanpassing is de kalibratie H2 succesvol en met goede resultaten uitgevoerd. De kalibratie H2 wordt overgenomen naar het actuele model zonder hieraan aanpassingen uit te voeren, terwijl op basis van deze zelfde niet-stationariteit ook de toepasbaarheid hiervan betwijfeld kan worden. Concreet rest hierdoor de vraag of kalibratieniveau H2 wel een verbetering van de modelresultaten bij hoge en extreem hoge afvoeren geeft, of misschien een verslechtering geeft ten opzichte van een kalibratie op een recentere afvoergolf zoals H1. Aanbevolen wordt op korte termijn verder onderzoek naar de gevoeligheid hiervan ten behoeve van toepassingen met zeer hoge afvoeren (zoals het BOI).
2. De Grensmaas kon voor veel stations niet gekalibreerd worden voor (zeer) lage afvoeren, omdat de waterstanden door het model veel te laag worden berekend en een kalibratie tot slechtere resultaten in het middenbereik en tot instabiliteiten zal leiden. In plaats daarvan is bij deze stations gekalibreerd op een combinatie van afvoerbereiken Laag en Midden1 en zijn de (zeer) lage afvoeren dus niet of minder meegenomen. Het is onduidelijk waar de afwijking in het ongekalibreerde model door wordt veroorzaakt (geometrie, discretisatie, numerieke modellering, of randvoorwaarden) en er wordt daarom aanbevolen dit verder te onderzoeken en te verbeteren.
3. De kalibratie is enkel toegepast op het zomerbed. Hierdoor is de variatie in kalibratiefactor groter dan wanneer ook het winterbed meegenomen zou worden in de kalibratiefactorpolygonen. Er wordt vermoed dat een grotere kalibratiefactor polygoon ook betere resultaten zal geven bij extrapolatie. Aanbevolen wordt hier verder onderzoek naar te doen ten behoeve van keuzes in de kalibratie in een volgende generatie modellen.

Tabel 6.2 Statistieken van de RMS gemiddelde waterstand (m) voor de deelperioden van kalibratie, validatie, en de gehele periode.

	Kalibratievenster			Validatievenster			Gehele periode	Bias	Stdev
	Periode	Bias	Stdev	Periode	Bias	Stdev			
L	mei '15	0.091	0.089	jul '14	0.047	0.091	HW1993	0.083	0.111

M1	feb '15	0.007	0.033	jan '15	0.011	0.040	HW1995	0.081	0.097
M2	nov '10	0.070	0.174	dec '94	0.134	0.107	2010-2011	0.045	0.122
H1	jan '11	0.035	0.138	jan '95	0.116	0.127	2014-2015	0.033	0.087
H2	feb '95	0.031	0.067	dec '93	0.070	0.091			

7 Referenties

- Agtersloot, R. (2012). Implementatie toekomstig stuwbeheer Maas in WAQUA. Project P0040.12 v2.0
- Agtersloot, R. & Paarlberg, A.J. (2016): WAQUA Productieberekeningen Bovenrivieren Maas. Wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares rapport 1220082-001-HYE-0012 (v4)
- AHA (2014): *5^e generatie Baseline- en WAQUA-modellen Maas 2014*. AHA-RURA-GeoSpace-DeJode-rapport, P0040.14, versie 2.3, 8-9-2014.
- Anteagroup (2014). Vervangingsopgave Natte Kunstwerken (VONK): Stuwen Maas. Investeringsraming, pre-verkenningfase. 270834-00
- Arcadis (2011). *Inventarisatie en interpretatie ondergrondgegevens Maas*. Kenmerk C03021.910426.0100
- Asselman, N. H.J. Barneveld, F. Klijn en A. van Winden (2018). Het verhaal van de Maas: de Maas uit balans?
- Van Aubel, P. (2016). Objectomschrijvingen van Belfeld, Borgharen, Grave, Heumen, Lith, Lixhe, Monsin, Roermond, SambEEK en Weurt
- Becker, A. (2012), *Maas-modellen 5^{de} generatie: Modelopzet kalibratie en verificatie*. Deltares rapport, 1204280-000-ZWS-0011-v3
- Berends, K.D. (2020). Human intervention in rivers. Quantifying the uncertainty of hydraulic model predictions.
- Boorsma (2013). Boorsma over Keersluis Heumen. Webadres: <http://www.boorsma-consultants.nl/projecten/waterbouwkunde/keersluis-heumen>
- Bouwmeester, H. (2017). Verbeteren Basisdata Baseline Maas. J95_5-v1 naar j95_5-v2. Projectnummer 11200569.013.
- Deltares (2016). D-Flow D-Flow FM: Validation Document. Versie 1.1.148, revisie 41961.
- Deltares (2020). D-Flow Flexible Mesh. Computational Core and User Interface. User Manual. Version: 0.9.1. In te zien op: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf
- Domhof, B.C.A., K.D. Berends, J.J. Warmink, A.S. Spruyt & S.J.M.H. Hulscher (2017): Discharge and location dependency of calibrated main channel roughness for the River Waal (concept)
- Frings (2002). Duinen, hydraulische ruwheid en bodemtransport in het zomerbed van de Maas bij Broekhuizen, Fysische Geografie, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, 2002 ISBN 9077079033, 9789077079034 ICG 02/1.
- Godin, G. (1972). The analysis of tides. Liverpool university press
- De Goede, E. en Van Kester, J. (2013). Toepasbaarheid van kleine roostercellen in WAQUA voor overlaten. Deltares memo 1207880-006-ZWS-0009
- Hegnauer, M., Beersma, J.J., Van den Boogaard, H.F.P., Buishand, T.A., Passchier, R.H. (2014). Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins: Final report of Grade 2.0
- Van Houdt, J. (2016). Luchtfotoserie "Maas oevers-projecten" op Beeldbank Rijkswaterstaat
- Imtech (2015). Objecten Maastricht ObMa. Technische handleiding. Regelalgoritme Stuw / Vispassage Borgharen.
- De Jong, R.J. (2009). Potentie duurzame energie bij kunstwerken: WINN Energie uit water. Deltares rapport 1201093-000-VEB-0010
- De Jong, J.S. (2014a), *Verificatie hoogwater 2011 Maas: 5^{de} generatie WAQUA en SOBEK*. Deltares rapport 1209449-002-ZWS-0019-v2
- De Jong, J.S. (2015), *Nieuwe ecotopenkartering Maas*. Deltares rapport 1220072-002-ZWS-0027
- De Jong, J.S. (2016a): *Herkalibratie 5^{de} generatie WAQUA Maas*. Deltares rapport 1230071-002-ZWS-0008-v1.3
- De Jong, J.S. (2017). Het effect van het roosterontwerp van de Waal. Het gebruik van vierhoeken of driehoeken. Deltares memo 11200569-003-ZWS-0008

- De Jong, J.S. (2017): Oplevering Baseline en WAQUA Maas j17-5-v2. Deltares memo 11200569-002-ZWS-0018
- De Jong, J.S. & Yossef, M. (2016): Riviermodellen in D-HYDRO – Pilot-applicatie Rijntakken. Advies voor algemeen functioneel ontwerp voor de zesde-generatie modellen van RWS. Deltares rapport 1230071-011-ZWS-0017
- De Jong, J.S. (2018). Afvoergolven Maas op basis van WBI2017. Deltares memo 11202220-002-ZWS-0011, d.d. 3 juli 2018
- De Jong, J.S. (2019a). Gebiedsspecifieke nummering van trachytopen en kalibratiefactor. Deltares memo 11203714-013-ZWS-0006, d.d. 17 december 2019
- De Jong, J.S. (2019b). Bepaling locatie van de benedenrand Keizersveer in MaasG6-model. Deltares memo 11203714-003-ZWS-0004, d.d. 13 maart 2019
- De Jong, J.S. (2019c). Kunstwerken in de zesde generatie: Methodiek voor het bepalen van afvoercoëfficiënten. Deltares memo 11203714-003-ZWS-0003
- De Jong, J.S. (2020). Toepassing van D-HYDRO: Mappenstructuur en sommengenerator water modellen (SGWM). Deltares memo 11205259-002-ZKS-0004, concept v0.4 d.d. 11 april 2020
- De Jong, J.S. (2020) Resultaten kalibratie 1995 op 2 afvoerniveaus (meerwerk in het kader van kalibratiemodellen Maas 6G). Deltares memo 11205258-002-ZWS-0008 d.d. 9 september 2020
- De Jong, J.S., J. van Kester, E. de Goede (2019). Implementation, validation and application of bridge piers in D-Flow Flexible Mesh. Deltares memo 11202220-003-ZWS-0004, d.d. 5 juni 2019
- De Jong, J.S. & Asselman, N. (2019). Topvervlakking Maas: Het effect van golfvormen, bergingsgebieden en rivierruiming. Deltares rapport 11203684-003-ZWS-0002
- Jongeling, T. (2012a). Maasstuwen – Handelingskader voor bediening stuwen.
- Jongeling, T. (2012b). Stuw Grave – Handelingskader
- Julien P.Y (1992) Study of bedform geometry in large rivers, Delft Hydraulics Report Q1386
- Julien P.Y. and Klaassen G.J. (1995) Sand-dune geometry of large rivers during floods; Journal of Hydraulic Engineering, 1995. – No.9: Vol. Vol. 121. – ISSN 0733-9429/95/0009-0657 -0663.
- Kleinhans, M.G. (2005). Flow discharge and sediment transport models for estimating a minimum timescale of hydrological activity and channel and delta formation on Mars. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, E12003, doi:10.1029/2005JE002521, 2005
- Klop, W. (2016): *Verbeteringen nieuwe schematisaties Maas 2015*. Deltares rapport 1230071-002-ZWS-0021-v1.0
- LievensCSO (2015): *Jaarlijkse Actualisatie Modellen Maas 2015 Actuele WAQUA- en SOBEK-schematisaties*. 15M2021.RAP002
- LievensCSO (2017), Jaarlijkse Actualisatie Modellen Maas (JAMM) 2017: Actuele Baseline-, WAQUA, en SOBEK-schematisaties. Documentcode 17M3018.RAP005
- LievensCSO (2019). Dataprotocol Baseline 6.1.1. Version Final, January 2019
- Mooiman, J. (2017). PID controller mass-spring-damper system. SVN: 52376
- Murillo-Muñoz, R. & Klaassen, G.J. (2006). Downstream fining of sediments in the Meuse River. DOI: 10.1201/9781439833865.ch94
- OpenDA (2016). OpenDA User Documentation
- Overeem, A. en A. Buisshand (2012). Statistiek van extreme gebiedsneerslag in Nederland. KNMI technical report TR-332
- Platzek, F., Patzwahl, R. (2015a). Advection and grid effects in river computations: selling some error. Presentatie 12th UnTRIM User Workshop, 19 mei 2015
- Rijkswaterstaat (2007). Objectgegevens April 2007
- Rijkswaterstaat (2015). Uitvoeringsschema ADCP-metingen Hoogwatermeetplan Maas v. 1516

- Rijkswaterstaat (2016c). Nieuwsbericht "Hefdeur van de Keersluis Limmel succesvol ingehangen" van 28 november 2018. Webadres: <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2016/11/hefdeur-van-de-keersluis-limmel-succesvol-ingehangen.aspx>
- Rijkswaterstaat (2018). Vaarwegen in Nederland
- Rijkswaterstaat (2019). Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat. Memo Martin Scholten d.d. 14 februari 2019.
- Rura-Arnhem (2018). *Actualisatie beschrijving laterale toestroming Maas*. Kenmerk P180510R
- Schropp M.H.I., Jesse P. en Van Essen J.A.F. (2000) Morfologie en zandtransport Maas zomerbedverdieping Gennep – Grave: Monitoringsresultaten 1996 – 1999 [Rapport]. – 2000. – RIZA rapport 2000.001.
- Sieben, A. (2010). Overzicht en synthese beschikbare data overlaatproeven, update 2010. Memo van RWS-Waterdienst 6 Augustus 2010
- Silberman, E., R. Carter, H. Einstein, J. Hinds, R. Powell, and ASCE Task Force on Friction Factors in Open Channels (1963), Friction factors in open channels, J. Hydraul. Eng., 89(HY2), 97 – 143
- Spruyt, A.S. (2017). Plan van Aanpak opzet zesde-generatie Rijntakken model. Deltares rapport 11200569-005-ZWS-0001 (CONCEPT v0.2)
- Spruyt, A.S. (2017a). Brugpijlers in zesde-generatie modellen RWS. Deltares memo 11200569-012-ZWS-0008
- Spruyt, A.S. (2017c). Water level terrain model vs WAQINI. Deltares memo 11200569-000-ZWS-0009
- Minns, T., A.S. Spruyt, D. Kerkhoven (2017). Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO: Generieke technische en functionele specificaties. Deltares rapport 11203714-013-ZWS-0001
- Tanis, H. (2020). Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) 2.2.1. Gebruikershandleiding RGWM. QWA, Quist Wintermans Architecten BV (2014). Ontwerp Keersluis Heumen
- Van der Veen, R. (2011). *Hoogwaterevaluatie Maas Winterseizoen 2010-2011. Evaluatie van de hoogwaters op de Maas*. Rura-Arnhem 4500180831
- Van der Veen, R. (2011b). Hoogwaterevaluatie Maas. Winterseizoen 2010-2011. Deel 2: Achtergronden bij evaluatie van de hoogwaters. Rura-Arnhem rapportage 4500180831
- Van der Veen, R. (2013). *Onderzoek Qf-relatie Eijsden-Grens*. Rura-Arnhem rapport S.3817.2 / 1178000014
- Van der Veen, R. (2014). Stuw Sambeek Handelingskader. Rura-Arnhem rapport P131128R_1
- Van der Veen, R. (2018). *Actualisatie beschrijving laterale toestroming Maas*. Kenmerk P180510R
- Van der Veen, R. (2016). Qf-relaties Eijsden-grens en Megen. Deel 1: Qf-relatie Eijsden-grens. Rura-Arnhem rapportage 4500250254 v1.0
- Van der Wijk, R. (2016), *Qh-relaties j15 en beno15 voor Keizersveer, Werkendam en Krimpen a/d Lek*. Deltares memo d.d. 8 april 2016, kenmerk 1230071-004-ZWS-0010
- Verheij, H., Lambeek, J., Lubbers, C., Stolker, C. (2002): Waterstandsverhogingen door golven op de Maasroute. WL | Delft Hydraulics rapport Q3099.
- Visser, T. en J.S. de Jong (2020). Actualisatie en verschilanalyse Maas j19_6 . Deltares memo 11205258-002-ZWS-0011 d.d. 22 december 2020.
- Walters, R.A. & Heston, C. (1981). Removing Tidal-Period Variations from Time-Series Data Using Low-Pass Digital Filters. U.S. Geological Survey
- Yossef, M. F. M. (2005). Morphodynamics of rivers with groynes. (Ook verschenen als proefschrift Technische Universiteit Delft, 2005 PhD), DUP Science, Delft
- Zagonjoli, M. (2018). Wind invloed op waterstanden en op golfhoogten op rivieren. Deltares memo 11202700-002-ZWS-0003

A Systeembeschrijving

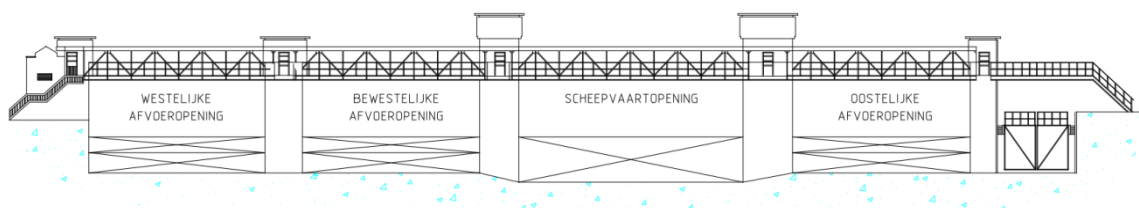
A.1 Stuwen

In onderstaande paragrafen zijn de stuwen op de Maas beschreven. Op basis van de techniek van de bewegende delen van de stuwen zijn de stuwen in drie groepen onder te verdelen (Jongeling, 2012a). In deze groepen worden hieronder de dimensies en werking beschreven.

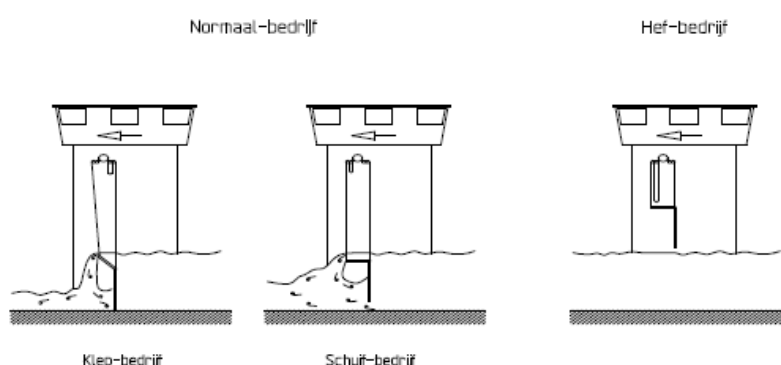
A.1.1 Borgharen en Lith: hefschuiven met overstortklep

Het principe achter de werking van stuw Borgharen en stuw Lith is vrijwel identiek. Ze bestaan uit een drietal afvoeropeningen waarbij volgens twee bedrijven gestuurd kan worden. Voor lage afvoeren geldt een overstort in het klepbedrijf, voor hogere afvoeren wordt overgestapt op het schuifbedrijf. In de overgang tussen beide bedrijven stroomt water zowel over de kleppen als onder de schuiven (het zeegbereik).

Stuw Borgharen heeft hiernaast ook een scheepvaartopening om stuurloze schepen een ontsnapmogelijkheid te bieden. Deze opening heeft enkel een schuifbedrijf. Stuw Lith heeft een waterkrachtcentrale.



Figuur: Vooraanzicht van stuw Borgharen. Uit Van Aubel (2016)



Figuur: Werking van de bedrijven van stuw Borgharen. Uit Van Aubel (2016)



Figuur: Enkele foto's van stuw Borgharen





Figuur: Enkele foto's van stuw Lith

Tabel: Dimensies van stuw Borgharen en Lith. Uit Van Aubel (2016). Onbekende dimensies zijn aangegeven met een ?

	Borgharen	Lith
Afvoeropeningen		
Aantal	3	3
Breedte (m)	23	38
Drempelhoogte (m+NAP)	39.6 ²	-2.5
Maximale heffing onderskant schuif (m+NAP) ³	44.2 m+NAP	5.0
Bovenklep minimaal (liggend) (m+NAP) ³	42.7 m+NAP	?
Maximale heffing onderkant onderschuif (m+NAP) ³	?	13.60
Scheepvaartopening		- ¹
Breedte (m)	30	
Drempelhoogte (m+NAP)	38.5	
Doorstroombreedte totaal	99	114

¹ Stuw Lith heeft geen specifieke scheepvaartopening, want alle afvoeropeningen kunnen gebruikt worden door de scheepvaart

² Drempelhoogte afgeleid uit lodingen

³ Geldt ook voor scheepvaartopening Borgharen

Tabel: Afvoerbereik van verschillende delen van stuw Borgharen en stuw Lith. Uit Van Aubel (2016), gecorrigeerd door en aangevuld door RWS-ZN

	Borgharen	Lith
Max. afvoer door waterkrachtcentrale (m ³ /s)	-	600
Capaciteit klep-bedrijf (m ³ /s)	Tot ca. 200	1000
Afvoer waarbij stuw volledig gestreken is (m ³ /s)	ca. 1700	1200
Afvoer vistrap (m ³ /s)	4 (of 2.5 ¹)	3 a 4
Afvoer overlaat Bosscherveld (m ³ /s)	0.5 tot 20 ²	

¹ In perioden van lage afvoer

² Bij een waterstand bovenstrooms van de stuw van 44.30 m+NAP (Imtech, 2015)

A.1.2 Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek: Stoney en Poirée

Het merendeel van de stuwen op de Maas (de middelste 4) is geconstrueerd als combinatie van Stoney schuiven en Poirée schotten. Als voorbeeld zijn hieronder enkele figuren opgenomen van stuw Roermond. De verschillen tussen deze stuwen zijn de dimensies en het aantal openingen. Deze dimensies zijn voor zover bekend gegeven in onderstaande tabellen. Stuw Linne is hiervan de enige stuw die niet doorvaarbaar is (bij gestreken stuw).

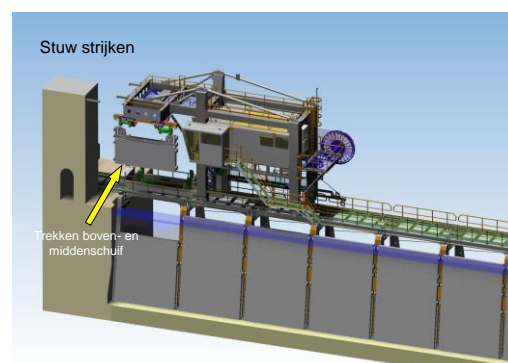
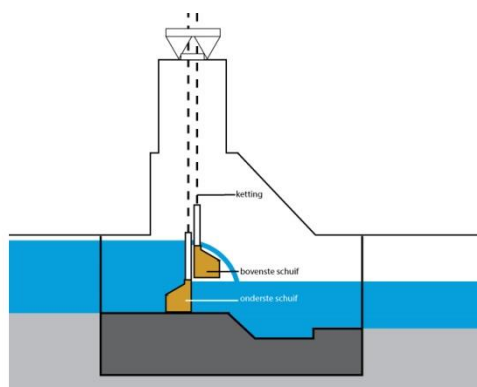
In de bediening van de stuw wordt vooral gewerkt met de elektrisch bedienbare regelschuiven (stoney's) om de kleine afvoerschommelingen op te vangen voor het peilbeheer gericht op de scheepvaart. De regelschuiven zullen in eerste instantie als overstorten (over de bovenschuif) functioneren, en bij toenemende afvoer ontstaan er ook onderstromingen.

Als de afvoer groter wordt dan de capaciteit van de stoney's, dan worden de poirée schotten met de stuwkraan getrokken.

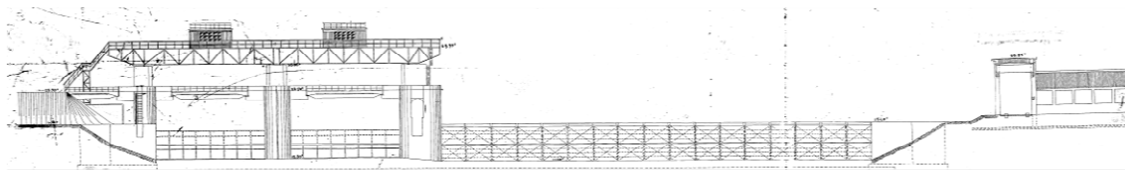




Figuur: Diverse foto's stuw Roermond. Uit Van Aubel (2016)



Figuur: Een zijaanzicht van de aansturing van de stoney schuiven (links, Van der Veen, 2014) en het strijken van de poirée schotten (rechts, Van Aubel, 2016)



Figuur: Vooraanzicht stuw Roermond. Uit Anteagroup (2014)

Tabel: Dimensies van stuw Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek. Uit Van Aubel (2016) en Rijkswaterstaat (2007), aangevuld door RWS-ZN. Onbekende dimensies zijn aangegeven met een ?

	Linne	Roermond	Belfeld	Sambeek
Stoney schuiven				
Aantal openingen	3	2	2	2
Bovenschuif maximaal (m+NAP)	20.90	16.85	14.10	11.10
Bovenschuif minimaal (m+NAP)	19.10	14.70	11.40	8.40
Onderschuif maximaal (m+NAP)	?	?	?	16.00
Drempelhoogte (m+NAP)	16.95	11.80	8.35	5.45
Hoogte schuif (m)	?	?	?	2.95
Doorstroombreedte per schuif (m)	17	17	17	17
Doorstroombreedte totaal (m)	51	34	34	34
Poirée schotten				
Aantal schotten hoogte	3	3	3	3
Aantal schotten breedte	15	17	13	13
Drempelhoogte (m+NAP)	15.95	11.80	7.70	4.20
Hoogte boven- en middenschot (m)	?	?	1.55	1.90
Hoogte onderschot (m)	?	?	3.10	3.10
Kerende hoogte bovenschotten (m+NAP)	20.94	?	13.90	11.20
Kerende hoogte middenschotten (m+NAP)	?	?	12.35	9.20
Kerende hoogte onderschotten (m+NAP)	?	?	10.80	7.30
Breedte schot (m)	4	4	4.85	4.85
Doorstroombreedte totaal (m)	60	68	63	63.05
Doorstroombreedte bij staande jukken (m)	?	?	?	57.65

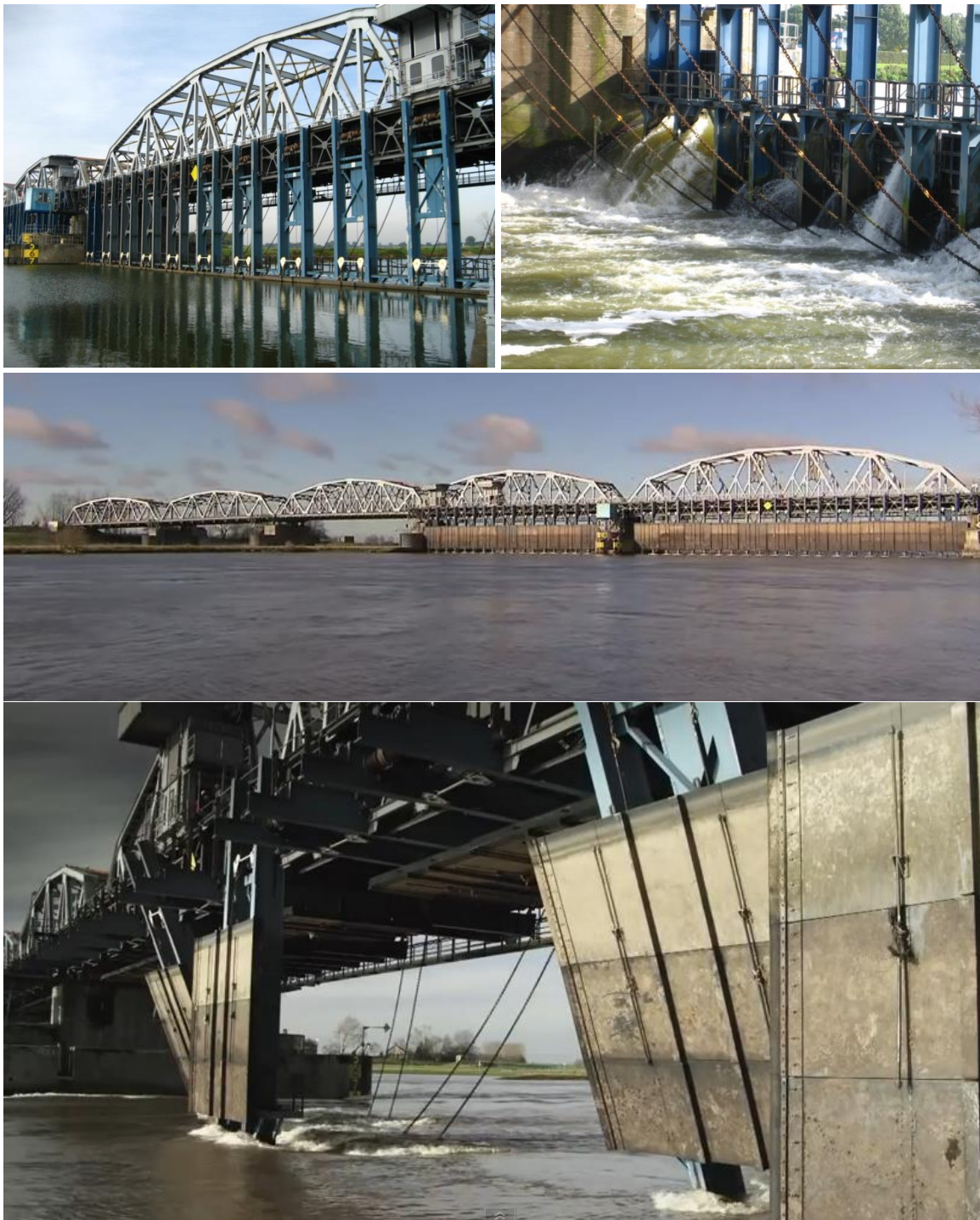
Tabel: Afvoerbereik van verschillende delen van stuw Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek. Uit Van Aubel (2016)

	Linne	Roermond	Belfeld	Sambeek
Max. afvoer door waterkrachtcentrale (m ³ /s)	440	-	-	-
Regelbereik door Stoney schuiven (m ³ /s)	ca. 220	ca. 200	ca. 300	ca. 300
Afvoer waarbij poirée gestreken is (m ³ /s)	1350 a 1400	1000 a 1100	900 a 1000	> 1300
Afvoer vistrap (m ³ /s)	4	4	4	4

A.1.3 Grave: wegklapbare jukken met wielschotten

Stuw Grave werkt met 20 verticale jukken met op ieder hiervan 3 schotten. Door het stellen van deze schotten wordt de bovenstroomse waterstand gereguleerd. Met een hijsinstallatie kan de positie van de schotten worden bijgesteld. Omdat het stuwpeil lager is dan de bovenkant van de bovenste rij schotten worden vrijwel altijd enkele schotten geheven. Afhankelijk van het

aantal getrokken schotten, de hoogte waarop deze schotten getrokken worden, en de benedenstroomse waterstand kan hierbij zowel een overstort als een onderstroming ontstaan.



Figuur: (Linksboven) De 11 jukken met hierop de rijen schuiven onder het meest westelijke deel van de brug, met aan weerszijden de grijze kraanwagens. (Rechtsboven) Detailopname van het oostelijke stuwdeel waarbij 1 schuif van de bovenrij (links op de foto) getrokken is. (Midden) Beide brugdelen waaronder de stuw hangt zijn hier zichtbaar, alle schotten zijn gehezen dus de stuw wordt bijna gestreken. (Onder) De stuw wordt gestreken en 2 van de 4 jukken hangen reeds "op stroom". (Van Aubel, 2016)

Tabel: Dimensies stuw Grave. Uit Van Aubel (2016) en Jongeling (2012b)

	Grave
Aantal jukken	11 (links) en 9 (rechts)
Aantal schuiven per juk	3
Breedte schuiven (m)	5.5
Hoogte onder- en middenschuif (m)	1.63
Hoogte bovenschuif (m)	2.14
Drempelhoogte (m+NAP)	2.70
Hoogte bovenste schuiven (m+NAP)	8.10
Hoogte van opgeklapte jukken / brug (m+NAP)	?
Doorstroombreedte totaal rechts/oost (m)	60.75
Doorstroombreedte totaal links/west (m)	49.7

	Grave
Afvoer gestreken stuw (m ³ /s)	1200 – 1500
Afvoer vistrap (m ³ /s)	4

A.2 Keringen

Tabel: Dimensies van verticaal sluitende keringen langs de Maas

Naam	RKM	Hoogte drempel [m+NAP]	Breedte [m]	Positie deur [m+NAP]	Hoogte deur [m]
Keersluis Limmel	15	39.0	54	51.7	8
Keersluis Heumen	165	2.7	22.8	19.4	11
Keersluis Cuijk	167	3.8	14	18	9
Kromme Nolkering	230	-4.0	50	11.4	9.0

Tabel: Dimensies van horizontale sluitende keringen

Naam	RKM	Bovenkant deur [m+NAP]	Hoogte drempel [m+NAP]	Breedte [m]
Keersluis Mook	164	13.3	4.6	11
Keersluis Schipdiep	247	4.3	-4.3	14

Bronnen:

Keersluis Limmel: Rijkswaterstaat (2016c); Hoogte drempel uit Baseline_j18

Keerschuif Mook: Drempel uit Baseline (j18) lodingen van kanaal. Bovenkant deur uit Baseline overlaten. Breedte van satelietbeelden/kaarten.

Keersluis Heumen: Van Aubel (2016b). Afbeeldingen in QWA (2014). Hoogte deur in Boorsma (2013).

Keerschuif Cuijk: Drempel uit WAQUA. Hoogte en positie deur schatting uit foto's. Breedte uit satelietbeelden/kaarten.

Kromme Nolkering: Rijkswaterstaat (2018)

Keersluis Schipdiep: Breedte uit Rijkswaterstaat (2018). Hoogte uit AHN2. Breedte geschat uit satelietbeelden/kaarten.

A.3 Duikers

Tabel: Dimensies van duikers en onderdoorgangen in de uiterwaarden. Alle data is aangeleverd door RWS-ZN

Naam	Aangelegd	RKM	Drempel [m+NAP]	Breedte [m]	Hoogte [m]	Kruin [m+NAP] ³	Binnen modelgrenzen ²
Kennedysingel Fietserstunnel	Voor 1995	12R	46.5	6.0	2.4	49.61	NEE
Kennedysingel Endepolsdomein	Voor 1995	12R	48.2	90	6	55.8	NEE
Maaswinkel	In zomer 2004	35L	32.2	3	2.5	36.0	JA
Negenoord uitlaat ¹	In zomer 2011	42L	27.2	9	3	31.8	JA
Oude Maasje Ohé en Laak	Voor 1995	56R	20.5	12	5.5	26.8	JA
Wessem A2-1	Voor 1995	67L	24.3	16	4.5	29.5	NEE
Wessem A2-2	Voor 1995	67L	21.5	5	3	25.5	NEE
Maasbracht A2-1	Voor 1995	67R	26.0	30		31.8	NEE
Maasbracht A2-2	Voor 1995	67R	25.6	30		31.0	NEE
Tunnel Outletcentrum Roermond	Voor 2010 zomer	79R	19.5	23	4	24.43	NEE
Parallelweg Roermond	Voor 1995	79R	23.0	20	6	30.6	NEE
Tunnel LKW Oolderweg	Voor 1995	80L	19.1	7	4	24.6	JA
Tunnel LKW N280 afrit	Voor 1995	80L	22.5	15	4	28.0	JA
Spoorduiker	Voor 1995	84L	14.5	8	3	24.4	NEE
Tunnel spoorbrug Buggenum	Voor 1995	84R	17.6	3	4	30.6	JA
Spoortunnel Blerick	Voor 1995	108L	16.0	15	4.2	21.5	NEE
Tunnel A67-1	Voor 1995	111L	20.5	30	6	28.1	Nee
Tunnel A67-2	Voor 1995	111L	19.5	30	6	27.0	Nee
Groote Molenbeek Wansum	Voor 1995	133L	9.0	8	4	14.7	JA
Groote Molenbeek Meerlo	Voor 1995	133L	9.0	7	5	15.2	Ja
Boxmeer A77-1	Voor 1995	151L	12.3	25	4.5	18.6	Ja
Gennep A77-1	Voor 1995	151R	14.2	15	4.5	19.8	Ja
Gennep A77-2	Voor 1995	151R	14.2	35	5	20.4	Nee
Oeffelt duiker	Voor 1995	155L	9.2	10	2.5	13.0	Ja
Gennep N264	Voor 1995	155R	13.1	35	5	18.6	Nee

¹ De inlaat van Negenoord is de overstroming van de drempel. De uitlaat is een lager gelegen opening in dit inlaatwerk met een automatische klepdeur. (nv De Scheepvaart, 2013)

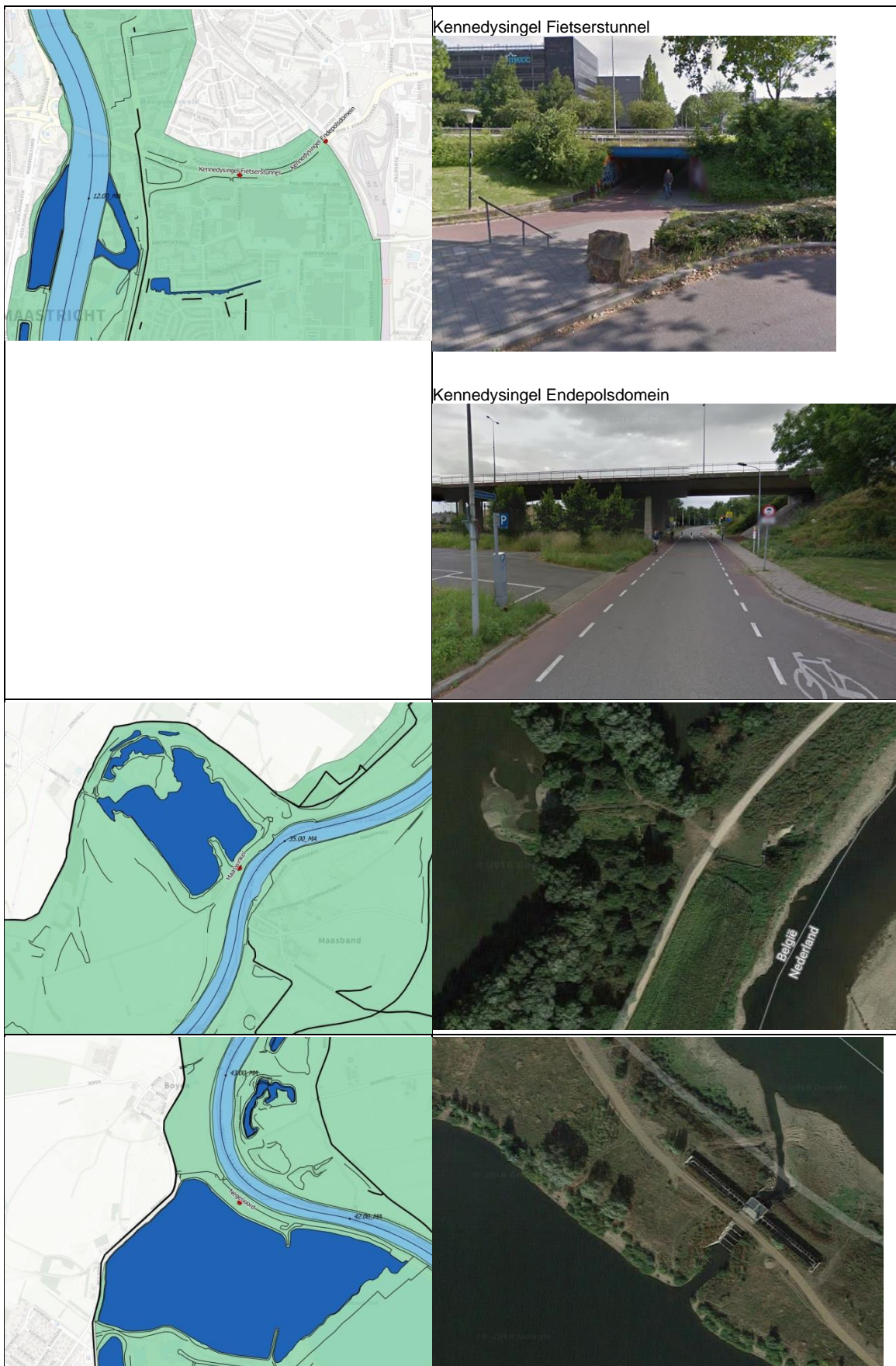
² Situatie volgens de modelgrenzen van de vijfde-generatie modellen.

³ Bepaalt op basis van AHN.

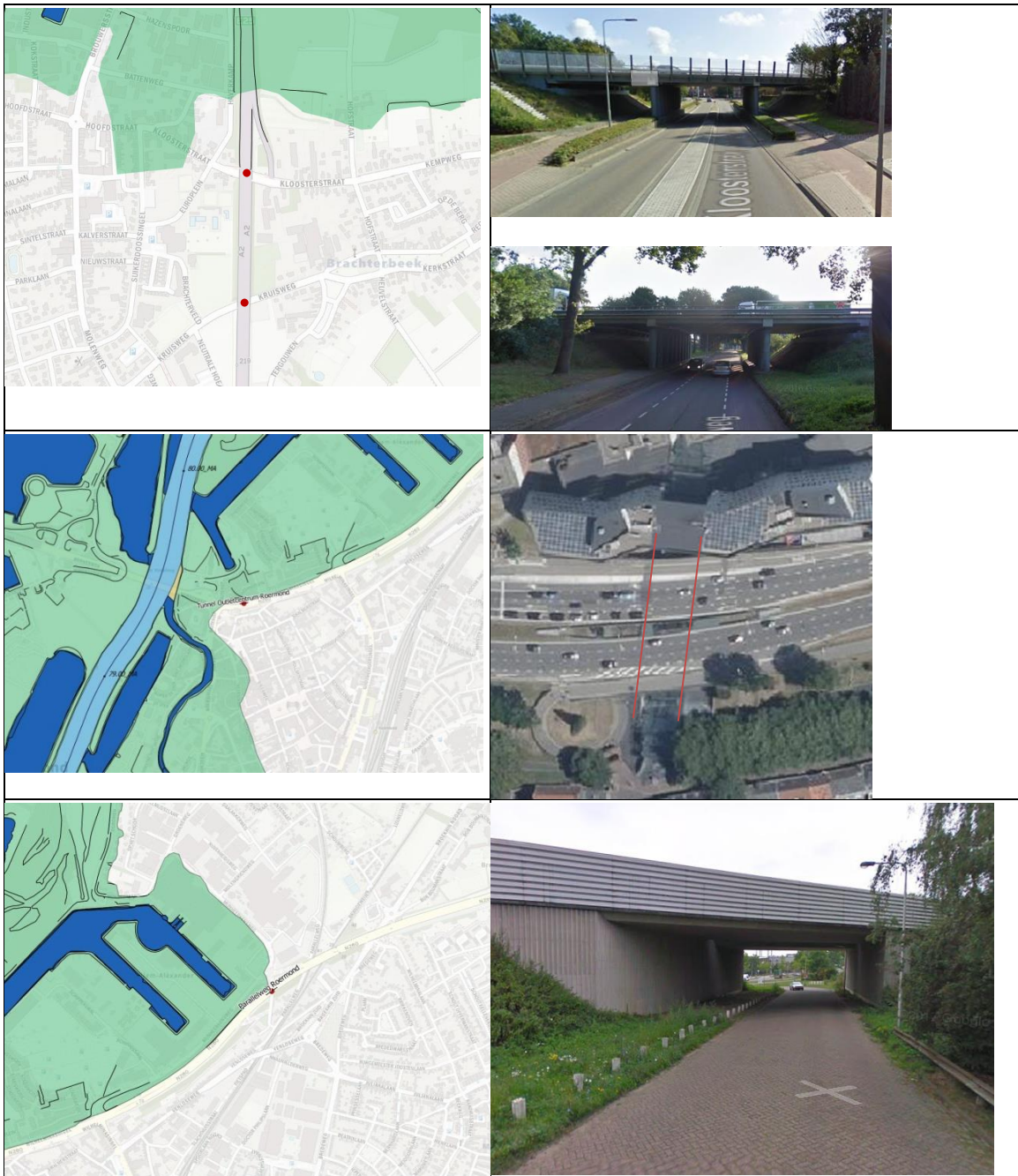
Bronnen:

Nv De Scheepvaart (2013). Automatische klepdeuren Negenoord-West. Grondplan, snede A-A & Vooraanzicht (WBK-BB7002-F001); Doorsnede & details (WBK-BB7002-F002); Automatische klepdeur (WBK-BB7002-F003)

Hieronder zijn figuren opgenomen van alle duikers. Links telkens een bovenaanzicht (in combinatie met de secties in Baseline) en rechts foto's, voornamelijk afkomstig uit Google StreetView.







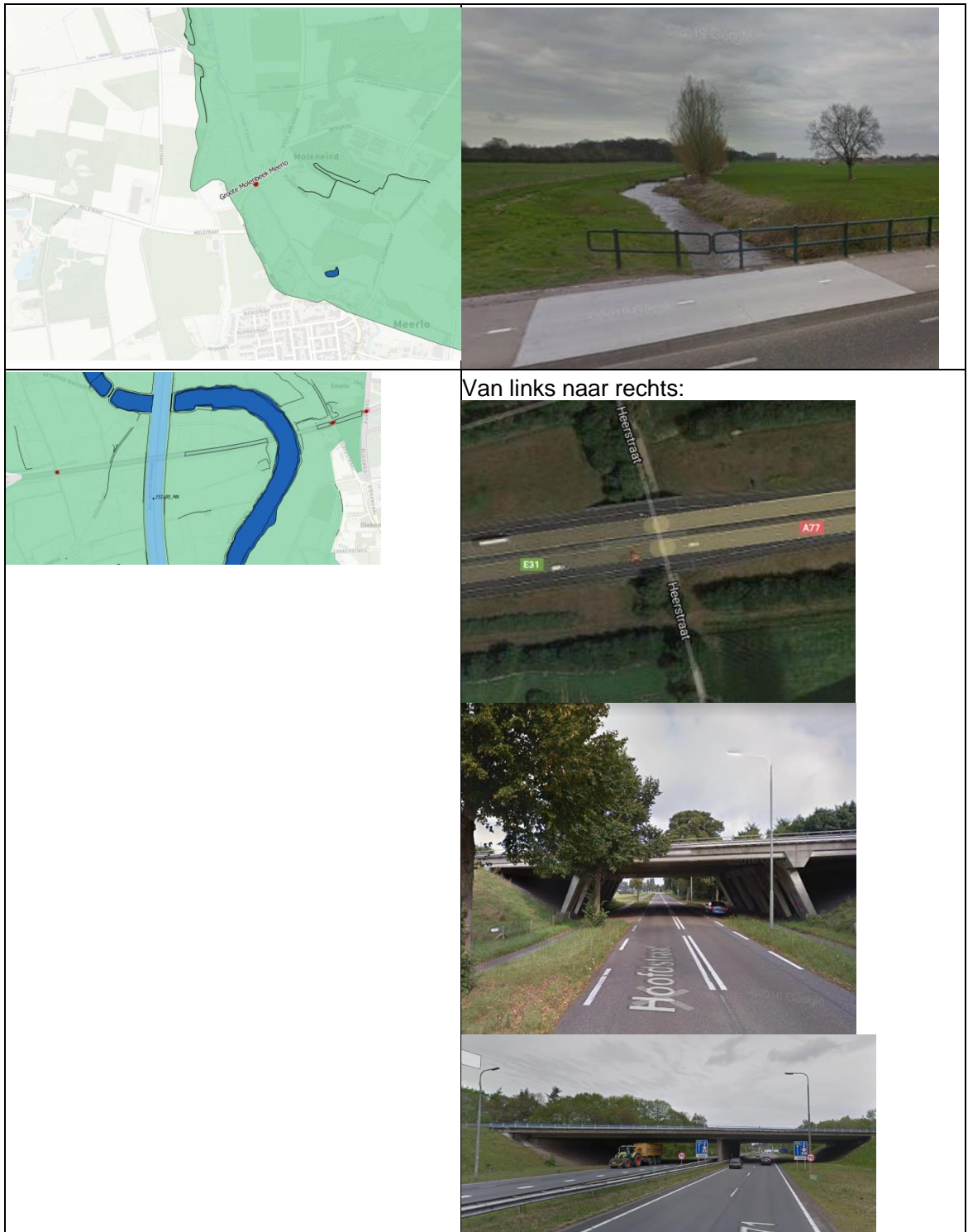


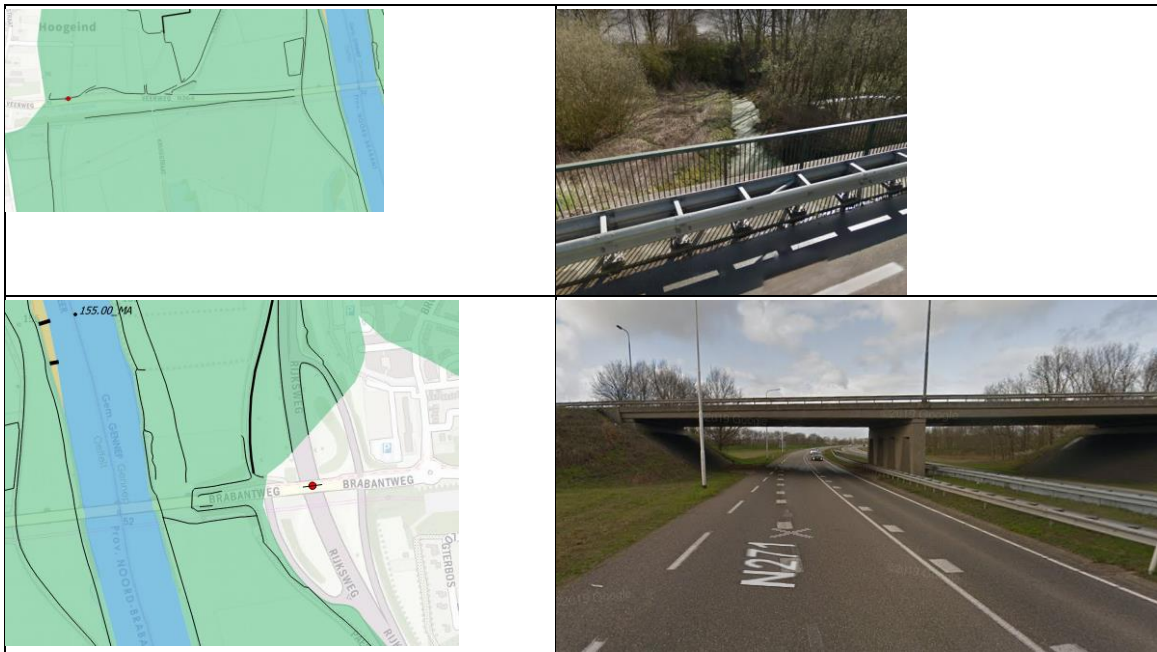


A67-1

A67-2:

Nieuwe brug in aanbouw:
(bron: <https://www.oijen-wanssum.nl/>)





A.4 Bruggen

De diameter van de brugpijlers zijn afkomstig uit de gegevens aanwezig in Baseline 5. In Baseline 5 zijn de brugpijlers als polygoon opgenomen in de ruwheidsvlakken. Voor Baseline 6 zijn deze met een Baseline6-tool geconverteerd naar middelpunten en de maatgevende diameter. Deze diameter is bepaald als de smalle zijde van de oorspronkelijke polygoon, omdat dit over het algemeen de richting is die loodrecht op de stroming staat.

Hierop zijn diverse aanpassingen uitgevoerd zoals het verwijderen van brugpijlers die vlak achter elkaar staan. Deze zouden in D-HYDRO opgevat worden als naast elkaar, waardoor dit te veel weerstand zou geven (De Jong et al., 2019).

Daarnaast zijn de dimensies van de St. Servaasbrug aangepast op basis van historische technische tekeningen (C009872 2-2, C.9168, DBL007). Deze aanpassing gaf een vergroting van de diameter van enkele decimeters. Vergelijkbare controles met tekeningen zijn voor andere bruggen niet uitgevoerd.

Naam	Aantal	Gemiddelde diameter (m)
MA_12.28_N278-John-F-Kennedybrug-Maastricht	2	5.2
MA_13.18_Sint-Servaasbrug-Maastricht	6	4.3
MA_13.44_Wilhelminabrug-Maastricht	3	4.5
MA_14.20_Spoorbrug-Maastricht	5	4.3
MA_14.36_Noorderbrug-Maastricht	3	2.3
MA_29.44_A76-E314-Scharbergbrug-Stein	4	1.6
MA_52.40_N296-Pater-Sangersbrug-Maaseik	2	2.7
MA_67.38_A2-brug-Wessem	6	3.4
MA_79.46_N280-brug-Roermond	3	3.7
MA_84.55_Spoorbrug-Buggenum	3	5.4
MA_105.87_A73-Zuiderbrug-Venlo	4	4.0
MA_107.67_N556-Stadsbrug-Venlo	3	3.9
MA_107.73_Spoorbrug-Venlo	3	4.0
MA_111.01_A67-brug-Venlo	4	2.7
MA_131.64_N270-Koninginnebrug-Well	4	1.4
MA_151.31_A77-Maasbrug-Boxmeer	4	2.5
MA_151.31_A77-Maasbrug-Oude-Maasarm	11	1.4
MA_154.64_N264-Maasbrug-Gennep	4	3.9
MA_165.26_Spoorbrug-Mook	6	3.7
MA_167.65_A73-Maasbrug-Heumen	10	1.5
MA_175.65_N324-John-S-Thompsonbrug-Grave	8	4.6
MA_181.87_A50-Maasbrug-Ravenstein	2	6.6
MA_182.87_Spoorbrug-Edithbrug-Ravenstein	5	3.6
MA_217.28_A2-Maasbrug-Empel	2	4.7
MA_219.51_Spoorbrug-Hedel	8	5.3
MA_219.90_Maasbrug-Hedel	2	4.9
MA_231.02_N267-Maasbrug-Heusden	1	5.2
MA_247.75_A27-Maasbrug-Keizersveer	2	2.7

A.5 Grinddrempels

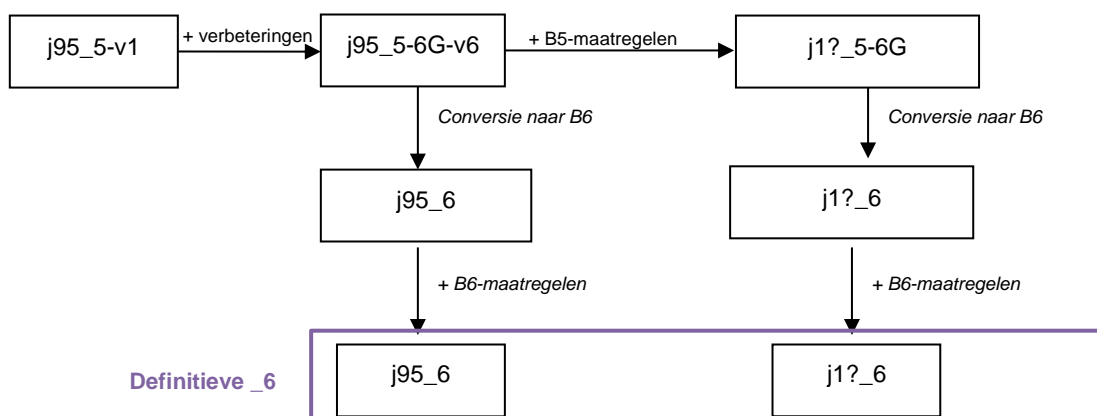
In onderstaande tabel staat een overzicht van de grinddrempels op de Grensmaas, aangeleverd door RWS-ZN.

Nr.	Locatie (in rkm)	Beschrijving
1	rkm 15.5	einde van erosiekuil bij stuw Borgharen
2	rkm 15.6	einde bodembestorting bij stuw Borgharen
3	rkm 23.40	Grinddrempel no. 9 aangelegd door Maaswerken in 2008
4	rkm 25.35	Grinddrempel no. 8 aangelegd door Maaswerken in 2008
5	rkm 29.4	Drempel in Bodembescherming bij Brug Elsloo

6	rkm 30.8	Langs-drempel (versterkte grindrug) in proefproject Meers van rkm 30.8 tot 31.8 aangelegd in 2007, versterkt in 2018
7	rkm 31.48	Grinddrempel no. 1 aangelegd door Maaswerken in 2007
8	rkm 32.0	Grinddrempel no. 2 aangelegd door Maaswerken in 2007, versterkt in 2008 en nog weer aangepast in 2018
9	rkm 32.52	Grinddrempel no. 3 aangelegd door Maaswerken in 2009
10	rkm 32.82	Grinddrempel no. 4 aangelegd door Maaswerken in 2010
11	rkm 32.85	Grinddrempel no. 5 aangelegd door Maaswerken in 2007
12	rkm 32.9	Bescherming leidingenstraat met bodembescherming waarin 2 drempels zijn opgenomen aangelegd door Maaswerken in 2018
13	rkm 33.42	Grinddrempel no. 6 aangelegd door Maaswerken in 2009
14	rkm 33.42	Grinddrempel no. 6A verlenging van no. 6 aangelegd door Maaswerken in 2017
15	rkm 34.13	Grinddrempel no. 7 aangelegd door Maaswerken in 2009
16	rkm 34.13	Grinddrempel no. 7A verlenging van no. 7 aangelegd door Maaswerken in 2017
17	rkm 39.4	Grinddrempel gemaakt voor verhogen laagwaterstand bij het veer Berg-Meeswijk aangelegd door Vlaanderen in 2018

B Baseline-varianten

Er wordt in deze rapportage gewerkt naar twee lijnen met definitieve Baseline-schematisaties: de Baseline5-schematisaties ten behoeve van Baseline 6 (_5-6G) en de Baseline6-schematisaties (_6). Voor het maken van deze varianten wordt de volgende inmixroutine gebruikt.



De lijsten “B6-maatregelen” bevatten verbeteringen die pas naar voren kwamen tijdens het project en maatregelen die pas uitgevoerd kunnen worden binnen Baseline6. Deze lijst is zoveel mogelijk identiek gehouden voor de verschillende jaren. Dit bevat onder meer het verplaatsen en hernoemen van meetpunten, verplaatsing van de benedenrand, en theoretische bodemaanpassing bij de Kromme Nolkering. Een uitgebreid overzicht is te vinden in Bijlage B.3.

Alle varianten in _5-6G die voor de Maas gemaakt worden, staan weergegeven in onderstaande tabel. De lijst bevat varianten die toegepast worden binnen de kalibratie van de Maas en de kalibratie van de RMM-modellen (vanwege het overlapgebied). Daarnaast zijn uit praktische overwegingen ook enkele andere varianten afgeleid. Deze zijn echter niet verder toegepast.

Enkel de varianten met een B6-variant krijgen voor de Maas een definitieve status. Dit zijn de enige varianten waarop de plausibiliteitscontrole is uitgevoerd en welke zijn geëxporteerd naar D-Flow FM modellen.

Tabel: Overzicht van de gemaakte Baseline-schematisaties. De schematisaties van j18 en j19 zijn in deze tabel opgenomen volgens de huidige werkversie (w)

B5-Variant	Toepassing	Basisvariant	Maatregelen		B6-variant
			B5	B6	
j95_5-6G-v6	Maas HW1995	-	-	8	j95_6-v1
j93_5-6G-v1	Maas HW1993	j95_5-6G-v6	2	8	j93_6-v1
j08_5-6G-v2	RMM validatie	j95_5-6G-v6	129	-	-

j10_5-6G-v1	Maas HW2011	j08_5-6G-v2	60	9	j10_6-v1
j11_5-6G-v1	RMM validatie	j10_5-6G-v1	31	-	-
j12_5-6G-v1	-	j11_5-6G-v1	35	-	-
j13_5-6G-v1	RMM kalibratie	j12_5-6G-v1	26	-	-
j14_5-6G-v1	Maas J2014	j13_5-6G-v1	23	9	j14_6-v1
j15_5-6G-v1	-	j14_5-6G-v1	21	-	-
j17_5-6G-v1	-	j15_5-6G-v1	68	-	-
j18_5-6G-v1	-	j17_5-6G-v1	23	-	-
j19_5-6G-v1	Maas operationeel	j18_5-6G-v1	40	9	j19_6-v1

B.1 Baseline5-maatregellijsten

B.1.1 Baseline j95_5-6G-v1 tot -v6

De basis van deze variant is j95_5-v1. In een bewerking naar j95_5-v2 is de basisdata verbeterd (Bouwmeester, 2017). In deze stap zijn de volgende handelingen uitgevoerd:

- Vergelijking van een hoogtemodel op basis van baseline-j95_5-v1 en een TIN op basis van een selectie uit het DTB_RIV_1993.
- Identificeren van maatregelen die al in j95 ingemixt kunnen worden. Deze zijn aangepast en vervolgens in de variant opgenomen.
- Toevoegen van de oeverlijn (overgang water naar land) op basis van een vergelijking tussen het zomerbed in baseline en de oeverlijnen in DTB. De oeverlijn is geschematiseerd als breuklijn of hoogteverschillijn en wordt daardoor opgenomen in het hoogtemodel.
- Verbeteringen aan het hoogtemodel (plashoogtepunten en breuklijnen) bij plassen en nevengeulen

Op basis van deze variant zijn door Jan Bremer (RWS-ZN) diverse aanvullende aanpassingen in baseline gedaan. Ook hier zijn de werkzaamheden rechtstreeks in de database doorgevoerd en niet met behulp van maatregelen. Uit meegeleverde memo's zijn onderstaande acties overgenomen:

- Hoogten op kaartbladovergangen verwijderd
- Plasbodems minder diep naar een diepte van maaiveld -2.0 m.
- Breuklijnhoogten aangepast; bij breuklijnen die dicht bij elkaar liggen zijn de events versprongen van de een naar andere lijn. Deze zijn op een aantal locaties aangepast.
- Hoge punten (hoge gebouwen, boomtoppen) verwijderd
- Punten (plashoogte) verwijderd van locaties die droog zijn, grens land-water
- Waar het hoogtemodel grote happen vertoont winterbedhoogten toegevoegd
- Op sommige locaties plashoogten toegevoegd
- De volgende maatregelen meegenomen: ma_verwbrl_a1, ma_zberase_a1, ma_verbet2_a1, ma_erase17_a1, ma_ksmplas_z1, ma_kadeoma_z1

Ten slotte zijn nog enkele maatregelen ingemixt:

```
#####
#
# De naam voor deze variant is : j95_5-v3
# De basis voor deze variant is : j95_5-v3
#
#####
#
# Maatregellijst voor verbeteren j95_5-v3
# door Jan Bremer
```

```
# gemixed op 23 april 2018
#
#####
#
#
d:\baseline\maas\ma_broekwb_a1
d:\baseline\maas\ma_neer_a2
d:\baseline\maas\ma_neerzd_a1
d:\baseline\maas\ma_swalbee_a2
d:\baseline\maas\ma_natt11_a1
#
#
# Verwijdering breuklijn in de Schroevendaalse plas
d:\baseline\maas\ma_oeversp_a1
#
# einde
#
```

Enkele laatste inmixacties zijn vervolgens los ingemixt om tot j95_5-v4 te komen:

```
#####
#
# De naam voor deze variant is : j95_5-v4
# De basis voor deze variant is : j95_5-v3
#
#####
#
# Maatregellijst voor verbeteren j95_5-v3
# door Jan Bremer
# gemixed op 23 april 2018
#
#####
#
#
d:\baseline\maas\ma_rmm98v3_a1
#
# einde
#
```

In deze variant zijn de volgende handmatige aanpassingen gedaan:

- In j95_5-v4 een breuklijn verwijderd in de plas bij Itteren.
- In j95_5-v4 een breuklijn hersteld in de WML plas, hoogte 16.26 m +NAP.

Bij het voorbereiden van het j93_5 model bleek de uitvoerlocatie Venlo niet correct aanwezig te zijn in de j95_5-v4. Deze aanpassing is gedaan in j95_5-v5.

In j95_5-v6 zijn ruwheidscode van brugpijlers op 3 gezet in verband met omzetting Baseline 5 naar 6.

De variant j95_5-v6 is aangeleverd door Rijkswaterstaat en heeft als basis gediend voor het mixproces. Maatregelen die hiervoor beschreven staan, zijn niet beschikbaar in Helpdeskwater omdat dezen al in de referentievariant zijn verwerkt.

B.1.2 Baseline j93_5-6G-v1

```
#####
#
# De naam voor deze variant is : j93_5-6G-v1
```

```
# De basis voor deze variant is : j95_5-v5
#
#####
#
# Maatregellijst voor j93_5-6G-v1
# door Jan Bremer
# gemixed op 12 juli 2018
#
#####
#
#
# ..\..\maas_g6_maatr\ma_meetp93_a1
# ..\..\maas_g6_maatr\ma_vrwnoka_a2
#
# einde
#
```

B.1.3 Baseline j08_5-6G-v2

```
#####
#
# De naam voor deze variant is : j08_5-6G
# De basis voor deze variant is : j95_5-v6
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2008 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# in deze versie zijn een paar nieuwe/verbeterde maatregelen # meegenomen:
# ma_vlaampl_a3; ma_stevol3_a2; ma_kadelkw_a2;ma_pieters_a3
# gemixed op
#
#####
#
#
d:\baseline\maas\ma_elbavv_a2
d:\baseline\maas\ma_lhslith_a1
d:\baseline\maas\ma_neer11_a1
d:\baseline\maas\ma_swbe11_a1
d:\baseline\maas\ma_terna11_a1
d:\baseline\maas\ma_wlmkade_a1
d:\baseline\maas\ma_admklei_a2
d:\baseline\maas\ma_borgha1_a2
d:\baseline\maas\ma_broekli_a2
d:\baseline\maas\ma_broekre_a2
d:\baseline\maas\ma_debaend_a2
d:\baseline\maas\ma_dgrkade_a2
d:\baseline\maas\ma_dgrspec_a1
d:\baseline\maas\ma_hambeek_z1
d:\baseline\maas\ma_mook13_a1
d:\baseline\maas\ma_nattenh_a2
d:\baseline\maas\ma_romeinw_a2
d:\baseline\maas\ma_visserw_a2
d:\baseline\maas\ma_vlwi11_a1
d:\baseline\maas\ma_vrwnoka_a2
d:\baseline\maas\ma_wegborg_a1
d:\baseline\maas\ma_asselt_a2
d:\baseline\maas\ma_dykhryk_a2
```


d:\baseline\maas\ma_appelt_a2
d:\baseline\maas\ma_broekhv_a2
d:\baseline\maas\ma_demen_a2
d:\baseline\maas\ma_dvl195_a2
d:\baseline\maas\ma_heerew_a3
d:\baseline\maas\ma_km179_4_a2
d:\baseline\maas\ma_lanaye_a2
d:\baseline\maas\ma_mwrkpp2_a2
d:\baseline\maas\ma_plas159_a1
d:\baseline\maas\ma_plas58_a1
d:\baseline\maas\ma_sluilitt_a2
d:\baseline\maas\ma_wessem_a2
d:\baseline\maas\ma_meetp01_a2
d:\baseline\maas\ma_pp2_a2
d:\baseline\maas\ma_rijkel_a1
d:\baseline\maas\ma_vlwdcor_a1
d:\baseline\maas\ma_dekooij_a1
d:\baseline\maas\ma_hedelsw_a2
d:\baseline\maas\ma_lithham_a2
d:\baseline\maas\ma_lithseh_a2
d:\baseline\maas\ma_loonsch_a3
d:\baseline\maas\ma_middelw_a2
d:\baseline\maas\ma_negenoo_a2
d:\baseline\maas\ma_plhryk_a2
d:\baseline\maas\ma_zbbe103_a1
d:\baseline\maas\ma_zbgrm03_a1
d:\baseline\maas\ma_zbroe03_a1
d:\baseline\maas\ma_zbsam03_a1
d:\baseline\maas\ma_dgrkade_b1
d:\baseline\maas\ma_dkoijen_a1
d:\baseline\maas\ma_indhey_a2
d:\baseline\maas\ma_kadegmm_a3
d:\baseline\maas\ma_kadesld_a1
d:\baseline\maas\ma_kuypers_a2
d:\baseline\maas\ma_leutmw_a1
d:\baseline\maas\ma_ooijen_a2
d:\baseline\maas\ma_plas218_a1
d:\baseline\maas\ma_ppmeers_a2
d:\baseline\maas\ma_stpi11_a1
d:\baseline\maas\ma_vlknov_a2
d:\baseline\maas\ma_zbbor03_a1
d:\baseline\maas\ma_zbgra03_a1
d:\baseline\maas\ma_zbgty03_a1
d:\baseline\maas\ma_zblin03_a1
d:\baseline\maas\ma_zblit03_a2
d:\baseline\maas\ma_eco04_a2
d:\baseline\maas\ma_zbhgt04_a1
d:\baseline\maas\rm_dtb13zn_a3
d:\baseline\maas\ma_mabr11_a1
d:\baseline\maas\ma_ocroe12_a1
d:\baseline\maas\ma_ternaa_a2
d:\baseline\maas\ma_wegboit_a1
d:\baseline\maas\ma_wilhkd_a2
d:\baseline\maas\ma_zbugg14_a2
d:\baseline\maas\ma_actloos_a3
d:\baseline\maas\ma_affklei_a2
d:\baseline\maas\ma_asseltz_a2
d:\baseline\maas\ma_breugrm_z1
d:\baseline\maas\ma_hdwa11_a1

```
d:\baseline\maas\ma_inllkwn_a1
d:\baseline\maas\ma_plhgt07_a3
d:\baseline\maas\ma_visgrav_a2
d:\baseline\maas\ma_9oord_a3
d:\baseline\maas\ma_aldeik_a1
d:\baseline\maas\ma_bichter_a3
d:\baseline\maas\ma_bocht92_a2
d:\baseline\maas\ma_dgrkpol_a1
d:\baseline\maas\ma_hahan14_a1
d:\baseline\maas\ma_kltr11_a1
d:\baseline\maas\ma_lkwfas1_a1
d:\baseline\maas\ma_maarlan_a2
d:\baseline\maas\ma_maaswin_a3
d:\baseline\maas\ma_meers_a2
d:\baseline\maas\ma_molenbk_a2
d:\baseline\maas\ma_rmbk11_a1
d:\baseline\maas\ma_swalm_a2
d:\baseline\maas\ma_tegel11_a1
d:\baseline\maas\ma_vlaamp1_a3
d:\baseline\maas\ma_weerdb_a2
d:\baseline\maas\ma_wml_a2
d:\baseline\maas\ma_zbbergm_a1
d:\baseline\maas\ma_zbhgt07_a1
d:\baseline\maas\ma_actberc_a1
d:\baseline\maas\ma_dremp08_a1
d:\baseline\maas\ma_eco08_a1
d:\baseline\maas\ma_ecorr12_a1
d:\baseline\maas\ma_gebkamp_a2
d:\baseline\maas\ma_hanpl08_a1
d:\baseline\maas\ma_kadelkw_a1
d:\baseline\maas\ma_kadelkw_a2
d:\baseline\maas\ma_kaderm_a1
d:\baseline\maas\ma_kazvt12_a1
d:\baseline\maas\ma_kbpla14_a1
d:\baseline\maas\ma_lomm1_a1
d:\baseline\maas\ma_me5x5_a1
d:\baseline\maas\ma_mgeul08_a1
d:\baseline\maas\ma_oolvest_a1
d:\baseline\maas\ma_pieters_a3
d:\baseline\maas\ma_roost10_a1
d:\baseline\maas\ma_stevol1_a1
d:\baseline\maas\ma_stevol3_a2
d:\baseline\maas\ma_visborg_a2
d:\baseline\maas\ma_zbborgh_a1
d:\baseline\maas\ma_zbgetij_a1
d:\baseline\maas\ma_zbhgt08_a1
d:\baseline\maas\ma_kad2008_a1
# einde
#
```

B.1.4 Baseline j10_5-6G-v1

```
#
#
# De naam voor deze variant is : j10_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j08_5-6G-v2
```

```
#
..\..\maas_maatr\ma_as4_a3
..\..\maas_maatr\ma_demphav_a1
..\..\maas_maatr\ma_eckelt_a1
..\..\maas_maatr\ma_herbric_a2
..\..\maas_maatr\ma_hmwa11_a1
..\..\maas_maatr\ma_hochter_a2
..\..\maas_maatr\ma_igpmaas_a4
..\..\maas_maatr\ma_loonw13_a1
..\..\maas_maatr\ma_maawink_a1
..\..\maas_maatr\ma_msbk11_a1
..\..\maas_maatr\ma_oeffelt_a1
..\..\maas_maatr\ma_oosmaar_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhgt09_a1
..\..\maas_maatr\ma_ts4_a2
..\..\maas_maatr\ma_windijk_a2
..\..\maas_maatr\ma_zbbel09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbma09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbor09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgra09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgty09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblin09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblit09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe09_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam09_a1
..\..\maas_maatr\bm_zbbma09_a1
..\..\maas_maatr\bm_zbbma10_a1
..\..\maas_maatr\ma_batenbu_a1
..\..\maas_maatr\ma_bees10_a1
..\..\maas_maatr\ma_bobr11_a1
..\..\maas_maatr\ma_bv2010_a2
..\..\maas_maatr\ma_dremp10_a1
..\..\maas_maatr\ma_havenha_a1
..\..\maas_maatr\ma_it2010_a2
..\..\maas_maatr\ma_keent10_a1
..\..\maas_maatr\ma_koornwa_a1
..\..\maas_maatr\ma_kotemzb_a1
..\..\maas_maatr\ma_lanay14_a1
..\..\maas_maatr\ma_lomm10_a2
..\..\maas_maatr\ma_mazen13_a1
..\..\maas_maatr\ma_me2010_a1
..\..\maas_maatr\ma_meers10_a1
..\..\maas_maatr\ma_negen11_a2
..\..\maas_maatr\ma_negenzd_a1
..\..\maas_maatr\ma_paalder_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhgt10_a3
..\..\maas_maatr\ma_poseido_a2
..\..\maas_maatr\ma_vtp11_a1
..\..\maas_maatr\ma_wbhbuik_a1
..\..\maas_maatr\ma_wsvrw17_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbel10_a1
```

```

..\..\maas_maatr\ma_zbbor10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgra10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgrm10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgty10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblin10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblit10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam10_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbstbh_a1
..\..\maas_maatr\ma_kad2010_a1
# einde
#

```

B.1.5 Baseline j11_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j11_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j10_5-6G-v1
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2011 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# gemixed op 14-06-2018
#
#####
#
#
..\..\maas_maatr\bm_zbbma11_a1
..\..\maas_maatr\ma_bh2010_a2
..\..\maas_maatr\ma_dremp11_a1
..\..\maas_maatr\ma_geulw11_a3
..\..\maas_maatr\ma_grei11_a1
..\..\maas_maatr\ma_hal11_a4
..\..\maas_maatr\ma_hbher13_a1
..\..\maas_maatr\ma_hgba11_a1
..\..\maas_maatr\ma_hoher11_a5
..\..\maas_maatr\ma_itt2011_a1
..\..\maas_maatr\ma_lomm12_a1
..\..\maas_maatr\ma_meers11_a1
..\..\maas_maatr\ma_meers12_a1
..\..\maas_maatr\ma_mhnul_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvoh13_a1
..\..\maas_maatr\ma_oold11_a1
..\..\maas_maatr\ma_ovdms11_a1
..\..\maas_maatr\ma_owkb2e_a1
..\..\maas_maatr\ma_paal11_a1
..\..\maas_maatr\ma_ternaai_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhgt11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbel11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbor11_a1

```

```

..\..\maas_maatr\ma_zbgra11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgrm11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgrv11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgty11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblin11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblit11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe11_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam11_a1
# einde
#

```

B.1.6 Baseline j12_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j12_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j11_5-6G-v1
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2012 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# gemixed op 18-06-2018
#
#####
#
#
..\..\maas_maatr\bm_zbbma12_a1
..\..\maas_maatr\ma_alem14_a1
..\..\maas_maatr\ma_blmaa13_a1
..\..\maas_maatr\ma_blven13_a1
..\..\maas_maatr\ma_borgh12_a1
..\..\maas_maatr\ma_dremp12_a1
..\..\maas_maatr\ma_eco12_a1
..\..\maas_maatr\ma_hvven13_a1
..\..\maas_maatr\ma_itt12_a2
..\..\maas_maatr\ma_kotem13_a1
..\..\maas_maatr\ma_lomm13_a1
..\..\maas_maatr\ma_maasw12_a1
..\..\maas_maatr\ma_meers12_a2
..\..\maas_maatr\ma_nvobg13_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvogm12_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvogm13_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvogr12_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvowl13_a1
..\..\maas_maatr\ma_nvoos13_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhgt12_a1
..\..\maas_maatr\ma_rawei16_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbe12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbor12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgra12_a1

```

```

..\..\maas_maatr\ma_zbgrm12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgrv12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgty12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblin12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblit12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe12_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam12_a1
..\..\maas_maatr\ma_niftr13_a1
..\..\maas_maatr\ma_sluiheu_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbrug14_a1
..\..\maas_maatr\ma_kad2012_a1
# einde
#

```

B.1.7 Baseline j13_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j13_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j12_5-6G-v1
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2013 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# gemixed op 22-06-2018
#
#####
#
#
..\..\maas_maatr\ma_9oord13_a1
..\..\maas_maatr\ma_bberg13_a1
..\..\maas_maatr\ma_bichkog_a5
..\..\maas_maatr\ma_borhlan_a1
..\..\maas_maatr\ma_dremp13_a1
..\..\maas_maatr\ma_geull13_a1
..\..\maas_maatr\ma_gsvenlo_a1
..\..\maas_maatr\ma_heppgeu_a1
..\..\maas_maatr\ma_heppoev_a1
..\..\maas_maatr\ma_kasven1_a1
..\..\maas_maatr\ma_meers13_a1
..\..\maas_maatr\ma_meetpnt_a2
..\..\maas_maatr\ma_plhgt13_a1
..\..\maas_maatr\ma_rzkplas_a1
..\..\maas_maatr\ma_slhee17_a1
..\..\maas_maatr\ma_strml13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbel13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbor13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgra13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgrm13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgty13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblin13_a1

```

```

..\..\maas_maatr\ma_zblit13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe13_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam13_a1
..\..\maas_maatr\ma_kad2013_a2
# einde
#

```

B.1.8 Baseline j14_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j14_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j13_5-6G-v1
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2014 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# gemixed op 27-06-2018
#
#####
#
#
..\..\maas_maatr\ma_berct17_a1
..\..\maas_maatr\ma_gadm14_a1
..\..\maas_maatr\ma_grwbeer_a1
..\..\maas_maatr\ma_itter14_a1
..\..\maas_maatr\ma_lomm14_a2
..\..\maas_maatr\ma_meers14_a1
..\..\maas_maatr\ma_meetp14_a1
..\..\maas_maatr\ma_mwadm14_a2
..\..\maas_maatr\ma_ovdms15_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhma14_a1
..\..\maas_maatr\ma_plhrm14_a1
..\..\maas_maatr\ma_steylbo_a2
..\..\maas_maatr\ma_stwei16_a1
..\..\maas_maatr\ma_terpsam_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbel14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbbor14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbgra14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zblma14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbroe14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zbsam14_a1
..\..\maas_maatr\ma_zwvrt15_a1
..\..\maas_maatr\ma_zberapl_a1
..\..\maas_maatr\ma_kad2014_a2
# einde
#

```

B.1.9 Baseline j15_5-6G-v1

```

#####
#

```

```
# De naam voor deze variant is : j15_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j14_5-6G-v1
#
#####
#
# Maatregellijst voor Maas model 2015 t.b.v 6de generatie
# door Jan Bremer
# gemixed op 23-08-2018
#
#####
#
..\..\maas_g6_maatr\ma_boogeul_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_borgh17_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_bstey15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_dremp15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_gebrk15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_geulwel_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_kadestb_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_kanjel_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_keent15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_kesvar2_a8
..\..\maas_g6_maatr\ma_klwr16_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_mpwel15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_negen15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_oudem15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_plsbo15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_sambeek_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_vests17_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_zbgrm15_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_zblin14_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_zblrm14_a1
..\..\maas_g6_maatr\ma_kad2015_a6
#
# einde
#
```

B.1.10 Baseline j17_5-6G-v1

```
#####
#
# De naam voor deze variant is : j17_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j15_5-6G-v1
#
#####
# versie 19 feb.2020
# Maatregellijst voor Maas model 2017 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# naar aanleiding van de herziene ecotopenkaart 2020,correctie overlaat Linne en kade
Kessenich
# gemixed op:
#
#####
```



```
#  
# Pad aangepast door Deltares  
#  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_blslu17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_borgh16_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_damdb17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_empwd17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_gadm16_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_henwd17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_klkwz17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_krw3blw_a4  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_krw3hrw_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_lslin17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_neerb17_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_nobrco_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_overd17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_plhrm16_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_rcode_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_rndkess_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_sl4tn17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_vlootbk_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_zblma16_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_zblrm16_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_zgwell16_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_beeka17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_booveuz_c1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_fhl8gei_a5  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_genhs17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_gravo17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_hemwd17_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_kwvis17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_lomm17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_lomm18_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_maasb17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_marin17_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_mbvlo_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_meesmol_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_meetp17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_mpwel17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_oboev_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_ovdms17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_ovdms18_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_plhma17_a2  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_plhrm17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_recplas_a4  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_slimmel_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_venwb17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_zbhma17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/ma_zbhrm17_a1  
../..//maas_5-6G_maatr/bor17tmp5_a3  
../..//maas_5-6G_maatr/bos17tmp5_a4
```

```

../../../../maas_5-6G_maatr/bos17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/cg17tmp5_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/gam17_tmp5_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/gre17tmp5_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/gre17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/itt17tmp5_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/itt17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/mee17tmp5_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/mee17tmp5_b3
../../../../maas_5-6G_maatr/nat17tmp5_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/nat17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/urm-z_r15_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/koe17tmp5_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/koe17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/vis17tmp5_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/vis17tmp5_b2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_dremp17_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_kad2017_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_cokaKes_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_eco17_a3
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mhnu1_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_overLin_a1
#
#
# einde
#

```

B.1.11 Baseline j18_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j18_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j17_5-6G-v1
#
#####
# versie 19 feb. 2020
# Maatregellijst voor Maas model 2018 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# naar aanleiding van kade Kessenich
# gemixed op:
#
#####
#
# Pad aangepast door Deltares
#
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_booveuz_d1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_dremp18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_fh18gei_a6
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_kwvis18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_ls18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_meetp18_a1

```

```

../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mpwel18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwbos17_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwitt14_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwnat18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwveg18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwvis14_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_pvjkl18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_strml12_a3
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_bmlixhe_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_jukan18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mwkan18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oudma18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_kad2018_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_cokaKes_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_zbhma18_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_zbhrm18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_plhma18_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_plhrm18_a1
#
# einde
#

```

B.1.12 Baseline j19_5-6G-v1

```

#####
#
# De naam voor deze variant is : j19_5-6G-v1
# De basis voor deze variant is : j18_5-6G-v1
#
#####
# versie 19 feb. 2020
# Maatregellijst voor Maas model 2019 t.b.v 6de generatie
# door Lianita Suryawinata
# naar aanleiding van correctie kade Heel, lob van Gennepe
# gemixed op:
#
#####
#
# Pad aangepast door Deltares
#
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_meetp19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_bveind_c3
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_itter19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_wbhgtgm_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_nattenh_g1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_dremp19_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_km229lr_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_mpwel19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_ovdms19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_lslin19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_sangers_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_uitdijk_a1

```

```

../../../../maas_5-6G_maatr/ma_krw4nvo_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_krw4nvo_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_krw4nvo_a3
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_krw4nvo_a4
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_owando2_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_meesmol_b1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_geistin_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_booveuz_e1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_kad2019_a5
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_brkaz18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_gekam18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_janbk18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_molbk18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oevbe18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oevgr18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oevis18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oevur18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_visit18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_oefrm18_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_konings_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_cor2019_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_cor2019_a2
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_rsmab17_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_zombd19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_debaend_a3
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_stlinne_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_repar19_a1
../../../../maas_5-6G_maatr/ma_sluidbm_a1
#
# einde
#

```

B.2 Baseline5-maatregelbeschrijvingen

B.2.1 Baseline-j93_5-6G-v1

Maatregel lijst voor j93_5-6G-v1 – volgorde inmixen

Basis schematisatie: j95_5-6G-v6

	Maatregelnaam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
2	ma_meetp93_a1	1993	107	108	Rechter	Wijziging uitvoerlocatie Venlo naar Venlo-haven	1993	1993
1	ma_vrwnoka_a2	1993	1	175	beide	Wijzigingsbestanden voor het verwijderen van de noodkades	Maas j95_4_1 > Maas j93_4_1	juli 2005

B.2.2 Baseline-j08_5-6G-v1

Maatregel lijst voor j08_5-6G-v2 – volgorde inmixen

Basis schematisatie: j95_5-6G-v6

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_elbavv_a2	1995	43	43	Rechter	Wijzigingsbestanden in de Elbavijvers (Baseline 5 proof maken info lodingen <1998)	Maas j04_4	01-jul-2005
2	ma_lhslith_a1	1995	201	201	beide	Beter weergeven van de landhoofden bij stuw Lith, verbeterde foutieve schematisatie	BenO 2015	01-mrt-2015

3	ma_neer11_a1	1995	88	90	linker	uitbreiding van het model bij Neer I	JAMM 2011	16-dec-2011
4	ma_swbe11_a1	1995	86	92	rechter	Actualisatie van het model bij Swalmen en Beesel	JAMM 2011	05-dec-2011
5	ma_terna11_a1	1995	6	9	rechter	Aanpassing van het model bij Ternaaien	JAMM 2011	14-dec-2011
6	ma_wlmkade_a1	1995	68	68	linker	Wijzigingsbestanden van kade WML; Afsluitkade WML zorgt voor sluiting deel plas bij Heel	Maas j03_4	01-jul-2005
7	ma_admklei_a2	1996	26	2	rechter	kleiwinning langs de Maas; nieuwe hoogtegegevens	JAMM 2010	10-sep-2010
8	ma_borgha1_a2	1996	18	18	rechter	Wijziging winterbed langs de Maas bij rivierkilometer 18 (rechteroever) obv nieuwe hoogtegegevens	JAMM 2010	10-sep-2010
9	ma_broekli_a2	1996	121	121	linker	Aanpassing winterbedbestand door nieuwe hoogtegegevens	JAMM 2010	13-sep-2010
10	ma_broekre_a2	1996	122	122	rechter	Aanpassing winterbedbestand door nieuwe hoogtegegevens	JAMM 2010	13-sep-2010
11	ma_debaend_a2	1996	133	133	rechter	De Baend kleiput bij Well	JAMM 2010	13-sep-2010
12	ma_dgrkade_a2	1996	5	165	beide	Wijzigingsbestanden voor kades die in het kader van Deltaplan Grote Rivieren eind 1995 zijn aangelegd (km 5-165).	JAMM 2015	01-jul-2015
13	ma_dgrspec_a1	1996	16	159	beide	Maatregel van de speciewingebieden die bij de aanleg van de DGR-kades zijn ontstaan.	Maas j03_4	01-jul-2005
14	ma_hambeek_z1	1996	78	78	rechter	Het sluiten van de kade bij de Hambeek in het winterbed bij Roermond.	JAMM 2011	01-apr-2011
15	ma_mook13_a1	1996	165	165	rechter	de actualisatie van Mook. Deze actualisatie is gedaan op basis van DTB NAT.	JAMM 2013	13-jun-2014
16	ma_nattenh_a2	1996	39	41	rechter	Kleiwinning Nattenhoven, Aanpassing van de hoogten in het winterbed en hoogten van de kade in oosten maatregel	JAMM 2011	15-sep-2010
17	ma_romeinw_a2	1996	104	106	linker	Kleiput Romeinenweerd (nieuwe hoogtegegevens, aanpassing van de ligging van de plassen)	JAMM 2010	16-sep-2010
18	ma_visserw_a2	1996	49	51	rechter	Wijzigingen als gevolg van kleiwinning Visserweert	JAMM 2010	16-sep-2010
19	ma_vlwi11_a1	1996	28	34	linker	Actualisatie van het model bij Meers op basis van nieuwste DTB	JAMM 2011	12-dec-2011
20	ma_vrvnoka_a2	1993	1	175	beide	Wijzigingsbestanden voor het verwijderen van de noedkades 1995	Maas j93_4	01-jul-2005
21	ma_wegborg_a1	1996	15	15	rechter	Baseline maatregel van de hoogte van de weg tussen de stuw Borgharen en Borgharen.	JAMM 2014	01-mrt-2014
22	ma_asselt_a2	1998	85	87	rechter	uitbreiding Asseltse plas (heeft plaatsgevonden tussen 1996 en 1999)	Maas j03_4	01-jul-2005
23	ma_dykhryk_a2	1999	199	199	linker	dijkverlegging Hemelrijk	JAMM 2010	30-sep-2010
24	ma_appelt_a2	2000	190	190	rechter	Nieuwe plas bij Appeltem een aanleg van rabatdelen (smalle stroken schuin aflopend land)	Maas j03_4	01-jul-2005
25	ma_broekhv_a2	2000	122	122	linker	Wijzigingen aanleg van een haven bij Broekhuizen	JAMM 2010	10-sep-2010
26	ma_demen_a2	2000	186	186	linker	Wijzigingen bij het natuurgebied Demen, toevoegen van plassen en aanpassen hoogtegegevens	JAMM 2010	14-sep-2010
27	ma_dvl195_a2	2000	195	195	rechter	Dijkverlegging km 195	Maas j03_4	01-jul-2005
28	ma_heerew_a3	2000	207	209	rechter	Wijziging van plassen en hoogtegegevens bij Heerewaarden	JAMM 2010	15-sep-2010
29	ma_km179_4_a2	2000	179	180	linker	compensatiemaatregel (tussen 1995-2000) winterbedhoogte bij Keent ikv dijkverbetering (Waterschap Aa en Maas)	JAMM 2005	01-jul-2005
30	ma_lanaye_a2	2000	4	4.5	linker	Wijzigingsbestand Demping ontgrinding Lanaye (aangelegd tussen 1995 en 2000)	Maas j03_4	01-jul-2005
31	ma_mwrkpp2_a2	2000	88	92	rechter	Wijziging van het winterbed in het kader van PP2 Maaswerken.	JAMM 2010	15-sep-2010
32	ma_plas159_a1	2000	159	159	rechter	Wijzigingsbestanden van nieuwe plas, Afgraving tbv kaden Gebrande Kamp (Tielebeekmond)	Maas j03_4	01-jul-2005
33	ma_plas58_a1	2000	58	58	linker	Wijzigingsbestanden van de plas bij Ohe en Laak Uitbreiding van de plas door zand/gindwinning.	Maas j03_4	01-jul-2005
34	ma_sluiit_a2	2000	200	202	linker	Verbetermaatregel sluis Lith, km 201.	BenO 2014	01-mrt-2014
35	ma_wessem_a2	2000	58	67	linker	uitbreiding gebied Wessem Thorn. Het bestand winbed is hier naar het westen toe uitgebreid.	Maas j03_4	01-jul-2005
36	ma_meetp01_a2	2001	1	227	beide	Aanpassingen locaties MSW-stations, situatie 2001 (sinds eind 1995 van toepassing)	Maas j03_4	01-jul-2005
37	ma_pp2_a2	2001	87	92	linker	Wijzigingsbestanden van Proefproject2. ook wel Baggerbestek 2 genoemd.	Maas j03_4	01-jul-2005
38	ma_rijkel_a1	2001	91	91	rechter	Nieuwe peiling (2003) van de Rijkse Bemden	Maas j03_4	01-jul-2005
39	ma_vlwdcor_a1	2001	35	58	linker	Toevoeging hoogwatervrije lijn en/of kade op Vlaamse winterdijk waar die nu ontbreekt.	JAMM 2017	22-mrt-2017
40	ma_dekooij_a1	2002	132	133	linker	Maatregel van de vergunde situatie van camping "De Kooij" in 2002	JAMM 2015	01-apr-2014
41	ma_hedelsw_a2	2002	217	220	rechter	de afgraving Hedelsche Waarden (Correctie in de ligging van de plassen en aanpassing van het winterbed met nieuwe hoogtegegevens).	JAMM 2010	15-sep-2010
42	ma_lithham_a2	2002	204	208	linker	uitbreiding Lithse Ham (uitgevoerd tussen 2000-2003)	Maas j03_4	01-jul-2005
43	ma_lithseh_a2	2002	204	207	linker	Herinrichting Lithse Ham (Actualisatie Baseline database 2010 ten behoeve van HR2011)	JAMM 2010	30-sep-2010
44	ma_loonsch_a3	2002	181	182	rechter	Herinrichting Loonsche Waard (verbeteren data plas)	JAMM 2010	15-sep-2010
45	ma_middelw_a2	2002	183	184	linker	Herinrichting Middelwaard	JAMM 2010	15-sep-2010
46	ma_negenoo_a2	2002	40	41	linker	Wijzigingsbestanden van de plassen bij Negenoord	Maas j03_4	01-jul-2005
47	ma_plhryk_a2	2002	199	199	linker	Wijziging van hoogtegegevens winterbed in het kader van afgraving Natuurmonumenten (bovenstrooms Lith)	JAMM 2011	16-sep-2010
48	ma_zbbel03_a1	2002	82	101	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In november 2002 is stuwpand gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010

49	ma_zbgrm03_a1	2002	1	67	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas (nov 2002 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
50	ma_zbroe03_a1	2002	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (2002 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
51	ma_zbsam03_a1	2002	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (nov 2002 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
52	ma_dgrkade_b1	2003	32-34	60-61	rechter	verhoging 2 kadeselementen (Stevensweert en Meers)	JAMM 2005	01-jul-2005
53	ma_dkoijen_a1	2003	195	197	linker	verlegging bandijk bij Oijen.	JAMM 2013	01-mrt-2014
54	ma_indhey_a2	2003	152	153	rechter	Wijziging van kade bij industriegebied Heijen I	JAMM 2010	15-sep-2010
55	ma_kadegmm_a3	2003	151	158	rechter	Wijzigingen kaden Gennep, Mook en Middelaar (Maaswerken) op basis van de maatregel	JAMM 2010	01-mrt-2010
56	ma_kadesld_a1	2003	68	68	linker	Herziening kadetraject in het Sleydal nabij Heel.	JAMM 2009	01-nov-2009
57	ma_kuypers_a2	2003	92	94	linker	Ontgronding Kuypers Kessel (Aanpassing van de ligging van de plas, ligging van de kaden en winterbedhoogten)	JAMM 2010	09-sep-2010
58	ma_leutmw_a1	2003	36	39.5	linker	dijkverlegging bij Leut-Meeswijk	Maas j04_4	01-jul-2005
59	ma_ooijen_a2	2003	198	198	rechter	Wijziging in het kader van dijkverlegging Ooijen	JAMM 2010	30-sep-2010
60	ma_plas218_a1	2003	218	218	rechter	Wijzigingsbestanden van uitbreiding plas (den Bosch)	Maas j04_4	01-jul-2005
61	ma_ppmeers_a2	2003	32	32	rechter	Wijzigingsbestanden van Proefproject Meers situatie 2002-2004.	Maas j03_4	01-jul-2005
62	ma_stpi11_a1	2003	62	62	linker	Actualisatie van het model bij Stevensweert langs	JAMM 2011	20-dec-2011
63	ma_vlknov_a2	2003	17	63	linker	Wijzigingsbestanden van de vlaamse kade (Vlaamse kade niet overstroombaar)	Maas j04_4	01-jul-2005
64	ma_zbor03_a1	2003	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (2002-2003 is stuwpand gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
65	ma_zbgra03_a1	2003	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (juli 2003 is stuwpand gemeten)	JAMM 2010	01-okt-2010
66	ma_zbgty03_a1	2003	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juli 2003 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
67	ma_zblin03_a1	2003	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (2002 en 2003 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
68	ma_zblit03_a2	2003	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jul 2003 gemeten)	Maas j03_4	01-okt-2010
69	ma_eco04_a2	2004	1	247	beide	de complete ecotoop informatie van de herziene 2 ^{de} cyclus (2004) van de Maas weergegeven.	JAMM 2010	01-okt-2010
70	ma_zbhgt04_a1	2004	5	227	beide	Wijzigingsbestanden voor samenstelling gemeten zomerbedtrajecten Maas (2004 gemeten)	Maas j06_4	01-jul-2006
71	rm_dtb13zn_a3	2004	224	249	beide	Verbetering en actualisatie van het overlapgebied van Maas en RMM-modellen, met de data van de RMM schematisatie op basis van het DTB-Nat, situatie 2013.	JAMM 2015	01-mrt-2015
72	ma_mabr11_a1	2005	66	67	rechter	Actualisatie van het model bij Maasbracht, wijzigen bodemhoogte 6 ha, plus wijziginghwatvrij_v voor 52 ha.	JAMM 2011	26-nov-2011
73	ma_ocroe12_a1	2005	82	82	rechter	geactualiseerde geometrie en ruwheden van het Outlet Center Roermond	JAMM 2012	12-okt-2012
74	ma_ternaa_a2	2005	4	6	linker	Aanpassing van het winterbed Ternaaien met nieuwe hoogtegegevens	JAMM 2011	09-sep-2011
75	ma_wegboit_a1	2005	16	20	rechter	Deze maatregel beschrijft de hoogte van de weg tussen Borgharen en Itteren.	JAMM 2016	01-dec-2016
76	ma_wilhd_a2	2005	13	14	linker	Herinrichting Wilhelminakade (actualisatie op basis van nieuwe hoogtegegevens)	JAMM 2010	29-sep-2010
77	ma_zbug14_a2	2005	85	85	linker	Actualisatie waterzuivering Buggenum, binnen de ringkade om de zuivering en opnieuw opname spoortalud en dassenburcht en rand plas	JAMM 2014	20-mrt-2015
78	ma_actloos_a3	2006	78.5	79.7	rechter	Aanpassing ligging dgr-kade ter hoogte van de Looskade, Roermond + aanpassing kadehoogtes volgens kadeplan, Hwatvrij en ruwheden	JAMM 2012	12-jun-2012
79	ma_affklei_a2	2006	147	147	rechter	Wijziging van het winterbed langs de Maas ter hoogte van rivierkilometer 147 in het kader van kleiwinning Afferden.	JAMM 2010	22-sep-2010
80	ma_asseltz_a2	2006	85	86	rechter	Asseltse plas ontgronding, Uitbreiden van de plassen en aanpassen van het winterbed met nieuwe hoogtegegevens.	JAMM 2010	22-sep-2010
81	ma_breugrm_z1	2006	15	69	beide	Deze maatregel verwijderd de breuklijnen in sectie 1, het zomerbed van de Grensmaas.	JAMM 2010	01-mei-2010
82	ma_hdwa11_a1	2006	217	219	rechter	Actualisatie van de Hedelse Waarden	JAMM 2012	18-jan-2012
83	ma_inllkwn_a1	2006	76	77	linker	Actualisatie kade en inlaat westzijde Lateraal-kanaal.	JAMM 2010	15-nov-2010
84	ma_plhgt07_a3	2006	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor de plassen en voorhavens 2007	JAMM 2007	01-sep-2007
85	ma_visgrav_a2	2006	175	176	rechter	Schematisatie van de vistrap Grave met hoogteverschillen, breuklijnen en kades.	JAMM 2010	22-sep-2010
86	ma_9oord_a3	2007	39	43	linker	Ingrep Negenoord; Aanpassing van het gebied met nieuwe hoogtegegevens, en ligging plassen.	JAMM 2010	09-sep-2010
87	ma_aldeik_a1	2007	53	57	linker	Herinrichting omgeving Aldeneik op basis van nieuwe DTB nat gegevens van 14-4-2010	JAMM 2010	08-dec-2010
88	ma_bichter_a3	2007	43	50	linker	Ingrepen Bichterweerd, Heppeneert en Elerweert (ligging plas en hoogten winterbed)	JAMM 2010	28-sep-2010
89	ma_bocht92_a2	2007	92	92	rechter	Bochtverruiming Neer (aanpassing bodemhoogte buitenbocht)	JAMM 2010	28-sep-2010
90	ma_dgrkpo_a1	2007	105	160	beide	Wijzigingsbestanden van de geplande kade verhogingen bij Roermond, Venlo en Gennep volgens het POL Kadeplan.	JAMM 2005	01-jun-2005
91	ma_hahan14_a1	2007	87	90	linker	Actualisatie gedeelte bedrijfsterrein haven Hanssum	JAMM 2014	20-mrt-2015

92	ma_kltr11_a1	2007	48	48	rechter	Aanpassingen van hoogtelijnen en punten bij Klein Trierveld	JAMM 2011	02-dec-2011
93	ma_lkwfas1_a1	2007	76	77	linker	Wijzigingsbestanden voor het retentiegebied Lateraal Kanaal West fase 1 (tussensituatie drempelhoogte)	JAMM 2005	01-jun-2005
94	ma_maarlan_a2	2007	9	10	rechter	Herinrichting van het winterbed bij het dagstrand Oost-Maarland	JAMM 2010	28-sep-2010
95	ma_maaswin_a3	2007	35	35	linker	Ingreep Maaswinkel afgraving langs de Maas	JAMM 2010	29-sep-2010
96	ma_meers_a2	2007	31	33	rechter	Wijzigingen winterbed ivm ingrepen grensmaas Meers (nieuwe hoogtes en ligging plassen)	JAMM 2010	29-sep-2010
97	ma_molenbk_a2	2007	133	133	linker	Meanderen Molenbeek Wanssum	JAMM 2010	22-sep-2010
98	ma_rmbk11_a1	2007	72	80	rechter	Actualisatie vanwege extra bebouwing in Roermond (aanpassen hoogwatervrije terreinen)	JAMM 2011	01-dec-2011
99	ma_swalm_a2	2007	88	89	rechter	Wijziging van de monding van de Swalm	JAMM 2010	29-sep-2010
100	ma_tegel11_a1	2007	105	105	rechter	Actualisatie van het model bij Tegelen	JAMM 2011	03-jan-2012
101	ma_vlaamp1_a3	2007	58	68	linker	Vlaams-Nederlands plassengebied – aanpassen hverschil bij de winterdijk	nieuwe maatregel 6G	06-jun-2018
102	ma_weerdb_a2	2007	92	92	linker	Herinrichting Weerdbemden langs de Maas	JAMM 2010	29-sep-2010
103	ma_wml_a2	2007	53	56	linker	Kleinwinning en herinrichting WML-terrein (aanpassing winterbed met nieuwe hoogtegegevens)	JAMM 2010	29-sep-2010
104	ma_zbbergm_a1	2007	226	248	beide	Wijzigingsbestand voor het zomerbed van de Maas gemeten in 2007	JAMM 2009	01-mei-2009
105	ma_zbhgt07_a1	2007	15	182	beide	Wijzigingsbestanden voor samenstelling gemeten zomerbedtrajecten Maas (2007 gemeten)	JAMM 2007	01-sep-2007
106	ma_actberc_a1	2008	103	104	linker	Maas, linkerover: hoogte actualisatie golfsterren de Berckt vlakbij Baarlo t.b.v. nieuwe vergunning	BenO 2013	01-mei-2010
107	ma_dremp08_a1	2008	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2008)	nieuwe maatregel 6G	01-mei-2018
108	ma_eco08_a1	2008	1	247	beide	actualiseren van het landgebruik/ruwheden van de uiterwaarden van de Maas voor de situatie van 2008	JAMM 2010	18-dec-2009
109	ma_ecorr12_a1	2008	1	247	beide	Correctie foute ecotoopkartering 3 ^e cyclus 2008	JAMM 2012	10-okt-2012
110	ma_gebkamp_a2	2008	159	159	rechter	Wijziging in het kader van natuurgebied Gebrande Kamp	JAMM 2010	14-sep-2010
111	ma_hanpl08_a1	2008	88	89	linker	Wijzigingsbestanden van Hanssummerplas	nieuwe maatregel 6G	01-mei-2018
112	ma_kadelkw_a1	2008	76	77	linker	Wijzigingsbestand voor kaden ten behoeve van het retentiegebied ten westen van het Lateraalkanaal I (Maaswerken)	JAMM 2008	01-mrt-2008
113	ma_kadelkw_a2	2008	76	77	linker	maatregel kaden ten behoeve van het retentiegebied van het Lateraalkanaal I (Maaswerken)- samenvoegen van kleine stukje kaden uit verschillende LKW maatregel	nieuwe maatregel 6G	06-jun-2018
114	ma_kadern_a1	2008	72	80	rechter	Wijzigingsbestand voor kaden Roermond (Maaswerken)	JAMM 2010	01-sep-2010
115	ma_kazvt12_a1	2008	80	81	rechter	geactualiseerde geometrie van het kazernevoortterrein grenzend aan het Outlet Center Roermond.	JAMM 2013	17-jan-2013
116	ma_kbpla14_a1	2008	65	72	linker	Deze maatregel beschrijft de actualisatie Kraaijenbergse plassen op basis van DTB Nat	JAMM 2014	16-mrt-2015
117	ma_lomm1_a1	2008	117	117	rechter	Wijzigingsbestanden voor winterbed ivm nevengeul Lomm (Inmeting nevengeul Lomm, nov. 2007)	JAMM 2008	01-mrt-2008
118	ma_me5x5_a1	2008	31	33	rechter	Wijzigingen winterbed ivm proefproject Meers	JAMM 2008	01-sep-2008
119	ma_mgeul08_a1	2008	21	22	rechter	Monding Geul, verbeterde weergave situatie 2008	nieuwe maatregel 6G	01-mei-2018
120	ma_oolest_a1	2008	75	77	rechter	Verlegging en verhoging Oolderveste; achterland niet langer hoogwatervrij beschouwen	JAMM 2010	01-sep-2010
121	ma_pieters_a3	2008	10	11	rechter	Beschrijving van met name noordelijk deel Pietersplas	nieuwe maatregel 6G	29-sep-2010
122	ma_roost10_a1	2008	51	53	rechter	Bochtverruiming Roosteren.	JAMM 2010	10-dec-2010
123	ma_stevol1_a1	2008	59	59	rechter	Wijzigingsbestanden voor winterbed ivm Masterplan Stevol (inmeting herinrichting Stevolplas)	JAMM 2008	01-apr-2008
124	ma_stevol3_a2	2008	59	59	rechter	Herinrichting oever en omgeving zandwinplas Stevol – erase winbedht groter gemaakt vanwege foutieve winbedht in ma_stevol1_a1	nieuwe maatregel 6G	06-jun-2018
125	ma_visborg_a2	2008	15	15	linker	Vistrap Borgharen (Aanpassing met nieuwe hoogtegegevens en toevoegen de vistrap als plassen)	JAMM 2010	29-sep-2010
126	ma_zbborgh_a1	2008	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (nov 2008 is stuwpand gemeten)	JAMM 2009	01-mei-2009
127	ma_zbgetij_a1	2008	201	221	beide	Wijzigingsbestand voor het zomerbed van de Maas gemeten in 2008	JAMM 2009	01-mei-2009
128	ma_zbhgt08_a1	2008	15	58	beide	Wijzigingsbestanden voor samenstelling gemeten zomerbedtrajecten Grensmaas in januari 2008	JAMM 2008	01-sep-2008
129	ma_kad2008_a1	2008	1	165	beide	Kade maatregel t.b.v. 6 ^{de} generatie model, gekopierd van ma_kad2015_a1 en teruggebracht naar situatie 2008	nieuwe maatregel 6G	01-apr-2018

B.2.3 Baseline-j10_5-6G-v1
Maatregel lijst voor j10_5-6G-v1 op volgorde
Basis schematisatie: j08_5-6G-v2

	Maatregelnaam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leverings datum
1	ma_as4_a3	2009	21	23	linker	Vlaamse actualisaties: 3 verwijderde boerderijen bij Herbricht, bodemaanpassing bij dijkverlegging Leut-Meeswijk)	JAMM 2009	sept 2010
2	ma_demphav_a1	2009	11	11	rechter	Demping van het havenetje van WSV Randwijk ; aanpassen hoogtegegevens	JAMM2010	10 dec 2010
3	ma_eckelt_a1	2009	144	144	rechter	actualisatie herinrichting monding (verlegging en hermeandering) van de Eckeltse Beek	JAMM2010	1 okt 2010
4	ma_herbric_a2	2009	20	24	linker	Ingrepen Centrale en Zuidelijke sector Vlaanderen in 2009.	JAMM2009	sep 2010
5	ma_hmwa11_a1	2009	200	200	linker	Actualisatie van het model in de Hemelrijke Waard langs de Maas nav vergunning	JAMM2011	28 dec 2011
6	ma_hochter_a2	2009	18	20	Linker	Ingrepen Centrale en Zuidelijke sector Vlaanderen in 2009., Zuidelijke Sector Hochterband: weerdverlaging en verwijdering zomerdijk	JAMM2009	sept 2010
7	ma_igpmaas_a4	2009	152	155	linker	Maatregel voor het project "Integraal Gebiedsplan Maasheggen", actualisatie van de bestaande situatie	JAMM – j15leg_5_j15vgn_5	2012
8	ma_loonw13_a1	2009	180	181	rechter	actualisatie Loonsche Waard op basis van DTB NAT en AHN2 op de locaties waar DTB nog niet correct is	Actualisatie j13_4	23 apr 2014
9	ma_maawink_a1	2009	35	35	linker	Zuidelijke Sector Maaswinkel: grondberging, ophogen akker	JAMM2009	jun 2009
10	ma_msbk11_a1	2009	4	16	rechter	Actualisatie van Maastricht-Oost	Jamm2011	03-01-2012
11	ma_oeffelt_a1	2009	153	155	linker	herinrichtingsplanDe Oeffeltsche Weiden, maakt deel uit van het zg. Maasheggenlandschap	B&O model 2012	febr 2012
12	ma_oosmaar_a1	2009	8	8	rechter	Herinrichting oever dagstrand Oost-Maarland.	Actualisatie j10_4	25-10-10
13	ma_phgt09_a1	2009	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor de plassen en voorhavens 2009	JAMM2009	2009
14	ma_ts4_a2	2009	22	28	linker	Vlaamse autonome ontwikkelingen 2006 – 2009 Ingrenen Centrale en Zuidelijke sector Vlaanderen in 2009	JAMM2009	sept 2010
15	ma_windijk_a2	2009	21	25	linker	Winterdijkaanvulling bij Hochter Bampd en Herbricht (Ontwerpen Ingrenen Centrale en Zuidelijke sector Vlaanderen in 2009)	JAMM2009	sept 2010
16	ma_zbel09_a1	2009	82	191	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In aug 2009 is stuwpand gemeten)	JAMM2010	dec 2009
17	ma_zbma09_a1	2009	226	248	beide	Databestand van zomerbed lodingen in het RMM-gebied vanaf rkm 226 van de Maas incl. Afgedamde Maas	JAMM2010	2010
18	ma_zbor09_a1	2009	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (mei 2009 is stuwpand gemeten)	JAMM2010	dec 2009
19	ma_zbgra09_a1	2009	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (okt 2009 is stuwpand gemeten)	JAMM2010	dec 2009
20	ma_zbgt09_a1	2009	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juli 2009 gemeten)	JAMM2010	dec 2009
21	ma_zblin09_a1	2009	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (aug 2009 gemeten)	JAMM2010	dec 2009
22	ma_zblit09_a1	2009	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jul 2009 gemeten)	JAMM2010	dec 2009
23	ma_zbroe09_a1	2009	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (aug 2009 gemeten)	JAMM2010	dec 2009
24	ma_zbsam09_a1	2009	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (aug 2009 gemeten)	JAMM2010	dec 2009
25	bm_zbma09_a1	2010	226	248	beide	Actualisatie lodingen uit 2009 Multibeam zomerbed Bergsche Maas	JAMM 2009	febr 2010
26	bm_zbma10_a1	2010	226	248	beide	zomerbed van de Bergsche Maas van km 226-km 248	JAMM 2011	febr 2011
27	ma_batenbu_a1	2010	186	187	rechter	Project inrichtingsplan Batenburg	JAMM 2010	mei 2010
28	ma_bees10_a1	2010	91	93	rechter	aanpassen oeverlijn bij Beesel	nieuwe maatregel 6G	2018
29	ma_bobr11_a1	2010	16	16	linker	Aanpassing van de overlaatbrug bij Bosscherveld	JAMM2010	28 nov 2011
30	ma_bv2010_a2	2010	16	16	linker	Vergravingen Grensmaas project Bosscherveld – toevoegen kade	nieuwe maatregel 6G	juni 2018
31	ma_dremp10_a1	2010	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2010)	nieuwe maatregel	juni 2018
32	ma_havenha_a1	2010	87	90	linker	Maatregel van de haven van Hanssum en de plassen ten zuiden hiervan. De aanpassing is gemaakt op basis van de luchtfoto van 2011.	JAMM2012	mrt2012
33	ma_it2010_a2	2010	19	23	rechter	Wijzigingsbestanden voor het winterbed ter plaatse van Ifterren – aanpassen erase kade	nieuwe maatregel 6G	6 juni 2018
34	ma_keent10_a1	2010	179	179	linker	Deze maatregel beschrijft de tijdelijke situatie van de Keent geul	nieuwe maatregel	4 juni 2018
35	ma_koornwa_a1	2010	215	216	Linker	sanering van de vuistortlocatie in de Koornwaard	B&O2012	mrt 2012
36	ma_kotemzb_a1	2010	29	31	beide	Wijziging van de zombecode bij Kotem.wegens BOB	JAMM2013	mrt 2013
37	ma_lanay14_a1	2010	4	6	linker	de actualisatie gedempte plas Lanaye op basis van DTB NAT.	JAMM2015	23 mrt 2015

38	ma_lomm10_a2	2010	117	117	rechter	Wijzigingsbestanden voor winterbed ivm nevengeul Lomm (Inmeting nevengeul Lomm, 9 dec 2010)	JAMM 2010	juni 2018
39	ma_mazen13_a1	2010	36	36	linker	actualisatie van de nevengeul Mazenhoven gedaan op basis van DTB NAT.	Actualisatie j13_4	10 jul 2014
40	ma_me2010_a1	2010	31	33	rechter	Wijzigingen winterbed ivm ingrepen grensmaas Meers	JAMM2010	B-21ecto 2011
41	ma_meers10_a1	2010	31	33	rechter	Actualisatie uiterwaardvergraving Meers	Jamm2010	10 dec 2010
42	ma_negen11_a2	2010	40	43	Linker	Ingrep Negenoord langs de Maas van rivierkilometer 39 tot 43 (linkeroever).	JAMM2012	14 feb 2012
43	ma_negenzd_a1	2010	40	43	Linker	Maatregel zomerdijk tussen plassen Negenoord; een aanvulling op de maatregel ma_negen11_a2	JAMM2011	27 maart 2013
44	ma_paalder_a1	2010	209	212	linker	NVO Paalder (km 209.2-212.0 op de linker oever	JAMM2010	sept 2010
45	ma_plhgt10_a3	2010	1	248	beide	Plashoogte verbeteringen obv punten die afvielen buiten sectie 1 van zomerbedlodgingen van 2010 en 2011	JAMM2011	B-21ecto 2011
46	ma_poseido_a2	2010	96.5	97.5	linker	Jachthaven Poseidon langs de Maas bij rivierkilometer 97 (linkeroever).	HR2011	16 sept 2010
47	ma_vtp11_a1	2010	110	110	linker	Wijziging bij de haven van Venlo Trade Port (is uitgebreid, en ook de ingang is verlegd)	JAMM2011	16 jan 2012
48	ma_wbhbuik_a1	2010	19	25	linker	Ingrep Hochterbamp – Uikhoven oeververlaging langs de Maas (nieuwe metingen)	JAMM2011	26 april 2011
49	ma_wsvrw17_a1	2010	11	11	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie winterbed Randwijck (dempen plas, aanleg camping)	JAMM2018	2018
50	ma_zbbel10_a1	2010	82	191	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In jun 2010 is stuwpand gemeten)	JAMM2011	jan 2011
51	ma_zbbor10_a1	2010	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (juni 2010 is stuwpand gemeten)	JAMM2011	apr 2011
52	ma_zbgra10_a1	2010	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (juli 2010 is stuwpand gemeten)	JAMM2011	jan 2011
53	ma_zbgrm10_a1	2010	1	67	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas (febr 2010 gemeten)	JAMM2010	apr 2010
54	ma_zbgty10_a1	2010	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juni 2010 gemeten)	JAMM2011	jan 2011
55	ma_zblin10_a1	2010	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (jun 2010 gemeten)	JAMM2011	jan 2011
56	ma_zblit10_a1	2010	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jun 2010 gemeten)	JAMM2011	jan 2011
57	ma_zbroe10_a1	2010	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (jun 2010 gemeten)	JAMM2011	febr 2011
58	ma_zbsam10_a1	2010	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (jul 2010 gemeten)	JAMM2011	apr 2011
59	ma_zbstbh_a1	2010	15	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed ter plaatse van het storbedd stuw Borgharen (sept 2010 ingemeten)	JAMM2011	jan 2011
60	ma_kad2010_a1	2010	1	165	beide	Kade maatregel t.b.v. j10 – 6 ^{de} generatie model, exacte kopie van ma_kad2008_a1	6de generatie model	juni 2018

B.2.4 Baseline-j11_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j11_5-6G-v1 – volgorde inmisen Basis schematisatie: j10_5-6G-v1

	Maatregelnaam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	bm_zbma11_a1	2011	226	248	beide	Actualisatie Zomerbed obv nieuwe Multibeam metingen oktober 2011	JAMM 2012	mrt 2012
2	ma_bh2010_a2	2011	17	19	rechter	wijziging Winterbed Borgharen op basis van vergravingen Consortium Grensmaas – verwijderen erase kade bestand	nieuwe maatregel 6G	06 juni 2018
3	ma_dremp11_a1	2011	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2011)	JAMM2011	apr 2011
4	ma_geulw11_a3	2011	21	21	linker	Ingrep Geulerweg likv de studie van resterende flessenhalzen (nv De Scheepvaart)	JAMM2013	27 mrt 2013
5	ma_grei11_a1	2011	191	191	rechter	Actualisatie van het model nabij Maasbommel (plas bij gouden Ham)	JAMM2011	23 nov 2011
6	ma_hal11_a4	2011	28	29	linker	Ingrep Kotem-Hal (aanpassing gebied met nieuwe hoogtegevens)	JAMM2013	27 mrt 2013
7	ma_hbher13_a1	2011	18	24	linker	actualisatie van de linkeroever tussen lterren en Geulle aan de Maas	Actualisatie j13_4	15 mei 2014
8	ma_hgba11_a1	2011	184	186	rechter	Actualisatie van de omgeving hoogwatergeul Batenburg g	JAMM2012	27 jan 2012
9	ma_hoher11_a5	2011	17	25	linker	Ingrep Hochterbamp-Herbricht	JAMM2013	27 mrt 2013
10	ma_itt2011_a1	2011	19	23	rechter	Maaswerken situatie bij lterren tot 24 juni 2011.	JAMM2012	mrt 2012
11	ma_lomm12_a1	2011	117	117	rechter	Wijzigingsbestanden voor winterbed ivm nevengeul Lomm (Inmeting nevengeul Lomm, dec 2011)	JAMM 2011	mrt 2012

12	ma_meers11_a1	2011	31	32	rechter	Inmeting van de grindrug bij Meers	B&O model 2012	febr 2012
13	ma_meers12_a1	2011	31	33	rechter	Meers actualisatie voortgang tot aan 17 augustus 2011	JAMM2012	20 jan 2012
14	ma_mhnul_a1	2011	133	161	linker	Nulsituatie Maasheggen gebied op de linkeroever v/d Maas, van Wanssum tot Cuijk	JAMM2018	2018
15	ma_nvoh13_a1	2011	205	209	linker	Actualisatie NVO Lithse ham op basis van DTB Nat	Actualisatie j13_4	18 apr 2014
16	ma_oold11_a1	2011	76	76	linker	de terrasuitbreiding Oolderhuuske	JAMM2011	22 november 2011
17	ma_ovdms11_a1	2011	199	204	rechter	De maatregel is een inmeting van het projectgebied van Over de Maas op de rechteroever van de Maas thv rkm 199-204.	nieuwe maatregel 6G	juni 2018
18	ma_owkb2e_a1	2011	126	129	linker	Ontwerp van de Ooijen-Wanssum klimaat buffer	beno 2012	2012
19	ma_paal11_a1	2011	209	212	rechter	NVO traject de Paaldere	HR2011	jan 2012
20	ma_ternaai_a1	2011	7	8	rechter	Ontwerp van het natuureiland in Grindgat Eijsden als compensatie voor de aanleg van 4° sluis Ternaaien	beno 2012	2012
21	ma_plhgt11_a1	2011	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor de rand van het zomerbed/winterbed, komen uit de oorspronkelijke GEOSWAT metingen maar vallen buiten sectie 1 (zomerbed)	JAMM2012	febr 2012
22	ma_zbbel11_a1	2011	82	191	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In mei 2011 is stuwpand gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
23	ma_zbbor11_a1	2011	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (mei 2011 is stuwpand gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
24	ma_zbgra11_a1	2011	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (juli 2011 is stuwpand gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
25	ma_zbgrm11_a1	2011	1	67	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas (jan 2011 gemeten)	JAMM2011	febr 2011
26	ma_zbgrv11_a1	2011	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (mrt 2011 gemeten)	JAMM2011	apr 2011
27	ma_zbgty11_a1	2011	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juli 2011 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
28	ma_zblin11_a1	2011	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (jul 2011 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
29	ma_zblit11_a1	2011	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jul 2011 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
30	ma_zbroe11_a1	2011	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (mei 2011 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
31	ma_zbsam11_a1	2011	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (mei 2011 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012

B.2.5 Baseline-j12_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j12_5-6G-v1 – volgorde inmixen Basis schematisatie: j11_5-6G-v1

	Maatregelnaam	Geldigheids jaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leverings datum
1	bm_zbma12_a1	2012	226	248	beide	Actualisatie Zomerbed obv nieuwe Multibeam metingen aug 2012 en verwerkt tot 1x1 meter grid	JAMM 2013	mrt 2013
2	ma_alem14_a1	2012	210	212	linker	Beschrijft de maaiveldverlaging in de uiterwaard bij Alem	Actualisatie j14_5	18 mrt 2015
3	ma_blmaa13_a1	2012	12	14	linker	actualisatie van de Maasboulevard Maastricht op basis van DTB NAT	JAMM 2013	26 mrt 2014
4	ma_bIVEN13_a1	2012	107	108	rechter	Beschrijft de Maasboulevard Venlo	Actualisatie j13_4	28 mei 2014
5	ma_borgh12_a1	2012	16	20	rechter	De eindsituatie (eind 2012) van het cluster Borgharen. De gegevens zijn gehaald uit de Maaswerken maatregel ma_mvka03_a1	JAMM 2012	mrt 2012
6	ma_dremp12_a1	2012	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2012)	JAMM2012	apr 2012
7	ma_eco12_a1	2012	1	227	beide	actualiseren van het landgebruik/ruwheden van de uiterwaarden van de Maas voor de situatie van 2012	JAMM2012	12 juni 2015
8	ma_hVEN13_a1	2012	108	108	rechter	Deze maatregel omvat de actualisatie van de haven van Venlo	Actualisatie j13_4	25 apr 2014
9	ma_itt12_a2	2012	20	22	rechter	Maaswerken situatie bij Itteren tot einde jaar 2012	JAMM2012	mrt 2012
10	ma_kotem13_a1	2012	28	28	linker	actualisatie van Kotem/Hal op basis van DTB NAT	Actualisatie j13_4	28 mrt 2015
11	ma_lomm13_a1	2012	117	117	rechter	Wijzigingsbestanden voor winterbed ivm nevengeul Lomm (Inmeting nevengeul Lomm, sept 2012)	JAMM2012	mrt2013
12	ma_maasw12_a1	2012	109	110	rechter	actualisatie van de geometrie van de Maaswaard, inclusief de verlegging van de primaire keringen (DGR-kades) in het gebied.	JAMM2013	28 mrt 2013

13	ma_meers12_a2	2012	31	33	rechter	Verwachte voortgang van het werk te Meers door Consortium Grensmaas (L'Orthey) t/m 31 dec 2012	JAMM2012	feb 2012
14	ma_nvobg13_a1	2012	117	181	rechter	beschrijft de actualisatie NVO Balgoy. Deze actualisatie is gedaan op basis van DTB NAT	Actualisatie j13_4	26 juni 2016
15	ma_nvogm12_a1	2012	201	206	linker	Natuurvriendelijke oevers in de Getijde Maas	Actualisatie J12_4	28-02-2013
16	ma_nvogm13_a1	2012	210	226	beide	actualisatie van de NVO getijdemaas op basis van DTB NAT	Actualisatie j13_4	14 mei 2014
17	ma_nvogr12_a1	2012	149	155	beide	Natuurlijk vriendelijke oevers stuwpannen Grave	Actualisatie j12_4	12-10-2012
18	ma_nvow13_a1	2012	176	180	linker	Actualisatie NVO Lage Wyth op basis van DTB Nat	Actualisatie j13_4	3 juli 2014
19	ma_nvoos13_a1	2012	193	196	linker	Natuurvriendelijke oever Ossenkamp + overgeulen	Actualisatie j13_4	14 mei 2014
20	ma_plhgt12_a1	2012	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor de rand van het zomerbed/winterbed, punten buiten sectie 1 (zomerbed) – oorspronkelijke maatregel ma_wbhgt12_a1	nieuwe maatregel 6G	juni 2018
21	ma_rawei16_a1	2012	108	109	linker	Actualisatie-maatregel van geul Raaijweide	JAMM2017	14 maart 2017
22	ma_zbbel12_a1	2012	82	191	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In juli 2012 is stuwpand gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
23	ma_zbbor12_a1	2012	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (mei 2012 is stuwpand gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
24	ma_zbgra12_a1	2012	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (juli 2012 is stuwpand gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
25	ma_zbgrm12_a1	2012	1	67	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas (jan 2012 gemeten)	JAMM2012	mrt 2012
26	ma_zbgrv12_a1	2012	157	175	beide	Wijzigingsbestanden voor delen van het zomerbed van het stuwpand Grave (mrt 2011 gemeten)	JAMM2011	30 mrt 2012
27	ma_zbgt12_a1	2012	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juli 2012 gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
28	ma_zblin12_a1	2012	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (jul 2012 gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
29	ma_zblit12_a1	2012	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jul 2012 gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
30	ma_zbroe12_a1	2012	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (jul 2012 gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
31	ma_zbsam12_a1	2012	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (jul 2012 gemeten)	JAMM2013	mrt 2013
32	ma_niftr13_a1	2012	182	183	rechter	Deze maatregel omvat de aanleg van een nevengeul ikv NVO1	JAMM2013	maart 2014
33	ma_sluiheu_a1	2012	166	166	rechter	Verbetermaatregel voor de voorhaven van sluis Heumen	BenO14	mrt 2014
34	ma_zbrug14_a1	2012	106	106	rechter	Actualisatie landhoofd aan de oostzijde van de Zuiderbrug bij Venlo obv DTB Nat	Actualisatie j15_5-t2	20 mrt 2015
35	ma_kad2012_a1	2012	1	165	beide	Kade maatregel t.b.v. j12 – 6 ^{de} generatie model, exacte kopie van ma_kad2008_a1	6de generatie model	juni 2018

B.2.6 Baseline-j13_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j13_5-6G-v1 – volgorde inmixen Basis schematisatie: j12_5-6G-v1

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_9oord13_a1	2013	39	43	linker	Actualisatie van de droge delen nabij Negenoord obv DTB Nat	JAMM 2013	10-jul-2014
2	ma_bberg13_a1	2013	38	39	rechter	Deze maatregel omvat de actualisatie van de oeverbescherming nabij Berg aan de Maas	JAMM 2013	02-apr-2014
3	ma_bichkog_a5	2013	42	47	linker	Ingrep Bichterweerd/Koggegreend; aanpassing obv nieuwe hoogtes uitgevoerd door Deme	JAMM 2013	28-mrt-2013
4	ma_borhlan_a1	2013	17	20	rechter	bomenlanen tussen Borgharen en Ifteren langs de Spekstraat	BenO 2012	26-okt-2012
5	ma_dremp13_a1	2013	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2013)	JAMM 2013	01-mrt-2013
6	ma_geull13_a1	2013	25	28	rechter	Ingrep Geulle aan de Maas	JAMM 2013	01-feb-2013
7	ma_gsvenlo_a1	2013	106	108	rechter	Dijkversterking Gelissensingel Venlo.	JAMM 2013	09-jan-2012
8	ma_heppgeu_a1	2013	50	51	linker	Ingrep openen geul Heppeneert langs de Maas	JAMM 2013	27-mrt-2013
9	ma_heppoev_a1	2013	50	51	linker	Correctie oever ten noorden van ingrep "ma_heppgeu_a1"	JAMM 2013	27-mrt-2013
10	ma_kasven1_a1	2013	90	114	beide	Verwijderen kassen als hoogwatervrije vlakken in Venlo en omstreken	BenO 2015	01-mrt-2015
11	ma_meers13_a1	2013	31	33	rechter	Verwachte voortgang van het werk te Meers door Consortium Grensmaas (L'Orthey) t/m 31 december 2013	JAMM 2013	01-feb-2013
12	ma_meetpnt_a2	2013	18	24	linker	Toevoeging Vlaamse meetpunten langs de Maas	JAMM 2013	27-mrt-2013
13	ma_plhgt13_a1	2013	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor de rand van het zomerbed/winterbed, punten buiten sectie 1 (zomerbed) – 2013	nieuwe maatregel 6G	01-jun-2018

14	ma_rzkplas_a1	2013	59	64	linker	Ingrep randzones Kessenich-plas	JAMM 2013	27-mrt-2013
15	ma_slhee17_a1	2013	68	68	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie sluisencomplex Heel (na sluisverlenging Maasroute)	JAMM 2018	23-mrt-2018
16	ma_strml13_a1	2013	6	220	beide	Uitgevoerde en verwachte nog uit te voeren werk meerdere gebieden voor project stroomlijn tot nov 2013	JAMM 2010	01-feb-2013
17	ma_zbbel13_a1	2013	82	191	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld (In juli 2013 is stuwpand gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
18	ma_zbbor13_a1	2013	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen (mei 2013 is stuwpand gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
19	ma_zbgra13_a1	2013	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave (juli 2013 is stuwpand gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
20	ma_zbgrm13_a1	2013	1	67	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas (jan 2013 gemeten)	JAMM 2013	01-mrt-2013
21	ma_zbgty13_a1	2013	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Getijdemaas (juli 2013 gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
22	ma_zblin13_a1	2013	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Linne (jul 2013 gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
23	ma_zblit13_a1	2013	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith (jul 2013 gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
24	ma_zbroe13_a1	2013	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond (jul 2013 gemeten)	JAMM 2014	01-mrt-2014
25	ma_zbsam13_a1	2013	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek (mei 2013 gemeten)	JAMM 2011	01-mrt-2014
26	ma_kad2013_a2	2013	1	165	beide	Kade maatregel t.b.v. j13 – 6 ^{de} generatie model, kopie van ma_kad2012_a1 + aanpassing bij Lomm	nieuwe maatregel 6G	01-jun-2018

B.2.7 Baseline-j14_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j14_5-6G-v1 – volgorde inmixen Basis schematisatie: j13_5-6G-v1

	Maatregelnaam	Geldigheids jaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leverings datum
1	ma_berct17_a1	2014	103	104	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie golfterrein de Berckt vlakbij Baarlo	JAMM2018	2018
2	ma_gadm14_a1	2014	23	29	beide	Deze maatregel omvat de actualisatie van Maaswerkencluster Geulle aan de Maas	Actualisatie j15_5	mrt 2015
3	ma_grwbeer_a1	2014	92	92	rechter	Actualisatie- en verbetermaatregel van de molen (een verplaatsing van de molen)	JAMM2017	23 feb 2017
4	ma_itter14_a1	2014	19	23	rechter	Deze maatregel omvat de actualisatie van Maaswerkencluster Iitteren	Actualisatie j15_5	mrt 2015
5	ma_lomm14_a2	2014	115	118	rechter	Peiling van het natte deel en een deel van het droge oppervlak HWG Lomm (eind dec 2014)	actualisatie j15_5	mrt 2015
6	ma_meers14_a1	2014	31	33	rechter	Verwachte voortgang van het werk te Meers door Consortium Grensmaas (L'Orthey) t/m 31 december 2014	JAMM2014	mrt 2014
7	ma_meetp14_a1	2014	1	227	beide	De maatregel bevat alle meetpunten in 2014. De meetpunten zijn afkomstig van LMW, Vlaanderen en de divers van RWS-ZN.	JAMM2014	mrt 2014
8	ma_mwadm14_a2	2014	25	26	rechter	ingrep Geulle aan de Maas, conform eindsituatie.	JAMM2014	B-24ecto 2014
9	ma_ovdms15_a1	2014	199	204	rechter	Actuele situatie van het project Over de Maas obv inmetingen 18 – 19 dec 2014	Actualisatie j15_5	mrt 2015
10	ma_phma14_a1	2014	2	199	beide	Wijzigingsbestanden voor het plashgt bestand.	JAMM2015	jan.2015
11	ma_phrm14_a1	2014	199	212	beide	Plashoogte verbeteringen obv punten die afvielen buiten sectie 1 van zomerbedlodingen van 2014	JAMM2015	sept 2014
12	ma_steylbo_a2	2014	103	103	rechter	Definitief Ontwerp t.b.v. waterwet vergunningaanvraag bochtverruiming bij Steyl	JAMM 2015	27 nov 2014
13	ma_stwei16_a1	2014	80	85	rechter	Actualisatie-maatregel van stadswide Roermond	JAMM2017	20 mrt 2017
14	ma_terpsam_a1	2014	147	148	rechter	Baselinemaatregel van terp benedenstrooms van stuw Sambeek.	JAMM2014	mrt 2014
15	ma_zbbel14_a1	2014	82	101	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Belfeld.	JAMM 2015	mrt 2015
16	ma_zbbor14_a1	2014	1	16	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Borgharen	JAMM 2015	mrt 2015
17	ma_zbgra14_a1	2014	146	176	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Grave	JAMM 2015	mrt 2015
18	ma_zblma14_a1	2014	175	201	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Lith.	JAMM 2015	mrt 2015
19	ma_zbroe14_a1	2014	70	81	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Roermond	JAMM 2015	mrt 2015
20	ma_zbsam14_a1	2014	100	147	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpand Sambeek	JAMM 2015	mrt 2015

21	ma_zwvrt15_a1	2014	214	216	linker	Verbetering van de monding van de Zuid-Willemsvaart in de Maas bij km 215,4.	JAMM2017	17 mrt 2017
22	ma_zberapl_a1	2014	2	247	beide	verwijderen plashoogte binnen sectie 1	nieuwe maatregel 6G	juni 2018
23	ma_kad2014_a2	2014	1	165	beide	Maatregel van aanpassingen aan kades in hoogte en tracé., + alle kaderingen van de j13 schematisatie gesloten.	JAMM2014	2013

B.2.8 Baseline-j15_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j15_5-6G-v1 – volgorde inmixen Basis schematisatie: j14_5-6G-v1

	Maatregelnaam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_boogeul_a1	2015	42	44	linker	Ingrep aanleg groene nevengeul Boeien langs de Maas (op basis van terreinontwerp)	JAMM2015	31 mrt 2015
2	ma_borgh17_a1	2015	16	19	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie winterbed van de ingrep Borgharen (asbuil situatie)	JAMM2018	2018
3	ma_bstey15_a1	2015	102	104	rechter	actualisatie DTB bij Steyl	JAMM2017	14 mrt 2017
4	ma_dremp15_a1	2015	23	35	beide	Kadebestand voor de drempels in de Grensmaas op basis van loding 2015.	JAMM2015	mrt 2015
5	ma_gebrk15_a1	2015	159	159	rechter	De actualisatie gebrande Kamp is 1-op-1 gebaseerd op het DTB en betreft een plas die groter is dan een bestaande plas en tevens verplaatsing van diezelfde plas	JAMM2017	14 mrt 2017
6	ma_geulwel_a1	2015	132	135	rechter	Toevoegen van V-vormige hoogwatergeul en weerdverlaging bij Wel-Aijen. (Zuidgeul Well-Aijen).	B&O model 2016	2016
7	ma_kadestb_a1	2015	138	139	rechter	Actualisatie van kade rondom bebouwing Sintelenberg 1 en 3 ten zuiden van Aijen (kade sinds 2012)	Actualisatie j15_5	2012
8	ma_kanjel_a1	2015	19	22	rechter	Maatregel die de beek Oude Kanjel toevoegd op de rechteroever van de Maas	JAMM2013	21 nov 2013
9	ma_keent15_a1	2015	177	180	Linker	Actualisatie- en verbetermaatregel van de uiterwaard bij Keent	JAMM2017	23 mrt 2017
10	ma_ksvar2_a8	2015	207	208	linker	Inrichtingsplan Kesselsche Waard in opdracht van K3Delta gelegen langs de Getijde Maas	JAMM2017	31 mrt 2017
11	ma_klwr16_a1	2015	11	12	rechter	Actualisatie-maatregel alleen van de geul (onderwater bodem) van de Kleine Weerd, geen winterbed en ecotopen.	JAMM2017	14 mrt 2017
12	ma_mpwel15_a1	2015	136	139	rechter	project Maasparc-Well zoals die naar verwachting uitgevoerd is aan het eind van 2015.	jamm 2015	31 mrt 2015
13	ma_negen15_a1	2015	40	42	linker	Correctie ingrep Negenoord Kerkeweerd, drempel tussen zomerbed Maas en plas Negenoord (basis CAD 2014).	Maaswerken	27 febr 2015
14	ma_oudem15_a1	2015	59	65	rechter	actualisatie monding van de Oude Maas in Stevol plas en de oever en bodemligging van de Stevol plas,	JAMM2017	Maart 2017
15	ma_plsbo15_a1	2015	1	248	beide	Ruwheidscodering van plassen ten behoeve van de vegetatielegger in B&O 2015:	Maas-leg15_5, maas-beno15_5	2015?
16	ma_sambeek_a1	2015	109	121	beide	Ontwerp zomerbedverdieping Sambeek (omzetting van een 3G maatregel die het Maaswerken ontwerp beschrijft)	beno 2013	2013
17	ma_vests17_a1	2015	62	62	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie van de vesting Stevensweert	JAMM2018	2018
18	ma_zbgrm15_a1	2015	16	63	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van de Grensmaas	JAMM 2015	mrt 2015
19	ma_zblin14_a1	2015	57	69	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het stuwpannd Linne	JAMM 2015	mrt 2015
20	ma_zblrm14_a1	2015	200	227	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van het Getijdemaas gebied.	JAMM 2015	mrt 2015
21	ma_kad2015_a6	2015	2	247	beide	kadebestand Maaswerken actuele situatie 2015: vervangt de lagere versies	beno 2015	2015

B.2.9 Baseline-j17_5-6G-v1 Maatregel lijst voor j17_5-6G-v1 – volgorde inmixen Basis schematisatie: j15_5-6G-v1

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_blslu17_a1	2016	214	214	linker	Maas, linkeroever: actualisatie Fort Blauwe Sluis (KRW-asbuil situatie) bij Den Bosch	JAMM 2018	05-mrt-2018
2	ma_borgh16_a1	2016	16	19	rechter	Borgharen rivierverruimende maatregelen Maaswerken: stroomgeulverbreding, de weerdverlaging als de dekgrondberging.	JAMM 2017	01-sep-2016

3	ma_damdb17_a1	2016	133	133	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie bij Natuurgebied de Baend (Well), toevoegen hoogtelijnen	JAMM 2018	12-mrt-2018
4	ma_empwd17_a1	2016	218	219	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie Empelse Waard (KRW asbuiltsituatie)	JAMM 2018	06-mrt-2018
5	ma_gadm16_a1	2016	23	29	rechter	Actualisatie van het Maaswerkenproject locatie/cluster Geulle aan de Maas.	JAMM 2017	01-mrt-2017
6	ma_henwd17_a1	2016	221	221	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie Henriette waard (KRW asbuiltsituatie)	JAMM 2018	07-mrt-2018
7	ma_kkwz17_a1	2016	79	79	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie kade LKW-zuid en hoogtes N280	JAMM 2018	22-mrt-2018
8	ma_krw3blw_a4	2016	213	215	linker	Ontwerp inrichtingsplan Fort de Blauwe Sluis (KRW)	BenO 2015	17-mei-2014
9	ma_krw3hrw_a2	2016	220	22	linker	referentieontwerp Henriettewaard – Crèvecouer	BenO 2015	17-mei-2014
10	ma_lslin17_a1	2016	69	73	linker	Aanpassing van het model bij Linne/Roermond (voortgang van het project Lus van Linne)	JAMM 2016	01-mrt-2017
11	ma_neerb17_a2	2016	89	89	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie van de ligging v/d Neerbeek bij Neer	JAMM 2018	19-mrt-2018
12	ma_nobrcor_a1	2016	40	42	linker	Wegwerken bres bij Oostelijke plas Negenoord en nabije werken opnemen.	JAMM 2017	22-mrt-2017
13	ma_overd17_a1	2016	239	247	rechter	Getijdemaas: rechteroever, DTB-actualisatie gebied RvdR Overdiepse Polder	JAMM 2018	22-feb-2018
14	ma_plhrm16_a2	2016	199	212	beide	Plashoogte verbeteringen obv punten die afvielen buiten sectie 1 van zomerbedomgevingen van 2016	nieuwe maatregel 6G	01-dec-2016
15	ma_rcode_a1	2016	10	45	beide	Deze maatregel past de nummering van de rcodes van de ruwheid 'zomerbed' aan naar de nieuwe trajecten zoals gedefinieerd in de herkalibratie van 2016.	JAMM 2016	01-apr-2016
16	ma_rndkess_a1	2016	60	64	linker	Ingrep Boterakker/Randzones Kessenich	JAMM 2017	22-mrt-2017
17	ma_sl4tn17_a1	2016	6	9	linker	Maas, linkeroever: DTB-actualisatie van Sluiscomplex Ternaaien met landtong	JAMM 2018	21-mrt-2018
18	ma_vlootbk_a1	2016	70	70	rechter	nieuwe benedenloop van de Vlootbeek bij Linne	JAMM 2017	31-mrt-2017
19	ma_zblma16_a1	2016	1	200	beide	Wijzigingsbestand voor het zomerbed van de Maas gemeten in 2016..	JAMM 2017	01-mrt-2017
20	ma_zblrm16_a1	2016	200	227	beide	Wijzigingsbestand voor het zomerbed van de rijnMaas-monding gemeten in 2016..	JAMM 2017	01-mrt-2017
21	ma_zgwel16_a2	2016	133	134	rechter	Actualisatie Zuid Geul Well	JAMM 2017	20-mrt-2017
22	ma_beeka17_a1	2017	124	124	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie beekmonding Roode beek of Roobeek bij Arcen.	JAMM 2018	14-mrt-2018
23	ma_booveuz_c1	2017	42	45	linker	Ingrep Boeien-Veurzen maar enkel het gedeelte ten Oosten van de toekomstige zomerdijk	JAMM 2017	01-mrt-2017
24	ma_fhl8gei_a5	2017	60	62	linker	Ontwerp Ingrep Geistingen	JAMM 2017	22-mrt-2017
25	ma_genhs17_a1	2017	157	157	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie Gennepshuis en Niers	JAMM 2018	08-mrt-2018
26	ma_gravo17_a1	2017	174	174	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie winterbed Grave, toevoegen plassen en hoogteinfo	JAMM 2018	13-mrt-2018
27	ma_hemwd17_a2	2017	196	200	linker	Maas, linkeroever: DTB actualisatie + tijdelijk depot Hemelrijkse waard (restant KRW t/m eind 2019)	JAMM 2018	02-mrt-2018
28	ma_kwvis17_a1	2017	50	51	rechter	Deze maatregel combineert de clusters Koeweide en Visserweert	JAMM 2017	01-mrt-2017
29	ma_lomm17_a1	2017	117	117	rechter	Peiling van het natte oppervlak HWG Lomm (9 januari 2017)	JAMM 2017	01-mrt-2017
30	ma_lomm18_a1	2017	114	117	rechter	Maas, rechteroever: inmetingen van het project HWG Lomm, situatie begin 2018.	JAMM 2018	01-mrt-2018
31	ma_maas17_a1	2017	193	193	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie winterbed boven water KRW maatregel Maasbommel	JAMM 2018	02-mrt-2018
32	ma_marin17_a2	2017	136	136	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie Marinapark Leukermeer bij Well	JAMM 2018	07-mrt-2018
33	ma_mbvlo_a1	2017	35	35	linker	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingrep Oeververdediging Mazenhoven, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
34	ma_meesmol_a2	2017	38	40	linker	Ingrep Meeswijk-Molenveld (terreinontwerp)	JAMM 2017	22-mrt-2017
35	ma_meetp17_a1	2017	1	227	beide	De maatregel bevat alle meetpunten in 2017	JAMM 2017	01-mrt-2017
36	ma_mpwel17_a1	2017	136	139	rechter	Beschrijft situatie project Maaspark-Well zoals die naar verwachting uitgevoerd is eind 2017.	JAMM 2017	31-mrt-2017
37	ma_oboek_a1	2017	41	42	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, werkweg Obbicht en Oeverbescherming, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
38	ma_ovdms17_a1	2017	199	204	rechter	Projectgebied Over de Maas: inmeting dec 2017	JAMM 2017	01-mrt-2017
39	ma_ovdms18_a1	2017	199	204	rechter	Maas, rechteroever: inmetingen van het project Over de Maas, situatie eind 2017/begin 2018.	JAMM 2018	01-mrt-2018
40	ma_phma17_a2	2017	3	199	beide	Plashoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie eind 2017	nieuwe maatregel 6G	01-mrt-2018
41	ma_plhrm17_a1	2017	199	247	beide	Plashoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie eind 2017	JAMM 2018	01-mrt-2018
42	ma_recplas_a4	2017	19	19	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, recreatieplas Ifteren, svz september 2017, bevat wel loding plasbodem en vegetatie is situatie 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
43	ma_slimmel_a1	2017	15	15	rechter	stukje uitbreiding van sluis Limmel.	JAMM 2017	01-mrt-2017
44	ma_venwb17_a1	2017	107	107	rechter	Maas, rechteroever: DTB-actualisatie winterbed bij Venlo	JAMM 2018	22-feb-2018
45	ma_zbhma17_a1	2017	3	199	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie eind 2017	JAMM 2018	01-mrt-2018

46	ma_zbhrm17_a1	2017	199	247	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie eind 2017	JAMM 2018	01-mrt-2018
47	bor17tmp5_a3	2017	16	19	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Borgharen, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
48	bos17tmp5_a4	2017	14	17	linker	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Bosscherveld, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
49	bos17tmp5_b2	2017	14	17	linker	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Bosscherveld, extra t/m december 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
50	cg17tmp5_a1	2017	38	50	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, werkwegen Nattenhoven-Visserweert, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
51	gam17_tmp5_a2	2017	24	29	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Geulle a/d Maas, svz vegetatie september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
52	gre17tmp5_a1	2017	41	45	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Grevenbicht, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
53	gre17tmp5_b2	2017	41	45	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Grevenbicht, extra t/m december 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
54	itt17tmp5_a1	2017	20	23	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Ifteren, svz september 2017	JAMM 2018 niet gebruikt	01-okt-2017
55	itt17tmp5_b2	2017	20	23	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Ifteren, extra t/m december 2017	JAMM 2018 niet gebruikt	01-okt-2017
56	mee17tmp5_a1	2017	32	34	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Meers, svz september 2017	JAMM 2018	25-jul-2017
57	mee17tmp5_b3	2017	32	34	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Meers, extra t/m december 2017	JAMM 2018	24-aug-2017
58	nat17tmp5_a2	2017	39	41	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Nattenhoven, svz september 2017	JAMM 2018	14-sep-2017
59	nat17tmp5_b2	2017	39	41	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Nattenhoven, extra t/m december 2017	JAMM 2018	14-sep-2017
60	urm-z_r15_a1	2017	36	37	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Urmond-Zuid, svz september 2017 (niet uitgevoerd)	JAMM 2018	25-sep-2017
61	koe17tmp5_a2	2017	45	48	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Koeweide, svz september 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
62	koe17tmp5_b2	2017	45	48	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Koeweide, extra t/m december 2017	JAMM 2018	01-okt-2017
63	vis17tmp5_a1	2017	48	51	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Visserweert, svz september 2017	JAMM 2018	01-sep-2017
64	vis17tmp5_b2	2017	48	51	rechter	Veiligheid Grensmaas eind 2017, ingreep Visserweert, extra t/m december 2017	JAMM 2018	07-sep-2017
65	ma_dremp17_a2	2017	23	35	beide	Hoogtes 9 Drempels Grensmaas (gebaseerd op lodingen uit 2017)	JAMM 2017	01-mrt-2017
66	ma_kad2017_a1	2017	1	165	beide	Maatregel van aanpassingen aan kades in hoogte en tracé. Tevens maakt deze maatregel alle kaderingen van de actuele schematisatie gesloten	JAMM 2014	01-mrt-2016
67	ma_eco17_a2	2017	1	247	beide	actualiseren van het landgebruik/ruwheden van de uiterwaarden van de Maas voor de situatie van 2017	nieuwe maatregel 6G	26-jul-2019
68	ma_mhnu1_a1	2011	133	161	linker	Nulsituatie Maasheggen gebied op de linkeroever v/d Maas, van Wanssum tot Cuijk	JAMM 2018	23-feb-2018

B.2.10 Baseline-j18_5-6G-v1

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Startkm	Eindkm	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_booveuz_d1	2018	42	44	linker	Maas, linkeroever: actualisatie situatie eind 2018 Boeien-Veurzen winterbed verruiming door Vlaanderen	JAMM 2018	01-mrt-2018
2	ma_dremp18_a1	2018	23	34	beide	Maas, drempels in het zomerbed gebaseerd op de lodingen van 2017 en verlengd in de plaszones v/d RV	JAMM 2018	01-mrt-2018
3	ma_fhl8gei_a6	2018	61	62	linker	Maas, linkeroever: actualisatie situatie eind 2018 Geistingen zomerbed en winterbed verruiming door Vlaanderen	JAMM 2018	01-mrt-2018
4	ma_kwvis18_a1	2018	48	49	rechter	Update Maaswerken ingreep Koeweide/Visserweert, situatie eind 2018 aanwezig	JAMM 2018	12-mrt-2018
5	ma_lslin18_a1	2018	69	73	linker	Maas, linkeroever: inmetingen van het project Lus van Linne, situatie begin 2018.	JAMM 2018	01-mrt-2018
6	ma_meetp18_a1	2018	3	247	beide	Actualisatie van coördinaten en locaties Meetstations van de Maas, situatie 2018	JAMM 2018	01-mrt-2018
7	ma_mpwel18_a1	2018	136	139	rechter	Maas, rechteroever: inmetingen van het project Maaspark Well, situatie eind 2018.	JAMM 2018	31-mrt-2018
8	ma_mwbos17_a2	2018	14	17	linker	Eindsituatie MW ingreep Bosscherveld ontwerp VKA-POL 2005, eind 2018 aanwezig	JAMM 2018	01-nov-2017
9	ma_mwitt14_a2	2018	19	23	rechter	Eindsituatie Maaswerken Ifteren	BenO 2011	01-apr-2014
10	ma_mwnat18_a1	2018	39	41	rechter	Tussentijdse situatie MW ingreep Nattenhoven eind 2018 aanwezig	JAMM 2018	07-mrt-2018
11	ma_mwveg18_a1	2018	16	51	rechter	Inschatting van de tussentijdse vegetatie op de Maaswerken ingreeplocaties, situatie eind 2018.	JAMM 2018	01-mrt-2018

12	ma_mwvis14_a1	2018	49	51	rechter	Eindsituatie Visserweert volgens ontwerp 2014, eind 2018 aanwezig	JAMM 2018	01-mrt-2018
13	ma_pvjkl18_a1	2018	22	23	rechter	Passeervak Zuid van het Julianakanaal dat aangelegd wordt in 2018.	JAMM 2018	05-feb-2018
14	ma_strml12_a3	2018	1	248	beide	Wijzigingsbestanden voor het landgebruik/ruwheden na uitvoering van Stroomlijn fase 3 (in leggerklassen) (eraze heggen verwijderd).	BenO 2015	30-mrt-2016
15	ma_bmlixhe_a1	2018	0	3	beide	Uitbreiding Maasmodel tot aan stuw Lixhe	nieuwe maatregel 6G	01-dec-2018
16	ma_jukan18_a1	2018	15	65	rechter	Uitbreiding Maasmodel incl. Julianakanaal	nieuwe maatregel 6G	21-sep-2018
17	ma_mwkan18_a1	2018	166	167	rechter	Uitbreiding Maasmodel incl. Maas-Waalkanaal	nieuwe maatregel 6G	21-sep-2018
18	ma_oudma18_a1	2018	247	248	linker	Uitbreiding Maasmodel incl. Oude Maasje	nieuwe maatregel 6G	05-sep-2018
19	ma_kad2018_a1	2018	1	165	beide	Update kadenbestand, situatie aanwezig langs de Onbedijkte Maas eind 2018	JAMM 2018	01-mrt-2018
20	ma_zbhma18_a2	2018	3	199	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie eind 2018	JAMM 2019	01-mrt-2019
21	ma_zbhm18_a1	2018	199	247	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie eind 2018	JAMM 2019	01-mrt-2019
22	ma_phma18_a2	2018	3	199	beide	Plashoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie eind 2018	JAMM 2019	01-mrt-2019
23	ma_phrm18_a1	2018	199	247	beide	Plashoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie eind 2018	JAMM 2019	01-mrt-2019

B.2.11 Baseline-j19_5-6G-v1

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Startkm	Eindkm	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leveringsdatum
1	ma_meetp19_a1	2018	3	247	beide	Actualisatie van coördinaten en locaties Meetstations van de Maas, situatie 2019	JAMM 2019	01-mrt-2019
2	ma_bveind_c3	2019	16	16	linker	Nieuwe eindsituatie Bosscherveld eind 2019	nieuwe maatregel 6G	22-mrt-2019
3	ma_litter19_a1	2019	19	23	rechter	Eindsituatie lterren, begin 2019, meting CG Peter Strigencz	JAMM 2019	31-mrt-2019
4	ma_wbhgtgm_a2	2019	31	51	rechter	Winterbedhoogten en plashoogten op verschillende locaties op de Grensmaas	JAMM 2019	31-mrt-2019
5	ma_nattenh_g1	2020	39	41	rechter	maatregel Nattenhoven met behoud van Perceel Van den Ende	nieuwe maatregel 6G	24-feb-2019
6	ma_dremp19_a2	2018	23	34	beide	maatregel van de 9 drempels in de Grensmaas gebaseerd op loding 2018	JAMM 2019	31-mrt-2019
7	ma_km229lr_a1	2019	229	229	rechter	maatregel te verbetering van het winterbed	JAMM 2019	31-mrt-2019
8	ma_mpwel19_a1	2019	136	139	rechter	project Maaspark Well, situatie eind 2019	JAMM 2019	31-mrt-2018
9	ma_ovdms19_a1	2019	199	204	rechter	project Over de Maas, situatie 2019	JAMM 2019	31-mrt-2019
10	ma_lslin19_a1	2019	69	73	linker	project Lus van Linne, situatie 2019	JAMM 2019	31-mrt-2019
11	ma_sangers_a1	2012	68	68	rechter	uitbreiding bedrijf Sangers te Linne	JAMM 2019	25-okt-2018
12	ma_uitdijk_a1	2015	189	190	linker	Inrichtingsplan Diedensche Uiterdijk	JAMM 2019	10-aug-2015
13	ma_krw4nvo_a1	2018	95	98	beide	KRW4 Natuurvriendelijke oevers langs de beide oevers van de Maas tussen km-raai 95.08 – 98.64	JAMM 2019	30-mei-2018
14	ma_krw4nvo_a2	2018	131	145	beide	KRW4 Natuurvriendelijke oevers langs de beide oevers van de Maas tussen km-raai 131.28 – 145.42	JAMM 2019	30-mei-2018
15	ma_krw4nvo_a3	2018	164	174	beide	KRW4 Natuurvriendelijke oevers langs de beide oevers van de Maas tussen km-raai 163.98 – 174.37	JAMM 2019	30-mei-2018
16	ma_krw4nvo_a4	2018	186	199	rechter	KRW4 Natuurvriendelijke oevers langs de rechteroever van de Maas tussen km-raai 185.90 – 199.32	JAMM 2019	30-mei-2018
17	ma_owando2_a1	2019	123	133	linker	dit is een onderdeel van de Ooijen-Wanssum maatregel ma_gow_do2_a2, alleen de hoogwatergeulen afgegraven	JAMM 2019	31-mrt-2019
18	ma_meesmol_b1	2018	38	40	linker	Ingrep Meeswijk-Molenveld op basis van As-builmetingen	JAMM 2019	25-mrt-2019
19	ma_geistin_a1	2018	60	62	linker	Ingrep Geistingen op basis van As-builmetingen	JAMM 2019	25-mrt-2019
20	ma_booveuz_e1	2019	43	44	linker	Ingrep Booien-Veurzen, het gedeelte ten noordwesten van de zomerdijk	JAMM 2019	25-mrt-2019
21	ma_kad2019_a4	2019	1	165	beide	Update kadenbestand, situatie aanwezig langs de Onbedijkte Maas eind 2019	JAMM 2019	01-mrt-2019
22	ma_brkaz18_a1	2019	9	9	rechter	Brandweerkazerne Maastricht-Zuid	JAMM 2019	04-mrt-2019
23	ma_gekam18_a1	2019	159	159	rechter	Actualisatie Gebrande Kamp	JAMM 2019	13-mrt-2019
24	ma_janbk18_a1	2019	147	147	linker	Monding St. Jansbeek nabij stuw Sambeek	JAMM 2019	14-mrt-2019
25	ma_molbk18_a1	2019	140	140	linker	Benedenloop Molenbeek	JAMM 2019	11-mrt-2019
26	ma_oevbe18_a1	2019	89	92	rechter	Oever Beesel geactualiseerd	JAMM 2019	05-mrt-2019
27	ma_oevgr18_a1	2019	112	113	linker	Oeverzone ten zuiden van Grubbenvorst	JAMM 2019	11-mrt-2019
28	ma_oevis18_a1	2019	75	75	rechter	oeverzone bij de plas Isabellagreed	JAMM 2019	04-mrt-2019
29	ma_oevur18_a1	2019	37	38	rechter	oeverbescherming Urmond	JAMM 2019	05-mrt-2019
30	ma_visit18_a1	2019	19	19	rechter	vis- en recreatieplas lterren	JAMM 2019	04-mrt-2019

31	ma_oefrm18_a1	2019	156	156	linker	Actualisatie Oeffeltse Raam + verwijderen 11 kribben	JAMM 2019	18-mrt-2019
32	ma_konings_a2	2019	155	156	rechter	Tussentijdse situatie van het project Koningsven dat grofweg de situatie van eind 2019	JAMM 2019	31-mrt-2019
33	ma_cor2019_a1	2019	3	145	beide	Correctiemaatregel voor 2019, verwijderen breuklijnen, hverschillijnen, plashoogten	JAMM 2019	31-mrt-2019
34	ma_cor2019_a2	2019	145	248	beide	Correctiemaatregel voor 2019, verwijderen breuklijnen, hverschillijnen, plashoogten	JAMM 2019	31-mrt-2019
35	ma_rsmab17_a1	2025	132	133	linker	Baselinemaatregel die de doorstroming van de oude Maasarm bij Ooijen-Wanssum	JAMM 2017	01-mrt-2017
36	ma_zombd19_a1	2019	1	247	beide	maatregel die zomerbedhoogten buiten sectie 1 omzet naar plashoogten (reparatie)	nieuwe maatregel 6G	01-sep-2019
37	ma_debaend_a3	1996	133	133	rechter	De Baend kleiput bij Well, aangepast aan maatregel ma_zgwel16_a2 als reparatie voor verkeerde mixvolgorde	JAMM 2010	13-sep-2010
38	ma_stlinne_a1	2019	69	70	rechter	actualisatie terrein stuw Linne op basis van ANH2	nieuwe maatregel 6G	01-okt-2019
39	ma_repar19_a1	2016	1	247	beide	Reparaties op de j19_5-6G controle	nieuwe maatregel 6G	31-mrt-2019
	ma_sluidbm_a1							

B.3 Conversie naar Baseline 6 en Baseline6-maatregelen

Voor ieder van de definitieve varianten worden de volgende acties uitgevoerd:

- Conversie van de hoogwatervrije_vlakken. De hoogwatervrije_vlakken met kenmerk 'pijlers' en 'hvatvrij' worden achtereenvolgens geselecteerd en voor deze selectie vlakken wordt de juiste ruwheidscode ingevuld.
 - Kenmerk = 'pijlers' → Ruwheidscode = 3
 - Kenmerk = 'hvatvrij' → Ruwheidscode = 2
 - Overige features houden hun originele ruwheidscode
- Uitvoeren van de Converter van Baseline 5 naar Baseline 6
- Aanmaken van initiële condities
- Leeggooien bridge_points
- Conversie van (lege) bridge lines en points naar routes en events
- Overlaatinstellingen van kribben (Elevated_lines_routes met type 'Groyne') worden geselecteerd en aangepast naar een breedte (CREST_WIDTH) van 2.5 m, en een helling (SLOPE_LEFT en SLOPE_RIGHT) van 3.
- Inmixen van maatregelen: (zie onderstaande maatregellijst)
 - Vervangen van alle meetpunten
 - Vervangen van alle lateralen
 - Vervangen van alle afvoerraaien
 - Vervangen van alle bruggen
 - Vervangen van alle kunstwerken
 - Verplaatsen secties t.b.v. benedenrand Keizersveer
 - Zomerbedruwheid
 - Kalibratiefactor (aangemaakt met smooth transitions (L = 2000 m; n=19))
 - Theoretische maatregelen (Kromme Nol), noodzakelijk bij schematisaties na 2010 om het bodemhoogtemodel te corrigeren.

Het inmixen van de maatregelen is een iteratief proces en is daarom meerdere malen uitgevoerd.

Vervolgens kan de conversie van Baseline 6 naar FM uitgevoerd worden. Hierbij worden alle onderdelen aangevinkt, behalve de volgende opties:

- In model boundary
- Use cdf enclosure if present

Deze conversie duurt ongeveer 7 tot 9 uur.

#####

```
#
# De naam voor deze variant is : Definitieve variant jXX_6-WX
# De basis voor deze variant is : Geconverteerde      jXX_5-6G-wX
#
#####
#
#
..\..\maas_6_maatr\ma_bronput_a7
..\..\maas_6_maatr\ma_bruggen_a4
..\..\maas_6_maatr\ma_kalibf_a6
..\..\maas_6_maatr\ma_meetp18_a13
..\..\maas_6_maatr\ma_Qraai6G_a8
..\..\maas_6_maatr\ma_seckeiz_a1
..\..\maas_6_maatr\ma_struct_a4
..\..\maas_6_maatr\ma_zomerb_a3

# Alleen in j10 en j14

..\..\maas_6_maatr\hu_kromnol_a1

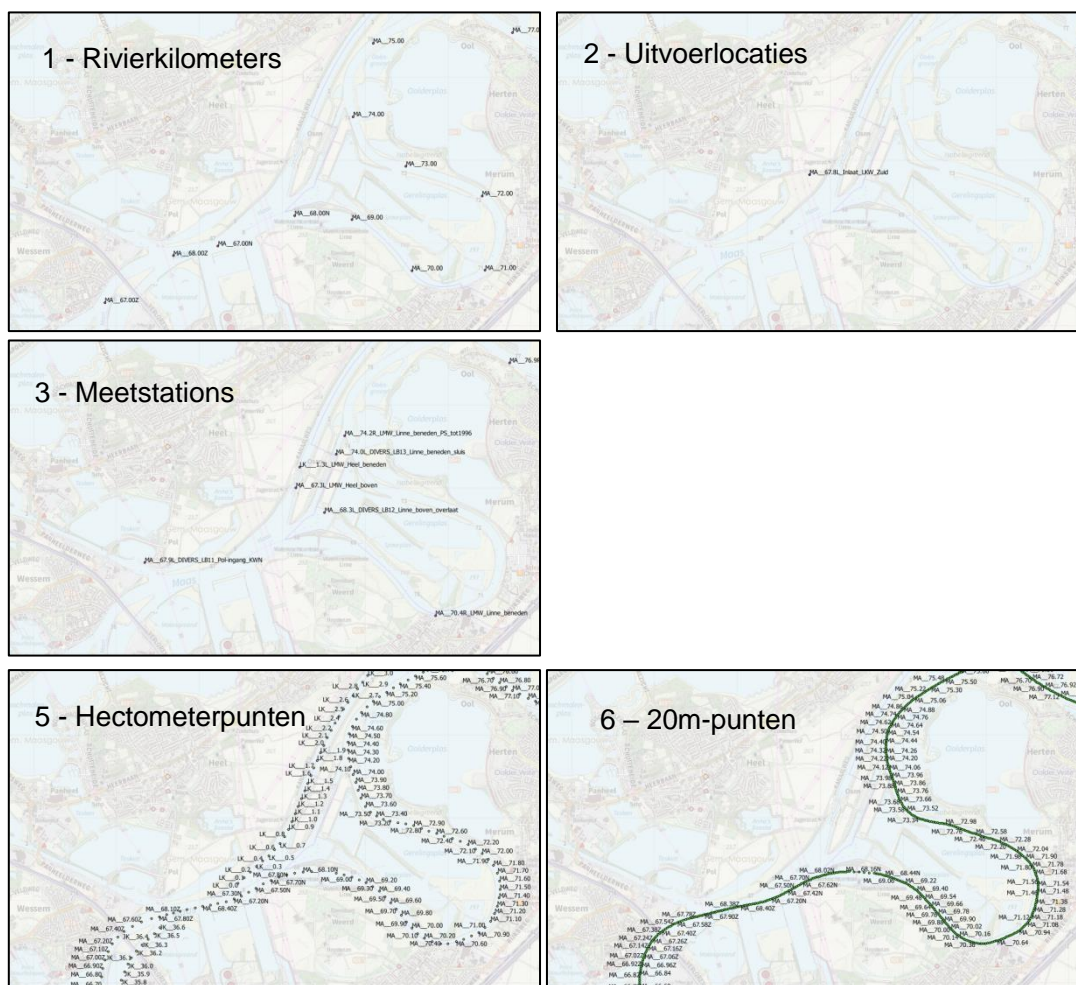
# einde
```

B.4 Overzichten

B.4.1 Meetstations

De meetstations (output_locations) in het model zijn opgedeeld in vijf klassen:

- 1 Rivierkilometers
- 2 Meetstations
- 3 Uitvoerlocaties
- 4 WBI-locaties (niet opgenomen in model)
- 5 Hectometerpunten
- 6 20m-punten



Hieronder volgt een overzicht van alle meetstations en uitvoerlocaties die in het model zijn opgenomen. De naam van het meetstation is opgebouwd volgens de naamgevingsconventie (Rijkswaterstaat, 2019). Het bestaat uit de volgende delen:

- Naam riviertak
- Rivierkilometer
- Oever (L/R)
- Type station:
 - LMW-H: Landelijk Meetnet Water – Waterstandsmeting
 - HIC: Meetstation Vlaanderen
 - DIVER_LB: Meting met een Diver van RWS Zuid-Nederland
 - PS: Aflezen van een peilschaal. Dit zijn locaties die destijds met de hand werden afgelezen met een interval van 24 uur.
- Naam
- Geldigheid ('_tot2017'): Enkele stations zijn in de loop der jaren verplaatst of verwijderd. Van deze stations is de oude locatie ook opgenomen met het jaartal tot wanneer dit meetpunt actief was.

Tabel: Overzicht meetstations (type 2)

X	Y	Naam
176087	320014	MA_15.9_L_LMW-H_Overlaet-Boscherveld
191749	353823	MA_67.8_L_Inlaat-LKW-Zuid

142390	416644	MA_225.0_L_Gemaal-Groenendaal
--------	--------	-------------------------------

Tabel: Overzicht meetstations (type 3)

X	Y	Naam
178354	323321	JK_2.95_R_LMW-H_Bunde
187399	346434	JK_29.59_R_LMW-H_Echt
192214	354261	LA_1.30_L_LMW-H_Heel-beneden
175840	307630	MA_2.56_R_LMW-H_Eijsden-Grens
177029	309753	MA_5.03_R_DIVER_LB1-Eijsden-Dorp
196510	359688	MA_8.32_L_DIVER_LB16-Buggenum-spoorbrug
176810	315459	MA_10.80_L_LMW-H_Sint-Pieter-Noord
176690	317712	MA_13.00_L_DIVER_LB2-Servaasbrug-boven
176783	317817	MA_13.21_C_DIVER_LB3-Servaasbrug-beneden
176987	320056	MA_15.25_R_LMW-H_Borgharen-Julianakanaal
176394	320358	MA_16.00_R_LMW-H_Borgharen-dorp
175840	322219	MA_18.40_L_HIC_Lanaken-Smeermaas
176570	323182	MA_19.60_L_DIVER_HIC-P1
176808	323484	MA_19.93_R_DIVER_LB4-Itteren
178961	326241	MA_24.78_L_HIC_Uikhoven-tot2019
179189	326657	MA_25.25_L_HIC_Uikhoven
180894	329866	MA_29.32_R_LMW-H_Elsloo
180840	329930	MA_29.42_R_LMW-H_Elsloo-tot1996
179545	329649	MA_31.00_L_DIVER_HIC-ZB5
179137	329511	MA_31.40_L_DIVER_HIC-ZB6
178632	329654	MA_32.00_L_DIVER_HIC-ZB9
179219	331410	MA_34.00_L_DIVER_HIC-ZB17
179494	332053	MA_34.76_L_HIC_Eisden-Mazenhoven
179438	332140	MA_34.80_L_HIC_Maasbeemder-Greend
181606	335268	MA_38.93_L_HIC_Meeswijk-veer
182195	337000	MA_40.80_L_DIVER_HIC-P7
180488	337193	MA_41.10_L_DIVER_HIC-P10
181076	337820	MA_42.50_L_HIC_Negenoord-West
181154	337921	MA_42.50_L_HIC_Negenoord
181515	339255	MA_44.00_L_HIC_Dilsen-Rotem-tot2012
181948	340166	MA_44.94_R_LMW-H_Grevenbicht-tot2020
181864	340182	MA_44.95_L_HIC_Rotem
183408	341131	MA_47.80_L_DIVER_HIC-ZB12
183985	341820	MA_48.83_R_DIVER_LB5-Visserweert
184169	343152	MA_50.25_L_DIVER_HIC-ZB13
184038	345122	MA_52.80_L_HIC_Maaseik
185687	344779	MA_54.42_R_DIVER_LB6-Overlaat-contelmo
185344	345750	MA_55.00_L_HIC_Maaseik-Herenlaak

187409	346859	MA_55.90_R_DIVER_LB7-Brug-Ohe-en-Laak-boven
187444	346958	MA_56.10_R_DIVER_LB8-Brug-Ohe-en-Laak-beneden-nieuw
185255	346771	MA_57.00_R_DIVER_LB9-Schroevend-plas
184478	346535	MA_57.45_L_DIVER_HIC-P14
184953	346853	MA_57.60_R_DIVER_LB10-Dilkensplas
185552	349028	MA_60.40_L_HIC_Ophoven-de-Spaenjerd
186802	349166	MA_61.57_R_LMW-H_Stevensweert
186504	351416	MA_63.30_L_DIVER_HIC-P15
192115	353908	MA_67.30_L_LMW-H_Heel-boven
190341	353097	MA_67.90_L_DIVER_LB11-Pol-ingang-KWN
192511	353702	MA_68.30_L_DIVER_LB12-Linne-boven-overlaat
193848	352457	MA_70.40_R_LMW-H_Linne-beneden
192648	354403	MA_74.00_L_DIVER_LB13-Linne-beneden-sluis
192755	354630	MA_74.20_R_PS_Linne-beneden-tot1996
194742	355510	MA_76.98_R_DIVER_LB14-Ool
195289	357100	MA_79.50_L_DIVER_LB15-Doorlaat-brug-beneden-Noorderplas
196589	356961	MA_79.75_R_LMW-H_Roermond-boven
196530	358070	MA_80.27_L_PS_Roermond-boven-tot1996
196460	358410	MA_81.42_L_PS_Roermond-beneden-tot1996
197473	360273	MA_85.77_L_LMW-H_Buggenum-Hanssummerweerd
198083	363530	MA_89.96_L_PS_Neer-tot1994
198088	363653	MA_90.11_L_LMW-H_Neer
201140	366688	MA_94.89_L_LMW-H_Kessel-tot2013
201162	366704	MA_94.90_L_DIVER_LB17-Kessel
205620	370180	MA_100.17_R_PS_Belfeld-boven-tot1996
205600	370172	MA_100.75_R_LMW-H_Belfeld-boven
205919	371932	MA_102.56_R_LMW-H_Belfeld-beneden-tot1996
205868	372046	MA_102.69_R_LMW-H_Belfeld-beneden
208729	375660	MA_107.47_L_LMW-H_Venlo
209189	375918	MA_108.16_R_PS_Venlo-tot1996
208575	381335	MA_113.82_R_DIVER_LB18-Velden
209991	387427	MA_120.45_R_PS_Arcen-tot1996
209984	387448	MA_120.53_R_DIVER_LB19-Arcen
208141	392127	MA_126.00_R_DIVER_LB20-De-Hamert
203917	395659	MA_132.10_R_LMW-H_Well-dorp
203009	394251	MA_133.20_L_DIVER_LB21-Oude-Maas-Wanssum
200047	398132	MA_137.20_L_DIVER_LB22-Maashees
199180	401082	MA_140.50_L_DIVER_LB23-Vierlingsbeek
197713	405042	MA_144.96_R_LMW-H_Sambeek-boven
195928	406307	MA_147.45_R_LMW-H_Sambeek-beneden-tot1996
195421	406464	MA_147.70_L_LMW-H_Sambeek-beneden
194915	410501	MA_153.34_R_DIVER_LB24-Brug-Gennep-boven

194370	412182	MA_155.10_L_LMW-H_Gennep
194390	412280	MA_155.21_L_PS_Gennep-tot1996
191727	414528	MA_159.26_R_DIVER_LB25-De-kop
189059	418038	MA_164.40_R_DIVER_LB26-Mook-passantenhaven
188015	418979	MA_165.80_R_LMW-H_Mook
183061	418532	MA_170.80_R_DIVER_LB27-Overasselt
179581	419271	MA_174.62_R_LMW-H_Grave-boven
179194	420071	MA_174.90_R_PS_Grave-boven-tot1996
178910	420405	MA_175.97_R_LMW-H_Grave-beneden-tot1996
177966	420819	MA_177.00_R_LMW-H_Grave-beneden
173725	423068	MA_182.20_L_DIVER_LB28-Ravenstein
173402	423778	MA_183.00_R_DIVER_LB29-Ravenstein-Beneden-Spoorbrug
167465	427045	MA_190.40_R_DIVER_LB30-Gouden-Ham-beneden-overlaat
167124	426519	MA_190.75_L_LMW-H_Megen-dorp
163463	426067	MA_195.30_L_DIVER_LB31-Oijen
163426	426130	MA_195.34_L_PS_Oijen-tot1994
159765	424547	MA_200.69_L_LMW-H_Lith-boven
159730	424530	MA_200.74_L_LMW-H_Lith-boven-tot1996
158130	424571	MA_202.37_L_LMW-H_Lith-dorp
152986	423140	MA_209.10_R_DIVER_LB32-Sint-Andries-Maas
151216	416871	MA_215.40_L_LMW-H_Empel-beneden
147031	416092	MA_221.00_L_WS_Crevecoeur
136864	416437	MA_230.61_L_LMW-H_Heesbeen
120875	414720	MA_247.60_R_LMW_Keizersveer
175483	320596	ZV_1.50_L_LMW-H_Smeermaas

B.4.2 Afvoerraaien

De opbouw van de naam van afvoerraaien is vrijwel identiek aan meetpunten en wordt niet nogmaals herhaald. De volgende typen zijn gedefinieerd in de kolommen:

- | | | |
|---|-----|---|
| 1 | QK | Afvoerraaien ter plekke van de rivier kilometer |
| 2 | QMI | Afvoerraaien van incidentele metingen, en |
| | QML | LMW afvoermeting of andere reguliere meting |
| 3 | QR | Afvoerraaien ten behoeve van afvoerafhankelijke zomerbedruwheid |
| 4 | QL | Afvoerraai bij een LMW-station |
| 5 | QO | Afvoerraai voor overige toepassingen |

Tabel: Overzicht afvoerraaien (alle types)

Naam	Type
LA_1.30_QL_Heel-beneden	4
LA_5.20_QMI_Doorlaatbrug	2
LA_8.30_QMI_Buggenum-spoorbrug	2
MA_2.56_QML_Eijsden-Grens	2
MA_6.28_QR_EijsdenGrens-SintPieterNoord	3

MA_8.10_QMI_Ontgrinding-Eijsden	2
MA_10.80_QML_Sint-Pieter-Noord	2
MA_12.60_QMI_Maastricht	2
MA_13.00_QR_SintPieterNoord-Borgharendorp	3
MA_14.60_QMI_Overlaat-Boscherveld	2
MA_15.25_QL_Borgharen-Julianakanaal	4
MA_16.00_QML_Borgharen-dorp	2
MA_16.98_QR_Borgharendorp-LanakenSmeermaas	3
MA_17.30_QMI_Borgharen-dorp	2
MA_18.40_QL_Lanaken-Smeermaas	4
MA_20.98_QR_LanakenSmeermaas-Uikhoven	3
MA_25.25_QL_Uikhoven	4
MA_27.02_QR_Uikhoven-Elsloo	3
MA_29.33_QL_Elsloo	4
MA_32.98_QR_Elsloo-EisdenMazenhoven	3
MA_34.76_QL_Eisden-Mazenhoven	4
MA_37.00_QR_EisdenMazenhoven-Meeswijkveer	3
MA_38.20_QMI_Urmond	2
MA_38.93_QL_Meeswijk-veer	4
MA_39.98_QR_Meeswijkveer-Negenoord	3
MA_42.50_QL_Negenoord	4
MA_44.02_QR_Negenoord-Grevenbicht	3
MA_44.95_QL_Grevenbicht	4
MA_49.02_QR_Grevenbicht-Maaseik	3
MA_52.30_QMI_Maaseik	2
MA_52.40_QMI_Maaseik-Brug	2
MA_52.80_QML_Maaseik	2
MA_58.36_QR_Maaseik-Stevensweert	3
MA_61.57_QL_Stevensweert	4
MA_62.00_QMI_Oude-Maas-Stevensweert	2
MA_63.80_QMI_Stevensweert	2
MA_64.02_QR_Stevensweert-Linnebeneden	3
MA_67.00_QMI_Clauscentrale2	2
MA_67.00_QMI_Clauscentrale1	2
MA_67.30_QL_Heel-boven	4
MA_67.40_QO_Maasbracht-brug	5
MA_68.00_QO_Inlaat-LKW-Zuid	5
MA_70.40_QL_Linne-beneden	4
MA_74.00_QMI_Merum-Ool	2
MA_78.78_QR_Linnebeneden-Roermondboven	3
MA_79.75_QL_Roermond-boven	4
MA_84.00_QO_Inlaat-LKW-Noord1	5

MA_84.00_QO_Inlaat-LKW-Noord2	5
MA_84.60_QMI_Buggenum-spoorbrug	2
MA_85.77_QL_Buggenum-Hanssummerweerd	4
MA_87.34_QR_Roermondboven-Neer	3
MA_90.11_QL_Neer	4
MA_90.50_QMI_Rijkelse-Bemden	2
MA_92.80_QR_Neer-Belfeldboven	3
MA_95.60_QMI_Kessel	2
MA_100.75_QL_Belfeld-boven	4
MA_102.10_QMI_Tegelen	2
MA_102.70_QL_Belfeld-beneden	4
MA_104.98_QR_Belfeldbeneden-Venlo	3
MA_107.47_QML_Venlo	2
MA_109.60_QMI_Venlo	2
MA_113.00_QMI_Velden	2
MA_119.00_QMI_Lottum	2
MA_120.00_QR_Venlo-Welldorp	3
MA_125.20_QMI_Ooijen	2
MA_130.50_QMI_Blitterswijk	2
MA_132.10_QL_Well-dorp	4
MA_137.04_QR_Welldorp-Sambeekboven	3
MA_137.50_QMI_Maashees	2
MA_144.96_QL_Sambeek-boven	4
MA_147.70_QL_Sambeek-beneden	4
MA_151.00_QO_Boxmeer-Oude-Maasarm	5
MA_152.12_QR_Sambeekboven-Gennep	3
MA_155.10_QL_Gennep	4
MA_159.40_QR_Gennep-Mook	3
MA_165.80_QL_Mook	4
MA_171.60_QR_Mook-Graveboven	3
MA_174.62_QL_Grave-boven	4
MA_177.00_QL_Grave-beneden	4
MA_182.00_QMI_Ravenstein	2
MA_182.50_QO_Ravenstein	5
MA_182.86_QR_Graveboven-Megendorp	3
MA_190.75_QML_Megen-dorp	2
MA_195.44_QR_Megendorp-Lithboven	3
MA_200.70_QL_Lith-boven	4
MA_202.37_QL_Lith-dorp	4
MA_215.40_QL_Empel-beneden	4
MA_217.30_QR_Lithdorp-Heesbeen	3
MA_229.50_QMI_Heusden	2

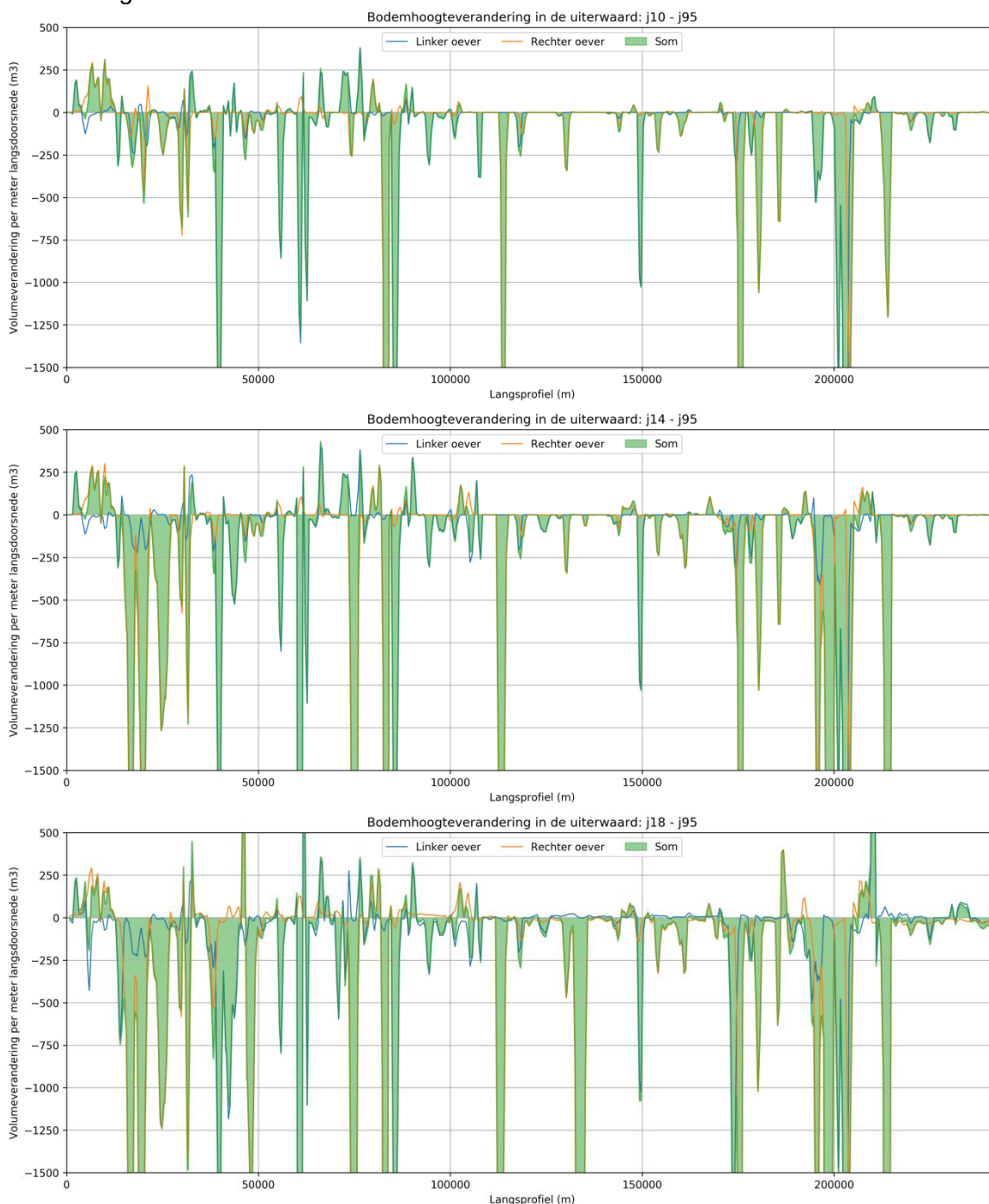
MA_230.61_QL_Heesbeen	4
MA_239.02_QR_Heesbeen-Keizersveer	3
MA_247.60_QL_Keizersveer	4

B.5 Plausibiliteitscontrole

Gedurende het project is enkele keren een plausibiliteitscontrole uitgevoerd om te controleren of de verandering in de Baseline-varianten plausibel was. Hierbij is zowel gekeken naar modelinvoer (de Baseline bodemhoogte) als naar modeluitvoer (waterstand en stroomsnelheid). De uitgebreide studie van B.5.1 en B.5.2 is voor het laatst uitgevoerd in 2018 en beschrijft dus niet de allerlaatste versie van het model. De verschilanalyse in B.5.3 is uitgevoerd in 2020 en beschrijft de (bijna) definitieve versies van de schematisaties.

B.5.1 Modelinvoer

In onderstaande figuren en tabellen worden de Baseline schematisaties die gebruikt worden in dit project met elkaar vergeleken. De verschillen tussen 1993 en 1995 zijn beperkt tot enkele noodkaden, waardoor het niet nodig is afzonderlijk naar 1993 te kijken. Op basis van de hier weergegeven resultaten zijn aanpassingen aan het model uitgevoerd bij stuw Lith. Na deze stap zijn de figuren niet opnieuw gemaakt.

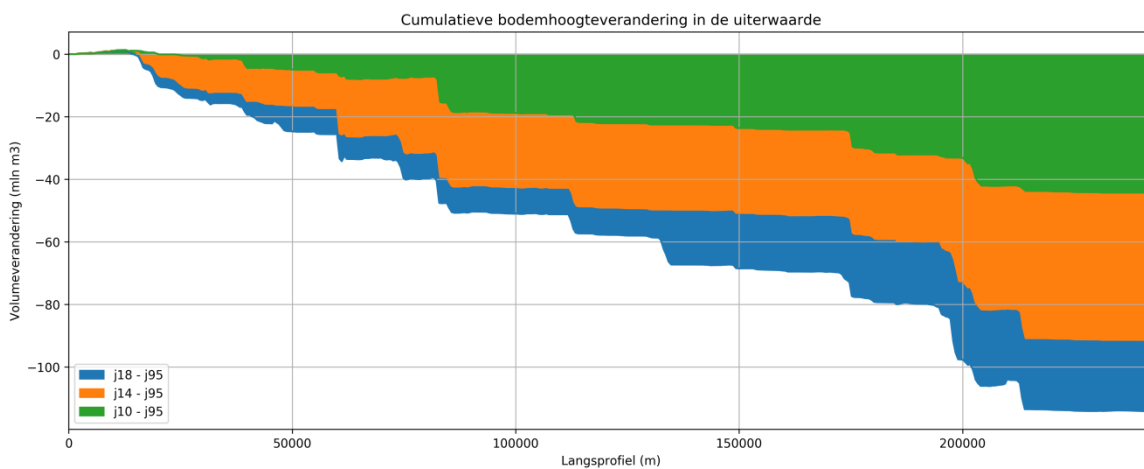
Bodemhoogte winterbed

De volumeverandering is berekend door gebruik te maken van de zogenaamde SOBEK-vakken. Dit is een discretisatie van de Maas in polygonen in lengterichting met een lengte van 500 m, die gebruikt wordt voor het opbouwen van de 1D dwarsprofielen voor het SOBEK-model. Voor de berekening van de volumeverandering is onderscheid gemaakt tussen linker en rechter oever en is het zomerbed eruit gehaald. In de vakken is gekeken naar de volumeverandering van de bodem. SOBEK-vakken hebben een gemiddelde lengte van 500 meter, daarom is de resulterende waarde gedeeld door 500 m om zo te komen tot de

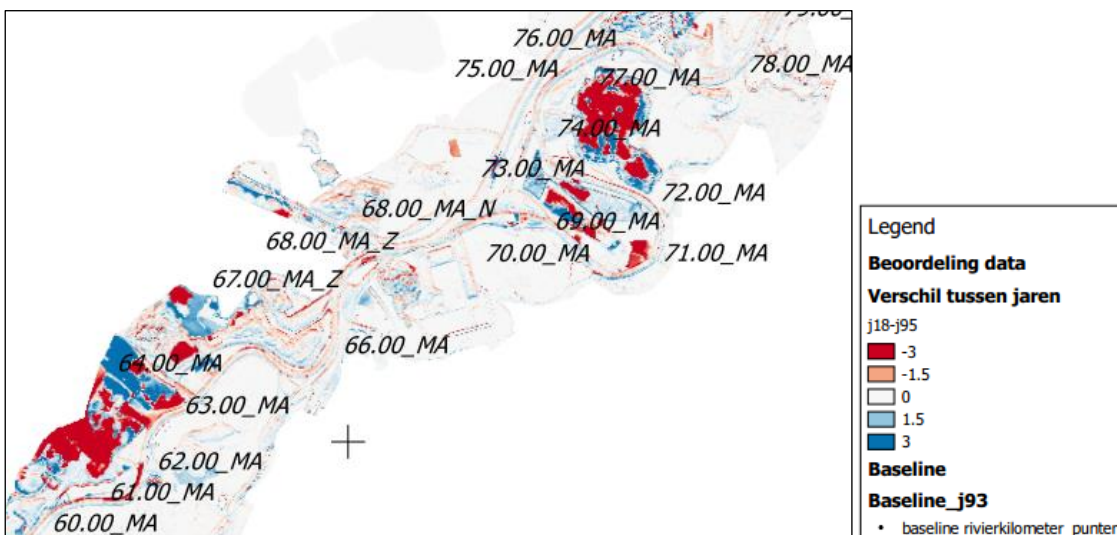
volumeverandering per strekkende meter. Er is gebruik gemaakt van een lopend gemiddelde over 1 km om de figuur leesbaarder te maken.

Door de integraal onder de grafiek te nemen komen we tot de cumulatieve bodemverandering. Er blijkt uit de figuren een duidelijke verruiming van het rivierbed.

Belangrijke noot in deze analyse is dat alles is berekend ten opzichte van de bodem in 1995. Een dijkverlegging waardoor de uiterwaarden in oppervlak toenemen is hierin niet meegenomen.



Om de analyse te ondersteunen zijn ook kaarten van alle verschillen gemaakt. Deze zijn vanwege hun grote formaat niet bijgeleverd bij deze rapportage, maar los aangeleverd.

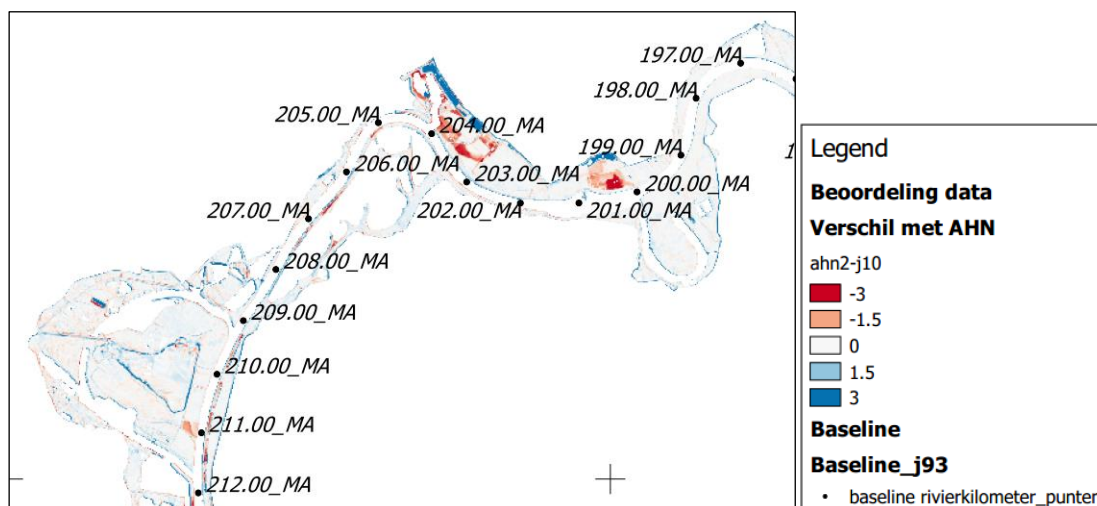


Figuur: Uitsnede uit map van bodemhoogteverschil j18 – j95.

Vergelijking met AHN

Ten slotte is ook een vergelijking met het AHN uitgevoerd. Het AHN heeft een opname datum in Brabant van het eerste kwartaal van 2011 (dit komt overeen met het j10-model). In Limburg is de opname datum het eerste kwartaal van 2012 (j11-model). Het AHN3 is opgenomen in het eerste kwartaal van 2017 (Brabant) en 2018 (Limburg).

Figuren zijn gemaakt op een raster van 20m. Omdat in Baseline dijken als overlaten zijn geschematiseerd en daardoor niet in het hoogtemodel voorkomen, vallen deze locaties extra op. Onderstaande figuur toont een uitsnede uit de vergelijking AHN2 – j10.



Figuur: Uitsnede uit map van bodemhoogteverschil tussen AHN en j10-model.

B.5.2 Modeluitvoer

Er worden ook enkele simulaties uitgevoerd met de Baseline 6 projecties van j93, j95, j10 en j14 om te controleren of de resultaten plausibel zijn, en of hier onverwachte resultaten in optreden. Er wordt gebruik gemaakt van een versimpeld model, omdat het enkel om de controle van de geometrie gaat. Het model bevat geen kalibratie, stuwsturing en lateralen. Er wordt gebruik gemaakt van een constante afvoer bij Eijsden en een QH relatie bij Keizersveer. In onderstaande tabel zijn deze randvoorwaarden en de (vaste) toestanden van de keringen weergegeven. Hierin staat ook waarop simulaties beoordeeld worden.

Tabel: Berekeningen uitgevoerd in de plausibiliteitscontrole

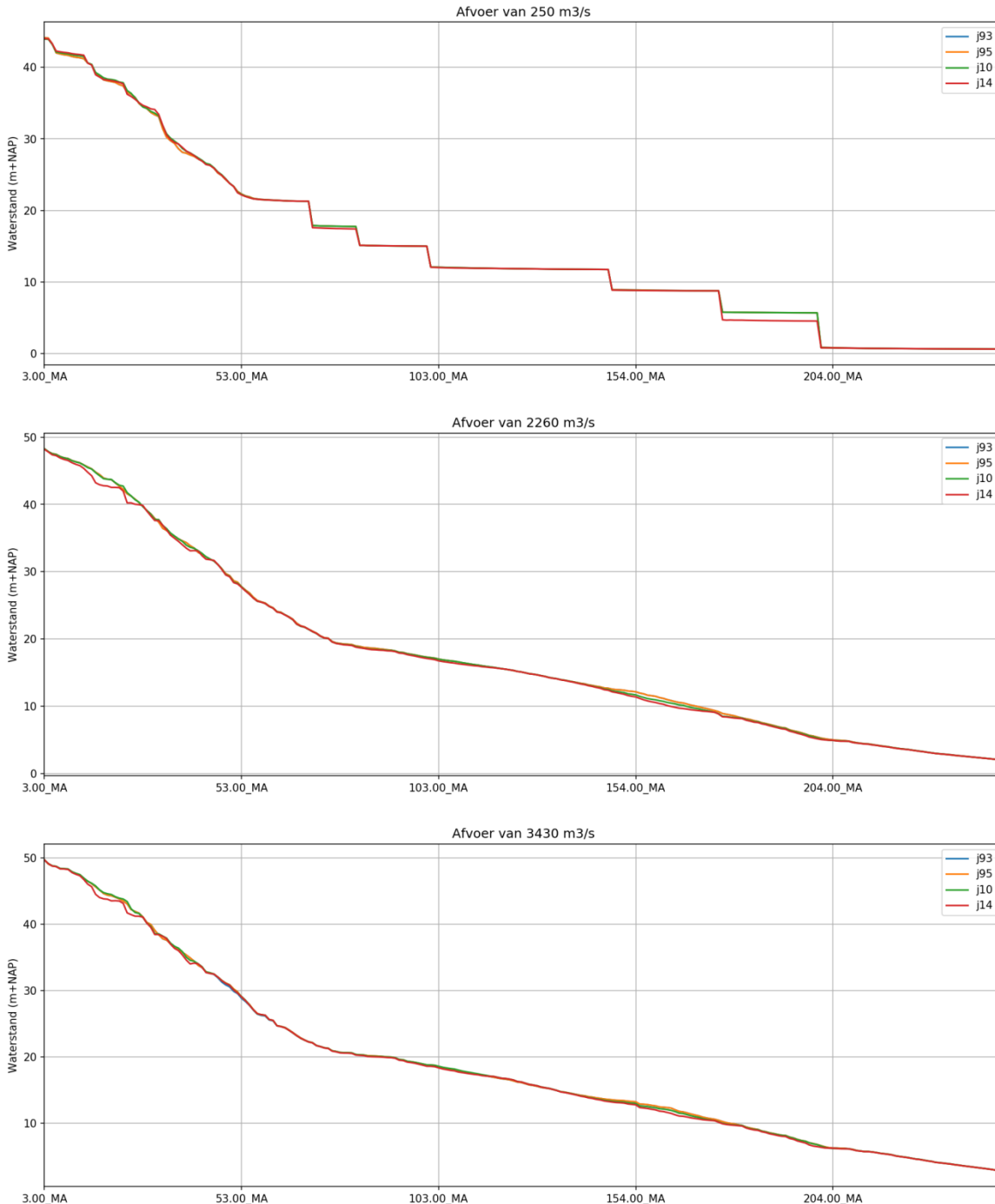
Stationaire rvw	Stuwen	Keringen	Resultaten
250 m ³ /s	Gesloten ¹	Open	Lekkage stuwen Langsdoorsnede Stroombeelden
2260 m ³ /s	Open	Gesloten	Langsdoorsnede Inundatie Stroombeelden
3430 m ³ /s	Open	Gesloten	Langsdoorsnede Inundatie Stroombeelden

¹ De stuwhoogten in gesloten toestand zorgden voor een te hoge opstuwning in de stuwpannen. Hierdoor vind ook inundatie plaats bovenstrooms van de stuwen

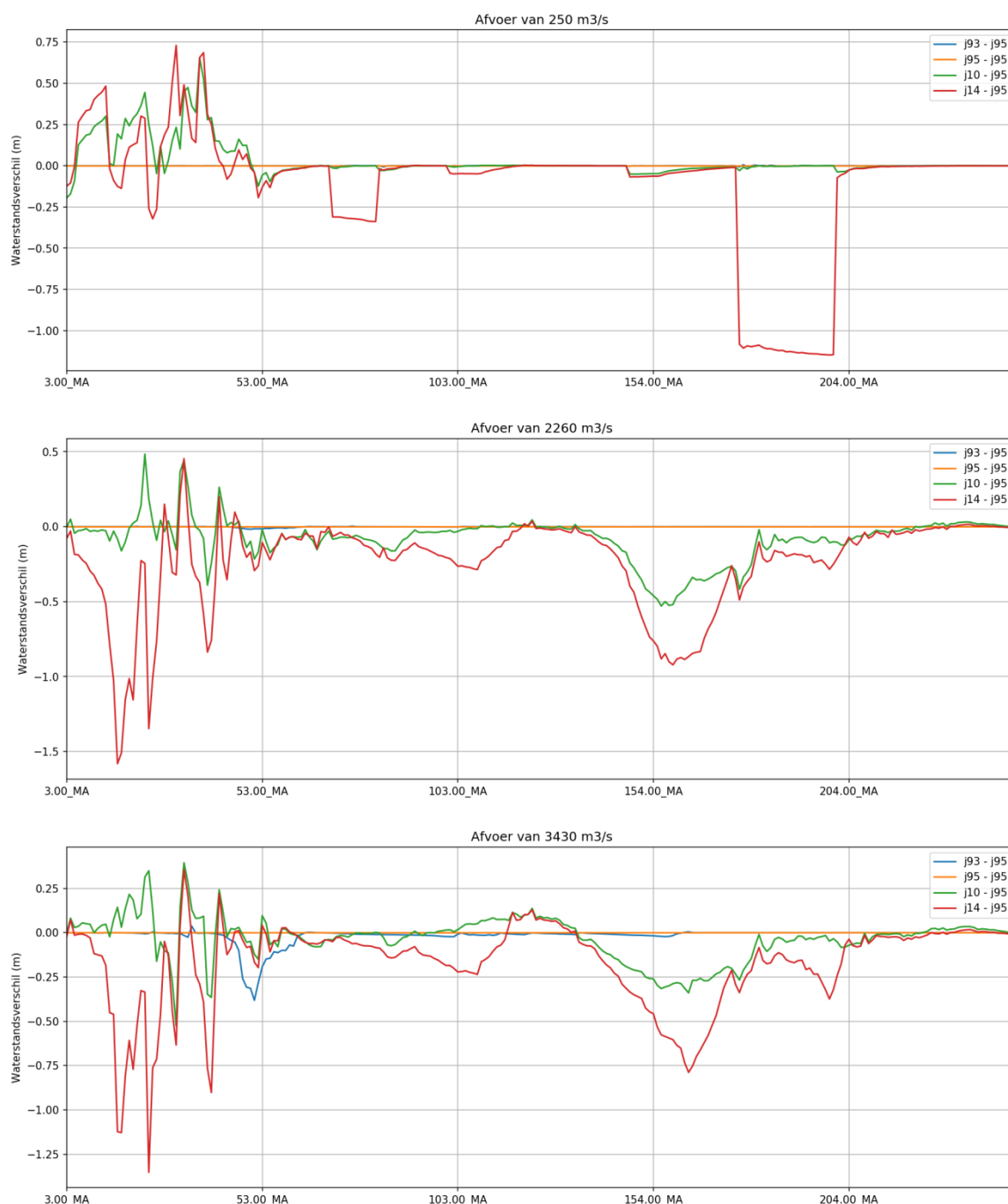
Langsdoorsnede

In onderstaande twee figuren is de waterstand en het waterstandsverschil weergegeven in alle modellen. Omdat het totale verval in het model (tot 50 meter) veel groter is dan de verschillen tussen de modellen, zijn in de eerste figuur de verschillen nauwelijks zichtbaar. Wel is de gestuwde Maas duidelijk zichtbaar (bij 250 m³/s) en blijkt hieruit ook dat in stuwpannd Lith en Roermond de waterstand verschilt in het j14-model. Dit wordt veroorzaakt doordat er enige

lekkage is bij de beide stuwen. Dit is gerepareerd in de definitieve versie van de schematisaties. Bij 250 m³/s en bij de afvoeren 2260 m³/s en 3430 m³/s zijn vele verschillen zichtbaar ten gevolge van de maatregelen. Deze verschillen zijn plausibel.



Figuur: Waterstanden in de 4 modellen bij verschillende stationaire afvoeren.



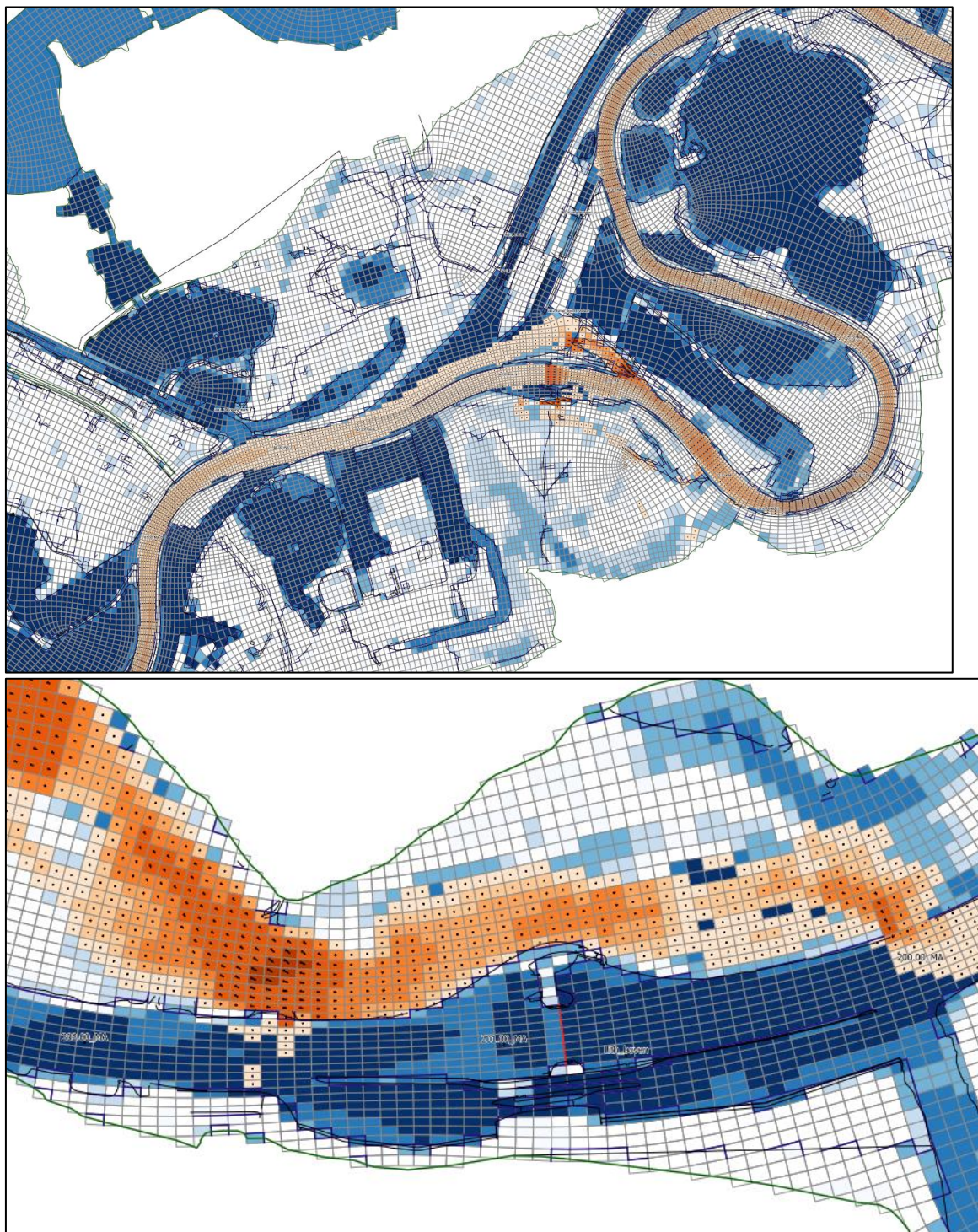
Figuur: Verschil in waterstanden in de 4 modellen bij een verschillende stationaire afvoeren.

Inundatiekaarten met stroombeelden

Daarnaast zijn kaarten opgeleverd aan Rijkswaterstaat met hierin een combinatie van originele Baseline-data, grid-snapped features, inundatie en de stroomsnelheid. Ze zijn gemaakt voor 2014 en 1995 voor de afvoerniveaus Q250, Q2260 en Q3430. Aangenomen is hierbij dat als deze perioden voldoen, dat dan ook de modellen van 1993 en 2010 zullen voldoen.

Deze kaarten zijn gebruikt om al deze aspecten tegelijk te kunnen beoordelen. Hieronder staan enkele details uit deze kaarten. Uit de analyse kwamen meerdere op- en aanmerkingen op de

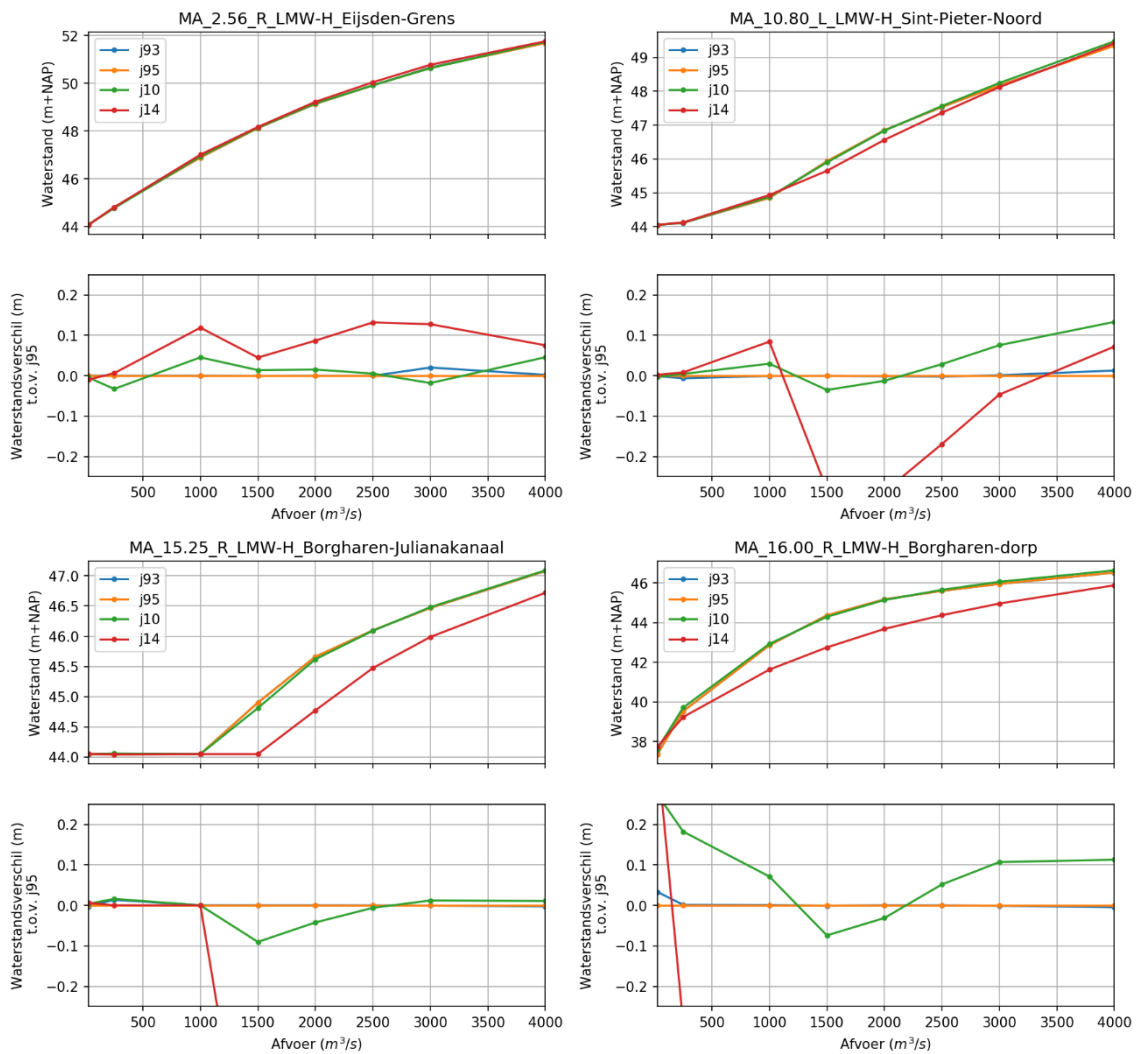
modelresultaten. Zo is in deze figuur zichtbaar dat de stroming bij lage afvoer (250 m³/s) niet over de stuw, maar door de uiterwaard gaat. Deze en andere opmerkingen zijn gebruikt om de Baseline-data en het rekenrooster te verbeteren.

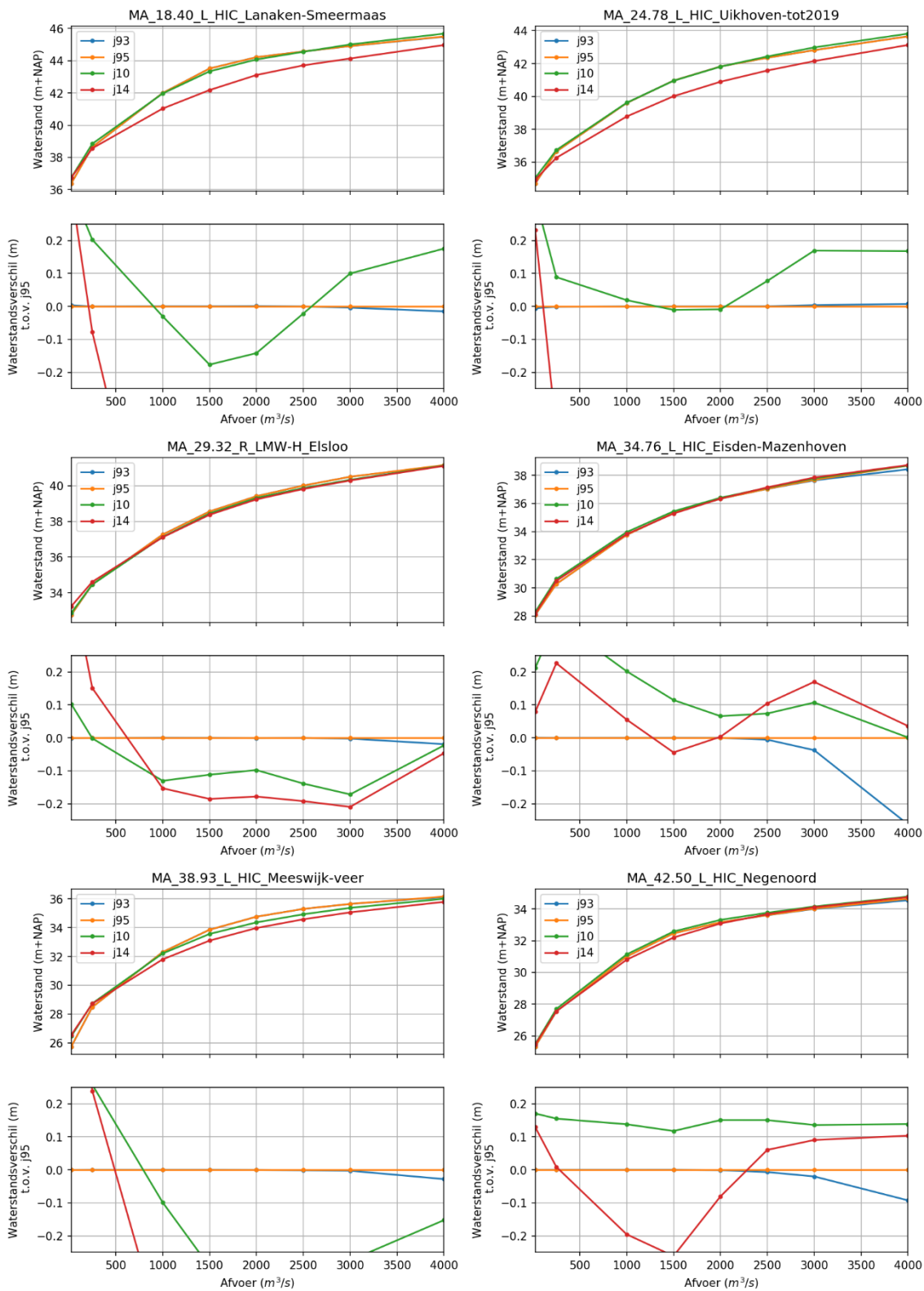


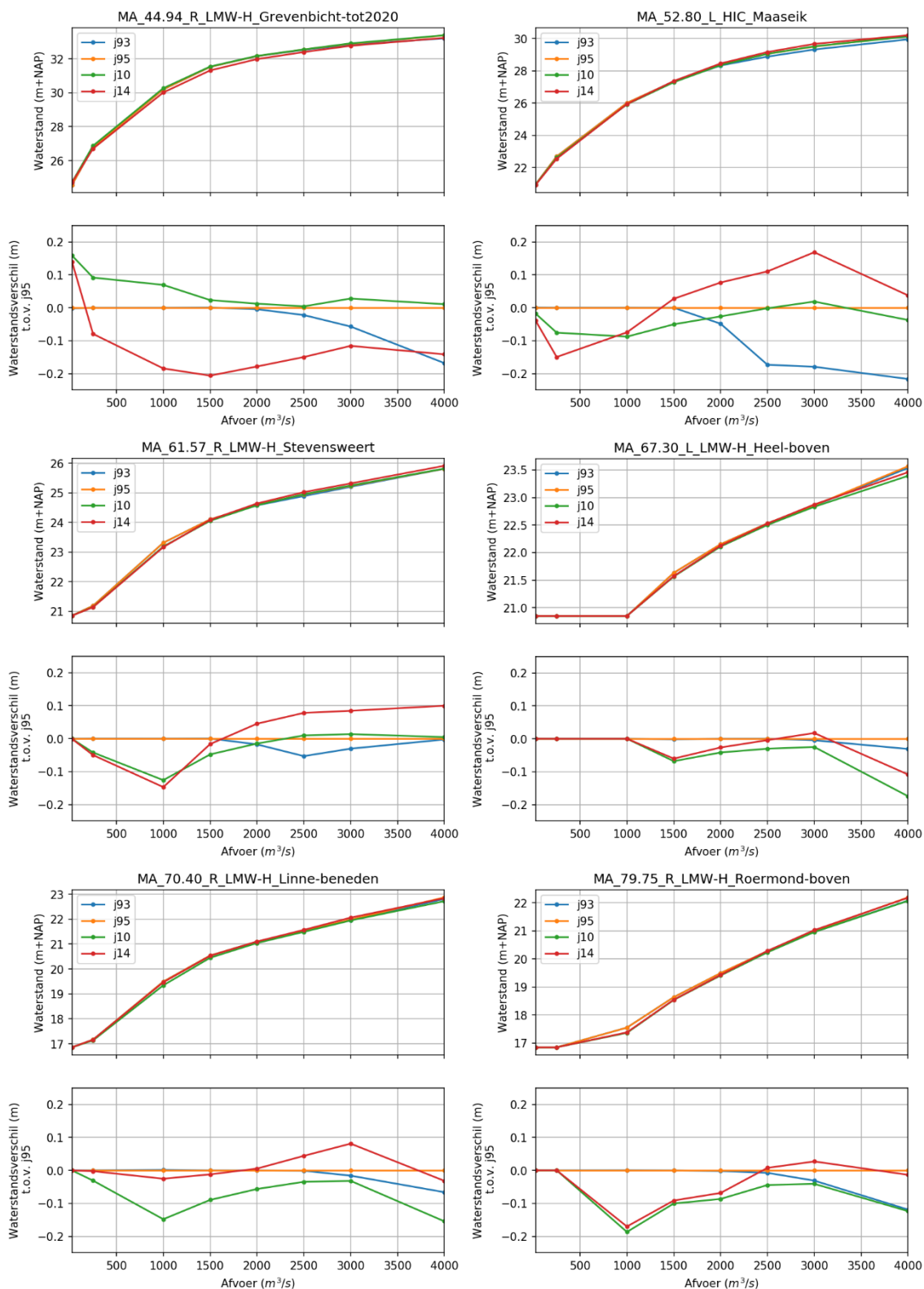
Figuur: Voorbeeld van enkele kaarten van de modelresultaten ten behoeve van de plausibiliteitscontrole.

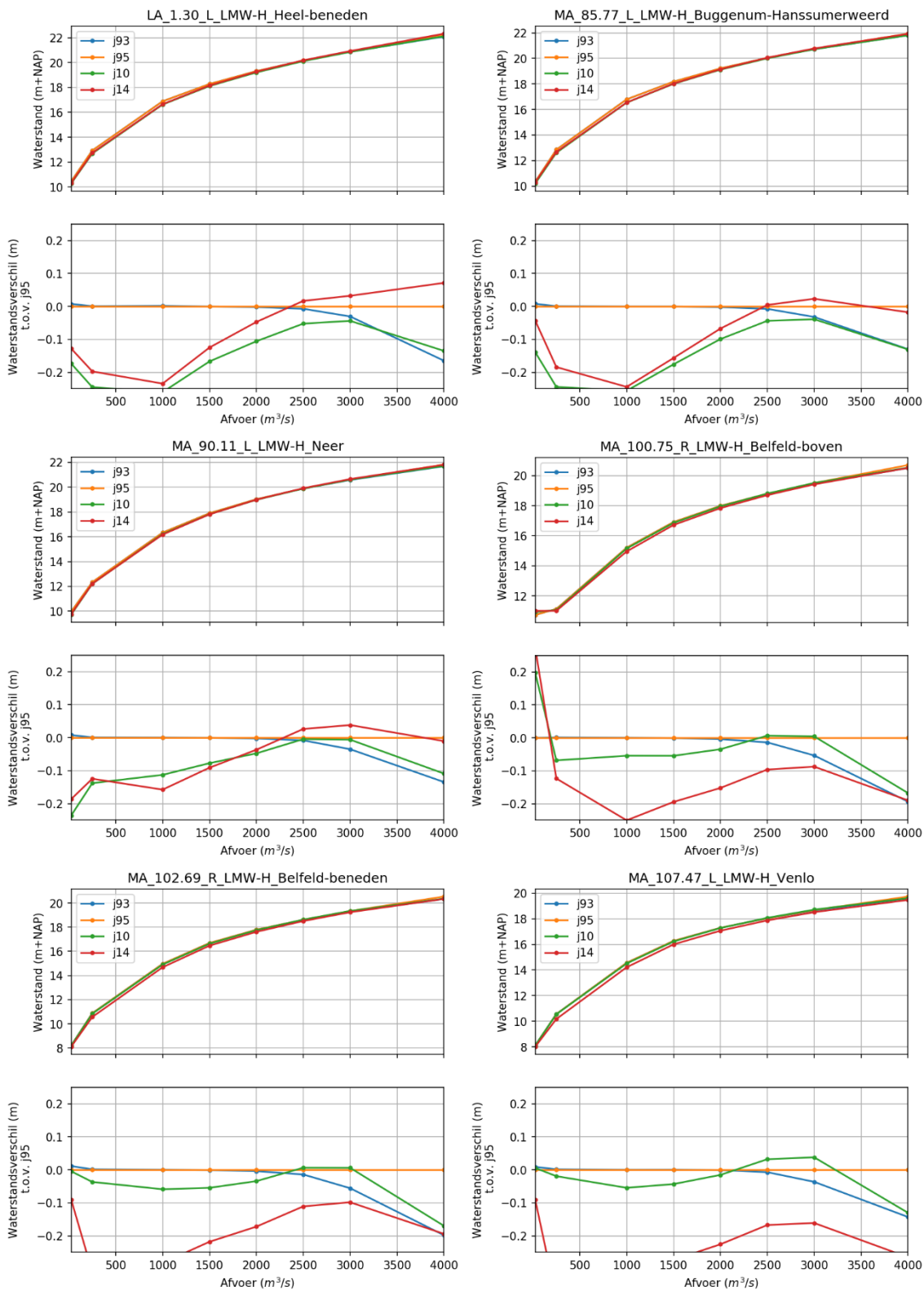
B.5.3 Waterstandsveranderingen per station

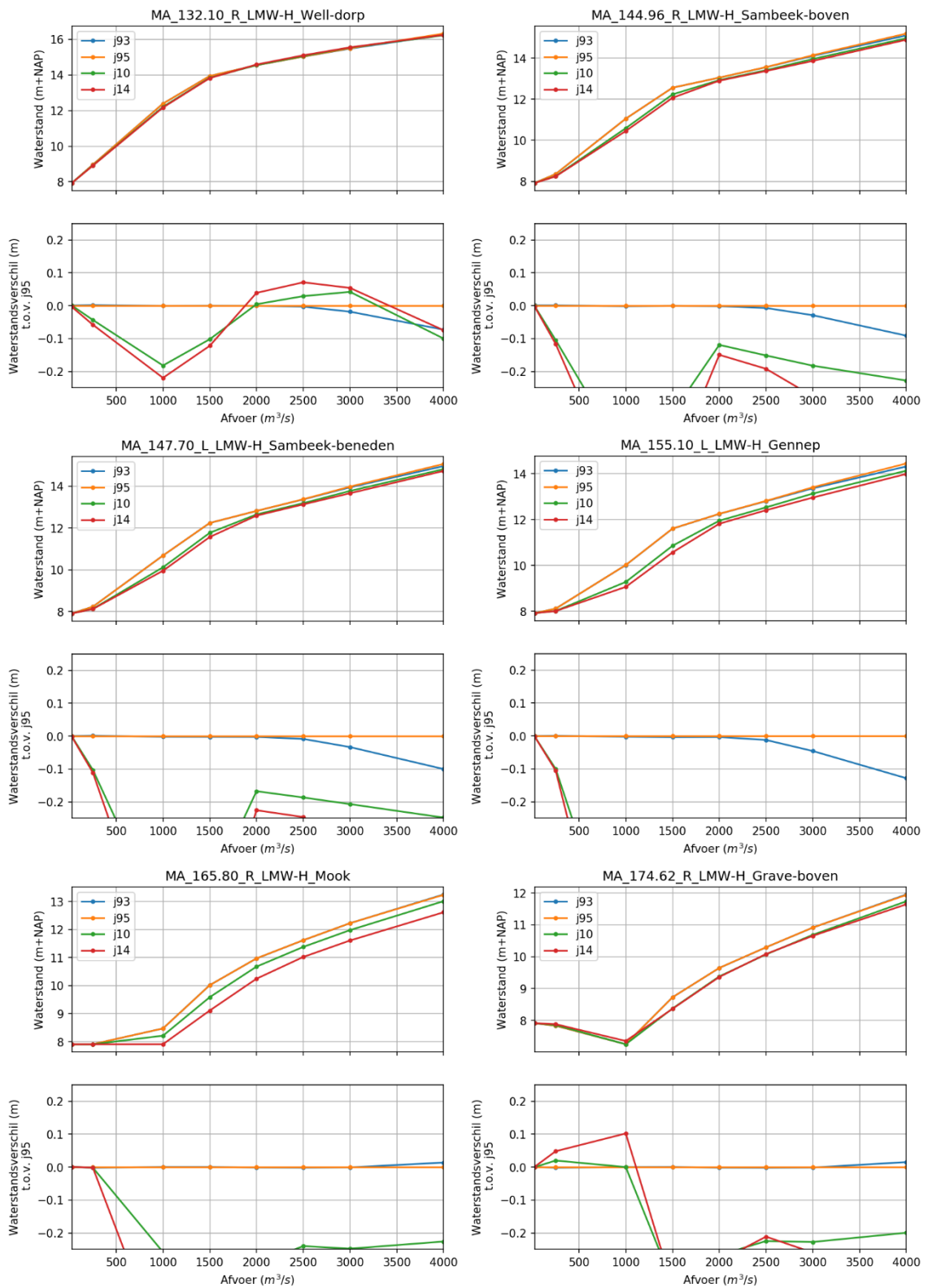
Een semi-stationaire simulatie is gedraaid met 8 afvoerniveaus, waarbij ieder niveau gedurende 6 dagen constant wordt gehouden. De absolute waterstanden zijn niet nauwkeurig omdat we kijken naar een ongekalibreerd model. De relatieve verschillen geven wel een beeld van de verschillen in geometrie van de verschillende modellen. Dit verschil is afgezet t.o.v. 1995. Hoewel grote verschillen in waterstanden worden gevonden, zijn de resultaten wel plausibel vanwege de grote maatregelen die zijn uitgevoerd in de Maas.

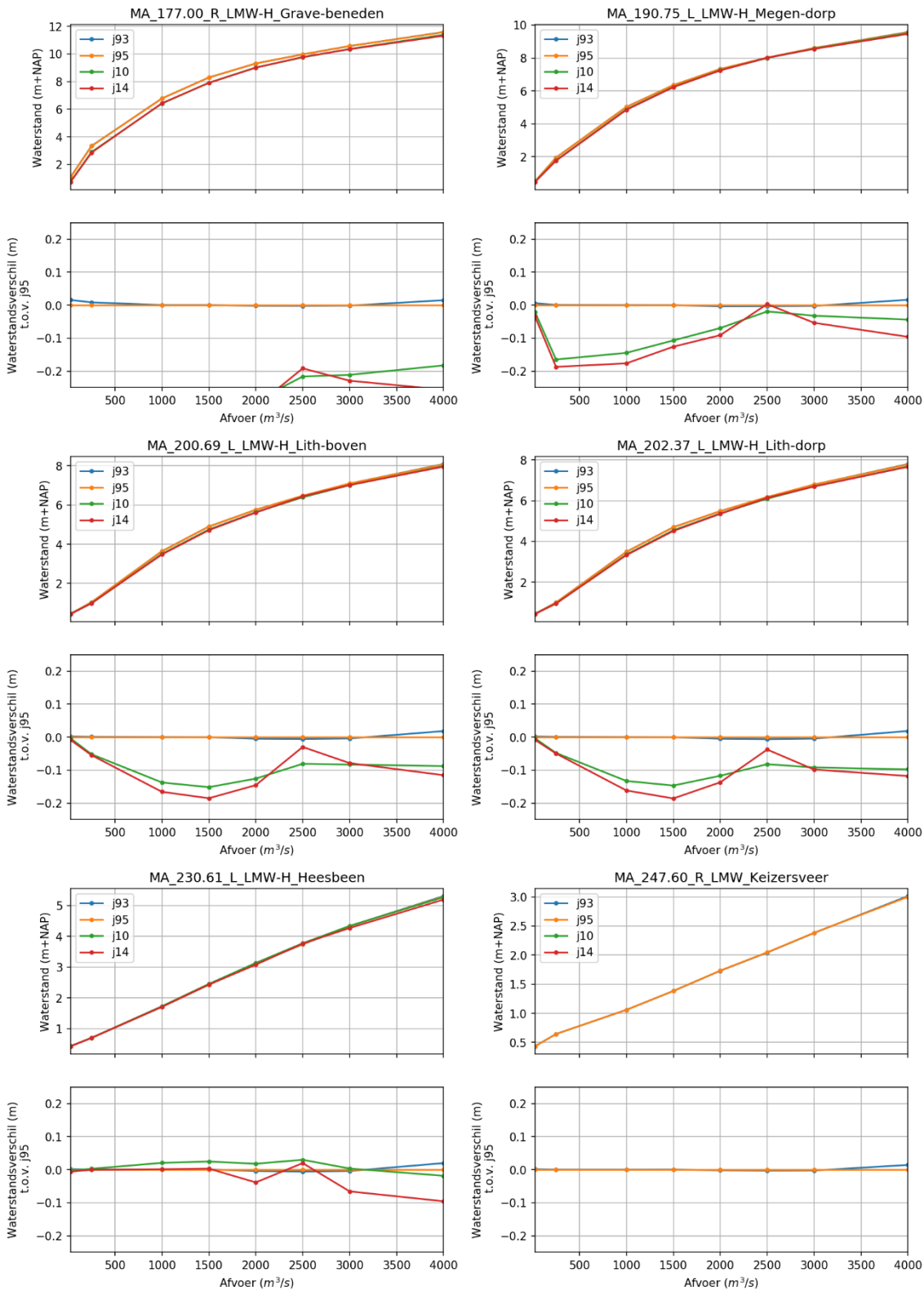












C Randvoorwaarden en metingen

C.1 Achtergrond

C.1.1 Waterstandsmetingen

De gebruikte metingen zijn afkomstig van Rijkswaterstaat CIV (binnen het Landelijk Meetnet Water oftewel LMW), Hydrologisch Informatie Centrum Vlaanderen (voor stations langs de Gemeenschappelijke Maas) en diverse Waterschappen (voor beken en zijrivieren). De waterstanden worden per uur aangeleverd. De periode waarover de metingen zijn gemiddeld voor Nederland, België en Waterschappen is gegeven in onderstaande tabel (aangeleverd door RWS-ZN).

Bron	Betekenis van de uurwaarde. Voorbeeld 11:00
RWS CIV	gemiddelde waarde van 10:55 t/m 11:05
Waterschap Limburg (voormalig WRO)	gemiddelde waarde van 10:05 t/m 11:00
Waterschap Limburg (voormalig WPM)	gemiddelde waarde van 11:05 t/m 12:00*
Waterschap Aa en Maas	gemiddelde waarde van 10:15 t/m 11:00
Waterschap Dommel	gemiddelde waarde van 10:15 t/m 11:00
HIC Vlaanderen	gemiddelde waarde van 10:10 t/m 11:00
LANUV	gemiddelde waarde van 10:05 t/m 11:00
	gemiddelde waarde van 11:00 t/m 11:59

* Geldt t/m 2015

Waterstanden worden automatisch ingewonnen met een Digitale Niveaumeter (DNM) of Radar Niveaumeter (RNM). Daarnaast worden ook divers geïnstalleerd voor bijzondere situaties (zie foto hieronder). De data wordt gekalibreerd, gevalideerd en beheerd door de bron (de eigenaar van de gegevens).



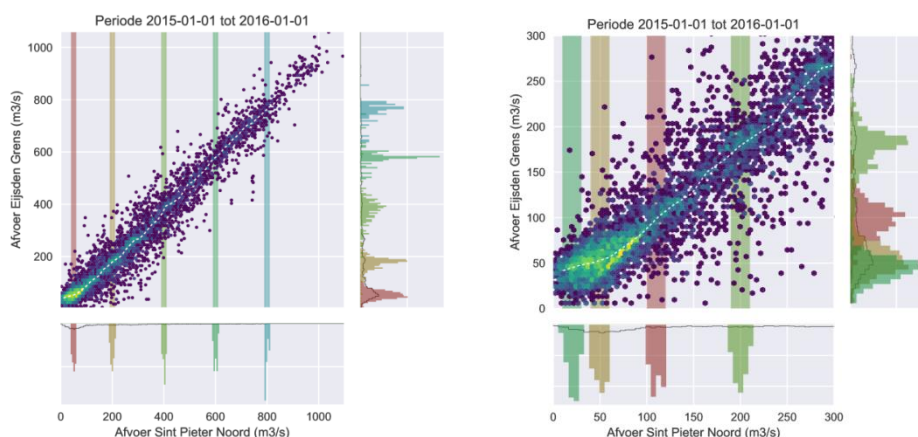
Foto: Links: Meetstation LMW_Elsloo. Rechts: Diver benedenstrooms van St. Servaasbrug

C.1.2 Afvoermetingen

Op de Bovenmaas (Eijsden tot Borgharen) wordt een afvoertijdserie aangeleverd op drie locaties die slechts enkele kilometers van elkaar verwijderd zijn, de herkomst van de data is echter verschillend.

- Eijsden Grens (o.b.v. Qf-relatie). Aangezien dit als bovenstroomse randvoorwaarde dient in diverse modellen is een hoge nauwkeurigheid hiervan gewenst. In diverse studies is dit verder onderzocht (Van der Veen, 2013, 2014 en 2016).
- Sint Pieter Noord (o.b.v. ADM-meting). Een Qh-relatie dient als backup voor als de ADM niet functioneert ($H > 44.40$ m+NAP). Er worden incidentele ADCP-metingen uitgevoerd om de ADM en QH te valideren. Vanaf 2016 is er ook een HADCP geïnstalleerd, maar hieruit is de data momenteel nog niet beschikbaar. De reeks bij Sint Pieter vertoonde tot 2018 geen negatieve afvoeren. Negatieve stroomsnelheden die gemeten worden zijn tot 2018 onterecht als onjuist verondersteld en werden daarom tot 2018 eruit gefilterd.
- Borgharen Dorp. Tot 2011 was hiervoor een Qh-relatie actief. Na 2011 werd de afvoer op basis van de waterbalans (St. Pieter – Bunde – Smeermaas) verkregen. Afvoertijdreeksen bij Borgharen Dorp laten ook duidelijk zien dat aanvullend op deze rekenmethode werd geminimaliseerd op een afvoer van $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (in 2014) of $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (in 2015).

In onderstaande figuur is de relatie tussen afvoer Eijsden en afvoer Sint Pieter weergegeven. Door het weergegeven van de distributie van de afvoeren bij Eijsden (verticale as) voor enkele afvoerbereiken van Sint Pieter (horizontale as) valt het op dat de spreiding heel breed is.



Figuur: Puntenwolk van de relatie tussen de afvoer bij Eijsden en Sint Pieter. De afstand tussen beide meetstations is 8 km. Hiertussen zit ook de laterale instroming van sluis Ternaaien. De linker figuur geeft het hele afvoerbereik van 2015, de rechter figuur is een detail van afvoeren tot 300 m³/s. De histogrammen op de horizontale as bevat dezelfde samples als de histogrammen op de verticale as. De stippellijn is het gemiddelde van de puntenwolk.

De bovenstroomse randvoorwaarde van het model ligt voor alle kalibratie- en validatiesimulaties bij Eijsden. Zoals aangegeven wordt de afvoer bij Eijsden niet gemeten, maar benaderd met een Qf-relatie. Een Qf-relatie is een uitbreiding op een stationaire Qh-relatie waardoor afhankelijkheden met het stuwbeheer en andere niet-stationaire effecten kunnen worden meegenomen. In de Qf-relatie van Eijsden wordt een afvoer berekend als functie van de waterstand bij Eijsden en de waterstand bij Borgharen Julianakanaal. Voor verschillende jaren gelden verschillende Qf-relaties, de meest recente die toegepast is op validatiejaar 2014-2015 staat beschreven in Van der Veen (2016).

De betrouwbaarheid van een Qf-relatie ten opzichte van werkelijke afvoermetingen is nog steeds beperkt. Bij het meetstation St. Pieter (benedenstrooms van Eijsden) wordt het debiet continu geregistreerd met een akoestische debietmeter (ADM). Daarnaast worden er ook incidentele metingen met een ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) uitgevoerd. De laatste wordt vervolgens gebruikt om de ADM metingen te controleren en te corrigeren d.m.v. een correctiefactor. De correctiefactor van 2007 is in het meetnet geïmplementeerd en wordt regelmatig gecontroleerd.

De ADM-metingen bij St. Pieter kunnen in de rekenmodellen gebruikt worden om de afvoeren bij Eijsden af te regelen. Het belangrijkste hierbij is dat fouten in de volumebalans gecorrigeerd worden. In eerdere rapportages werd het verschil berekend tussen de gemodelleerde en gemeten afvoer bij St. Pieter. Hieruit wordt de correctie berekend met een lopend gemiddelde over een dag (Van der Veen, 2011b) en wordt deze correctie met een tijdsverschuiving van 50 minuten (Van der Veen, 2016) toegepast op Q_{Eijsden} . In deze studie is gebruik gemaakt van de (indien beschikbaar) afvoertijdreeksen uit het LMW, of van de gecorrigeerde tijdreeksen uit de vijfde generatie modellering. Het was daardoor niet nodig deze correctie ook in deze studie toe te passen.

C.2 Randvoorwaarden Generator Water Modellen

Voor het afleiden van laterale onttrekkingen en toestromingen wordt gebruik gemaakt van de Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) versie 1.0.1 (Van der Veen, 2018). In deze software is een database aan regressies opgenomen waarmee uit een beperkte set metingen, een volledige set van randvoorwaarden verkregen kan worden. In Hoofdstuk 4.3.2 is de werking uitgelegd. Hieronder is de invoer en uitvoer gespecificeerd.

C.2.1 Invoer

Tabel: Overzicht van de belangrijkste invoerbestanden voor de RGWM. Het eerste getal van nummer staat voor het type. Type 0 en 1: zijn de belangrijkste bestanden; voor type 2 is invoer bij Roer, Dieze en Drongelens Kanaal nodig als daar uitvoer gewenst is; type 3 t/m 6 zijn optionele bestanden

Nummer	Modelnaam	Opmerking
0_01	Borgharend	Enige verplichte bestand. Geen hiaten.
1_01	Eijsden_grens	Wordt enkel geconverteerd naar het juiste FM-format
1_02	Keizersveer	Wordt enkel geconverteerd naar het juiste FM-format. Waterstanden.
1_03	Roer_Stah	
1_04	Niers_Goch	
1_05	Aa_A2Oosterplas	
1_06	Dommel_P10	
2_01	Smeermaas_ADM	
2_02	Geul_Meerssen	
2_03	Geleenbeek_Roosteren	
2_04	Roer_Hambeek_monding	Afkomstig uit SOBEK3-modellering (van Stah tot de monding)
2_05	Swalm_grens	
2_06	Neerbeek_Hammermolen	
2_08	Dieze_Crevecoeur	Afkomstig uit metingen of SOBEK3-modellering
2_09	Drongelens_kanaal_Waalwijk	Afkomstig uit metingen of SOBEK3-modellering
2_10	Bunde_ADM	
6_03	Sluis_Heel	Verval bij de sluis, zie onderstaande tabel voor de bepaling hiervoor
6_04	Sluis_Panheel	Verval bij de sluis, zie onderstaande tabel voor de bepaling hiervoor
6_06	Sluis_Heumen	Verval bij de sluis, zie onderstaande tabel voor de bepaling hiervoor
6_10	Sluis_Weurt	Verval bij de sluis, zie onderstaande tabel voor de bepaling hiervoor
6_11	Sluis_Andel	Verval bij de sluis, zie onderstaande tabel voor de bepaling hiervoor

Tabel: Methode om het verval (H1-H2) bij sluizen te bepalen op basis van streefpeilen en waterstandsmetingen (m+NAP)

Waterstand	H1 (m+NAP)	H2 (m+NAP)
Sluis Panheel	28.65	Heel-boven
Sluis Heel	Heel-boven	Heel-beneden
Sluis Heumen	Mook	Mook <= 8.50 → Mook Mook > 8.50 → 8.50
Sluis Weurt	Mook <= 8.50 → Mook Mook > 8.50 → 8.50	Nijmegen-haven
Sluis Andel	Heesbeen <= 3.50 → Heesbeen Heesbeen > 3.50 → 3.50	Vuren

C.2.2 Uitvoer

Onderstaande tabel geeft alle laterale onttrekkingen en toestromingen op de Maas. Waar type B is aangegeven gaat het om een boundary condition, waardoor de format voor D-HYDRO anders zal zijn.

Tabel: Overzicht van alle uitvoertijdreeksen van de RGWM. Type: B = Boundary condition (randvoorwaarde); x = 0 m³/s; K = Ligt op een kanaal en is enkel actief vanaf het j19-model; R = Aansturing met RTC in het model. Combinaties van lozing-onttrekkingen zijn oranje gemarkeerd. De groene velden kunnen niet door de RGWM bepaald worden en worden bepaald met een SOBEK-model.

Type	Naam	Opmerking
B	Eijsden	
	MA_2.20_R_Beek_Berwinne	
	MA_4.60_R_Beek_Voer	
	MA_8.00_L_Sluis_Ternaaien	
	MA_12.80_L_Beek_Jeker	
	MA_14.40_L_ADM_Smeermaas	
	MA_22.50_R_Beek_Geul	
	MA_25.40_R_Beek_Oude-Broekgraaf	
	MA_31.80_L_Beek_Ziepbeek	
	MA_37.20_R_Beek_Ur	
	MA_46.20_L_Beek_Kogbeek	
	MA_55.20_R_Beek_Geleenbeek	
	MA_59.60_L_Beek_Aabeek	
	MA_66.60_L_Beek_Thornerbeek-Panheelderbeek	
	MA_67.30_L_Pomp_Panheel	
x	MA_67.30_L_Sluis_Panheel	
	MA_67.40_L_Essent-Clauscentrale-Maasbracht	
	MA_68.00_L_Sluis_Heel-onttrekking	Combinatie onttrekking/lozing [1]
	MA_68.00_L_Sluis_Linne-onttrekking	Combinatie onttrekking/lozing [2]
	MA_70.10_R_Beek_Vlootbeek	
	MA_73.70_L_Sluis_Linne-lozing	Combinatie onttrekking/lozing [2]
	MA_78.10_R_Beek_Roer-Hambeek-monding	Geen relaties, berekend met 1D-model
	MA_81.20_R_Beek_Maasnielderbeek	
	MA_88.20_R_Beek_Swalm	
	MA_89.90_L_Beek_Neerbeek	
	MA_97.60_R_Beek_Schelkensbeek	
	MA_102.50_L_Beek_Boschbeek-Kwistbeek	
	MA_108.40_R_Beek_Rijnbeek	
	MA_109.50_L_RWZI_Venlo	
	MA_112.80_L_Beek_Everlosebeek	
	MA_113.00_R_Beek_Vorstemolenbeek	
	MA_117.40_L_Beek_Molenbeek-van-Lottum-Siebersbeek	
	MA_120.10_R_Beek_Lingsforterbeek	
	MA_122.40_L_Beek_Broekhuizermolenbeek	
	MA_124.50_R_Beek_Gelderns-Nierskanaal	
	MA_131.90_R_Beek_Wellse-Molenbeek	
	MA_135.00_L_Beek_Oostrumsebeek	
	MA_142.70_R_Beek_Heukelomsebeek	
	MA_144.50_R_Beek_Eckeltsebeek	

	MA_147.10_L_Beek_Sambeeksche-uitwatering	
	MA_153.30_R_Inlaat_Hendrix-Heijen	
	MA_157.20_R_Beek_Niers-Kroonbeek-monding	
	MA_157.40_L_Beek_Oeffeltsche-Raam	
	MA_164.20_R_Beek_Mookse-Molenbeek	
	MA_170.90_L_Beek_Sluisgraaf	
	MA_175.80_L_Gemaal_van-Sasse-Graafse-Raam	
	MA_179.60_R_Gemaal_van-CittersII	
	MA_183.80_R_Gemaal_van-CittersI	
	MA_188.80_R_Gemaal_Bloemers	
	MA_199.50_L_Inlaat_Teeffelense-Wetering	
	MA_203.70_R_Gemaal_Quarles-van-Ufford	
	MA_209.00_R_Sluis_St-Andries	
	MA_210.50_R_Inlaat_Dijkgraaf-J-Stuvers	
	MA_213.40_L_Gemaal_Gewande	
	MA_215.40_L_Pomp_Empel	
	MA_215.40_L_Sluis_Empel	
	MA_221.00_L_Beek_Dieze	Geen relaties, berekend met 1D-model
	MA_221.40_L_Sluis_Henriette-Engelen	
	MA_225.00_L_Gemaal_Groenendaal	
	MA_235.00_L_Gemaal_Gansoyen	
	MA_235.10_L_Beek_Drongelens-kanaal	Geen relaties, berekend met 1D-model
	MA_239.20_R_Gemaal_Hagoort	
	MA_246.80_L_Gemaal_Keizersveer	
B	Keizersveer	Waterstand
	JK_0.60_R_RWZI_Limmel	
	JK_0.70_C_Sluis_Limmel-onttrekking	Combinatie onttrekking/lozing [3]
K	JK_0.80_C_Sluis_Limmel-lozing	Combinatie onttrekking/lozing [3]
K	JK_2.60_R_Maasdok	
K	JK_4.30_L_Consortium-Grensmaas	
K	JK_14.60_R_DSM	
K	JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking	Combinatie onttrekking/lozing [4]
K x	JK_20.80_C_Pomp_Born-onttrekking	
K x	JK_21.20_C_Pomp_Born-lozing	
K	JK_21.20_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-lozing	Combinatie onttrekking/lozing [4]
K x R	JK_33.70_C_Pomp_Maasbracht-onttrekking	Aangestuurd door RTC in D-HYDRO vanaf j19
x R	JK_34.10_C_Pomp_Maasbracht-lozing	Aangestuurd door RTC in D-HYDRO vanaf j19
	LA_1.30_C_Sluis_Heel-lozing	Combinatie onttrekking/lozing [1]
	LA_2.60_L_WML-Heel	
	MW_1.60_C_Pomp_Heumen-onttrekking	
x R	MW_1.60_R_Sluis_Heumen-onttrekking	Aangestuurd door RTC in D-HYDRO vanaf j19
K x R	MW_2.00_C_Pomp_Heumen-lozing	Aangestuurd door RTC in D-HYDRO vanaf j19
K	MW_2.00_C_Sluis_Heumen-lozing	
K	MW_12.00_C_Sluis_Weurt	Onttrekking/lozing met Rijntakken-model
	AF_230.00_R_Gemaal_Baanbreker	
	AF_234.10_L_Inlaat_Wijk-en-Aalburg	
	AF_235.10_R_Gemaal_de-Rietschoof	
	AF_237.80_R_Gemaal_H-C-de-Jongh	

	AF_240.40_R_Gemaal_van-Dam-van-Brakel	
	AF_240.40_C_Sluis_Andel	Onttrekking/lozing met Rijntakken-model
x R	AF_240.40_C_Pomp_Andel	Aangestuurd door RTC in D-HYDRO
	AF_240.40_R_Punt-Dunea	

Het Julianakanaal (JK) en het Maas-Waalkanaal (MW) worden niet meegenomen in schematisaties tot 2019, daardoor worden ook de lateralen op deze kanalen in deze modellen niet gebruikt in de modellen voor kalibratie/validatie. De afwezigheid van de lateralen dient te worden opgenomen in de onttrekking en lozing van de kanalen. Onderstaande regels zijn toegevoegd aan de RGWM om deze lateralen te genereren. Een tijdsverschil tussen de instroming van het kanaal en de onttrekking is verwaarloosd:

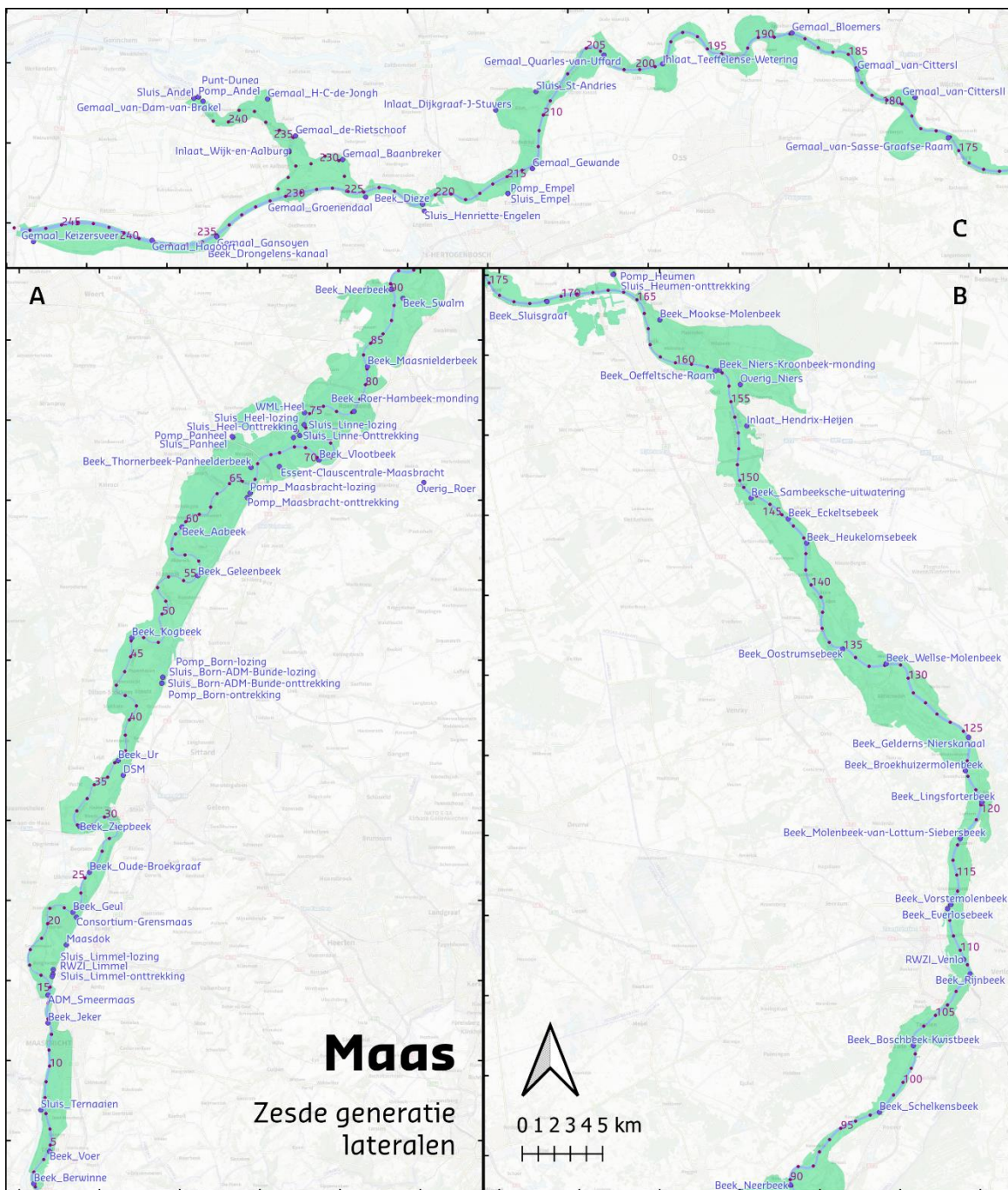
Tabel: Toegevoegde lateralen aan RGWM

Lateraal	Som van
JK_34.10_C_Pomp_Maasbracht-lozing	JK_21.2C_Sluis_Born_ADM_Bunde_lozing
MW_1.50_C_Pomp_Heumen-onttrekking	MK_12.0C_Sluis_Weurt

De volgende modelranden/lateralen worden wel berekend door de RGWM, maar vallen buiten de modelgrenzen van het D-HYDRO-model. In het 1D-model in SOBEK3 zijn de Roer en de Dieze/Drongelens Kanaal wel opgenomen, dit model wordt gebruikt om randvoorwaarden voor D-HYDRO te bepalen.

Tabel: Overzicht van alle uitvoertijdreeksen die niet gebruikt worden door D-HYDRO

Type	Naam	Opmerking
B	Roer_Stah	Buiten modelgrenzen D-HYDRO
	Overig_Roer	Buiten modelgrenzen D-HYDRO
	Overig_Niers	Deze locatie is vervallen in de laatste versie van Van der Veen (2018)
B	Aa_A2_Oosterplas	Buiten modelgrenzen D-HYDRO
B	Dommel_P10	Buiten modelgrenzen D-HYDRO
	Zandleij	Buiten modelgrenzen D-HYDRO



Tabel: Overzicht van alle lateralen in de zesde generatie

C.3 Herkomst van metingen gebruikt in RGWM

De data is samengesteld door RWS-ZN en aangeleverd aan Deltares en Rura-Arnhem. In de basis is gebruik gemaakt van de aanlevering van Rura-Arnhem bij de RGWM. Er zijn enkele aanpassingen gedaan in overleg met RWS-ZN:

- Nieuwe tijdreeksen bij Roer, Niers en Neerbeek (alle jaren)
- Aanvullen van Dieze en Drongelens kanaal (alle jaren)
- Aanvullen van Roer_Hambeek_monding (1993, 1995, 2011)
- SOBEK-RE simulaties uitvoeren voor Roer_Hambeek_monding (2014)

- Inkorten J2014 om te beginnen vanaf 1-7-2014
- Nieuwe tijdserie toevoegen van Eijsden Grens (2014)
- Nieuwe gecorrigeerde tijdreeksen toevoegen van Eijsden Grens (alle jaren)

Opgemerkt wordt dat de afvoer van Eijsden die hier gebruikt is dus vaak anders is dan de tijdserie op uurwaarden die gegeven is in C.6 tot C.8 en gebruikt is in de validatie

Tabel: Overzicht van de databronnen die door RWS-ZN gebruikt zijn voor het verzamelen van de invoer voor de RGWM.

		HW1993 1-11-1993 31-1-1994	HW1995 1-12-1994 28-2-1995	HW2011 1-11-2010 31-1-2011	J2014 1-7-2014 1-7-2015
0_01	Borgharend	Qh	Qh	Waterbalans	Waterbalans
1_01	Eijsden_grens	WAQUA resultaat	Qf	Qf	Qf
1_02	Keizersveer	DONAR	DONAR	DONAR	DONAR
1_03	Roer_Stah	Data Lanuv	Data Lanuv	Data Lanuv	Data Lanuv
1_04	Niers_Goch	Data Lanuv	Data Lanuv	Data Lanuv	Data Lanuv
1_05	Aa_A2Oosterplas	RWS-ZN	RWS-ZN	Data WS Aa en Maas	Data WS Aa en Maas
1_06	Dommel_P10	RWS-ZN	RWS-ZN	Data WS Dommel	Data WS Dommel
2_01	Smeermaas_ADM	Weekpatroon	Weekpatroon	DONAR	DONAR
2_02	Geul_Meerssen	Data WS Limburg	Data WS Limburg	Data WS Limburg	Data WS Limburg
2_03	Geleenbeek_Roosteren	Data WS Limburg	Data WS Limburg	Data WS Limburg	Data WS Limburg
2_04	Roer_Hambeek_monding	Berekening SOBEK-RE	Berekening SOBEK-RE	Berekening SOBEK-RE	Berekening SOBEK-RE
2_05	Swalm_grens	-	-	Data WS Limburg	Data WS Limburg
2_06	Neerbeek_Hammermolen	RWS-ZN	RWS-ZN	Data WS Limburg	Data WS Limburg
2_08	Dieze_Crevecoeur	RWS-ZN	RWS-ZN	Data WS Aa en Maas	Data WS Aa en Maas
2_09	Drongelens_kanaal_Waalwijk	RWS-ZN	RWS-ZN	Data WS Aa en Maas	Data WS Aa en Maas
2_10	Bunde_ADM	Weekpatroon	Weekpatroon	DONAR	DONAR
6_03	Sluis_Heel	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR
6_04	Sluis_Panheel	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR
6_06	Sluis_Heumen	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR
6_10	Sluis_Weurt	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR
6_11	Sluis_Andel	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR	Berekend obv DONAR

C.4 Overzicht aanwezigheid historische metingen per meetstation

C.4.1 Waterstandsmetingen

Tabel: Beschikbare waterstandsmetingen voor de vier perioden. Een grijze cel geeft aan dat er geen data aanwezig is voor dit station voor de desbetreffende perioden, voor de stations die tegenwoordig niet meer aanwezig zijn, is ook de cel met de stationsnaam grijs gekleurd. De schuin gedrukte rivierkilometers liggen niet op de hoofdtrak en zijn daardoor een benadering. PS staat voor Peilschaal en zijn handmatig afgelezen metingen. Metingen aangegeven met "24 uur" zijn enkel beschikbaar als dagwaarden.

	Rkm	HW1993	HW1995	HW2011	J2014
LMW.Eijsden grens	2.56				
LMW.Maastricht St. Pieter	10.80				
LMW.Borgharen Julianakanaal	15.18				
LMW.Borgharen dorp	15.98				
LMW.Lanaken-Smeermaas	18.30				
LMW.Uikhoven	24.78				

LMW.Eisloo	29.32				
Eisloo (tot 1995)	29.43				
LMW.Eisden Mazenhoven	34.76				
LMW.Meeswijk veer	38.94				
LMW.Negenoord	42.46				
Dilsen_Rotem	43.90				
LMW.Grevenbicht	44.94				
LMW.Maaseik	52.74				
LMW.Stevensweert	61.56				
LMW.Heel boven	67.94				
LMW.Linne beneden	70.34	24 uur	24 uur		
LMW.Roermond boven	79.74				
Roermond boven sluis	80.27	24 uur	24 uur		
Roermond beneden sluis	81.10	24 uur	24 uur		
LMW.Heel beneden	84.04				
LMW.Buggenum	85.77				
LMW.Neer	90.12				
Kessel (tot 2012)	94.89	24 uur	24 uur		
LMW.Belfeld boven	100.72				
Belfeld beneden (tot 1996)	102.56	24 uur	24 uur		
LMW.Belfeld beneden	102.68				
LMW.Venlo Blerick	107.48				
Venlo haven	108.18	PS (Piek)	PS (Piek)		
Arcen	120.52	24 uur	24 uur		
LMW.Well dorp	132.12				
LMW.Sambeek boven	144.94				
Sambeek beneden (tot 1995)	147.45				
LMW.Sambeek beneden	147.70				
LMW.Gennep	155.10	24 uur	24 uur		
LMW.Mook	165.78				
LMW.Grave boven	174.70				
Grave boven (tot 1995)	174.90	24 uur	24 uur		
Grave beneden (tot 1996)	175.97				
LMW.Grave beneden	177.02				
LMW.Megen	190.74				
LMW.Lith boven	200.70				
Lith boven (tot 1995)	200.75				
LMW.Lith dorp	202.36				
LMW.Empel	215.40				
LMW.Heesbeen	230.58				
LMW.Keizersveer	247.60				

C.4.2 Afvoermetingen

Tabel: Beschikbare afvoermetingen voor de vier perioden. Voor enkele zeer schaarse afvoermetingen is met een getal aangegeven op hoeveel tijdstappen de afvoer is geregistreerd. Waar geen getal is gegeven, is dit een volledige afvoertijdreeks.

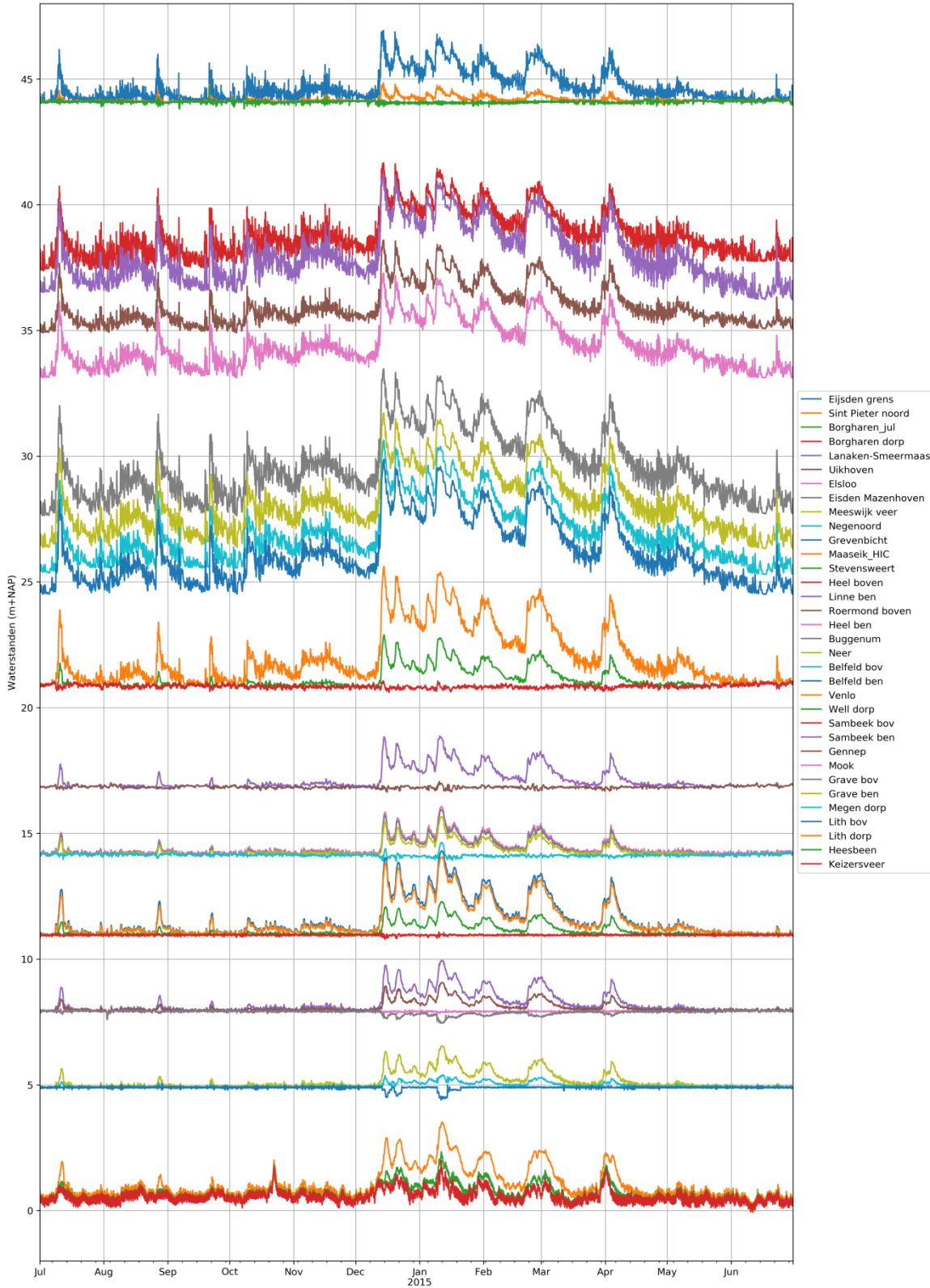
	Rkm	HW1993	HW1995	HW2010-2011	Jaar 2014-2015
LMW.Eijsden_gr	2.56				
LMW.Maastr_StPiet	10.80				
LMW.Borgh_dorp	15.98				
LMW.Maaseik	52.74	3	5		
LMW.Venlo	107.48				
Ravenstein	182.17		19		

LMW.Megen	190.74				
-----------	--------	--	--	--	--

C.5 2014 – 2015 (J2014)

C.5.1 Aangeleverde metingen

Waterstanden



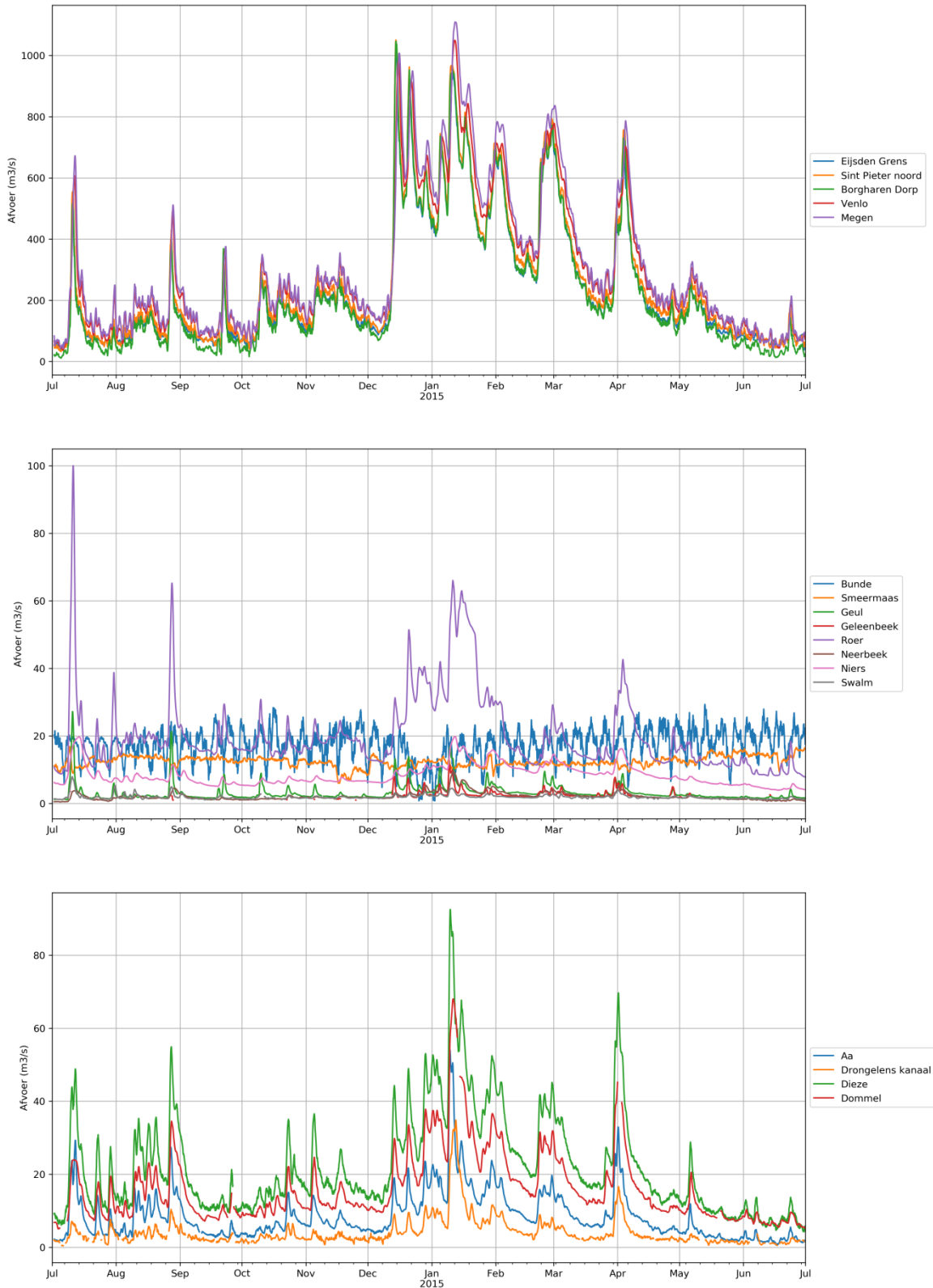
Figuur: Aangeleverde waterstandsmetingen voor 2014-2015

Tabel: Enkele statistieken van de waterstandsmetingen.

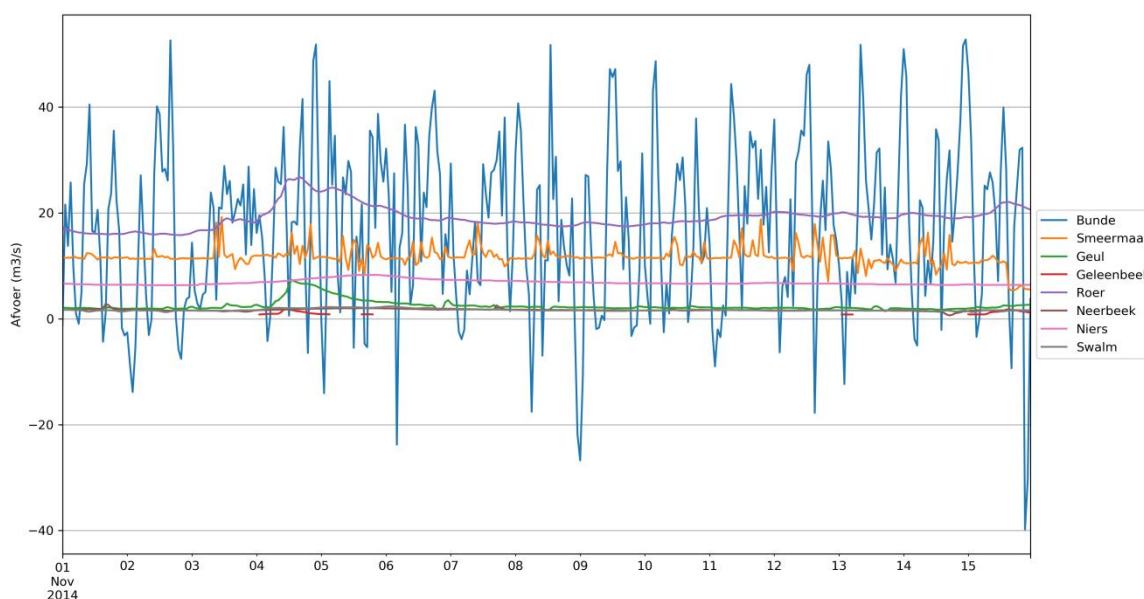
	Mean	std	min	25%	50%	75%	max	Hiaten*
Eijsden grens	44.69	0.60	43.85	44.24	44.46	44.98	46.92	0.00%
Sint Pieter noord	44.16	0.12	43.81	44.10	44.13	44.18	44.84	0.00%
Borgharen_jul	44.08	0.05	43.80	44.05	44.08	44.11	44.69	0.45%
Borgharen dorp	38.82	0.90	37.37	38.15	38.61	39.36	41.66	0.00%
Lanaken-Smeermaas	37.98	1.11	36.22	37.11	37.71	38.69	41.21	0.00%
Uikhoven	35.97	0.79	34.91	35.40	35.71	36.36	38.59	0.00%
Elsloo	34.41	0.91	33.11	33.74	34.17	34.94	37.28	0.00%
Eisden Mazenhoven	29.64	1.34	27.63	28.61	29.34	30.50	33.47	0.00%
Meeswijk veer	28.17	1.23	26.33	27.23	27.88	28.93	31.72	0.00%
Negenoord	27.01	1.23	25.30	26.05	26.69	27.74	30.64	0.00%
Grevenbicht	26.19	1.24	24.51	25.23	25.85	26.94	29.87	0.00%
Maaseik_HIC	22.04	1.12	20.82	21.15	21.62	22.61	25.62	0.00%
Stevensweert	21.14	0.40	20.73	20.90	20.96	21.20	22.89	0.00%
Heel boven	20.85	0.07	20.60	20.80	20.84	20.89	21.08	0.46%
Linne ben	17.14	0.42	16.75	16.88	16.93	17.21	18.87	0.00%
Roermond boven	16.84	0.05	16.64	16.81	16.84	16.86	17.06	0.00%
Heel ben	14.41	0.35	14.04	14.20	14.26	14.45	16.08	0.00%
Buggenum	14.38	0.33	14.05	14.18	14.23	14.41	15.94	0.35%
Neer	14.32	0.25	14.08	14.18	14.22	14.34	15.66	0.00%
Belfeld bov	14.14	0.06	13.90	14.11	14.14	14.17	14.64	0.35%
Belfeld ben	11.58	0.75	10.89	11.07	11.25	11.80	14.30	0.00%
Venlo	11.51	0.68	10.89	11.06	11.20	11.68	14.06	0.00%
Well dorp	11.12	0.25	10.86	10.97	11.01	11.15	12.28	0.00%
Sambeek bov	10.96	0.02	10.79	10.94	10.96	10.97	11.12	0.45%
Sambeek ben	8.24	0.42	7.61	7.98	8.05	8.30	9.95	0.00%
Gennep	8.08	0.21	7.61	7.96	7.99	8.10	9.07	0.00%
Mook	7.92	0.03	7.59	7.91	7.92	7.94	8.09	0.00%
Grave bov	7.89	0.08	7.45	7.87	7.91	7.93	8.06	0.00%
Grave ben	5.14	0.34	4.77	4.93	4.99	5.20	6.54	0.00%
Megen dorp	4.97	0.10	4.81	4.91	4.93	5.00	5.39	0.00%
Lith bov	4.89	0.06	4.40	4.88	4.90	4.91	5.05	0.00%
Lith dorp	1.01	0.64	-0.08	0.59	0.79	1.24	3.51	0.00%
Heesbeen	0.70	0.34	-0.03	0.48	0.61	0.82	2.34	0.00%
Keizersveer	0.58	0.25	-0.04	0.41	0.54	0.69	1.99	0.00%

* Door de verhuizing van LMW servers zijn een aantal data onvolledig

Afvoeren



Figuur: Afvoer in meetperiode 2014-2015. Om de figuur leesbaar te houden, is de afvoer geplot als het lopende gemiddelde over 24 uur. De deelfiguren tonen de afvoer op de Maas (boven), laterale instromingen (midden) en laterale instromingen rondom Den Bosch (onder)



Figuur: Als voorbeeld de afvoeren van laterale instromingen zonder toepassing van lopend gemiddelde. De afvoer door het Julianakanaal (bij Bunde) bevat grote schommelingen

Tabel: Enkele statistieken van de afvoermetingen.

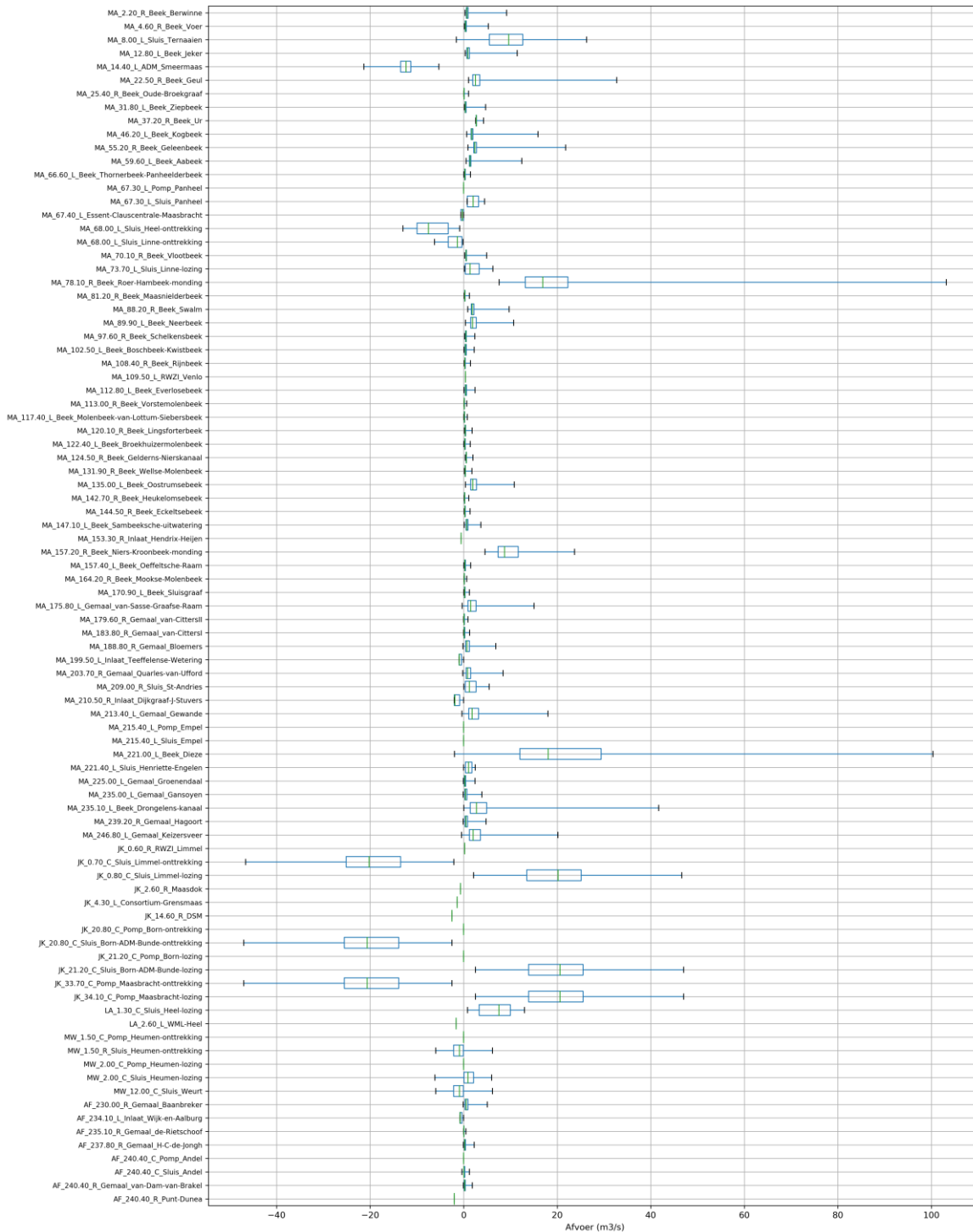
	Mean	std	min	25%	50%	75%	max	hiaten
Eijsden Grens	242.6	216.2	6.0	84.8	156.5	336.0	1134.2	0.00%
Sint Pieter noord	259.1	222.7	1.1	95.5	180.5	361.8	1157.7	0.00%
Borgharen Dorp	232.9	226.2	8.0	65.1	148.8	334.7	1151.7	0.00%
Venlo	291.7	221.5	22.7	129.4	212.4	391.0	1075.3	0.00%
Megen	310.7	240.4	-2.8	135.6	228.8	411.3	1125.1	0.00%
Bunde	17.3	14.2	-41.4	7.8	18.0	27.0	70.8	0.00%
Smeermaas	12.4	2.4	0.0	11.1	12.2	13.4	28.6	0.00%
Geul	3.2	2.7	1.0	1.9	2.4	3.4	31.8	0.41%
Geleenbeek	2.7	1.7	0.8	1.8	2.2	2.9	19.2	52.47%
Roer	20.3	11.9	7.5	13.1	16.8	22.2	114.0	0.00%
Neerbeek	2.1	1.3	0.3	1.3	1.7	2.5	9.7	0.17%
Niers	8.3	3.1	3.9	6.2	7.4	9.9	20.0	0.00%
Swalm	1.9	0.7	0.8	1.5	1.7	2.0	8.9	0.51%
Aa	8.5	7.0	-1.4	3.9	6.4	11.4	64.2	0.05%
Drongelens kanaal	4.0	4.3	0.0	1.4	2.8	5.0	41.7	1.56%
Dieze	22.2	14.4	-2.0	12.0	18.1	29.4	100.4	0.11%
Dommel	16.1	10.0	3.3	9.3	12.4	19.6	70.5	1.42%

C.5.2 Overige metingen

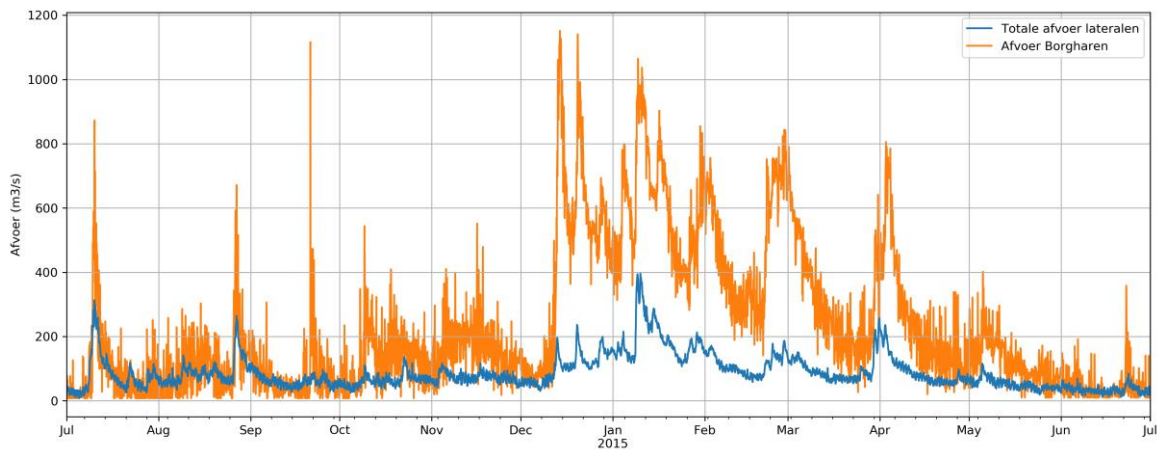
Naast de waterstandsmetingen in de Maas zijn in zowel België als Nederland metingen beschikbaar in de uiterwaarden. Deze hydrodivers zijn in Nederland op 32 plekken te vinden in plassen, havens en beken en worden gebruikt ter vervanging van de handmatig af te lezen Blauwe Peilschalen (BPS). De installatie is echter nog zeer recent en metingen zijn nog onvoldoende gevalideerd door het uitblijven van een hoogwater. De hydrodivers zijn daarom

niet gebruikt in de kalibratie-validatie. Door de lage afvoeren in deze periode zijn metingen van de BPS niet beschikbaar.

C.5.3 Lateralen RGWM

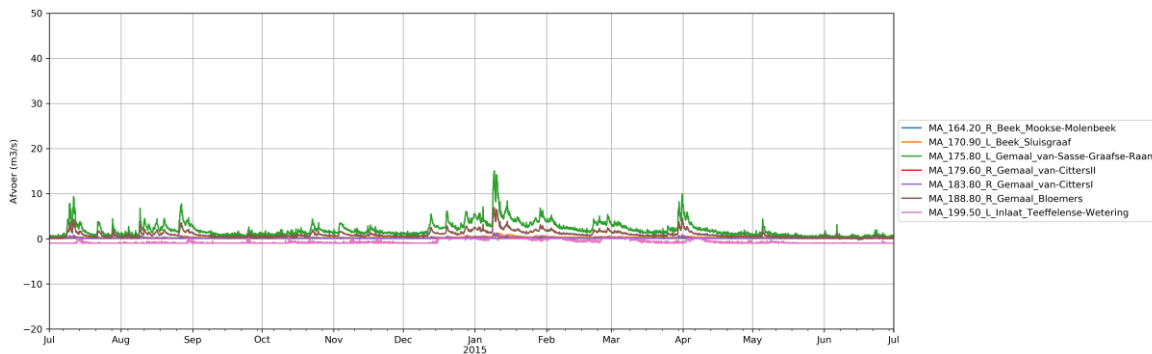
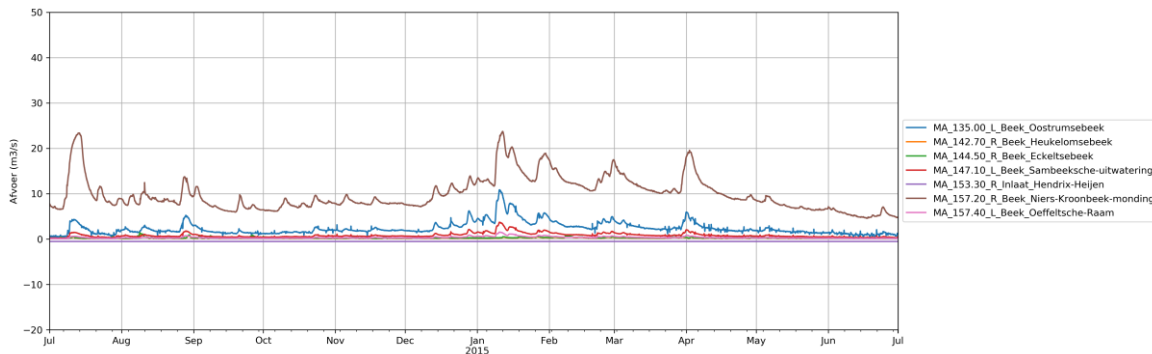
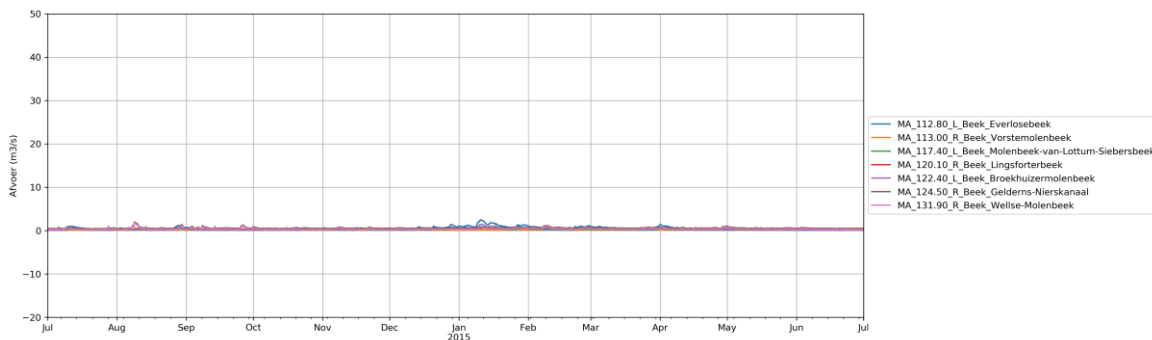
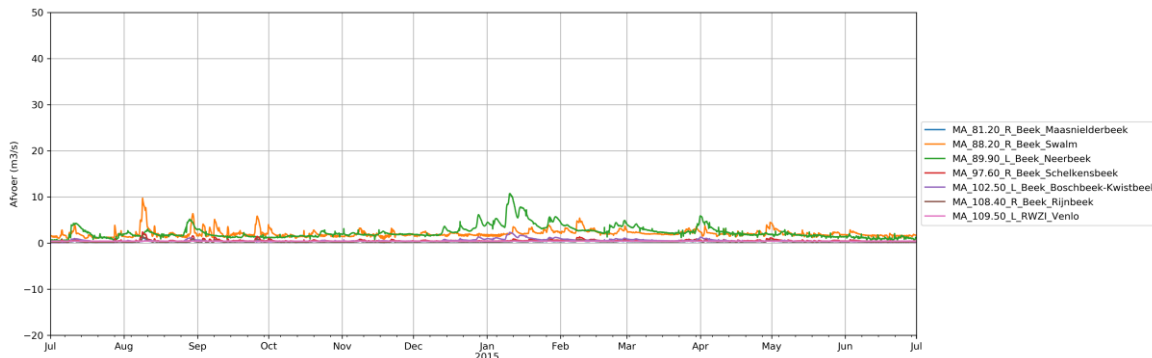


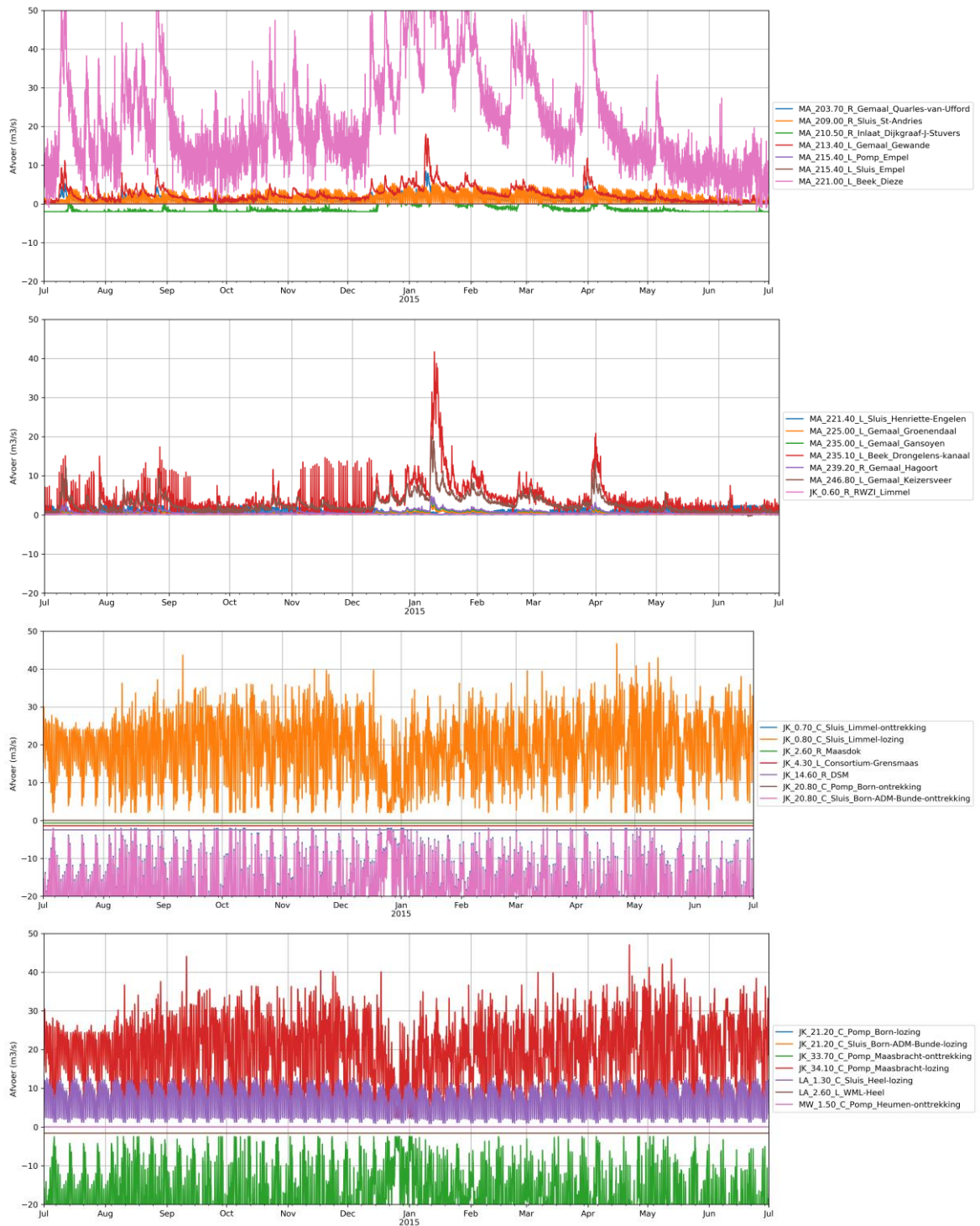
Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM in een boxplot. De box beschrijft de 25, 50 en 75% percentielen, de staven geven de minima en maxima.

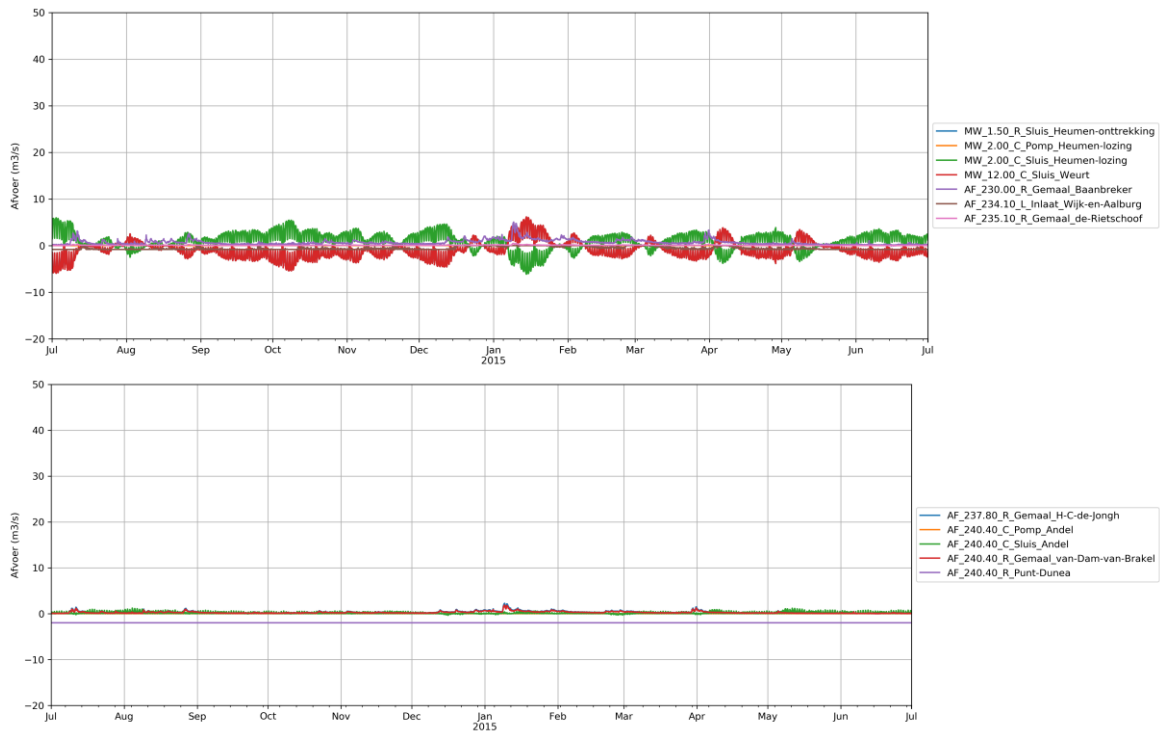


Figuur: De cumulatieve laterale onttrekkingen/lozingen (blauw) en de afvoer bij Borgharen (oranje)







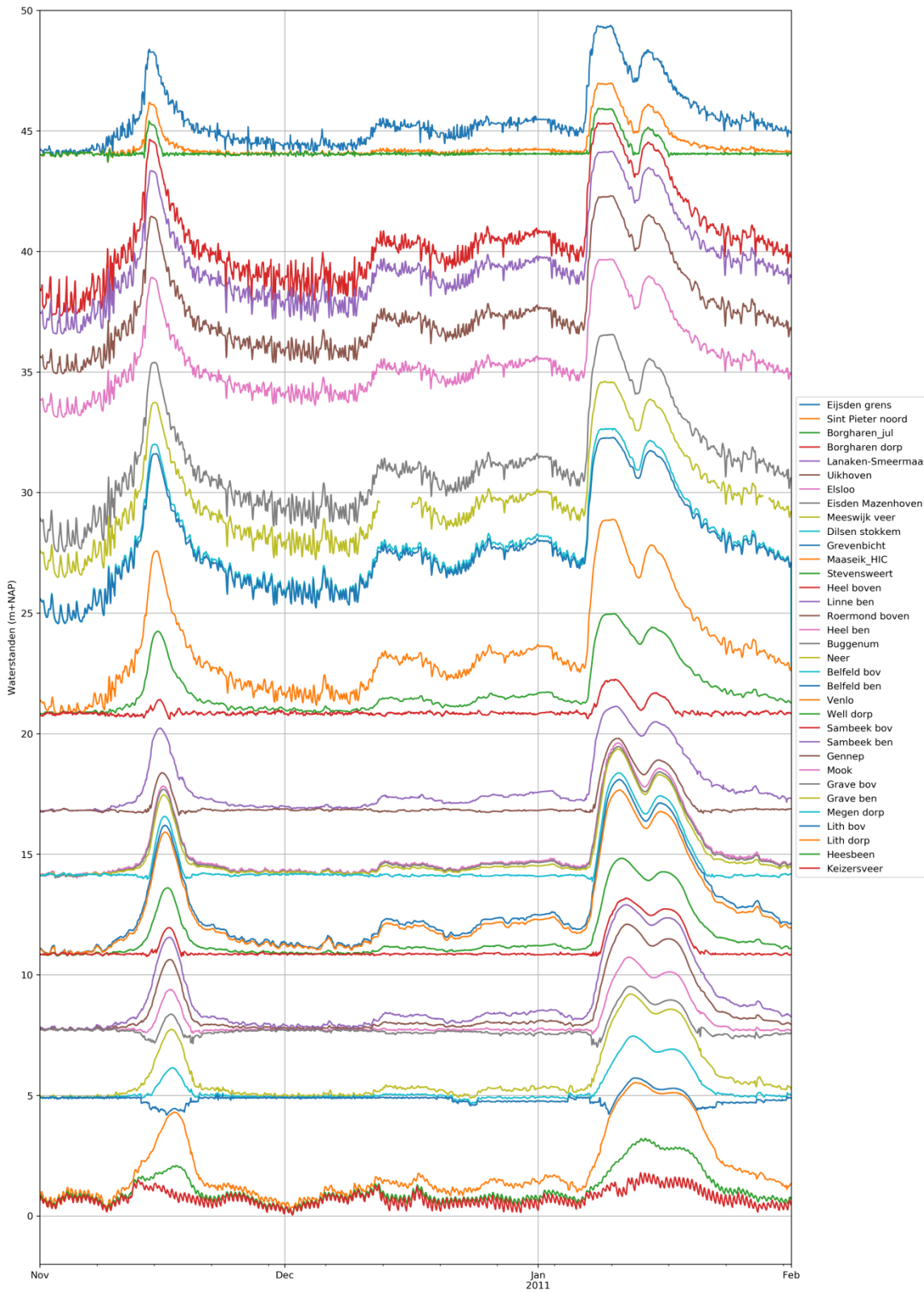


Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM. In volgorde van locatie van instroming van bovenstrooms tot benedenstrooms

C.6 2010 – 2011 (HW2011)

C.6.1 Aangeleverde metingen

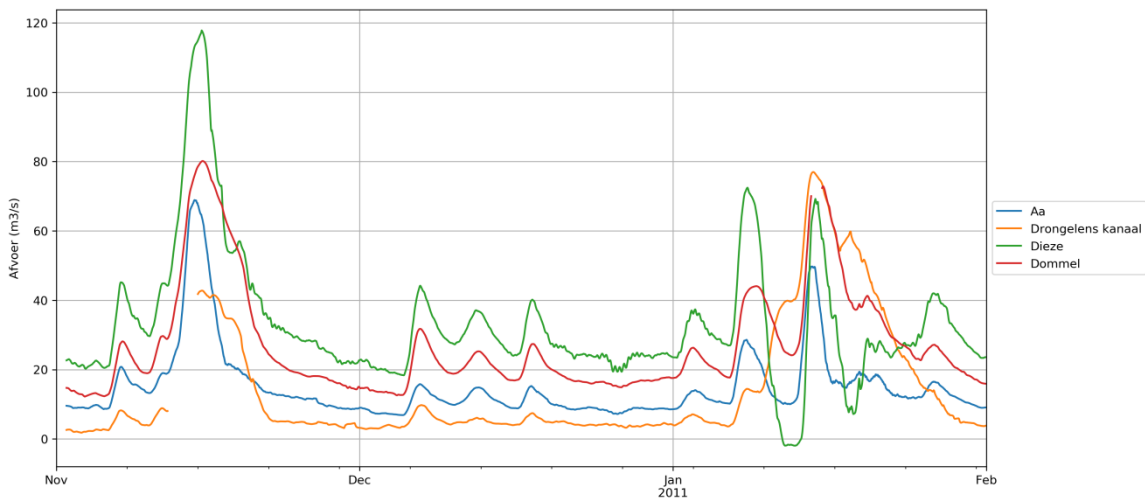
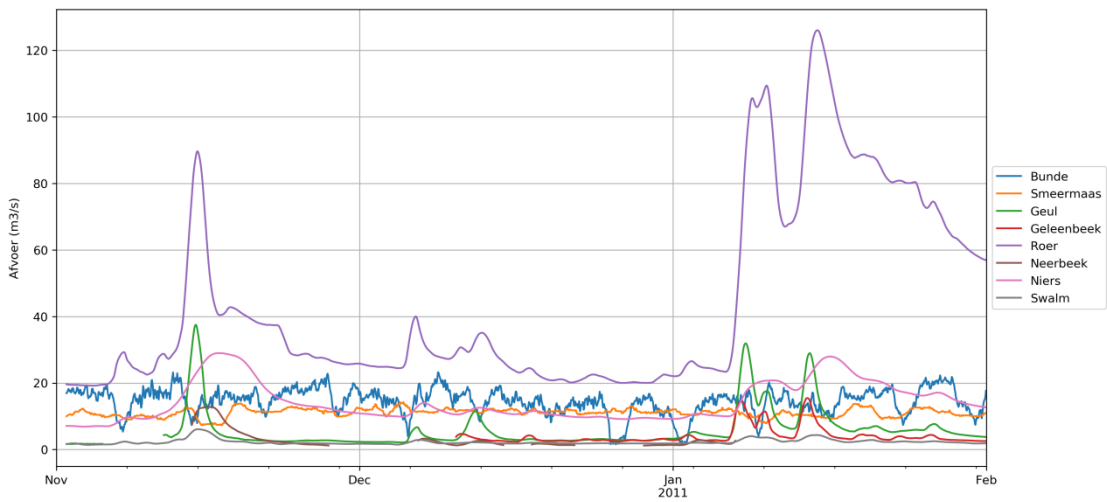
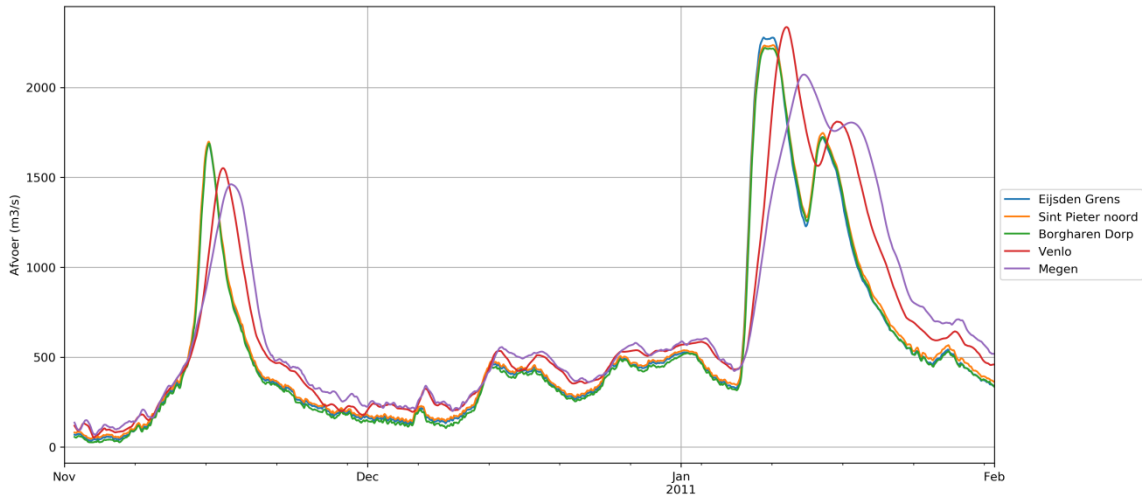
Waterstanden



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	Hiaten ¹
Eijsden grens	45.44	1.23	43.95	44.64	45.17	45.55	49.37	0.05%
Sint Pieter noord	44.40	0.65	43.69	44.08	44.16	44.27	46.98	0.05%
Borgharen_jul	44.17	0.38	43.72	44.03	44.05	44.07	45.93	0.05%
Borgharen dorp	40.48	1.84	37.34	39.32	40.24	40.88	45.33	0.05%
Lanaken-Smeermaas	39.46	1.77	36.59	38.33	39.18	39.83	44.15	0.00%
Uikhoven	37.45	1.75	34.93	36.30	37.11	37.73	42.30	0.00%
Elsloo	35.41	1.52	33.13	34.40	35.10	35.67	39.68	0.05%
Eisden Mazenhoven	31.15	2.01	27.55	29.84	30.88	31.61	36.56	0.00%
Meeswijk veer	29.70	1.94	26.48	28.29	29.38	30.29	34.61	5.30%
Dilsen stokkem	27.81	1.97	22.60	26.42	27.55	28.24	32.65	0.00%
Grevenbicht	27.65	1.86	24.58	26.34	27.39	28.07	32.28	0.05%
Maaseik_HIC	23.41	1.94	20.82	22.03	23.05	23.72	28.88	0.05%
Stevensweert	21.77	1.09	20.80	21.05	21.42	21.75	24.98	0.05%
Heel boven	20.93	0.28	20.60	20.81	20.85	20.90	22.25	0.05%
Linne ben	17.75	1.14	16.75	17.00	17.33	17.69	21.13	0.05%
Roermond boven	17.10	0.69	16.61	16.80	16.84	16.87	19.80	0.05%
Heel ben	15.13	1.37	14.01	14.33	14.60	14.93	19.62	0.05%
Buggenum	15.06	1.33	14.02	14.29	14.55	14.85	19.47	0.05%
Neer	14.97	1.30	14.09	14.26	14.44	14.67	19.36	0.05%
Belfeld bov	14.58	1.06	13.87	14.11	14.15	14.18	18.37	0.05%
Belfeld ben	12.74	1.86	10.79	11.46	12.16	12.99	18.10	0.05%
Venlo	12.57	1.77	10.80	11.36	11.99	12.77	17.66	0.05%
Well dorp	11.57	1.07	10.78	10.95	11.13	11.44	14.83	0.05%
Sambeek bov	11.09	0.58	10.76	10.85	10.86	10.89	13.18	0.05%
Sambeek ben	8.88	1.43	7.68	7.96	8.31	8.85	12.90	0.05%
Gennep	8.49	1.19	7.68	7.82	7.97	8.25	12.10	0.05%
Mook	8.06	0.78	7.54	7.71	7.73	7.78	10.73	0.05%
Grave bov	7.77	0.45	7.00	7.57	7.65	7.71	9.52	0.05%
Grave ben	5.74	1.15	4.85	5.04	5.26	5.71	9.20	0.05%
Megen dorp	5.24	0.64	4.66	4.93	4.97	5.05	7.46	0.05%
Lith bov	4.85	0.23	4.18	4.74	4.89	4.91	5.72	0.05%
Lith dorp	1.89	1.40	0.25	1.02	1.34	2.08	5.53	0.05%
Heesbeen	1.10	0.71	0.10	0.67	0.83	1.23	3.21	0.05%
Keizersveer	0.73	0.33	0.04	0.49	0.67	0.89	1.79	0.05%

¹ De hiaten bij Nederlandse stations worden veroorzaakt door inconsistentie in de einddatum (ofwel 31-1-2011 23:00, ofwel 1-2-2011 0:00). Het soms wegvallen van de laatste tijdstep is geen probleem in de kalibratie/validatie

Afvoeren



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	Hiaten ¹
Eijsden Grens	542.0	507.9	-9.9	233.0	400.4	544.1	2339.7	0.05%
Sint Pieter noord	556.4	505.9	2.1	245.0	412.7	564.8	2271.5	0.05%
Borgharen Dorp	529.7	507.1	3.9	216.5	389.0	540.8	2247.9	0.05%
Venlo	623.5	510.3	23.8	273.8	479.3	644.5	2362.7	0.05%
Megen	656.6	505.7	1.2	313.2	510.1	763.6	2086.6	0.05%
Bunde	14.6	12.9	-46.6	5.5	14.2	23.8	60.6	0.05%
Smeermaas	11.1	2.9	0.8	9.8	10.7	11.8	32.3	0.05%
Geul	5.8	6.4	0.8	2.7	3.5	5.9	46.4	5.52%
Geleenbeek	4.1	3.0	0.5	2.7	3.1	4.0	21.1	41.92%
Roer	43.6	28.2	19.0	23.5	28.3	63.6	128.6	0.05%
Neerbeek	3.0	2.9	1.1	1.4	1.9	2.8	13.2	57.27%
Niers	14.3	5.8	6.8	10.0	11.9	17.6	29.2	0.05%
Swalm	2.3	0.8	1.3	1.9	2.0	2.4	6.3	0.00%
Aa	15.0	10.9	6.1	9.1	11.6	15.7	77.2	0.05%
Drongelens kanaal	14.2	17.8	1.1	4.0	5.2	15.0	82.3	2.17%
Dieze	33.1	20.1	-4.9	23.0	28.3	37.2	125.4	0.05%
Dommel	27.2	16.1	11.0	17.0	21.2	29.9	81.7	0.09%

¹ De hiaten bij Nederlandse stations worden veroorzaakt door inconsistentie in de einddatum (ofwel 31-1-2011 23:00, ofwel 1-2-2011 0:00). Het soms wegvallen van de laatste tijdstap is geen probleem in de kalibratie/validatie

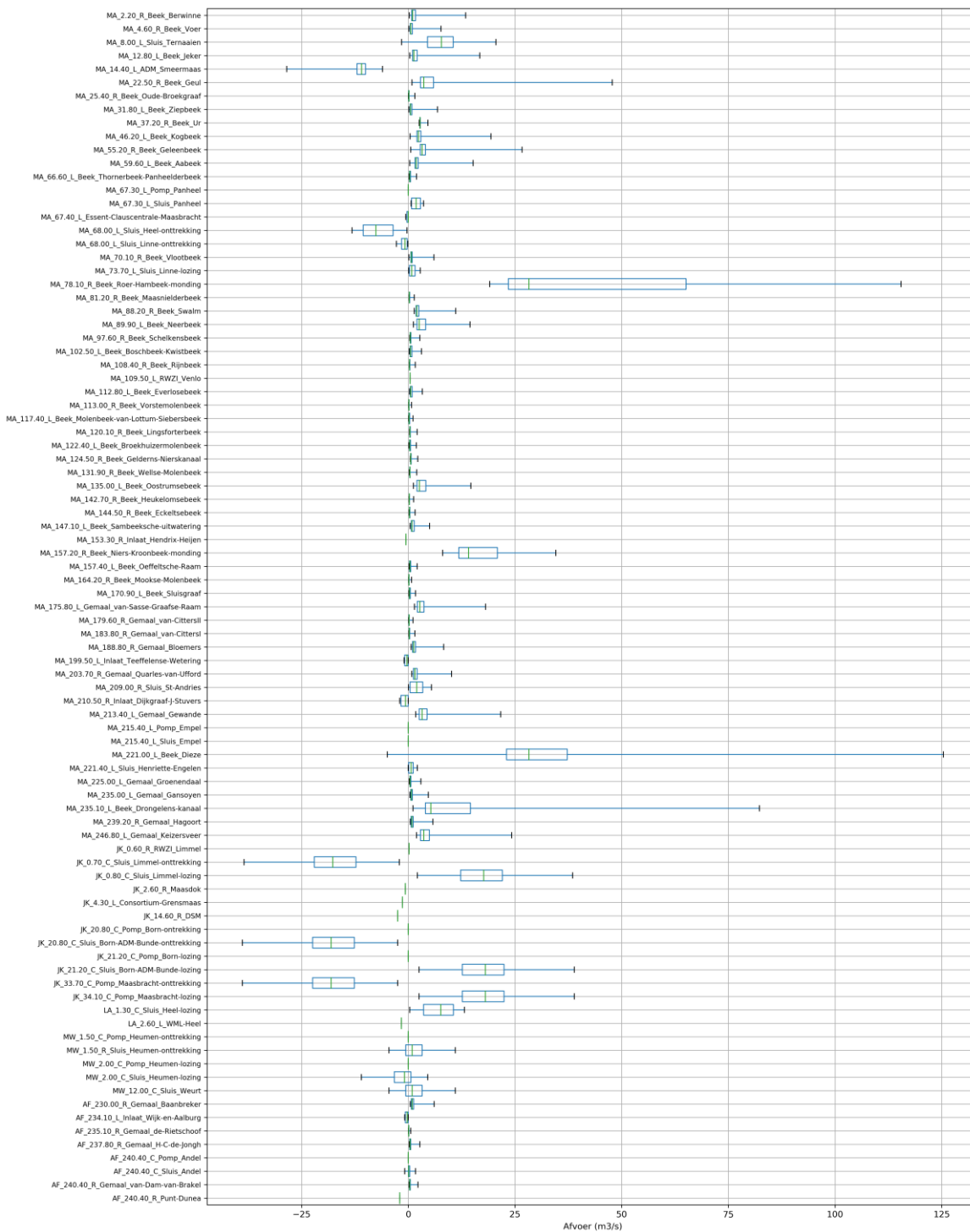
C.6.2 Overige metingen

Daarnaast zijn de volgende metingen beschikbaar uit het archief van de vijfde generatie:

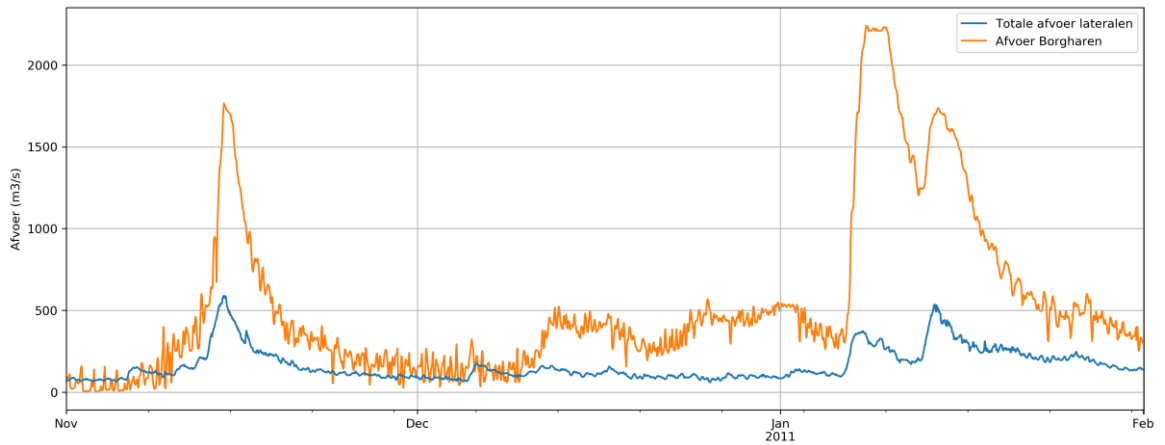
- Afvoer Maaseik

Naast de bovenstaande metingen zijn de handmatig uitgevoerde metingen van de Blauwe Peilschalen (BPS) beschikbaar. Hiervan zijn de stations Itteren, Ool, Velden, Arcen, Maashees en St. Andries Maas gebruikt voor validatie.

C.6.3 Lateralen RGWM

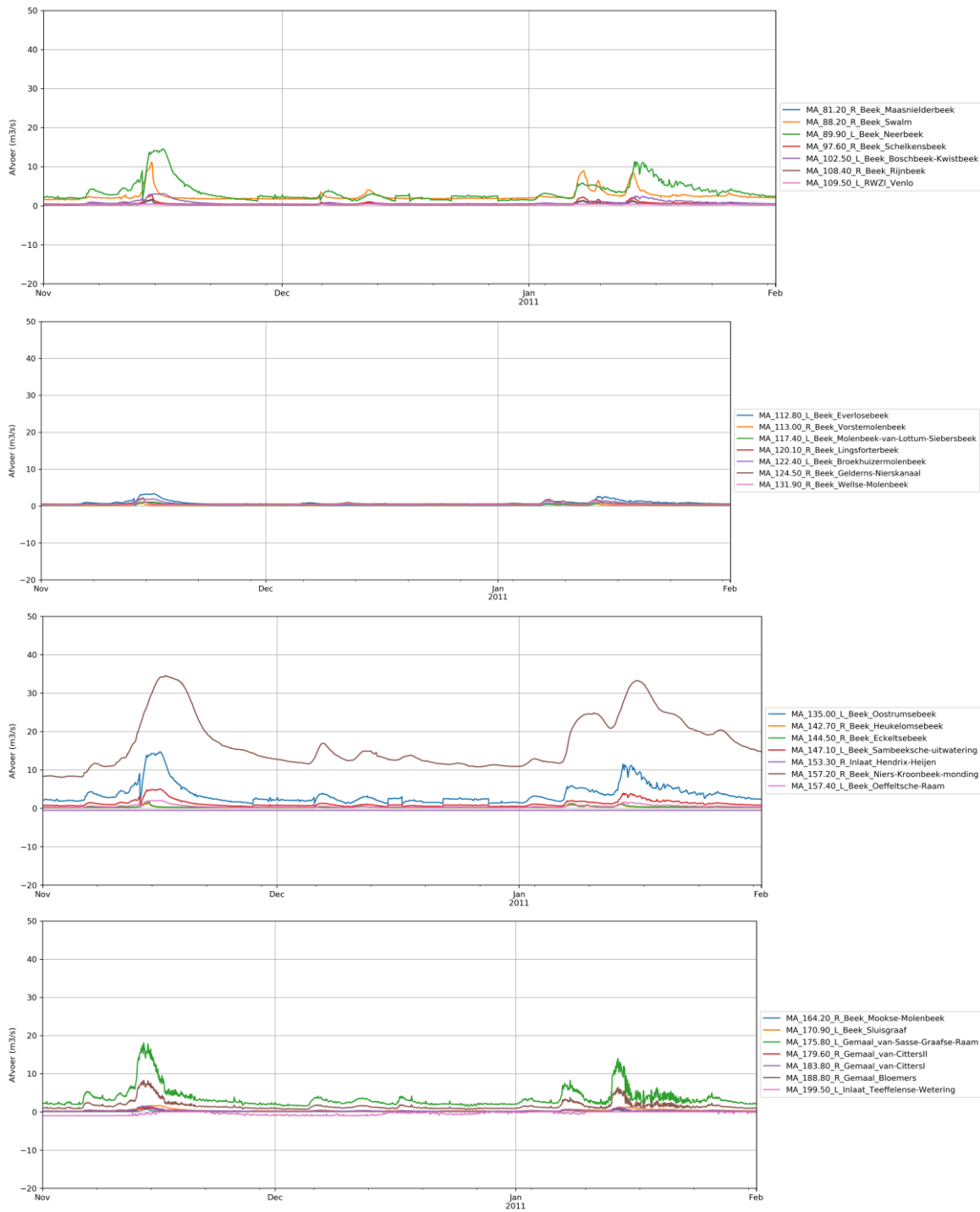


Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM in een boxplot. De box beschrijft de 25, 50 en 75% percentielen, de staven geven de minima en maxima.

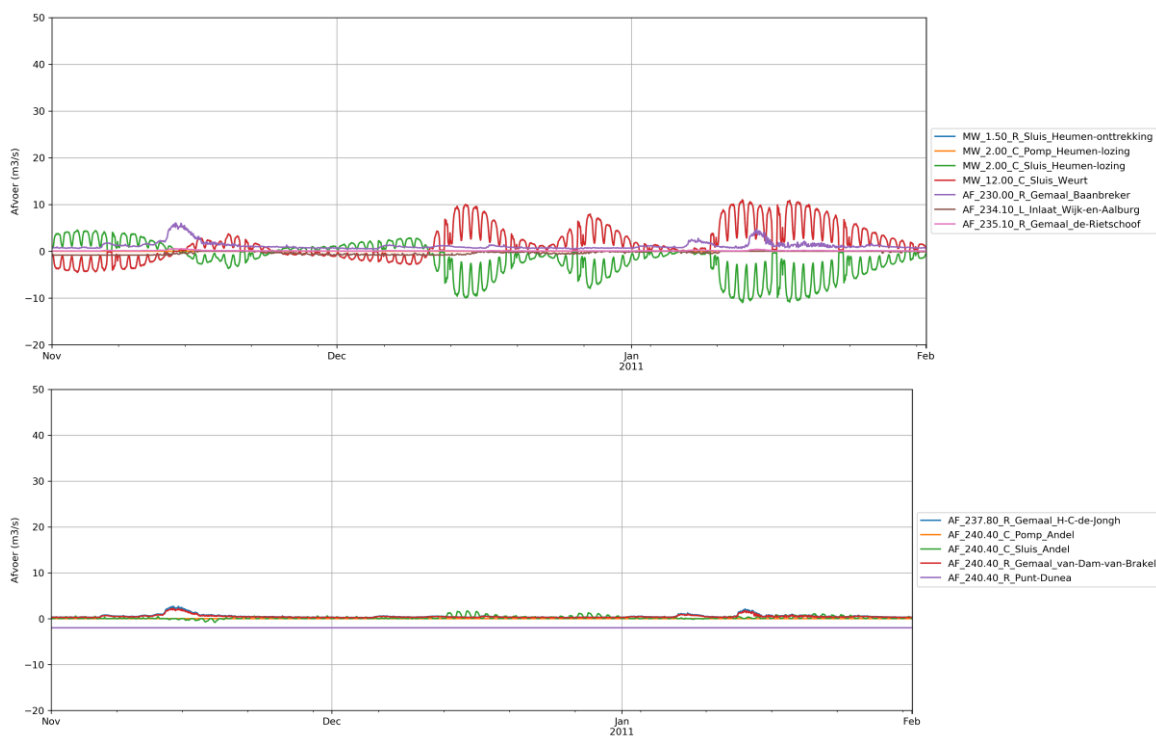


Figuur: De cumulatieve laterale onttrekkingen/lozingen (blauw) en de afvoer bij Borgharen (oranje)









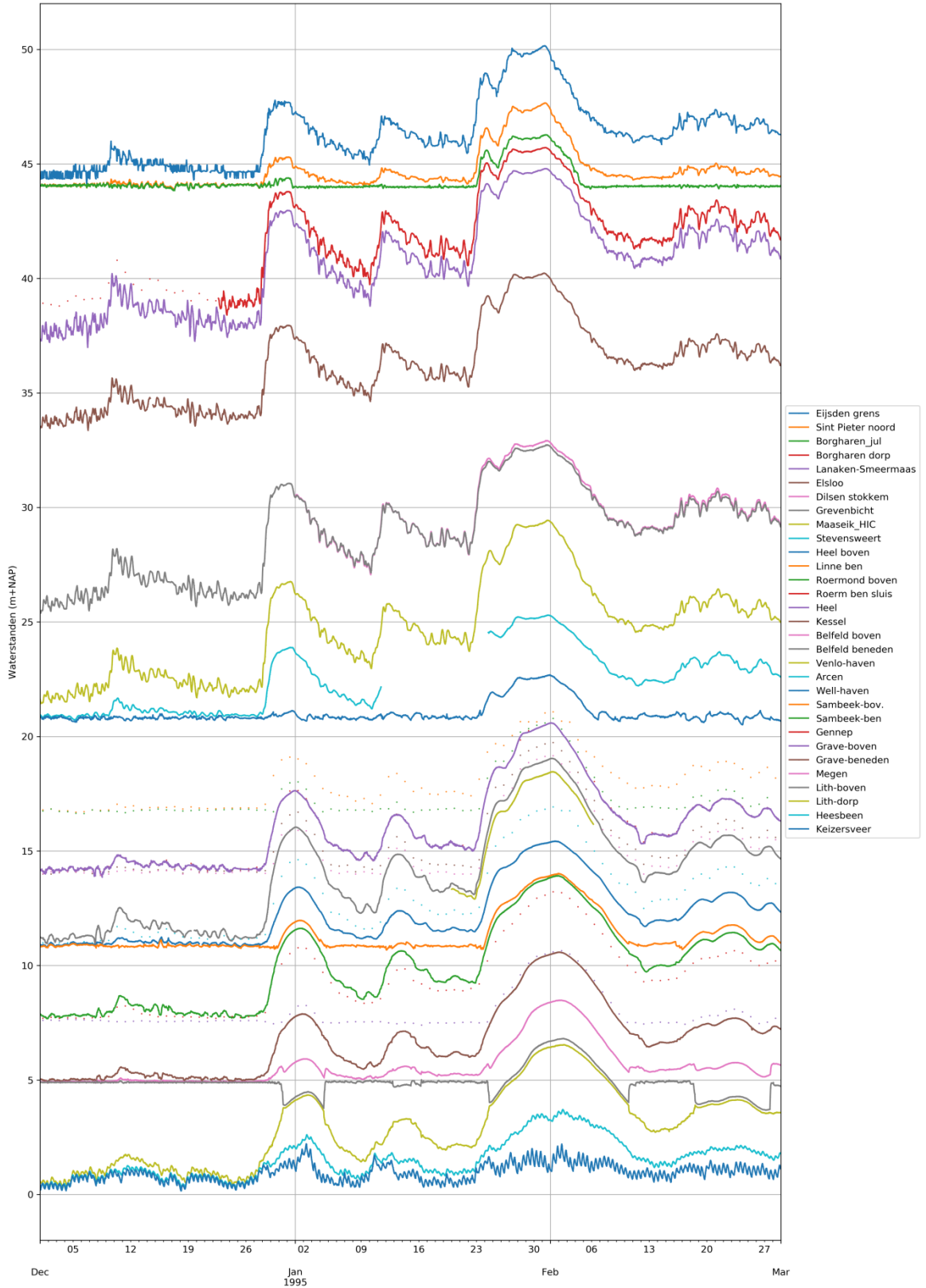
Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM. In volgorde van locatie van instroming van bovenstrooms tot benedenstrooms

C.7 1995 (HW1995)

C.7.1 Aangeleverde metingen

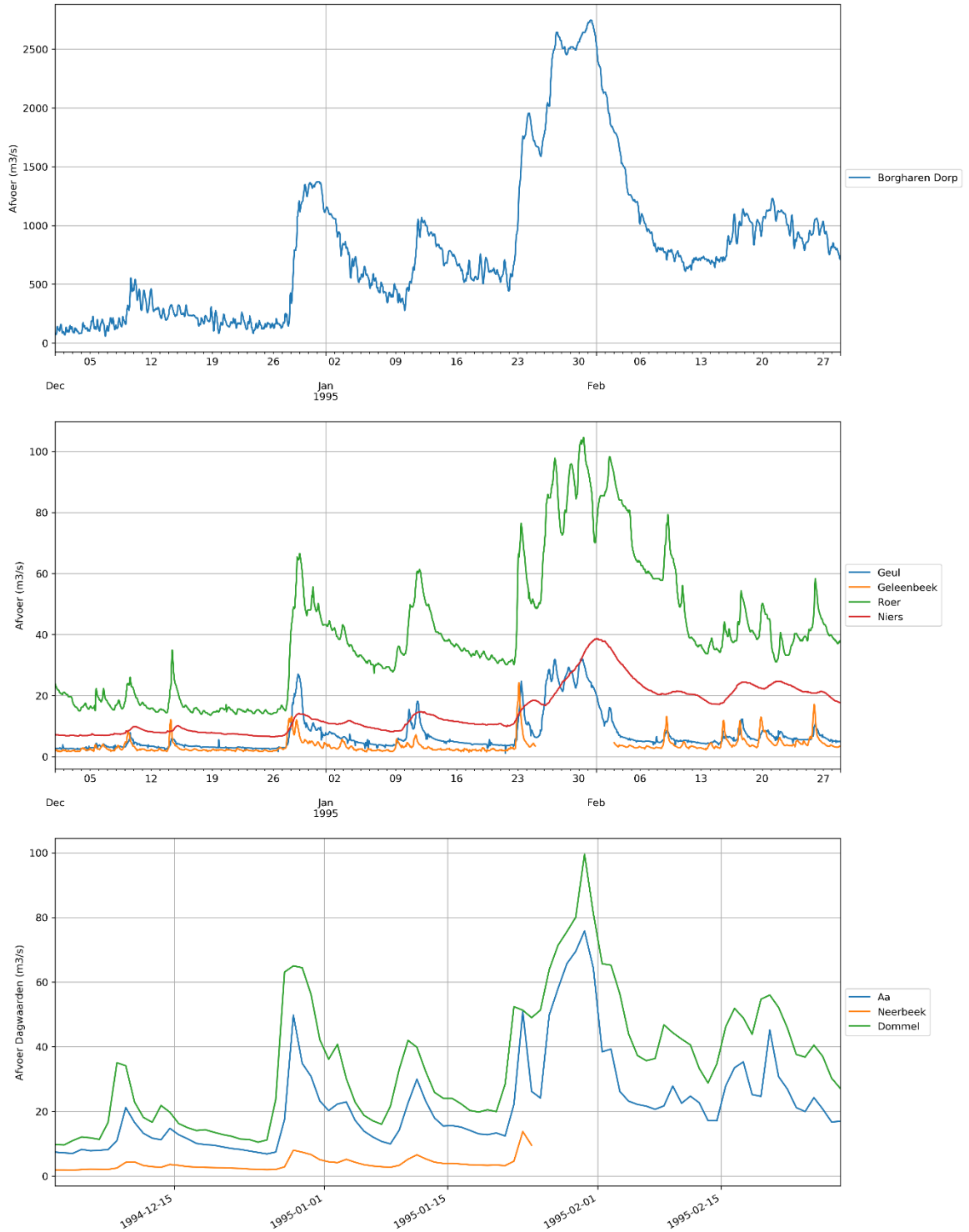
Door de plottechniek zijn in de onderstaande figuur de meetseries met enkel 24-uurs waarden niet zichtbaar.

Waterstanden



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	hiaten
Eijsden grens	46.34	1.45	44.07	45.01	46.19	47.02	50.16	0.37%
Sint Pieter noord	44.71	0.90	43.86	44.12	44.41	44.78	47.66	0.05%
Borgharen_jul	44.26	0.59	43.84	44.00	44.04	44.09	46.27	0.05%
Borgharen dorp	42.32	1.74	38.40	41.32	42.16	43.17	45.71	23.09%
Lanaken-Smeermaas	40.73	2.05	36.99	38.81	40.84	42.07	44.79	0.00%
Elsloo	36.22	1.76	33.37	34.62	36.23	37.18	40.23	0.51%
Dilsen stokkem	29.98	1.45	27.07	28.95	29.74	30.59	32.92	34.43%
Grevenbicht	28.89	1.99	25.39	27.02	29.06	30.24	32.73	0.05%
Maaseik_HIC	24.73	2.11	21.44	22.79	24.79	25.96	29.44	0.09%
Stevensweert	22.47	1.38	20.73	21.07	22.44	23.43	25.30	14.48%
Heel boven	21.03	0.49	20.51	20.79	20.85	20.97	22.69	0.05%
Linne ben	18.03	1.17	16.70	16.92	17.76	18.70	21.08	95.84%
Roermond boven	17.37	1.06	16.64	16.79	16.84	17.41	20.79	95.88%
Roerm ben sluis	16.07	1.79	14.10	14.45	15.70	16.99	20.57	95.84%
Heel beneden	16.06	1.77	13.86	14.43	15.68	17.00	20.59	0.05%
Kessel	15.39	1.60	13.94	14.17	14.70	16.04	19.74	95.84%
Belfeld boven	15.08	1.45	13.95	14.09	14.30	15.61	19.16	95.84%
Belfeld beneden	14.03	2.24	10.93	11.84	13.99	15.37	19.04	0.51%
Venlo-haven	16.45	1.92	12.90	15.24	17.02	18.09	18.46	80.84%
Arcen	13.01	1.71	10.90	11.45	12.80	14.00	16.93	95.88%
Well-haven	12.23	1.31	10.82	11.04	11.89	12.91	15.43	0.46%
Sambeek-bov.	11.37	0.88	10.68	10.85	10.90	11.50	14.02	0.09%
Sambeek-ben	10.00	1.80	7.68	8.17	9.94	11.16	13.92	0.37%
Gennep	9.50	1.60	7.69	7.85	9.30	10.37	13.22	95.88%
Grave-boven	7.95	0.85	7.40	7.52	7.59	7.87	10.65	95.84%
Grave-beneden	6.73	1.56	4.88	5.23	6.56	7.50	10.58	0.37%
Megen	5.61	0.93	4.87	4.97	5.33	5.67	8.48	0.05%
Lith-boven	4.92	0.61	3.68	4.81	4.90	4.93	6.81	0.05%
Lith-dorp	2.87	1.69	0.32	1.33	2.81	4.00	6.54	0.05%
Heesbeen	1.55	0.84	0.23	0.88	1.42	2.00	3.71	0.05%
Keizersveer	0.94	0.38	0.16	0.64	0.91	1.20	2.21	0.05%

Afvoeren



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	hiaten
Borgharen Dorp	818.8	646.0	58.0	280.0	710.0	1053.8	2746.0	0.00%
Geul	7.1	6.2	1.1	3.6	5.1	7.1	32.0	0.00%
Geleenbeek	3.5	2.4	1.5	2.2	2.9	3.9	24.2	10.00%

Roer	40.1	22.1	13.6	19.7	36.5	49.8	104.6	0.00%
Niers	15.1	7.9	6.5	8.3	11.8	21.0	38.6	0.00%
Aa	22.1	14.9	6.9	11.8	19.0	25.1	75.8	0.00%
Neerbeek	3.8	2.1	1.8	2.5	3.3	4.3	13.8	38.89%
Dommel	35.1	19.6	9.6	19.0	33.7	46.6	99.6	0.00%

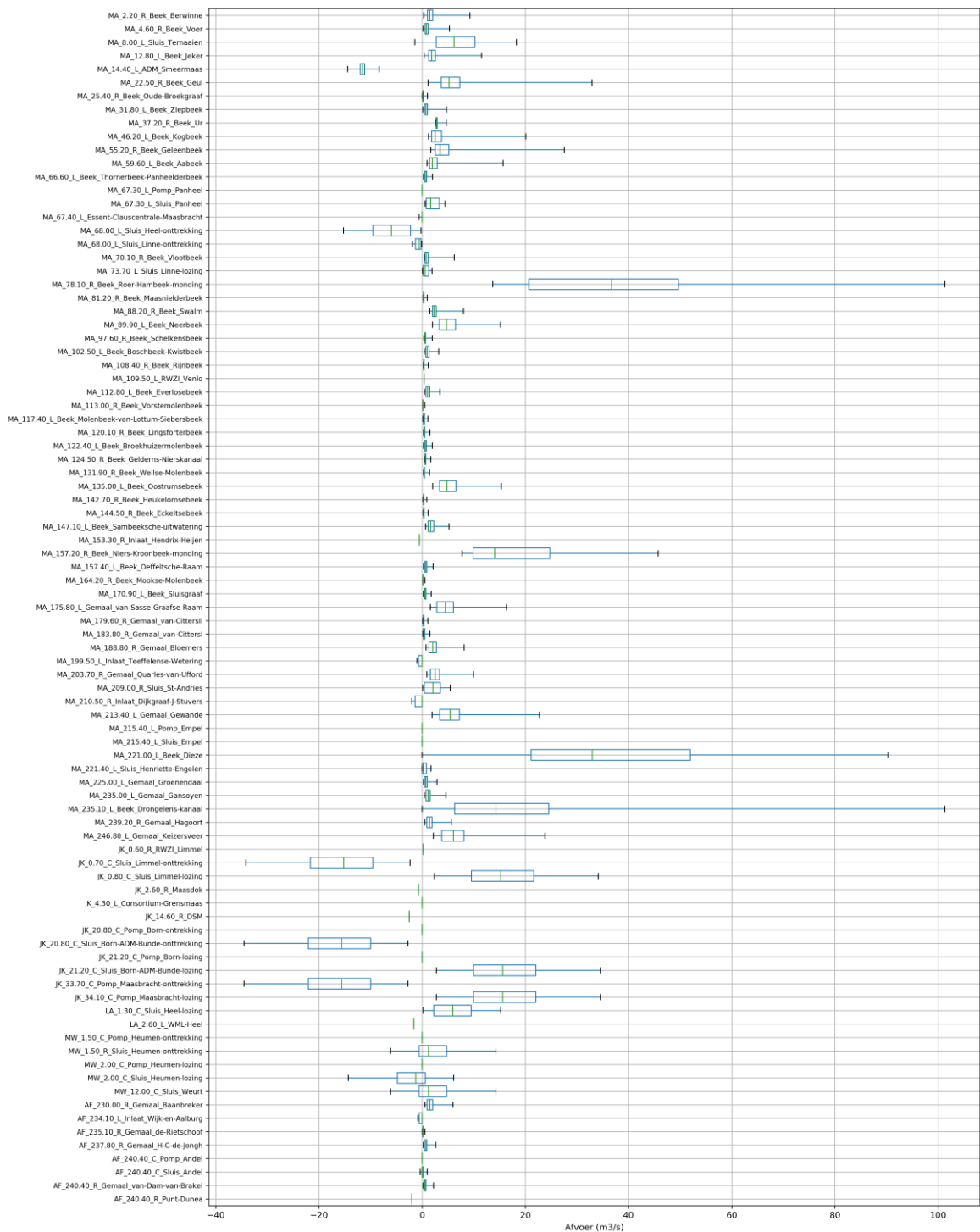
C.7.2 Overige metingen

Daarnaast zijn de volgende metingen beschikbaar uit het archief van de vijfde generatie:

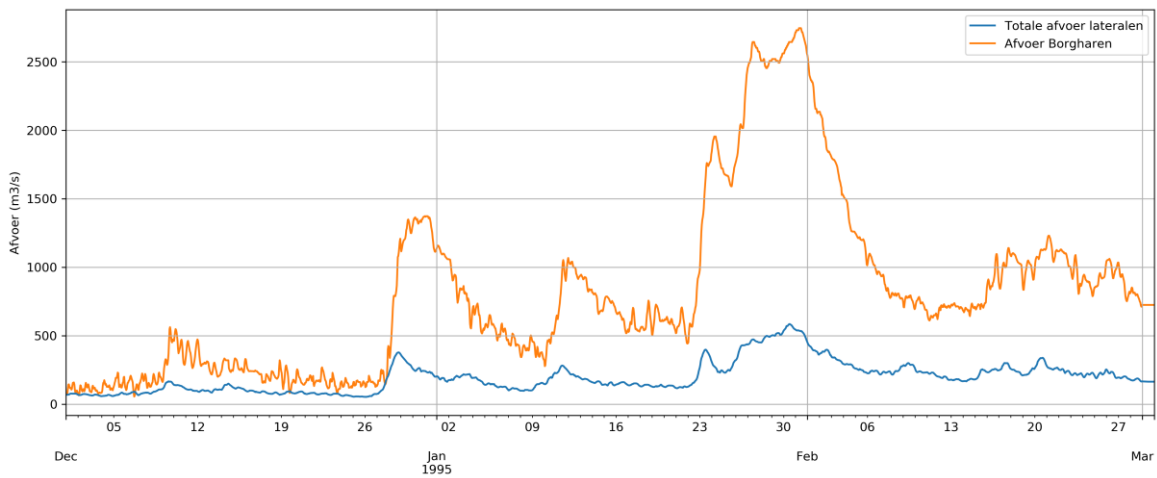
- Afvoer Maaseik
- Afvoer Ravenstein

Ten behoeve van de validatie zijn daarnaast inundatiekaarten beschikbaar. Deze inundatiekaarten worden ook wel veekranden (of flood marks) genoemd, wat verwijst naar de lijn met afval plantenresten en drijfhout die na een hoogwatergolf op de dijkelling blijven liggen als de waterstand weer zakt.

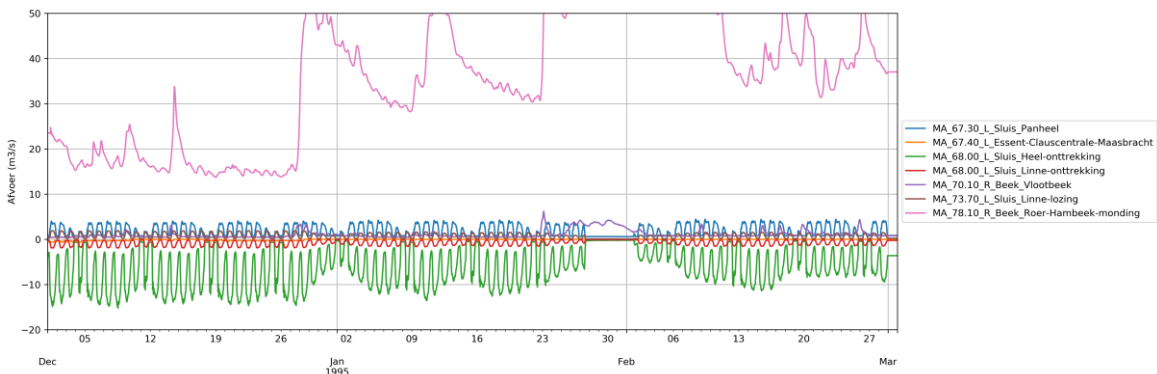
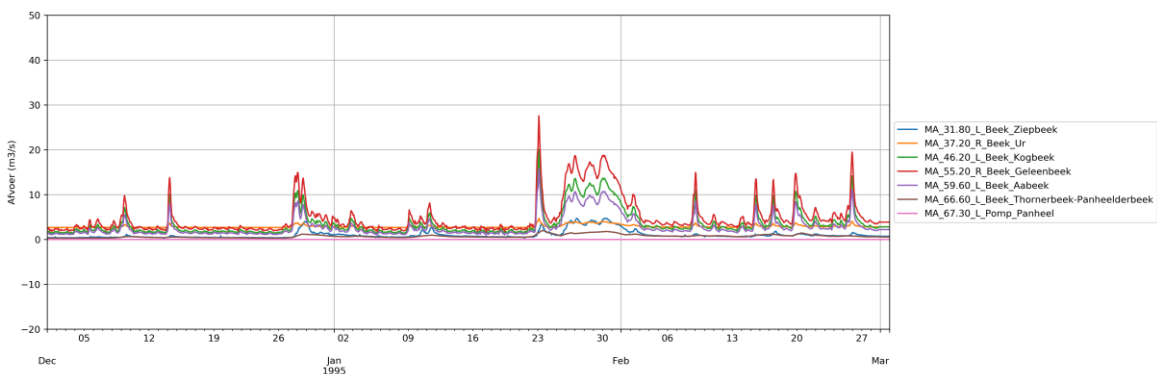
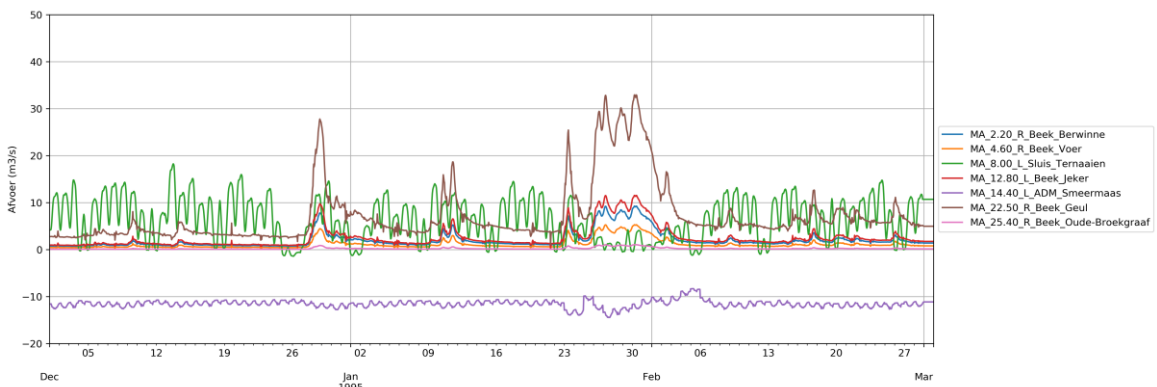
C.7.3 Lateralen RGWM



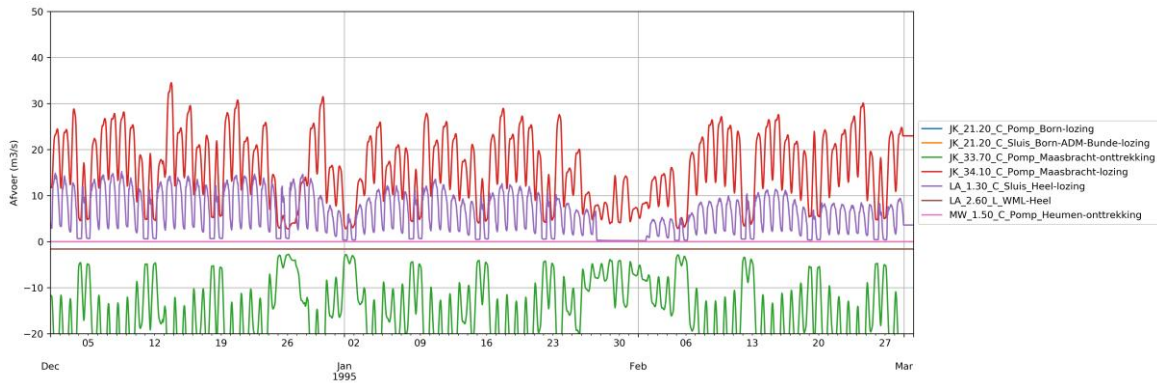
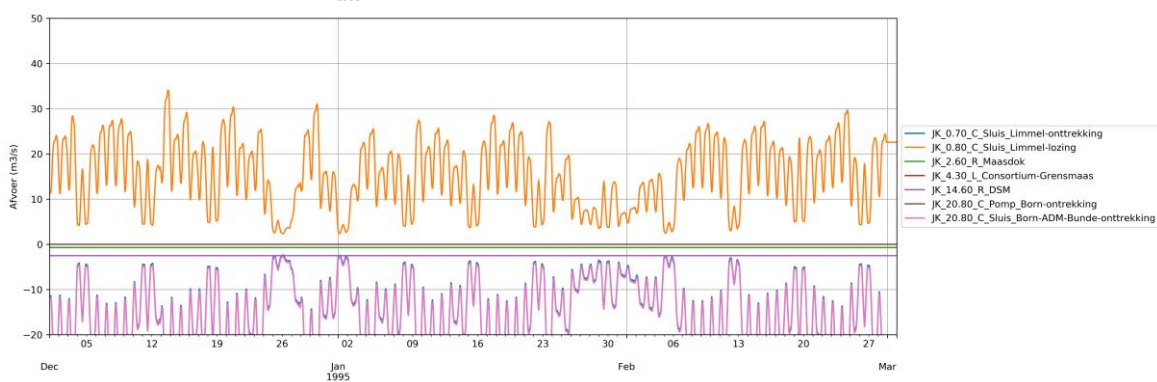
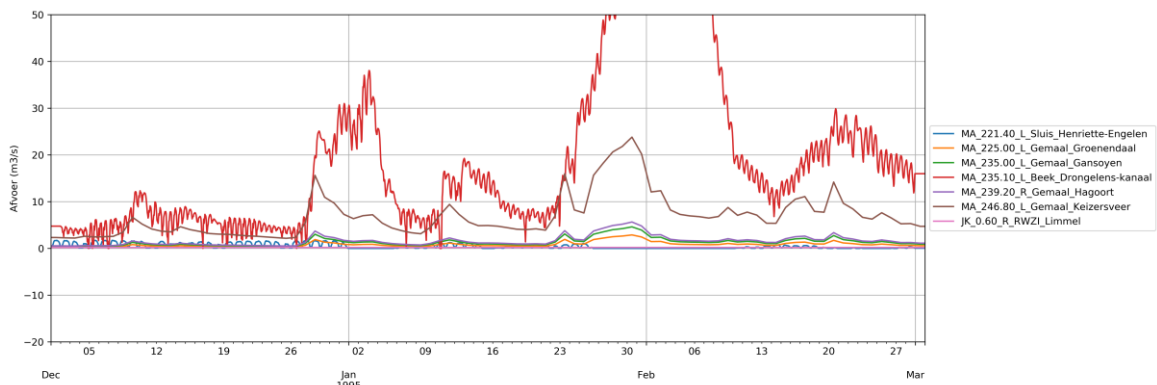
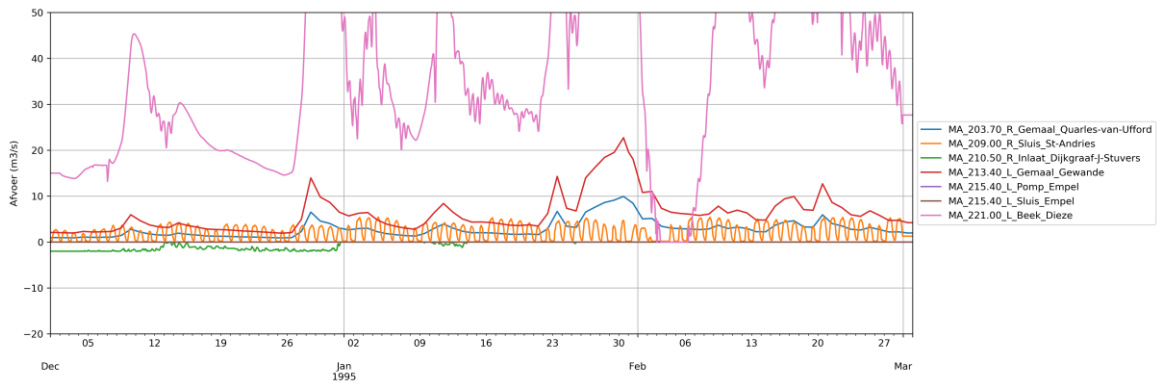
Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM in een boxplot. De box beschrijft de 25, 50 en 75% percentielen, de staven geven de minima en maxima.

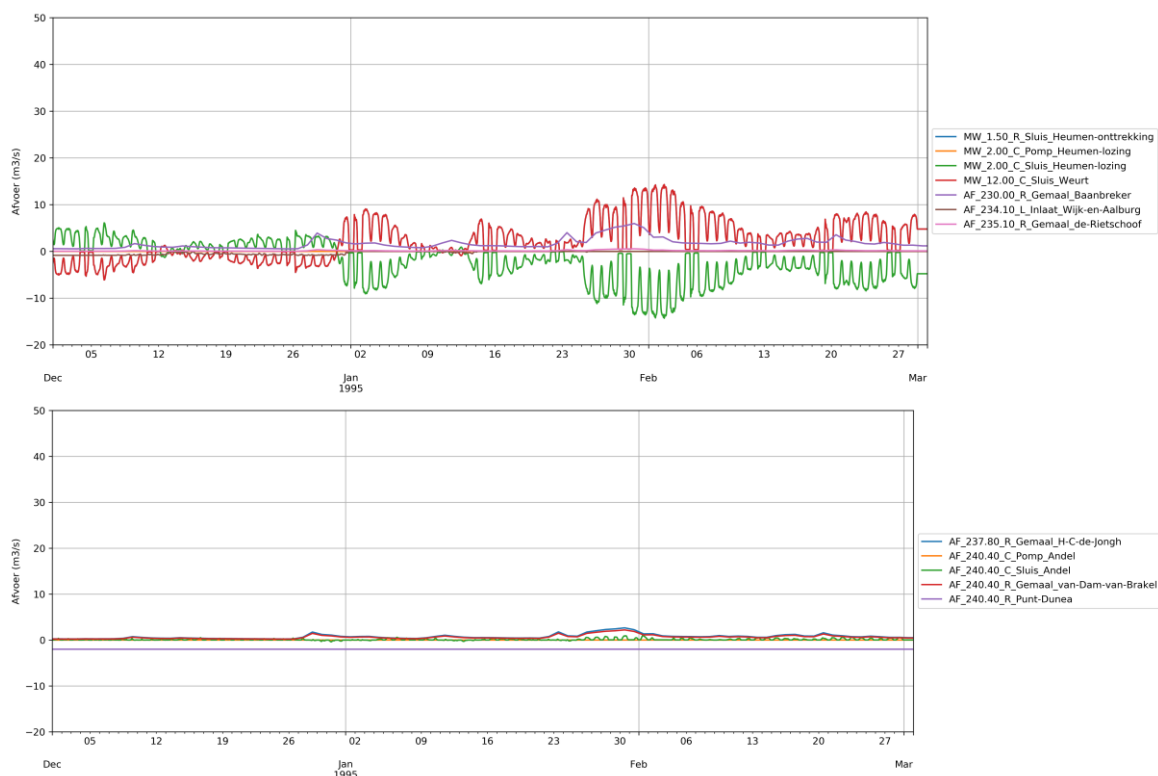


Figuur: De cumulatieve laterale onttrekkingen/lozingen (blauw) en de afvoer bij Borgharen (oranje)







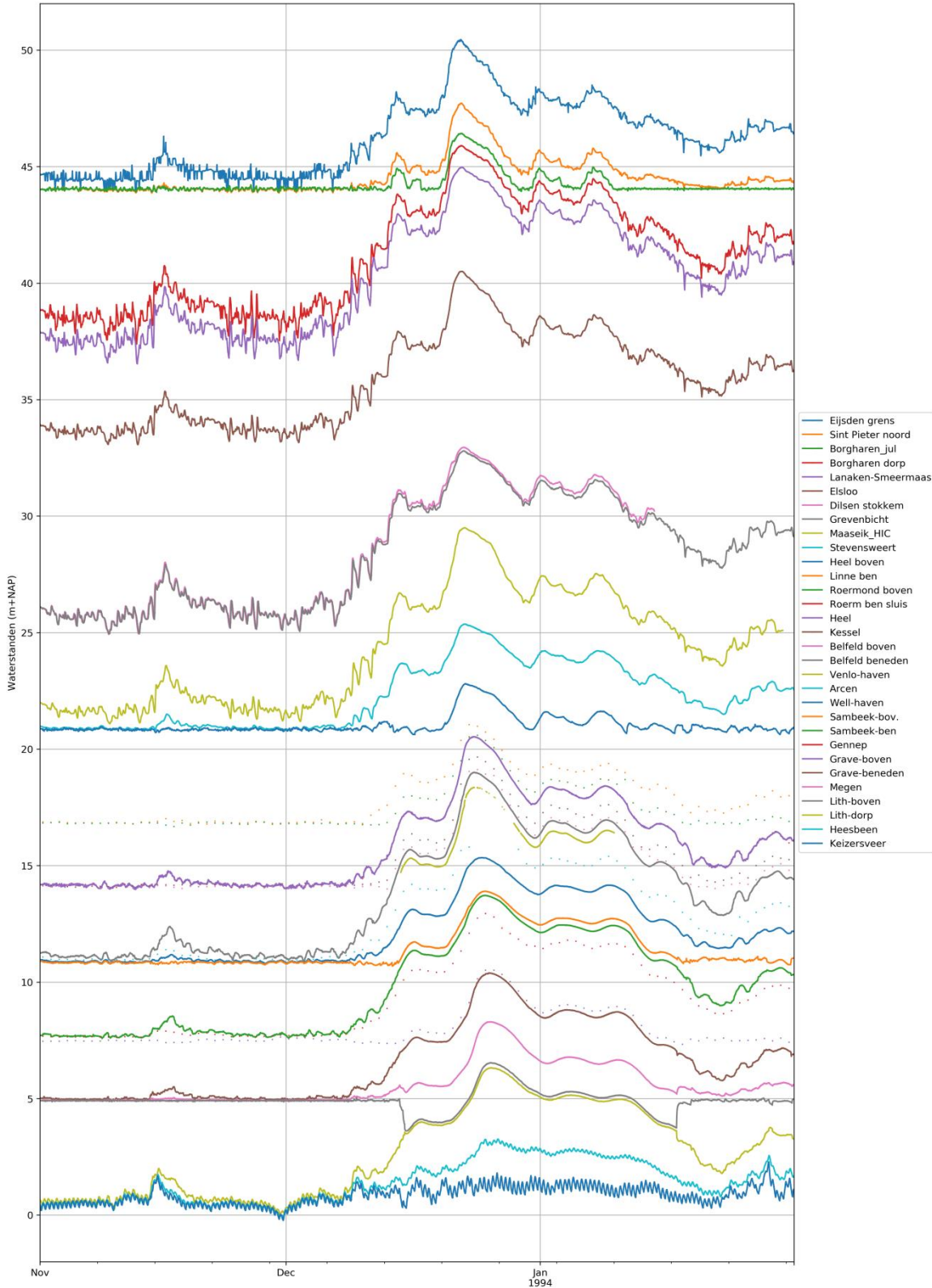


Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM. In volgorde van locatie van instroming van bovenstrooms tot benedenstrooms

C.8 1993 (HW1993)

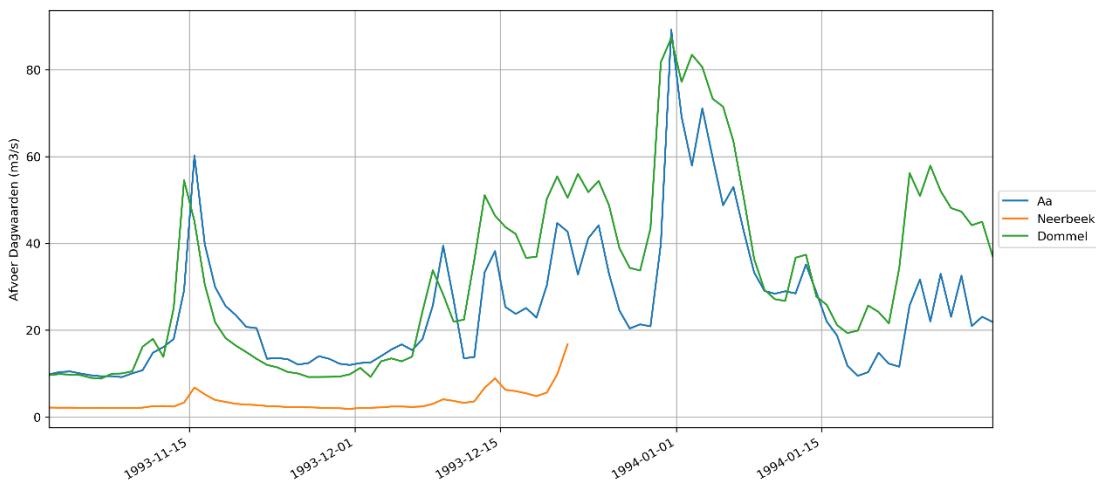
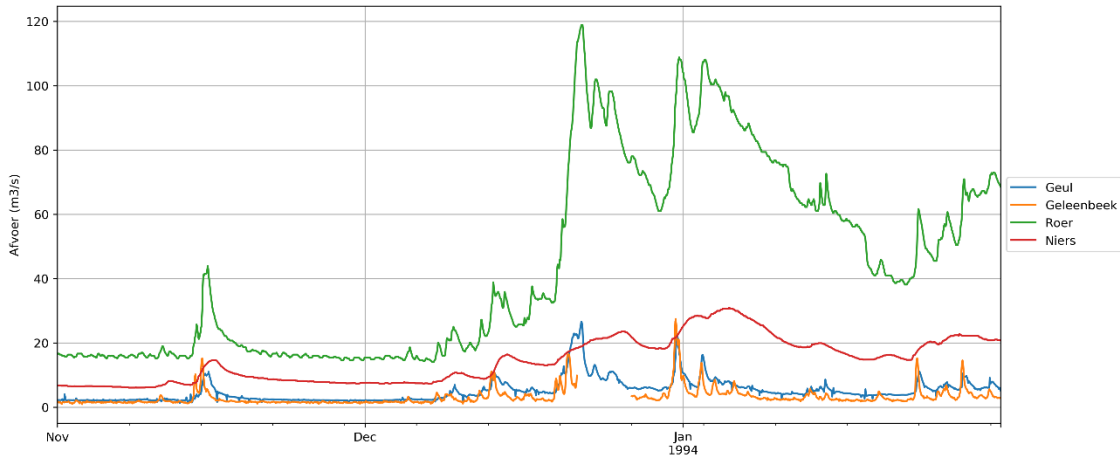
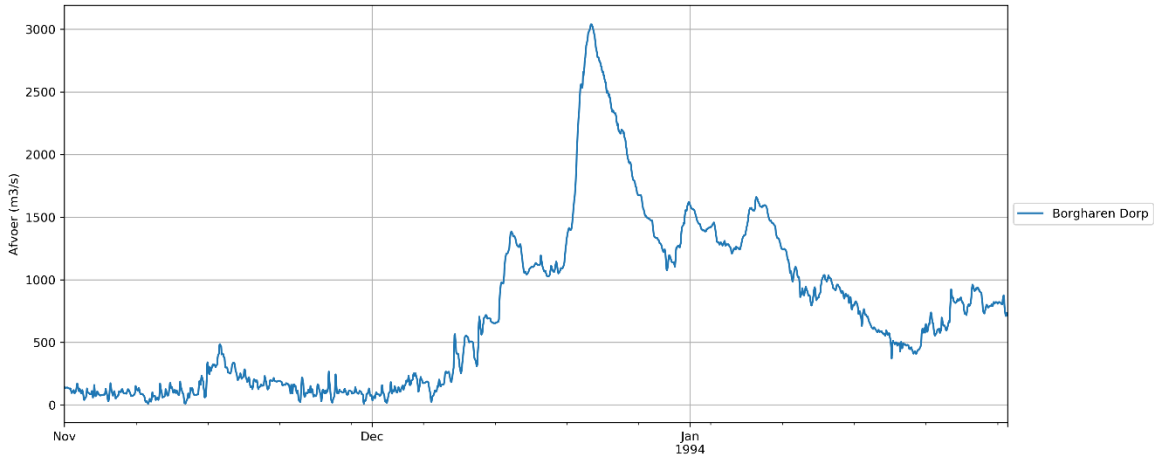
C.8.1 Aangeleverde metingen

Waterstanden



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	hiaten
Eijsden grens	46.23	1.59	43.96	44.74	46.15	47.46	50.45	0.00%
Sint Pieter noord	44.58	0.81	43.87	44.04	44.23	44.88	47.72	0.23%
Borgharen_jul	44.25	0.50	43.90	44.03	44.06	44.12	46.42	0.00%
Borgharen dorp	41.20	2.32	37.38	38.84	41.25	43.20	45.90	0.00%
Lanaken-Smeermaas	40.29	2.38	36.54	37.87	40.37	42.37	44.97	0.00%
Elsloo	35.86	1.98	33.07	33.88	35.83	37.46	40.50	0.00%
Dilsen stokkem	28.42	2.62	24.93	25.86	27.32	31.05	32.95	18.52%
Grevenbicht	28.44	2.32	24.95	26.01	28.57	30.55	32.80	0.09%
Maaseik_HIC	24.31	2.39	21.10	21.88	24.30	26.35	29.50	1.49%
Stevensweert	22.28	1.37	20.82	20.93	22.02	23.51	25.36	0.00%
Heel boven	21.04	0.43	20.63	20.82	20.87	21.03	22.81	0.00%
Linne ben	17.88	1.16	16.79	16.86	17.42	18.88	21.05	95.83%
Roermond boven	17.46	0.99	16.68	16.81	16.86	18.01	20.60	95.83%
Roerm ben sluis	15.87	1.86	14.05	14.19	15.21	17.15	20.49	95.83%
Heel	15.89	1.85	13.98	14.20	15.23	17.28	20.53	0.00%
Kessel	15.38	1.58	14.06	14.14	14.43	16.30	19.66	95.83%
Belfeld boven	15.11	1.41	14.00	14.11	14.17	15.80	19.13	95.83%
Belfeld beneden	13.69	2.46	10.90	11.23	13.33	15.67	19.00	0.00%
Venlo-haven	16.07	0.83	14.71	15.30	16.11	16.44	18.35	76.59%
Arcen	12.57	1.67	10.88	11.00	12.05	13.98	15.80	96.06%
Well-haven	12.15	1.39	10.79	10.91	11.58	13.14	15.34	0.00%
Sambeek-bov.	11.42	0.88	10.69	10.83	10.89	11.79	13.90	0.00%
Sambeek-ben	9.77	1.99	7.58	7.78	9.40	11.45	13.72	0.00%
Gennep	9.34	1.71	7.63	7.72	8.86	10.75	12.95	95.83%
Grave-boven	7.95	0.80	7.33	7.48	7.53	8.06	10.51	95.83%
Grave-beneden	6.58	1.64	4.89	5.03	6.11	7.78	10.39	0.00%
Megen	5.59	0.87	4.87	4.94	5.23	5.89	8.30	0.00%
Lith-boven	4.92	0.47	3.62	4.90	4.91	4.95	6.54	0.00%
Lith-dorp	2.63	1.88	0.03	0.73	2.20	4.28	6.32	0.00%
Heesbeen	1.44	0.89	-0.14	0.57	1.30	2.23	3.26	0.00%
Keizersveer	0.85	0.40	-0.23	0.52	0.84	1.16	2.28	0.00%

Afvoeren



	mean	std	min	25%	50%	75%	max	hiaten
Borgharen Dorp	733.5	667.2	10.0	137.0	600.0	1151.0	3039.0	0.00%
Geul	5.1	3.5	1.3	2.3	4.2	6.2	26.6	0.00%
Geleenbeek	3.1	2.7	0.9	1.7	2.3	3.6	27.5	5.75%
Roer	44.0	29.6	14.1	16.2	33.9	67.2	118.9	0.00%
Niers	14.6	7.0	6.1	7.8	14.4	20.0	31.0	0.00%
Aa	25.5	15.7	9.2	13.4	22.0	32.6	89.3	0.00%
Neerbeek	3.6	2.6	1.9	2.1	2.4	3.8	16.7	44.57%
Dommel	32.6	20.7	8.8	13.5	28.0	47.5	87.3	0.00%

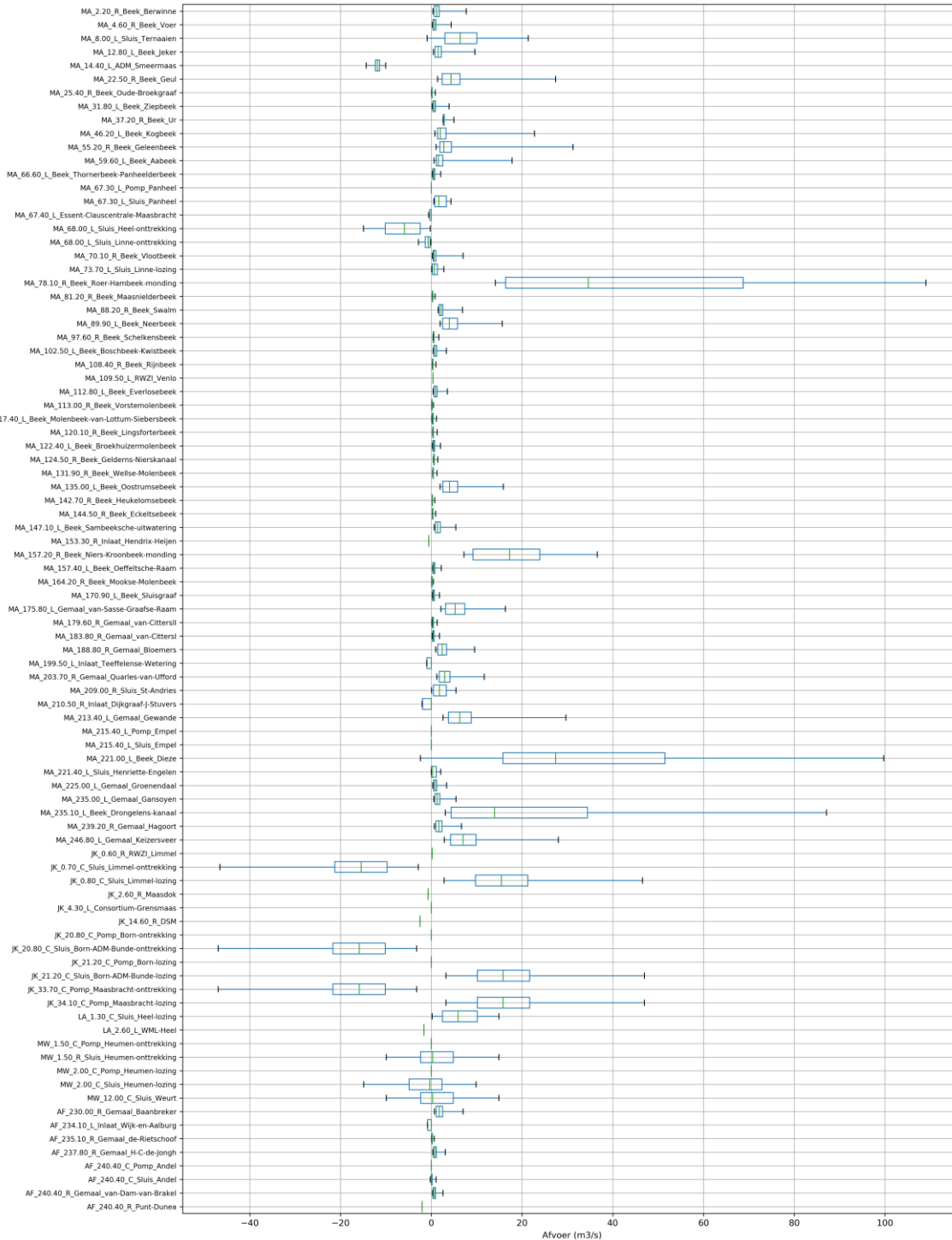
C.8.2 Overige metingen

Daarnaast zijn de volgende metingen beschikbaar uit het archief van de vijfde generatie:

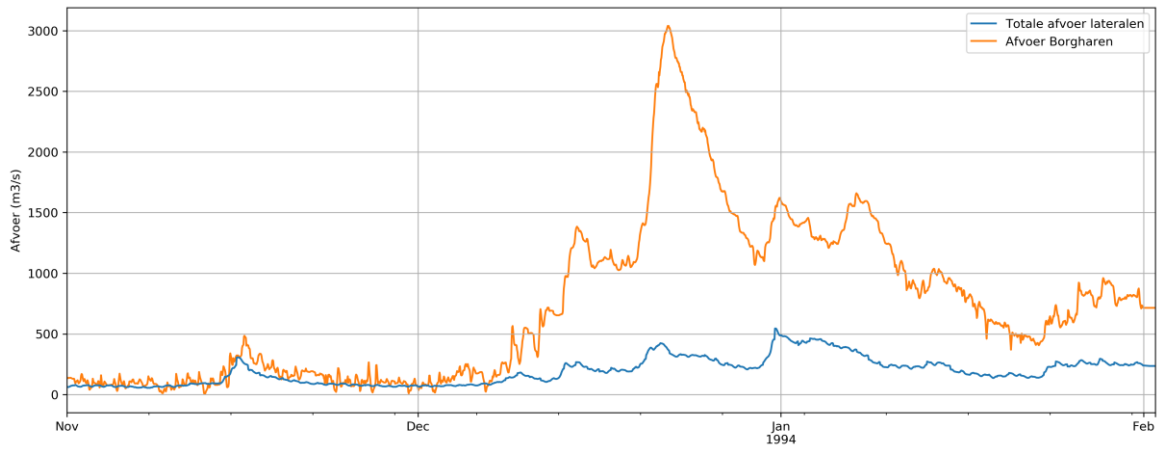
- Afvoer Maaseik

Ten behoeve van de validatie zijn daarnaast inundatiekaarten beschikbaar.

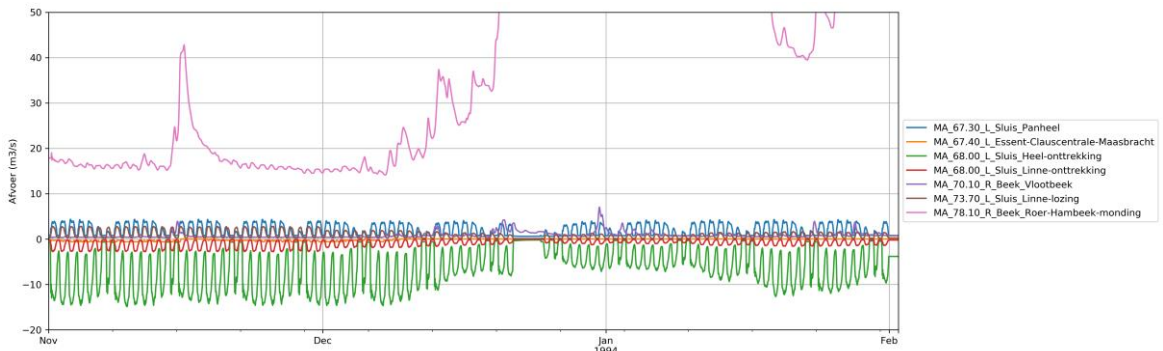
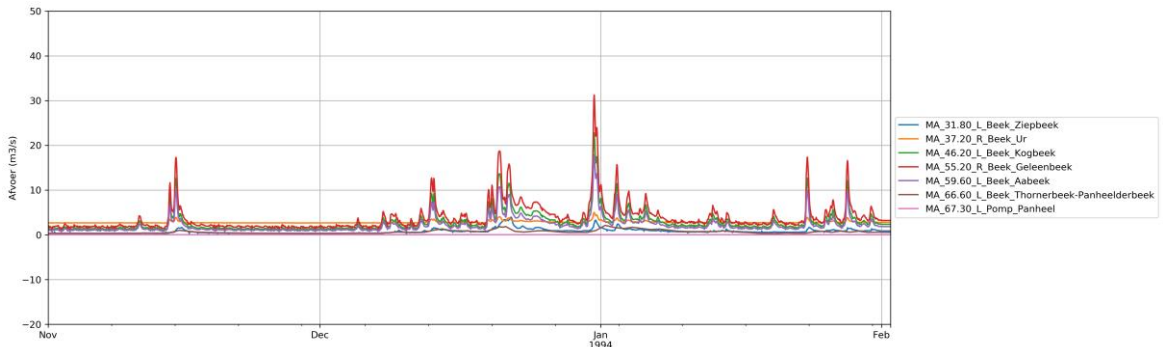
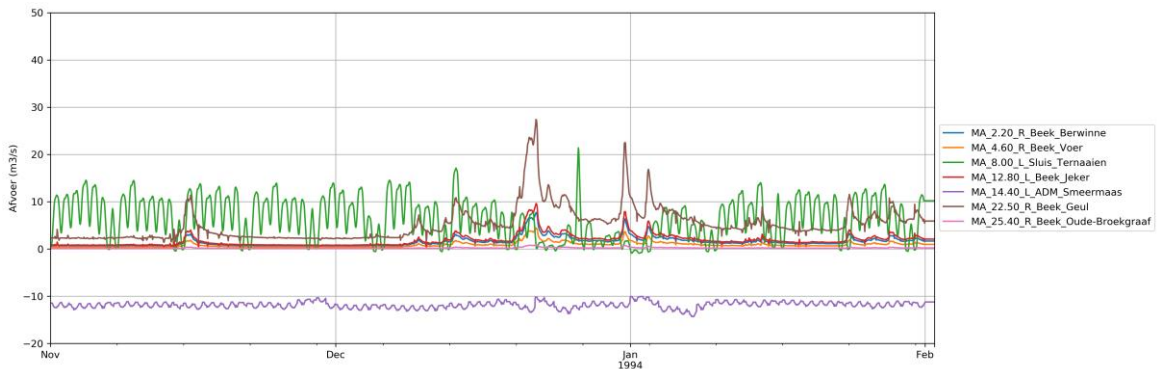
C.8.3 Lateralen RGWM

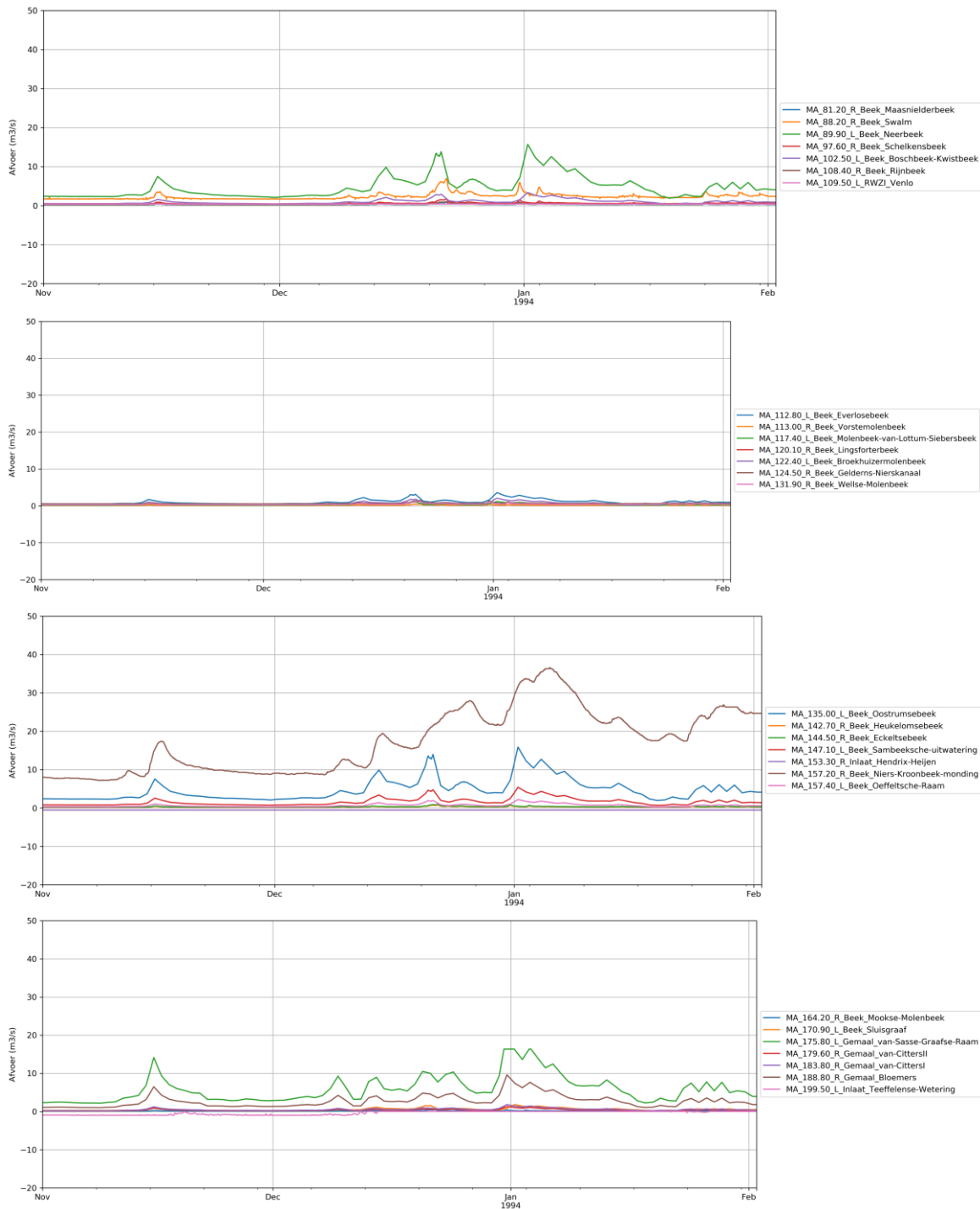


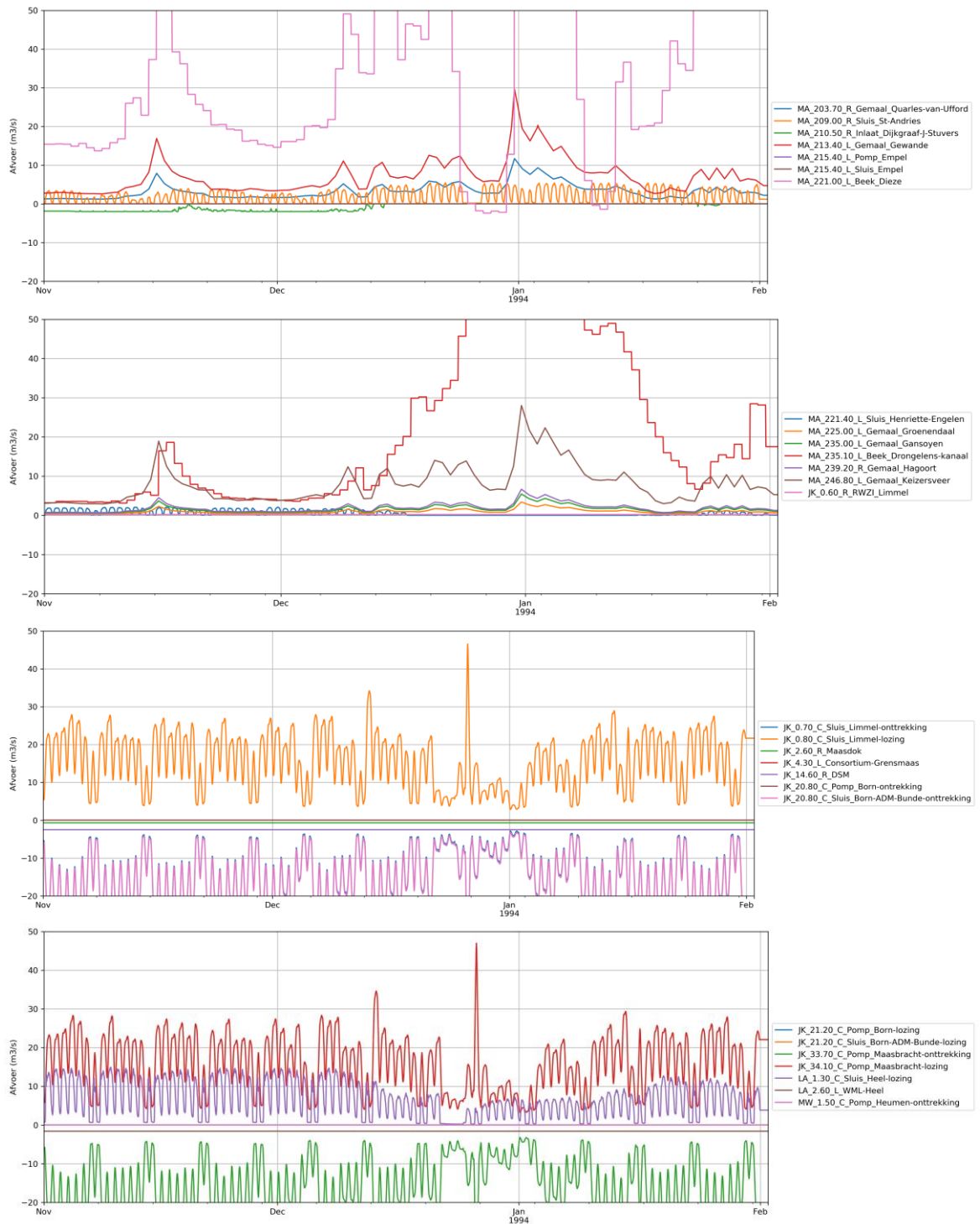
Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM in een boxplot. De box beschrijft de 25, 50 en 75% percentielen, de staven geven de minima en maxima.

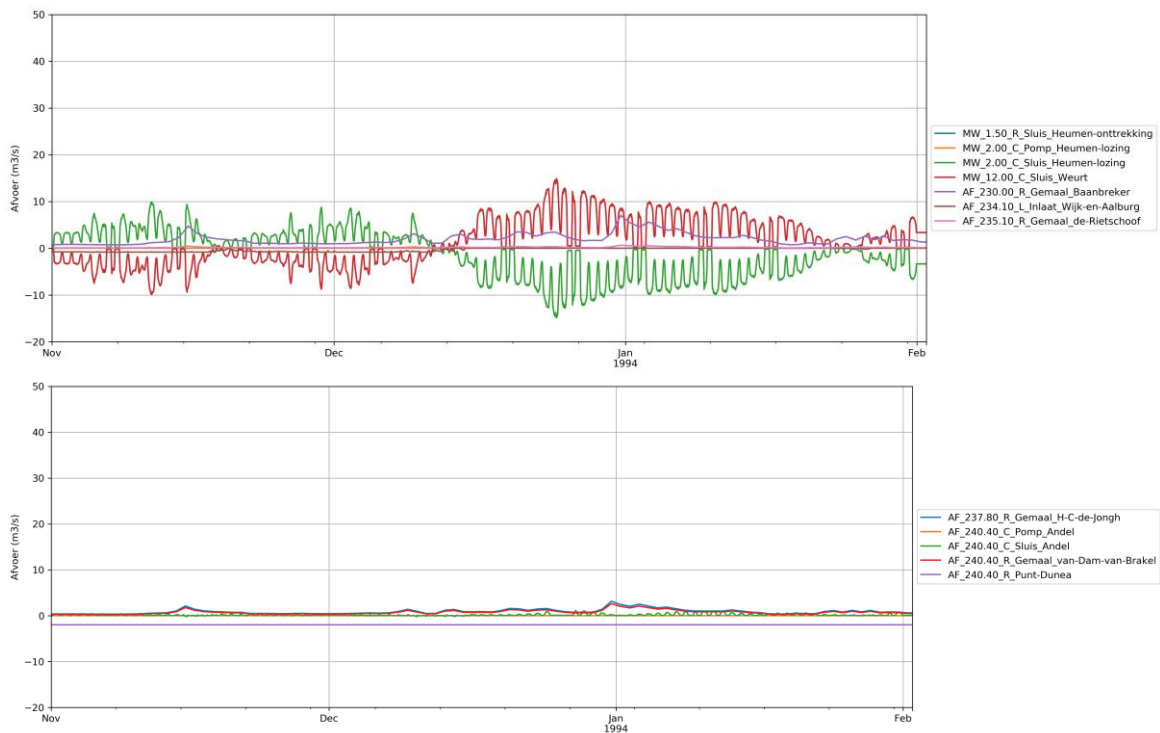


Figuur: De cumulatieve laterale onttrekkingen/lozingen (blauw) en de afvoer bij Borgharen (oranje)





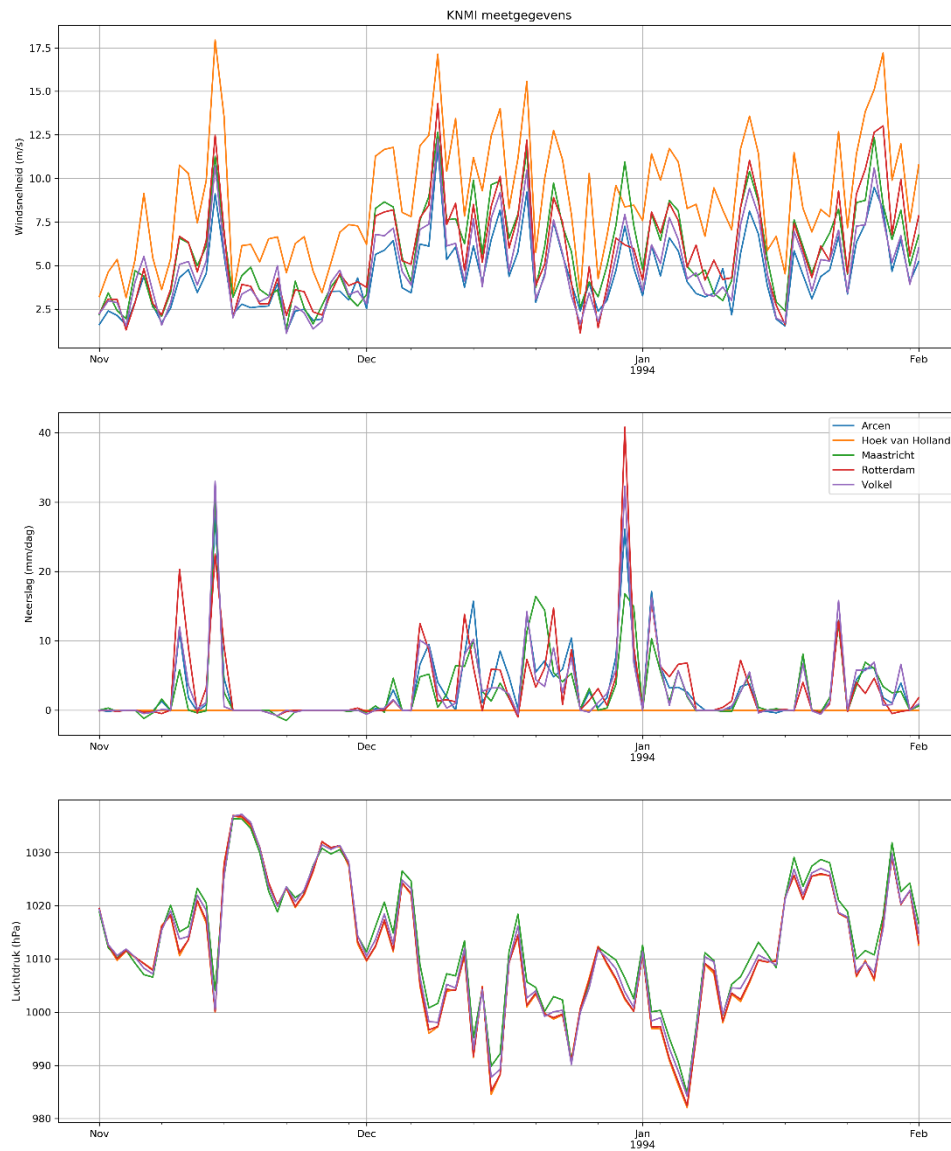




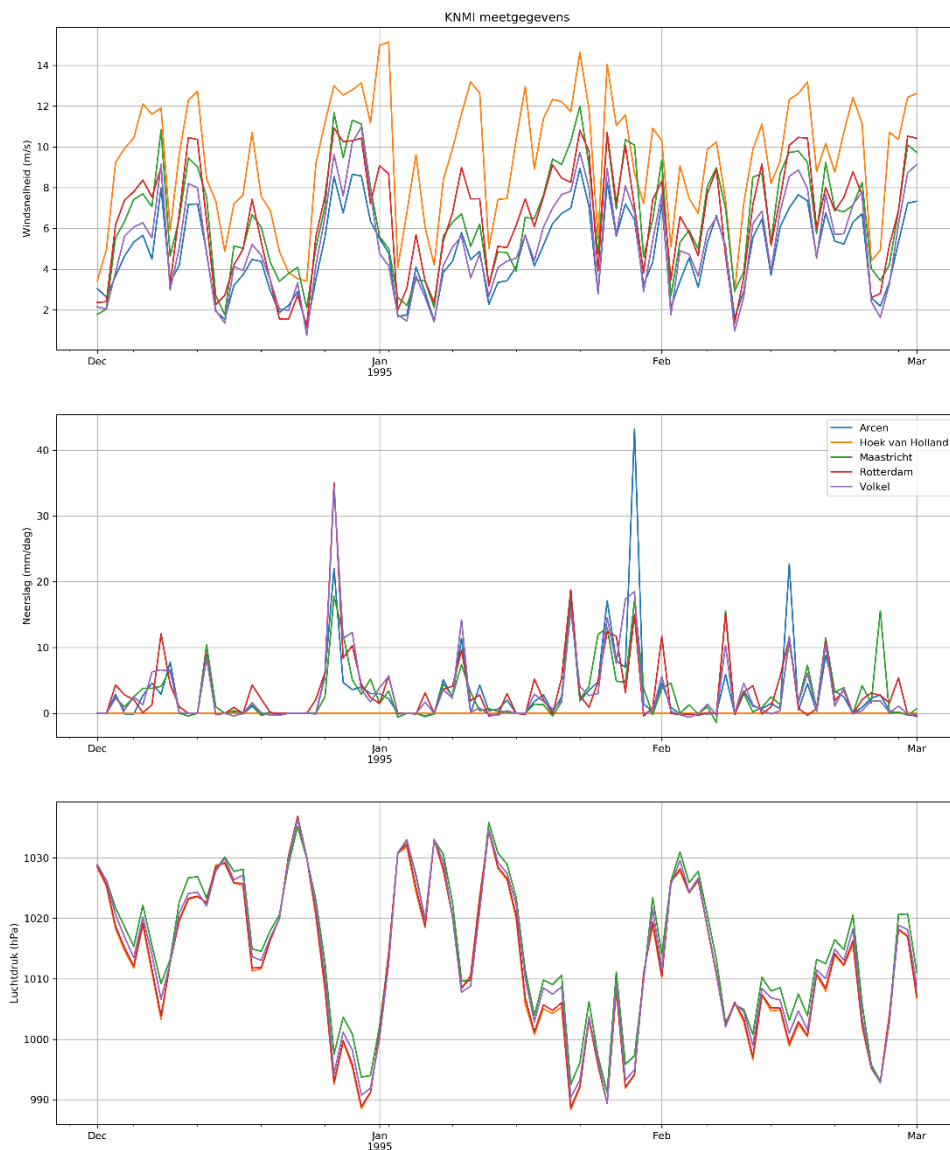
Figuur: Laterale instromingen berekend door de RGWM. In volgorde van locatie van instroming van bovenstrooms tot benedenstrooms

C.9 Meteorologische metingen

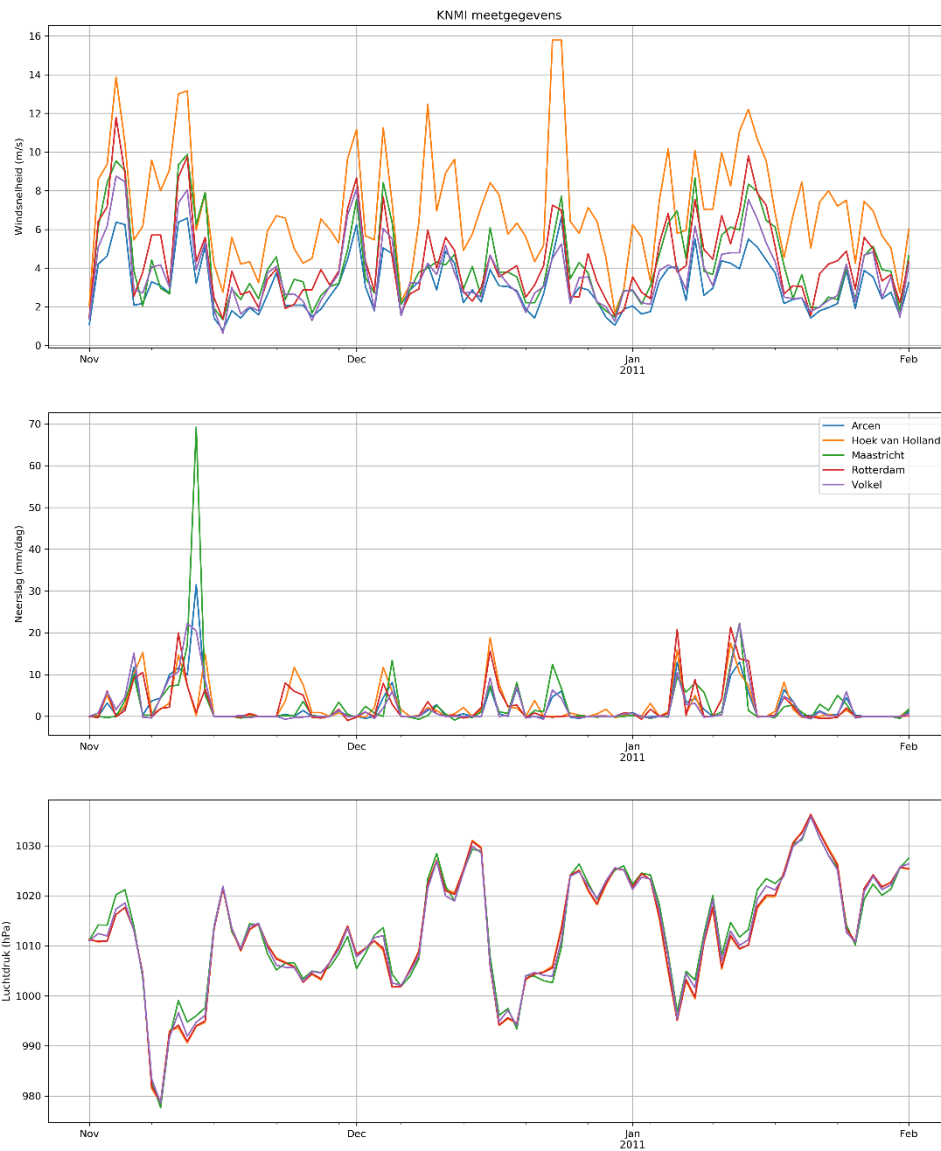
Om de precieze kalibratie- en validatieperiodes te bepalen, zijn de meteorologische metingen (neerslag, windsnelheid en luchtdruk) voor alle aangeleverde meetperioden bij de KNMI opgevraagd. In onderstaande figuren zijn ze weergegeven voor een aantal meetstations voor alle meetperioden.



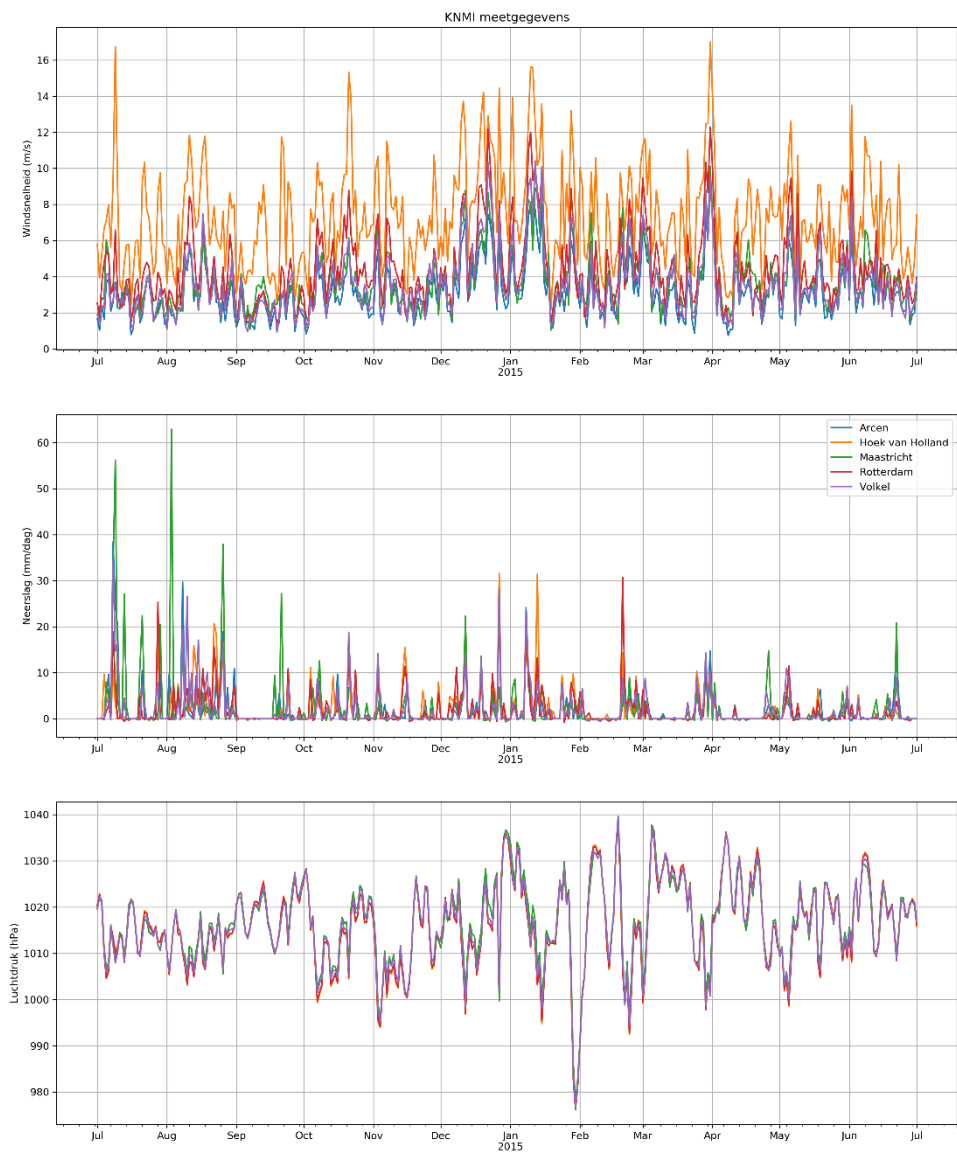
Figuur: KNMI-metingen van de windsnelheid, neerslag en luchtdruk voor 5 meetstations rondom de Maas voor de periode van HW1993



Figuur: KNMI-metingen van de windsnelheid, neerslag en luchtdruk voor 5 meetstations rondom de Maas voor de periode van HW1995



Figuur: KNMI-metingen van de windsnelheid, neerslag en luchtdruk voor 5 meetstations rondom de Maas voor de periode van 2010-2011



Figuur: KNMI-metingen van de windsnelheid, neerslag en luchtdruk voor 5 meetstations rondom de Maas voor de periode van 2014-2015

D Roosterontwerp

Tijdens de bouw van het model is het rooster een aantal keer voorgelegd aan Rijkswaterstaat.

Tabel: De bestandsnaam van de roosternamen eindigt altijd met `_net.nc`.

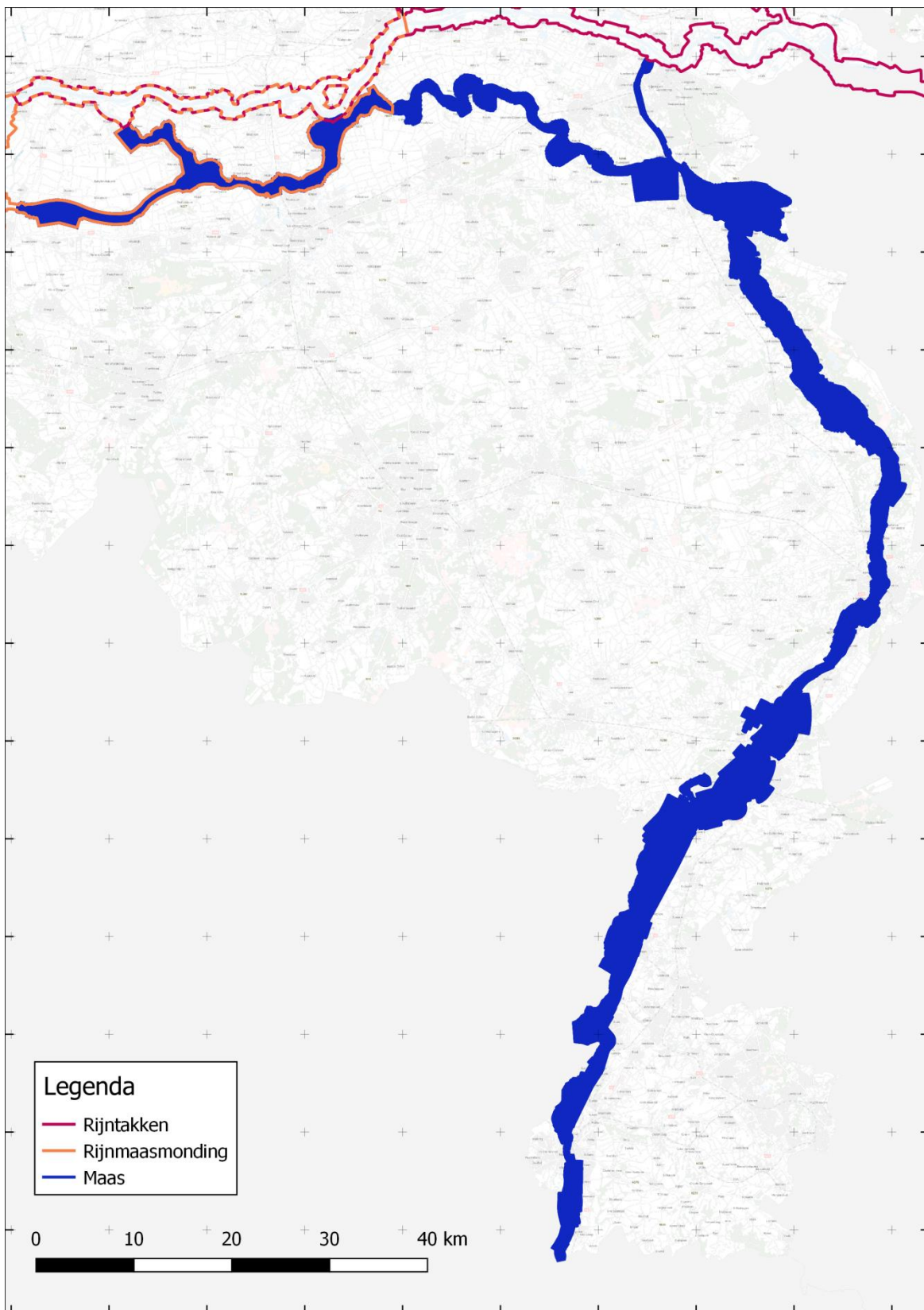
Datum	Officiële naam	Werknaam	Opmerking
12-7-2017	Maas_40m_v2017_0.1	South_48	Van Eijsden tot Buggenum
11-9-2017	Maas_40m_v2017_0.2	Joined_11	Van Eijsden tot Keizersveer
28-9-2017	Maas_40m_v2017_1.0	Improvement39	Diverse lokale verbeteringen (uitlijning, knopen, orthogonaliteit)
11-5-2020	Maas_40m_v2020_1.0	-	Finale versie

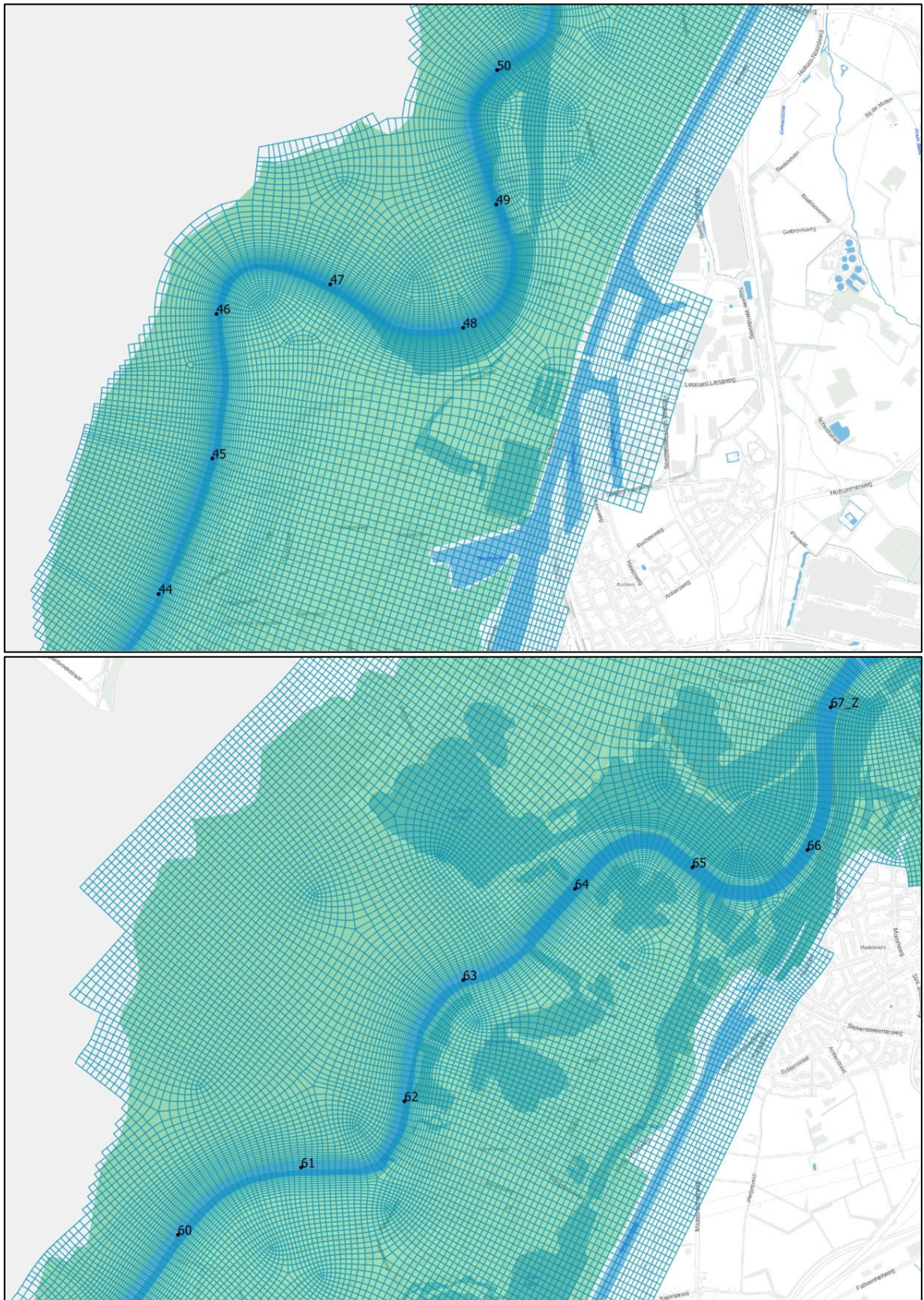
Met behulp van de interactor GUI is van ieder van deze roosters ook een `.kml`-bestand gemaakt voor weergave in Google Earth. Met QGIS is deze `.kml` omgezet naar een `shapefile`-bestand.

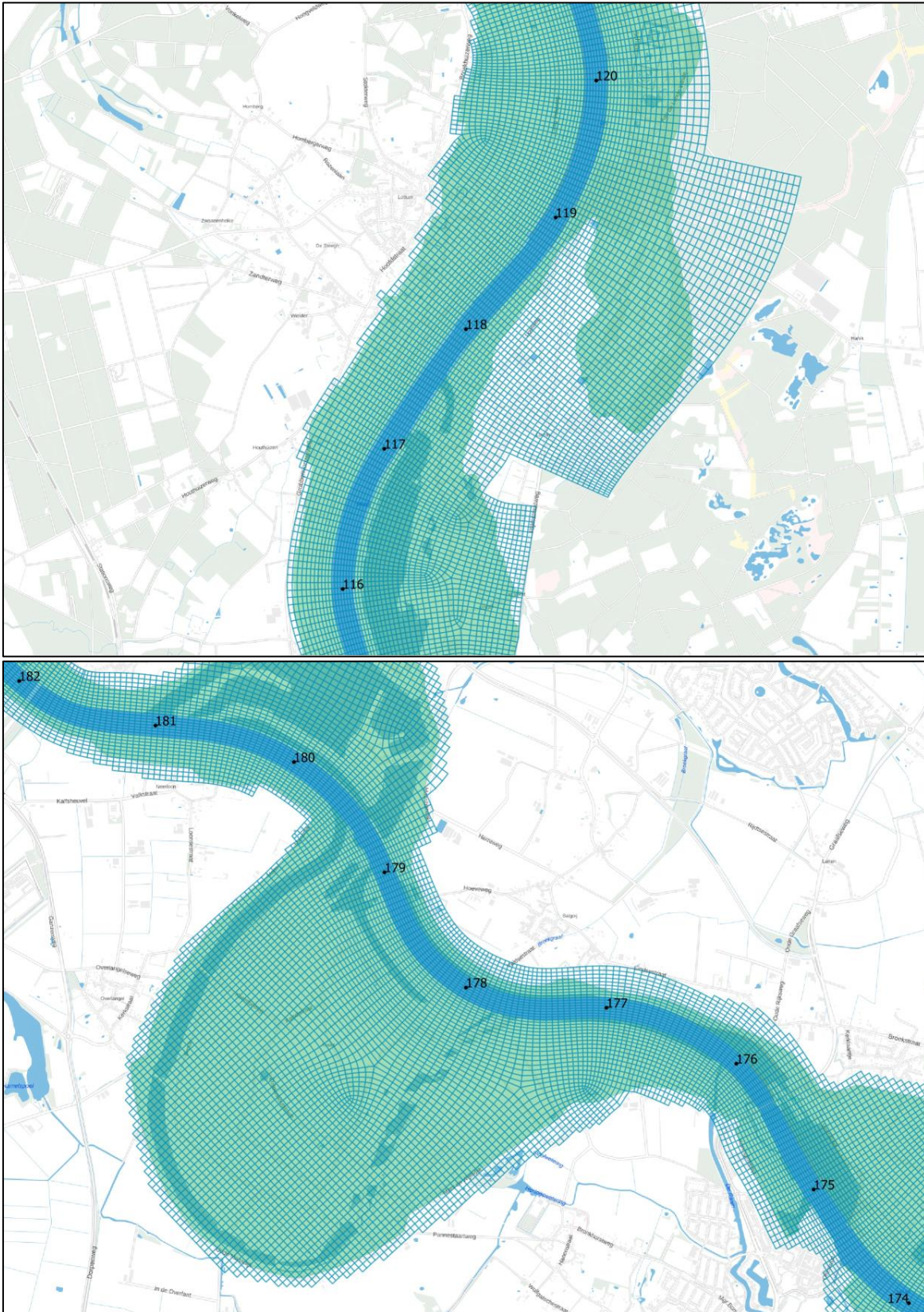
Deze bijlage beschrijft de methode waarop het rooster is gemaakt, geeft een vergelijking van het rooster met het vijfde-generatie rooster en kentallen van het rooster.

D.1 Definitieve rooster

In onderstaande figuur volgt het gehele rooster voor de Maas. Daarna volgen enkele voorbeeldfiguren. Een volledige set van figuren is in een losse PDF meegeleverd.







D.2 Statistieken

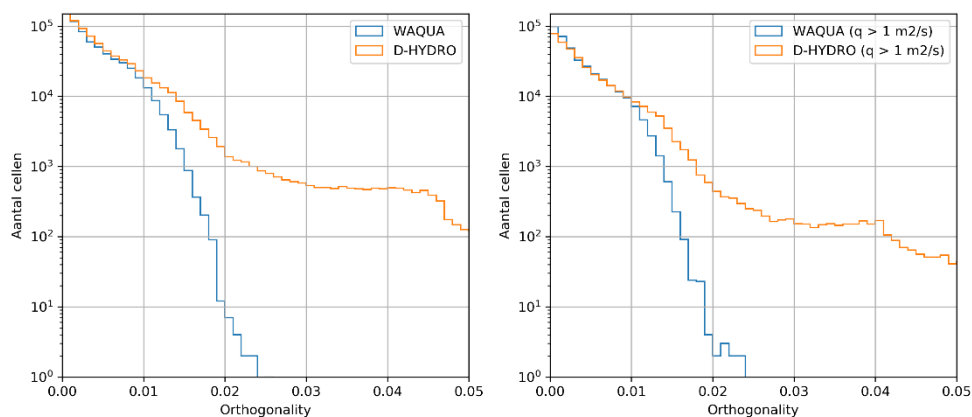
In onderstaande secties zijn diverse eigenschappen van het rooster uitgelicht. Bij sommige criteria is onderscheid gemaakt tussen de eigenschappen voor het hele rooster en eigenschappen wanneer we enkel kijken naar een lokaal specifiek debiet van 1 m²/s

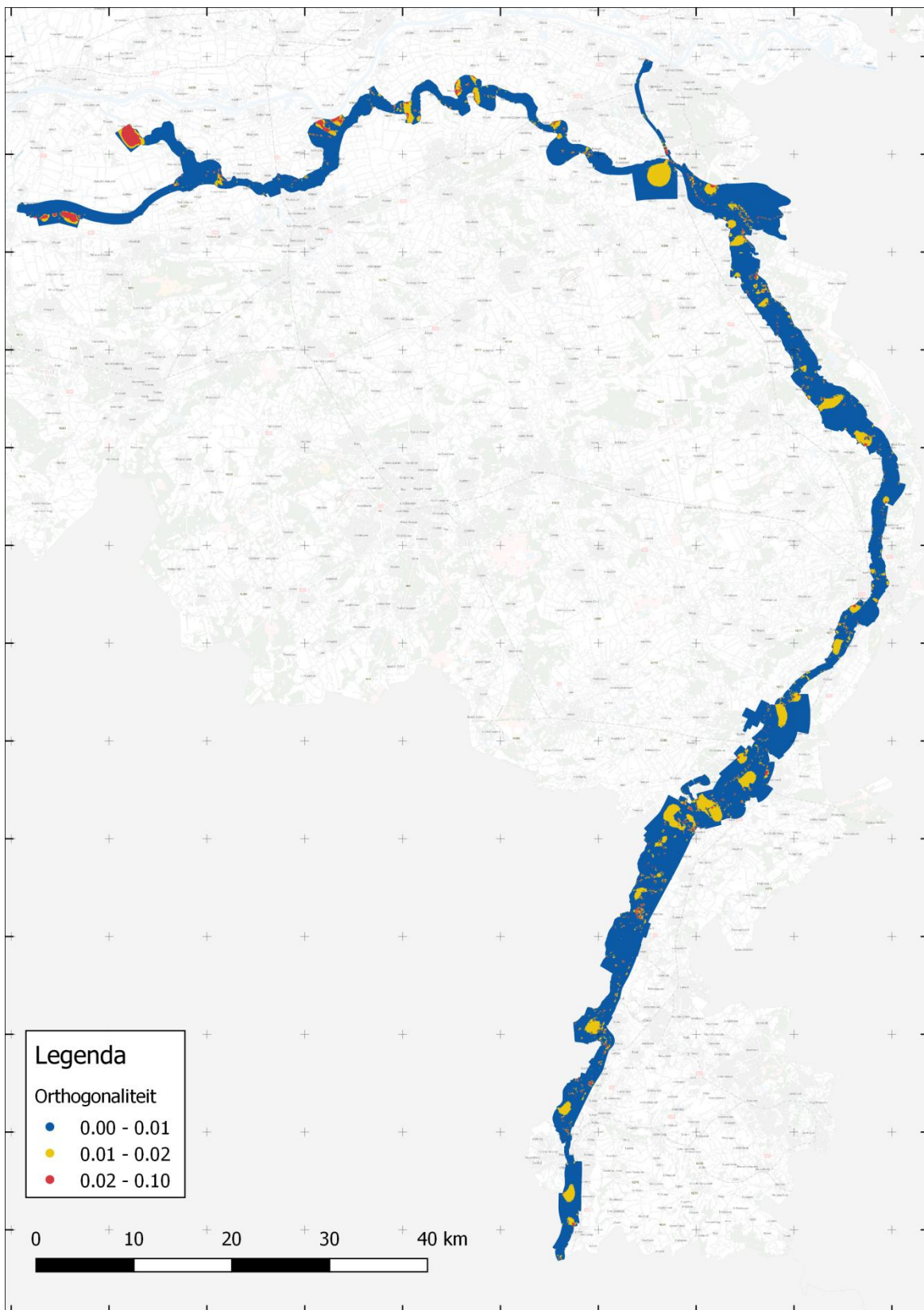
D.2.1 Eigenschappen

Na initialisatie van het model kan uit het uitvoer bestand (*_map.nc) worden uitgelezen hoeveel roostercellen (waterstandspunten) en flow links (snelheidspunten) er uiteindelijk mee doen in de berekening. Dit is vergeleken met het (naar D-HYDRO geconverteerde) Vijfde- generatie rooster. De berekening van deze eigenschappen houdt geen rekening met de enclosure, dry_area en thin_dams.

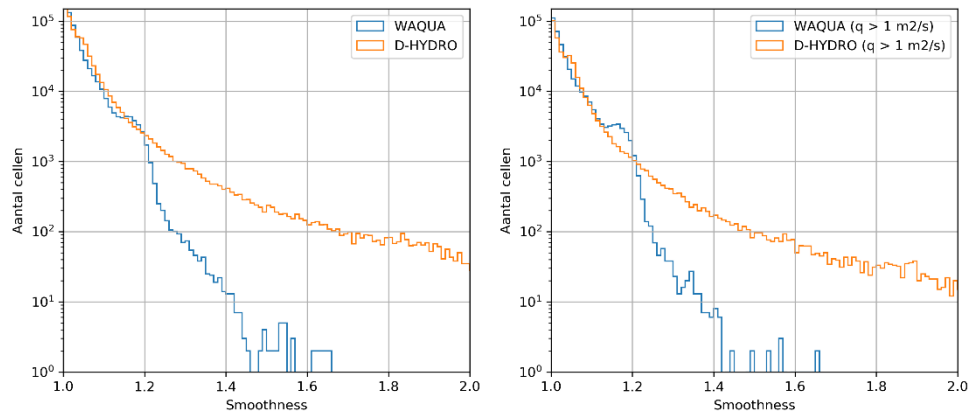
	WAQUA (40 m) Vijfde generatie	D-HYDRO (40 m) Zesde generatie
Aantal roostercellen	336.874	408.643
Aantal flow links	646.927	792.889
Oppervlak (km ²)	378.1	490.5

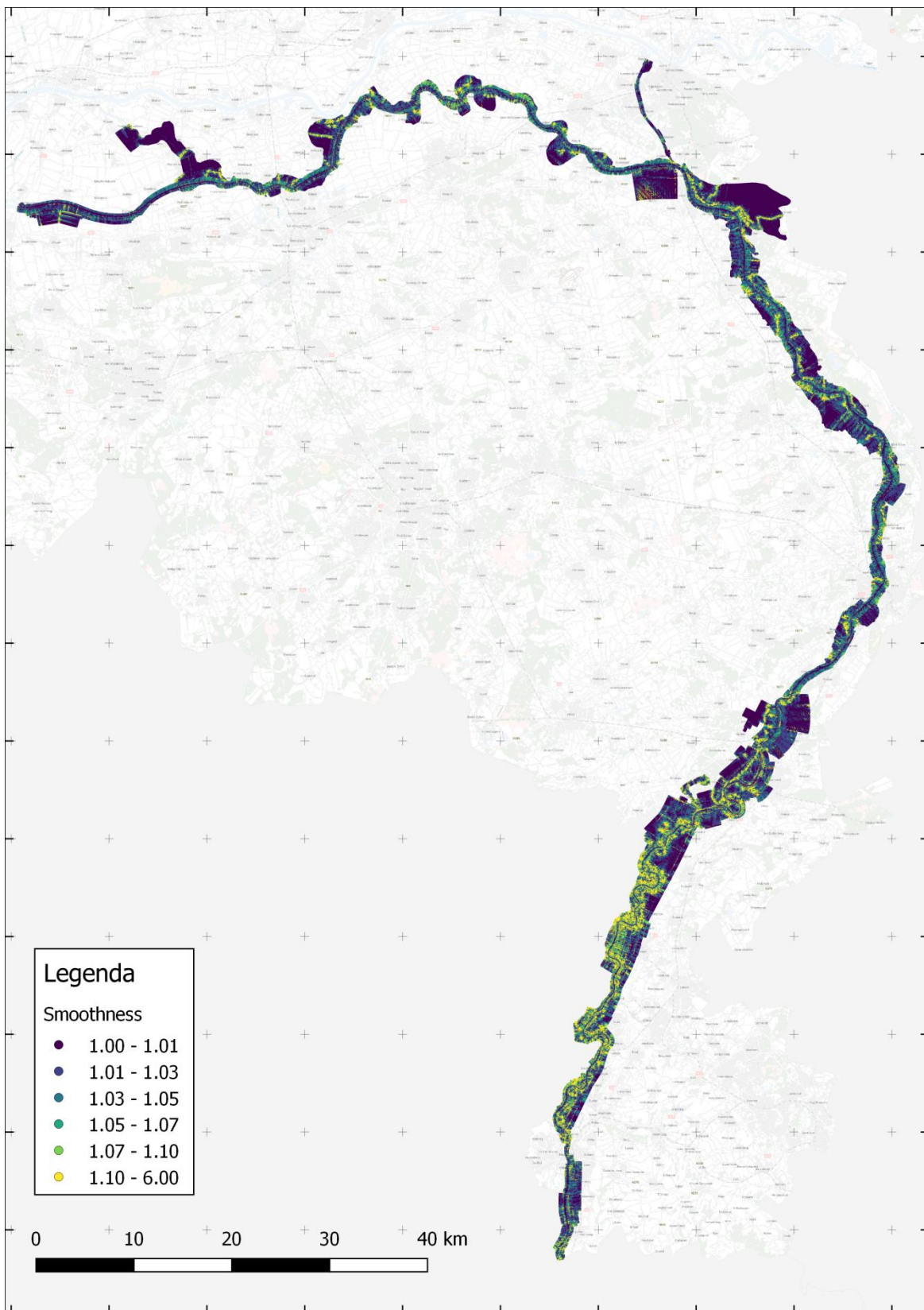
D.2.2 Orthogonaliteit



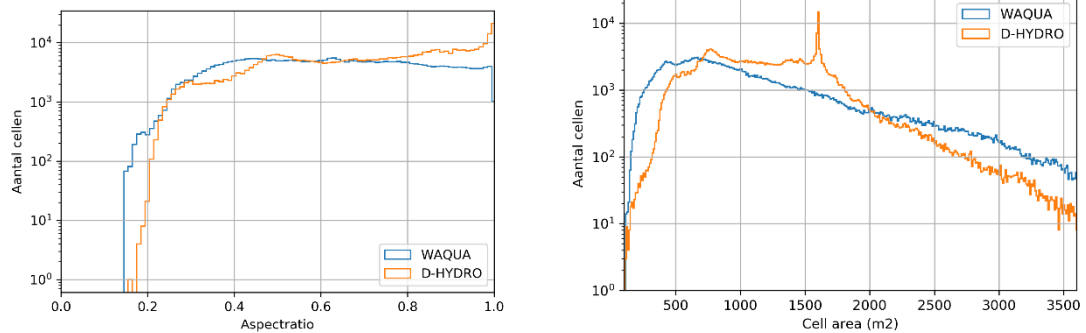


D.2.3 Smoothness



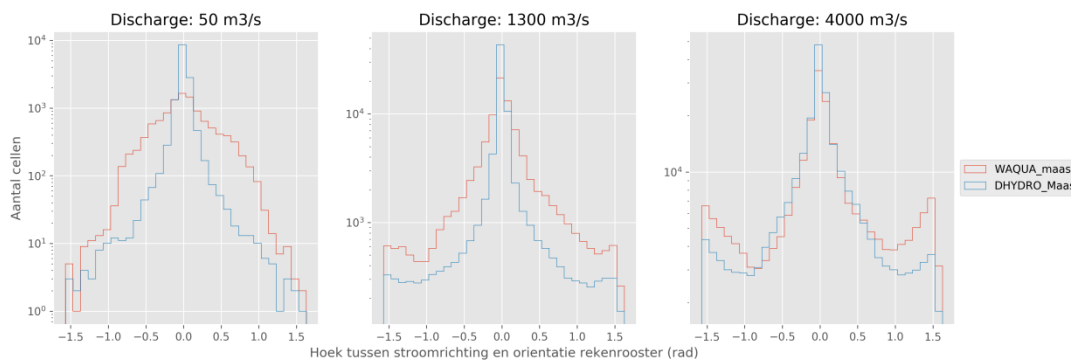


D.2.4 Aspect ratio en cell area



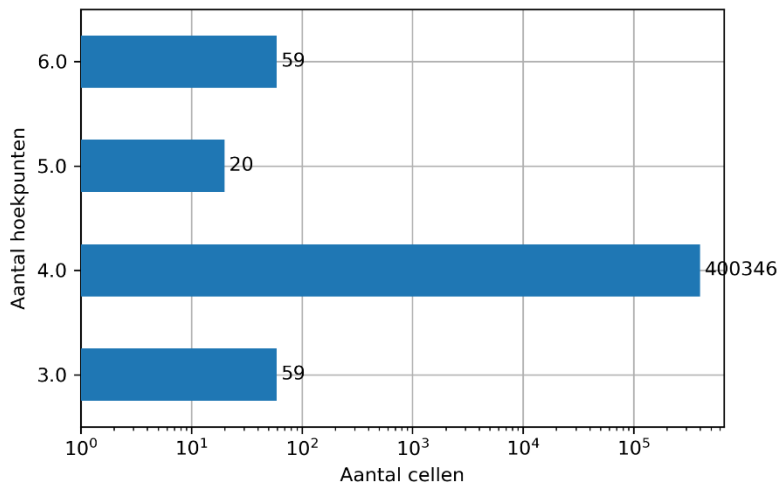
D.2.5 Uitlijning met de stroomrichting

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de figuur met een afvoer van $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ in het geval van WAQUA meer overeen kwam met een afvoer van $1600 \text{ m}^3/\text{s}$.

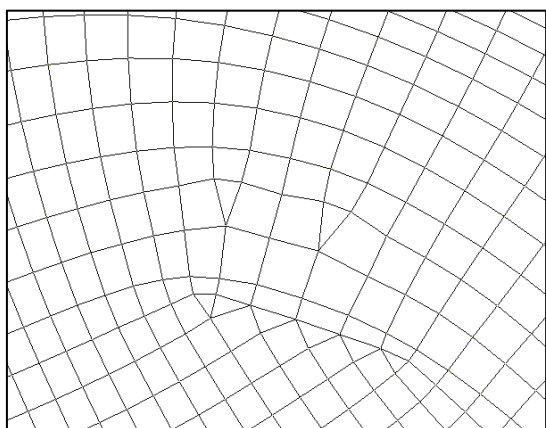


D.2.6 Verdeling in aantal hoekpunten per gridcel

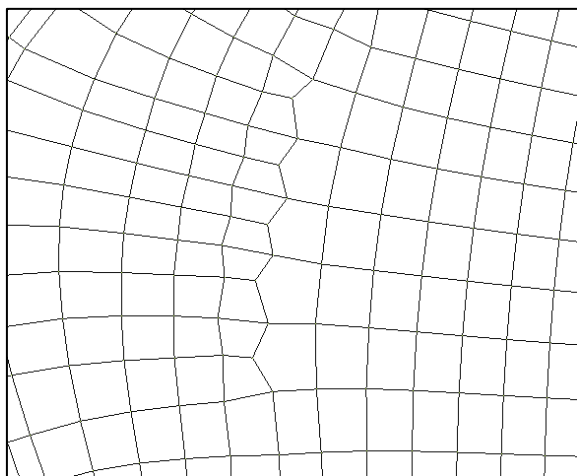
In onderstaande figuur is het aantal hoekpunten per gridcel weergegeven. Het merendeel van de roostercellen is curvilineair en heeft vier hoeken. Enkel waar oplossingen gevonden moesten worden voor meer of minder roosterlijnen of een verandering van de roosteroriëntatie is gebruik gemaakt van andere vormen zoals driehoeken, vierkanten en zeshoeken. Een voorbeeld van deze uitzonderlijke roostercellen is gegeven.



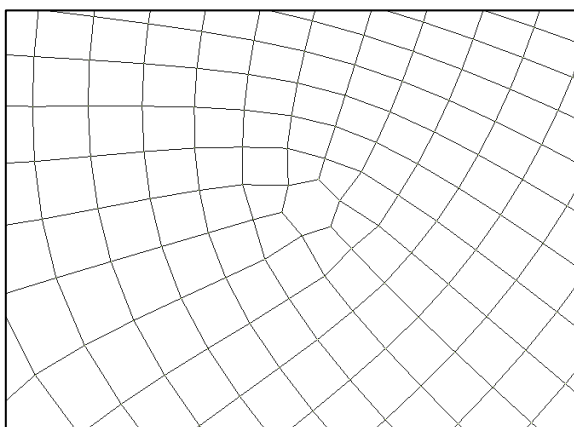
Figuur: Gebruik van driehoeken, vierhoeken, vijfhoeken en zeshoeken in het rooster



Figuur: Voorbeeld van driehoeken gebruikt bij de uitlijning van de kade bij Elsloo



Figuur: Voorbeeld van vijfhoeken gebruikt op het eiland in de Maas bij Visserweert



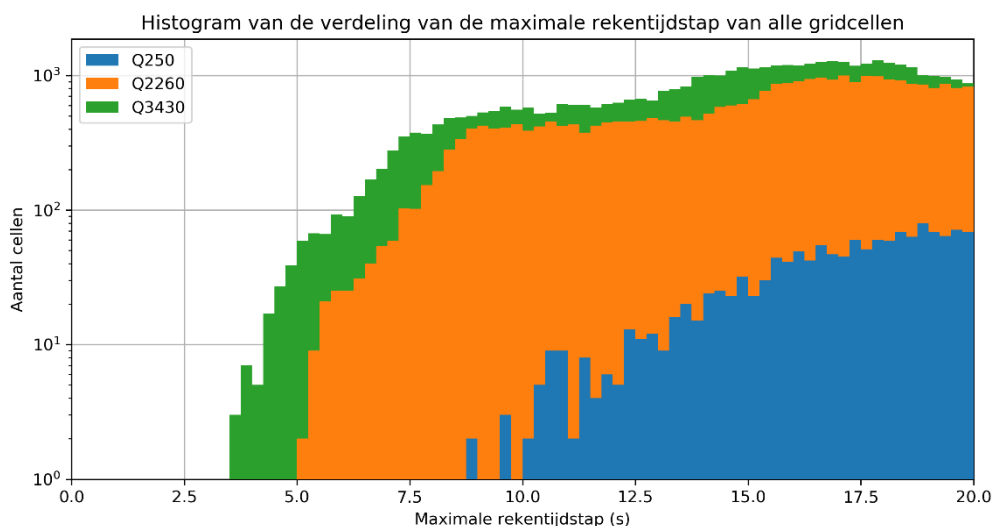
Figuur: Voorbeeld van zeshoeken gebruikt bij diverse locaties waar roosterlijnen samenkomen in combinatie met hoge stroomsnelheden

D.2.7 Maatgevende roostercellen voor de rekentijdstep

In D-Flow FM wordt gebruik gemaakt van het Courant criterium voor automatische reductie van de rekentijdstep. Als het volume van een cel klein is, of de stroomsnelheid groot, dan zal dit resulteren in een lagere maximale rekentijdstep van de gridcel. De laagste waarde wordt gebruikt als rekentijdstep van het hele model. Het is dus belangrijk dat er geen uitschieters zijn van cellen die veel meer beperkend zijn dan andere cellen.

Hiervoor is een histogram van de resultaten van de plausibiliteitssimulatie (j14) gemaakt. Omdat een model de tijdstep overneemt van de gridcel met de kleinste maximale rekentijdstep, kan de tijdstep afgelezen worden door de meest linker waarde uit de figuur te lezen. Uit de figuur valt op te maken dat de drie afvoerniveaus een tijdstep hebben van 8.6 s (Q250), 4.6 s (Q2260) en 3.3 s (Q3430). Dit komt overeen met de waarden in de his-uitvoer.

Uit de figuur valt ook op te maken dat de mogelijkheden voor optimalisatie van de rekentijdstep beperkt zijn. Voor een verbetering van meer dan 1 s dienen al snel tientallen roostercellen aangepast te worden. Enkel in de resultaten van Q250 lijkt het mogelijk om met slechts 3 cellen nog een optimalisatie uit te voeren. Omdat de rekentijdstep al het hoogst is voor dit niveau, wordt hier vanaf gezien.

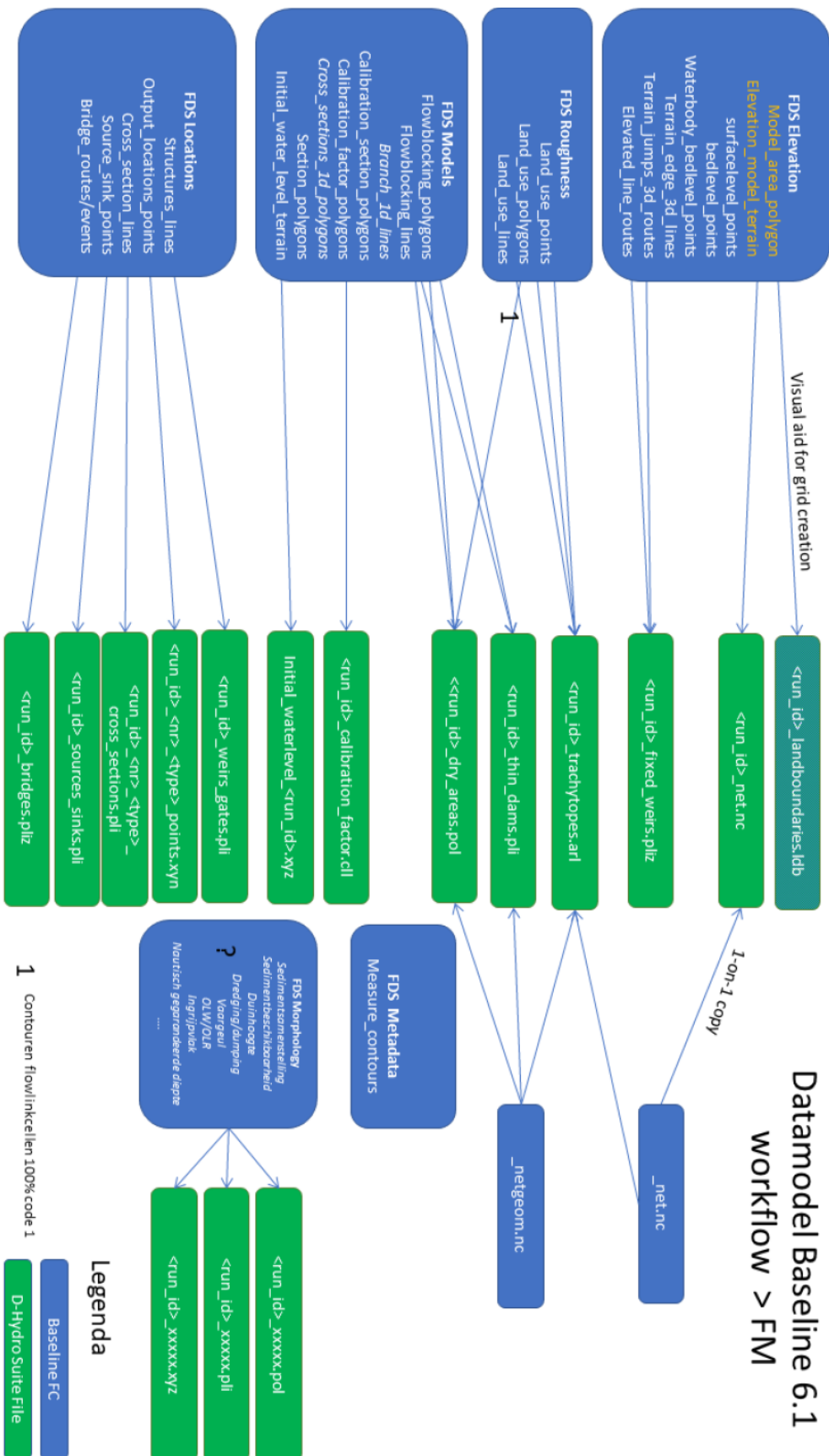


E Projectie, Baseline en geometrie

E.1 Datastructuur Baseline6 en projectie naar rekenrooster

De projectie van de Baseline-geodatabase naar D-Flow FM gebeurt met de tool 'Conversion to D-Flow D-Flow FM' in Baseline (LievenceCSO, 2019). Deze tool is de vervanging van de applicatie BASWAQ ('Conversie Baseline naar WAQUA'). D-Flow FM maakt voor een groot deel gebruik van roosteronafhankelijke invoer, waardoor Baseline enkel de conversie hoeft uit te voeren naar bestandsformaten die door D-Flow FM gelezen kunnen worden. Uitzonderingen hierop zijn de projectie van de ruwheden (trachytopen, *land use*), kalibratiesecties en de bodemhoogte.

- De bodemhoogte wordt bepaald op de hoekpunten van het rekenrooster. Op deze locaties wordt de hoogte in het bodemhoogtemodel *geprikt*.
- De ruwheden (trachytopen) worden beide bepaald voor de snelheidspunten van het rekenrooster, omdat dit gebruikt wordt voor de ruwheidsbepaling. Representatief voor dit snelheidspunt is alle informatie binnen een polygoon rondom dit snelheidspunt dat loopt tot beide waterstandspunten. De gebiedsbeschrijving van een punt kan daardoor meerdere typen gebieden bevatten zoals bijvoorbeeld 121 (Akker) en/of 1201 (Productiegrasland). Door D-Flow FM wordt dit omgerekend naar een ruwheid met de trachytopendefinitie (zie Bijlage E.3) en wordt hier een middeling op uitgevoerd (Deltares, 2019).
- Ook de kalibratiefactor wordt bepaald voor de snelheidspunten. De methode en bestanden zijn identiek aan de trachytopen. Ook hier kunnen per snelheidspunt meerdere kalibratiefactoren opgegeven worden, die door D-Flow FM worden gemiddeld.



Figuur: Beschrijving van de workflow in Baseline 6 (LievenceCSO, 2019)

De totale projectie duurt ongeveer 6 uur (op het WCP-cluster van Deltares). Het totaal aan gegenereerde elementen is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel: Overzicht van elementen voor de 5 gebruikte schematisaties. Tussen haakjes staat het totale aantal punten van de lijnen

	j93_6-v1	j95_6-v1	j10_6-v1	j14_6-v1	j19_6-v1
bridges	38 (157)	38 (157)	38 (157)	38 (157)	38 (157)
dry_areas	145 (1329)	145 (1329)	228 (7388)	239 (8466)	251 (8704)
enclosures	1 (17900)	1 (17900)	1 (42055)	1 (42105)	1 (44122)
fixed_weirs	9690 (275306)	10535 (273616)	15471 (386026)	15937 (398543)	16434 (459061)
thin_dams	153 (3139)	211 (4550)	284 (11428)	295 (12506)	326 (13162)
crosssections	91 (4191)	91 (4191)	91 (4191)	91 (4191)	91 (4191)
output_locations	15793	15793	15793	15793	15793
sources_sinks	94	94	94	94	94
structures	36	36	36	36	38

Voor een beschrijving van de bestandsopbouw van het model, wordt verwezen naar De Jong (2020).

E.2 Projectie door initialisatie van D-Flow FM

E.2.1 Punt-elementen: observation points, lateral sources,

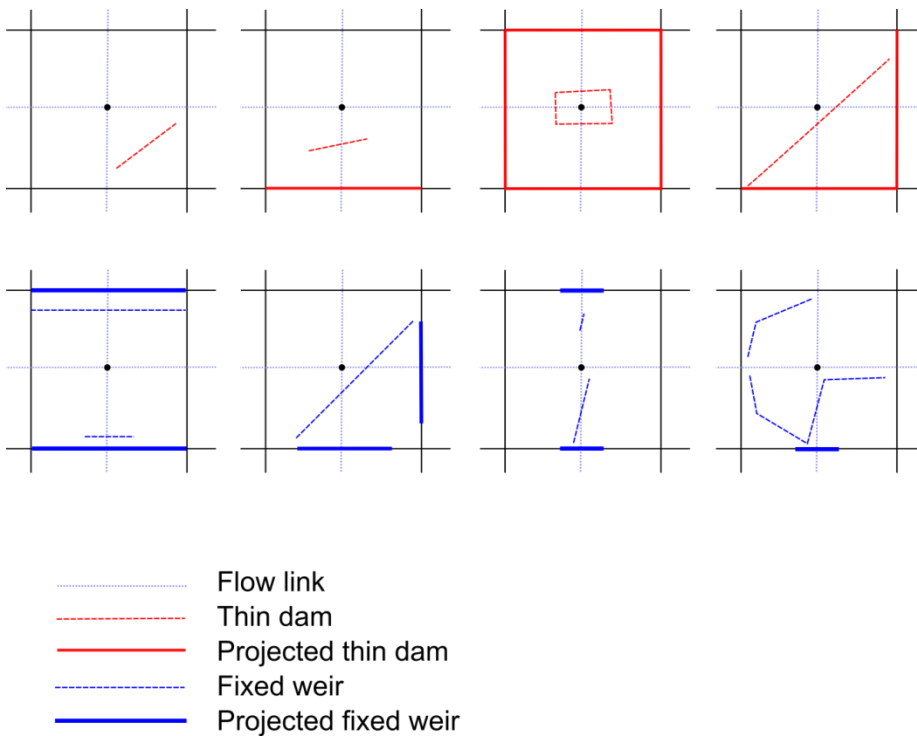
Als een punt-element binnen het rooster valt, dan wordt dit geprojecteerd op het dichtstbijzijnde waterstandspunt. Wanneer het punt niet binnen het rooster ligt, dan wordt hier een melding van gemaakt in het '.dia'-logbestand en worden er NaN of -999 uitgevoerd.

E.2.2 Lijn-elementen: thin dams, fixed weirs, structures, cross-sections

In de onderstaande figuur wordt voor een achttal situaties één grid cel weergegeven met vier flow links naar nabijgelegen cellen. De bovenste vier figuren geven aan hoe een ongeprojecteerde hoogwatervrijelij (thin dam) wordt geprojecteerd op de flow celwand (edge), de onderste vier figuren geven aan hoe een ongeprojecteerde overlaat (fixed weir) op het rooster wordt geprojecteerd. De getekende breedte van de geprojecteerde overlaat geeft de breedte van de overlaat aan in verhouding tot de celbreedte. De breedte (wu) van een overlaat (fixed weir) wordt enkel bepaald door de hoek (α) tussen de overlaat en de flow link.

$$wu = \cos(90 - \alpha) \cdot edgewidth$$

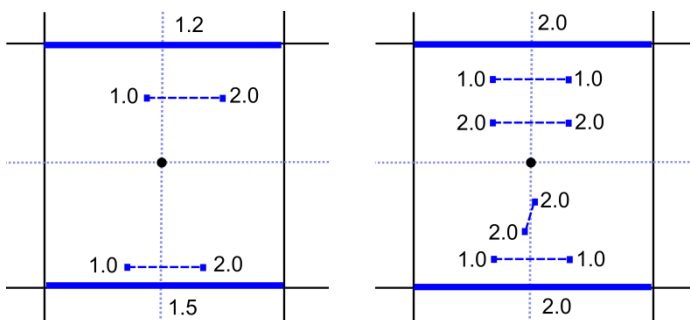
De FixedWeirType heeft geen invloed op de uitgevoerde projectie.



Figuur: Schematisatie weergave van de wijze waarop schotjes (thin dams) en overlaten (fixed weir) worden vertaald naar het rekenrooster.

In onderstaande afbeelding staat ook uitgewerkt hoe de hoogte wordt overgenomen in de geprojecteerde overlaat. Hierbij gelden de volgende regels:

- De hoogte is een gewogen gemiddelde (lineaire interpolatie) op de locatie waar de flow link doorsneden wordt.
- Indien meerdere overlaten de lijn doorkruisen:
 - Van de diverse hoogtes van de overlaten wordt de maximale hoogte gekozen
 - Van de diverse breedtes van de overlaten wordt de maximale breedte gekozen



Het principe is geheel anders dan WAQUA. In WAQUA worden de volgende stappen gedaan:

- De steunpunten van een overlaat worden op de hoekpunten van een gridcel geprojecteerd. (met maximum kruinhoogte en maximale verval)
- Tussen deze hoekpunten worden celwandjes met elkaar verbonden
- De hoogte van de overlaat wordt gemiddeld tussen de hoekpunten
- De breedte van een overlaat wordt niet gevarieerd, een overlaat kan wel diagonaal zijn

Wanneer we kijken naar de verschillen tussen WAQUA en D-Flow FM, dan blijkt het volgende:

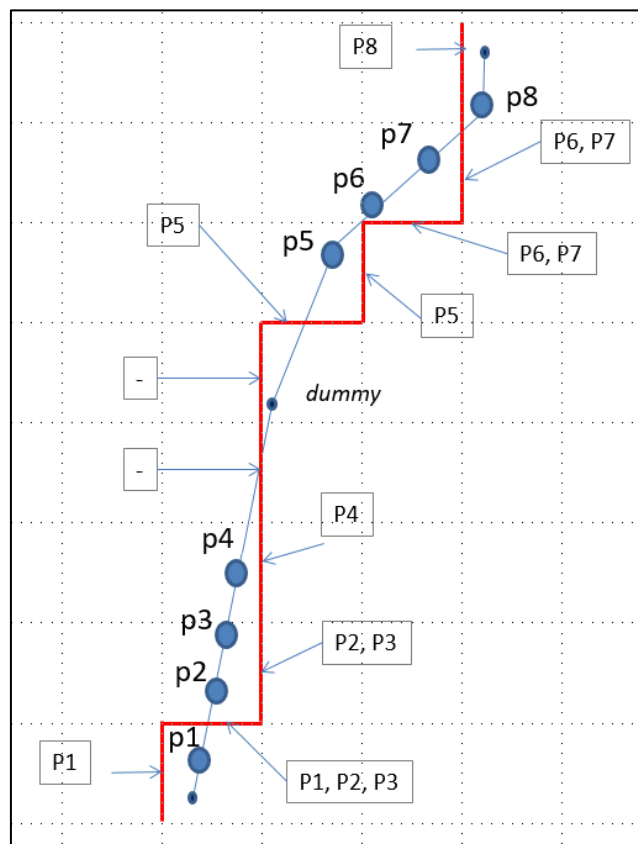
- De locatie van de overlaten is identiek.
- De hoogtes van de overlaten worden op een net iets andere manier gemiddeld, maar geeft identieke resultaten.
- De overige eigenschappen worden in beide modellen overgenomen van de hoogste overlaat.
- De breedte tussen beide methoden is zeer verschillend voor overlaten die niet diagonaal lopen.

E.2.3 Brugpijlers

Voor de invoer van brugpijlers in D-Flow FM wordt een polyline-bestand gebruikt. Het bestand bevat voor iedere brugpijler het representatieve punt (x,y) met diameter en drag coëfficiënt. Als eerste en laatste punt worden dummy-punten (diameter van -999 m) gespecificeerd bij de bruggenhoofden. Dit wordt gebruikt om ervoor te zorgen dat ook de eerste en laatste brugpijlers (goed) geprojecteerd worden op het grid.

De lijnen in het brugpijlerbestand worden gebruikt om te bepalen welke flow links gekruist worden door de brug. Vervolgens wordt voor iedere gekruiste flow link bepaald welke brugpijlers bij deze locatie horen.

Een voorbeeld van de discretisatie is weergegeven in onderstaande figuur. In de figuur is de blauwe lijn met de brugpijlers p de ongeprojecteerde invoer, en de rode lijn met brugpijlers P zijn de geprojecteerde brugpijlers. Allereerst wordt de brug-lijn gediscrètiseerd naar het grid zoals andere lijnenelementen (zie voorgaande paragraaf). Overal waar de lijn een flow link doorgekruist is in de figuur rood gemarkeerd. In de tweede stap van het algoritme wordt voor iedere flow link bepaald welke brugpijlers hierbij horen. Het kan gebeuren dat een brugpijler op meerdere flow links wordt geplaatst voor verschillende stroomrichtingen. Daarnaast kan het ook gebeuren dat een flow link wel doorkruist wordt (rood gekleurd), maar dat er geen brugpijlers aan worden toegekend ('-'). In dat geval wordt er geen extra weerstand gemodelleerd.



Figuur: Voorbeeld van een projectie van brugpijlers. De blauwe lijn met de brugpijlers p is de ongeprojecteerde invoer. De rode lijn met brugpijlers P zijn de geprojecteerde brugpijlers.

E.2.4 Randvoorwaarden

Randvoorwaarden worden geprojecteerd op een rand als deze binnen een opgegeven marge van de gridrand zijn aangegeven. Ze hoeven dus niet exact op de modelrand te liggen. Standaard is deze marge ongeveer drie roosterzellen.

E.3 Trachytopendefinitie

Door Baseline wordt de gebiedsbeschrijving bepaald (zie Bijlage E.1). Door D-Flow FM wordt dit gecombineerd met de trachytopendefinitie in het bestand roughcombination-general_maas-2019_6-v1.ttd. Hierin staat voor iedere ruwheidscode (bijvoorbeeld 121: Akker) de ruwheidsformulering en de benodigde coëfficiënten. De meta-info is nog afkomstig uit WAQUA, waar de koppeling tussen codes en formuleringen in de software *hardcoded* was verwerkt.

```
# This file has been created by conversion from WAQUA using the matlab script by Jurjen de Jong
1 1
2 1
3 1
#
# =====
# Roughcombination : Ruwheids karakteristieken voor de ROUGHCOMBINATION method in Waqua
# De r_code verwijst naar de r_code in de area-u en area-v files
#
# De vegetatie waarden zijn afkomstig van het Handboek
# Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden Deel 1 en 2
# Riza rapport 2003.028 en Riza rapport 2003.029
#
# De handboek ruwheden kunnen vrijuit gebruikt worden. Het betreft de codes:
# 101-122, 1201-1250, 1501-1510, 1601-1618, 1801-1807
#
# De overige codes zijn :
# - gekalibreerde waarden voor specifieke gebieden
```

```

# - coderingen gebruikt in WBR vergunningen
# - specifieke ruwheden voor projecten
# Deze ruwheden zijn niet vrijuit in andere projecten te gebruiken.
#
#-----
# Versie 2015_5-v1 (12-04-2016): - gebaseerd op Versie 0.88 van 'roughcombination.karak_5_vast'
#                               - opschonen code: alle gekalibreerde waarden voor specifieke
#                               gebieden worden in aparte files opgenomen
# - overgang naar nieuwe naam volgens naamgevingsconventie
# - toevoegen codering ivm vegetatielegger
#
#-----
# CODE 1-50      : Formulering voor bebouwing en hoogwaterrijke terreinen
#                : Deze formulering vraagt geen invoer parameters in roughcombination
#
#-----
# CODE 51-100   : Niet gedefinieerd
#
#-----
# CODE 101-300  : Ruwheids formulering volgens de formule van White-Colebrook
# r_code       : de ruwheids code
# a            : k-Nikuradse (normaal of eb)          (0.0001 - 0.20 - 100.)
# b            : k-Nikuradse (vloed)                 (0.0001 - 0.20 - 100.)
# c            : geen betekenis
# d            : geen betekenis
#
101 51 0.20                                     # default waarde
102 51 0.15                                     # diepe bedding
103 51 0.15                                     # ondiepe bedding
104 51 0.15                                     # strang
105 51 0.20                                     # nevengeul
106 51 0.05                                     # plas/haven/slikkige oever
111 51 0.15                                     # kribvakstrand/zandplaat/grindplaat
112 51 0.40                                     # ruwe oever
113 51 0.30                                     # steenbekleding
114 51 0.60                                     # bebouwd/verhard terrein
115 51 1.00                                     # bebouwd terrein
116 51 0.20                                     # verhard terrein
121 51 0.20                                     # akker
122 51 0.25                                     # strooisel
131 51 0.63                                     # vaste laag Nijmegen
132 51 0.34                                     # vaste laag St. Andries
133 51 0.68                                     # bodem kribben Erlecom
#
161 51 3.00                                     # oever met begroeiing Broxk_kl
#                                               # dit is een Ruimte voor de Rivier maatregel
#
# CODE 171 t/m 175 : Codes gereserveerd voor de Duitse zijrivieren
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-rhein'
#
# CODE 180 t/m 185 : Codes gereserveerd voor de Markermeer-Gooimeer-Eemmeer-schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-markermeer'
#
# De volgende codes zijn toegevoegd voor de Vegetatielegger
201 51 0.15                                     # water
202 51 0.60                                     # verhard
#
#r_code = 299 a = 0.20 b = 0.25 # eb en vloed (voorbeeld)
#
#-----
# CODE 301-500  : Ruwheids formulering volgens de formule van Manning
# r_code       : de ruwheids code
# a            : Manning (normaal of eb)             (0.001 - 0.0263 - 100.)
# b            : Manning (vloed)                    (0.001 - 0.0263 - 100.)
# c            : geen betekenis
# d            : geen betekenis
#
301 53 0.0263                                   # default waarde
302 53 0.0263                                   # diepe meerbodem
303 53 0.0283                                   # ondiepe meerbodem
304 53 0.024                                     # diep getijdewater
305 53 0.022                                   # ondiep getijdewater
#
#
# CODE 307 t/m 315 : Codes gereserveerd voor de Noordzee
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-noordzee'
#
# CODE 320 t/m 400 : Codes gereserveerd voor de Rijn-Maasmonding schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-rmm'
#
# CODE 401 t/m 410 : Codes gereserveerd voor de IJsselmeer-IJsselVechtDelta en Overijsselsche Vecht-schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-ym_ijvd_ov'
#
# CODE 411 t/m 415 : Codes gereserveerd voor de Markermeer-Gooimeer-Eemmeer-schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-markermeer'
#
# CODE 416 t/m 420 : Codes gereserveerd voor de Veluwerandmeren-schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-vm'
#
# CODE 421 t/m 423 : Codes gereserveerd voor de Volkerak-Zoommeer-schematisatie
# Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-vozo'
#
# CODE 424 t/m 429 : Codes gereserveerd voor de Oosterschelde-schematisatie

```

```

#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-oosterschelde'
#
# CODE 430 t/m 432 : Codes gereserveerd voor de Veerse Meer-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-veersemeer'
#
# CODE 433 t/m 473 : Codes gereserveerd voor de Westerschelde-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-westerschelde'
#
# CODE 474 t/m 477 : Codes gereserveerd voor de Grevelingen-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-grevelingen'
#
#r_code = 499 a = 0.0263 b = 0.0283 # eb en vloed (voorbeeld)
#
#-----
#
# CODE 501-600 : Chezy waarde
# r_code      : de ruwheids code
# a           : Chezy (normale of eb)          (0.01 - 45. - 100.)
# b           : Chezy (vloed)                 (0.01 - 45. - 100.)
# c           : geen betekenis
# d           : geen betekenis
#
501 52 45.0 # default waarde
#r_code = 599 a = 45.0 b = 40.0 # eb en vloed (voorbeeld)
#
#-----
#
# CODE 601-900 : Ruwheids methode voor het zomerbed van een rivier
# r_code      : de ruwheids code
# a           : alfa (normaal of eb)          (0.001 - 0.1 - 1.)
# b           : beta (normaal of eb)          (0.1 - 2.5 - 100.)
# c           : alfa (vloed) (alleen voor testen) (0.001 - 0.1 - 1.)
# d           : beta (vloed) (alleen voor testen) (0.1 - 2.5 - 100.)
#
601 101 0.1 2.5 # zomerbed default
#
# CODE 611 t/m 700 : Codes gereserveerd voor de Rijntakken-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-rijn'
#
# CODE 701 t/m 750 : Codes gereserveerd voor de Maas-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-maas'
#
# CODE 751 t/m 760 : Codes gereserveerd voor de Duitse Rhein
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-rhein'
#
# CODE 800 t/m 850 : Codes gereserveerd voor de IJsselmeer-IJsselVechtDelta en Overijsselsche Vecht-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-ym_ijvd_ov'
#
# CODE 851 t/m 860 : Codes gereserveerd voor de Rijn-Maasmonding-schematisatie
#       Deze codes zijn opgenomen in het bestand 'roughcombination-zrmm'
#
#-----
#
# CODE 901-1200 : Niet gedefinieerd
#
#-----
#
# CODE 1201-1400 : Ruwheids formulering voor door- en overstroomde vegetatie
# r_code      : de ruwheids code
# a           : de vegetatie hoogte          (0.001 - 0.2 - 50.)
# b           : de vegetatie dichtheid       (0.0001 - 0.2 - 100.)
# c           : drag coëfficiënt             (0.1 - 1.8 - 10.)
# d           : k-Nikuradse (onderlaag begroeiing) (0.001 - 0.2 - 100.)
#
1201 152 0.06 45. 1.8 0.1 # productiegrasland
1202 152 0.10 12. 1.8 0.1 # natuurlijk gras/hooiland
1203 152 0.20 15. 1.8 0.1 # verruigd grasland
1211 152 0.30 3. 1.8 0.1 # akkerdistelruigte
1212 152 0.56 0.23 1.8 0.1 # droge ruigte
1213 152 0.50 0.56 1.8 0.1 # dauwbraamruigte
1214 152 0.95 0.13 1.8 0.1 # wilgenroosje ruigte
1215 152 2.00 0.16 1.8 0.1 # rietruigte
1221 152 0.35 0.25 1.8 0.1 # natte ruigte homogeen
1222 152 0.30 1.2 1.8 0.1 # zegge homogeen
1223 152 1.00 0.4 1.8 0.1 # rietgras homogeen
1224 152 0.50 1.2 1.8 0.1 # biezen homogeen
1225 152 1.50 0.35 1.8 0.1 # lisdodde homogeen
1226 152 2.50 0.37 1.8 0.1 # riet homogeen
1231 152 6.00 0.13 1.5 0.4 # zacht houtstruweel
1232 152 3.00 0.041 1.5 0.4 # griend
1233 152 5.00 0.17 1.5 0.4 # doornstruweel
1241 152 10.00 0.011 1.5 0.3 # productiebos hardhout
1242 152 10.00 0.010 1.5 0.3 # productiebos zacht hout
1243 152 10.00 0.016 1.5 0.3 # productiebos naaldhout
1244 152 10.00 0.023 1.5 0.4 # hardhoutoobos
1245 152 10.00 0.028 1.5 0.6 # zacht houtoobos
1246 152 3.00 0.024 1.5 0.2 # boomgaard laagstam
1247 152 6.00 0.01 1.5 0.2 # boomgaard hoogstam
1250 152 0.15 0.15 1.8 0.1 # pioniervegetatie
#
# Aanvullingen voor wbr08 van DON van 1300-1379
#
1301 152 1.00 0.130 1.5 0.4 # zacht houtstruweel, hoogte 1.00 m
1305 152 2.00 0.130 1.5 0.4 # zacht houtstruweel, hoogte 2.00 m
1311 152 5.00 0.130 1.5 0.4 # zacht houtstruweel, hoogte 5.00 m
1316 152 8.00 0.130 1.5 0.4 # zacht houtstruweel, hoogte 8.00 m
1362 152 0.50 0.041 1.5 0.4 # griend, hoogte 0.50 m

```

```

1365 152 1.50 0.041 1.5 0.4 # griend, hoogte 1.50 m
1379 152 0.20 0.041 1.5 0.4 # griend, hoogte 0.20 m
#
# Einde aanvullingen voor wbr08 van DON van 1300-1379
#
#=====
#
# CODE 1401-1500 : Niet gedefinieerd
#
#=====
#
# CODE 1501-1600 : Ruwheids formulering voor door- en overstroomde bomen
# r_code : de ruwheids code
# a : de vegetatie hoogte (0.5 - 10. - 50.)
# b : drag coefficient (0.1 - 1.5 - 10.)
# c : geen betekenis
# d : geen betekenis
# In area file staat de dichtheid ( de som van alle diameters) / celgrootte)
#
1501 251 1.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1502 251 2.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1503 251 3.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1504 251 4.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1505 251 5.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1506 251 6.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1507 251 7.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1508 251 8.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1509 251 9.00 1.5 # E-9ectorE-9ept bomen
1510 251 10.00 1.5 # individule bomen
#
#=====
#
# CODE 1601-1700 : Ruwheids formulering voor door- en overstroomde heggen
# r_code : de ruwheids code
# a : de vegetatie hoogte (0.5 - 2.0 - 10.)
# b : de vegetatie dichtheid (0.01 - 0.6 - 10.)
# c : drag coefficient (0.1 - 1.5 - 10.)
# d : overlaat coefficient (0.1 - 1.2 - 10.)
#
1601 202 1.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1602 202 1.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1603 202 1.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
1604 202 2.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1605 202 2.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1606 202 2.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
1607 202 3.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1608 202 3.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1609 202 3.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
1610 202 4.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1611 202 4.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1612 202 4.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
1613 202 5.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1614 202 5.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1615 202 5.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
1616 202 6.00 0.20 1.5 1.2 # heggen zeer open
1617 202 6.00 0.60 1.5 1.2 # heggen open
1618 202 6.00 1.00 1.5 1.2 # heggen dicht
#
#=====
#
# CODE 1701-1800 : Niet gedefinieerd
#
#=====
#
# CODE 1801-1999 : Ruwheids combinatie voor r_codes van 101-600 en 1201-1300
# Combinatie van enkelvoudige code met een combinatie dan:
# a = enkelvoudige code
# b = combinatie code
# Combinatie van 2 combinaties mogelijk vanaf simona2007-01 versie
# r_code : de ruwheids code
# a : de r_code van de eerste ruwheid (1 - 1221 - 1300)
# b : de r_code van de tweede ruwheid (1 - 106 - 1900)
# c : het percentage van de eerste r_code (0.001 - 0.75 - 0.999)
# d : het percentage van de tweede r_code (0.001 - 0.25 - 0.999)
#
1801 2 1221 106 0.75 0.25 # 75% natte ruigte
# 25% water
1802 2 1245 1801 0.05 0.95 # 5% zachthoutoobos
# 95% (natte ruigte met 25% water)
1803 2 1222 122 0.75 0.25 # 75% zegge
# 25% strooisel
1804 2 1223 106 0.75 0.25 # 75% rietgras
# 25% water
1805 2 1224 106 0.75 0.25 # 75% biezen
# 25% water
1806 2 1225 106 0.75 0.25 # 75% lisdodde
# 25% water
1807 2 1226 122 0.75 0.25 # 75% riet
# 25% strooisel
#
# 1808 uit rough.karak_wbr08 van DON
# 1809 uit rough.karak_hr2006_pkb
#
1808 2 1245 1231 0.50 0.50 # 50% zachthoutoobos
# 50% zachthoutstruweel
1809 2 1203 1245 0.90 0.10 # 90% verruigd grasland
# 10% zachthoutoobos

```

```

#
# combinaties uit de vegetatie opname van DON 2004
#
1811 2 1250 1245 0.95 0.05 # 95% pioniervegetatie
# 5% zachthoutooibos
1812 2 1202 1245 0.80 0.20 # 80% natuurlijk gras/hooiland
# 20% zachthoutooibos
1813 2 1203 1231 0.80 0.20 # 80% verruigd grasland
# 20% zachthoutstruweel
1814 2 1223 1231 0.95 0.05 # 95% rietgras homogeen
# 5% zachthoutstruweel
1815 2 1226 1231 0.70 0.30 # 70% riet homogeen
# 30% zachthoutstruweel
1816 2 1231 1245 0.80 0.20 # 80% zachthoutstruweel
# 20% zachthoutooibos
1817 2 1221 1245 0.95 0.05 # 95% natte ruigte homogeen
# 5% zachthoutooibos
1818 2 1221 1231 0.70 0.30 # 70% natte ruigte homogeen
# 30% zachthoutstruweel
1819 2 1212 1231 0.90 0.10 # 90% droge ruigte
# 10% zachthoutstruweel

#
# combinaties uit de Atkis gegevens van de BFG, Duitse Rhein
#
1820 2 1202 1241 0.75 0.25 # 75% natuurlijk gras/hooiland
# 25% produktiebos hardhout
1821 2 1201 1241 0.75 0.25 # 75% produktiegrasland
# 25% produktiebos hardhout
1822 2 121 1233 0.95 0.05 # 95% akker
# 5% doornstruweel
1823 2 1202 1244 0.25 0.75 # 25% natuurlijk gras/hooiland
# 75% hardhoutooibos

#
# Codes uit rough.karak_wbr08 van DON:
# 1850,1851,1852,1853,1854,1859,1860,1862,1863,1864
# 1865,1866,1867,1868,1872,1879,1880,1881,1882,1887
# 1888,1889,1890,1891
# Codes uit rough.karak_hr2006_pkb van PKB:
# 1850,1851,1852,1853,1854,1860,1861,1862,1863,1865
# 1866,1867,1868,1870,1871,1874,1875,1876,1877
# 1879,1880,1881
#
1850 2 1222 1231 0.80 0.20 # 80% zegge
# 20% zachthoustruweel
1851 2 1202 1245 0.50 0.50 # 50% natuurlijk gras/hooiland
# 50% zachthoutooibos
1852 2 1202 1231 0.95 0.05 # 95% natuurlijk gras/hooiland
# 5% zachthoutstruweel
1853 2 1202 1231 0.75 0.25 # 75% natuurlijk gras/hooiland
# 25% zachthoutstruweel
1854 2 1202 1231 0.90 0.10 # 90% natuurlijk gras/hooiland
# 10% zachthoutstruweel

# Toegevoegd t.b.v. maatregel ma overdm al (email Jan Bremer)
# CODE 1855-1893 : Nieuw tbv project Over de Maas (NB hoogste code in b)
#
1855 2 1202 1212 0.90 0.10 # 90% natuurlijk gras/hooiland
# 10% droge ruigte
1856 2 1231 1855 0.05 0.95 # 5% zachthoutstruweel
# 95% 1855
1857 2 1202 1223 0.75 0.25 # 75% natuurlijk gras/hooiland
# 25% rietgras homogeen
1858 2 1245 1857 0.05 0.95 # 5% zachthoutooibos
# 95% 1857
1892 2 1226 106 0.75 0.25 # 75% riet homogeen
# 25% plas/haven/slikkige oever
1893 2 1245 1892 0.20 0.80 # 20% zachthoutooibos
# 80% 1892

#
1859 2 1212 1231 0.85 0.15 # 85% droge ruigte
# 15% zachthoutstruweel
1860 2 111 1212 0.40 0.60 # 40% kribvak
# 60% droge ruigte
1862 2 1245 1853 0.20 0.80 # 20% zachthoutooibos
# 60% natuurlijk gras/hooiland
# 20% zachthoutstruweel
1863 2 1860 1862 0.50 0.50 # 20% kribvak
# 30% droge ruigte
# 10% zachthoutooibos
# 30% natuurlijk gras/hooiland
# 10% zachthoutstruweel
1864 2 1202 1231 0.70 0.30 # 70% natuurlijk gras/hooiland
# 30% zachthoutstruweel
1865 2 106 1231 0.83 0.17 # 83% slikkige oever
# 17% zachthoutstruweel
1866 2 1245 1223 0.50 0.50 # 50% zachthoutooibos
# 50% rietgras
1867 2 1865 1866 0.75 0.25 # 61% slikkige oever
# 13% zachthoutstruweel
# 13% zachthoutooibos
# 13% rietgras
1868 2 111 1867 0.60 0.40 # 60% kribvak
# 25% slikkige oever
# 5% zachthoutstruweel
# 5% zachthoutooibos
# 5% rietgras
1869 2 1203 1231 0.95 0.05 # 95% verruigd grasland
# 5% zachthoutstruweel

```


1870	2	1202	1231	0.99	0.01	# 99% natuurlijk gras/hooiland
						# 1% zacht houtstruweel
1871	2	1202	1231	0.975	0.025	# 97,5% natuurlijk gras/hooiland
						# 2,5% zacht houtstruweel
1872	2	1202	1231	0.98	0.02	# 98% natuurlijk gras/hooiland
						# 2% zacht houtstruweel
1874	2	1212	1231	0.20	0.80	# 20% droge ruigte
						# 80% zacht houtstruweel
1875	2	1212	1231	0.95	0.05	# 95% droge ruigte
						# 5% zacht houtstruweel
1876	2	1231	1801	0.25	0.75	# 25% zacht houtstruweel
						# 75% (natte ruigte met 25% water)
1877	2	1231	1803	0.20	0.80	# 20% zacht houtstruweel
						# 80% (zegge met 25% strooisel)
1879	2	114	1231	0.90	0.10	# 90% bebouwd/verhard terrein
						# 10% zacht houtstruweel
1880	2	1222	1223	0.50	0.50	# 50% zegge
						# 50% rietgras
1881	2	1202	1231	0.85	0.15	# 85% natuurlijk gras/hooiland
						# 15% zacht houtstruweel
1882	2	1203	1231	0.975	0.025	# 97,5% verruigd grasland
						# 2,5% zacht houtstruweel
1886	2	1203	1231	0.90	0.10	# 90% verruigd grasland
						# 10% zacht houtstruweel
1887	2	1202	1212	0.50	0.50	# 50% natuurlijk gras/hooiland
						# 50% droge ruigte
1888	2	1231	1887	0.05	0.95	# 5% zacht houtstruweel
						# 47,5% natuurlijk gras/hooiland
						# 47,5% droge ruigte
1889	2	1231	1887	0.10	0.90	# 10% zacht houtstruweel
						# 45% natuurlijk gras/hooiland
						# 45% droge ruigte
1890	2	1202	1231	0.50	0.50	# 50% natuurlijk gras/hooiland
						# 50% zacht houtstruweel
1891	2	1203	1231	0.97	0.03	# 97% verruigd grasland
						# 3% zacht houtstruweel
1906	2	1202	1245	0.90	0.10	# 90% natuurlijk gras/hooiland
						# 10% zacht houtooibos
1907	2	111	1231	0.88	0.12	# 88% kribvakstrand/zandplaat
						# 12% zacht houtstruweel
1908	2	111	1231	0.80	0.20	# 80% kribvakstrand/zandplaat
						# 20% zacht houtstruweel
1909	2	1245	1804	0.20	0.80	# 20% zacht houtooibos
						# 80% (rietgras met 25% water)
1910	2	1202	1245	0.95	0.05	# 95% natuurlijk gras/hooiland
						# 5% zacht houtooibos
1911	2	1212	1231	0.80	0.20	# 80% droge ruigte
						# 20% zacht houtstruweel
1912	2	1202	1231	0.80	0.20	# 80% natuurlijk gras/hooiland
						# 20% zacht houtstruweel
1913	2	106	1226	0.75	0.25	# 75% water
						# 25% riet homogeen
1914	2	111	1912	0.40	0.60	# 40% kribvakstrand
						# 48% natuurlijk gras/hooiland
						# 12% zacht houtstruweel
1915	2	106	1222	0.40	0.60	# 40% water
						# 60% zegge homogeen
1916	2	1226	1915	0.50	0.50	# 50% riet homogeen
						# 20% water
						# 30% zegge homogeen
1917	2	1202	1212	0.95	0.05	# 95% natuurlijk grasland/hooiland
						# 5% droge ruigte
1918	2	1213	1231	0.90	0.10	# 90% dauwbraamruigte
						# 10% zacht houtstruweel
1919	2	1215	1231	0.95	0.05	# 95% rietruigte
						# 5% zacht houtstruweel
1920	2	1215	1231	0.90	0.10	# 90% rietruigte
						# 10% zacht houtstruweel
1921	2	1801	1245	0.80	0.20	# 80% natte ruigte met 25% water
						# 20% zacht houtooibos
1922	2	1212	1245	0.80	0.20	# 80% droge ruigte
						# 20% zacht houtooibos
1933	2	1801	1231	0.95	0.05	# 95% natte ruigte met 25% water
						# 5% zacht houtstruweel
1934	2	1801	1231	0.90	0.10	# 90% natte ruigte met 25% water
						# 10% zacht houtstruweel
1935	2	1801	1231	0.80	0.20	# 80% natte ruigte met 25% water
						# 20% zacht houtstruweel
1936	2	1803	1231	0.95	0.05	# 95% zegge met 25% strooisel
						# 5% zacht houtstruweel
1937	2	1803	1231	0.90	0.10	# 90% zegge met 25% strooisel
						# 10% zacht houtstruweel
1938	2	1807	1231	0.95	0.05	# 95% riet met 25% strooisel
						# 5% zacht houtstruweel
1939	2	1807	1231	0.90	0.10	# 90% riet met 25% strooisel
						# 10% zacht houtstruweel
1940	2	1807	1231	0.80	0.20	# 80% riet met 25% strooisel
						# 20% zacht houtstruweel
1941	2	1202	1212	0.70	0.30	# 70% natuurlijk grasland
						# 30% droge ruigte

# VEGETATIELEGGER						

# Geaggregeerde klassen - Koen Volleberg - 15-06-2012						
# Aangepast voor vegetatieverdeling 2012 (Bas van Dongen, Arcadis, 04-01-2015)						
#						

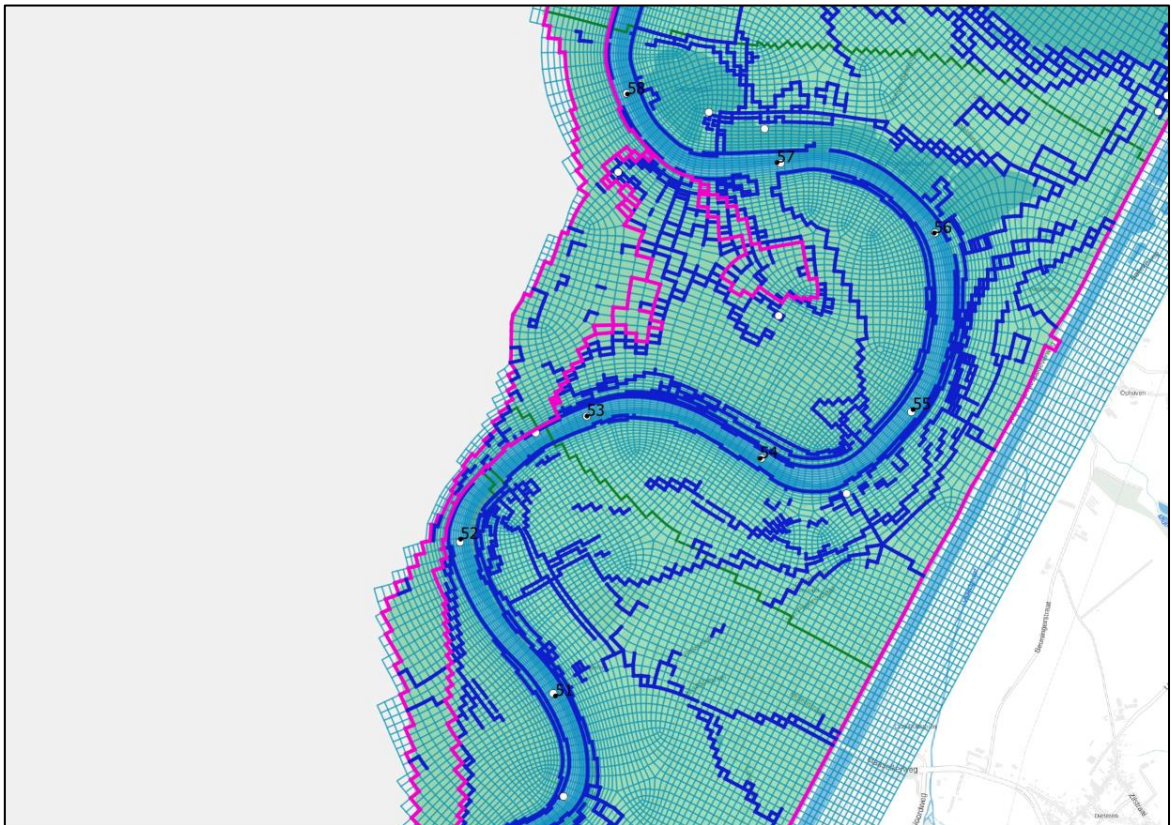
```

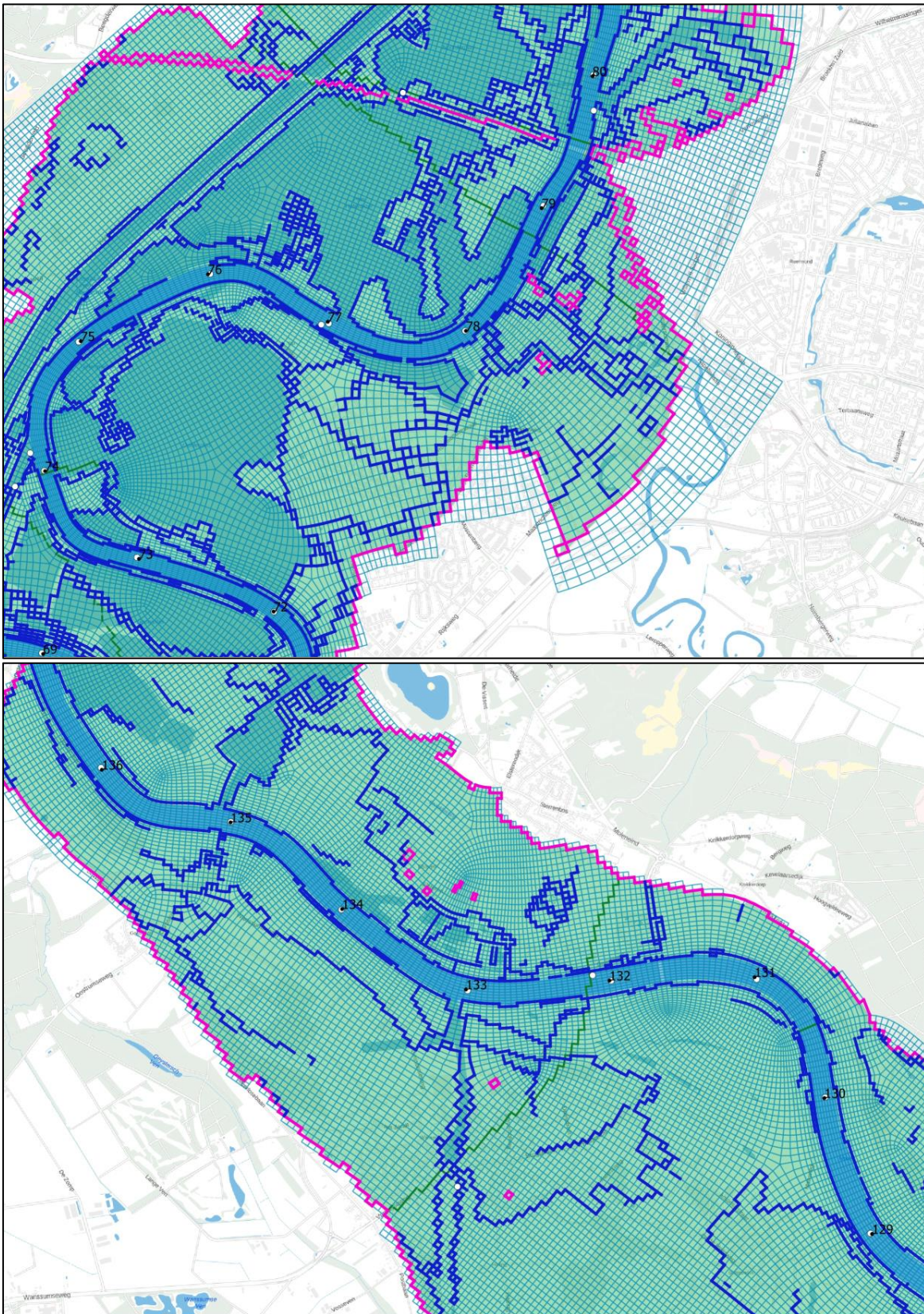
# tussenstappen voor Homogene klassen
1970 2 1201 1202 0.561757253 0.438242747
1971 2 111 121 0.07415936 0.92584064
1972 2 1212 1804 0.87552542 0.12447458
1973 2 1242 1244 0.212045693 0.787954307
1974 2 1245 1246 0.846018535 0.153981465
1975 2 1973 1974 0.578653494 0.421346506
1976 2 1970 1971 0.731872562 0.268127438
#
# Homogene klassen
#
1981 2 1250 1976 0.036775031 0.963224969
1982 2 1807 1972 0.126268683 0.873731317
1983 2 1975 1247 0.972225202 0.027774798
1984 2 1231 1233 0.597832635 0.402167365
#
# tussenstappen voor Mengklassen
1989 2 1981 1982 0.50 0.50
1993 2 1981 1982 0.25 0.75
#
# Mengklassen (op basis van verdelingspercentages interventiewaarden)
#
1996 2 1981 1984 0.80 0.20
1997 2 1989 1984 0.60 0.40
1998 2 1993 1984 0.40 0.60
#
#=====#
#=====#
#=====#
#
#*****#
#
# zomerbedruwheden Maas, 5e generatie, afvoerafhankelijk
#
#*****#
#
# Versie 2015_5-v3 (12-10-2016): Aangepaste kalibratie Extreem Laag, Laag, Midden
# (De Jong, 2016; Herkalibratie 5de generatie WAQUA Maas. Deltares rapport, kenmerk 1230071-
# 002-ZWS-0008)
# Versie 2015_5-v2 (21-07-2015): resultaat van de kalibratie 5e generatie Maas voor de 5x5 meter ecotopenkartering 2012
# Versie 2015_5-v1 (12-05-2015): - gebaseerd op Versie 0.75 van 'roughcombination.karak_5_fQ_Maas'
# - opschonen code: alle gekalibreerde waarden voor specifieke
# gebieden worden in aparte files opgenomen
# - overgang naar nieuwe naam volgens naamgevingsconventie
# - toevoegen codering ivm vegetatielegger
#
#=====#
#
# CODE 701-750 : Ruwheids methode voor het zomerbed van een rivier
# r_code : de ruwheids code
# a : alfa (normaal of eb) (0.001 - 0.1 - 1.)
# b : beta (normaal of eb) (0.1 - 2.5 - 100.)
# c : alfa (vloed) (alleen voor testen) (0.001 - 0.1 - 1.)
# d : beta (vloed) (alleen voor testen) (0.1 - 2.5 - 100.)
#
#-----#
#-----#
#
# Opdeling in twee trajecten:
# - Grensmaas (tot stuw Linne): White Colebrook, ks = 0.30
# - Maas (vanaf stuw Linne): Simplified van Rijn, alpha = 0.10, beta = 2.5
#
2100 51 0.30
2101 101 0.1 2.5
#
#=====#
#
# Einde roughcombination
#
#=====#

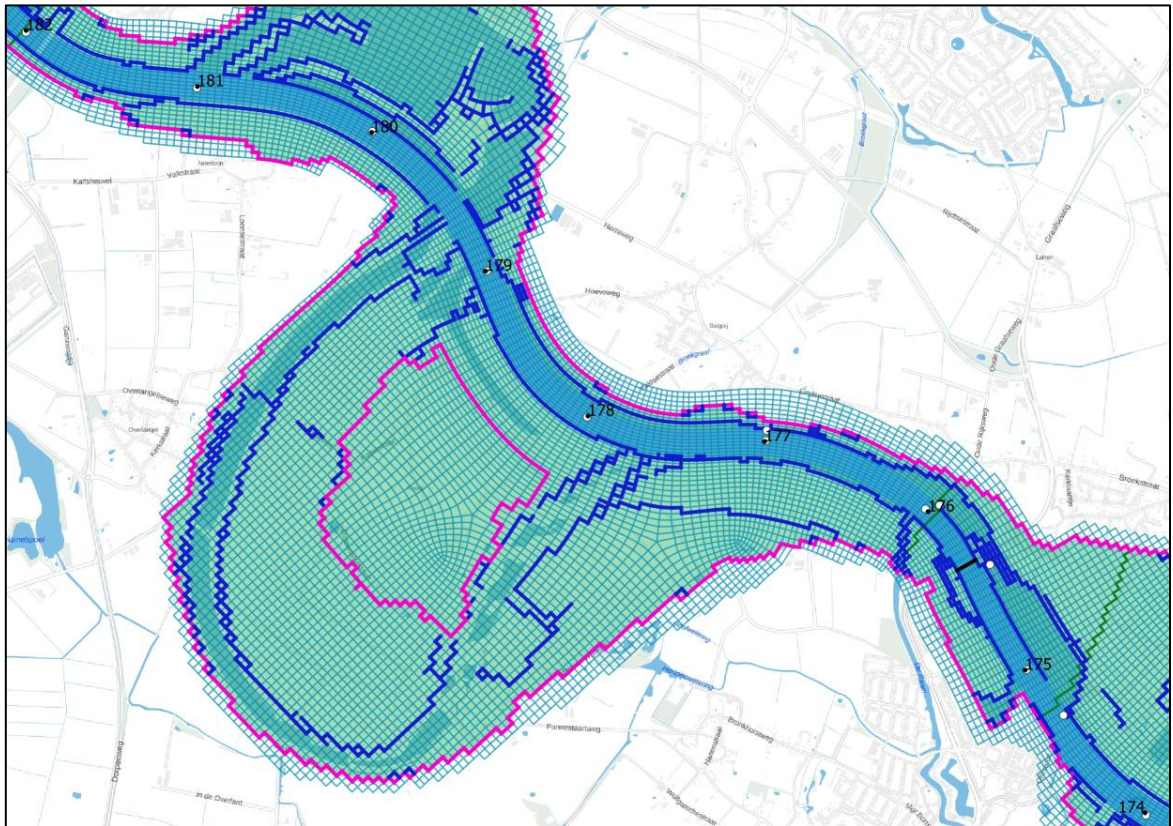
```

E.4 Voorbeeld projectie van j14

Onderstaande figuren geven enkele voorbeelden van de projectie van het j14 model met het definitieve rooster. Een volledige set van figuren is in een losse PDF-meegeleverd. De verschillende kleuren weergegeven de fixed weirs (blauw), thin dams/dry area/enclosure (roze), kunstwerken (zwart), cross section (groen).





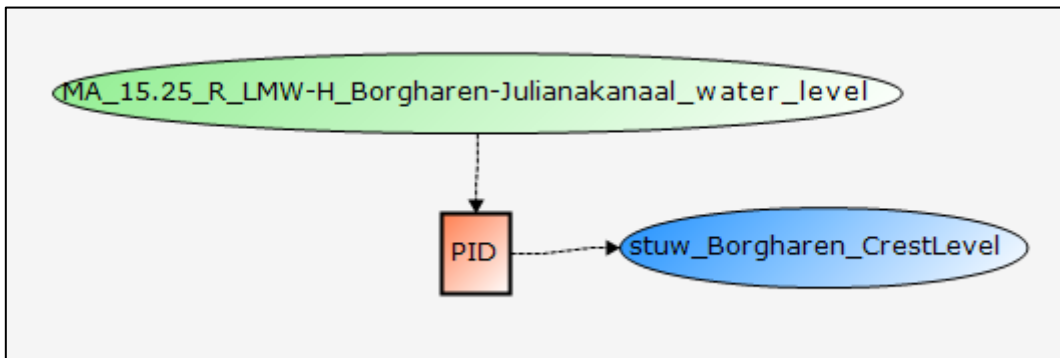


F Schematisatie kunstwerken

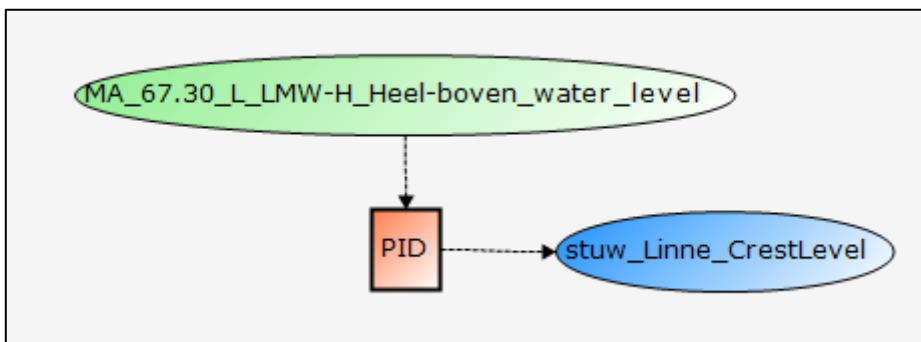
F.1 Aansturing kunstwerken

F.1.1 Stuw Borgharen

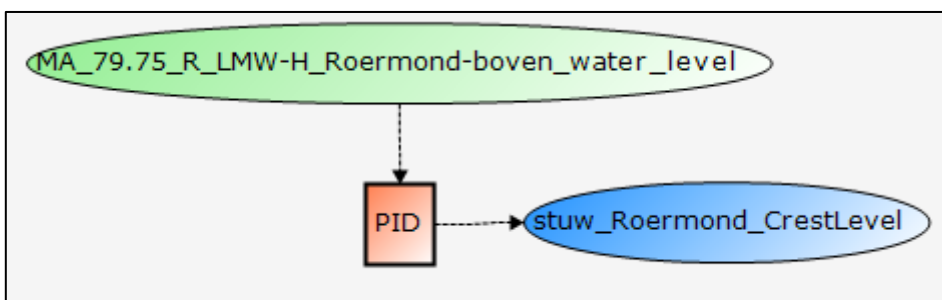
Er is bewust voor gekozen om geen onderscheid te maken tussen zomer- en winterstreefpeil omdat voor fictieve simulaties vaak een willekeurige startdatum wordt gekozen. De datum waarop gewisseld wordt tussen beide peilen is ook onduidelijk. Er wordt in het model gebruik gemaakt van het winterpeil, omdat het model bedoeld is voor het hoogwaterseizoen.



F.1.2 Stuw Linne



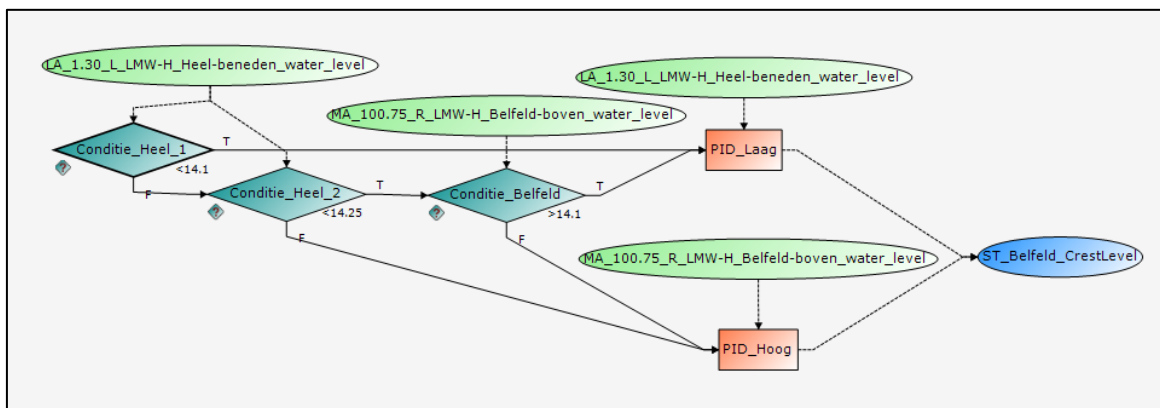
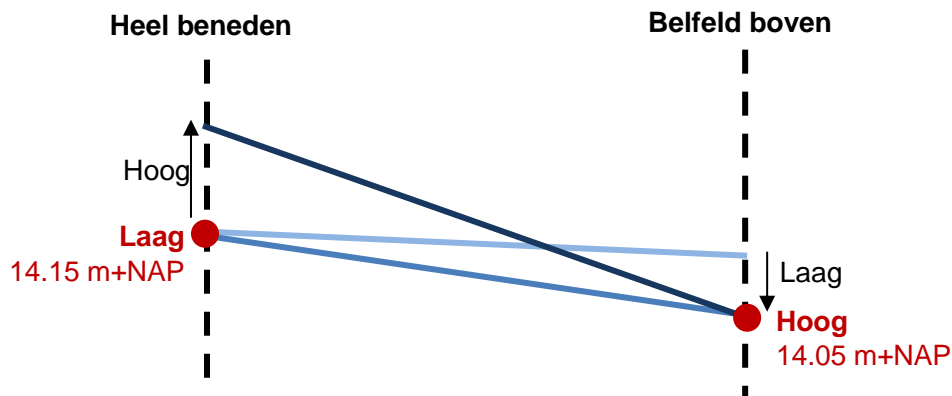
F.1.3 Stuw Roermond



F.1.4 Stuw Belfeld

Deze schets geeft de waterstand in stuwpannd Belfeld weer. In blauw de waterstanden (donkerder betekent een hogere afvoer) en in rood het streefpunt bij lage en hoge afvoer. De pijlen geven de waterstandsverandering bij toenemende afvoer weer, wanneer gestuurd wordt op het bij de pijl aangegeven afvoerniveau.

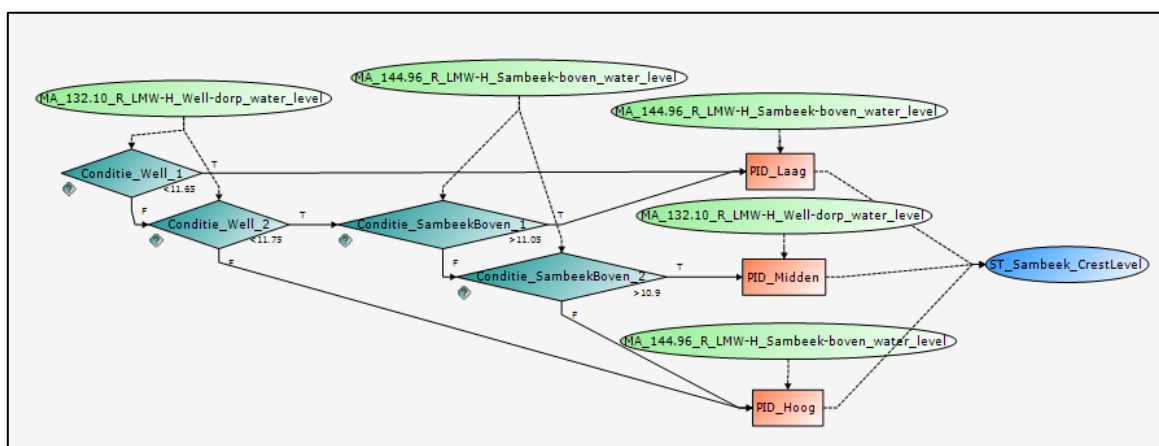
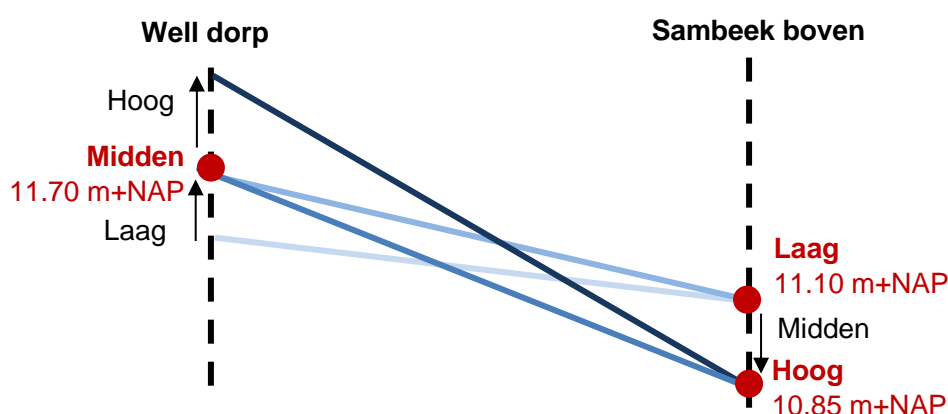
Zolang er gestuurd wordt op Heel Beneden (14.15 m+NAP) neemt bij toenemende afvoer, de waterstand bij Belfeld Boven af. Als dit lager wordt dan 14.10 m+NAP, wordt de sturing ingesteld op het vasthouden van een waterstand bij Belfeld Boven van 14.05 m+NAP. De waterstand bij Heel Beneden zal nu stijgen bij toenemende afvoer.



F.1.5 Stuw Sambeek

Deze schets geeft de waterstand in stuwpannd Sambeek weer. In blauw de waterstanden (donkerder betekent een hogere afvoer) en in rood het streefpunt bij gemiddelde en hoge afvoer. De pijlen geven de waterstandsverandering bij toenemende afvoer weer, wanneer gestuurd wordt op het bij de pijl aangegeven afvoerniveau.

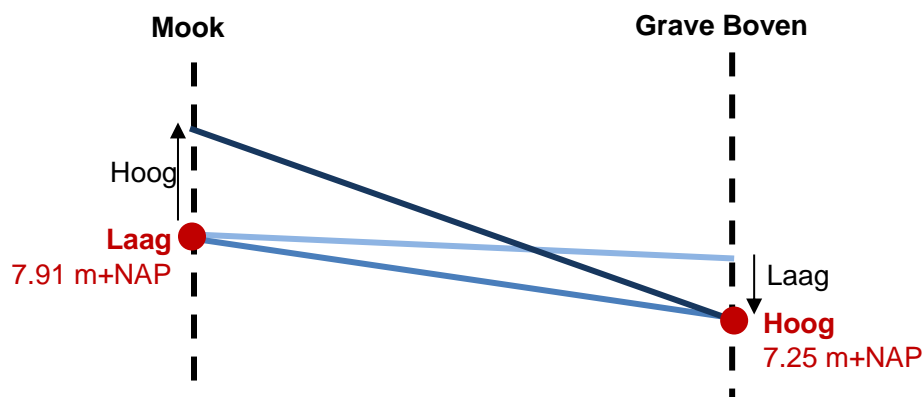
Zolang er gestuurd wordt op Sambeek Boven (11.10 m+NAP) neemt bij toenemende afvoer de waterstand bij Well Dorp toe. Als de waterstand bij Well Dorp hoger wordt dan 11.65 m+NAP, dan wordt gestuurd op vasthouden van 11.70 m+NAP bij Well Dorp. De waterstand bij Sambeek Boven zal nu langzaam dalen bij toenemende afvoer. Bij een waterstand lager dan 10.90 m+NAP wordt weer gestuurd op Sambeek Boven, maar ditmaal met een streefpeil van 10.85 m+NAP. Bij verder toenemende afvoer zal de waterstand bij Well Dorp weer verder stijgen.



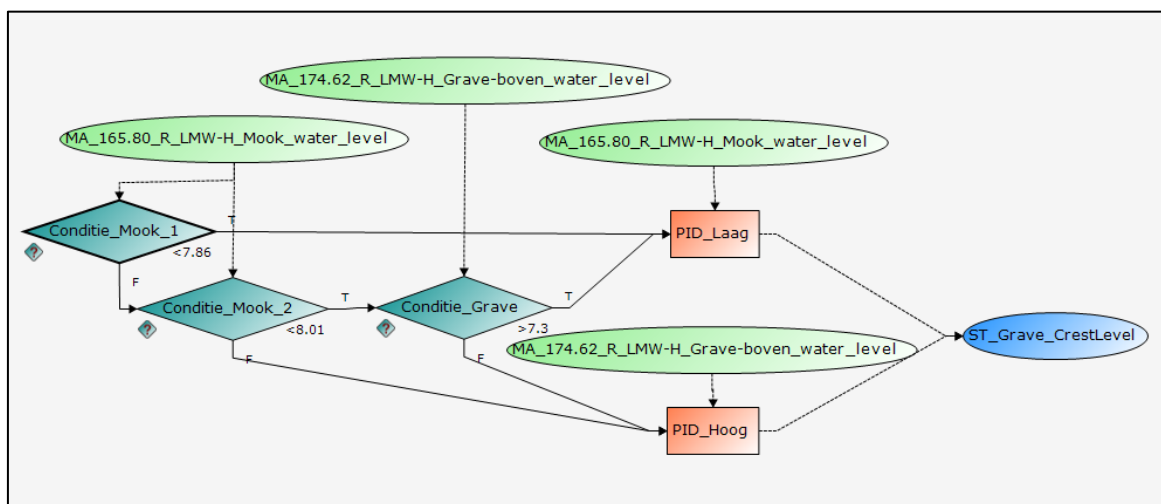
F.1.6 Stuw Grave

Deze schets geeft de waterstand in stuwpannd Grave weer. In blauw de waterstanden (donkerder betekent een hogere afvoer) en in rood het streefpunt bij lage en hoge afvoer. De pijlen geven de waterstandsverandering bij toenemende afvoer weer, wanneer gestuurd wordt op het bij de pijl aangegeven afvoerniveau.

Zolang er gestuurd wordt op Mook (7.91 m+NAP) neemt bij toenemende afvoer de waterstand bij Grave Boven af. Als dit lager dan 7.30 m+NAP is, wordt de sturing ingesteld op het vasthouden van een waterstand bij Grave Boven van 7.25 m+NAP. De waterstand bij Mook zal nu stijgen bij toenemende afvoer.



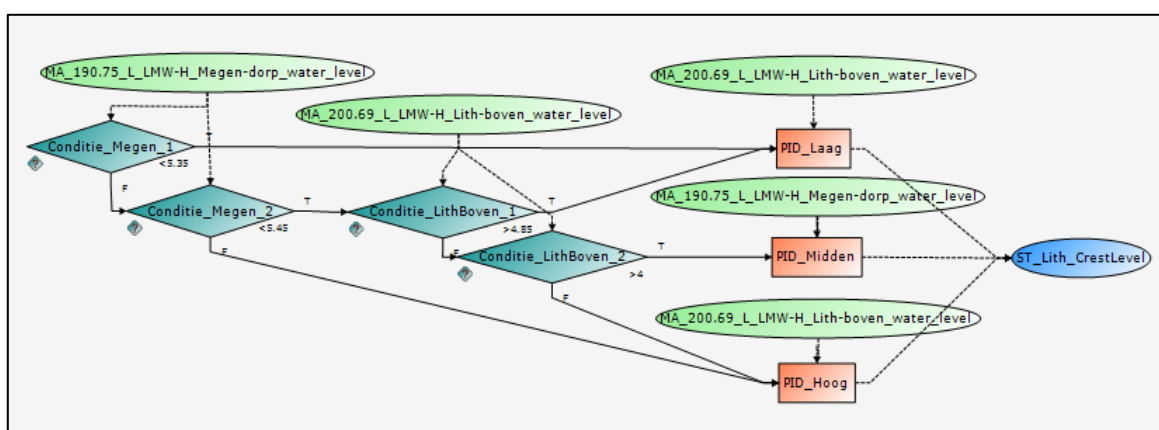
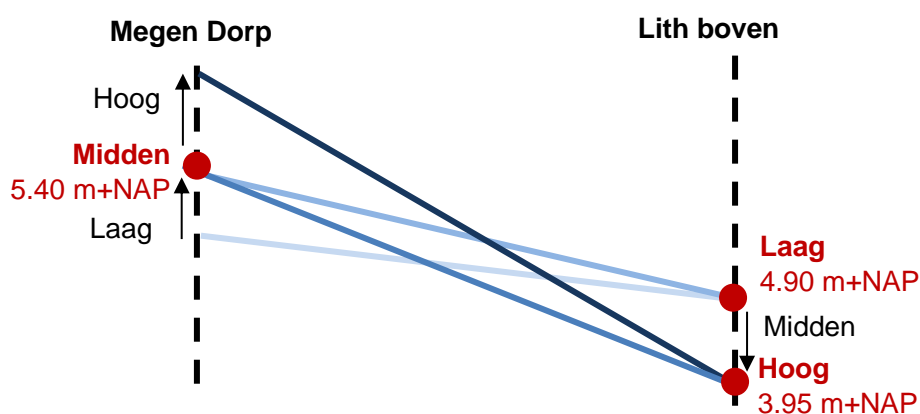
De opbouw van de Controlgroup is volgens dezelfde logica als stuw Belfeld, waar ook gestuurd wordt op twee niveaus (laag en hoog).



F.1.7 Stuw Lith

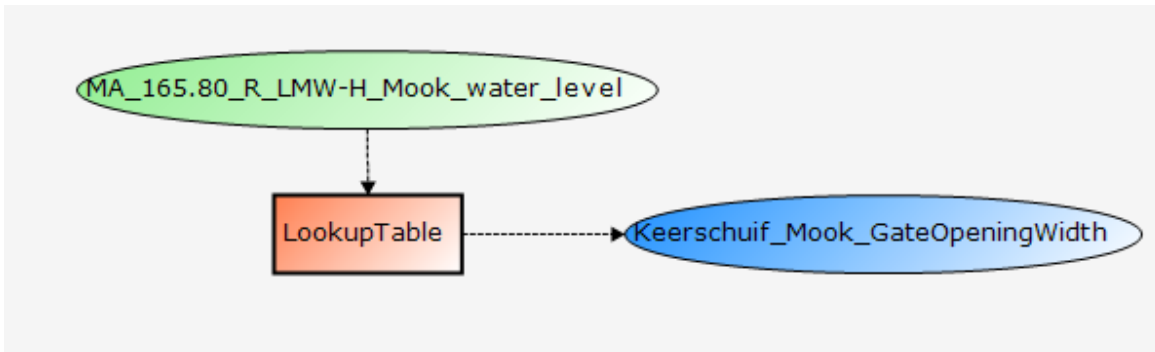
Deze schets geeft de waterstand in stuwwand Lith weer. In blauw de waterstanden (donkerder betekent een hogere afvoer) en in rood het streefpunt bij gemiddelde en hoge afvoer. De pijlen geven de waterstandsverandering bij toenemende afvoer weer, wanneer gestuurd wordt op het bij de pijl aangegeven afvoerniveau.

Zolang er gestuurd wordt op Lith Boven (4.90 m+NAP) neemt bij toenemende afvoer de waterstand bij Megen Dorp toe. Als de waterstand bij Megen Dorp hoger wordt dan 5.35 m+NAP, dan wordt gestuurd op vasthouden van 5.40 m+NAP bij Megen Dorp. De waterstand bij Lith Boven zal nu langzaam dalen bij toenemende afvoer. Bij een waterstand lager dan 4.00 m+NAP wordt weer gestuurd op Sambeek Boven, maar ditmaal met een streefpeil van 3.95 m+NAP. Bij verder toenemende afvoer zal de waterstand bij Megen Dorp weer verder stijgen.

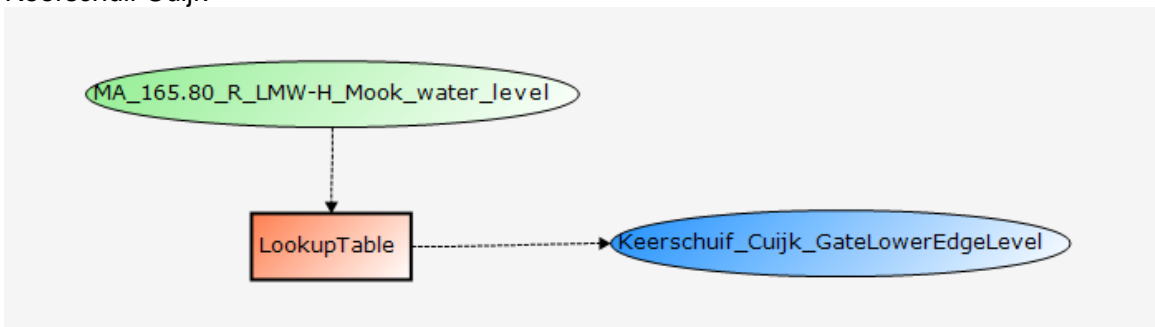


Na het produceren van deze figuur is de volgende aanpassing uitgevoerd (zie Visser & De Jong, 2020): De grens van Conditie_LithBoven_1 is verhoogd naar 4.95 m+NAP.

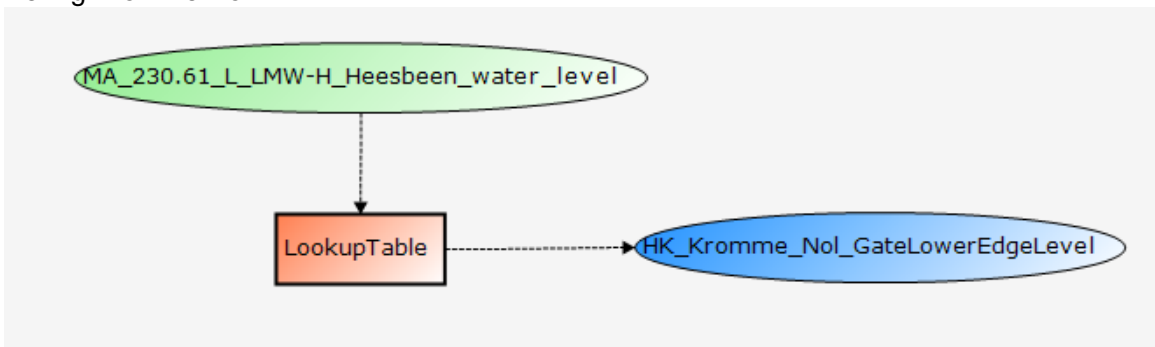
F.1.8 Keerschuij Mook



F.1.9 Keerschuij Cuijk



F.1.10 Kering Kromme Nol



F.2 Validatie stuwsturing

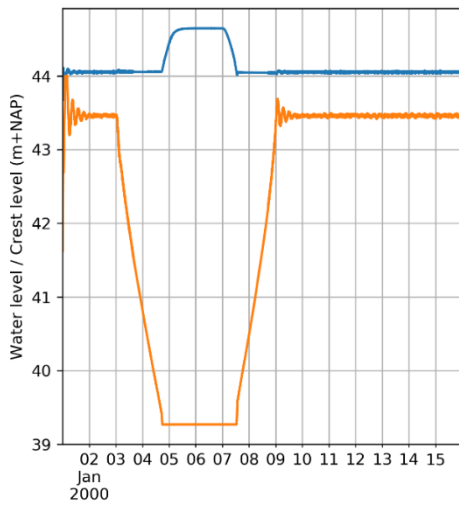
De bovenstaande stuwsturing is gevalideerd door simulaties met randvoorwaarde “Golf curve_1” (Agtersloot, 2012). Deze heeft een sterke stijging en daling van de afvoer met een piek van 2000 m³/s en een stationaire situatie van 50 m³/s (zie Paragraaf 3.3.1).

In onderstaande figuren staat voor alle kunstwerken de in- en uitvoer van de stuwsturing weergegeven. Links staan telkens de waterstanden van alle stations waarop gestuurd wordt en de hoogte van de stuw (crestlevel). Indien de stuw gebruik maakt van logica om tussen verschillende PID-controllers te wisselen, dan staat rechts hiervan de status (False=0, True=1) van alle condities.

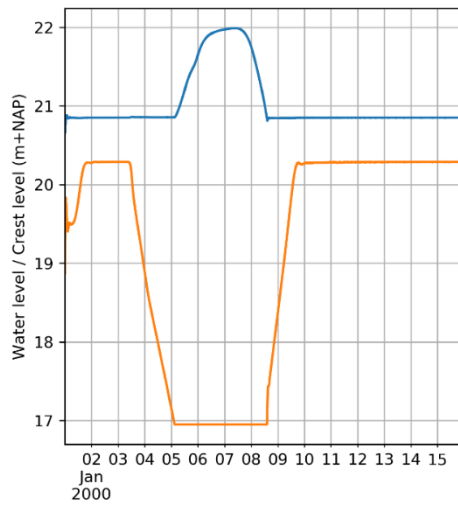
Analyse resultaten per stuw:

- Stuw Borgharen stuurt op 1 station. De PID-controller laat na initialisatie en na de afvoergolf een kleine schommeling zien. De schommeling in de waterstanden is ongeveer +/- 2 cm en in de afvoer met +/- 3 m³/s.
- Stuw Linne stuurt op 1 station. De kwaliteit van de PID-controller is zeer goed en laat vrijwel geen afwijking zien ten opzichte van het streefpeil.
- Stuw Roermond stuurt op 1 station. De kwaliteit van de PID-controller is goed en laat maar een kleine schommeling zien tot het streefpeil, na zowel initialisatie als na de afvoergolf.
- Stuw Belfeld stuurt met 2 PID-controllers waar tussen geschakeld wordt middels 3 condities. Door de grote afstand tussen stuw Belfeld en meetstation Heel Beneden duurt het lang voor het station reageert op een aanpassing in de stuwsturing bij lage afvoeren. Het gevolg is dat de PID-controller regelmatig voorbij het streefpeil schiet, waardoor de condities overschakelen op stuwsturing Hoog. Dit zorgt voor schommeling tijdens lage afvoer.
- Stuw Sambeek stuurt met 3 PID-controllers waar tussen geschakeld wordt middels 4 condities. De figuur laat een heel egaal verloop zien tussen de condities, al komt de PID Midden (Well Dorp 11.7 m+NAP) vrijwel niet aan bod en wordt er vanuit Laag direct overgeschakeld op Hoog. Er zijn een paar kleine, maar verwaarloosbare schommelingen te zien.
- Stuw Grave stuurt met 2 PID-controllers waar tussen geschakeld wordt middels 3 condities. De resultaten zijn redelijk, maar laten met name in de staart van de afvoergolf snelle schakelingen tussen de condities zien. Doordat de waterstanden bij hoge afvoeren lager zijn dan bij lage afvoeren is dit lastig te corrigeren. Na initialisatie laat de PID-controller (Laag) schommelingen zien doordat de stuwsturing voorbij het streefpeil schiet.
- Stuw Lith stuurt met 3 PID-controllers waar tussen geschakeld wordt middels 4 condities. De PID-controller Laag laat enkele schommelingen zien na initialisatie en na de afvoergolf. Het schakelen naar Midden is weinig succesvol, en laat een paar grote schommelingen zien. Deze worden niet veroorzaakt door de PID-controller Midden, maar door snelle schakelingen tussen de condities.
- Ten slotte volgen de keringen Kromme Nol, Mook en Cuijk. Keringen Mook en Cuijk sluiten zoals verwacht. Voor Kromme Nol wordt het sluitpeil bij deze lage afvoergolf niet bereikt.

Samengevat kan worden gezegd dat de stuwsturing naar behoren functioneert en mogelijk ook beter is dan in de huidige operationele modellen (SOBEK3). De sturing op verderbovenstroomse stations lijkt in principe geen problemen te geven in de PID-controller, maar kan wel problemen geven doordat er snel geschakeld wordt tussen verschillende logica.

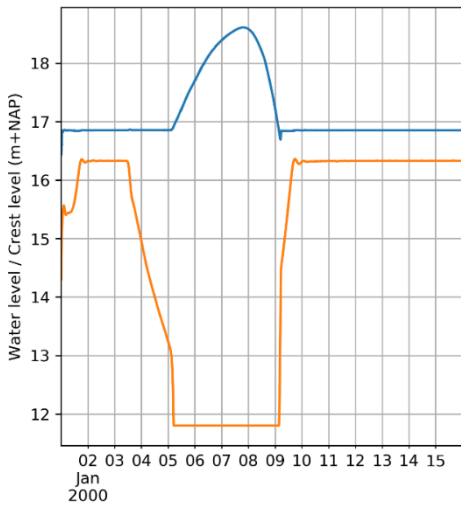


— [Input]MA_15.25_R_LMW-H_Borgharen-Julianakanaal/water_level
— [Output]ST_Borgharen/CrestLevel

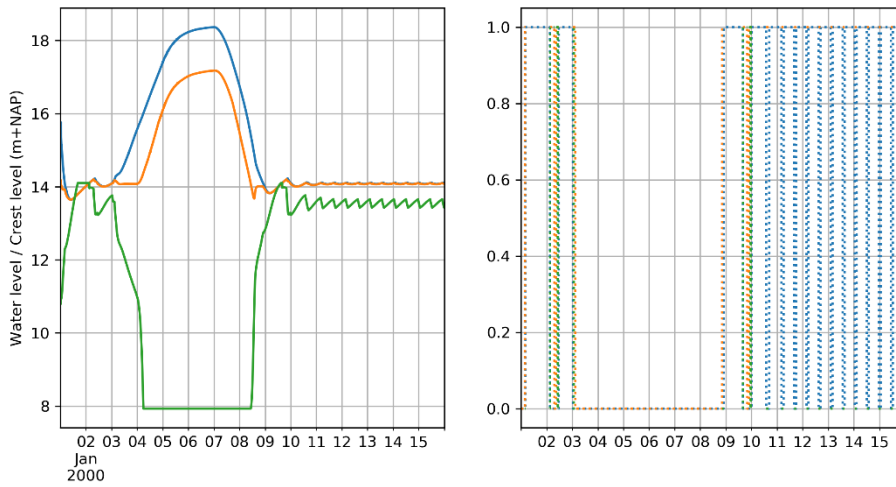


— [Input]MA_67.30_L_LMW-H_Heel-boven/water_level
— [Output]ST_Linne/CrestLevel

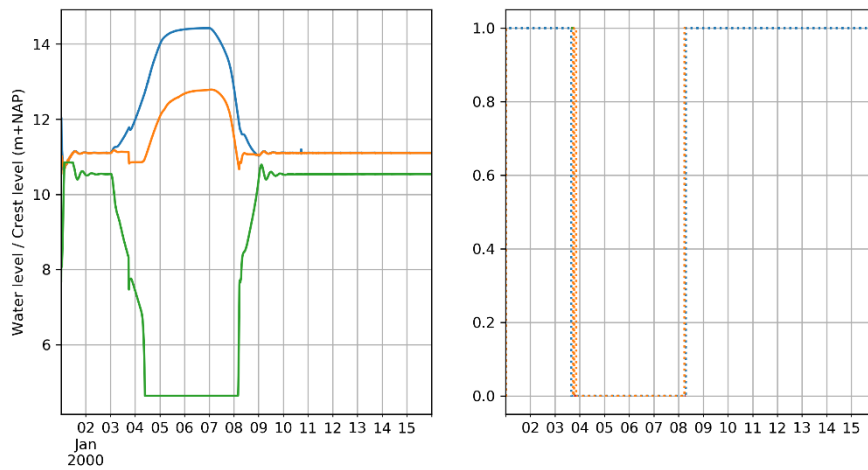
8



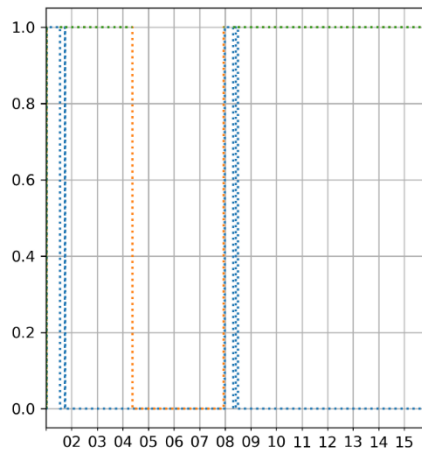
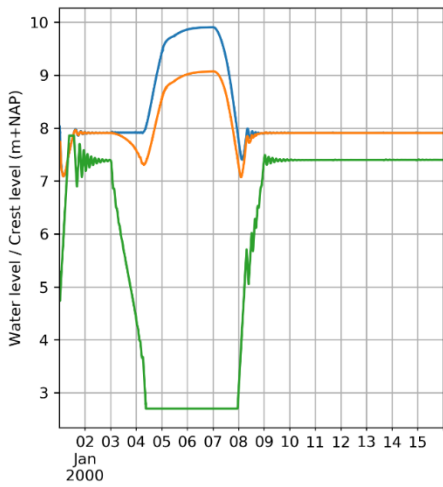
— [Input]MA_79.75_R_LMW-H_Roermond-boven/water_level
— [Output]ST_Roermond/CrestLevel



— [Input]LA_1.30_L_LMW-H_Heel-beneden/water_level
— [Input]MA_100.75_R_LMW-H_Belfeld-boven/water_level
— [Output]ST_Belfeld/CrestLevel
-.- [Status]stuw_Belfeld/Conditie_Heel_1
-.- [Status]stuw_Belfeld/Conditie_Heel_2
-.- [Status]stuw_Belfeld/Conditie_Belfeld

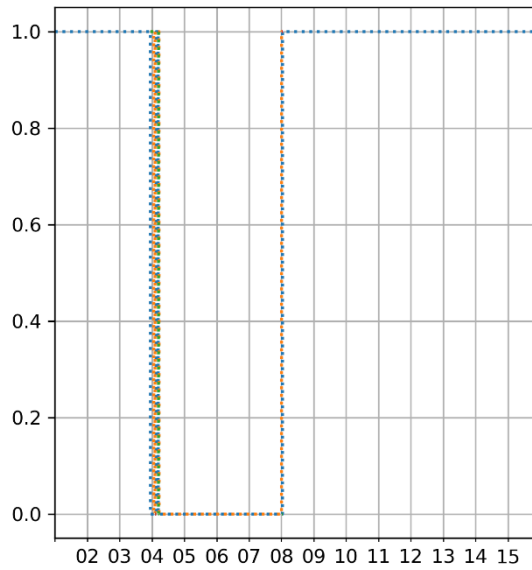
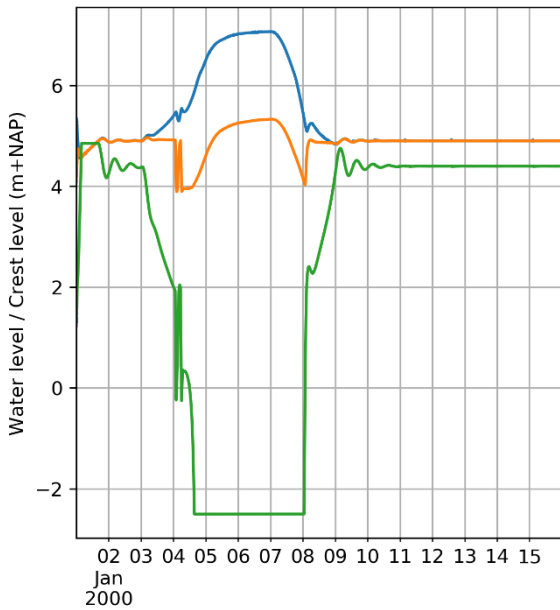


— [Input]MA_132.10_R_LMW-H_Well-dorp/water_level
— [Input]MA_144.96_R_LMW-H_Sambeek-boven/water_level
— [Output]ST_Sambeek/CrestLevel
-.- [Status]stuw_Sambeek/Conditie_Well_1
-.- [Status]stuw_Sambeek/Conditie_Well_2
-.- [Status]stuw_Sambeek/Conditie_SambeekBoven_1
-.- [Status]stuw_Sambeek/Conditie_SambeekBoven_2



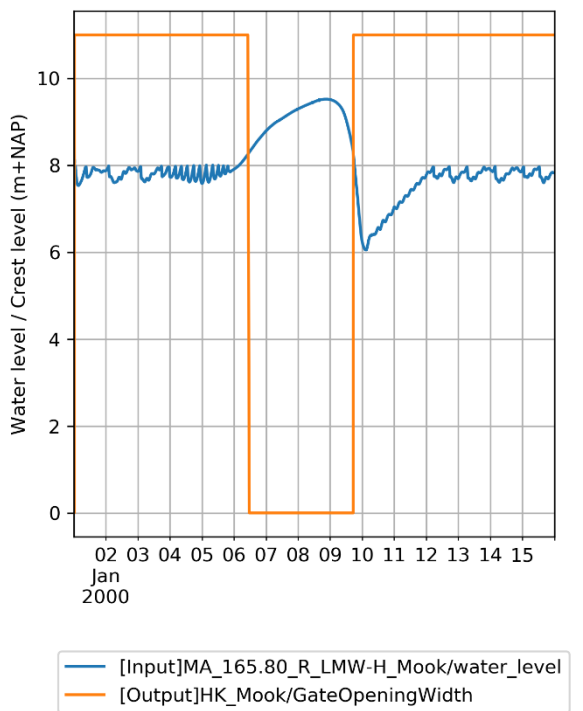
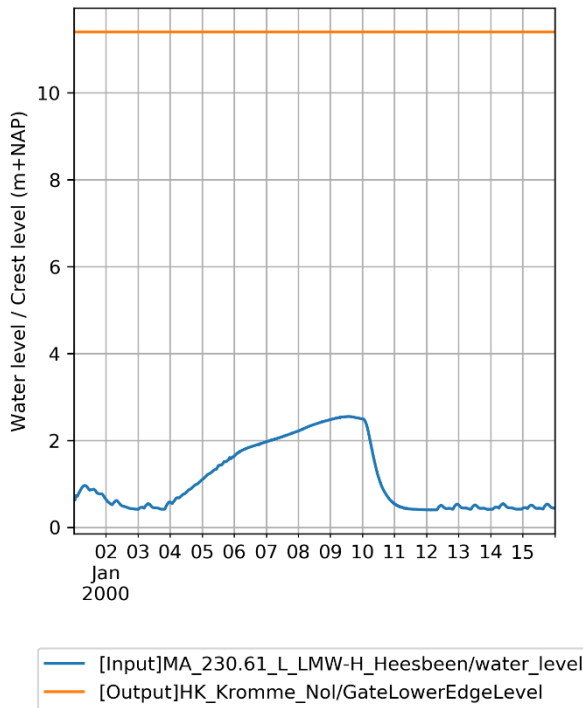
— [Input]MA_165.80_R_LMW-H_Mook/water_level
 — [Input]MA_174.62_R_LMW-H_Grave-boven/water_level
 — [Output]ST_Grave/CrestLevel

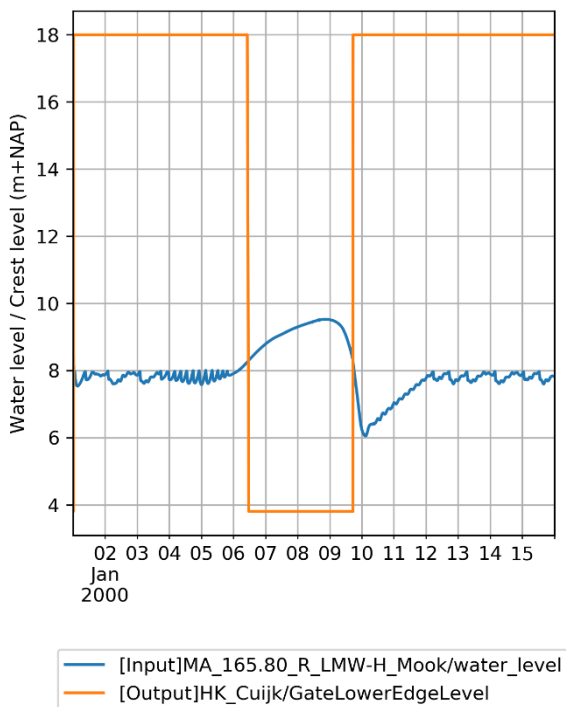
⋯ [Status]stuw_Grave/Conditie_Mook_1
 ⋯ [Status]stuw_Grave/Conditie_Mook_2
 ⋯ [Status]stuw_Grave/Conditie_Grave



— [Input]MA_190.75_L_LMW-H_Megen-dorp/water_level
 — [Input]MA_200.69_L_LMW-H_Lith-boven/water_level
 — [Output]ST_Lith/CrestLevel

⋯ [Status]stuw_Lith/Conditie_Megen_1
 ⋯ [Status]stuw_Lith/Conditie_Megen_2
 ⋯ [Status]stuw_Lith/Conditie_LithBoven_1
 ⋯ [Status]stuw_Lith/Conditie_LithBoven_2





F.3 Evaluatie verval stuw

Met het j14-model zijn 3 stationaire afvoeren getest, waarbij de stuwen zijn ingesteld op ofwel operationele stuwsturing, ofwel bij voorbaat gestreken:

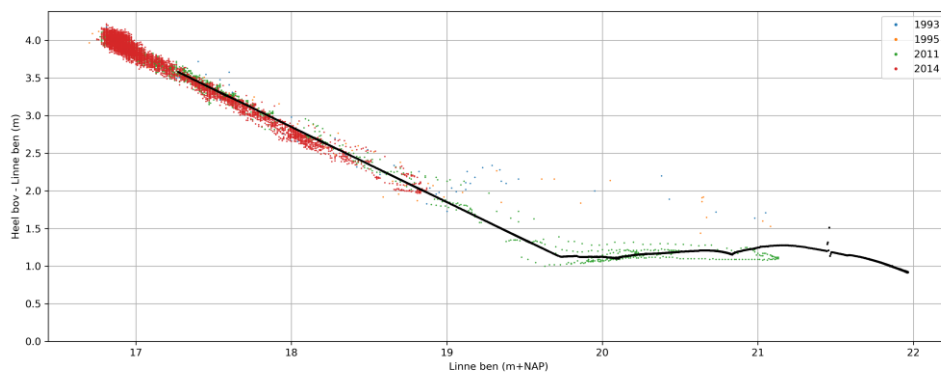
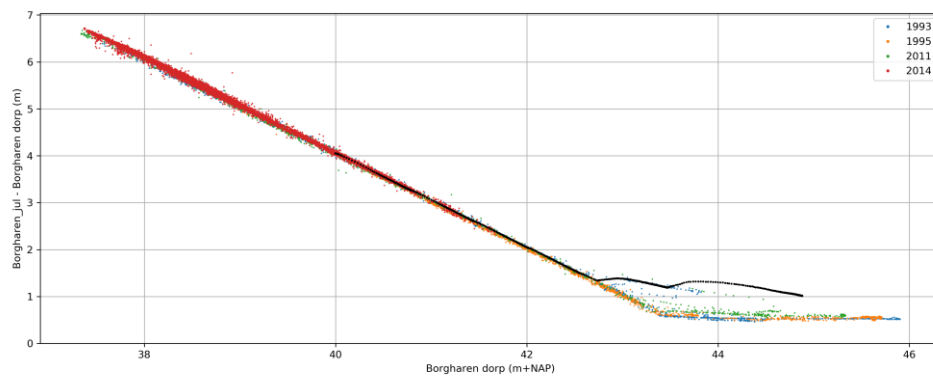
- 1000 m³/s: met operationele stuwsturing
- 1500 m³/s: met gestreken stuwen
- 2000 m³/s: met gestreken stuwen

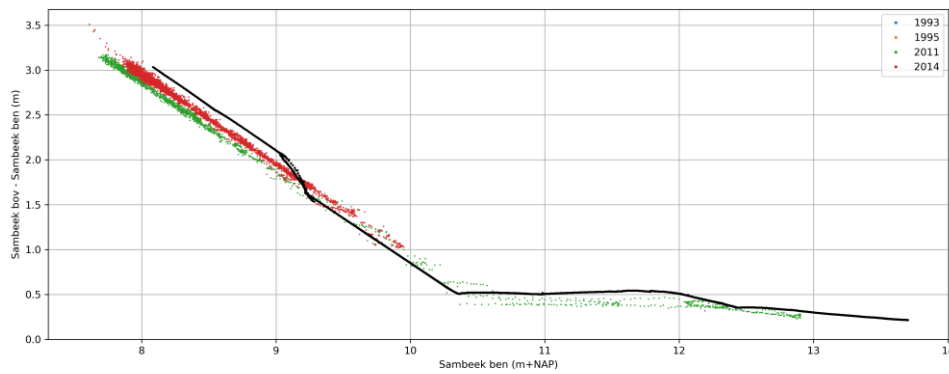
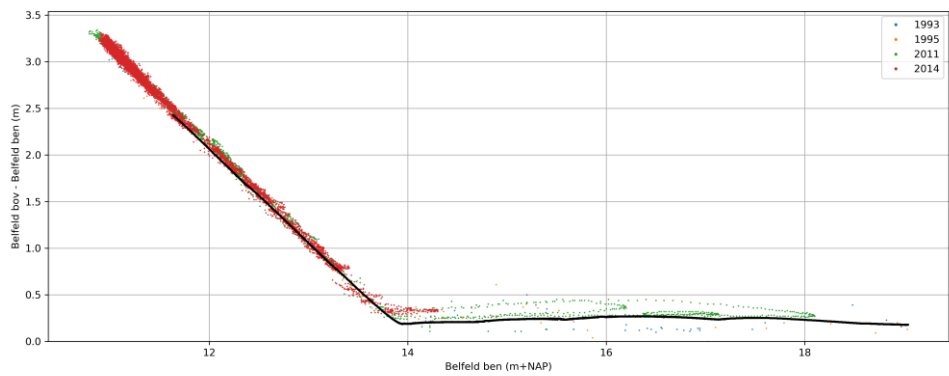
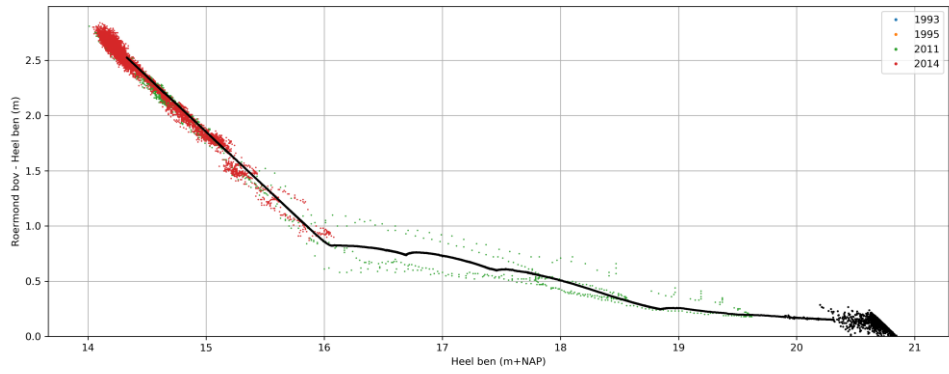
In onderstaande figuren is het gemeten verval tussen de meetstations direct bovenstrooms en benedenstrooms van de stuw afgezet tegen de benedenstroomse waterstand voor alle randvoorwaardeperioden (gekleurde stippen, De Jong, 2019c). Aan deze figuren zijn de gemodelleerde resultaten (voor kalibratie) toegevoegd (zwarte stippen).

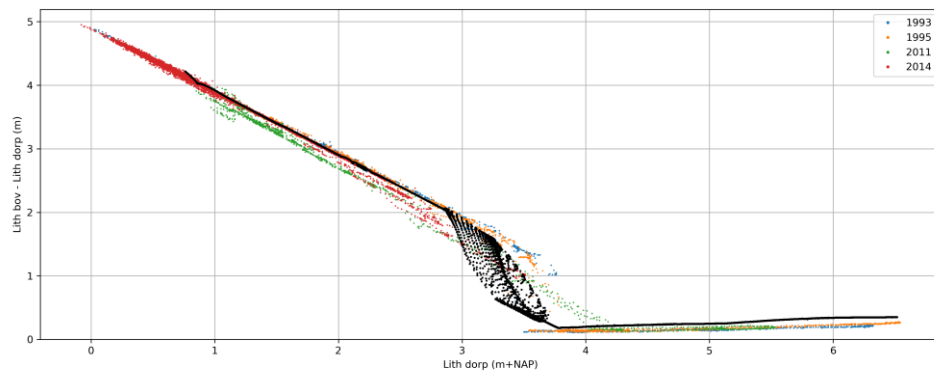
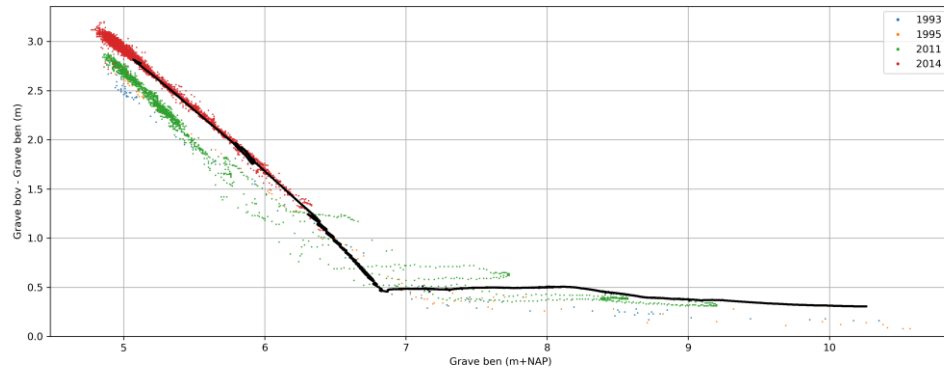
Er kunnen twee analyses uitgevoerd worden op basis van deze figuren. Enerzijds is er de verandering in verval tussen verschillende jaren, en anderszijds de vergelijking van het model met de metingen.

- De metingen laten veelal een consistent beeld zien tussen de jaren. Zeker waar de stuwsturing niet is gewijzigd is het verval 'tot de knik' identiek tussen de jaren. Bij sommige stations is een verschil niet goed te beoordelen omdat bij de historische afvoergolven (1993/1995) weinig metingen beschikbaar waren (bijvoorbeeld enkel dagwaarden). Daarnaast zorgt de stuwsturing ook voor 'ruis' in de puntenwolk.
 - Stuw Linne, Grave en Lith tonen veranderingen in de stuwsturing. Bij eenzelfde benedenstroomse waterstand is er een ander verval over de stuw. Het verval is tegenwoordig lager.
- Uit de vergelijking tussen modelresultaten en metingen kan beoordeeld worden of het verval door het model goed berekend wordt.
 - De modelresultaten van 1000 m³/s liggen per definitie bovenop de puntenwolk, omdat de stuwsturing hiervoor zorgt. Voor de afvoeren 1500 m³/s en 2000 m³/s kijken we naar het verval over een gestreken stuw. Hierbij valt op dat ook dit bij de meeste stuwen nauwkeurig

benaderd wordt: het valt binnen de puntenwolk (voor verschillende stijgende/dalende condities kan dit nog een verschil van enkele decimeters zijn). De enige grote uitschieter is bij *Stuw Borgharen*: Bij 1500 m³/s is de stuw nog niet gestreken en is de modelleeraanname dus onjuist. Bij 2000 m³/s wordt juist een te hoog verval berekend. Er is gekeken of dit verschil ook veroorzaakt kon worden door de overlaat Bosscherveld, maar deze afvoer wordt door het model zeer goed benaderd. Er zijn diverse veranderingen met de stuw gedaan om te controleren of een verandering in de stuwinstellingen (drempelhoogte en afvoercoëfficiënt) de waterstanden bovenstrooms konden verlagen, maar dit bleek geen, weinig of zelfs tegenstrijdig effect te hebben. De weerstand van het model over dit traject (Borgharen Julianakanaal tot Borgharen Dorp) kan het beste verminderd worden door een lagere kalibratiefactor.







G Model definition Unstructured (MDU-bestand)

Onderstaande blok bevat kopie van het mdu-bestand van j14. Bij iedere regel staat achter het hekje (#) een uitleg van de instelling.

```
[model]
Program = D-Flow FM
FileVersion = 1.09 # File format version (do not edit this)
AutoStart = 0 # Autostart simulation after loading MDU (0: no, 1: autostart, 2:
autostartstop)
PathsRelativeToParent = 1 # Default: 0. Whether or not (1/0) to resolve file names (e.g.
inside the *.ext file) relative to their direct parent, instead of to the toplevel
MDU working dir.

[geometry]
NetFile = j14_6-v1_net.nc # Unstructured grid file *_net.nc
GridEnclosureFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_enclosures.pol # Enclosure file to clip outer
parts from the grid *.pol
BedlevelFile = # Bedlevels points file e.g. *.xyz, only needed for bedlevtype not equal 3
DryPointsFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_dry_areas.pol # Dry points file *.xyz (third
column dummy z values), or dry areas polygon file *.pol (third column 1/-1:
inside/outside)
IniFieldFile = ../../../../initial_conditions/initial_water_level_Q25.ini
LandBoundaryFile = # Land boundaries file *.ldb, used for visualization
ThinDamFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_thin_dams.pli # Polyline file *_thd.pli, containing
thin dams
FixedWeirFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_fixed_weirs.pliz # Polyline file *_fxw.pliz,
containing fixed weirs with rows x, y, crest level, left ground level, right ground
level
StructureFile = ../../../../initial_conditions/Maas_structures_Q25.ini # File *.ini
containing list of structures (pumps, weirs, gates and general structures)
PillarFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_bridges.pliz # Polyline file *_pillar.pliz,
containing four columns with x, y, diameter and Cd coefficient
WaterLevIni = -999 # Initial water level at missing s0 values
BedlevUni = 999. # Uniform bed level used at missing z values if BedlevType > 2
BedlevType = 3 # Bathymetry specification; 1: at cell centers (from BathymetryFile); 2: at
faces (from BathymetryFile); 3: at nodes, face levels mean of node values; 4: at
nodes, face levels min. of node values; 5: at nodes, face levels max. of node values;
6: at nodes, face levels max. of cell-center values
Blmeanbelow = -999 # If not -999d0, below this level the cell center bed level is the mean
of surrounding net nodes
Blminabove = -999 # If not -999d0, above this level the cell center bed level is the min.
of surrounding net nodes
PartitionFile = # Domain partition polygon file *_part.pol for parallel run
AngLat = 52 # Angle of latitude S-N (deg), 0: no Coriolis
AngLon = 0 # Angle of longitude E-W (deg), 0: Greenwich, used in solar heat flux computation.
Conveyance2D = -1 # -1: R=HU,0: R=H, 1: R=A/P, 2: K=analytic-1D conv, 3: K=analytic-2D
conv
Sillheightmin = 0 # Weir treatment only if both sills larger than this value (m)
Makeorthocenters = 0 # Switch from circumcentres to orthocentres in geominit (i>=1: number
of iterations, 0: do not use)
Dcenterinside = 1 # Limit cell center (1.0: in cell, 0.0: on c/g)
Bamin = 1E-06 # Minimum grid cell area, in combination with cut cells
OpenBoundaryTolerance = 3 # Search tolerance factor between boundary polyline and grid
cells, in cell size units

[numerics]
CFLMax = 0.7 # Maximum Courant number
AdvecType = 33 # Advection type (0: none, 1: Wenneker, 2: Wenneker q(uiou-u), 3: Perot
q(uiou-u), 4: Perot q(ui-u), 5: Perot q(ui-u) without itself)
TimeStepType = 2 # Time step handling (0: only transport, 1: transport + velocity update,
2: full implicit step-reduce, 3: step-Jacobi, 4: explicit)
Limtyphu = 0 # Limiter type for waterdepth in continuity eqn. (0: none, 1: minmod, 2: van
Leer, 3: Kooren, 4: monotone central)
```

```

Limtypmom = 4 # Limiter type for cell center advection velocity (0: none, 1: minmod, 2:
van Leer, 3: Kooren, 4: monotone central)
Limtypsa = 4 # Limiter type for salinity transport (0: none, 1: minmod, 2: van Leer, 3:
Kooren, 4: monotone central)
Icgsolver = 4 # Solver type (1: sobekGS_OMP, 2: sobekGS_OMPthreadsafe, 3: sobekGS, 4:
sobekGS + Saadilud, 5: parallel/global Saad, 6: parallel/Petsc, 7: parallel/GS)
Maxdegree = 6 # Maximum degree in Gauss elimination
FixedWeirScheme = 9 # Fixed weir scheme (0: none, 1: compact stencil, 2: whole tile lifted,
full subgrid weir + factor)
FixedWeirContraction = 1 # Fixed weir flow width contraction factor
Izbnbdpos = 0 # Position of z boundary (0: D3Dflow, 1: on net boundary, 2: on specified
polyline)
Tlfsmo = 0 # Fourier smoothing time (s) on water level boundaries
Chkadvd = 0.1 # Check advection terms if depth < chkadvdp, => less setbacks
Teta0 = 0.55 # Theta of time integration (0.5 < theta < 1)
Qhrelax = 0.01 # Relaxation on Q-h open boundaries
Jbasqbnndownwindhs = 0 # Water depth scheme at discharge boundaries (0: original hu, 1:
downwind hs)
cstbnd = 0 # Delft-3D type velocity treatment near boundaries for small coastal models (1:
yes, 0: no)
Turbulencemodel = 3 # Turbulence model (0: none, 1: constant, 2: algebraic, 3: k-epsilon,
4: k-tau)
AntiCreep = 0 # Include anti-creep calculation (0: no, 1: yes)
Maxwaterleveldiff = 0. # upper bound (in m) on water level changes (<= 0: no bounds). Run
will abort when violated.
Maxvelocitydiff = 0. # upper bound (in m/s) on velocity changes (<= 0: no bounds). Run
will abort when violated.
Epslu = 1.d-4 # Threshold water depth for wet and dry cells

[physics]
UnifFrictCoef = 0.023 # Uniform friction coefficient (0: no friction)
UnifFrictType = 1 # Uniform friction type (0: Chezy, 1: Manning, 2: White-Colebrook, 3:
idem, WAQUA style)
UnifFrictCoefLin = 0. # Uniform linear friction coefficient (0: no friction)
Umodlin = 0. # Linear friction umod, for ifrctyp=4,5,6
Vicouv = 0.1 # Uniform horizontal eddy viscosity (m2/s)
Dicouv = 0.1 # Uniform horizontal eddy diffusivity (m2/s)
Vicoww = 5E-05 # Uniform vertical eddy viscosity (m2/s)
Dicoww = 5E-05 # Uniform vertical eddy diffusivity (m2/s)
Vicwminb = 0 # Minimum visc in prod and buoyancy term (m2/s)
Xlozmidov = 0. # Ozmidov length scale (m), default=0.0, no contribution of internal waves
to vertical diffusion
Smagorinsky = 0.20 # Smagorinsky factor in horizontal turbulence, e.g. 0.15
Elder = 0 # Elder factor in horizontal turbulence
Irov = 0 # 0=free slip, 1 = partial slip using wall_ks
wall_ks = 0 # Wall roughness type (0: free slip, 1: partial slip using wall_ks)
Rhemean = 1000 # Average water density (kg/m3)
Idensform = 2 # Density calculation (0: uniform, 1: Eckart, 2: Unesco, 3: baroclinic case)
Ag = 9.813 # Gravitational acceleration
TidalForcing = 0 # Tidal forcing, if jsferic=1 (0: no, 1: yes)
Doodsonstart = 55.565 # TRIWAQ: 55.565, D3D: 57.555
Doodsonstop = 375.575 # TRIWAQ: 375.575, D3D: 275.555
Doodsoneps = 0 # TRIWAQ = 0.0 400 cm/s, D3D = 0.03 60 cm/s
VillemonteCD1 = 1. # Calibration coefficient for Villemonte. Default = 1.0. NB. For
Bloemberg data set 0.8 is recommended.
VillemonteCD2 = 10. # Calibration coefficient for Villemonte. Default = 10.0. NB. For
Bloemberg data set 0.8 is recommended.
Salinity = 0 # Include salinity, (0=no, 1=yes)
InitialSalinity = 0. # Uniform initial salinity concentration (ppt)
Sal0abovezlev = -999. # Vertical level (m) above which salinity is set 0
DeltaSalinity = -999. # for testcases
Backgroundsalinity = 30. # Background salinity for eqn. of state (psu) if salinity not
computed
Backgroundwatertemperature = 6. # Background water temperature for eqn. of state (deg C)
if temperature not computed
Temperature = 0 # Include temperature (0: no, 1: only transport, 3: excess model of D3D, 5:
composite (ocean) model)
InitialTemperature = 6. # Uniform initial water temperature (degC)
Secchidepth = 1. # Water clarity parameter (m)
Stanton = -1. # Coefficient for convective heat flux, if negative, Ccon = abs(Stanton)*Cdwind
Dalton = -1. # Coefficient for evaporative heat flux, if negative, Ceva = abs(Dalton)*Cdwind
SecondaryFlow = 0 # Secondary flow (0: no, 1: yes)

```

```

BetaSpiral = 0. # Weight factor of the spiral flow intensity on flow dispersion stresses

[time]
RefDate = 20140701 # Reference date (yyyymmdd)
Tzone = 0 # Time zone assigned to input time series
DtUser = 60 # Time interval (s) for external forcing update
DtNodal = # Time interval (s) for updating nodal factors in astronomical boundary conditions
DtMax = 30 # Maximal computation timestep (s)
DtInit = 10 # Initial computation timestep (s)
Tunit = M # Time unit for start/stop times (D, H, M or S)
TStart = 0 # Start time w.r.t. RefDate (in TUnit)
TStop = 525600 # Stop time w.r.t. RefDate (in TUnit)

[restart]
RestartFile = # Restart netcdf-file, either *_rst.nc or *_map.nc
RestartDateTime = # Restart date and time (YYYYMMDDHHMMSS) when restarting from *_map.nc

[external forcing]
ExtForceFile = # Old format for external forcings file *.ext, link with tim/cmp-format
                boundary conditions specification
ExtForceFileNew = ../../../../boundary_conditions/flow/historisch/2014_2015/20142015_bnd.ext
                # New format for external forcings file *.ext, link with bc-format boundary conditions
                specification

[trachytopes]
TrtRou = Y # Include alluvial and vegetation roughness (trachytopes) (Y: yes, N: no)
TrtDef = ../../../../general/roughcombination-general_maas-2019_6-v1.ttd # File (*.ttd)
                including trachytopo definitions
TrtL = ../../../../geometry/j14_6-v1_trachytopes.arl # File (*.arl) including distribution
                of trachytopo definitions
TrtMxR = 8 # Maximum recursion level for combined trachytopo definitions
DtTrt = 60. # Trachytopo roughness update time interval (s)

[calibration]
UseCalibration = 1 # Activate calibration factor friction multiplier (1 = yes, 0 = no)
DefinitionFile = ../../../../general/mainchannel_calibration-v1.cld # File (*.cld) including
                calibration definitions
AreaFile = ../../../../geometry/j14_6-v1_calibration_sections.cll # File (*.cll) including
                area distribution of calibration definitions

[output]
OutputDir = results # Output directory of map-, his-, rst-, dat- and timings-files,
                default: DFM_OUTPUT <modelname>. Set to . for current dir.
FlowGeomFile = # Flow geometry NetCDF *_flowgeom.nc
ObsFile = # Observation points file
                = ../../../../geometry/output_locations/j14_6-
                v1_1_waterbody_kilometer_location_points.xyn \
                ../../../../geometry/output_locations/j14_6-
                v1_2_output_location_points.xyn \
                ../../../../geometry/output_locations/j14_6-
                v1_3_measurement_location_points.xyn # Points file *.xyn with observation stations
                with rows x, y, station name
CrsFile = ../../../../geometry/cross_sections/j14_6-v1_3_measurement_cross_sections.pli \
                ../../../../geometry/cross_sections/j14_6-
                v1_4_calibration_factor_cross_sections.pli # Polyline file *_crs.pli defining
                observation cross sections
FouFile = ../../../../general/fourier_max.fou # Fourier analysis input file *.fou
FouUpdateStep = 1 # Fourier update step type: 0=every user time step, 1=every computational
                timestep.
HisFile = # HisFile name *_his.nc
MapFile = # MapFile name *_map.nc
HisInterval = 300 # History output times, given as "interval" "start period" "end period"
                (s)
XLSInterval = 0. # Interval (s) between XLS history
MapInterval = 86400. # Map file output, given as "interval" "start period" "end period" (s)
RstInterval = 0 # Restart file output times, given as "interval" "start period" "end period"
                (s)
WaqInterval = # DELWAQ output times, given as "interval" "start period" "end period" (s)
ClassMapInterval = # Class map output times, given as "interval" "start period" "end period"
                (s)
ClassMapFile = # ClassMapFile name *_clm.nc
WaterlevelClasses = # Class map's list of class values for water levels
WaterDepthClasses = # Class map's list of class values for water depths

```

```

StatsInterval = 300. # Screen step output interval in seconds simulation time, if negative
                    in seconds wall clock time
WriteBalancefile = 0 # Write balance file (1: yes, 0: no)
TimingsInterval = # Timings statistics output interval
MapFormat = 4 # Map file format, 1: netCDF, 2: Tecplot, 3: netCDF and Tecplot, 4: NetCDF-
                UGRID
NcFormat = 3 # Format for all NetCDF output files (3: classic, 4: NetCDF4+HDF5)
NcWriteLatLon = 1 # Write extra lat-lon coordinates for all projected coordinate variables
                in each NetCDF file (for CF-compliance).
Wrihis_balance = 1 # Write mass balance totals to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_sourcesink = 1 # Write sources-sinks statistics to his file (1=yes, 0=no)
Wrihis_structure_gen = 1 # Write general structure parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_dam = 1 # Write dam parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_pump = 1 # Write pump parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_gate = 1 # Write gate parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_weir = 1 # Write weir parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_orifice = 1 # Write orifice parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_bridge = 1 # Write bridge parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_culvert = 1 # Write culvert parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_damBreak = 1 # Write dam break parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_uniWeir = 1 # Write universal weir parameters to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_structure_compound = 1 # Write compound structure parameters to his file (1: yes,
                                0: no)
Wrihis_turbulence = 1 # Write k, eps and vicww to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_wind = 1 # Write wind velocities to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_rain = 1 # Write precipitation to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_temperature = 0 # Write temperature to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_waves = 1 # Write wave data to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_heat_fluxes = 0 # Write heat fluxes to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_salinity = 0 # Write salinity to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_density = 0 # Write density to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_waterlevel_sl = 1 # Write water level to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_bedlevel = 0 # Write bed level to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_waterdepth = 1 # Write water depth to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_velocity_vector = 1 # Write velocity vectors to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_upward_velocity_component = 0 # Write upward velocity to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_sediment = 1 # Write sediment transport to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_constituents = 1 # Write tracers to his file (1: yes, 0: no)
Wrihis_zcor = 1 # Write vertical coordinates to his file (1: yes, 0: no)
Wrimap_waterlevel_s0 = 0 # Write water levels for previous time step to map file (1: yes,
                                0: no)
Wrimap_waterlevel_sl = 1 # Write water levels to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_volumel = 0 # Write volumes to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_waterdepth_hu = 0 # Write water depths on u-points to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_ancillary_variables = 0 # Write ancillary_variables attributes to map file (1: yes,
                                0: no)
Wrimap_flowarea_au = 0 # Write flow areas au to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_velocity_component_u0 = 1 # Write velocity component for previous time step to map
                                file (1: yes, 0: no)
Wrimap_velocity_component_u1 = 1 # Write velocity component to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_velocity_vector = 1 # Write cell-center velocity vectors to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_velocity_magnitude = 1 # Write cell-center velocity vector magnitude to map file (1:
                                yes, 0: no)
Wrimap_velocity_vectorq = 0 # Write cell-center velocity vectors (discharge-based) to map
                                file (1: yes, 0: no)
Wrimap_upward_velocity_component = 0 # Write upward velocity component on cell interfaces
                                (1: yes, 0: no)
Wrimap_density_rho = 1 # Write flow density to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_horizontal_viscosity_viu = 1 # Write horizontal viscosity to map file (1: yes, 0:
                                no)
Wrimap_horizontal_diffusivity_diu = 1 # Write horizontal diffusivity to map file (1: yes,
                                0: no)
Wrimap_flow_flux_q1 = 1 # Write flow flux to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_flow_flux_q1_main = 0 # Write flow flux in main channel to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_numlimdt = 1 # Write the number times a cell was Courant limiting to map file (1:
                                yes, 0: no)
Wrimap_taucurrent = 1 # Write the shear stress to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_chezy = 1 # Write the chezy roughness to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_turbulence = 1 # Write vicww, k and eps to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_trachytopes = 1 # Write trachytopes roughnesses to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_calibration = 1 # Write roughness calibration factors to map file (1: yes, 0: no)
Wrimap_wind = 0 # Write wind velocities to map file (1: yes, 0: no)

```

```
Wrimap_DTcell = 1 # Write time step per cell based on CFL (1: yes, 0: no)
Writepart_domain = 0 # Write partition domain info. for postprocessing
Wrishp_crs = 0 # Write grid-snapped cross sections to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_obs = 0 # Write grid-snapped observation stations to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_weir = 0 # Write grid-snapped weirs to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_thd = 0 # Write grid-snapped thin dams to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_gate = 0 # Write grid-snapped gates to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_emb = 0 # Write grid-snapped 1d2d embankments to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_fwx = 0 # Write grid-snapped fixed weirs to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_src = 0 # Write grid-snapped source-sinks to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_pump = 0 # Write grid-snapped pumps to shapefile (1: yes, 0: no)
Wrishp_dryarea = 0 # Write a shape file for dry areas
Wrishp_genstruc = 0 # Write grid-snapped weirs to shapefile (1: yes, 0: no)
WriteDFMinterpretedvalues = 0 # Write DFMIinterpretedvalues (1: yes, 0: no)
MapOutputTimeVector = # File (*.mpt) containing fixed map output times (s) w.r.t. RefDate
FullGridOutput = 0 # Full grid output mode (0: compact, 1: full time-varying grid data)
EulerVelocities = 0 # Euler velocities output (0: GLM, 1: Euler velocities)
Wrirst_bnd = 1 # Write waterlevel, bedlevel and coordinates of boundaries to restart files
```


H Kalibratie en validatie

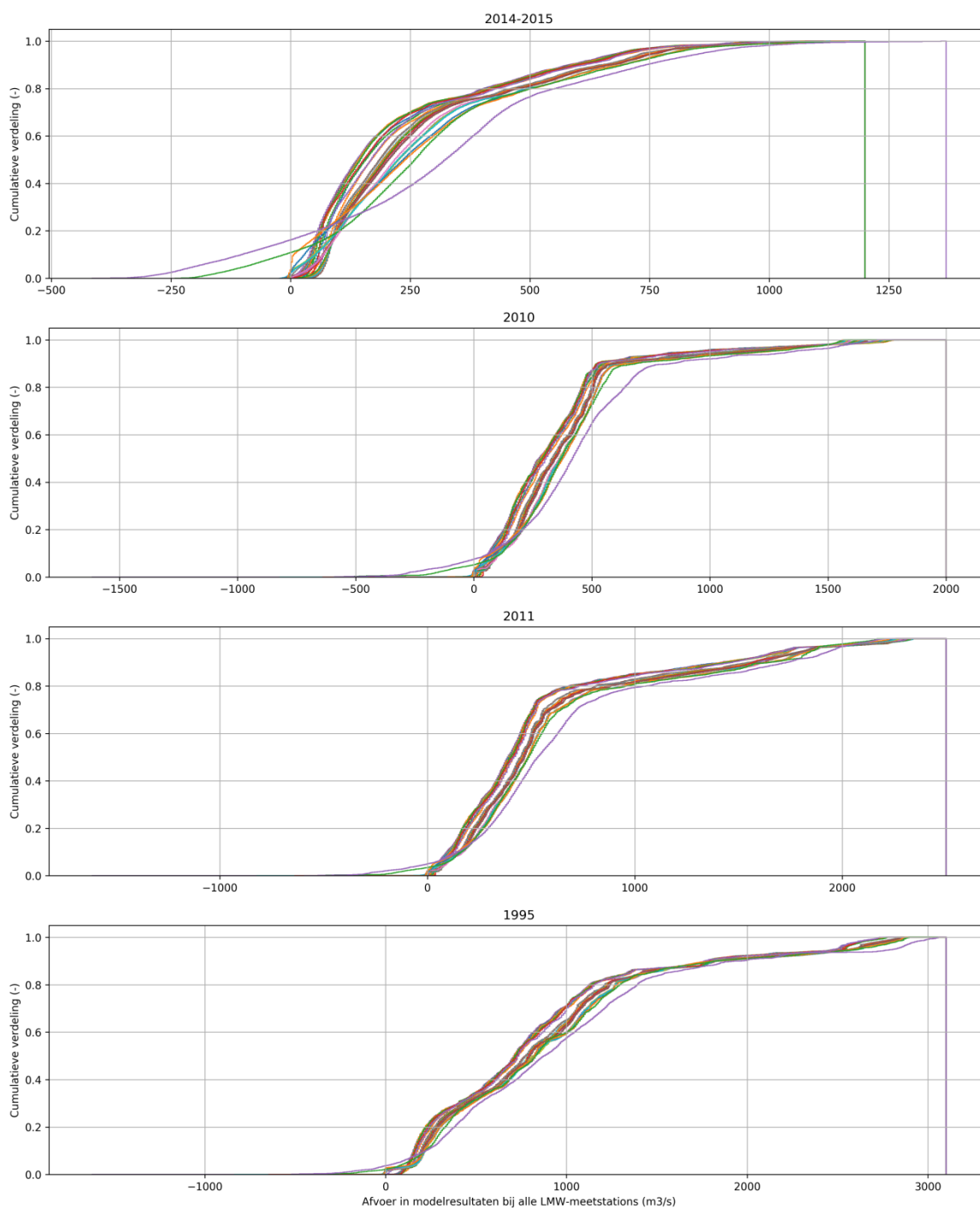
H.1 Overwegingen bij de kalibratie

H.1.1 Bepaling afvoerniveaus

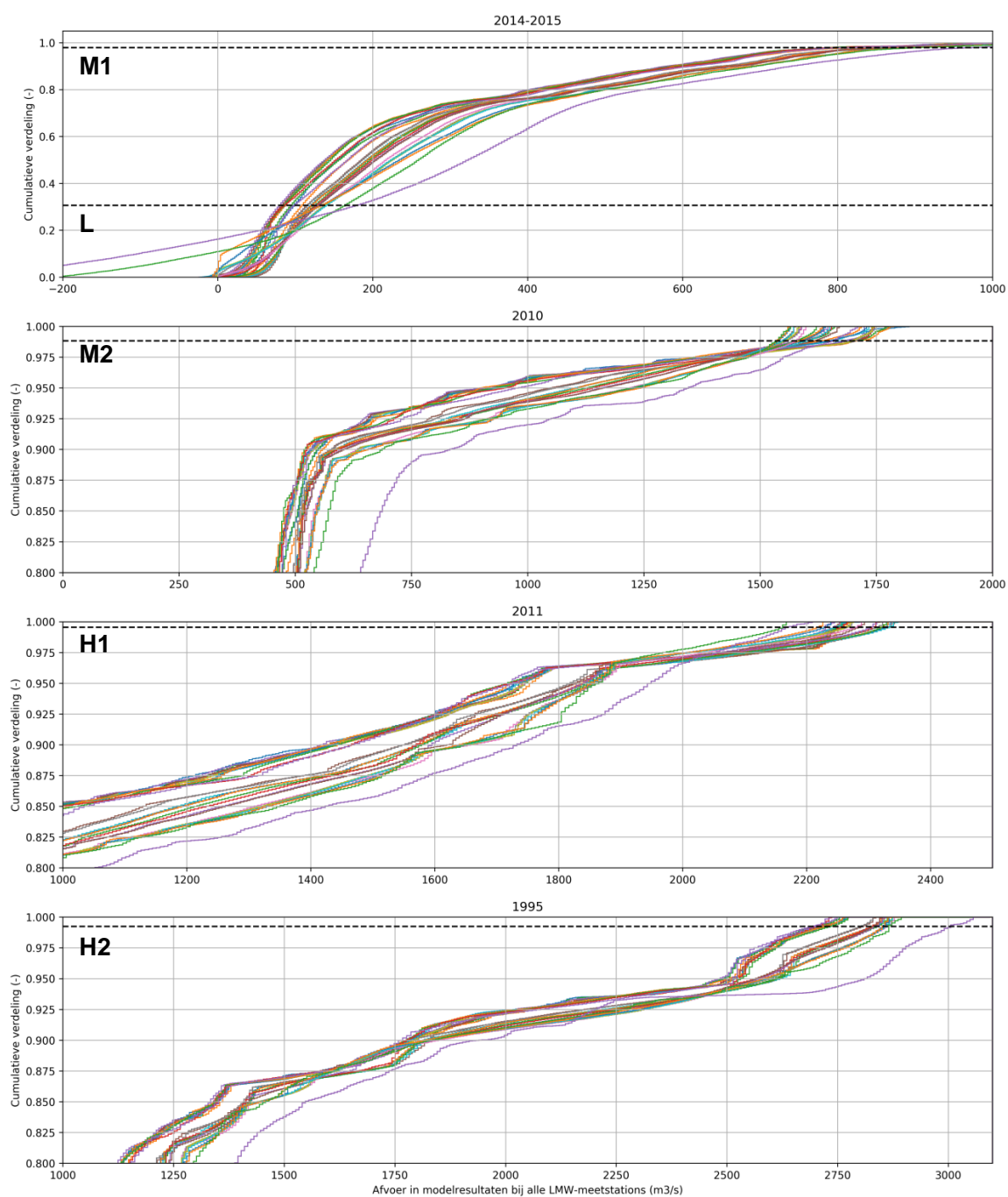
In deze paragraaf is gekeken naar tijdreeksen van 1995, 2010-2011 en 2014-2015 voor de bepaling van de afvoerniveaus voor de afvoerafhankelijke ruwheid. Er is gekeken naar de cumulatieve verdeling van de afvoeren. Omdat de afvoergolven van 2010 en 2011 los beschouwd worden in de kalibratie, is de tijdreeks van 2010 hier opgesplitst. Onderstaande figuur geeft allereerst de cumulatieve verdeling van de gehele perioden. De verschillende lijnen geven de meetstations. Zonder in te gaan op de individuele stations valt hieruit wel de variatie in de metingen op te maken.

De tweede figuur geeft een closeup van de afvoerpieken. In deze figuur staat met een stippellijn de kwantiel aangegeven waarop de gekozen afvoerniveaus (100, 800, 1700, 2250, 2700 m³/s) bij Eijsden worden bereikt. De variatie van de meetstations over deze lijn wordt gebruikt om de verandering in afvoer over de Maas te kwantificeren.

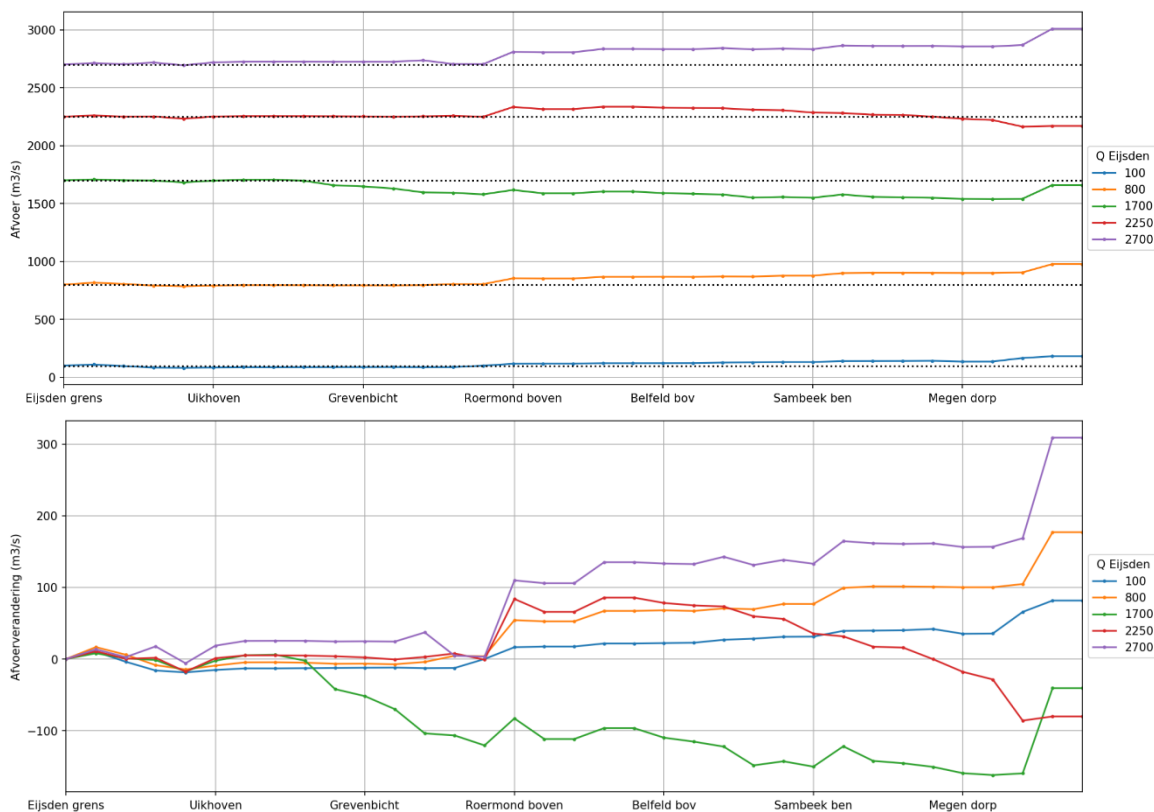
In de laatste figuur staat deze variatie over de langsdoorsnede geplot. Allereerst de absolute afvoeren, en daarna het verschil ten opzichte van Eijsden. In de figuren is geleidelijke topafvlakking zichtbaar, maar ook enkele grotere sprongen zoals de onttrekking van het Julianakanaal en de instroming van de Roer en Dieze/Drongelens Kanaal.



Figuur: Cumulatieve verdelingsfunctie van de gemodeldeerde afvoeren in verschillende perioden (deelfiguren): 2014-2015, 2010, 2011 en 1995. Iedere lijn staat voor een meetstation.



Figuur: Cumulatieve verdelingsfunctie van de gemodelde afvoeren in verschillende perioden (deelfiguren): 2014-2015, 2010, 2011 en 1995. Iedere lijn staat voor een meetstation. Deze figuur is ingezoomd op een klein deel van de voorgaande figuur. Met stippellijnen is de kwantiel aangegeven waarop het gekozen afvoerniveau bij Eijsden worden bereikt.



Figuur: Langsdoorsnede van de berekende afvoer op de Maas voor opgegeven afvoeren en perioden bij Eijsden. 100 en 800 m³/s is op basis van 2014-2015; 1700 m³/s op basis van HW2010, 2250 m³/s op basis van HW2011 en 2700 m³/s op basis van HW1995

H.1.2 Afhandeling van getijdominante trajecten

Het meest benedenstroomse traject van de Maas wordt ook wel de Getijde Maas genoemd. Bij lage rivierafvoeren is hier het effect van het getij significant merkbaar in de metingen. In onderstaande figuur is het effect op de waterstanden en afvoeren weergegeven voor het hoogwater van 2010 en 2011. Naast de ruwe tijdreeksen is in deze figuren ook een tijdreeks met Godin filter¹⁰ toegepast.

In de figuren is zichtbaar hoe bij lage afvoeren (100 m³/s, begin november 2010) de waterstanden van de stations Keizersveer, Heesbeen en Lith Dorp vrijwel gelijk zijn en allen een getijamplitude hebben van ongeveer 0.5 meter. Bij toenemende afvoer (500 m³/s, eind december 2010) is er nauwelijks een toename in de gemiddelde waterstand van Keizersveer en Heesbeen zichtbaar; de waterstand bij Lith Dorp neemt wel toe. Pas bij de beide afvoergolven zien we ook de waterstanden bij Keizersveer toenemen.

Andere interessante effecten in de figuur zijn het kleine verval over stuw Lith bij hoge afvoeren en de grote verandering in de golfvorm 2010 bij Keizersveer. Dit komt doordat bij Keizersveer

¹⁰ Bij het Godin filter wordt gebruik gemaakt van de tidal eliminator $A_{25}^2 A_{24} / (25^2 24)$. Hierbij staat A voor de rekenkundige som over de periode van 25 of 24 uur. De tijdreeks wordt hierbij drie keer verwerkt door de toepassing van een voortschrijdend gemiddelde over een periode van respectievelijk 24, 25 en 25 uur (Godin, 1972). Het filter verwijdert alle getijdecomponenten van een dag of korter, maar heeft ook invloed op componenten met perioden tot 4 dagen (Walters & Heston, 1981). Dit wordt voor deze toepassing acceptabel geacht.

de waterstand nauwelijks meer gedreven wordt door de afvoeren en de opstuwung van de wind (zie ook Bijlage C.9) de hogere waterstanden half november veroorzaakt.



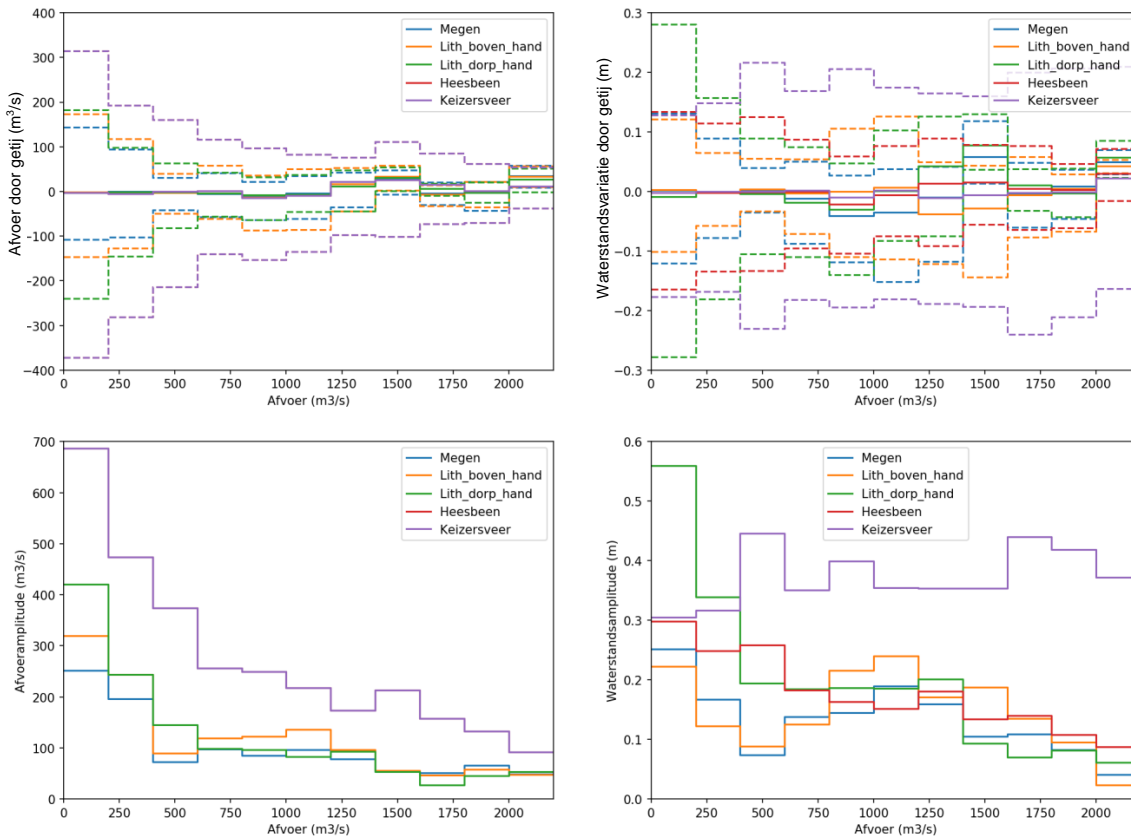
Figuur: Waterstanden en afvoeren op de Getijde Maas op basis van modelresultaten van HW2011. Naast de ruwe tijdreeks is ook een gefilterde tijdreeks weergegeven (op basis van het Godin filter).

De afvoertijdreeks wordt opgeknipt in de rivierafvoer (Godin filter) en de getijafvoer (het restant). De rivierafvoer is geclassificeerd in intervallen van 200 m³/s. Vervolgens is gekeken naar de variatie binnen deze klassen in de afvoeren en waterstanden. Om het effect van uitschieters te verminderen is de 5% en 95% kwantiel genomen.

In de linkerkant van de volgende figuur is zichtbaar hoe met toenemende rivierafvoer de variatie in afvoer sterk afneemt. Bij Keizersveer (afvoerraai Q -KeizersveerHeesbeen) neemt de amplitude af van bijna 700 m³/s bij lage rivierafvoer tot 250 m³/s bij een rivierafvoer van 700 m³/s. Ook de afname in bovenstroomse richting is hier duidelijk merkbaar. De afname in variatie is voor Lith (afvoerraai Q -HeesbeenLith) nog maar 400 m³/s naar 100 m³/s.

In de rechterkant van de figuur worden vergelijkbare deelfiguren voor de waterstanden weergegeven. Hier valt op dat de amplitude rondom de gemiddelde waterstand nauwelijks verandert met toenemende rivierafvoer. Mogelijk wordt dit beeld te veel vertroebeld door andere waterstandsvariatie binnen een afvoerklasse of door schommelingen in de waterstand

door de (gemodelleerde) stuwoperaties. Enkel voor de stations Heesbeen en Lith Dorp is er een reductie in amplitude zichtbaar. Dit lijkt af te vlakken rond 700 m³/s.



Figuur: De afvoer- en waterstandsvariatie rondom de rivierafvoer, bij verschillende klassen van de rivierafvoer. Boven: Het gemiddelde (doorgetrokken) en 5% en 95% kwantiel (gestreept); Onder: het verschil tussen het 95% en 5% kwantiel.

H.1.3 Samenvoegen van afvoerniveaus vanwege laag verval

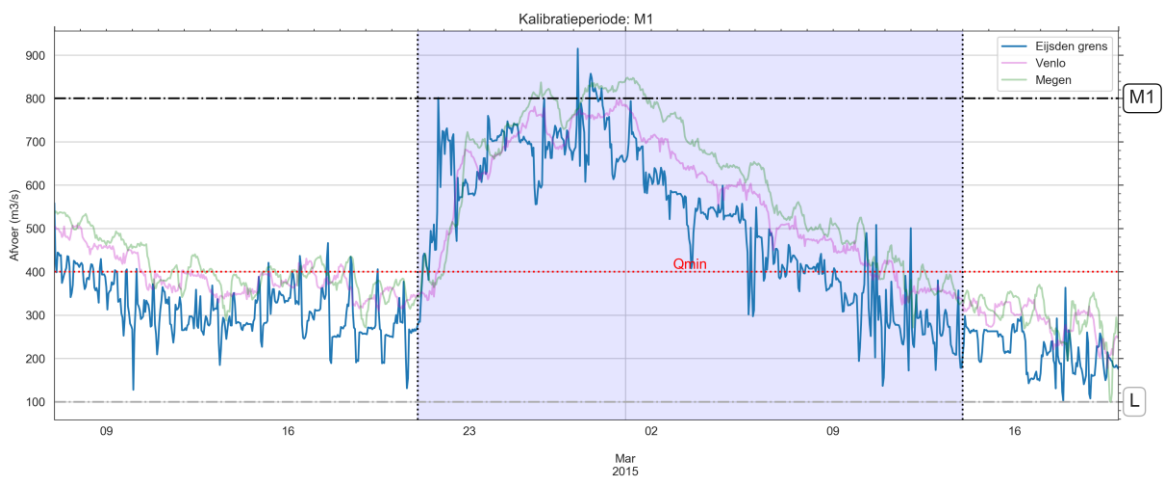
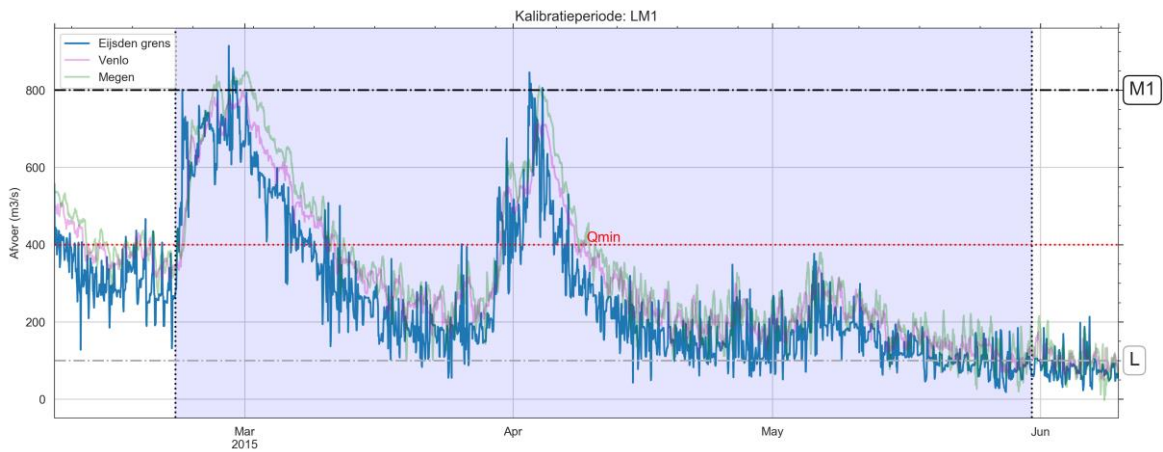
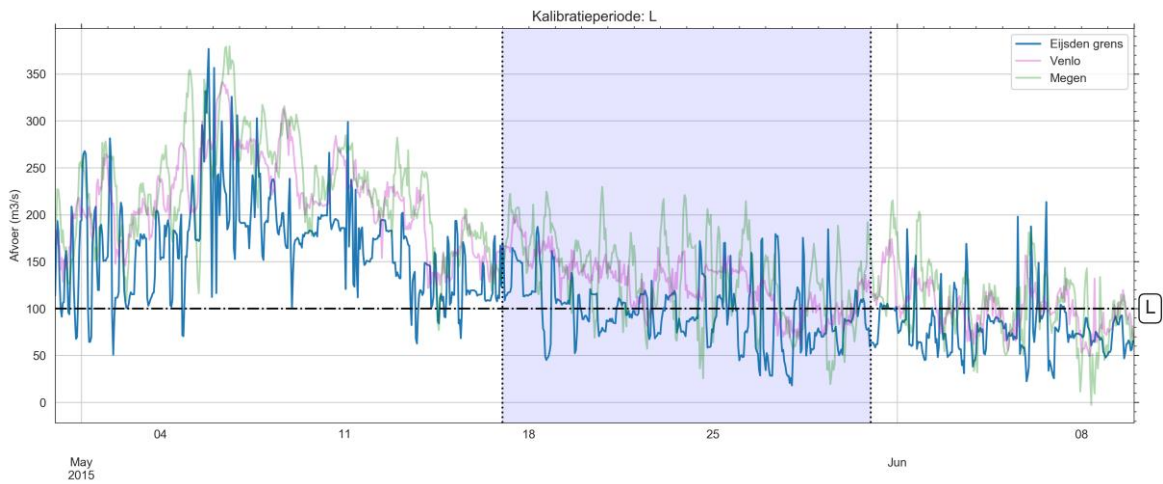
Door het gestuwde karakter van een groot traject van de Maas is het waterstandsverschil (of verval) tussen rekenstations vaak klein. Gecombineerd met de afstand tussen de meetstations is het verval bepaald. Bij een te laag verval is een kalibratie niet zinvol. Er is gekozen om stations met een verval kleiner dan 1 cm niet mee te nemen in de kalibratie. In dat geval wordt de kalibratiefactor van het volgende afvoerniveau gebruikt.

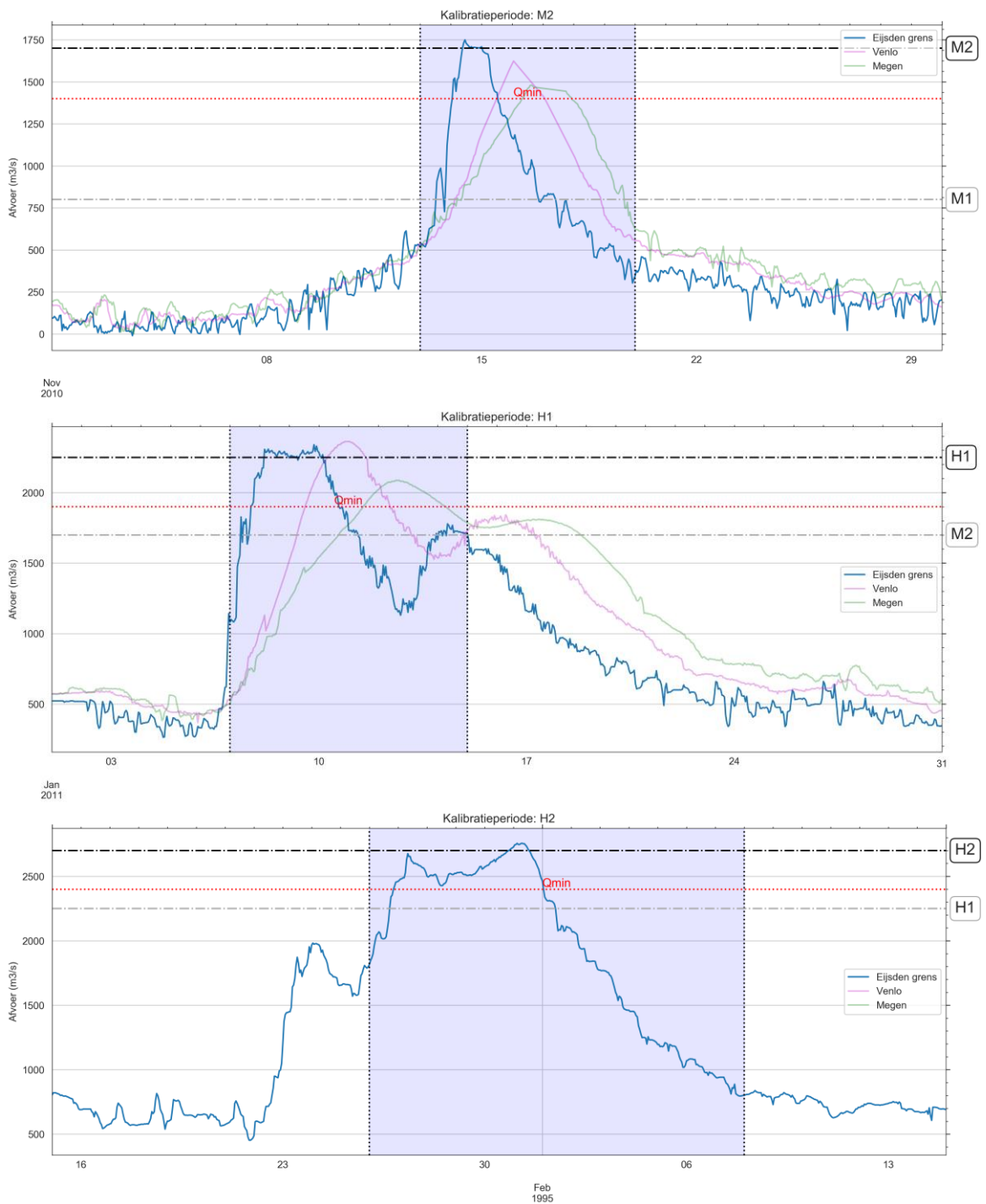


H.1.4 Kalibratieperiodes

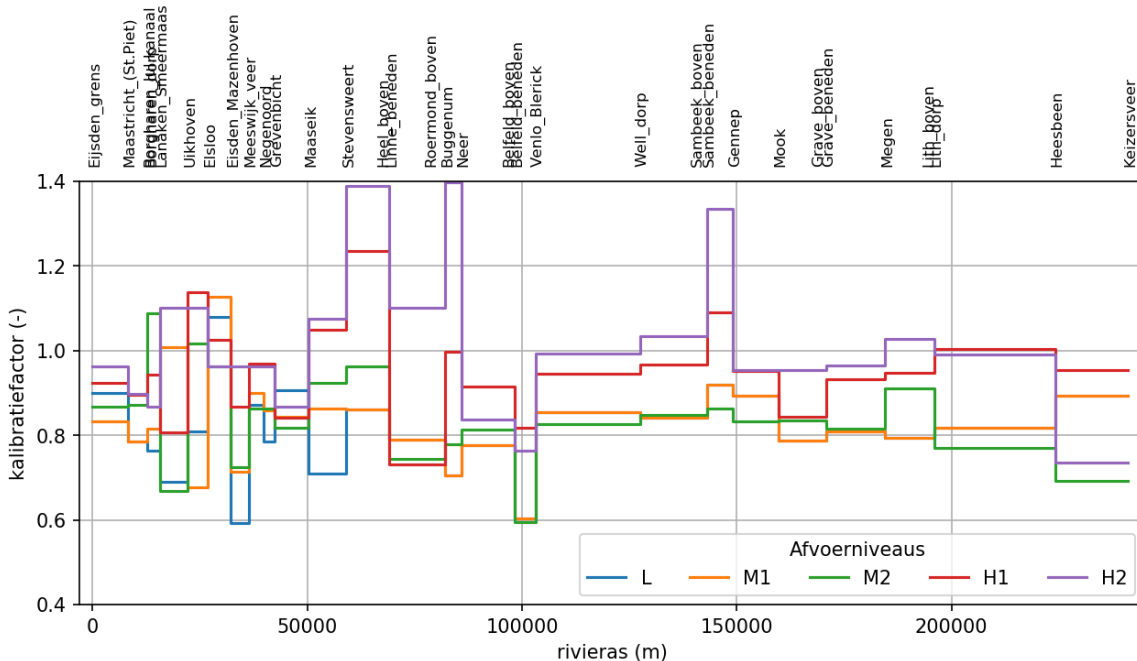
In onderstaande figuren zijn de vijf kalibratieperiodes weergegeven. De basis voor de figuren is telkens de afvoer bij Eijsden, maar waar mogelijk zijn ook de afvoeren bij Venlo en Megen toegevoegd zodat het verloop van de golf uitgelezen kan worden. Als horizontale lijnen zijn het betreffende afvoerniveau (definitie bij Eijsden) en het onderliggende niveau weergegeven. Naast het tijdsvenster wordt gebruik gemaakt van een afvoervenster met een minimale afvoer. Deze zijn constant genomen voor het hele model en ook toegevoegd in de figuur als rode stippellijn.

In deze figuren valt op dat in de kalibratieperiode 'H1' de afvoer bij Megen fors afneemt terwijl in de analyse van Bijlage I.1.1 de piekafvoer gelijk is aan Eijsden. In een analyse van de metingen van Megen (Van der Veen, 2011) werd al geconcludeerd dat de kwaliteit van de QH-relatie bij Megen tijdens de afvoerpiek een onderschatting van circa 100 m³/s zou geven. Er wordt daarom verwacht dat de laatste figuur in Bijlage H.1.1. een beter beeld geeft van de afvoer bij Megen.

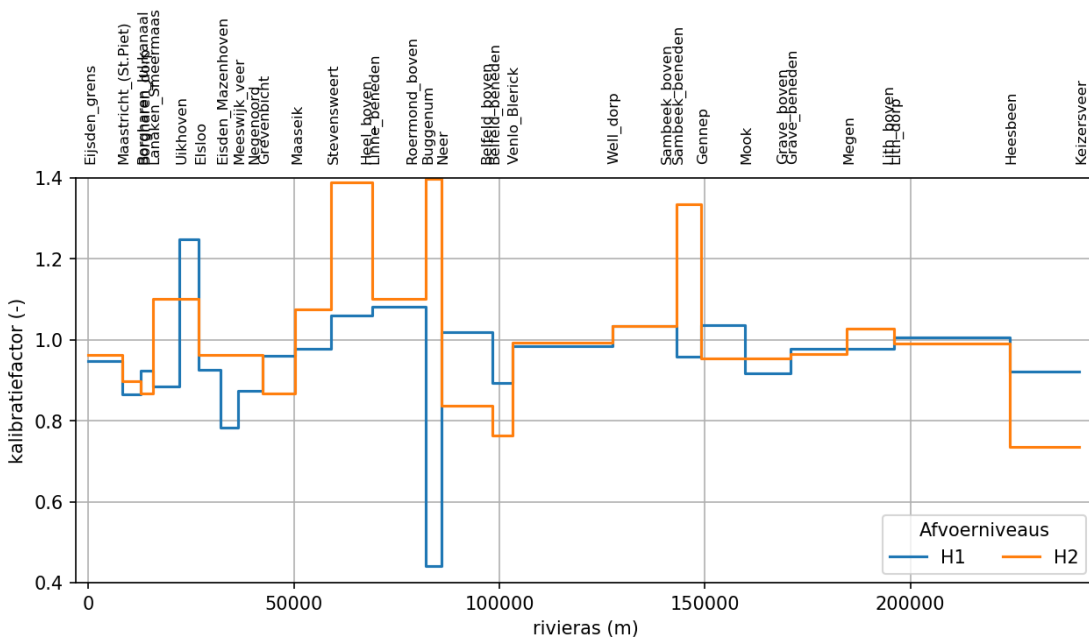




H.2 Resultaten kalibratiefactor



Figuur: Langsdoorsnede van de kalibratiefactor voor de 5 afvoerniveaus.



Figuur: Langsdoorsnede van de kalibratiefactoren van HW1995. Hierbij is H2 identiek aan de voorgaande figuur (gekalibreerd op de top afvoergolf HW1995) en is H1 feitelijk het niveau "H1j95" dat gekalibreerd is op de lagere afvoeren van HW1995.

Tabel: Kalibratiefactor voor alle trajecten (rijen) en alle afvoerniveaus (kolommen)

code	traject	Afvoerniveau (m ³ /s)					Gemiddeld	Standaard-deviatie
		100	800	1700	2300	2700		
2100	Modelrand Eijsden - LMW.Maastr_StPiet	0.899	0.833	0.868	0.925	0.963	0.898	0.050
2101	LMW.Maastr_StPiet - Borgharen_stuw	0.785	0.785	0.872	0.897	0.898	0.847	0.058
2102	Borgharen_stuw - LMW.Lanaken-Smms	0.764	0.816	1.087	0.943	0.867	0.896	0.126
2103	LMW.Lanaken-Smms - LMW.Uikhoven	0.689	1.009	0.669	0.806	1.101	0.855	0.193
2104	LMW.Uikhoven - LMW.Elsloo	0.810	0.678	1.016	1.139	1.101	0.949	0.198
2105	LMW.Elsloo - LMW.Eisden-Mazho	1.079	1.127	0.962	1.027	0.963	1.032	0.072
2106	LMW.Eisden-Mazho - LMW.Meeswijkveer	0.593	0.714	0.724	0.868	0.963	0.773	0.145
2107	LMW.Meeswijkveer - LMW.Negenoord	0.872	0.900	0.864	0.970	0.963	0.914	0.050
2108	LMW.Negenoord - LMW.Grevenbicht	0.785	0.860	0.864	0.970	0.963	0.888	0.078
2109	LMW.Grevenbicht - LMW.Maaseik	0.907	0.844	0.819	0.843	0.868	0.856	0.033
2110	LMW.Maaseik - LMW.Stevensweert	0.710	0.864	0.923	1.049	1.076	0.925	0.149
2111	LMW.Stevensweert - Linne_stuw	0.862	0.862	0.962	1.237	1.389	1.062	0.238
2112	Linne_stuw - Roermond_stuw	0.790	0.790	0.745	0.732	1.102	0.832	0.153
2113	Roermond_stuw - LMW.Neer	0.706	0.706	0.780	0.997	1.398	0.917	0.294
2114	LMW.Neer - Belfeld_stuw	0.778	0.778	0.813	0.915	0.837	0.824	0.057
2115	Belfeld_stuw - LMW.Venlo	0.604	0.604	0.596	0.818	0.764	0.677	0.106
2116	LMW.Venlo (haven) - LMW.Well_dorp	0.854	0.854	0.828	0.946	0.994	0.895	0.071
2117	LMW.Well_dorp - Sambeek_stuw	0.841	0.841	0.849	0.967	1.034	0.906	0.089
2118	Sambeek_stuw - LMW.Gennep	0.919	0.919	0.863	1.090	1.336	1.025	0.193
2119	LMW.Gennep - LMW.Mook	0.894	0.894	0.834	0.952	0.953	0.905	0.050
2120	LMW.Mook - Grave_stuw	0.788	0.788	0.836	0.843	0.953	0.841	0.068
2121	Grave_stuw - LMW.Megen	0.810	0.810	0.815	0.932	0.964	0.866	0.076
2122	LMW.Megen - Lith_stuw	0.794	0.794	0.912	0.948	1.029	0.895	0.102
2123	Lith_stuw - LMW.Heesbeen	0.817	0.817	0.769	1.003	0.990	0.879	0.109
2124	LMW.Heesbeen - LMW.Keizersveer	0.895	0.895	0.693	0.955	0.735	0.834	0.114
	Minimum	0.593	0.604	0.596	0.732	0.735	0.677	0.033
	Gemiddeld	0.801	0.822	0.829	0.942	0.998	0.880	0.112
	Maximum	1.079	1.127	1.087	1.237	1.398	1.062	0.294

I Modelresultaten, voor en na kalibratie

I.1 Hoogwater 1993

Van de situatie na kalibratie worden twee modelresultaten gepresenteerd: gekalibreerd (modelresultaten met de kalibratiefactoren H1j95 en H2) en definitief (kalibratiefactoren L, M1, M2, H1, H2).

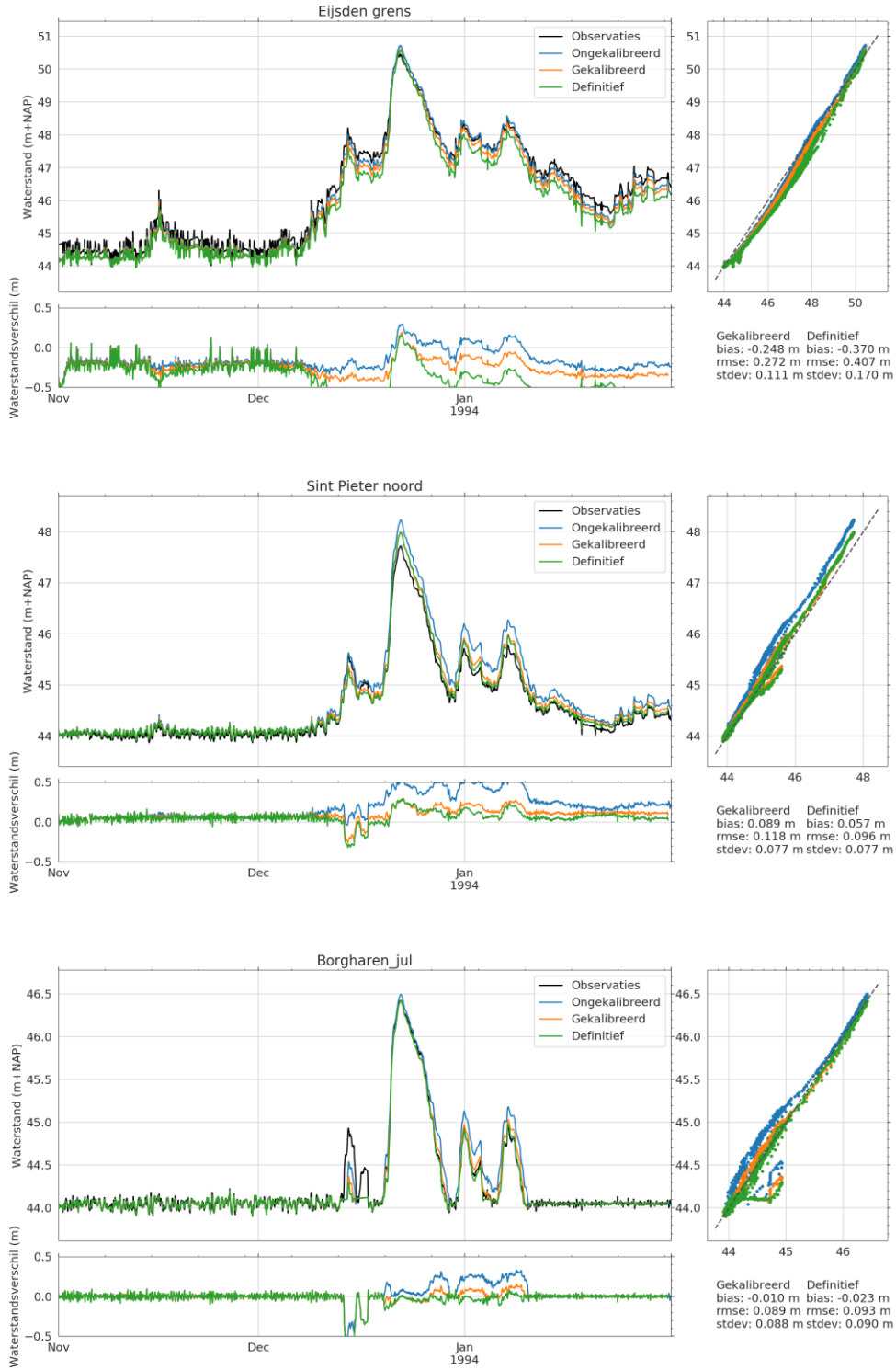
I.1.1 Statistieken waterstand

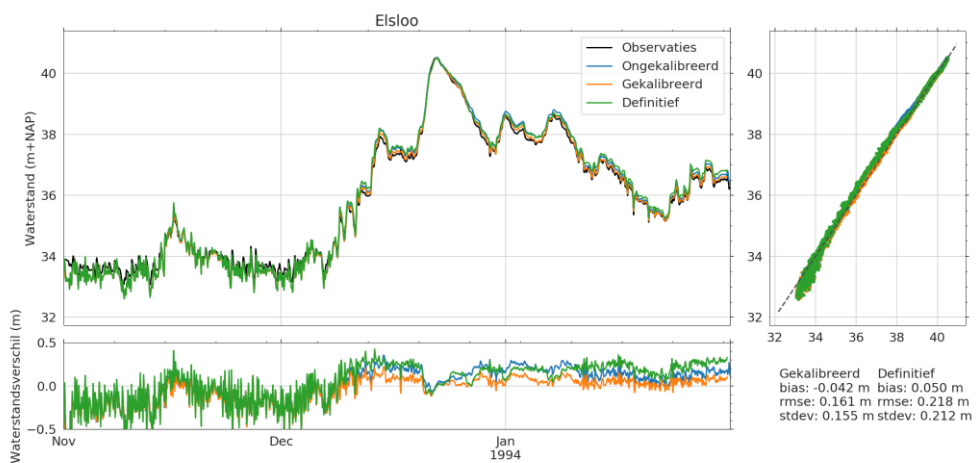
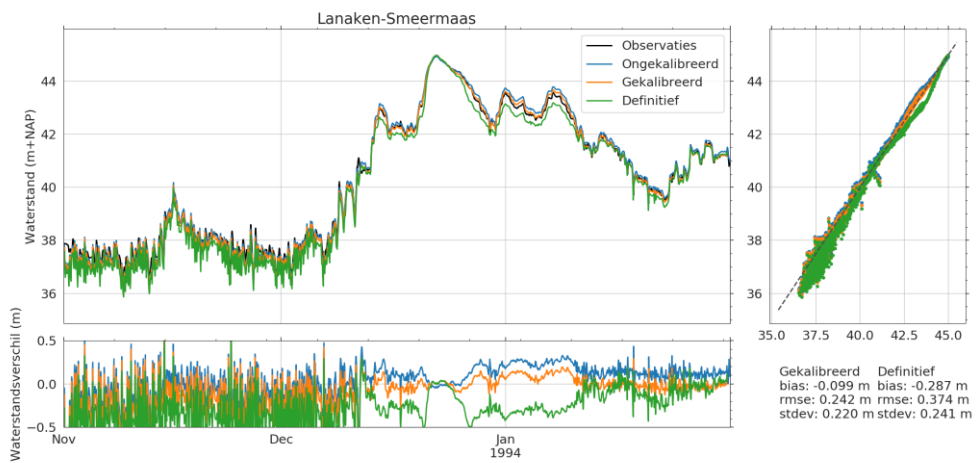
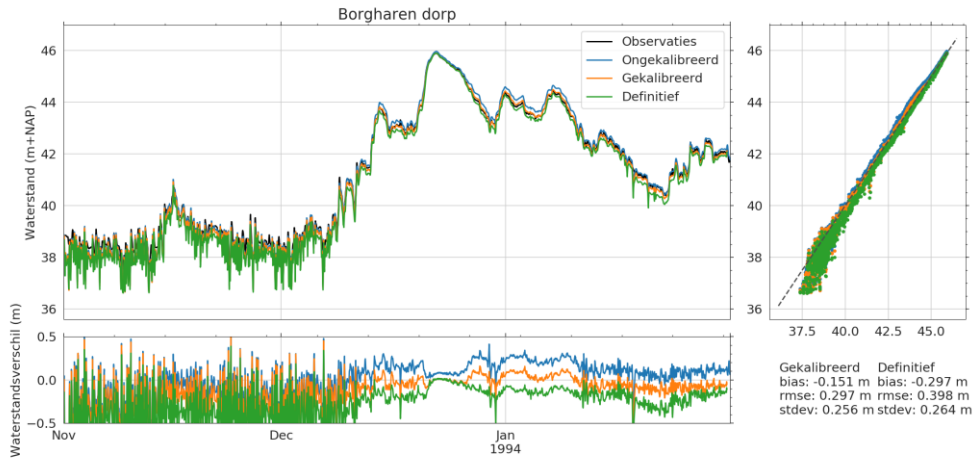
Meetstation	Ongekalibreerd				Gekalibreerd				Definitief			
	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax
Eijsden grens	-0.153	0.132	0.202	0.269	-0.248	0.111	0.272	0.157	-0.370	0.170	0.407	0.132
Sint Pieter noord	0.193	0.158	0.249	0.513	0.089	0.077	0.118	0.270	0.057	0.077	0.096	0.271
Borgharen_jul	0.026	0.112	0.114	0.073	-0.010	0.088	0.089	0.001	-0.023	0.090	0.093	0.001
Borgharen dorp	-0.018	0.274	0.275	0.072	-0.151	0.256	0.297	0.006	-0.297	0.264	0.398	0.006
Lanaken-Smeermaas	0.018	0.225	0.225	-0.041	-0.099	0.220	0.242	0.001	-0.287	0.241	0.374	0.001
Eisloo	0.018	0.194	0.195	0.022	-0.042	0.155	0.161	-0.001	0.050	0.212	0.218	-0.000
Dilsen stokkem	0.097	0.250	0.268	0.034	0.008	0.220	0.220	-0.017	-0.143	0.183	0.232	-0.017
Grevenbicht	0.032	0.188	0.190	0.040	-0.046	0.164	0.170	-0.015	-0.219	0.120	0.250	-0.015
Maaseik_HIC	0.100	0.152	0.182	-0.164	0.073	0.138	0.156	-0.066	-0.157	0.096	0.184	-0.067
Stevensweert	0.091	0.116	0.147	-0.149	0.142	0.135	0.196	0.036	-0.004	0.044	0.044	0.038
Heel boven	0.049	0.109	0.119	-0.032	0.055	0.115	0.128	0.055	-0.025	0.065	0.070	0.045
Linne ben	0.111	0.108	0.155	0.053	0.123	0.119	0.171	0.007	-0.041	0.079	0.089	-0.063
Roermond boven	0.080	0.116	0.141	0.115	-0.008	0.018	0.020	0.001	-0.000	0.017	0.017	-0.041
Roerm ben sluis	0.236	0.158	0.284	0.167	0.031	0.078	0.083	0.033	-0.134	0.200	0.240	-0.010
Heel ben	0.229	0.148	0.273	0.154	0.021	0.079	0.082	-0.000	-0.140	0.199	0.244	-0.062
Kessel	0.153	0.146	0.211	0.188	0.123	0.131	0.180	-0.056	-0.189	0.246	0.309	-0.109
Belfeld bov	0.084	0.137	0.160	0.119	0.035	0.112	0.117	-0.039	-0.231	0.285	0.366	-0.097
Belfeld ben	0.175	0.132	0.219	0.101	0.113	0.127	0.170	-0.052	-0.255	0.273	0.373	-0.119
Venlo	0.145	0.101	0.177	0.028	0.125	0.112	0.167	0.034	-0.389	0.130	0.410	-0.028
Arcen	0.084	0.152	0.173	0.857	0.087	0.152	0.174	0.847	-0.187	0.232	0.297	0.692
Well-haven	0.037	0.084	0.092	-0.046	0.065	0.093	0.114	0.006	-0.148	0.175	0.229	-0.057
Sambeek bov	0.029	0.098	0.102	-0.040	0.025	0.092	0.095	0.019	-0.081	0.135	0.157	-0.063
Sambeek ben	0.115	0.134	0.177	-0.006	0.097	0.125	0.158	0.048	-0.079	0.161	0.179	-0.036
Gennep	0.139	0.150	0.204	0.163	0.136	0.148	0.200	0.123	-0.079	0.187	0.202	0.008
Grave bov	0.038	0.067	0.077	0.042	0.016	0.048	0.050	-0.001	-0.068	0.145	0.159	-0.091
Grave ben	0.106	0.105	0.149	0.089	0.069	0.104	0.125	0.050	-0.178	0.240	0.299	-0.052
Megen dorp	0.052	0.070	0.087	0.025	0.032	0.071	0.078	0.045	-0.094	0.146	0.174	-0.047
Lith bov	0.053	0.108	0.121	0.233	0.044	0.102	0.112	0.150	-0.033	0.115	0.119	0.084
Lith dorp	0.127	0.140	0.189	0.143	0.110	0.141	0.178	0.048	-0.152	0.273	0.312	-0.012
Heesbeen	0.088	0.145	0.170	0.652	0.008	0.086	0.086	0.127	-0.085	0.195	0.212	0.126
Keizersveer	0.002	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000
Gemiddelde	0.082	0.136	0.172	0.118	0.033	0.117	0.142	0.059	-0.128	0.161	0.218	0.014
RMS Gemiddelde	0.112	0.146	0.183	0.241	0.091	0.128	0.157	0.170	0.171	0.178	0.247	0.147

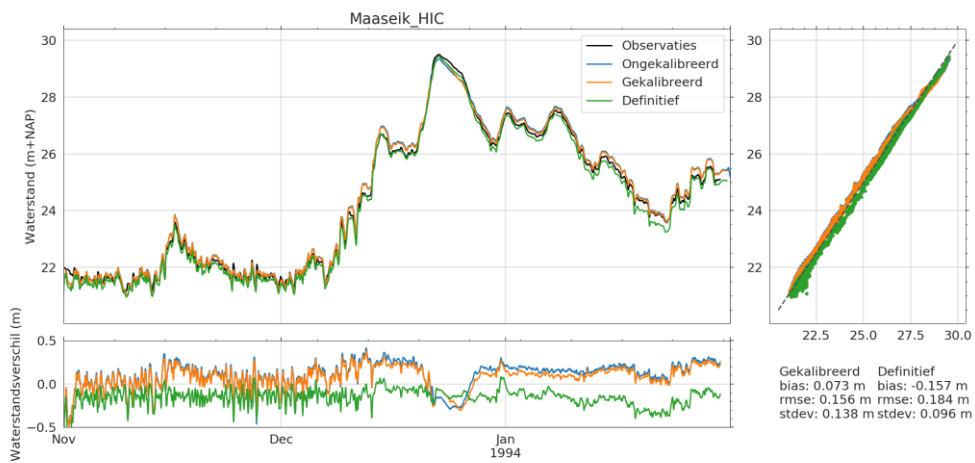
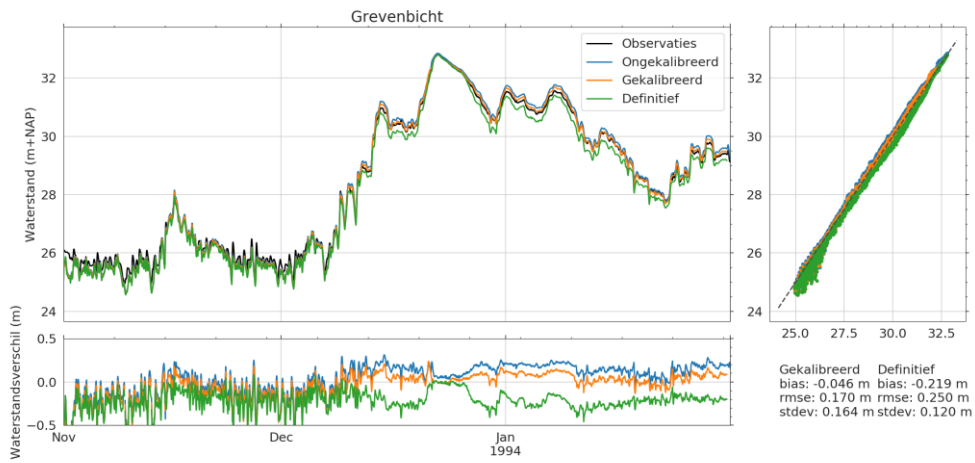
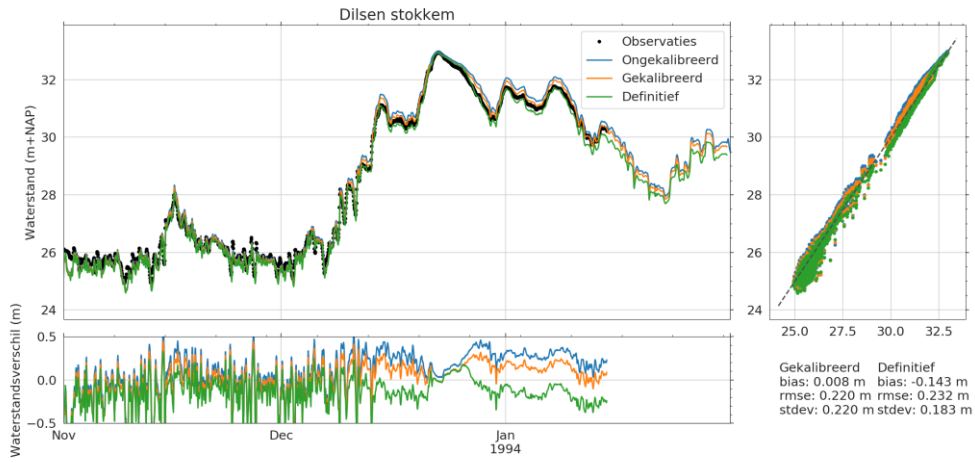
I.1.2 Statistieken afvoer

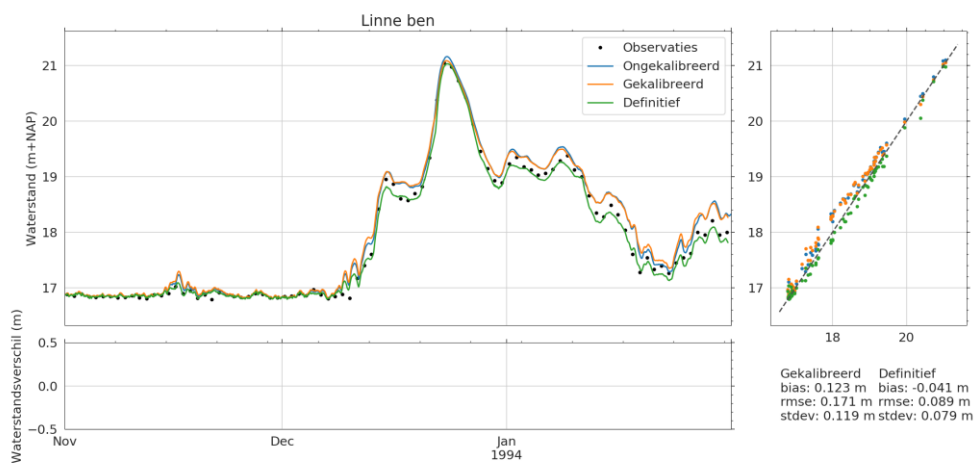
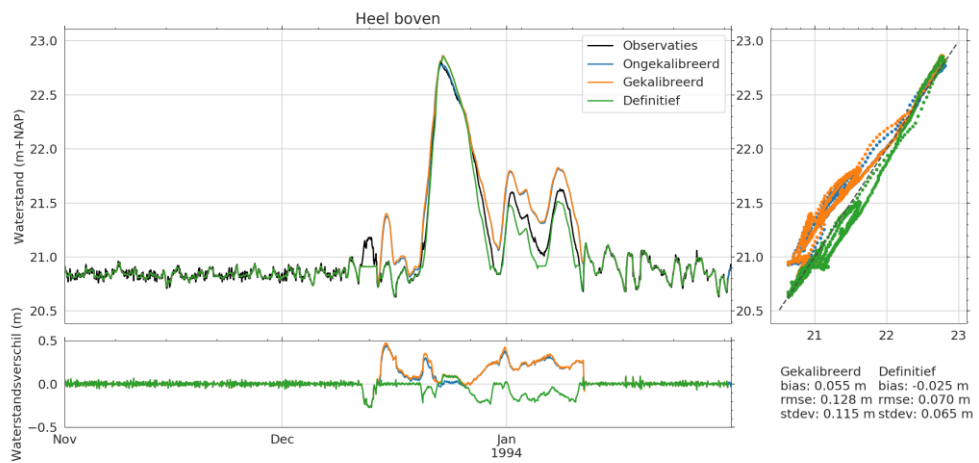
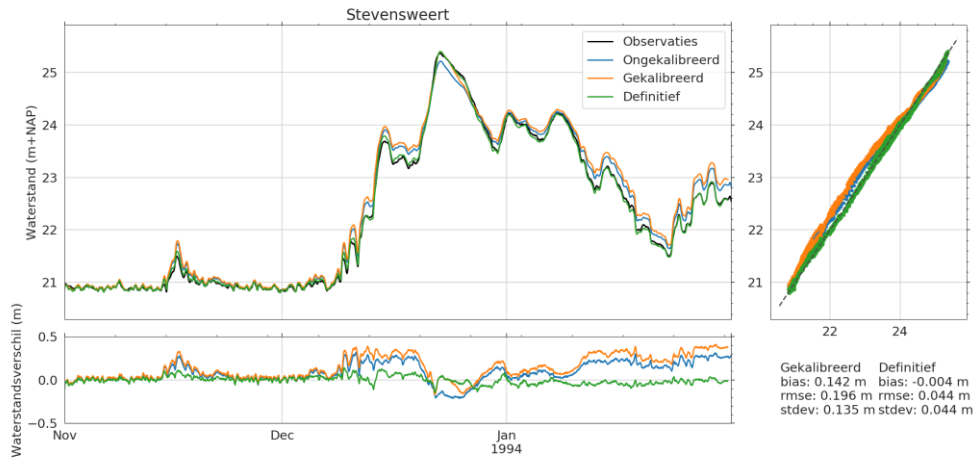
Meetstation	Ongekalibreerd				Gekalibreerd				Definitief			
	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax
Eijsden grens	3.320	28.076	28.266	53.956	3.354	28.162	28.355	54.516	3.353	28.150	28.342	54.518
Borgharen dorp	-4.320	25.973	26.324	-2.311	-4.101	28.266	28.555	-2.313	-4.092	30.403	30.670	-1.843
Maaseik	129.195	46.483	134.655	130.856	145.149	23.019	146.361	130.974	119.788	58.938	129.092	129.344
Gemiddelde	42.732	33.511	63.081	60.834	48.134	26.482	67.757	61.059	39.683	39.163	62.702	60.673
RMS Gemiddelde	74.657	34.754	80.878	81.731	83.858	26.595	87.637	81.918	69.227	41.595	78.334	81.047

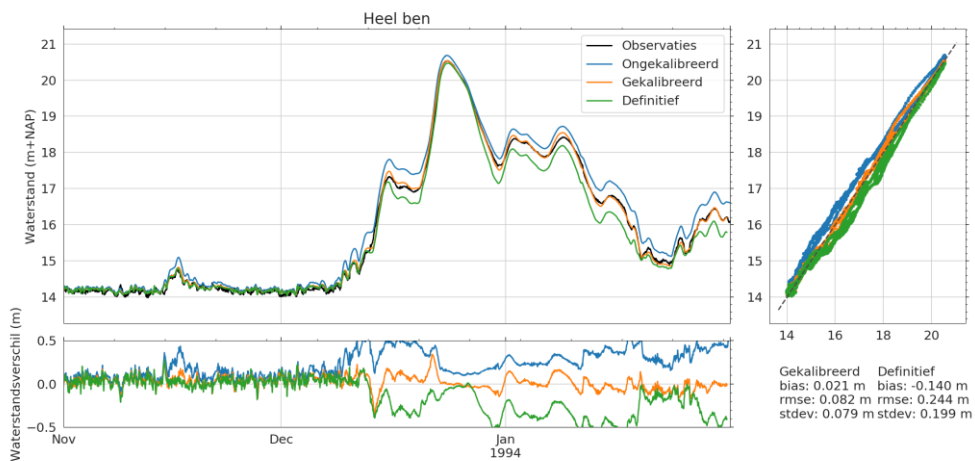
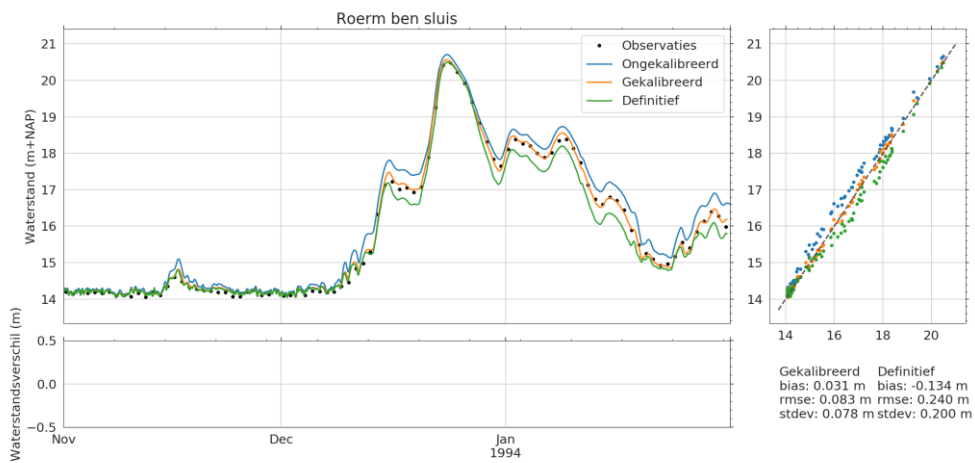
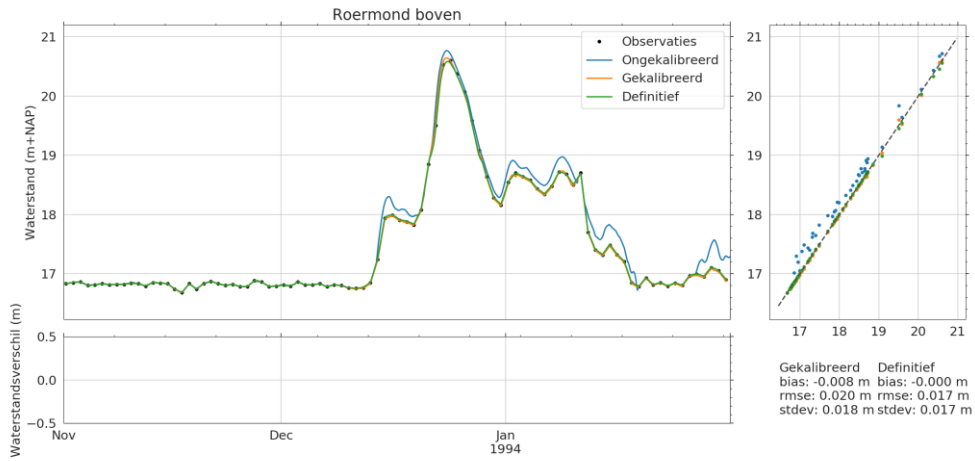
I.1.3 Tijdsreeksen waterstanden

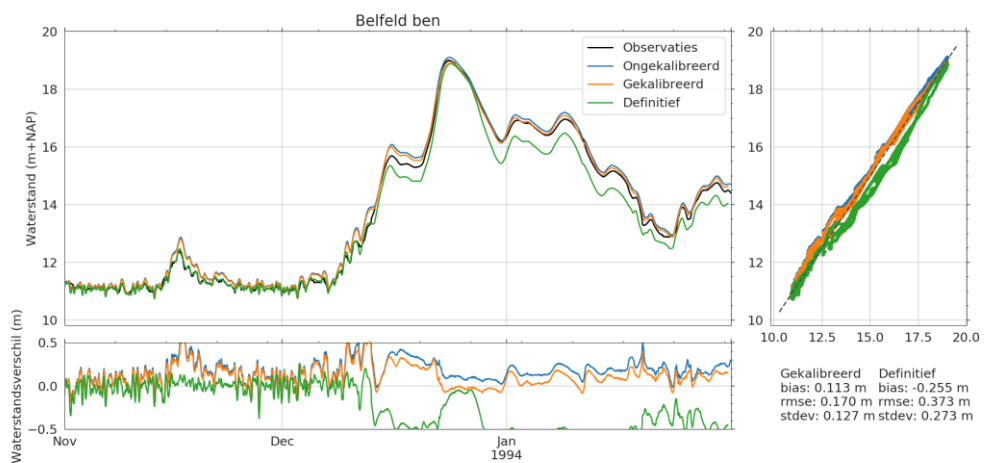
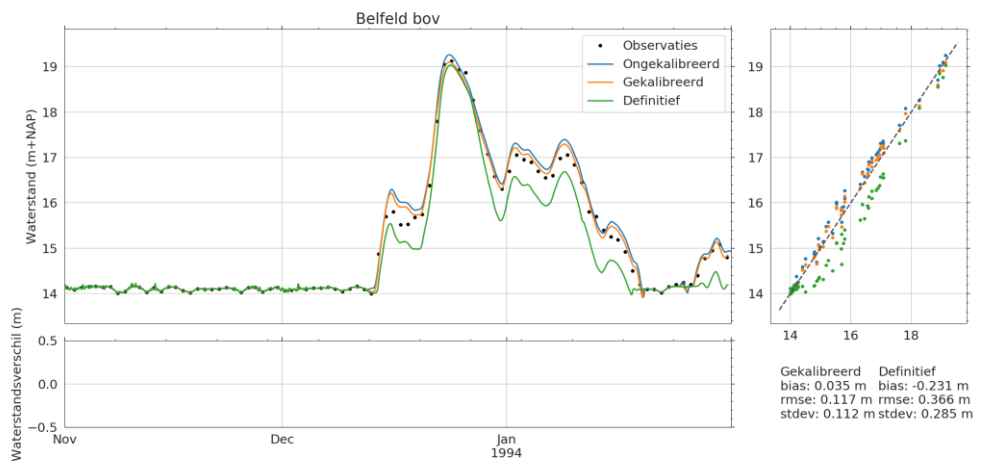
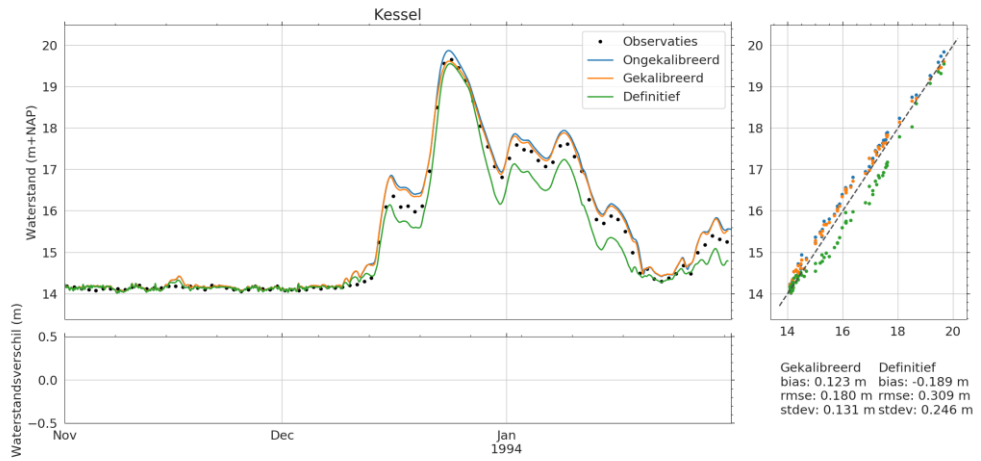


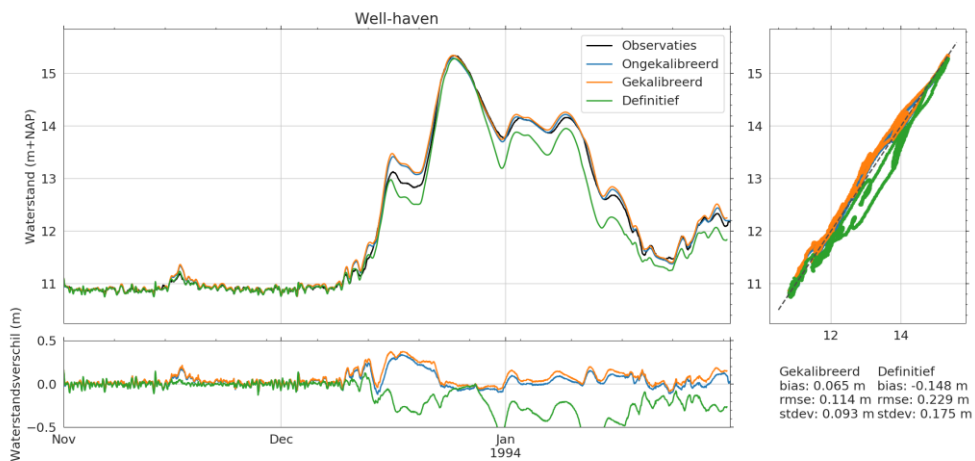
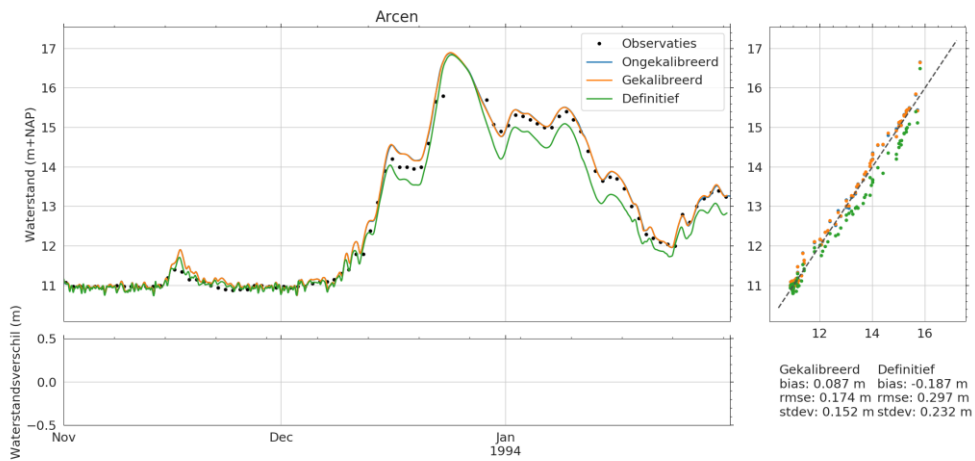
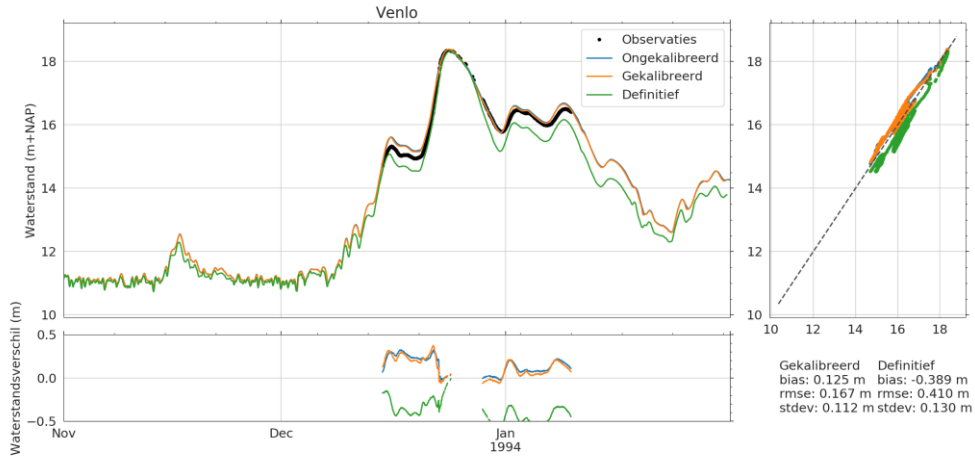


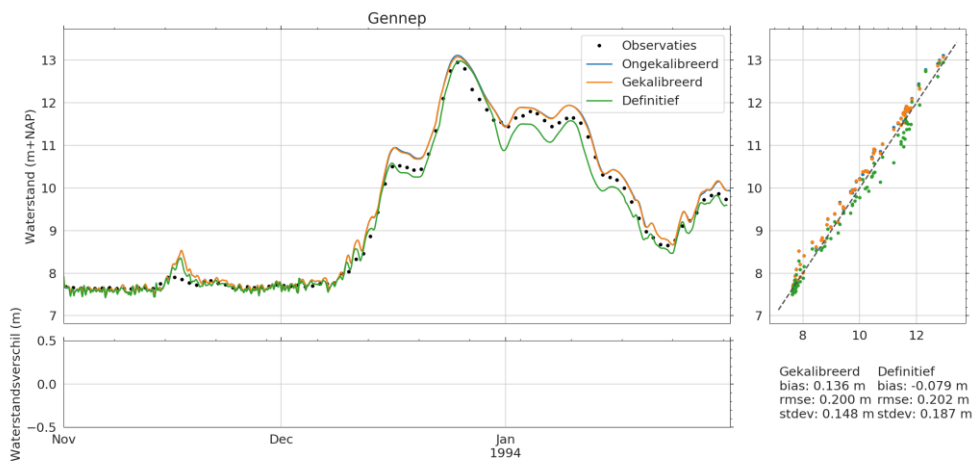
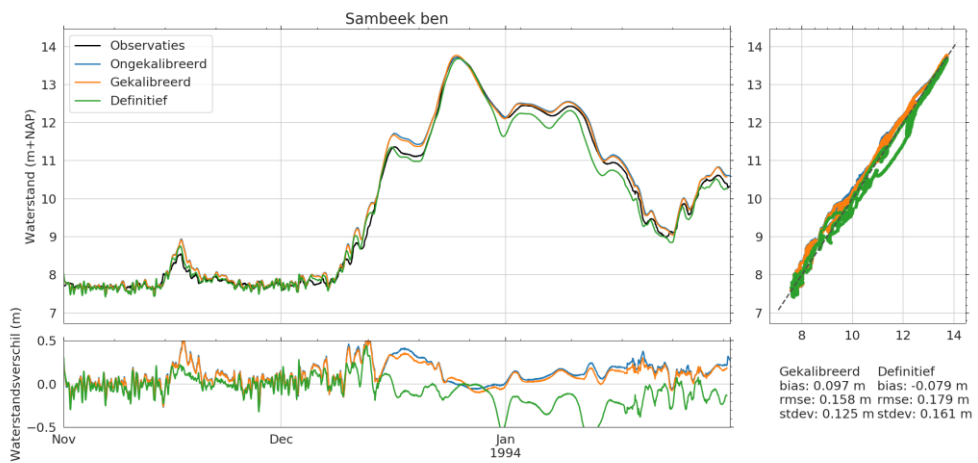
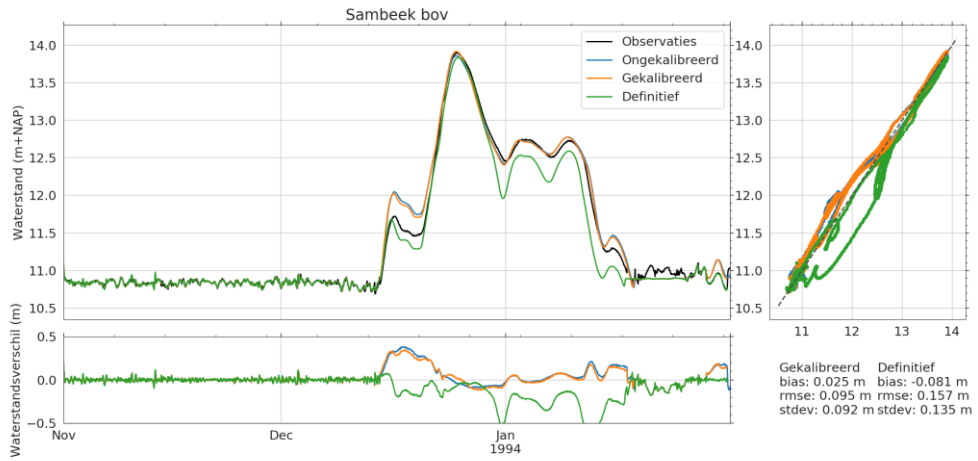


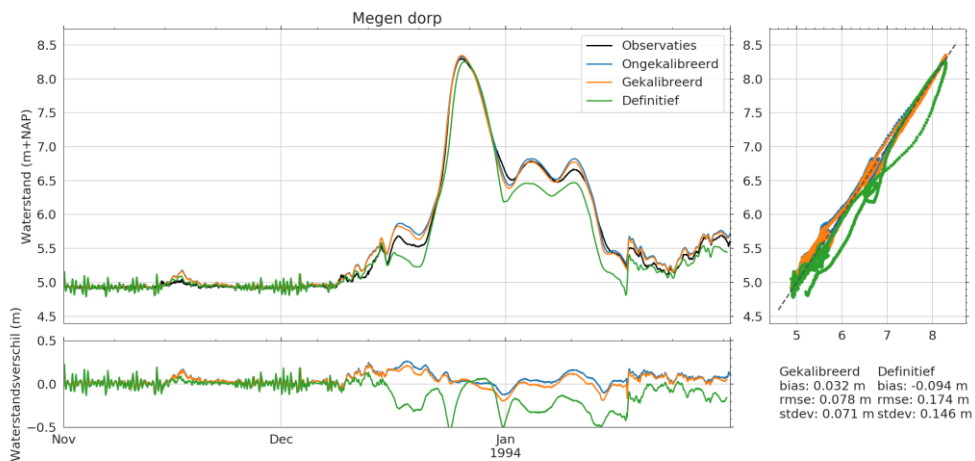
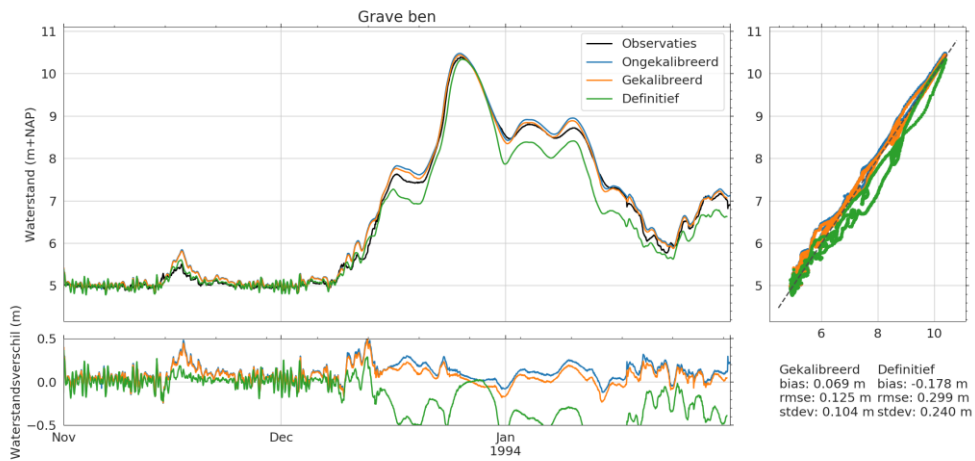
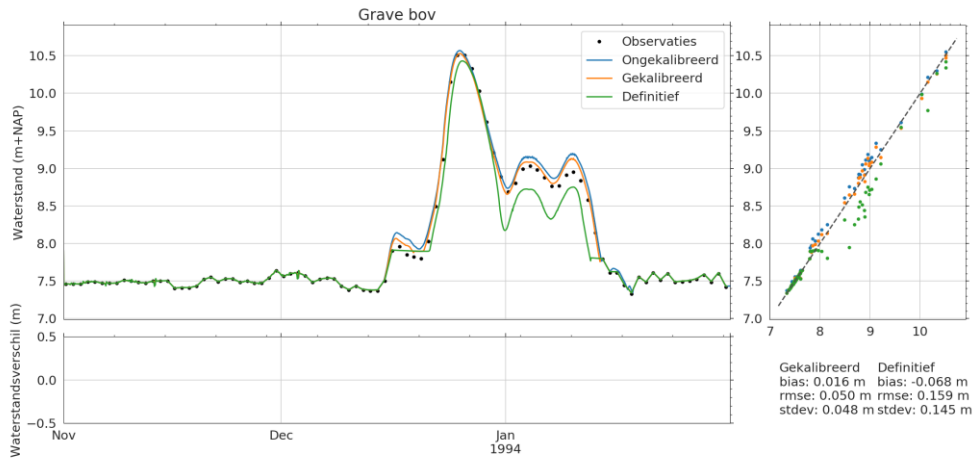


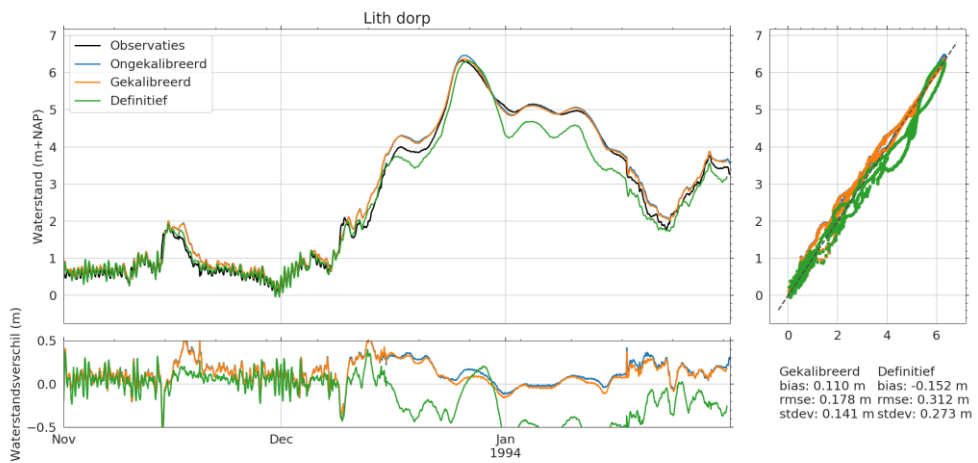
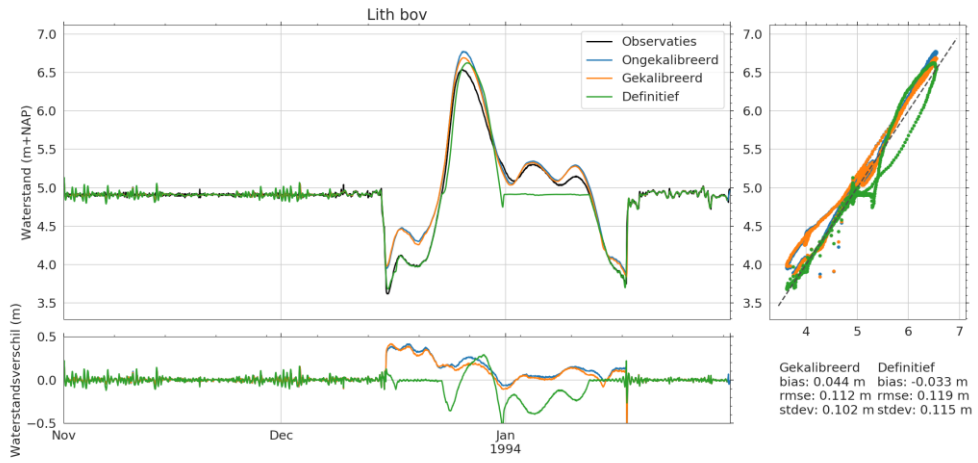


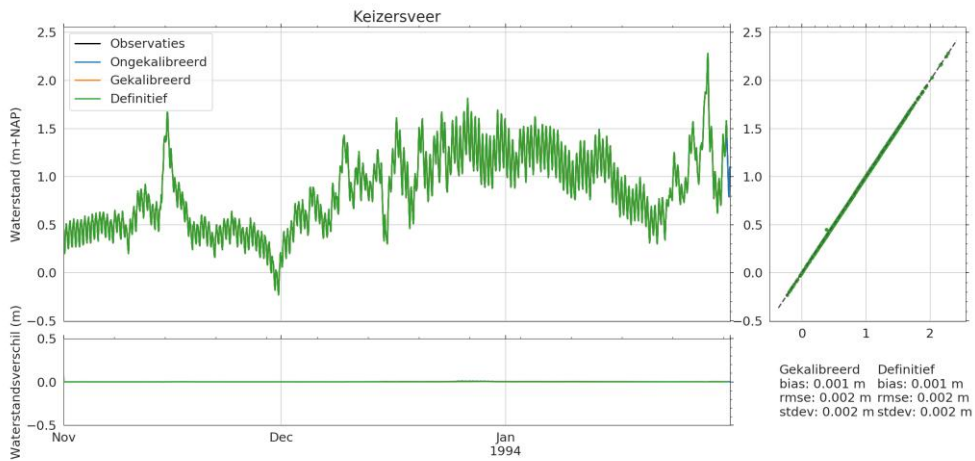
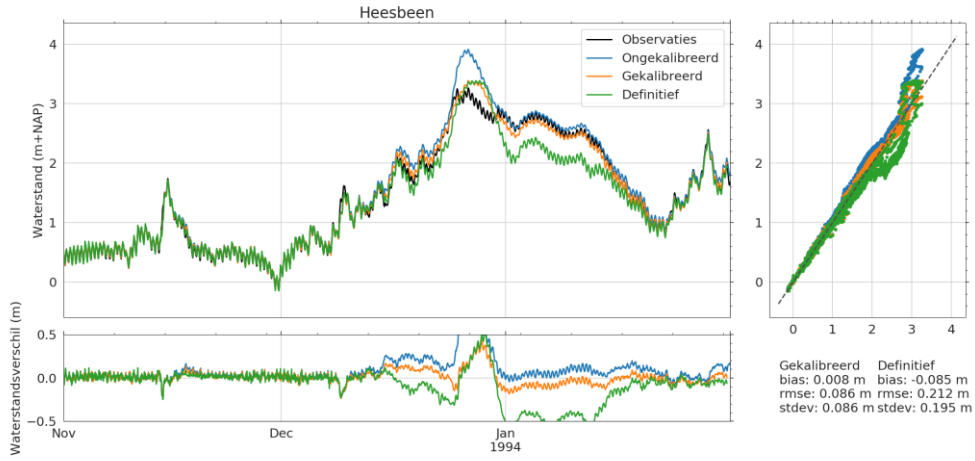




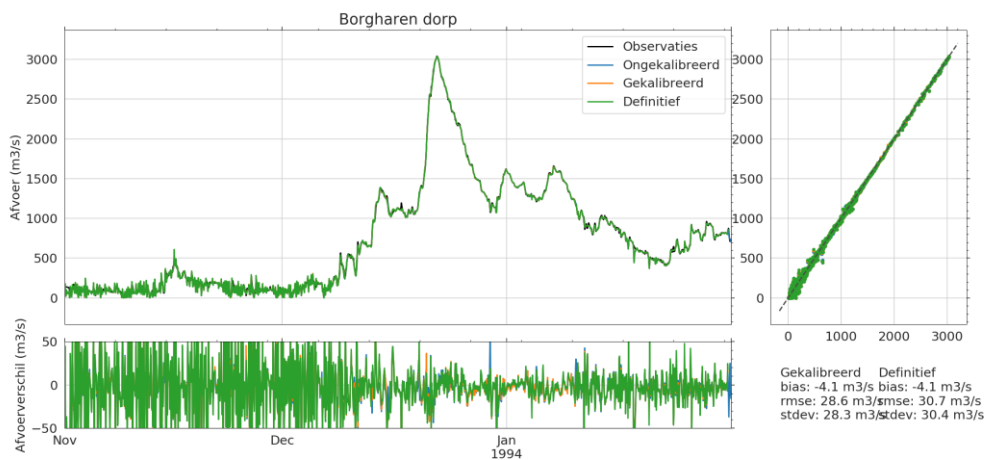
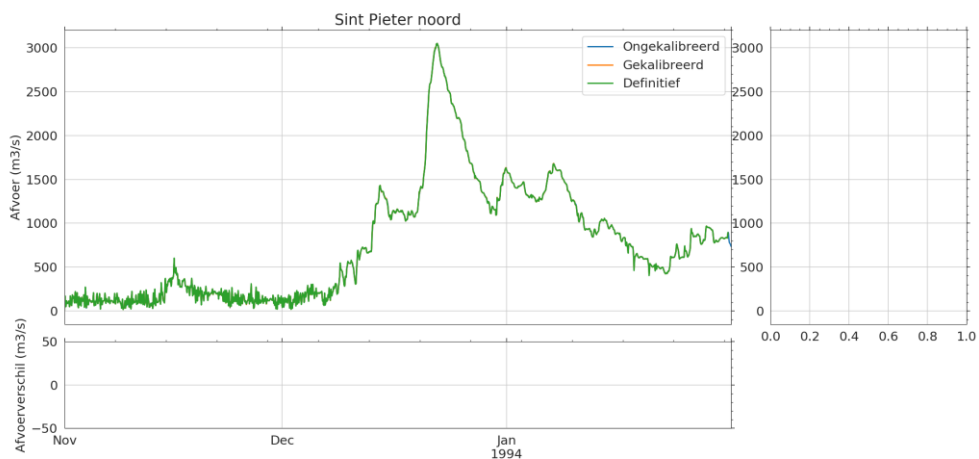
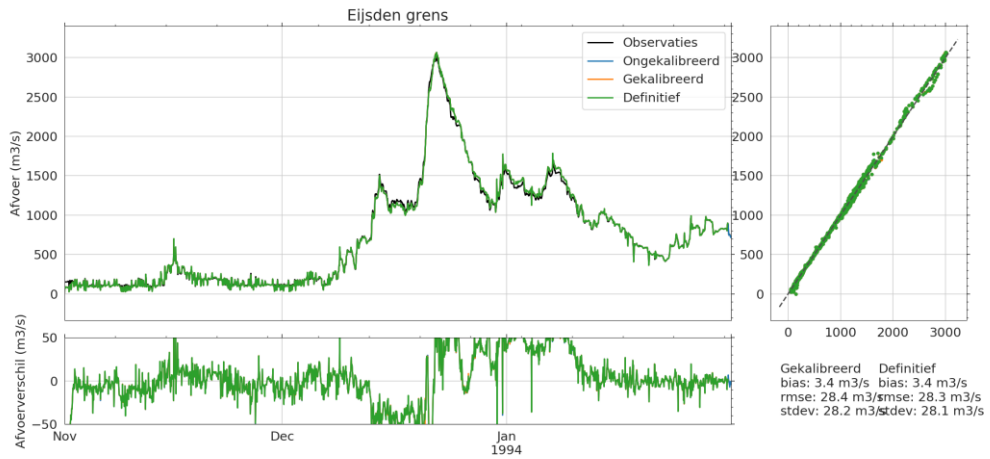


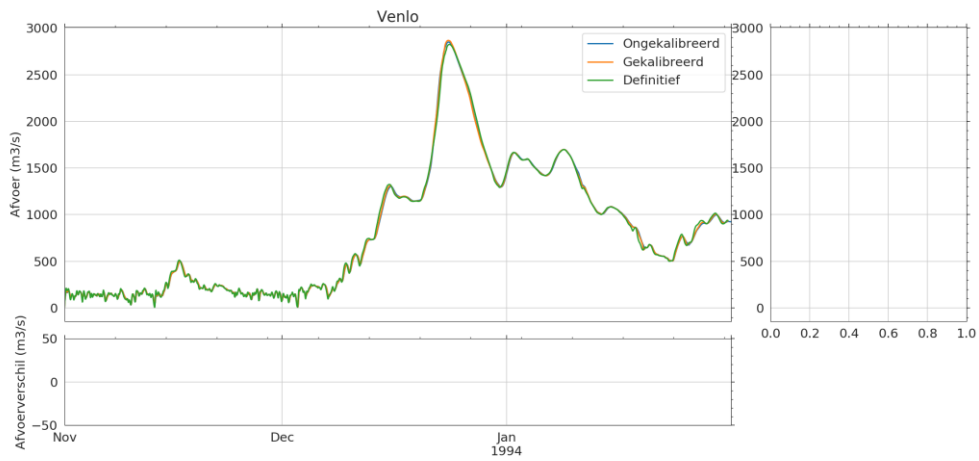
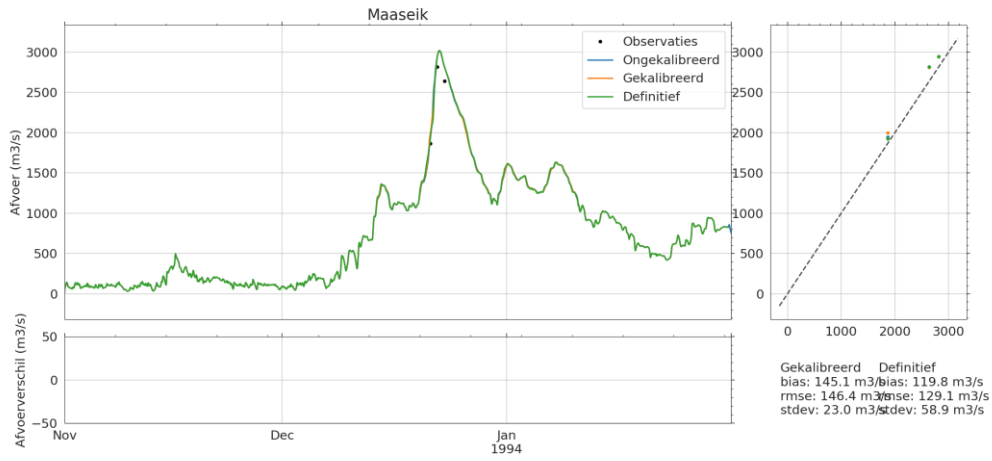


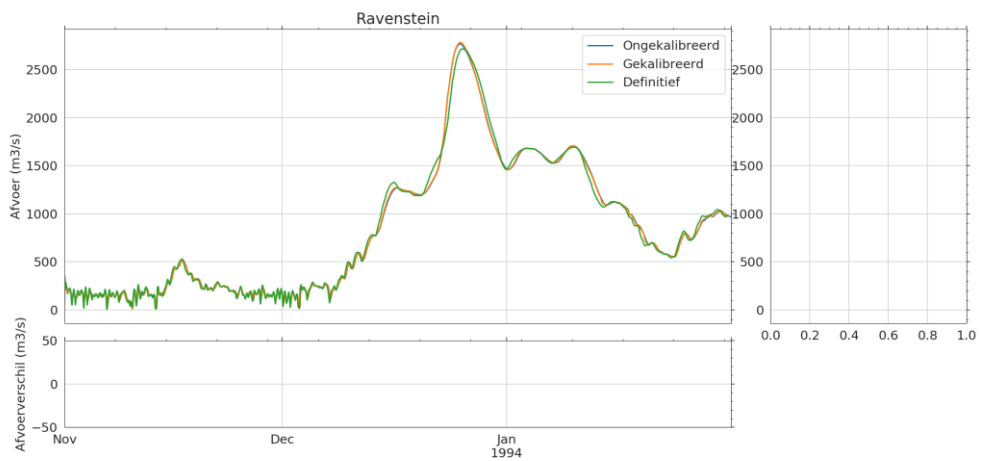
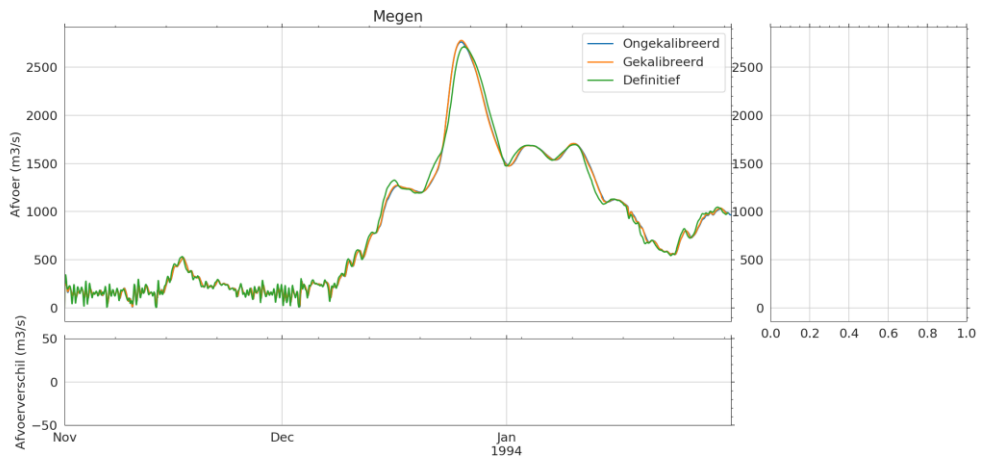




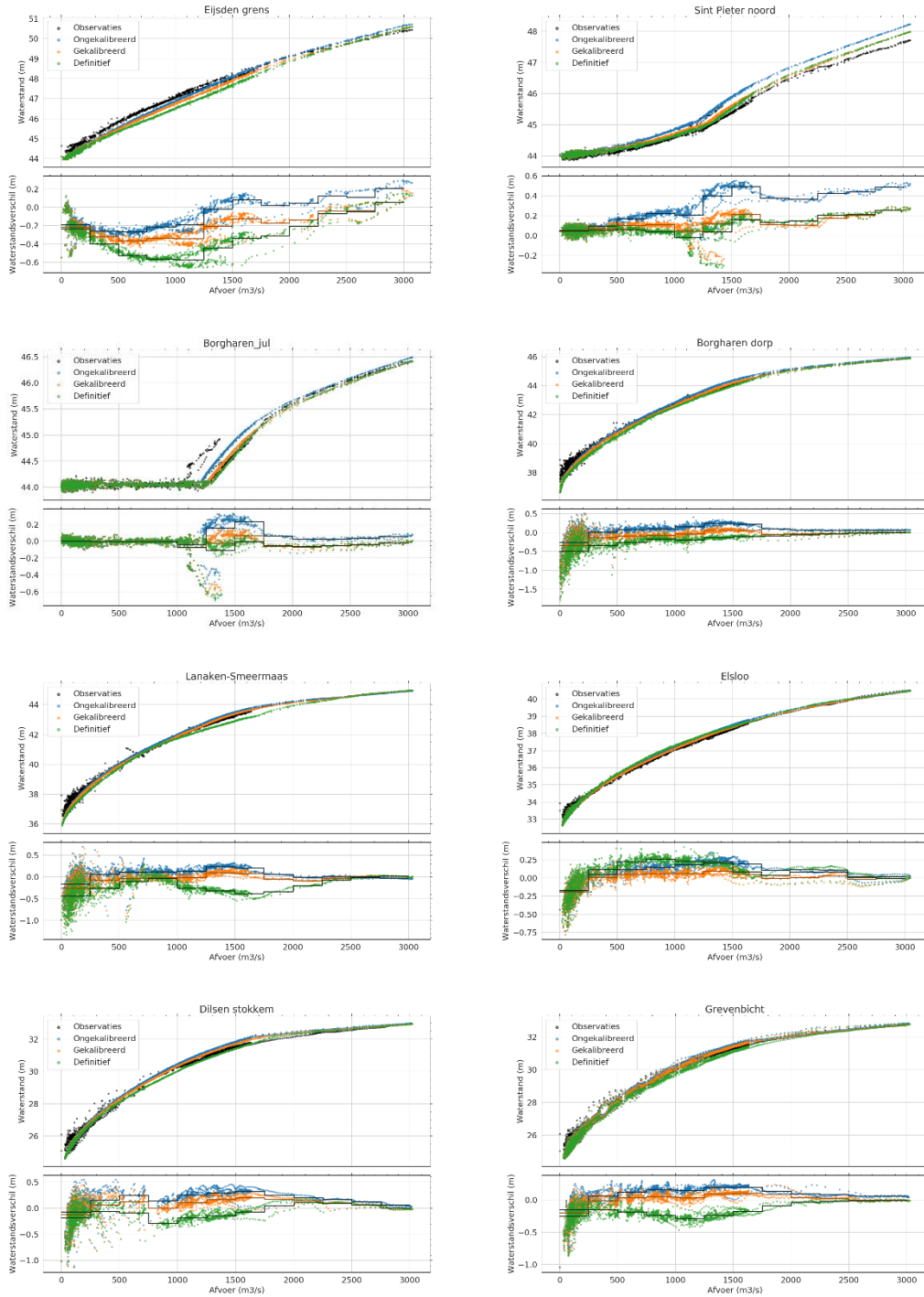
I.1.4 Tijdsseries afvoeren

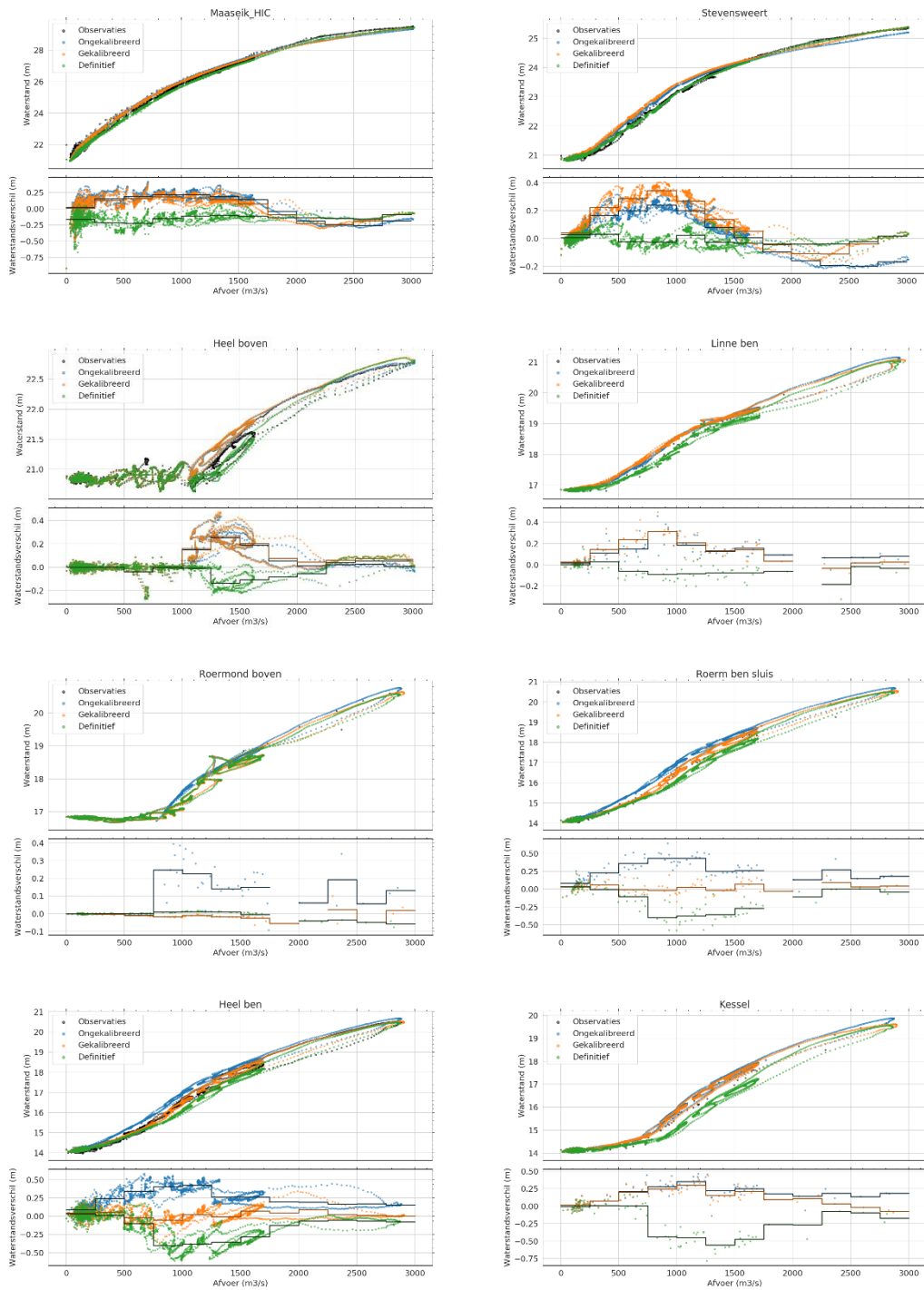


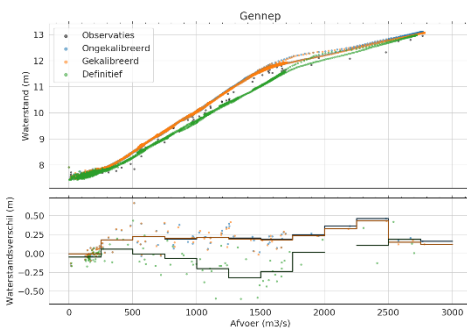
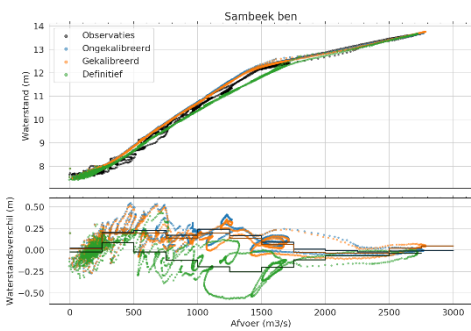
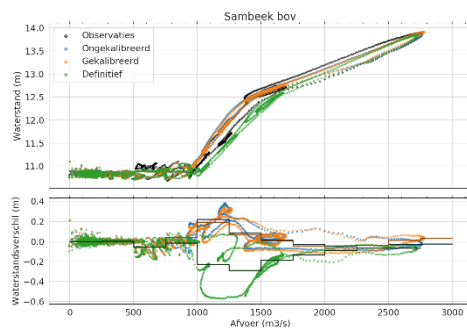
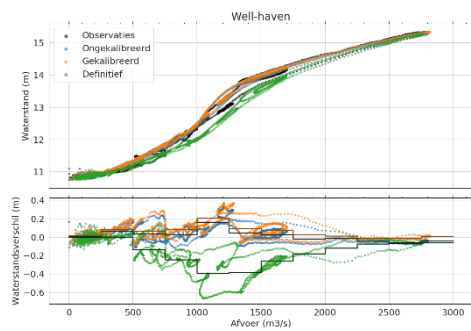
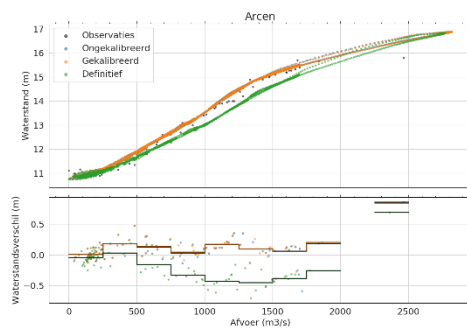
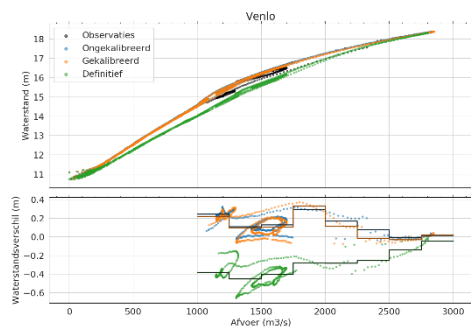
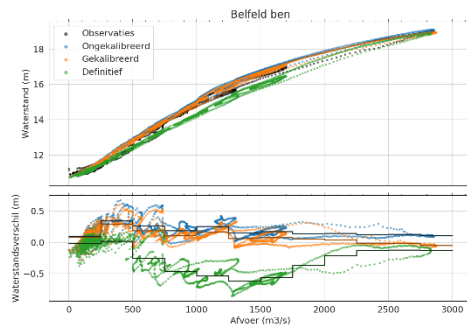
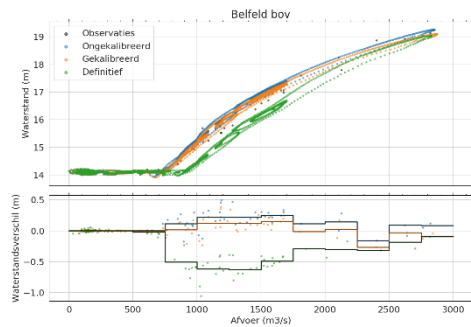


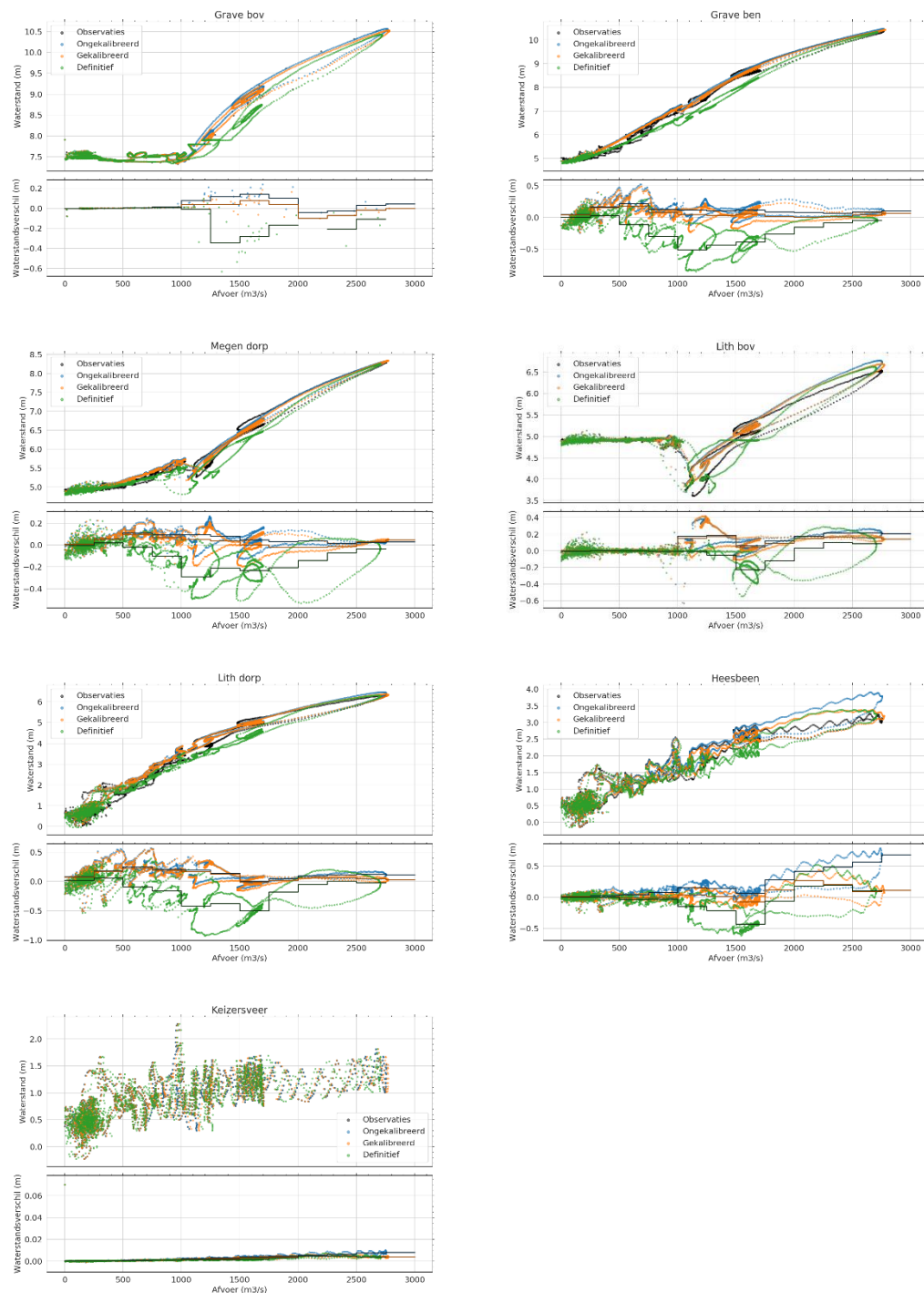


I.1.5 QH-figuren







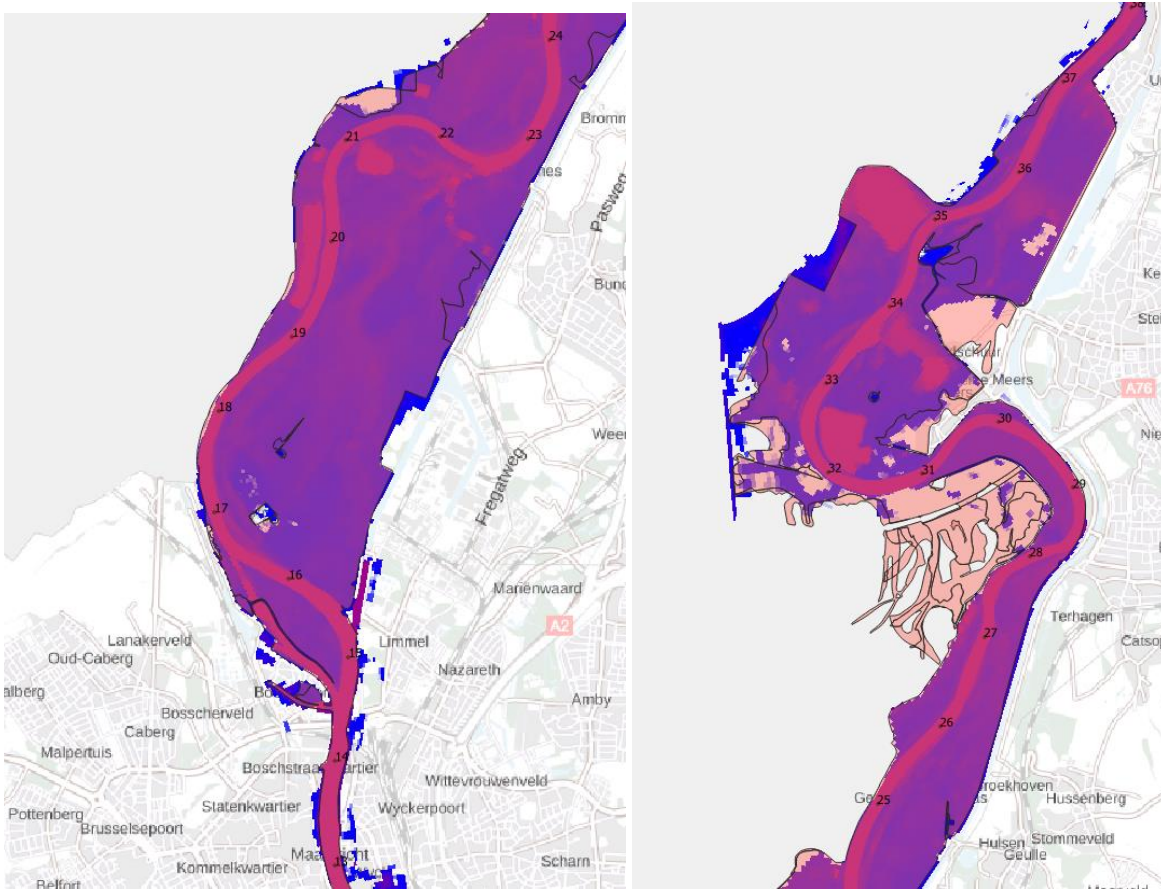


I.1.6 Vergelijking veekranden

Hieronder zijn enkele uitsneden opgenomen van kaarten van het maximale bereik van het water tijdens de piek van de afvoergolf in een vergelijking tussen model en metingen. De kleurschaling is als volgt:

- Licht rood/roze: Wel geïnnundeerd volgens veekranden, niet in het model
- Blauw: Wel geïnnundeerd in het model, niet in de veekranden
- Paars: Inundatie in zowel model als veekranden

Uit de analyse blijkt dat volgens de historische kaarten het water soms veel verder kwam dan in het model. De binnenbocht bij Elsloo is hiervan een voorbeeld. De kades in het model overstromen niet, terwijl dit volgens de metingen wel blijkt. Daarnaast valt op dat soms in het model enkele extra cellen zijn geïnundeerd, soms is dit een nabijgelegen water zoals de Zuid-Willemsvaart, die van het model is gescheiden met dijken, maar toch in het model is opgenomen, en soms wordt dit veroorzaakt doordat de initiele condities zorgen voor extra inundatie.



I.2 Hoogwater 1995

Van de situatie na kalibratie worden twee modelresultaten gepresenteerd: gekalibreerd (modelresultaten met de kalibratiefactoren H1j95 en H2) en definitief (kalibratiefactoren L, M1, M2, H1, H2).

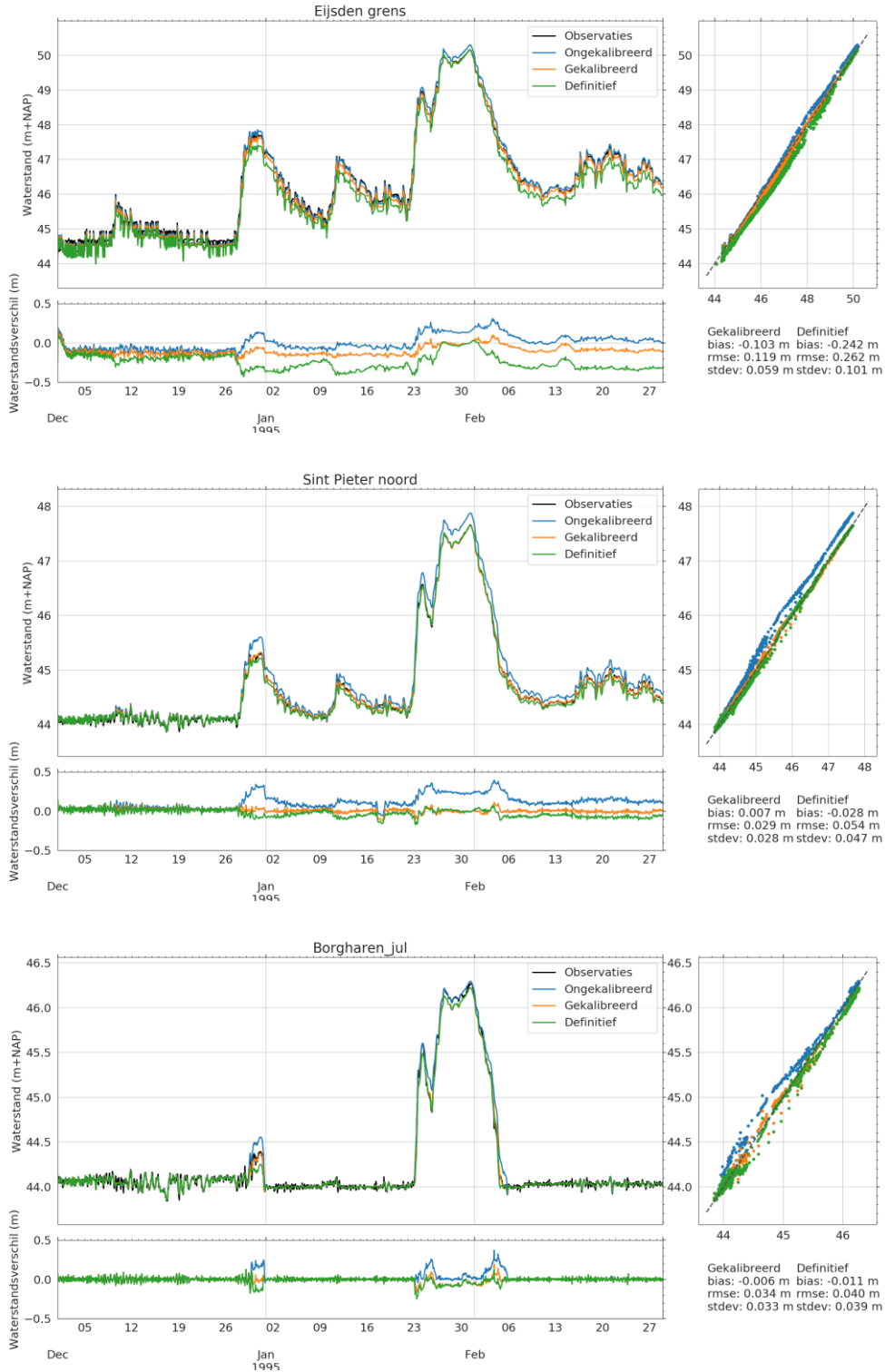
I.2.1 Statistieken waterstand

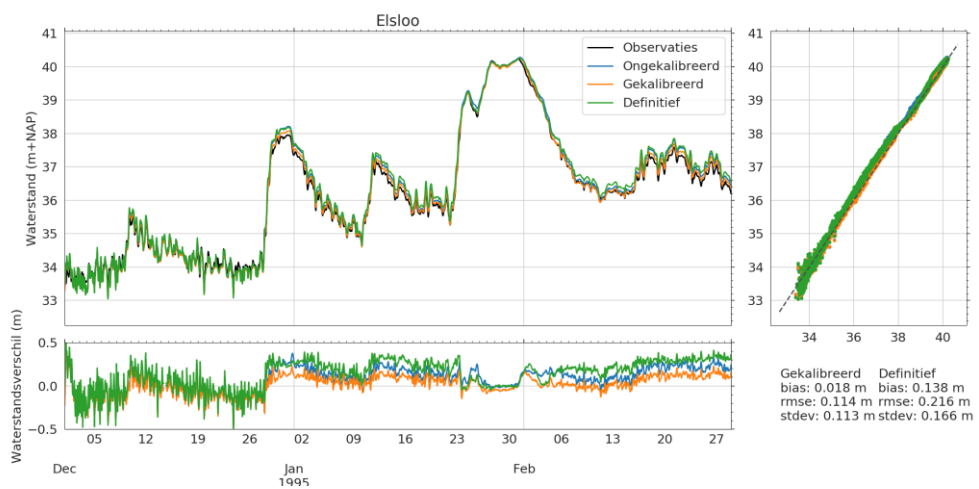
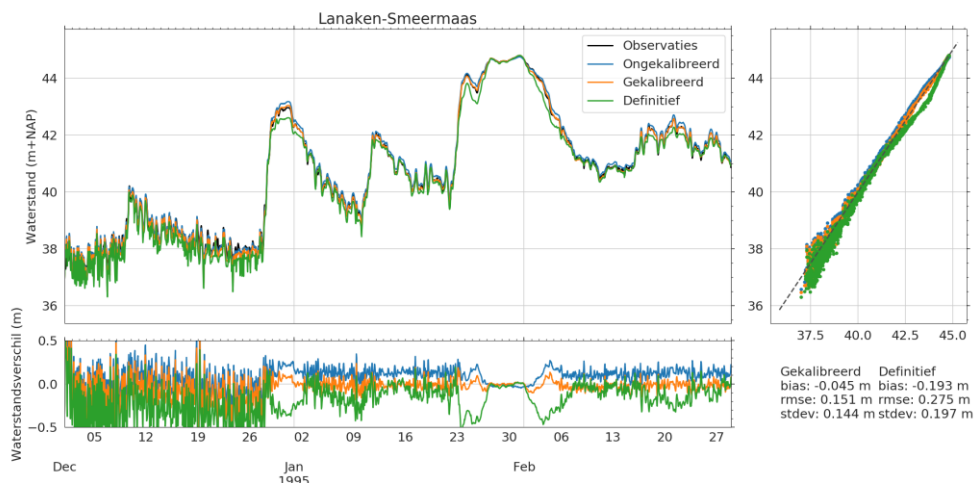
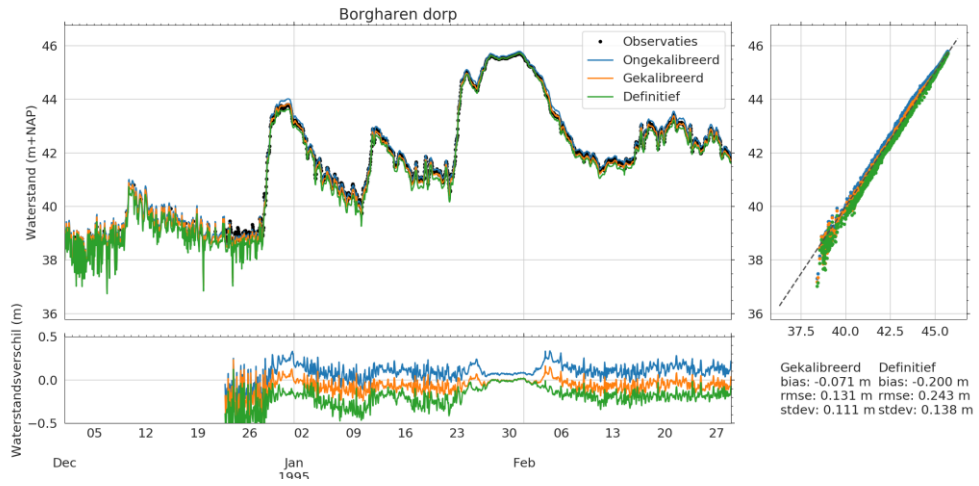
Meetstation	Ongekalibreerd				Gekalibreerd				Definitief				Statistiek (m)
	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	
Eijsden grens	0.000	0.098	0.098	0.144	-0.103	0.059	0.119	0.001	-0.242	0.101	0.262	0.001	
Sint Pieter noord	0.113	0.085	0.141	0.220	0.007	0.028	0.029	-0.009	-0.028	0.047	0.054	-0.009	
Borgharen_jul	0.015	0.053	0.055	0.025	-0.006	0.033	0.034	-0.051	-0.011	0.039	0.040	-0.050	
Borgharen dorp	0.086	0.122	0.149	0.078	-0.071	0.111	0.131	0.011	-0.200	0.138	0.243	0.010	
Lanaken-Smeermaas	0.077	0.143	0.163	-0.040	-0.045	0.144	0.151	0.011	-0.193	0.197	0.275	0.011	
Elsloo	0.082	0.139	0.162	0.046	0.018	0.113	0.114	0.023	0.138	0.166	0.216	0.023	
Dilsen stokkem	0.286	0.118	0.310	-0.025	0.166	0.097	0.192	-0.084	-0.051	0.086	0.100	-0.084	
Grevenbicht	0.086	0.116	0.144	0.012	0.001	0.100	0.100	-0.056	-0.188	0.109	0.217	-0.056	
Maaseik_HIC	0.183	0.127	0.223	-0.107	0.155	0.117	0.195	-0.033	-0.112	0.105	0.154	-0.033	
Stevensweert	0.082	0.111	0.138	-0.174	0.147	0.119	0.189	0.007	-0.032	0.070	0.077	0.006	
Heel boven	0.033	0.083	0.089	0.045	0.038	0.090	0.098	0.114	-0.002	0.052	0.052	0.113	
Linne ben	0.087	0.106	0.137	0.073	0.090	0.115	0.146	-0.001	-0.167	0.168	0.236	-0.009	
Roermond boven	0.159	0.216	0.267	-0.010	-0.014	0.039	0.042	-0.139	-0.053	0.099	0.111	-0.147	
Roerm ben sluis	0.255	0.152	0.296	0.151	-0.021	0.101	0.102	0.003	-0.199	0.222	0.298	-0.005	
Heel ben	0.270	0.152	0.309	0.119	-0.009	0.094	0.094	-0.043	-0.183	0.211	0.279	-0.051	
Kessel	0.202	0.156	0.255	0.173	0.166	0.154	0.225	-0.085	-0.166	0.251	0.300	-0.093	
Belfeld bov	0.097	0.191	0.214	0.163	0.039	0.182	0.185	-0.007	-0.219	0.326	0.391	-0.015	
Belfeld ben	0.233	0.139	0.271	0.126	0.160	0.142	0.214	-0.035	-0.260	0.272	0.376	-0.044	
Venlo	0.069	0.092	0.115	-0.024	0.056	0.111	0.124	-0.020	-0.175	0.133	0.220	-0.028	
Arcen	0.092	0.145	0.172	0.001	0.098	0.147	0.176	0.016	-0.206	0.220	0.300	0.007	
Well-haven	0.053	0.095	0.109	-0.056	0.089	0.099	0.133	-0.006	-0.166	0.198	0.259	-0.018	
Sambeek bov	0.051	0.107	0.119	-0.019	0.047	0.104	0.114	0.036	-0.067	0.147	0.162	0.018	
Sambeek ben	0.191	0.150	0.243	-0.056	0.168	0.140	0.219	-0.005	-0.045	0.197	0.202	-0.024	
Gennep	0.217	0.143	0.259	0.037	0.211	0.147	0.257	-0.007	-0.034	0.195	0.197	-0.018	
Grave bov	0.025	0.056	0.061	0.068	0.000	0.059	0.059	0.026	-0.084	0.178	0.196	0.007	
Grave ben	0.139	0.120	0.184	0.055	0.098	0.123	0.157	0.009	-0.197	0.271	0.335	-0.010	
Megen dorp	0.080	0.080	0.113	0.021	0.060	0.082	0.102	0.033	-0.106	0.200	0.226	0.015	
Lith bov	0.050	0.101	0.113	0.175	0.039	0.098	0.105	0.083	-0.065	0.162	0.175	0.059	
Lith dorp	0.172	0.153	0.230	0.147	0.149	0.153	0.214	0.027	-0.144	0.243	0.283	0.006	
Heesbeen	0.107	0.143	0.178	0.505	0.008	0.071	0.071	-0.083	-0.057	0.123	0.136	-0.105	
Keizersveer	0.002	0.005	0.006	0.001	0.002	0.005	0.005	0.001	0.001	0.005	0.005	0.000	
Gemiddelde	0.116	0.119	0.172	0.060	0.056	0.103	0.132	-0.009	-0.113	0.159	0.206	-0.017	
RMS Gemiddelde	0.140	0.126	0.188	0.135	0.097	0.110	0.146	0.049	0.145	0.176	0.228	0.051	

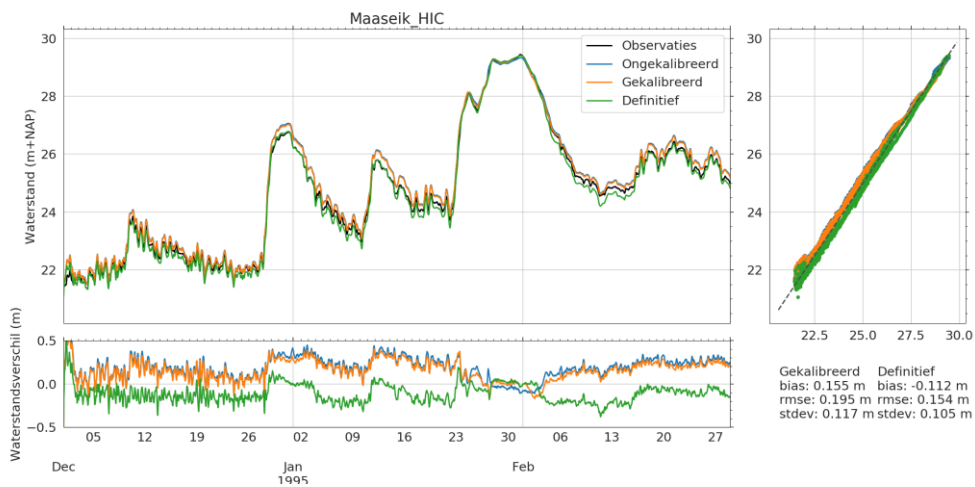
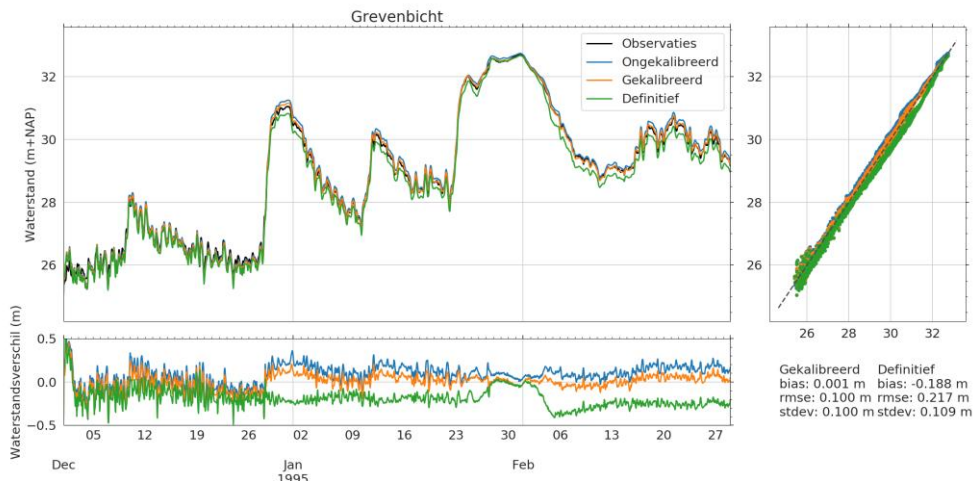
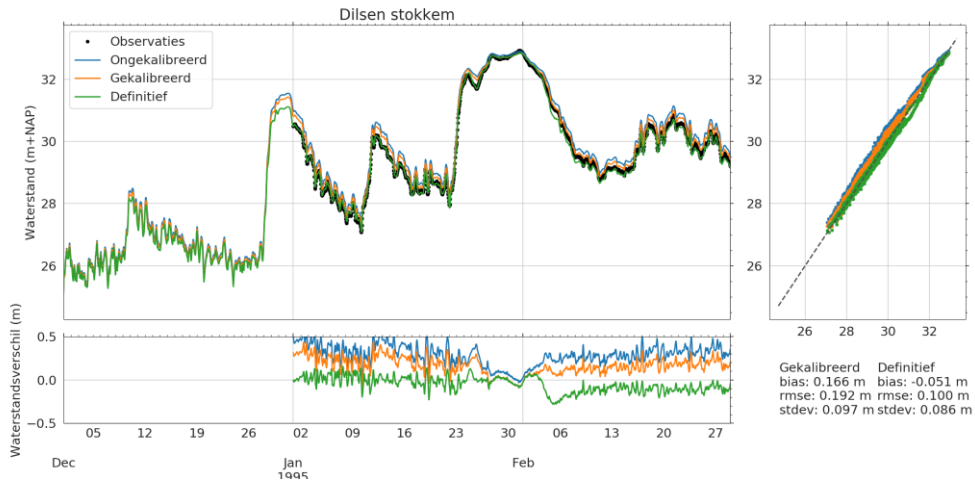
I.2.2 Statistieken afvoer

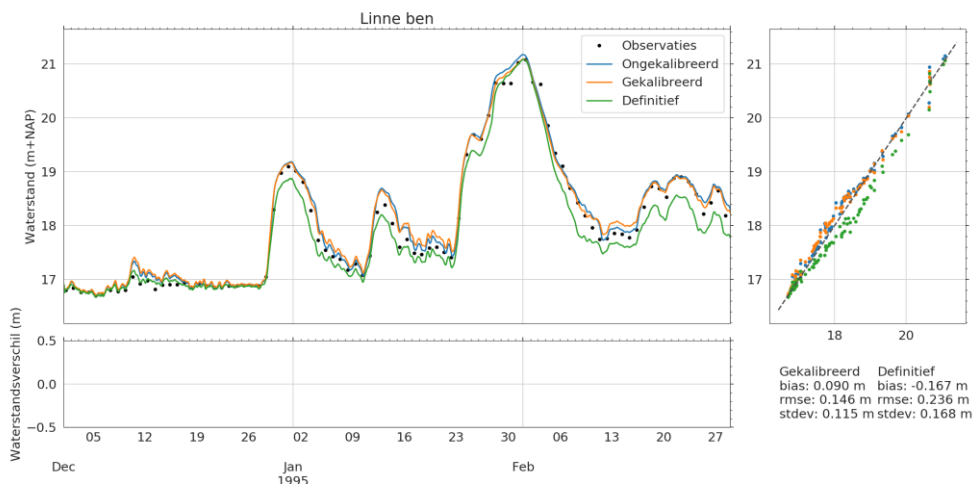
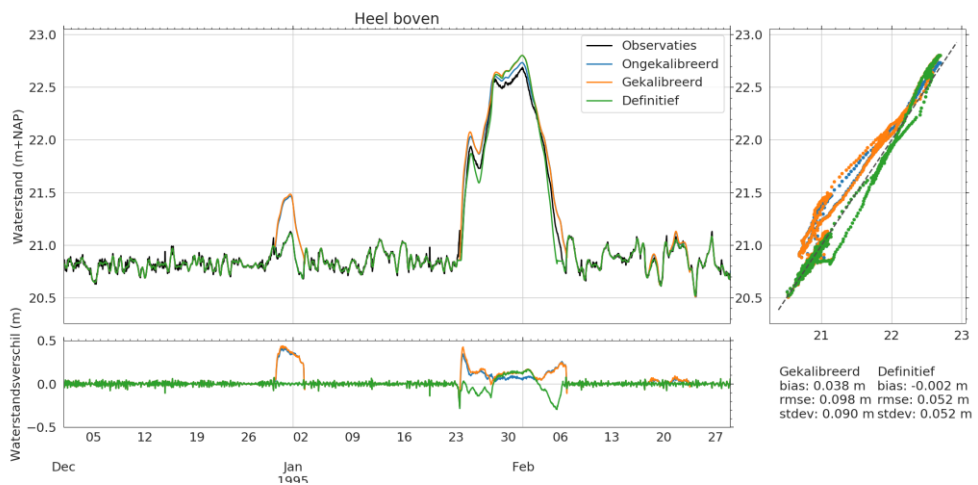
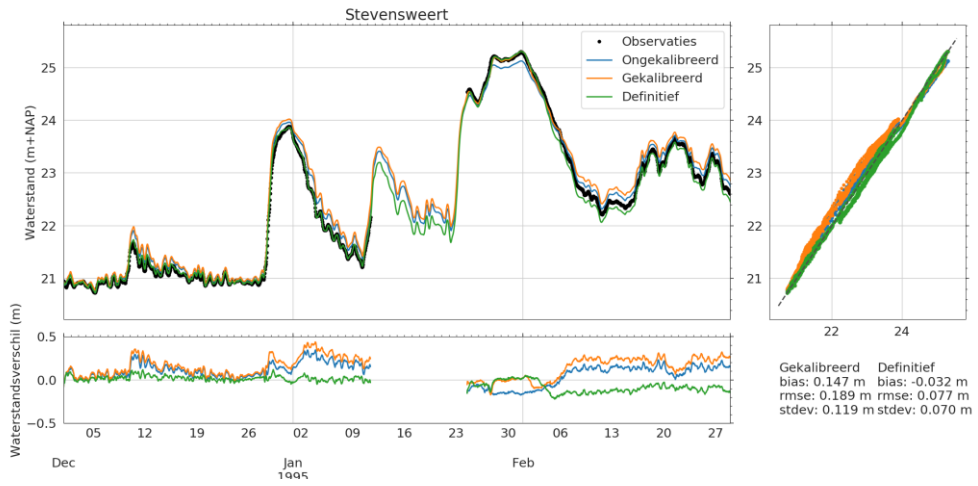
Meetstation	Ongekalibreerd				Gekalibreerd				Definitief				Statistiek (m ³ /s)
	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	bias	stdev	rmse	dmax	
Eijsden grens	0.407	19.151	19.151	20.737	0.412	19.169	19.169	20.755	0.406	19.171	19.171	20.755	
Borgharen dorp	-0.524	22.842	22.843	9.971	-0.522	25.039	25.039	12.073	-0.450	27.132	27.130	10.697	
Maaseik	27.234	78.926	75.665	56.484	5.628	95.036	85.188	55.480	-22.653	130.541	118.937	56.485	
Ravenstein	14.035	40.518	41.860	-9.726	20.521	42.728	46.376	9.758	-6.075	91.865	89.621	-1.822	
Gemiddelde	10.288	40.359	39.880	19.367	6.510	45.493	43.943	24.516	-7.193	67.177	63.715	21.529	
RMS Gemiddelde	15.322	46.796	45.733	30.881	10.645	54.433	50.995	30.618	11.731	81.523	76.291	30.574	

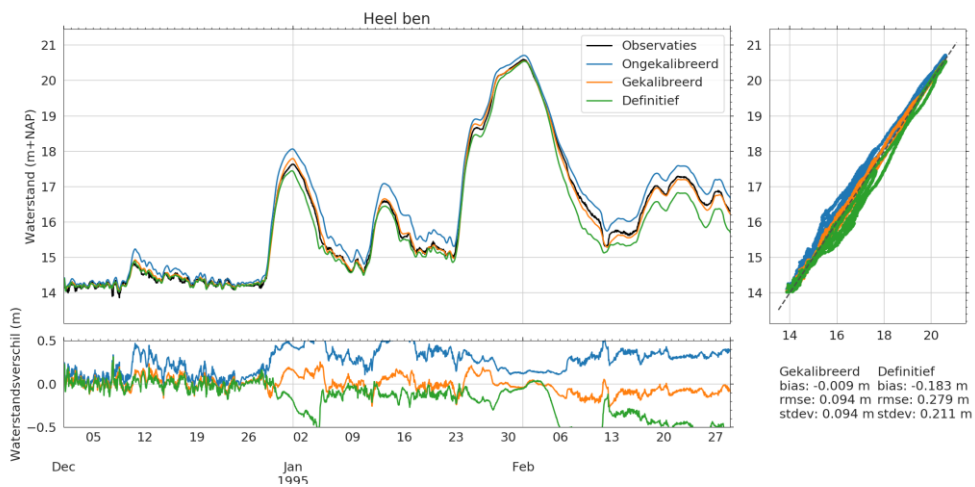
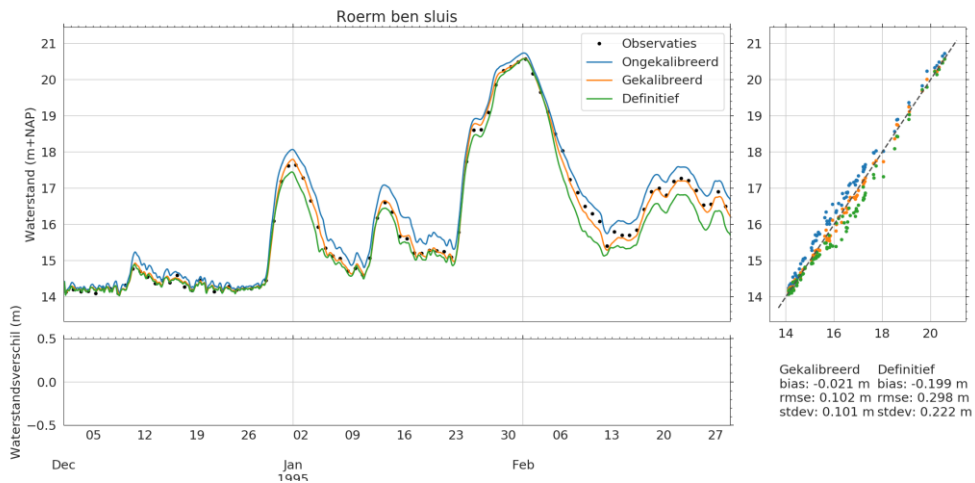
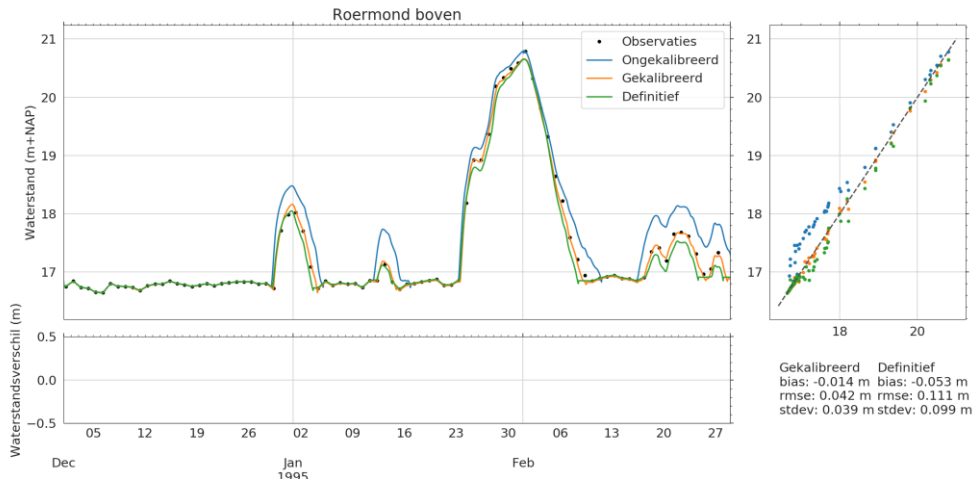
I.2.3 Tijdsreeksen waterstanden

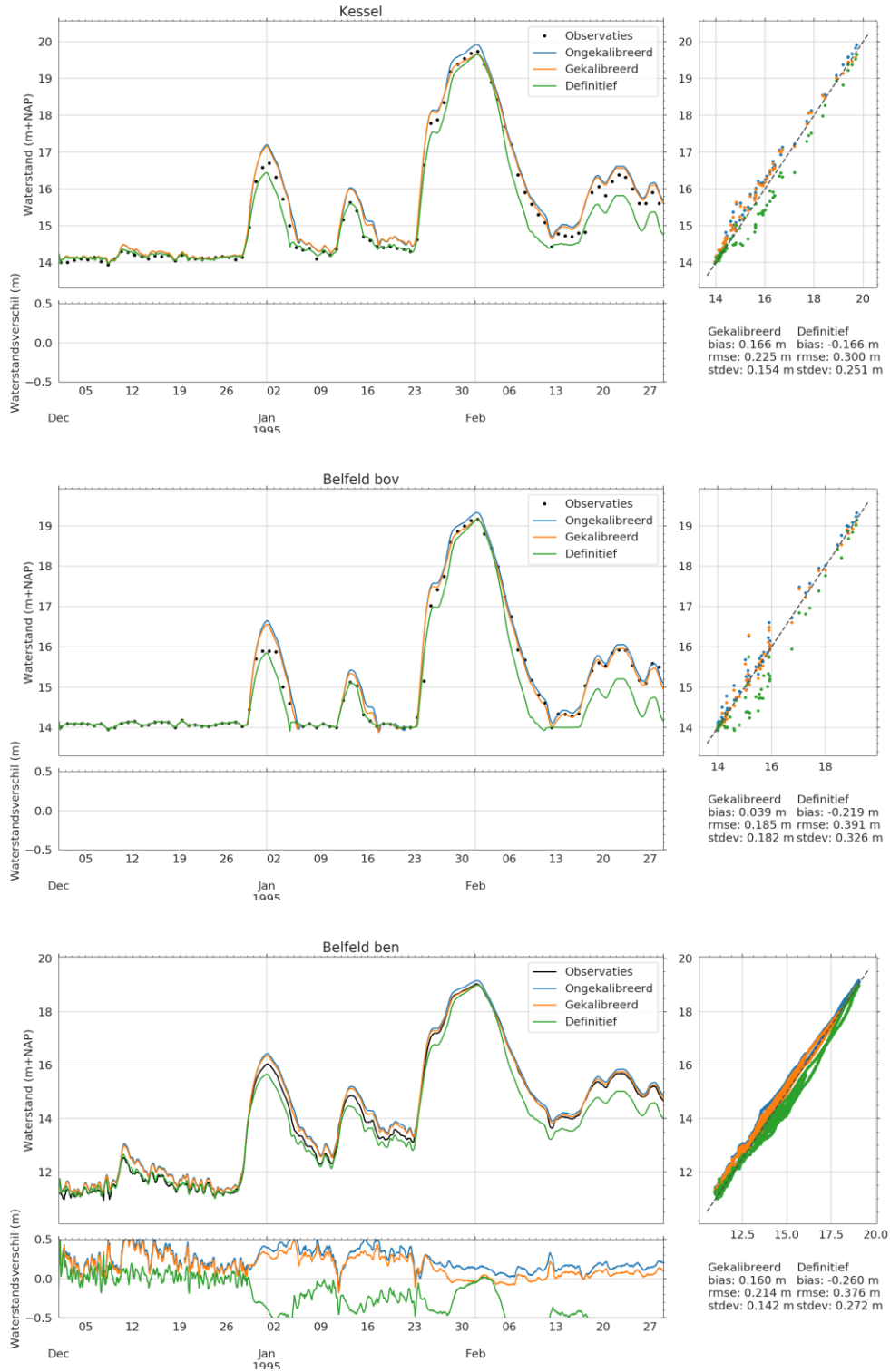


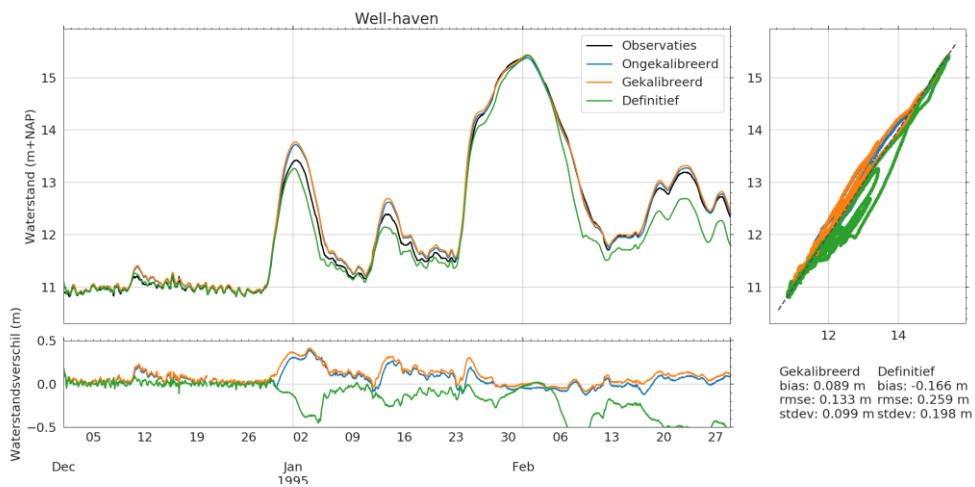
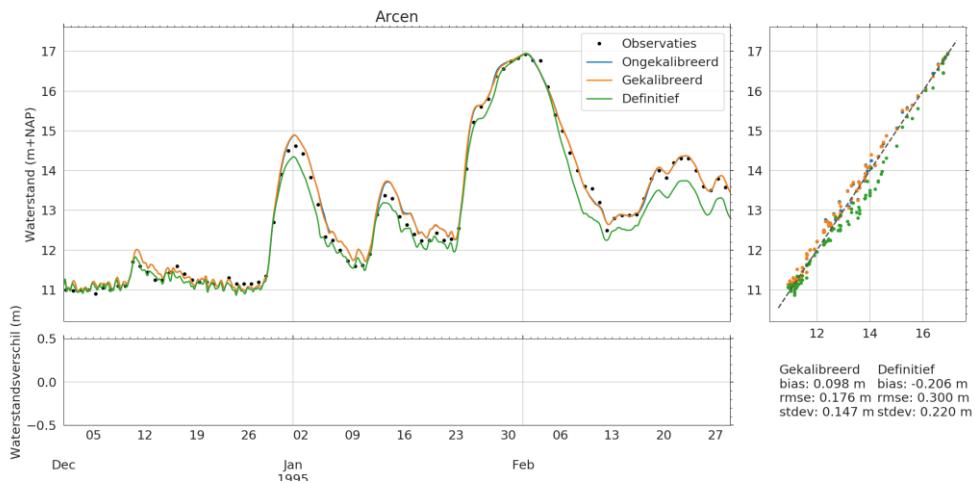
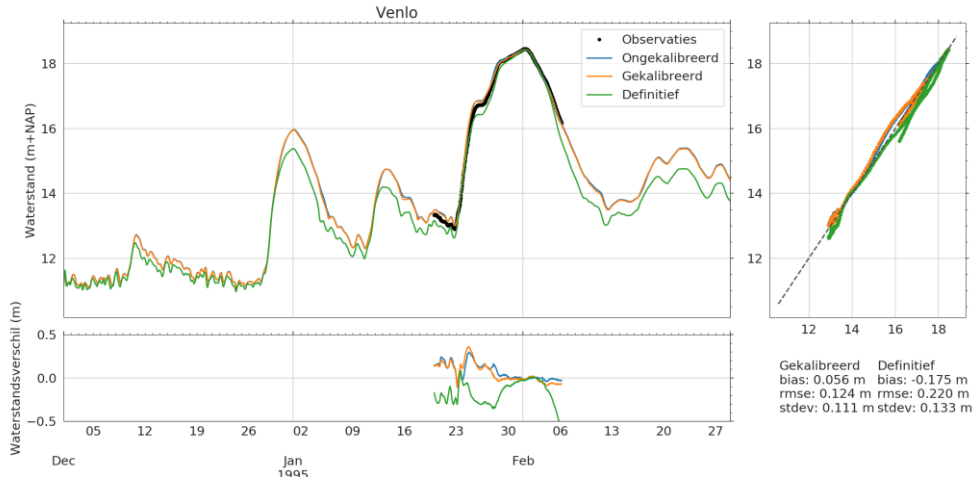


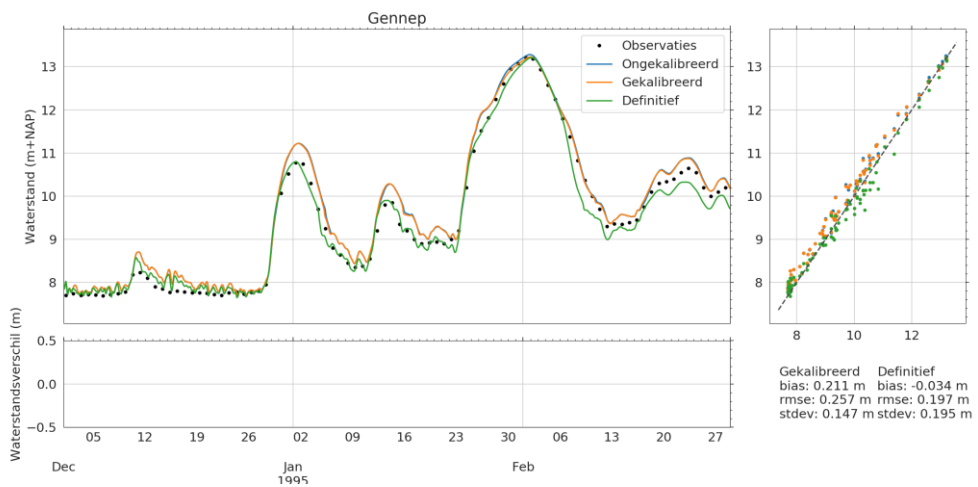
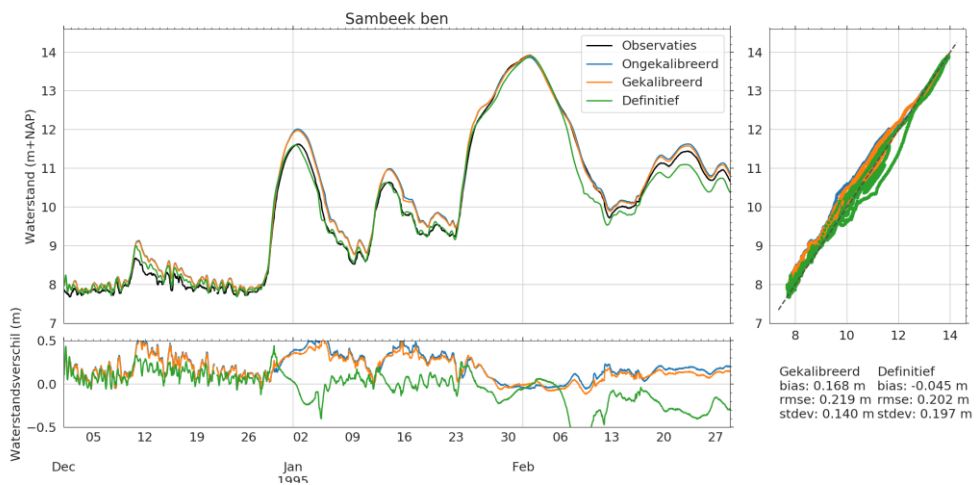
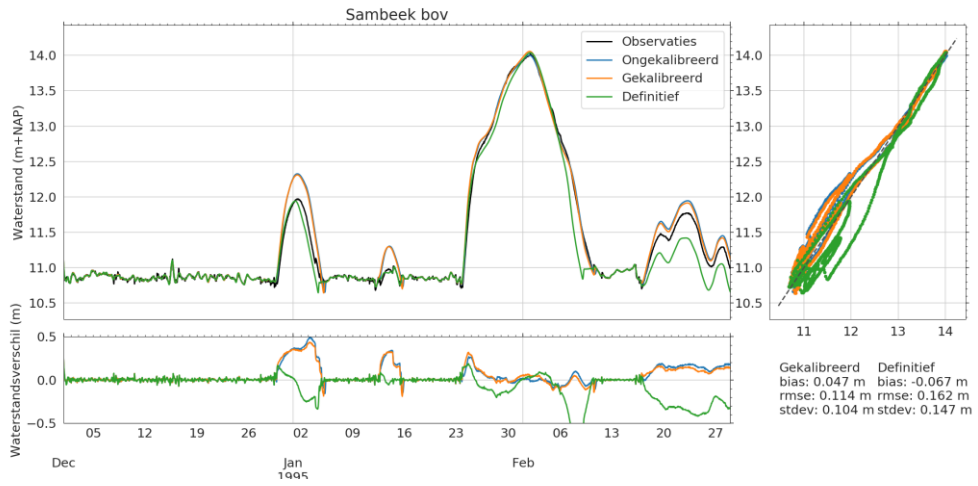


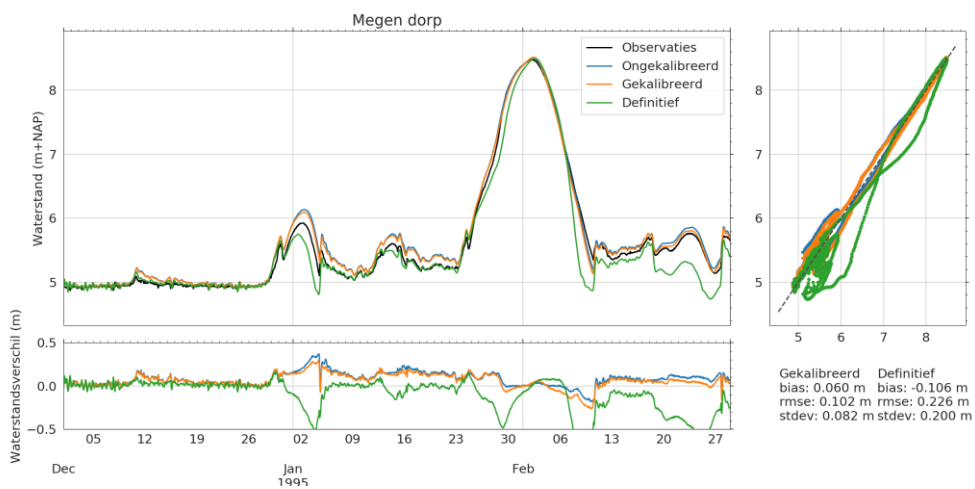
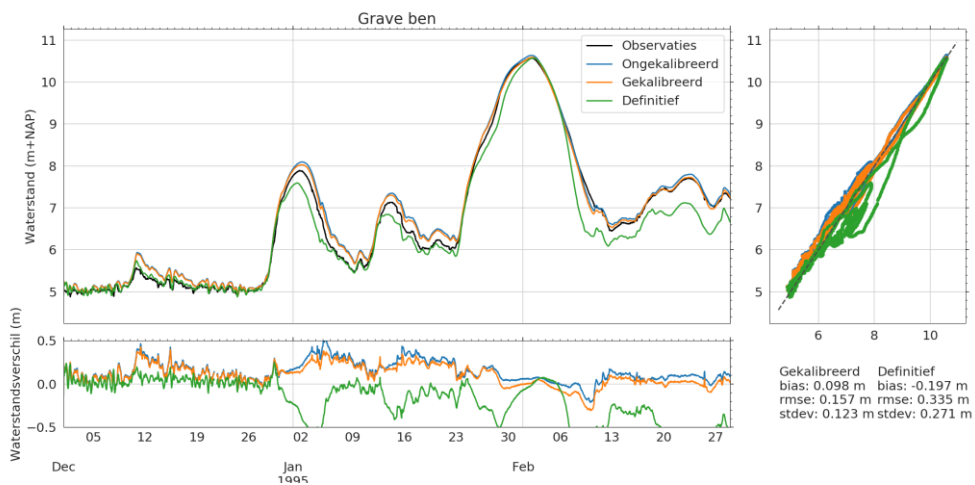
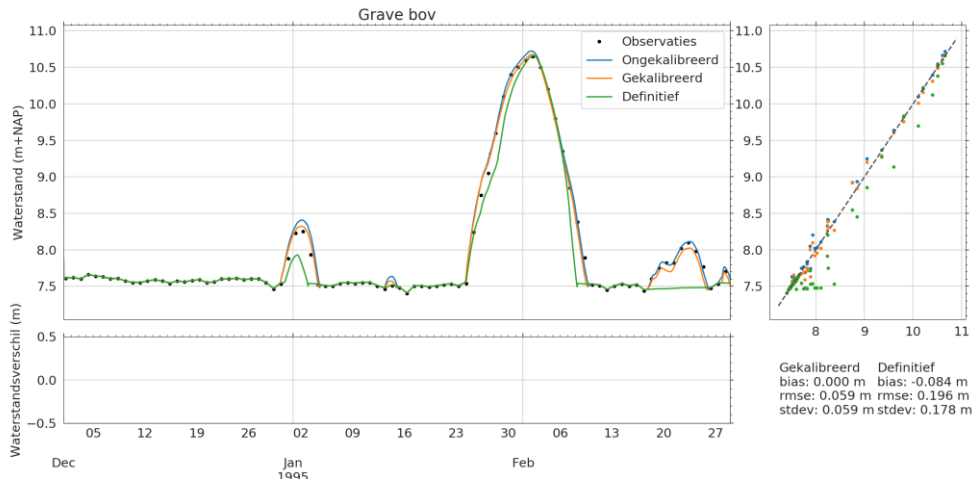


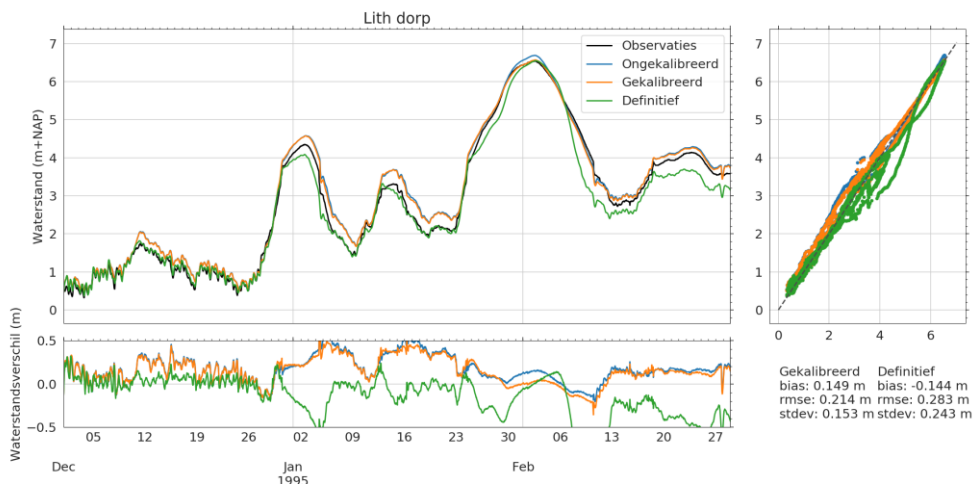
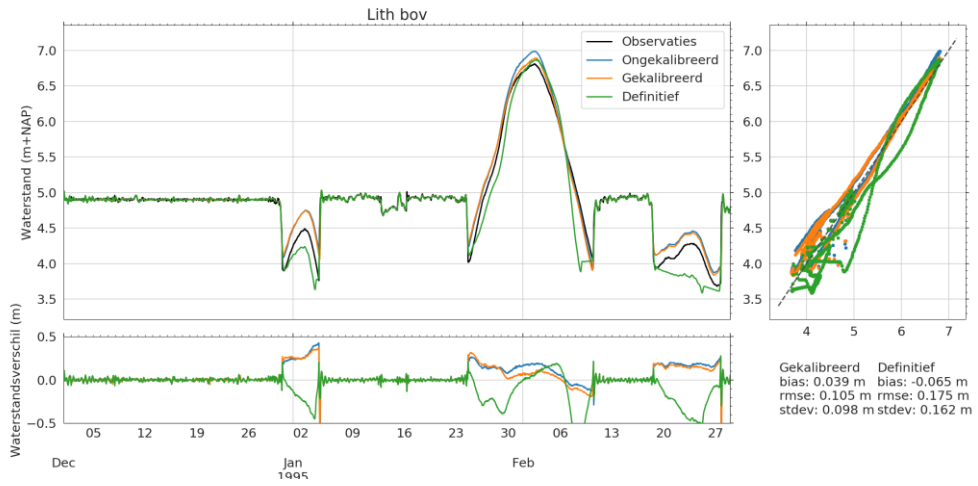


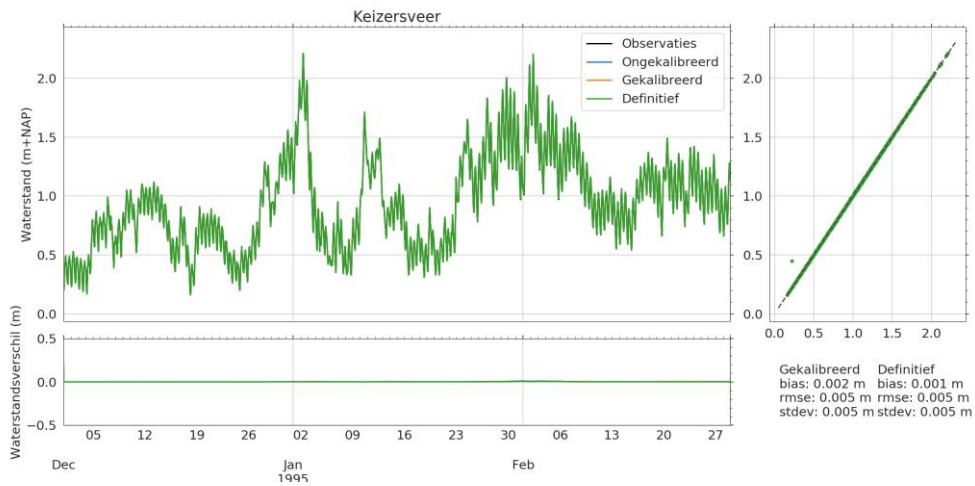
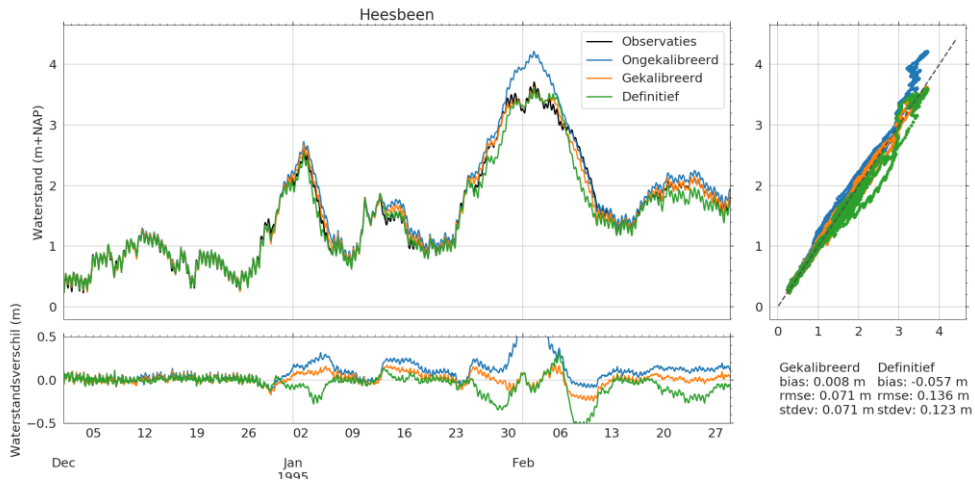




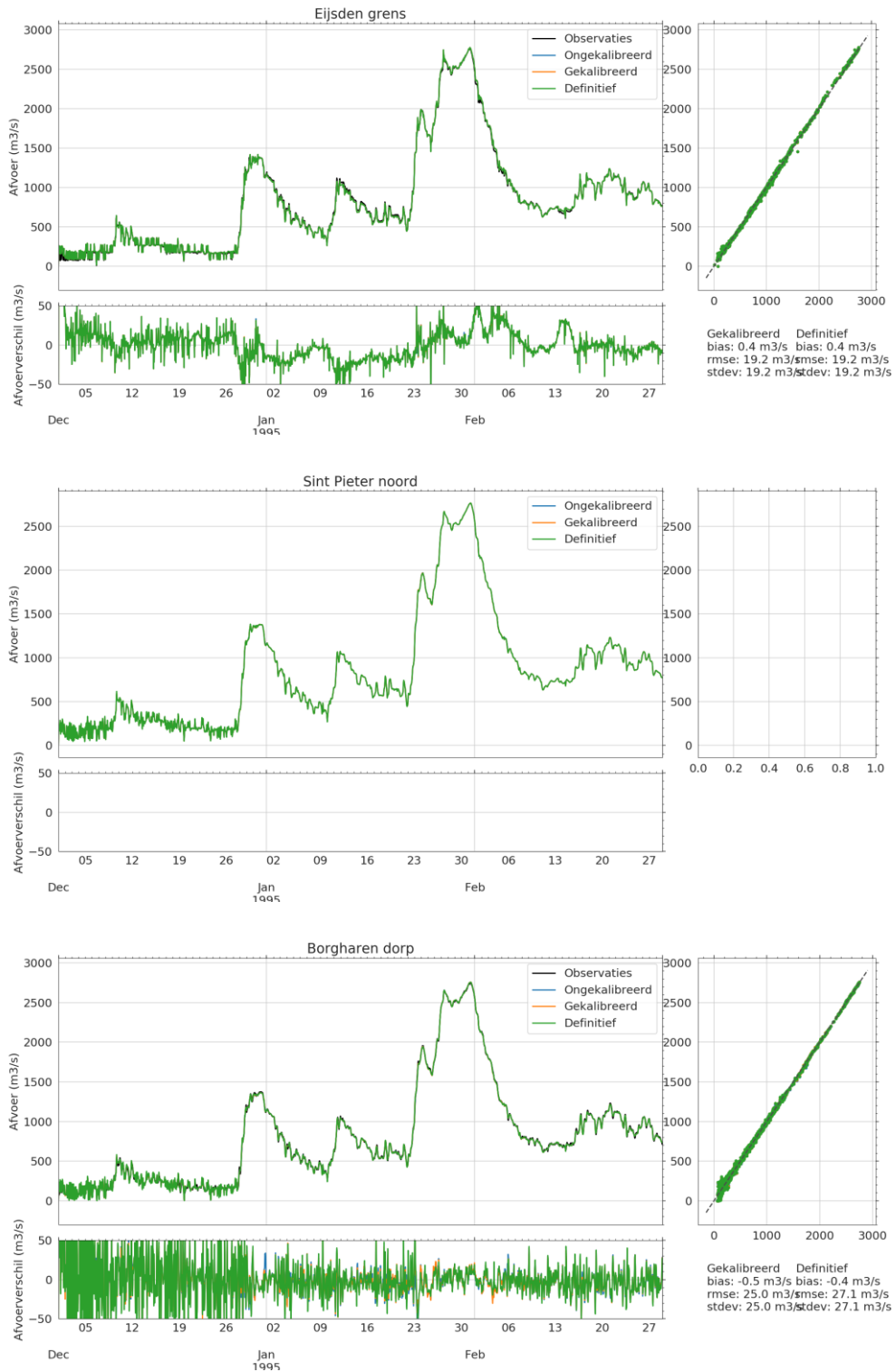


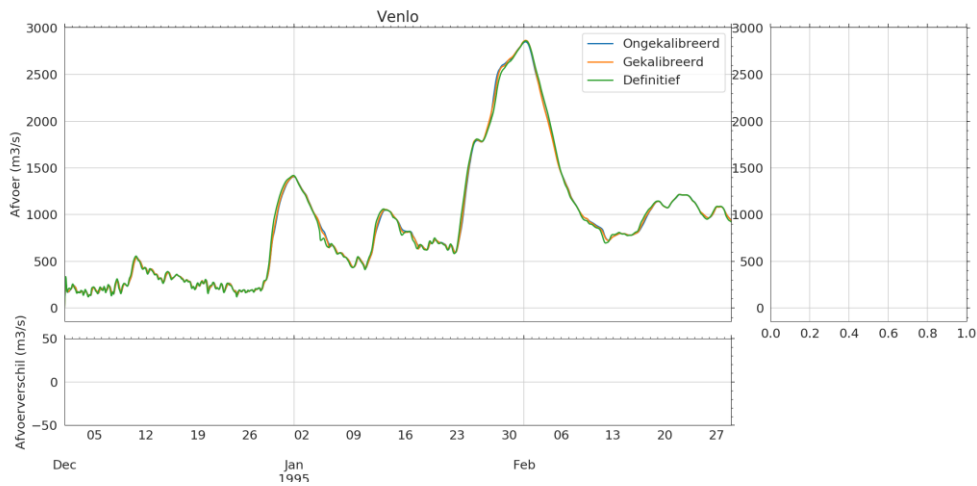
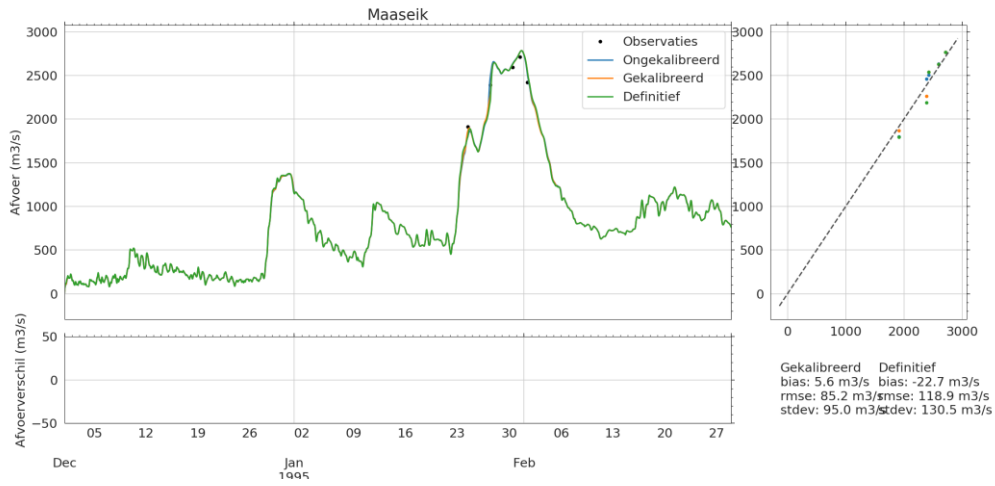


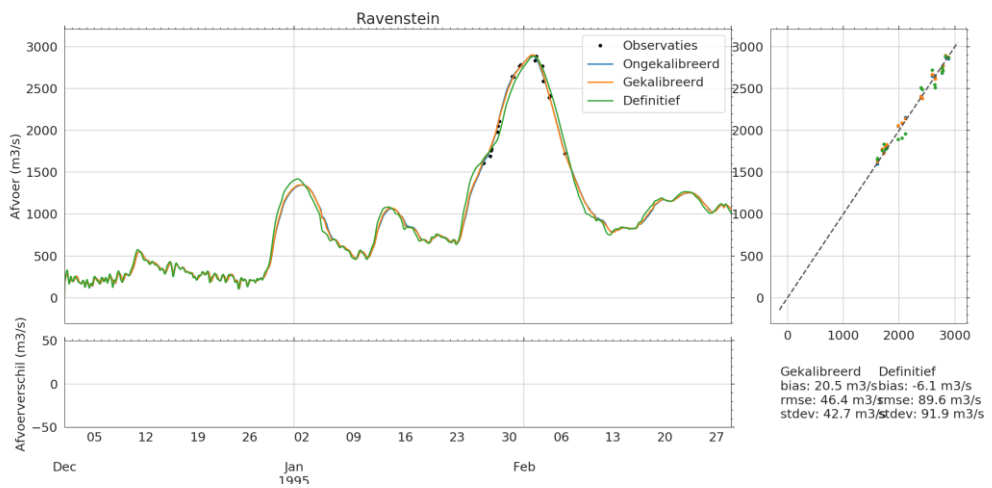
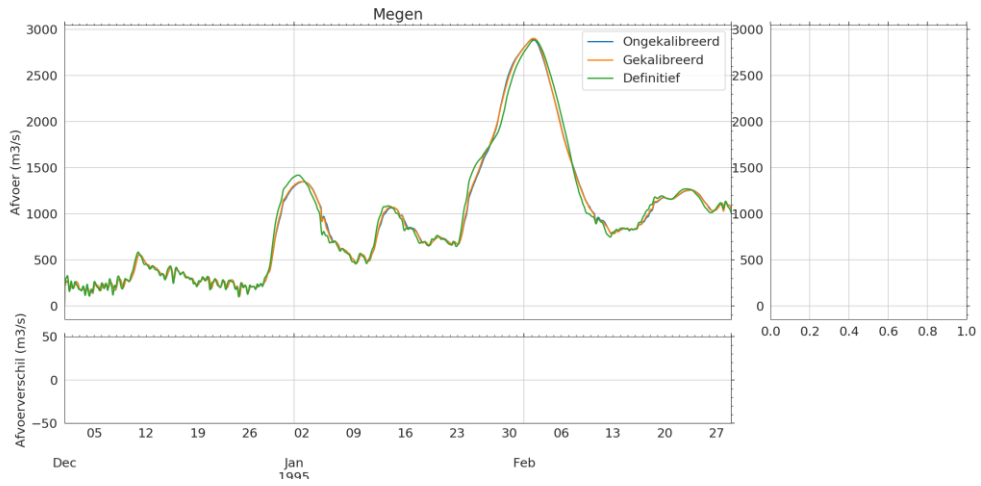




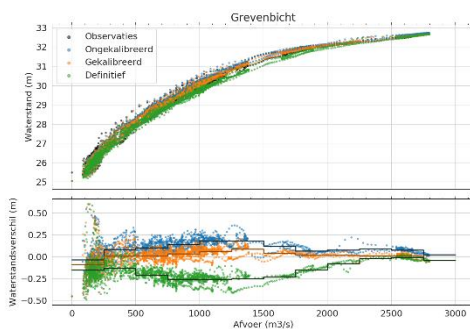
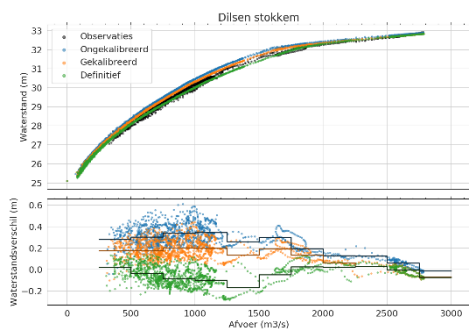
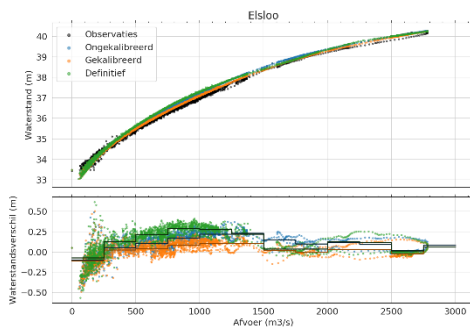
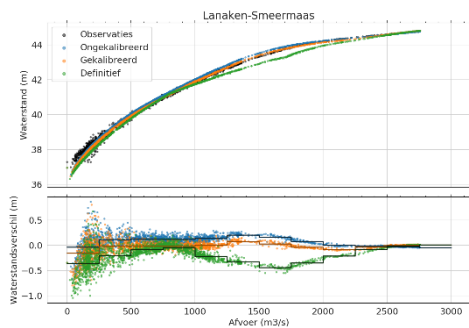
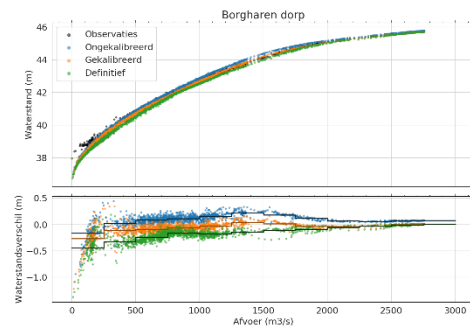
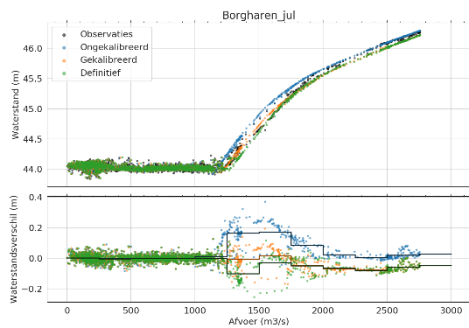
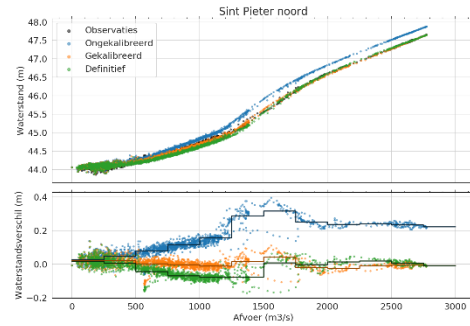
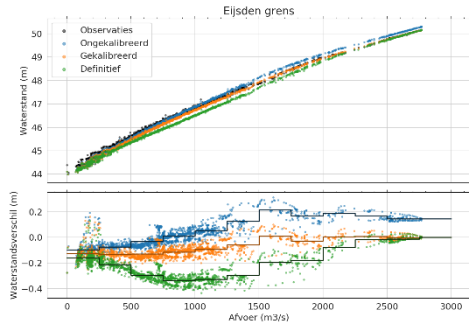
I.2.4 Tijdsseries afvoeren

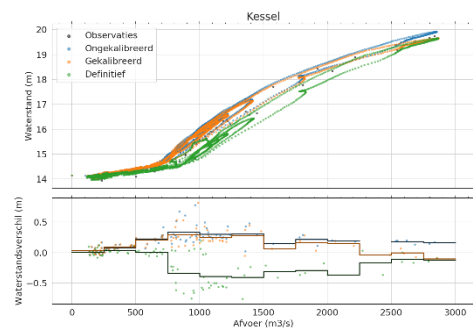
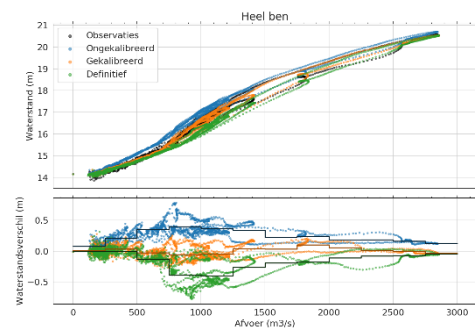
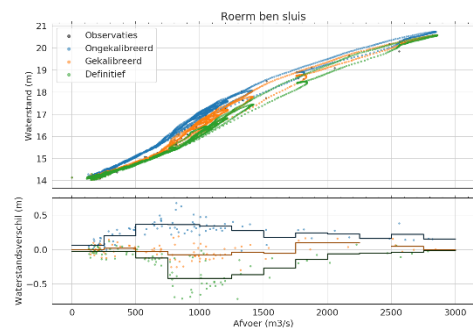
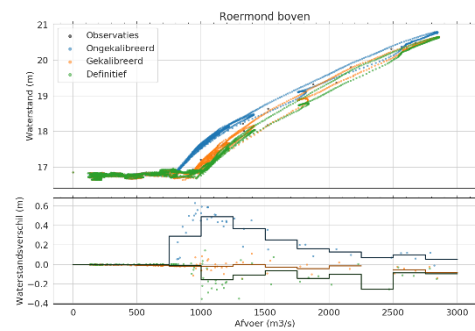
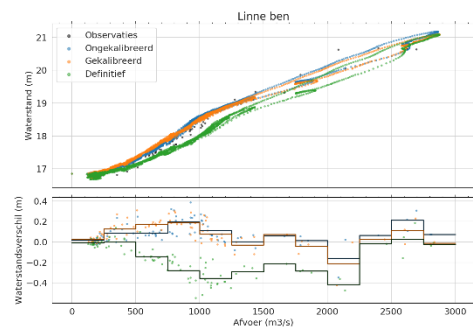
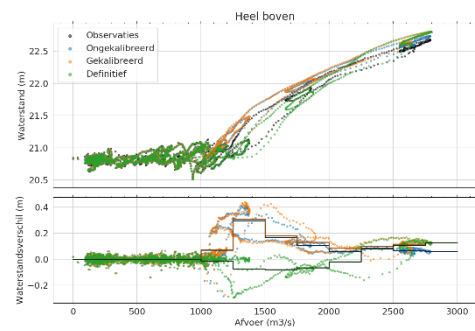
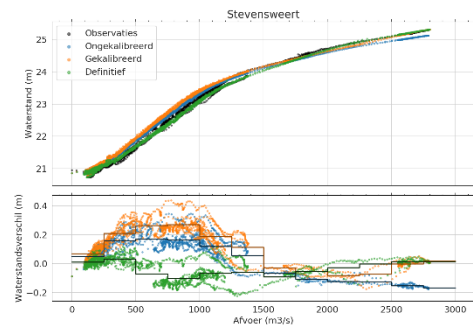
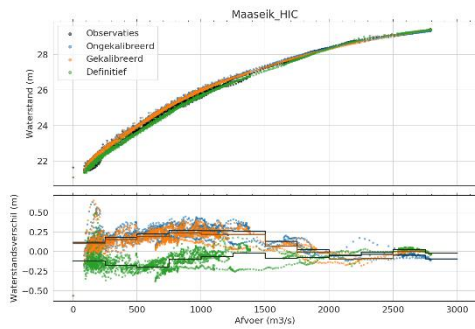


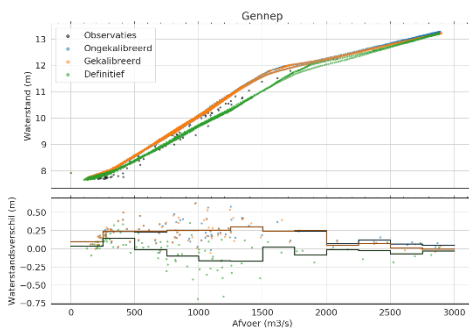
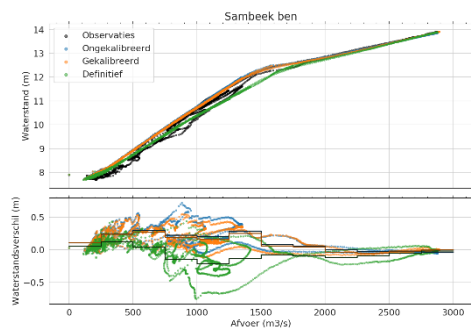
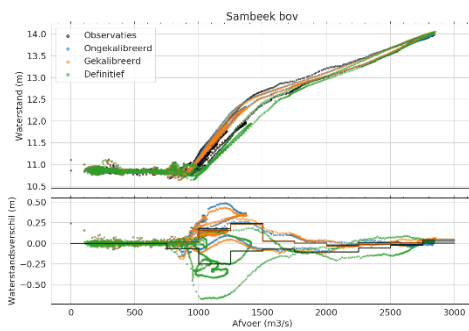
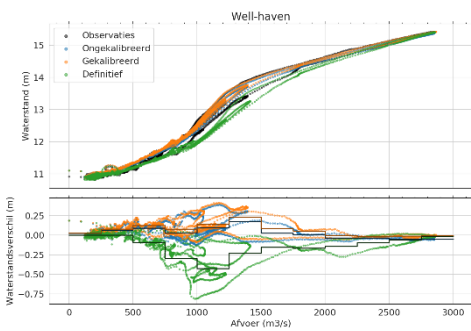
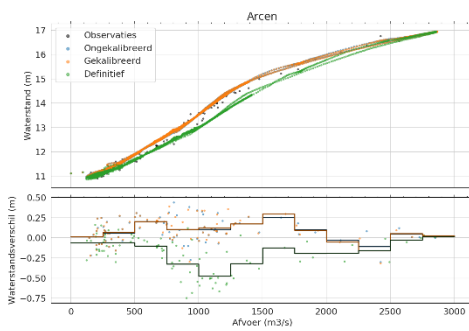
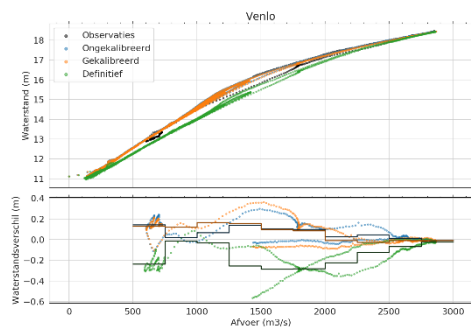
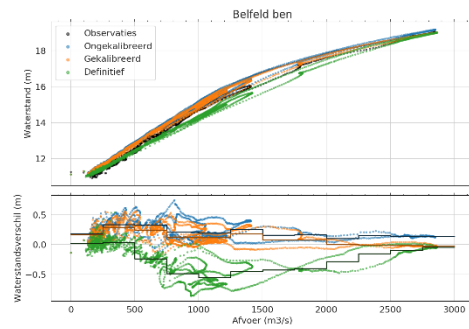
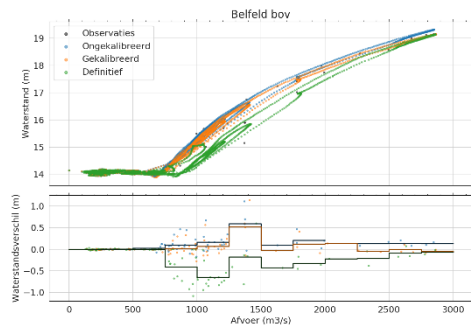


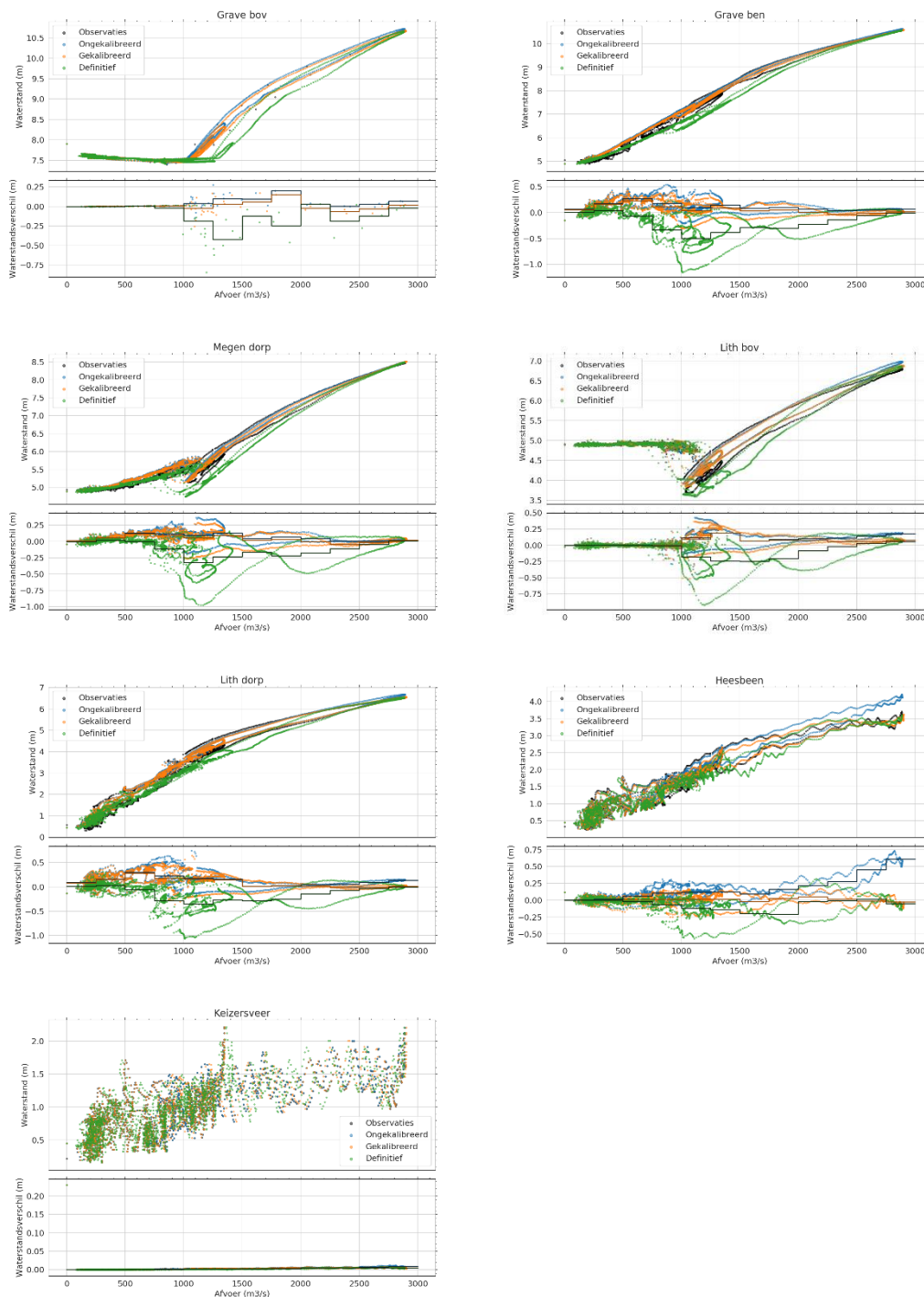


I.2.5 QH-figuren







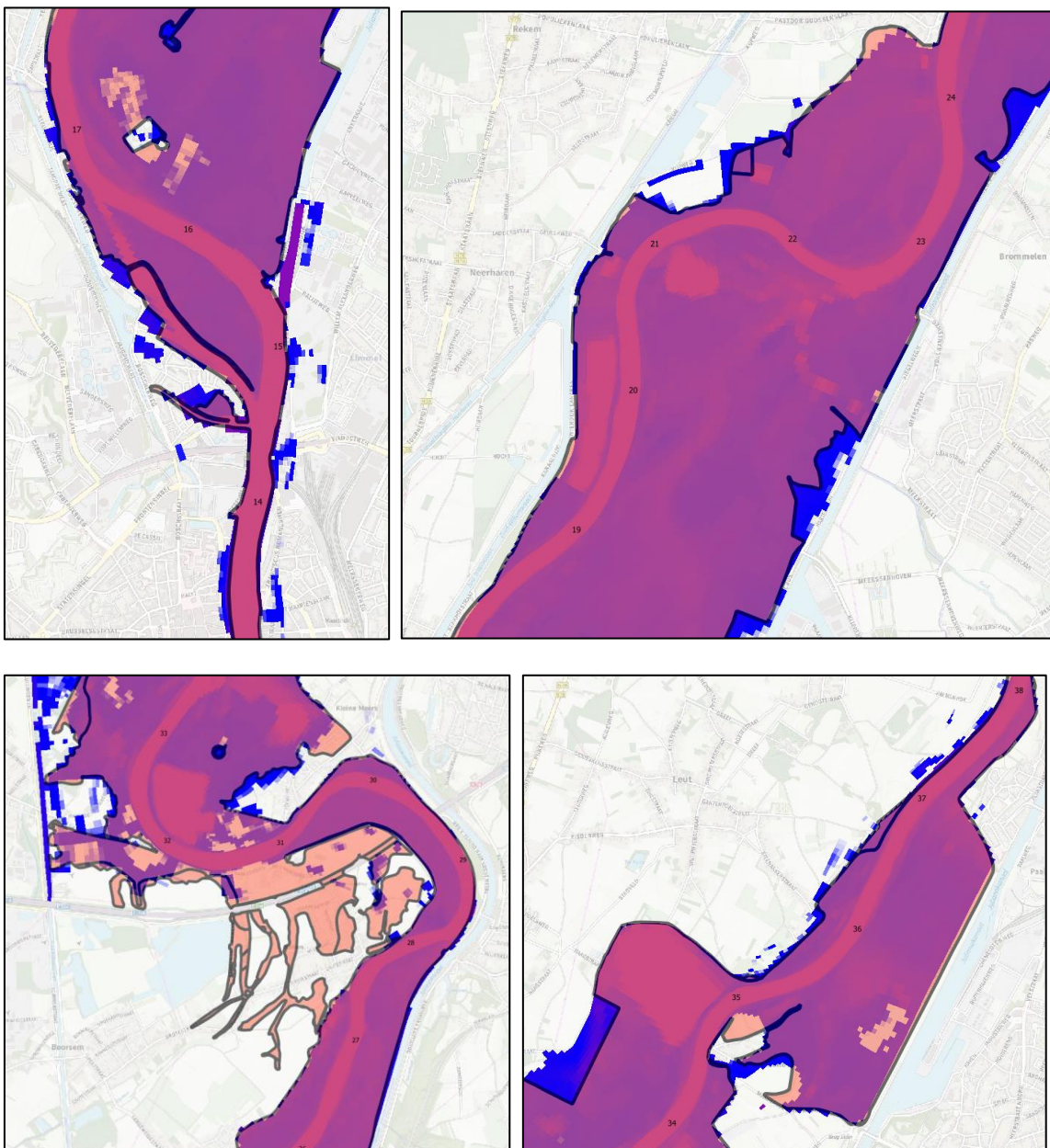


I.2.6 Vergelijking veekranden

Hieronder zijn enkele uitsneden opgenomen van kaarten van het maximale bereik van het water tijdens de piek van de afvoergolf in een vergelijking tussen model en metingen. De kleurschaling is als volgt:

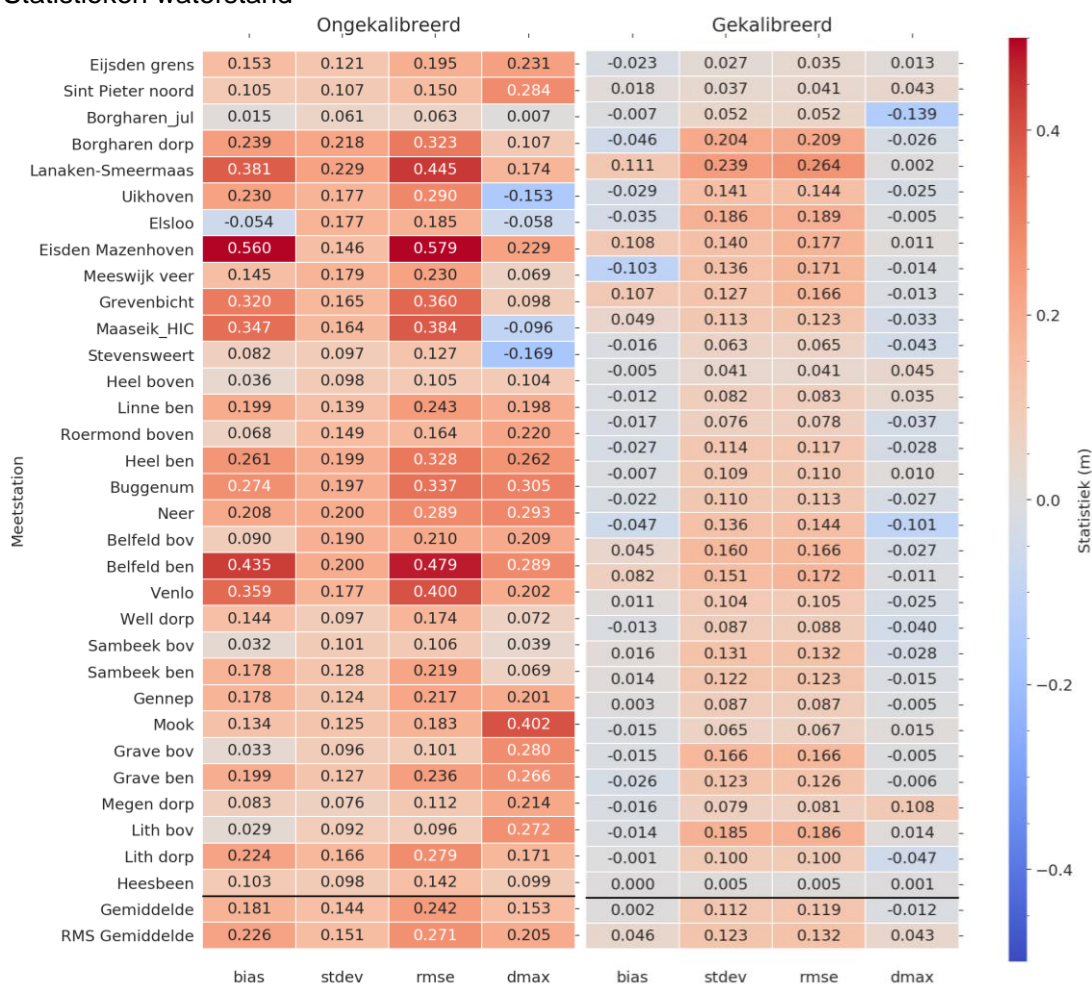
- Licht rood/roze: Wel geïnnundeerd volgens veekranden, niet in het model
- Blauw: Wel geïnnundeerd in het model, niet in de veekranden
- Paars: Inundatie in zowel model als veekranden

De conclusies zoals opgesteld in de analyse van Hoogwater 1993 (zie Bijlage I.1.6), gelden ook hier.

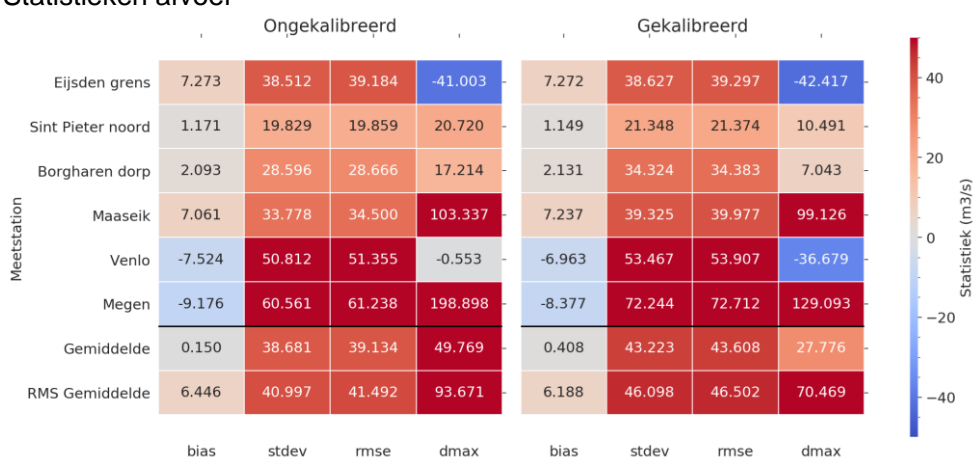


I.3 Hoogwater 2010-2011

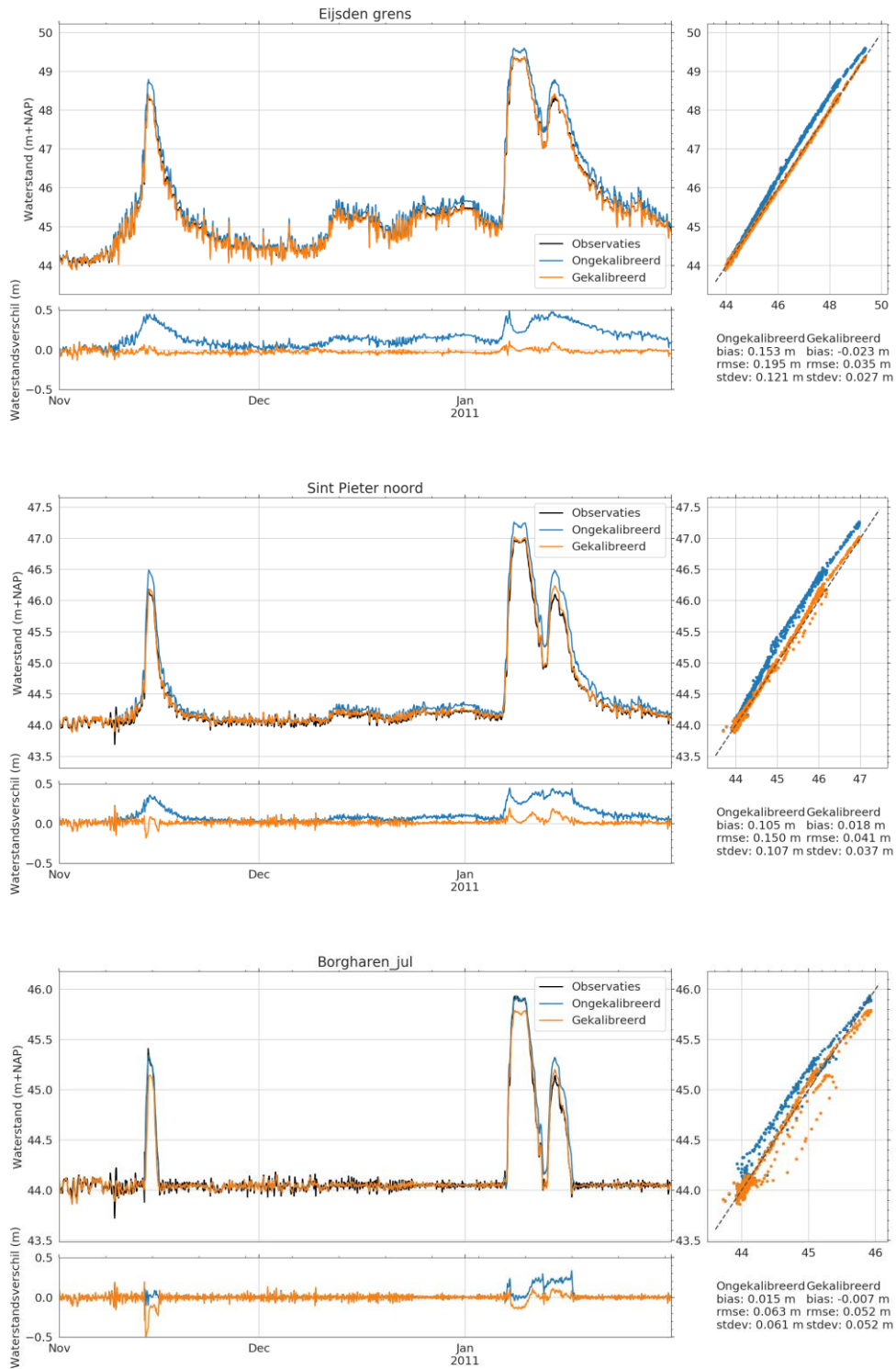
I.3.1 Statistieken waterstand

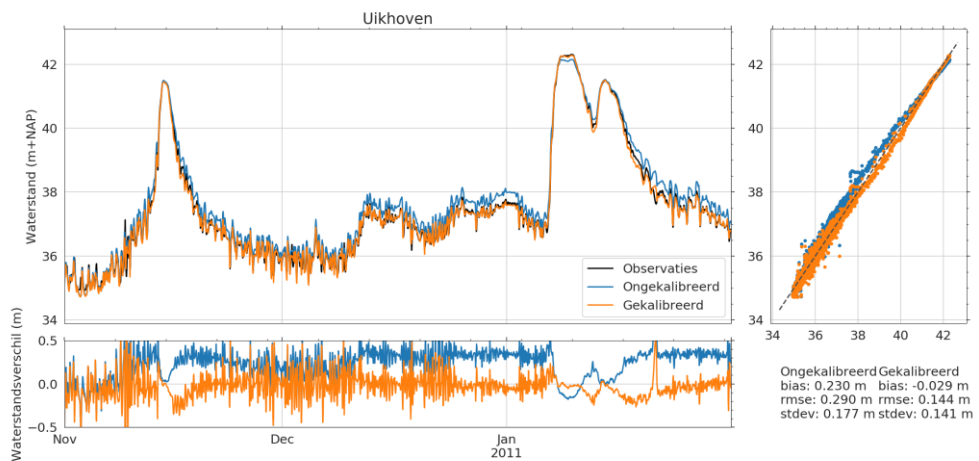
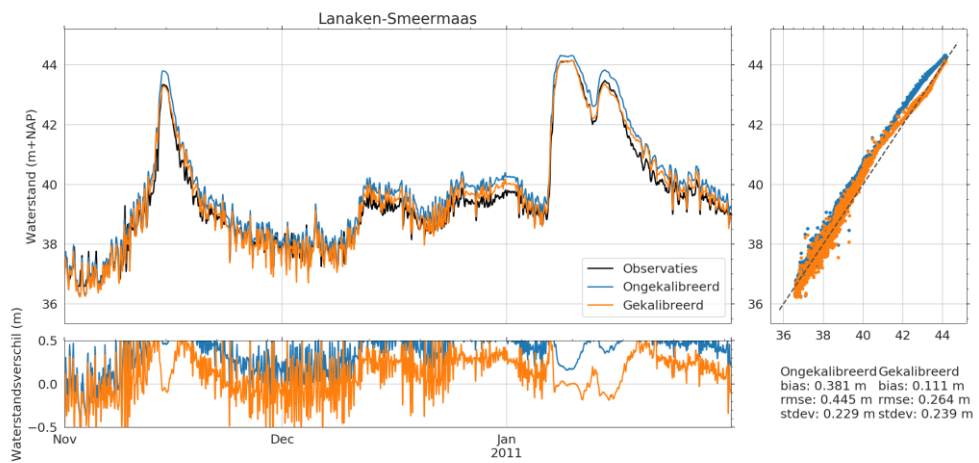
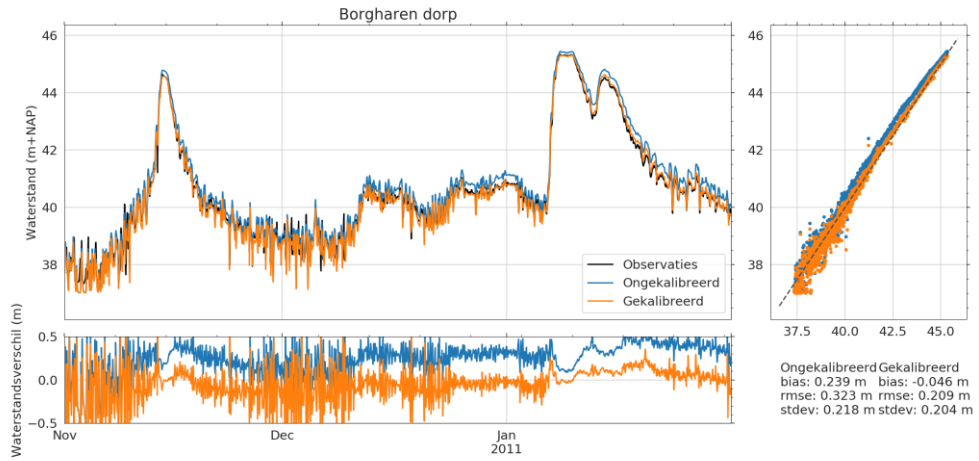


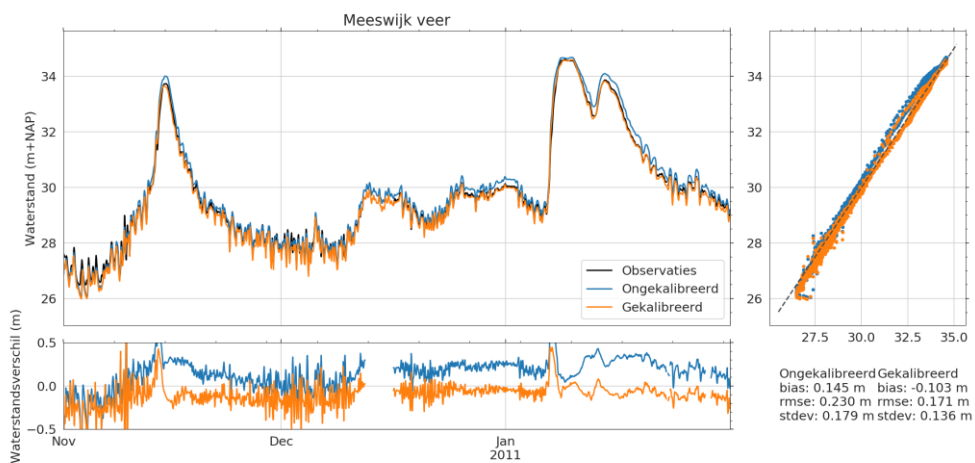
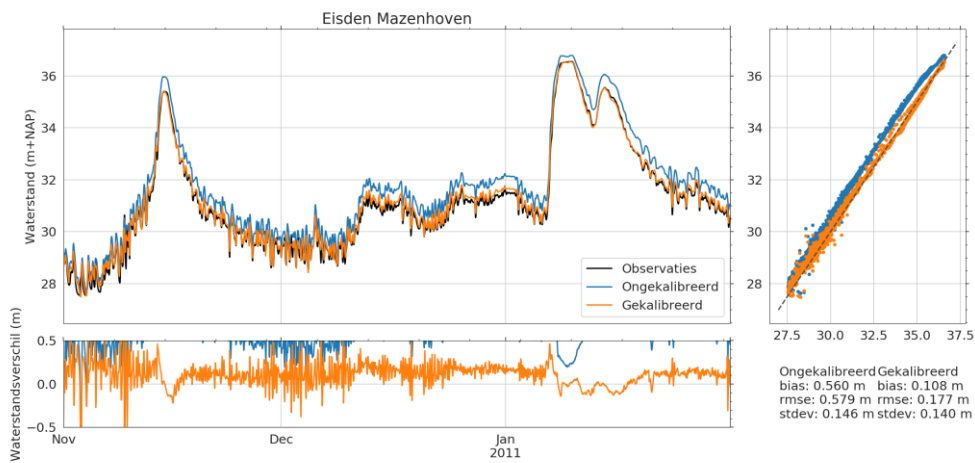
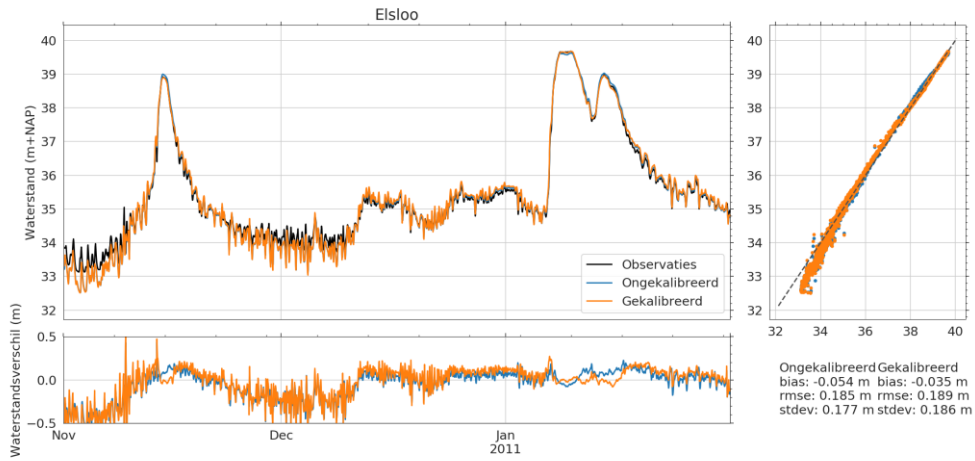
I.3.2 Statistieken afvoer

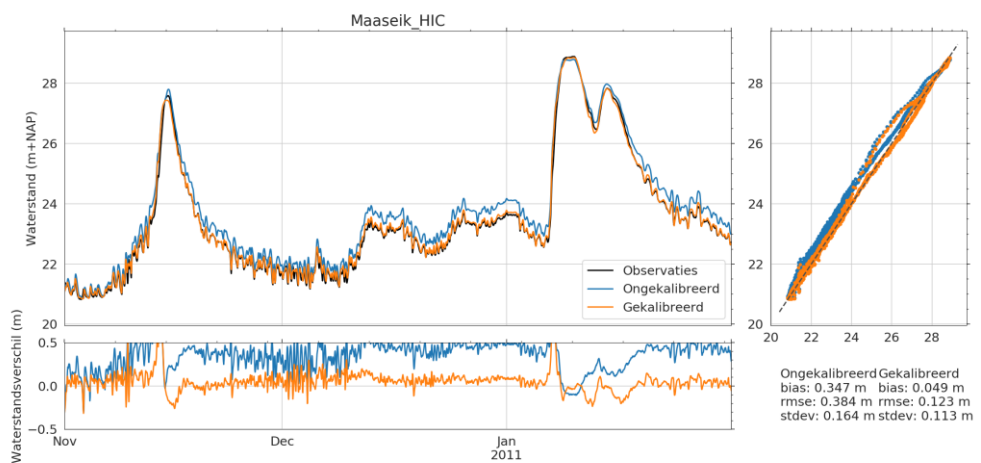
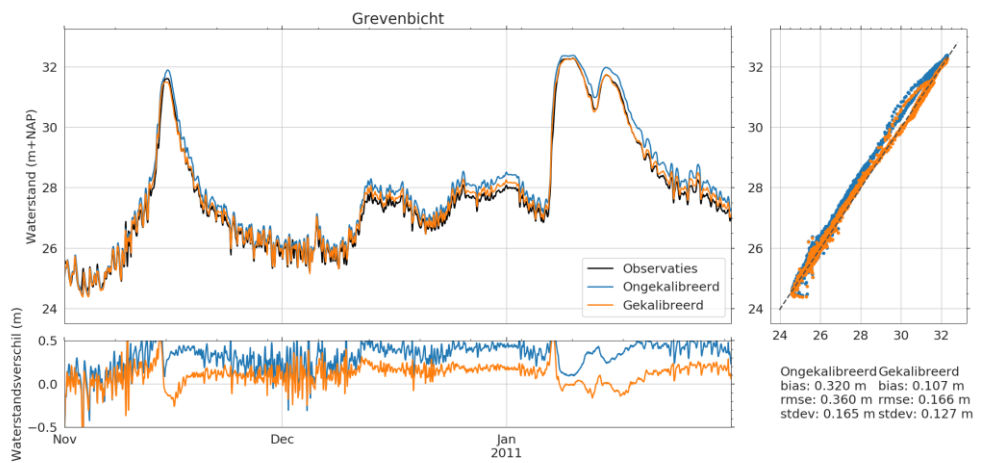
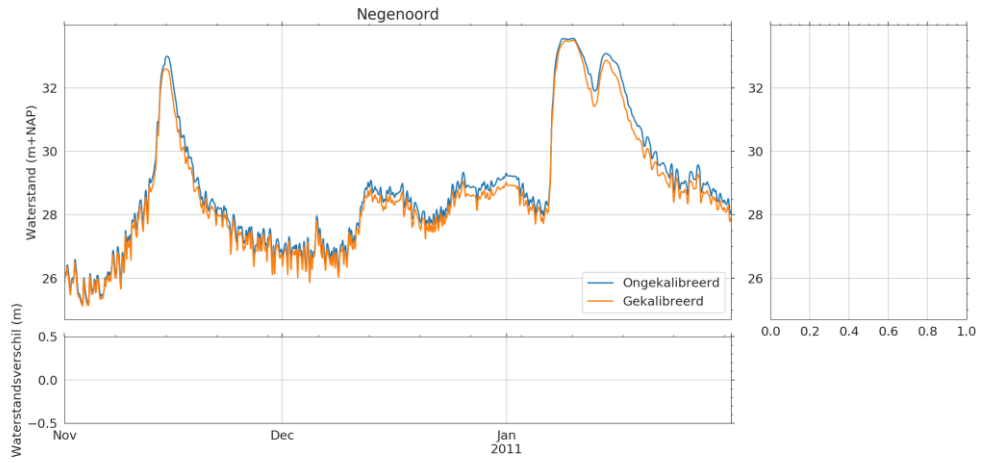


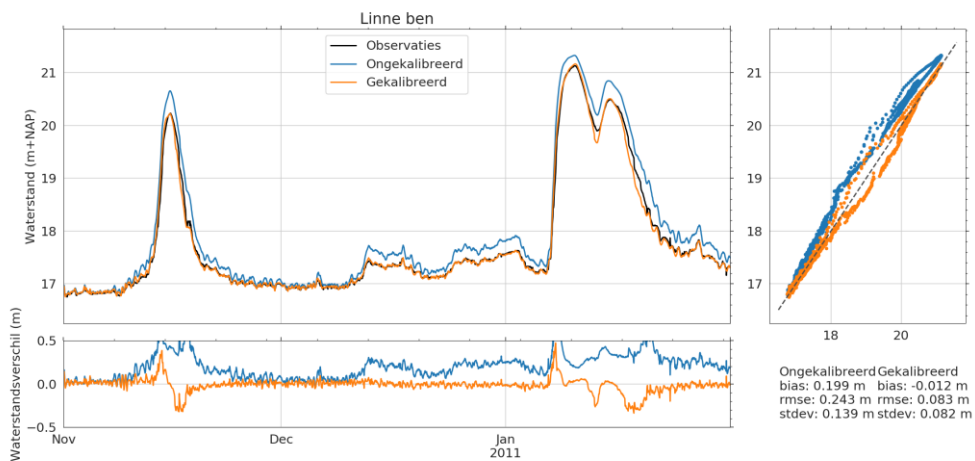
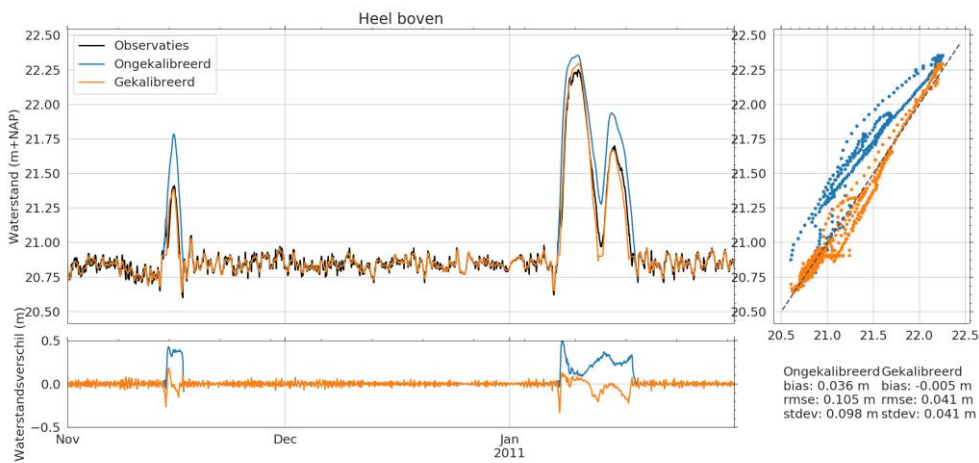
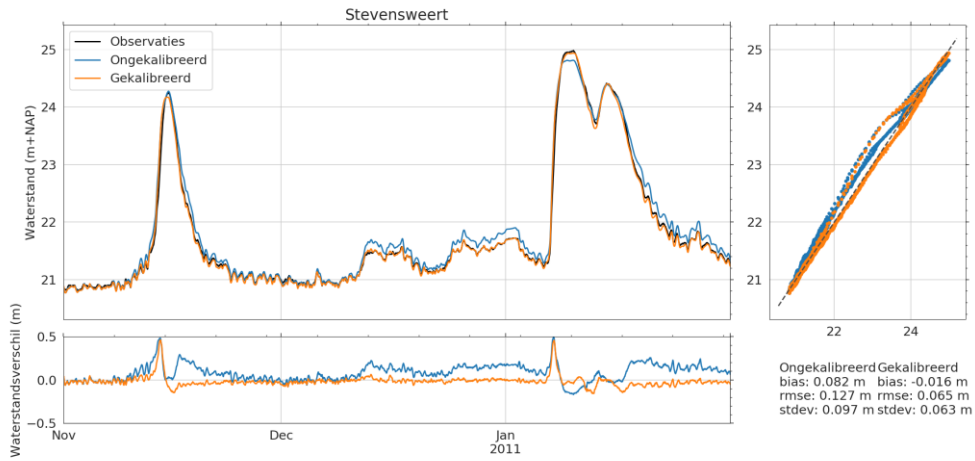
I.3.3 Tijdsseries waterstanden

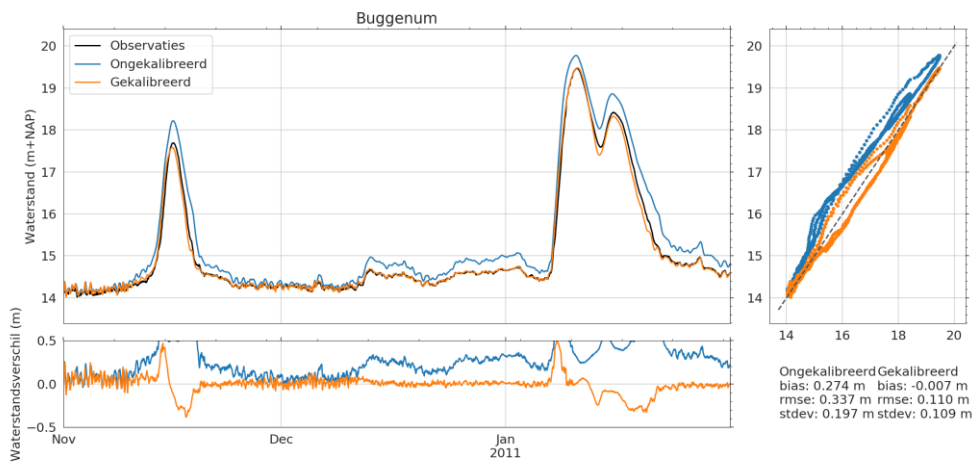
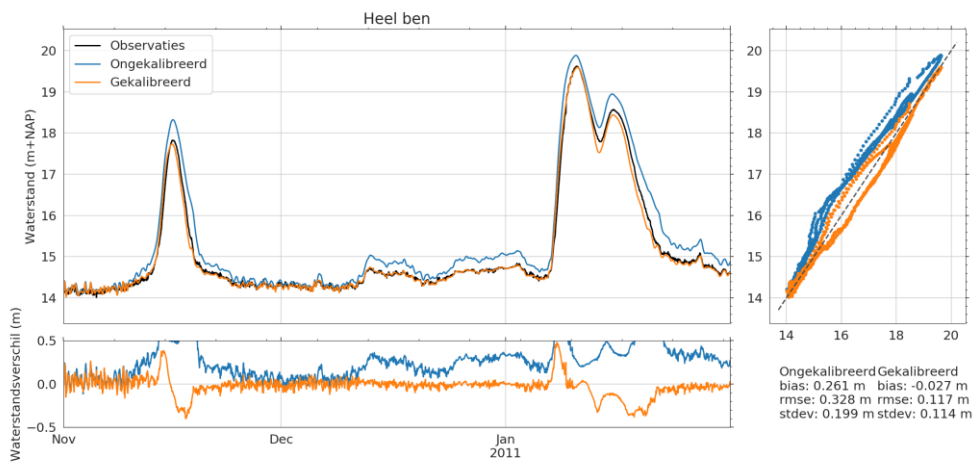
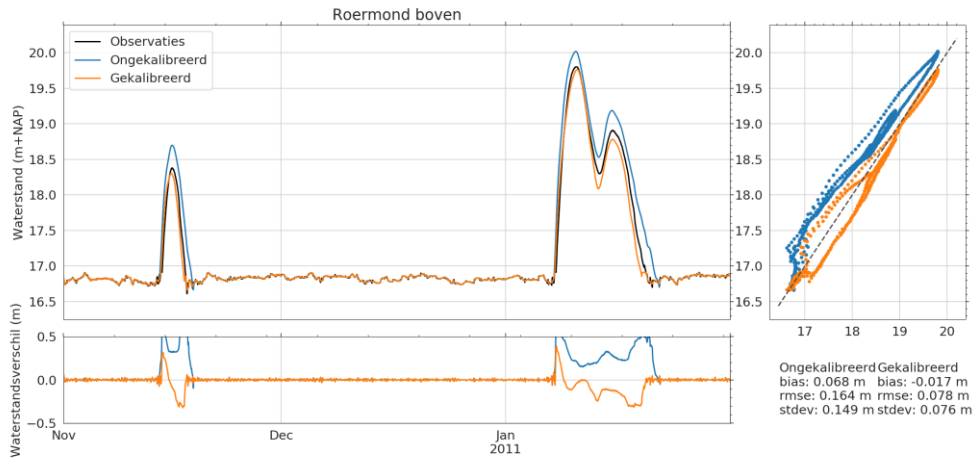


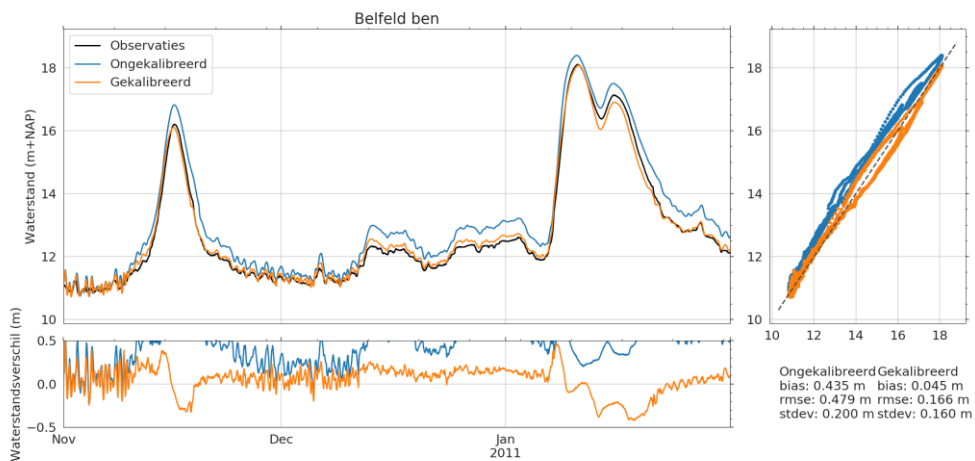
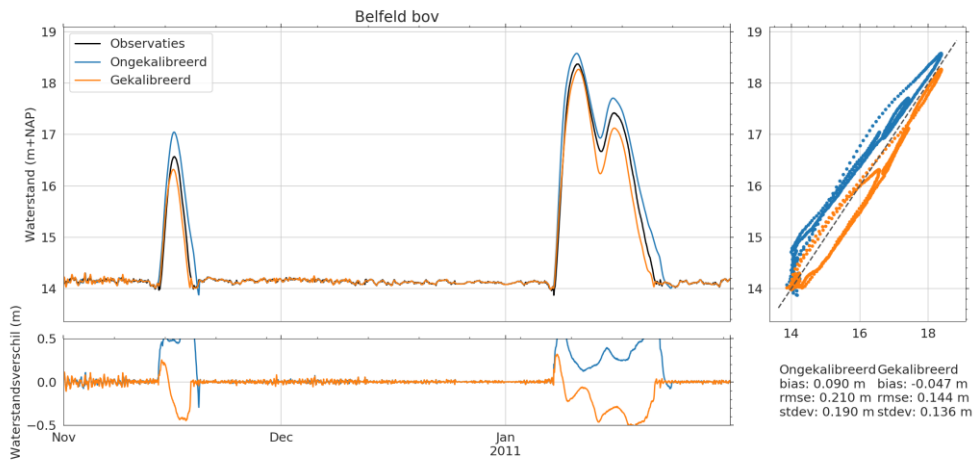
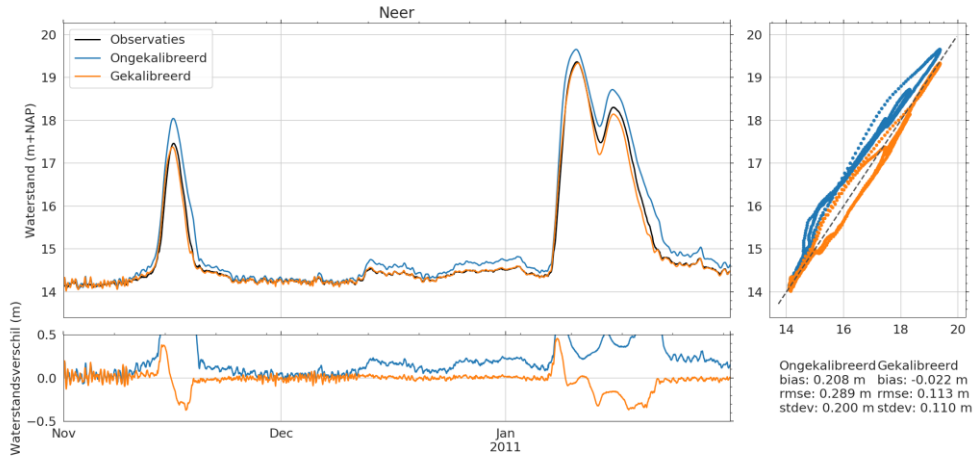


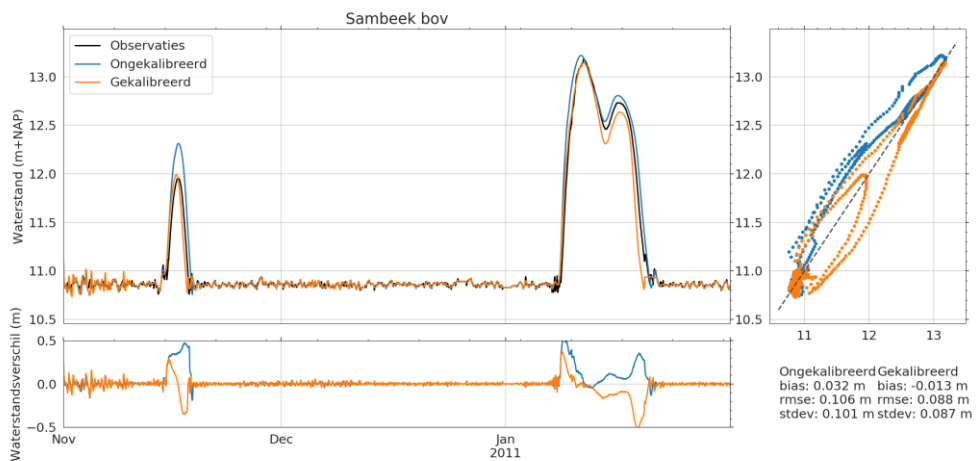
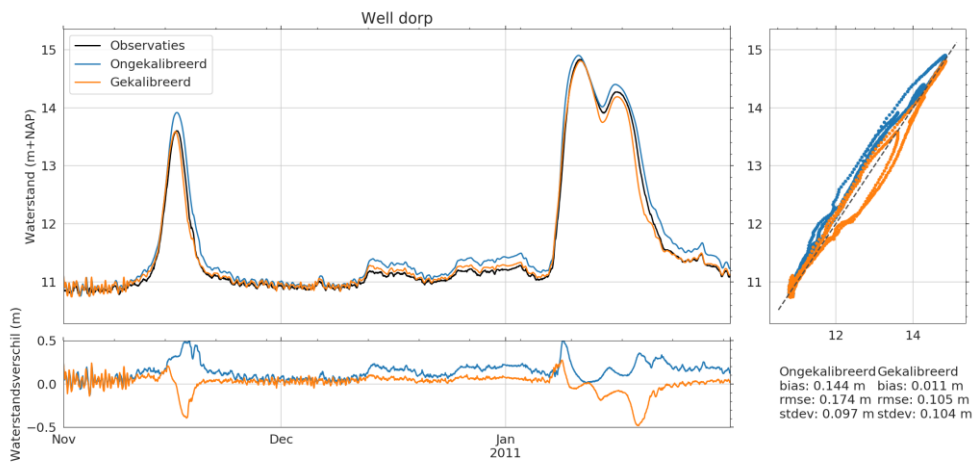
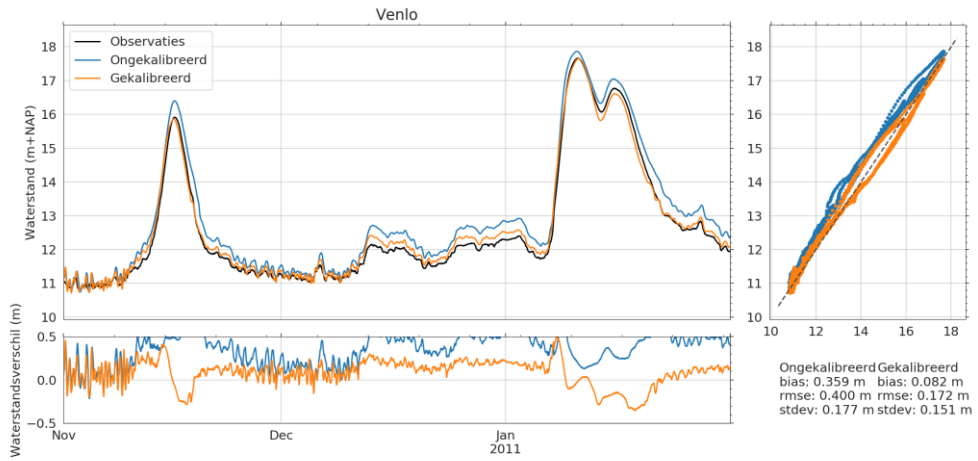


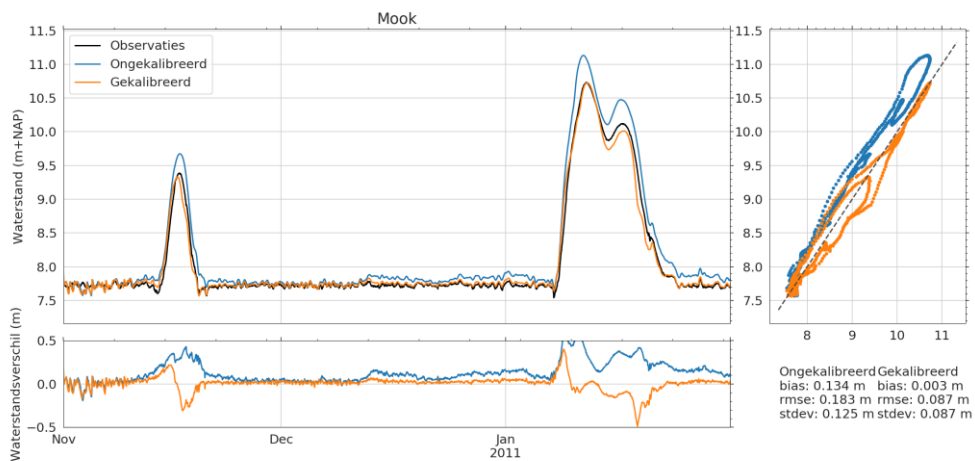
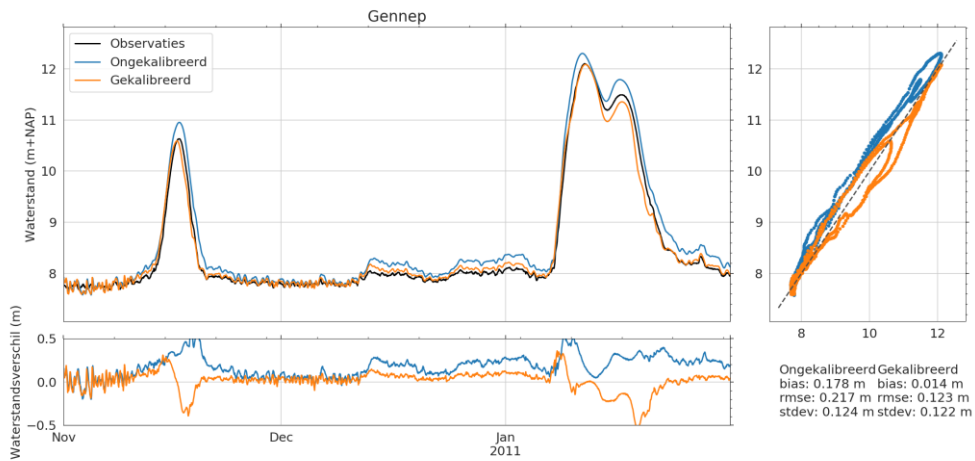
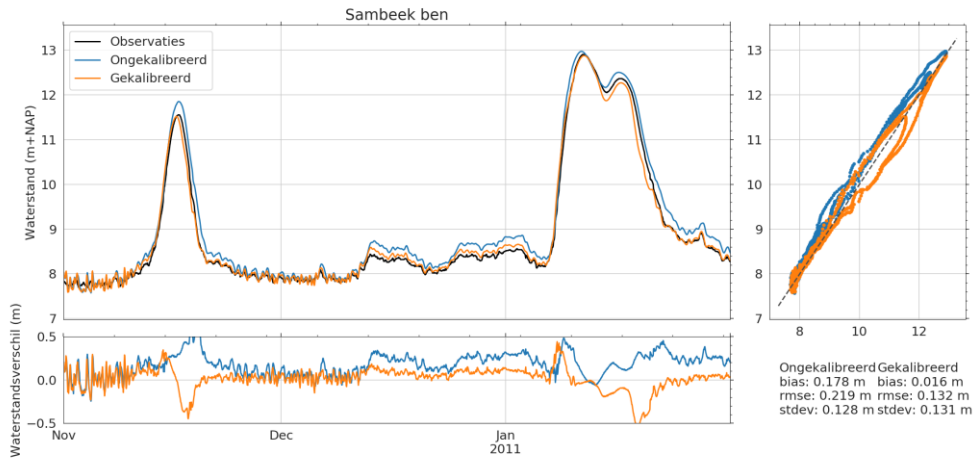


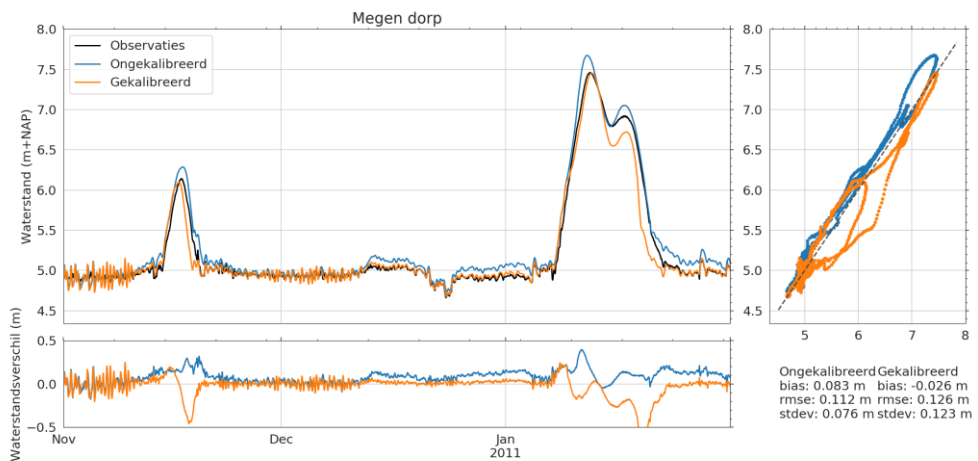
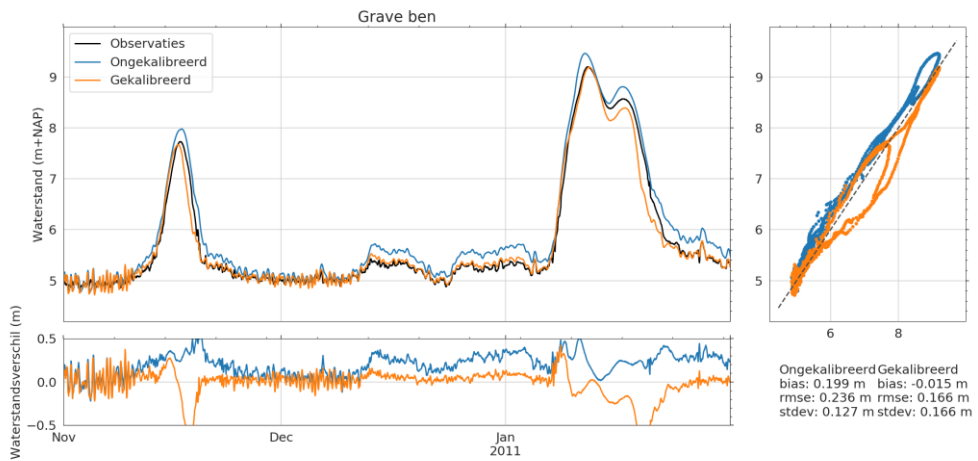
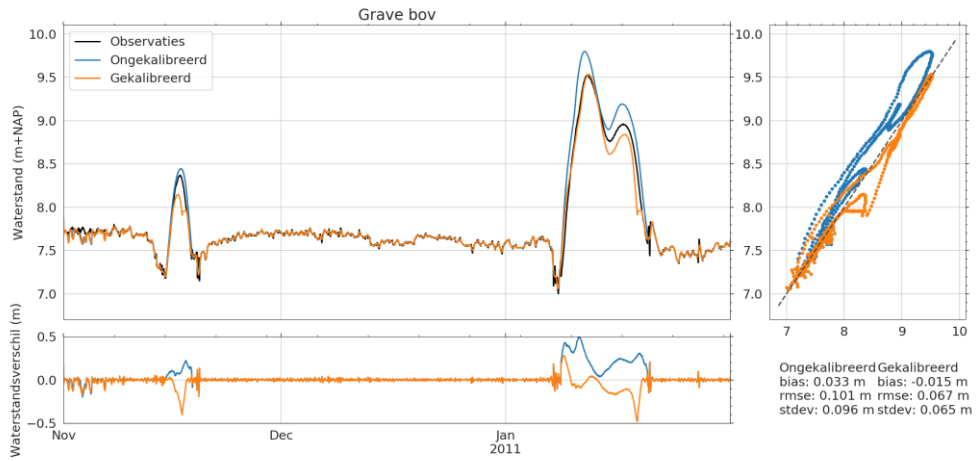


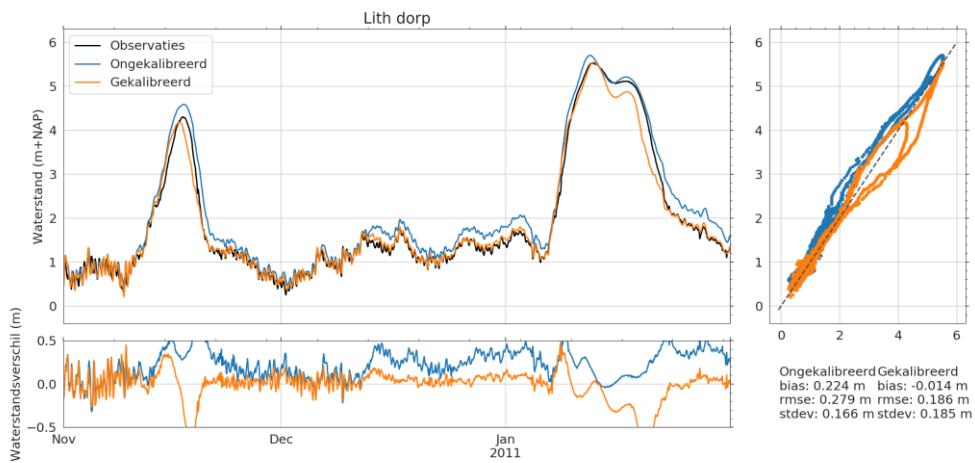
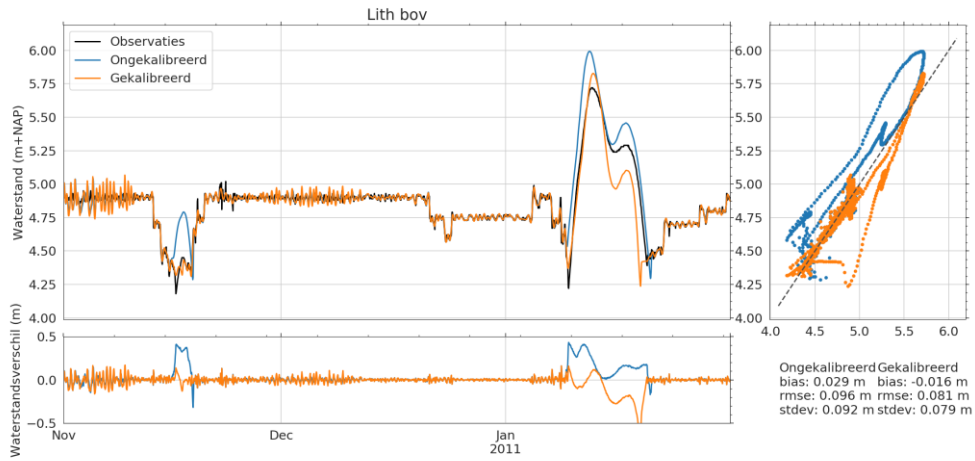


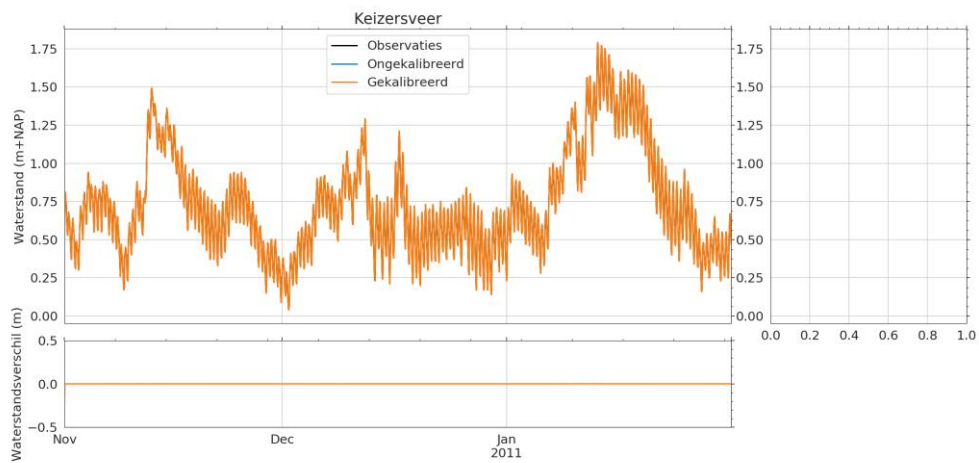
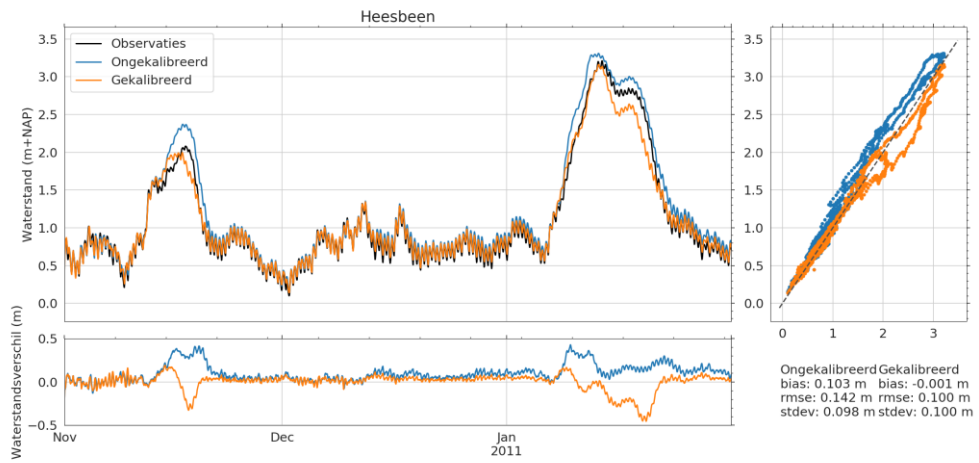




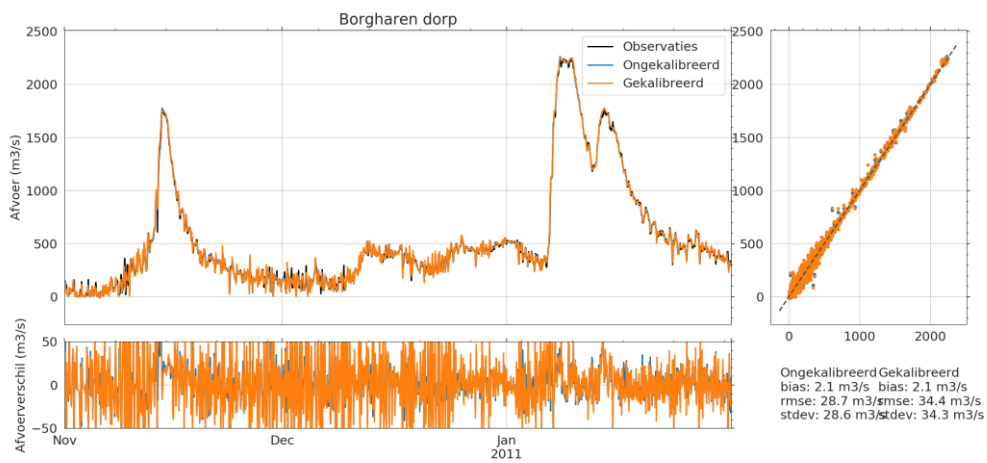
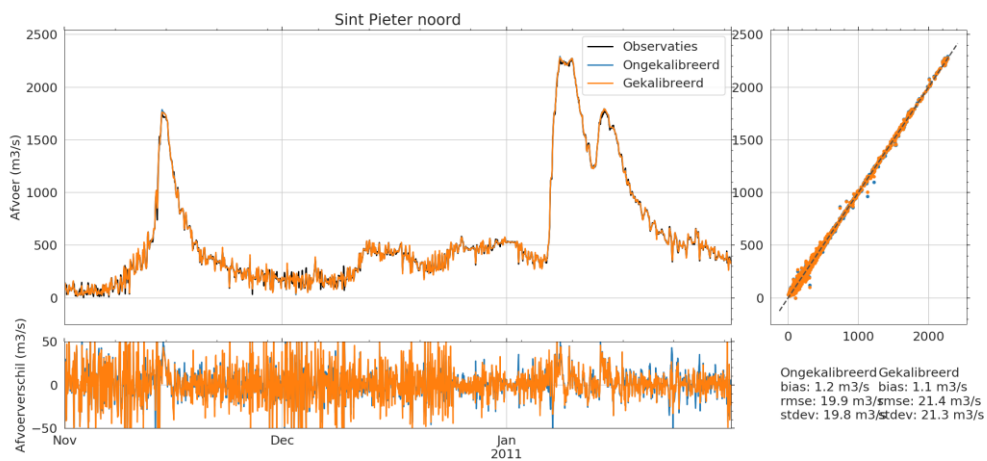
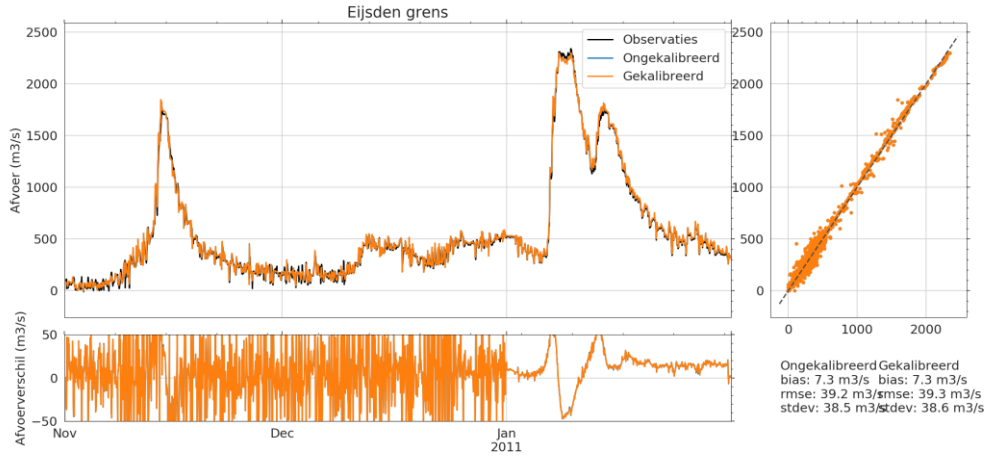


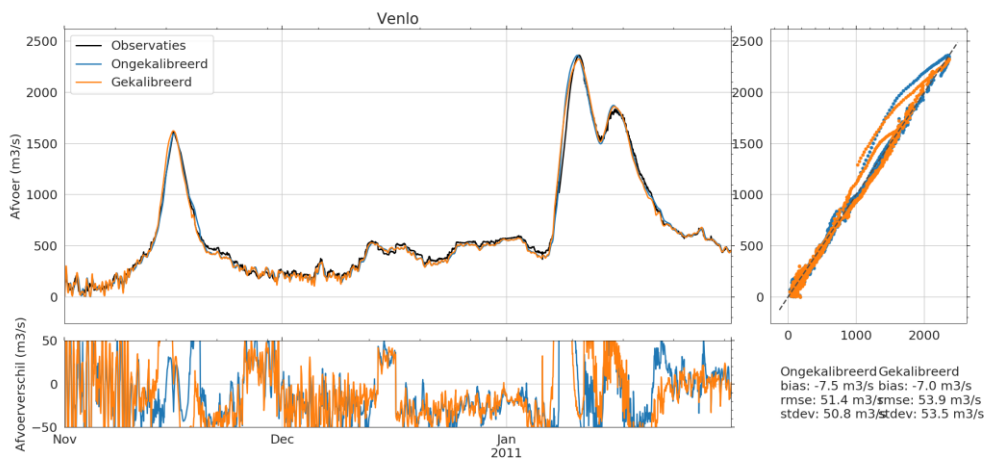
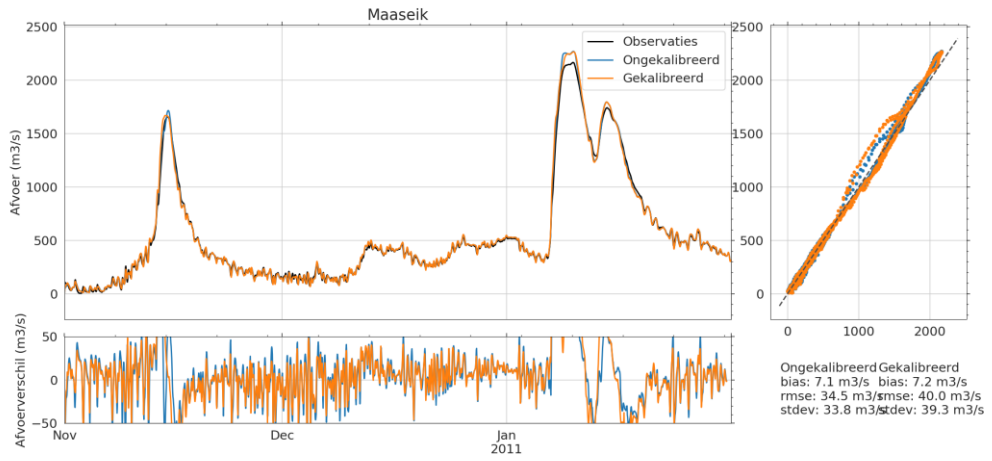


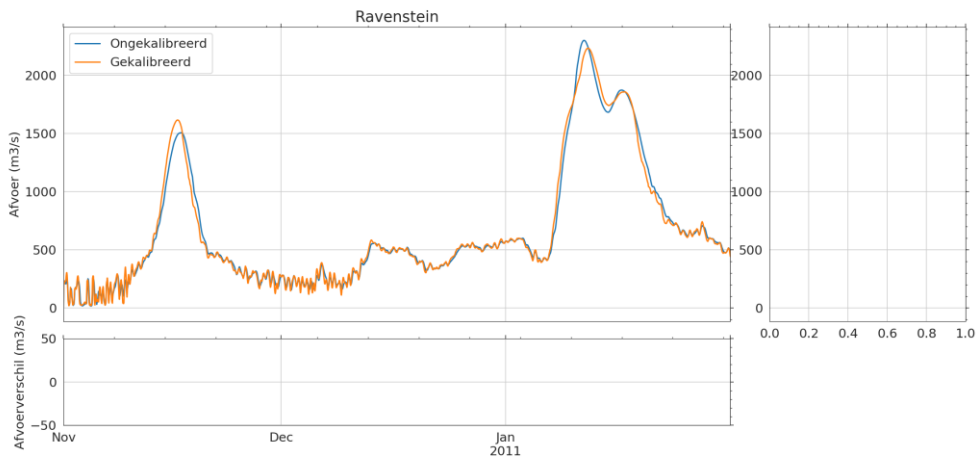
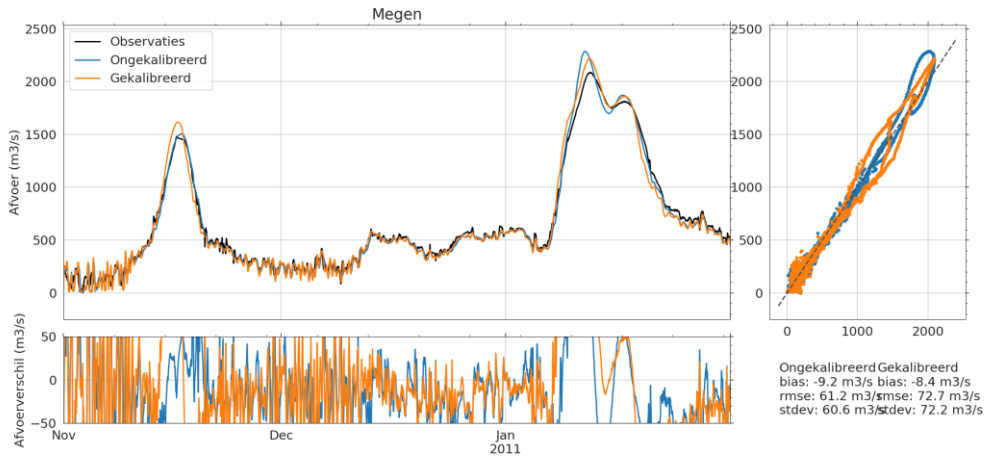




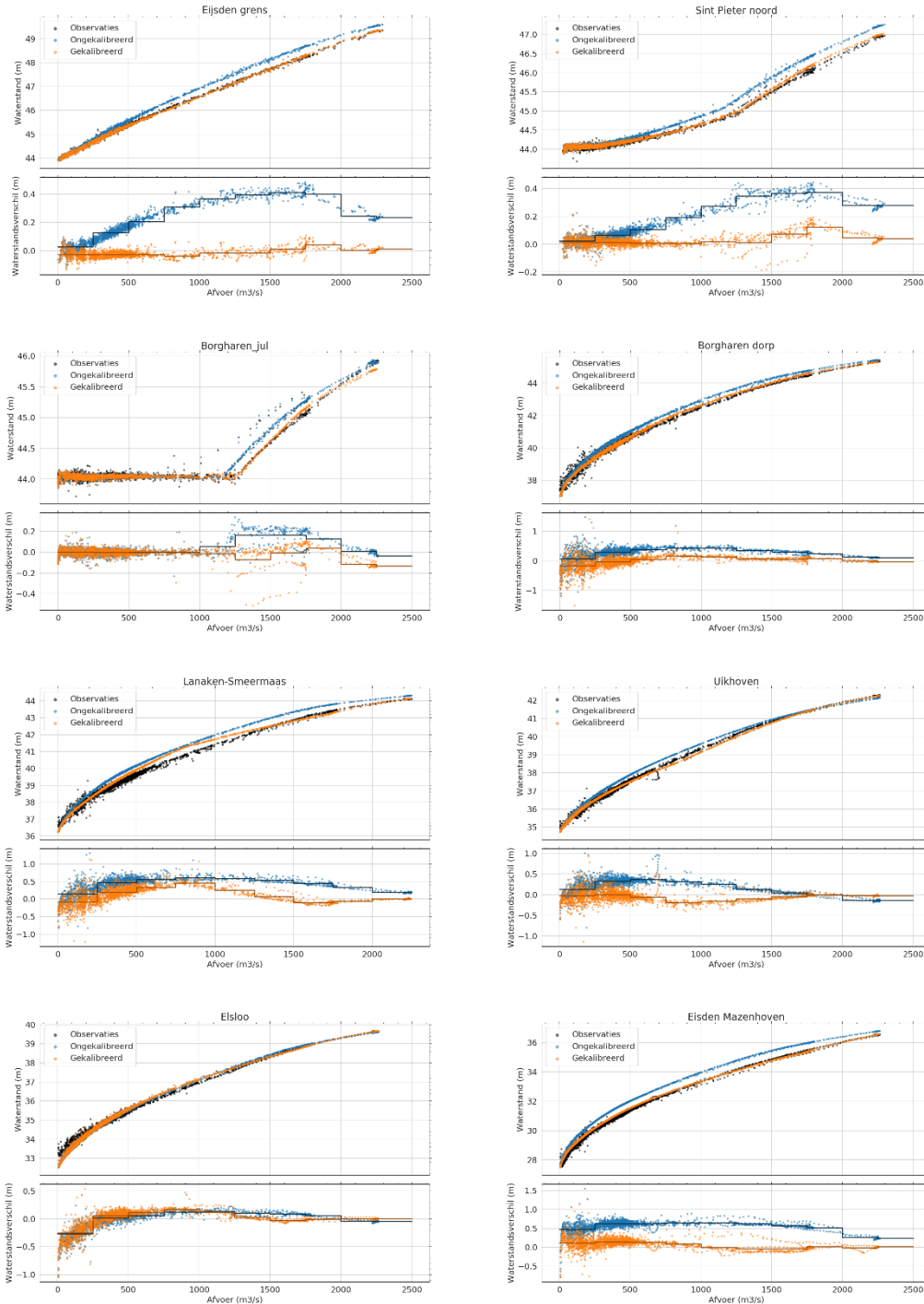
I.3.4 Tijdsreefs afvoeren

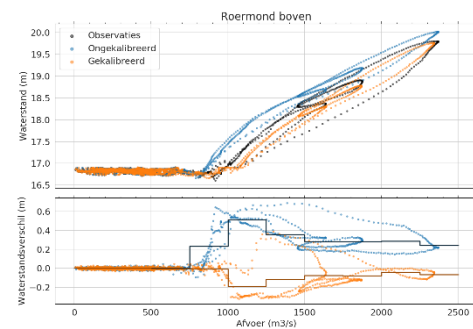
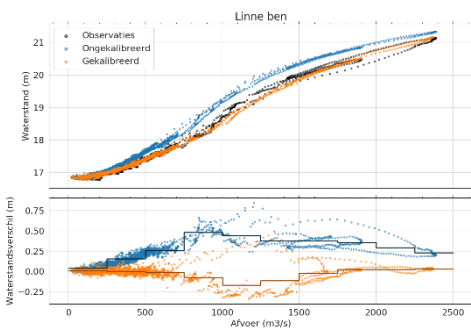
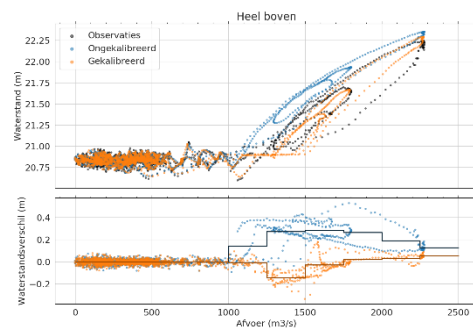
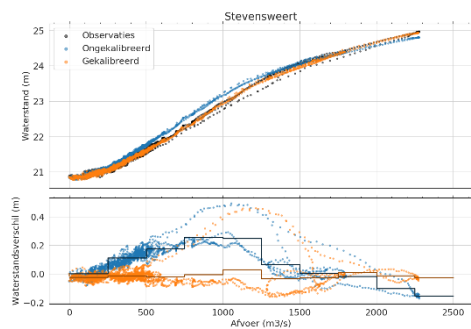
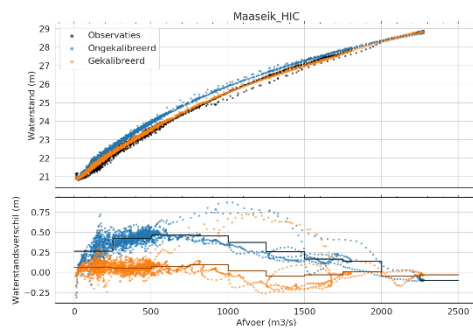
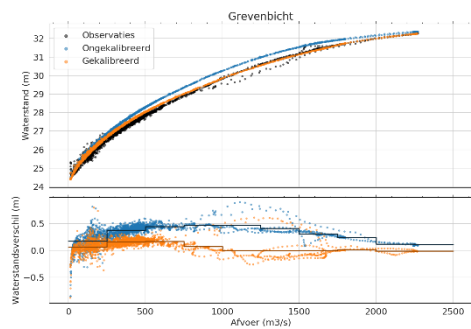
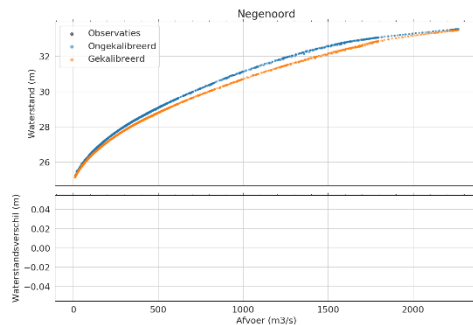
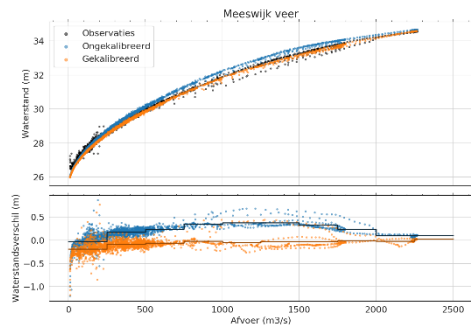


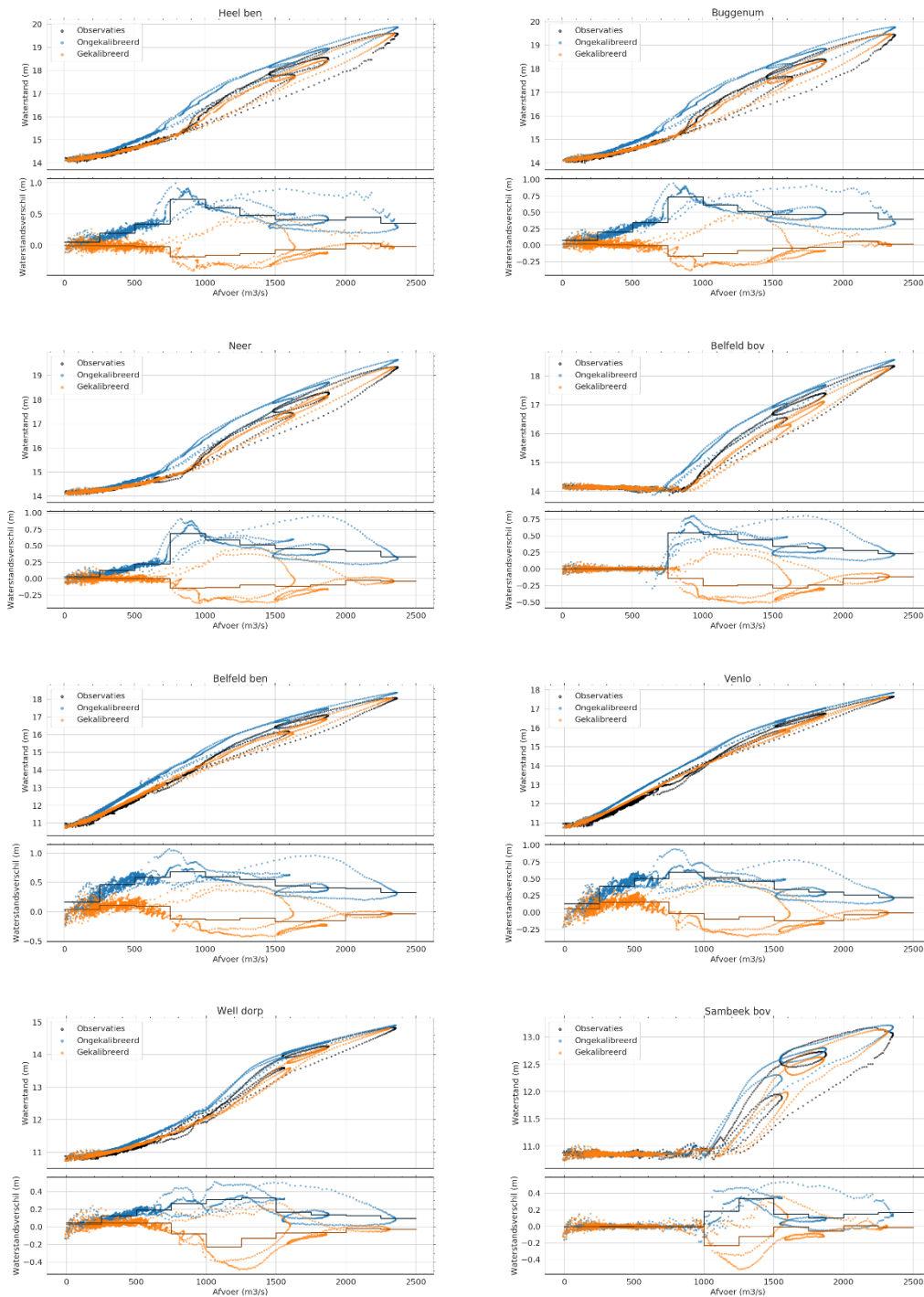


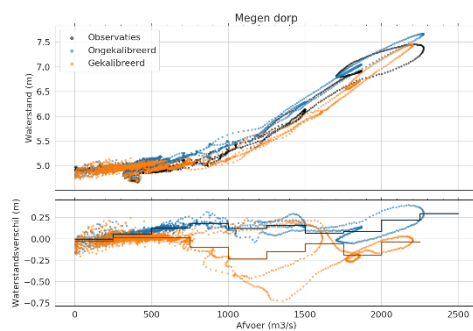
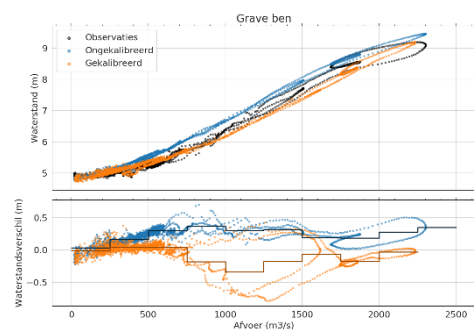
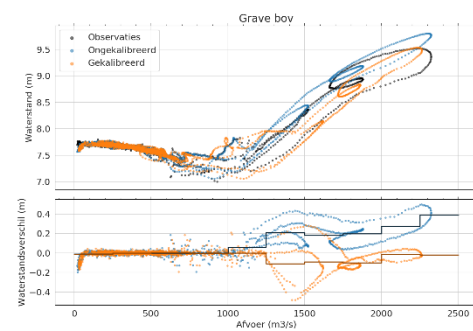
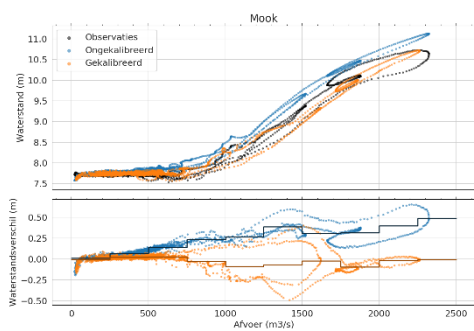
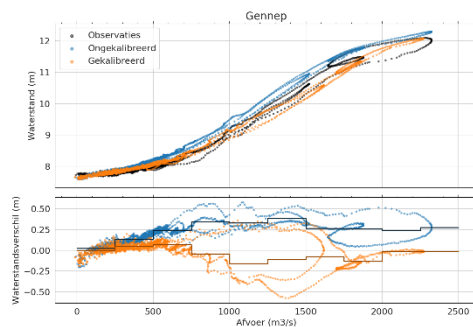
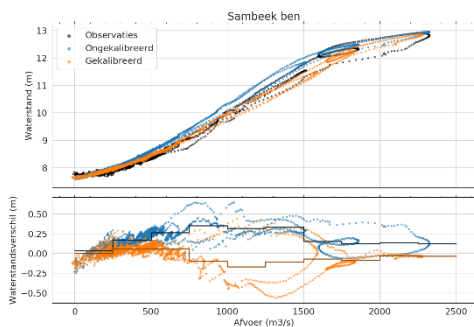


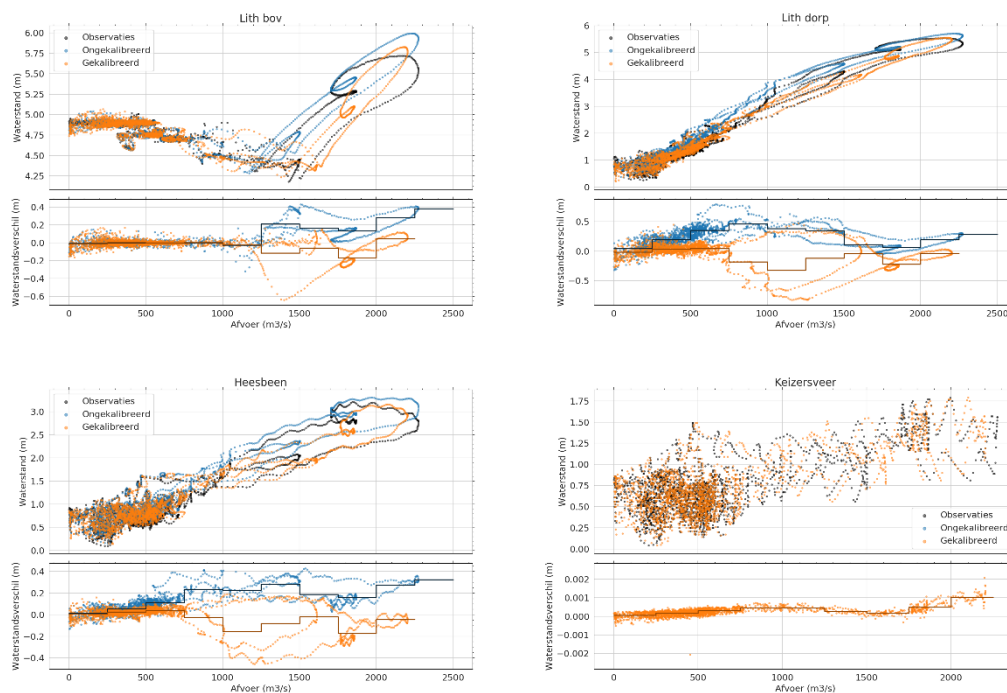
I.3.5 QH-figuren



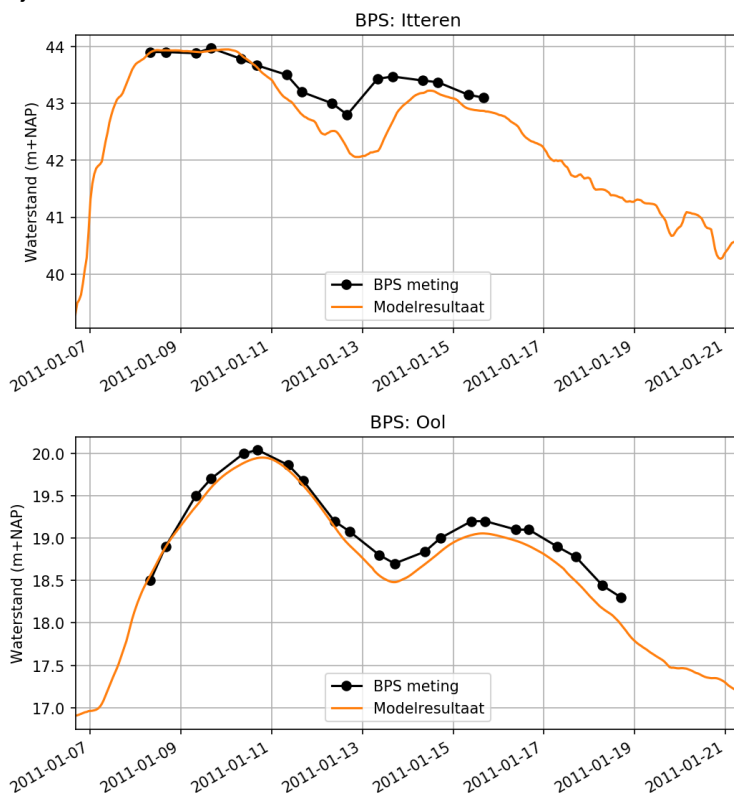


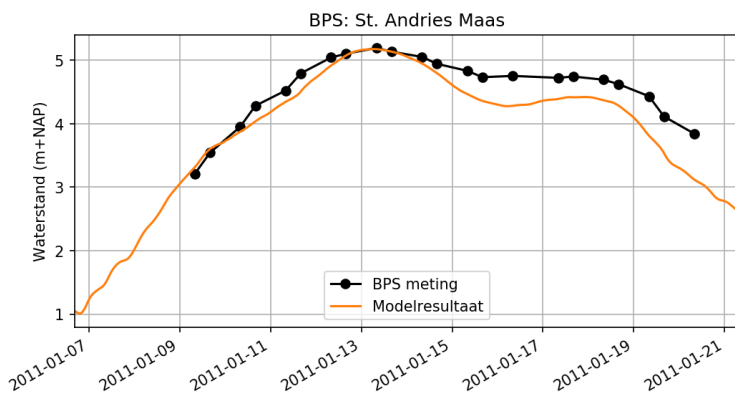
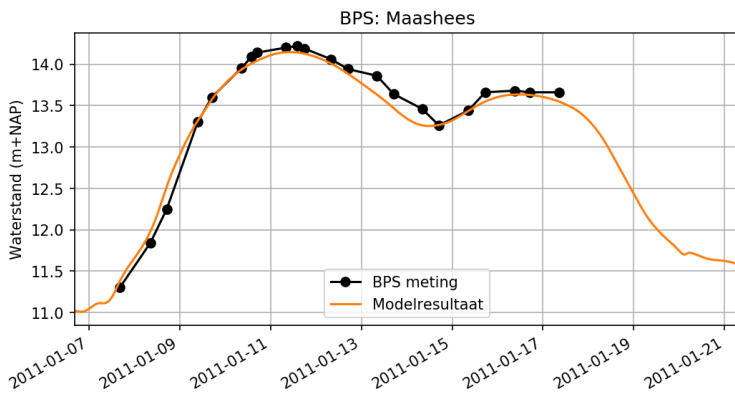
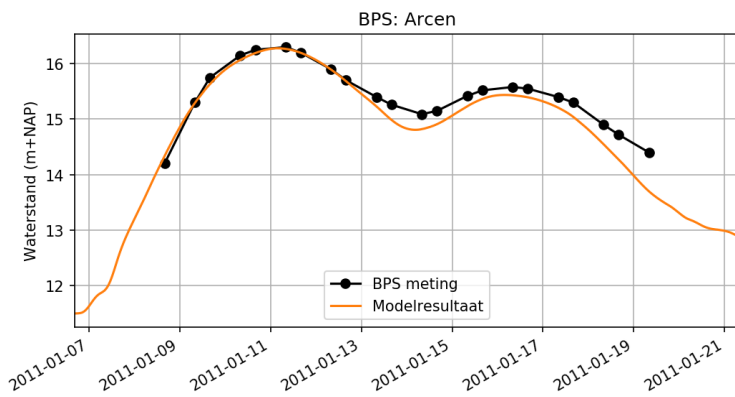
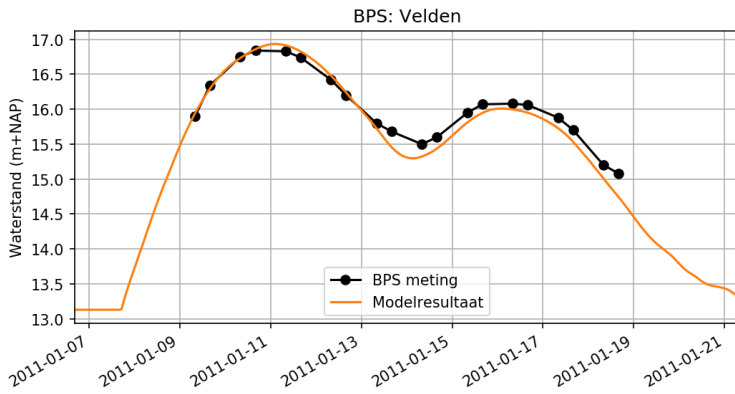






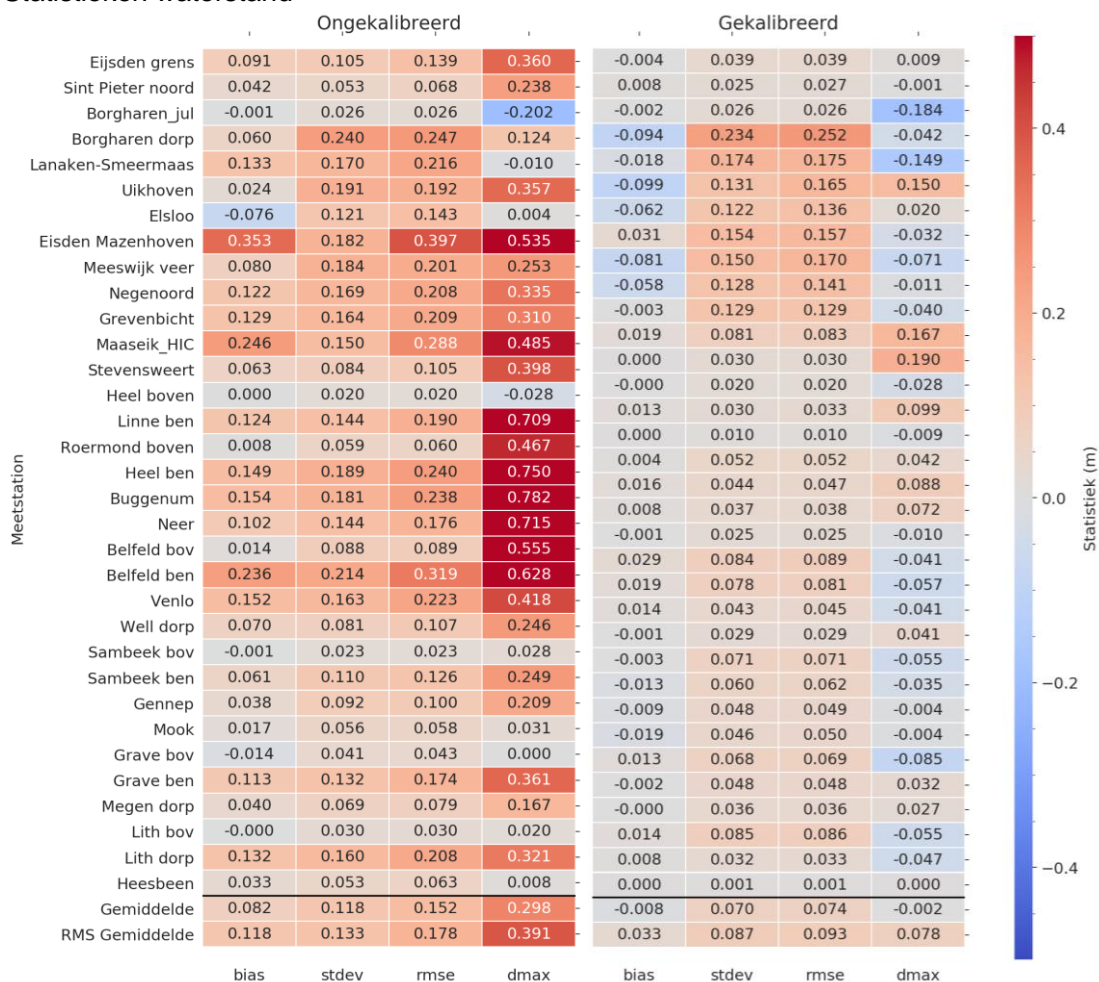
I.3.6 Tijdsreeks blauwe Peilschalen



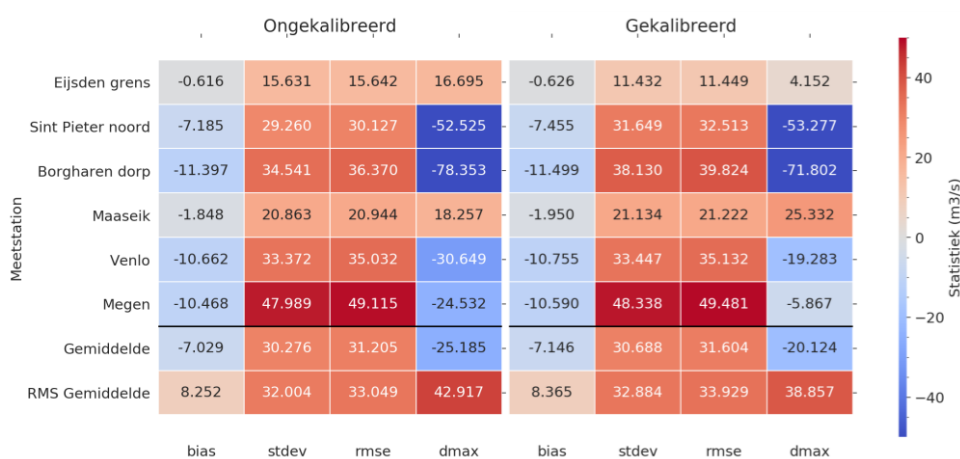


I.4 Jaarsom 2014 – 2015

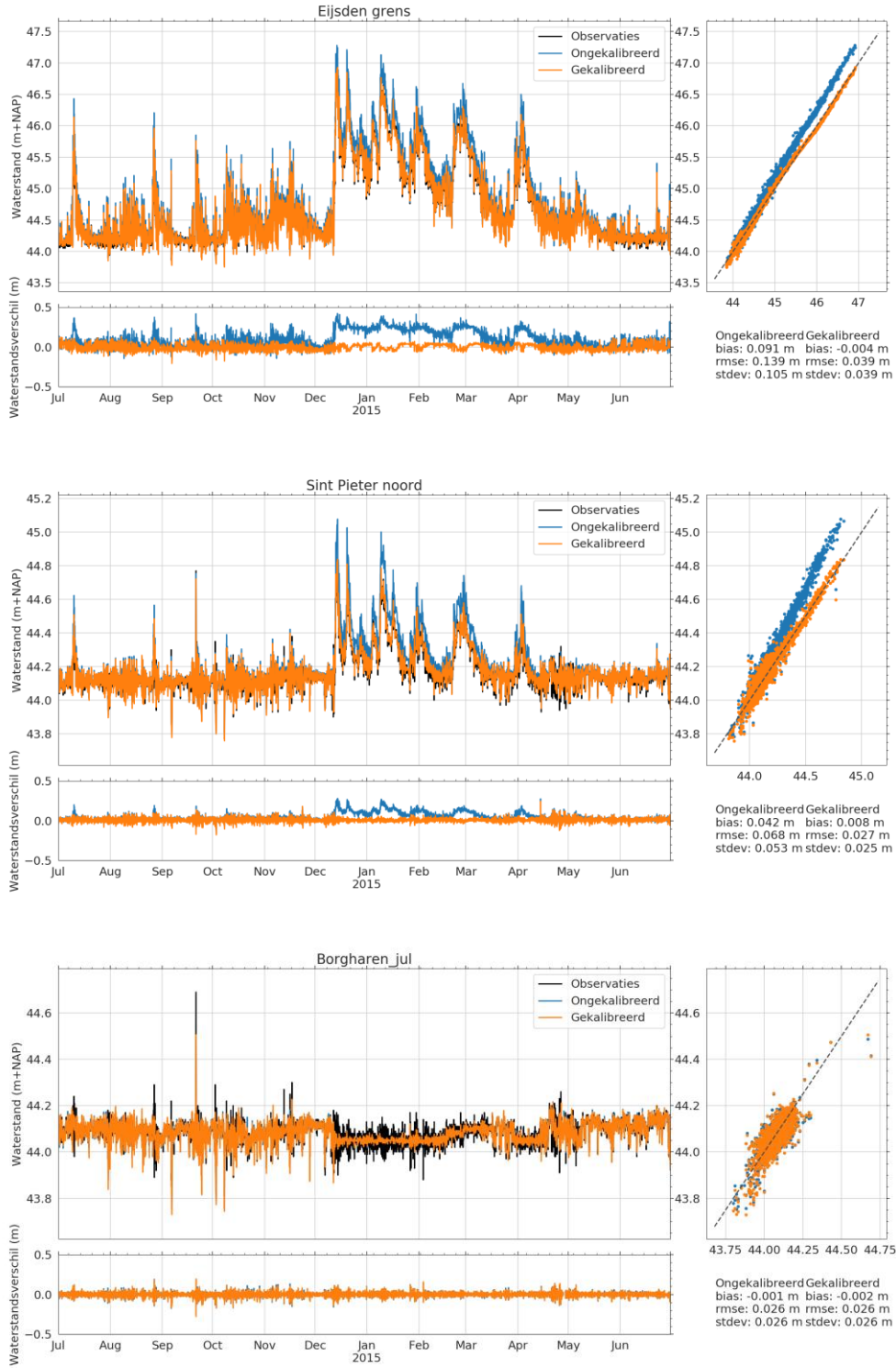
I.4.1 Statistieken waterstand

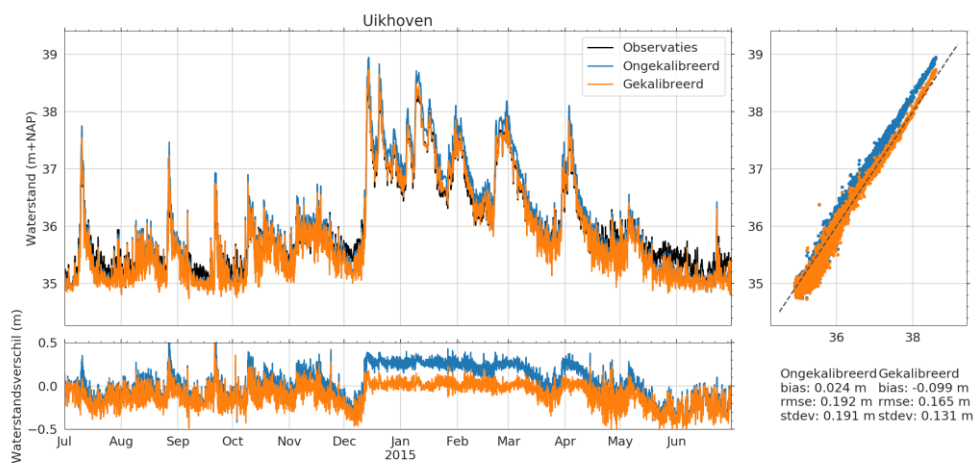
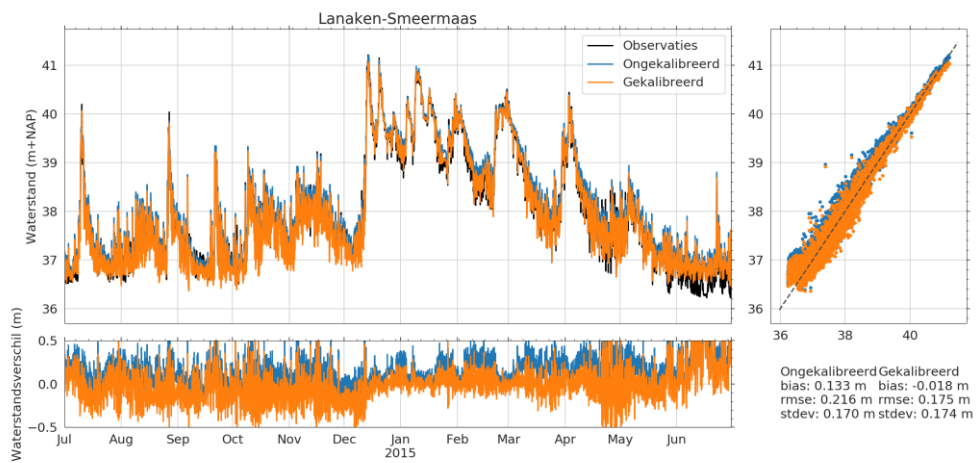
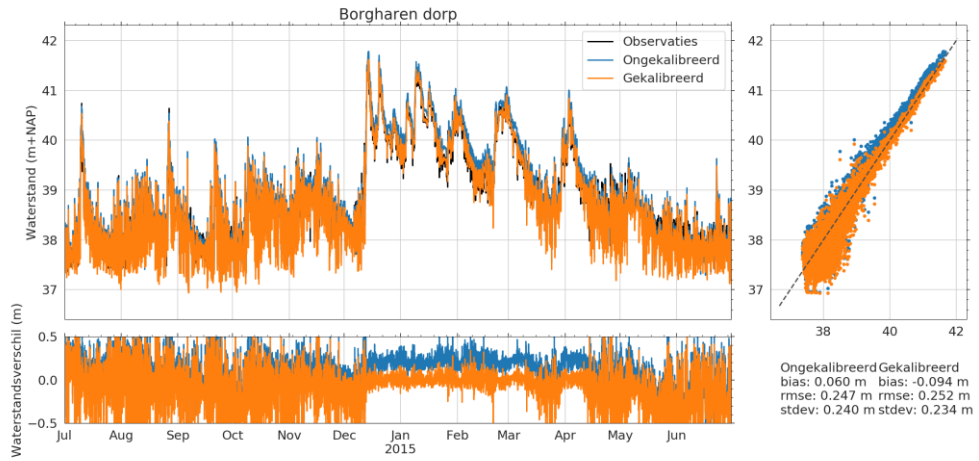


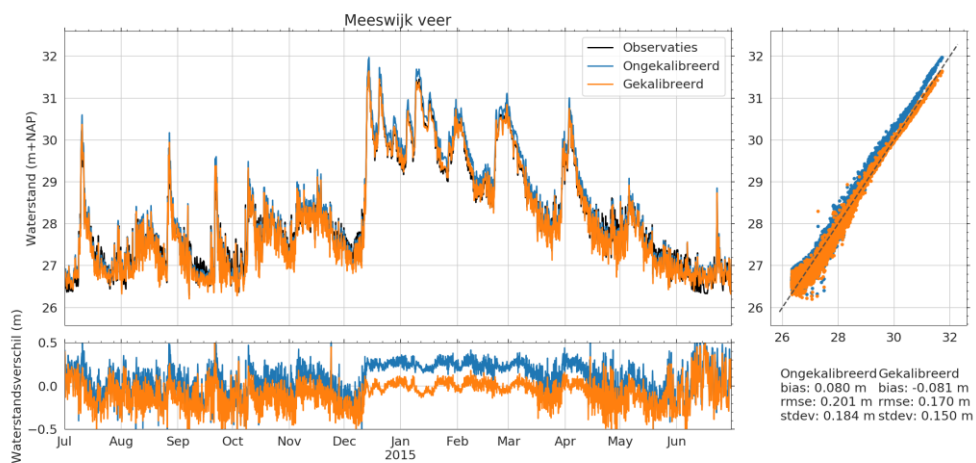
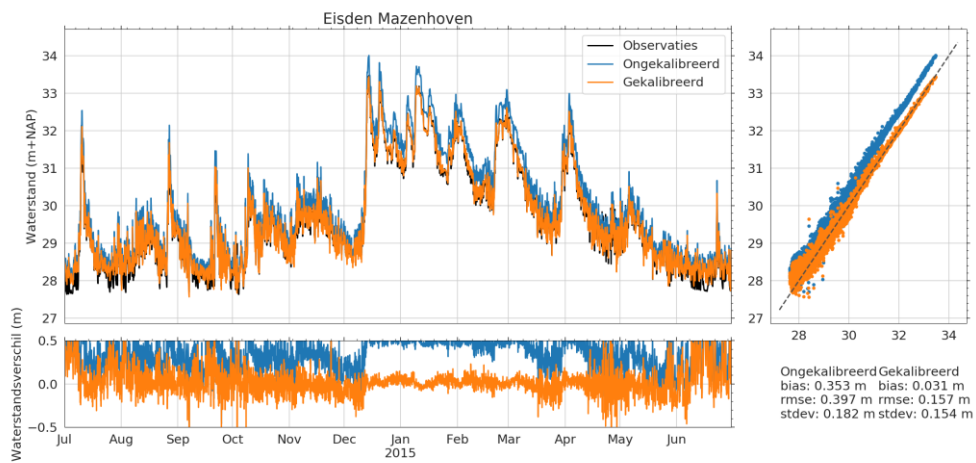
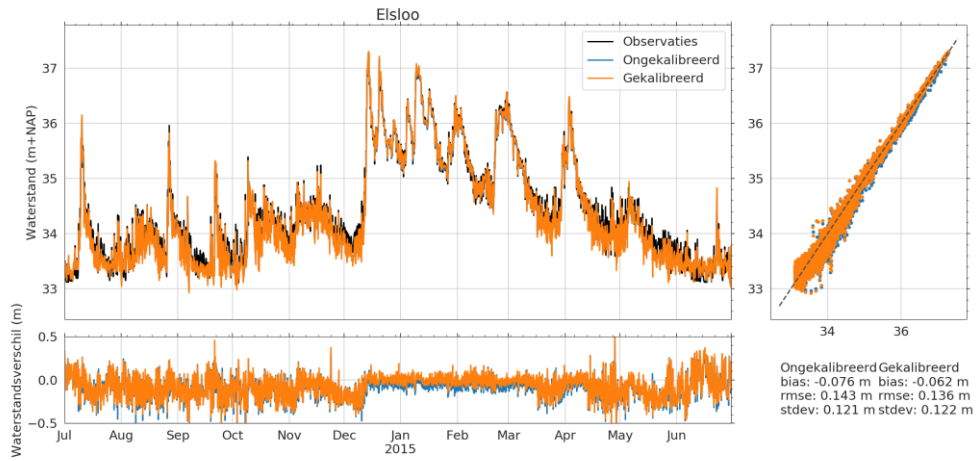
I.4.2 Statistieken afvoer

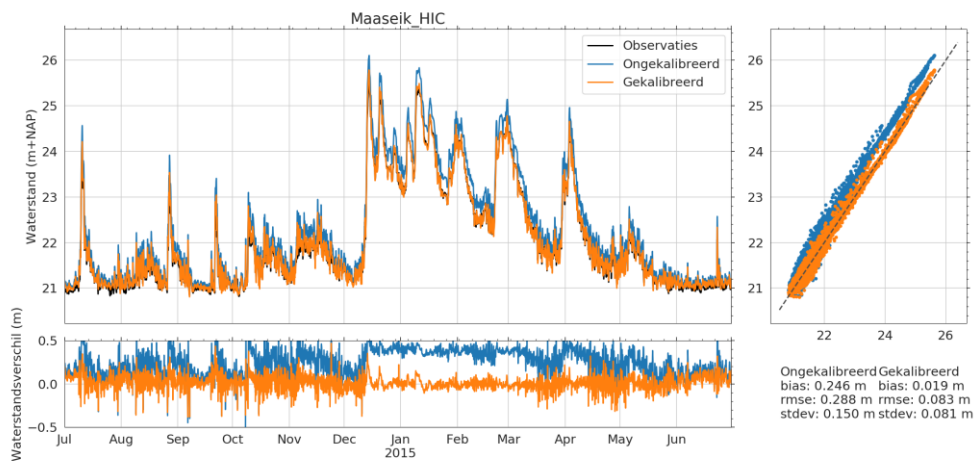
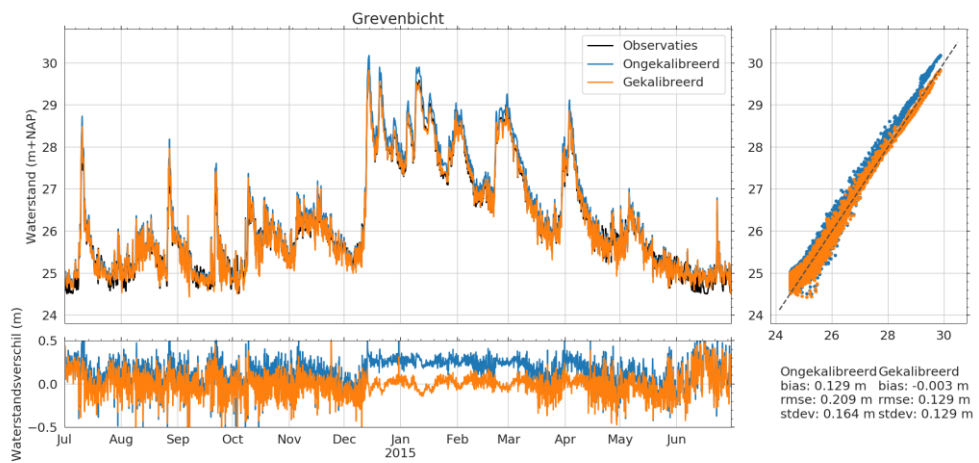
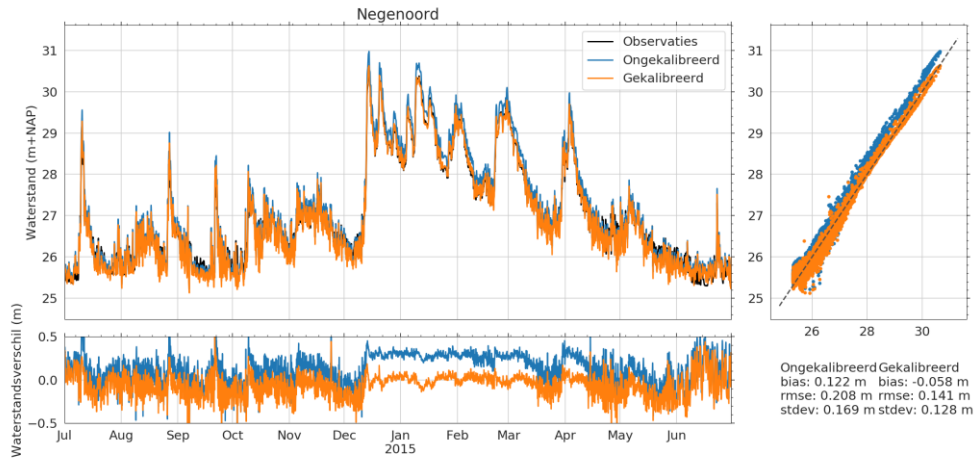


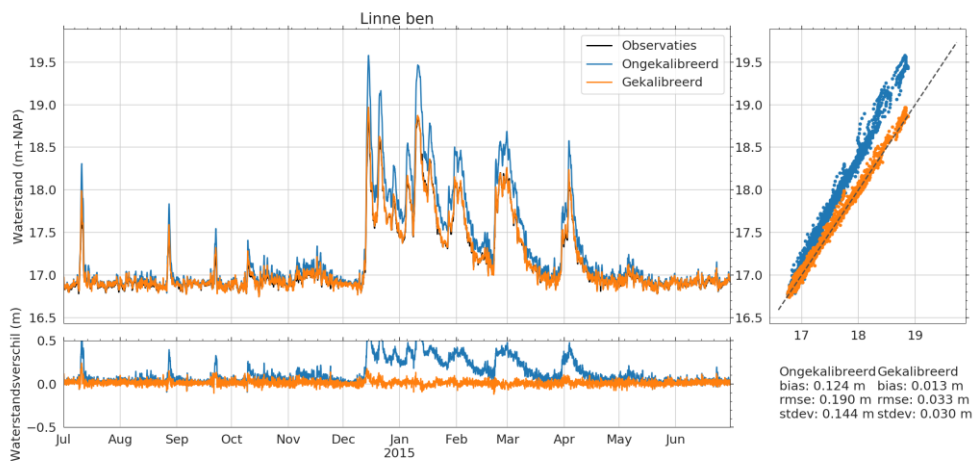
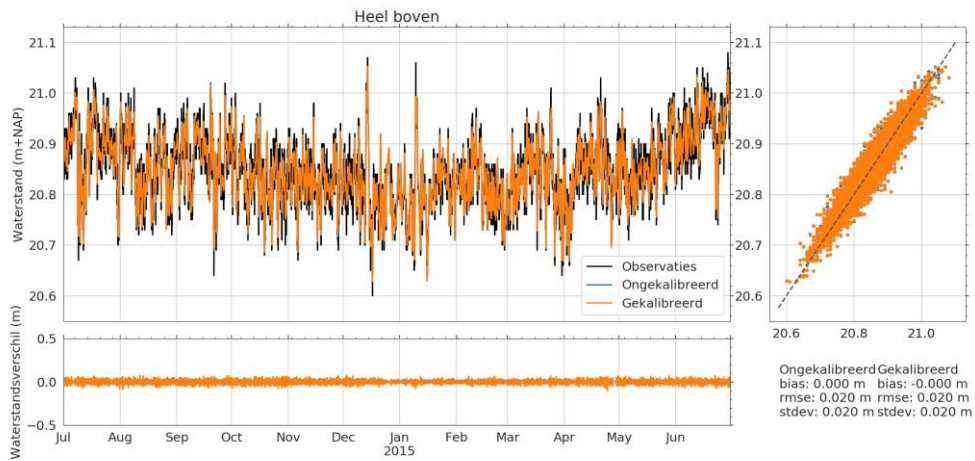
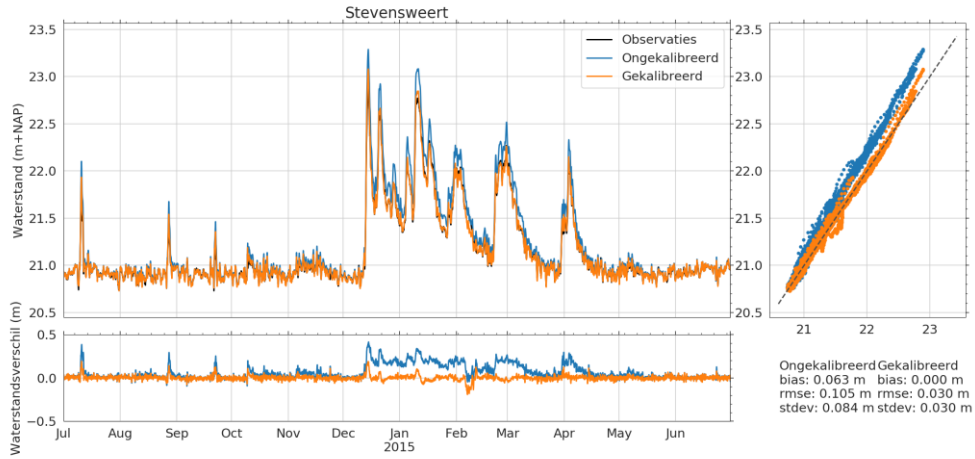
I.4.3 Tijdsreeksen waterstanden

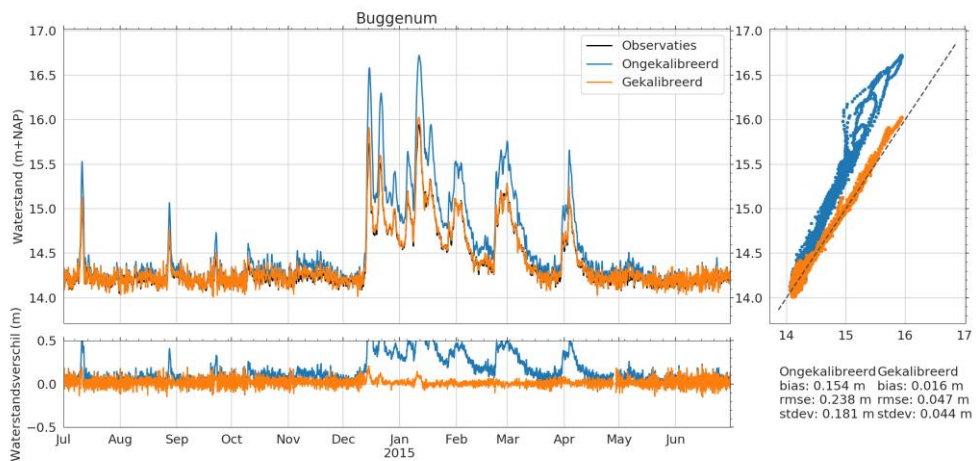
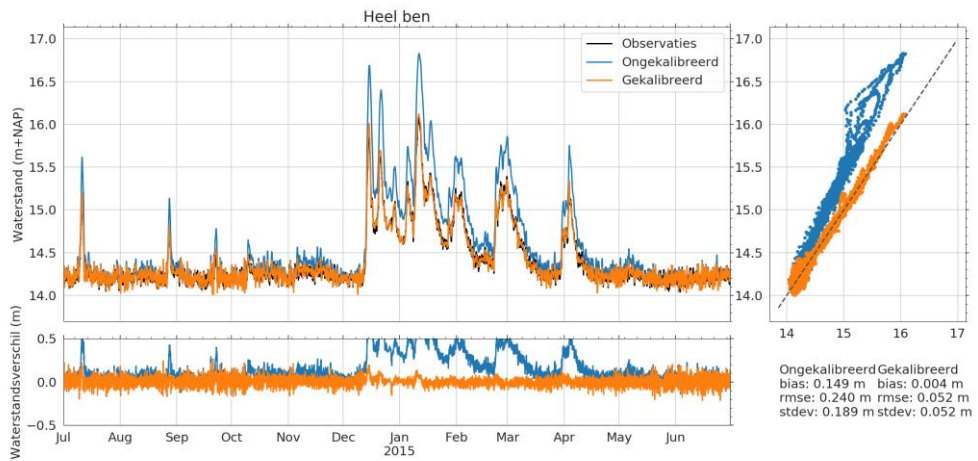
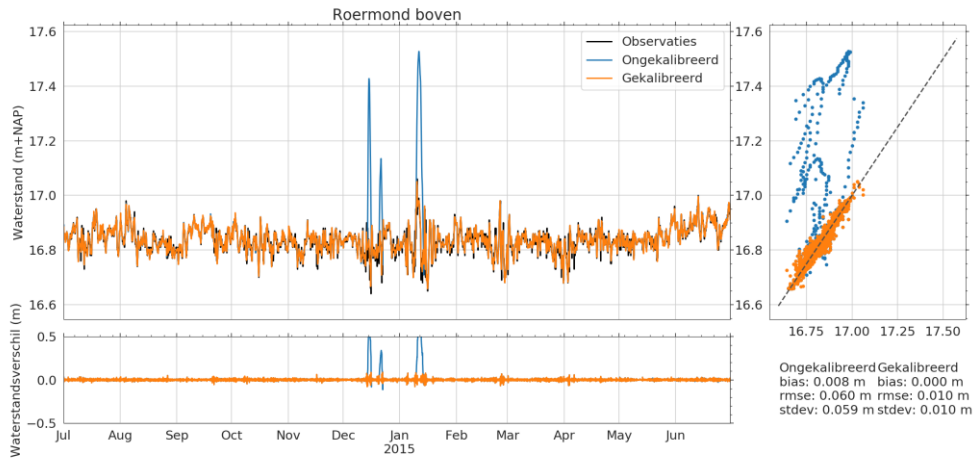


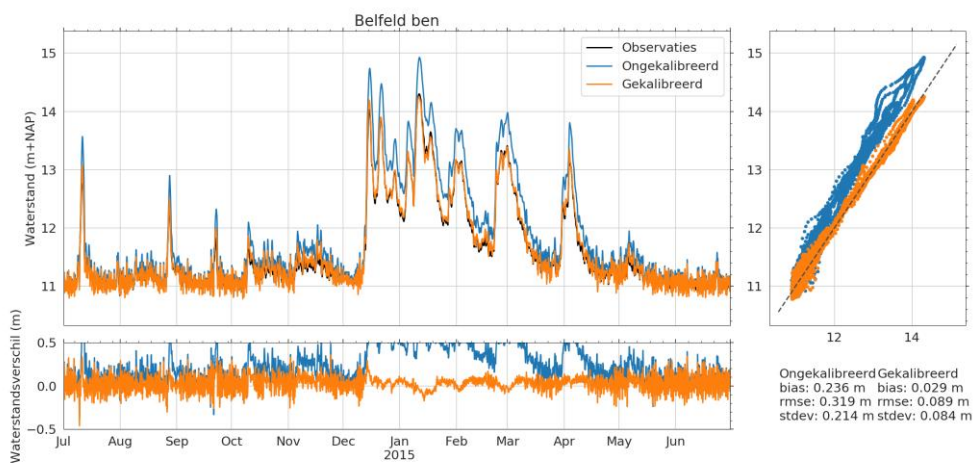
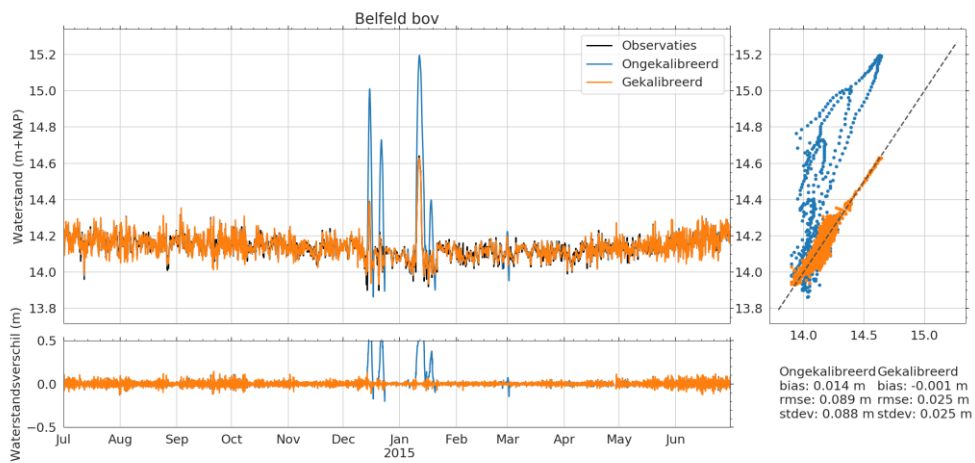
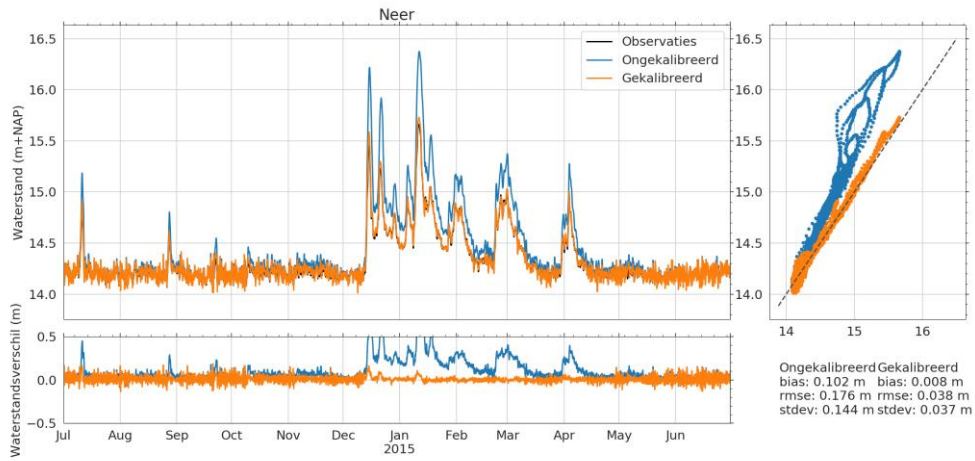


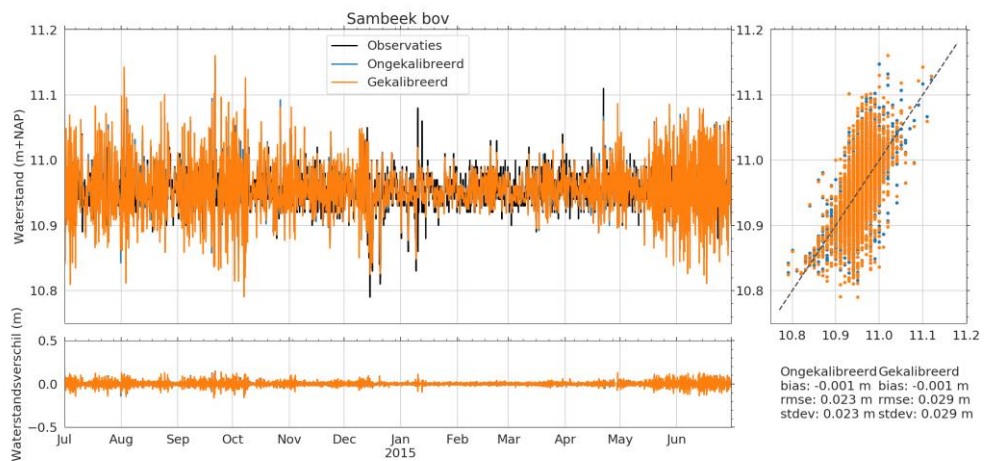
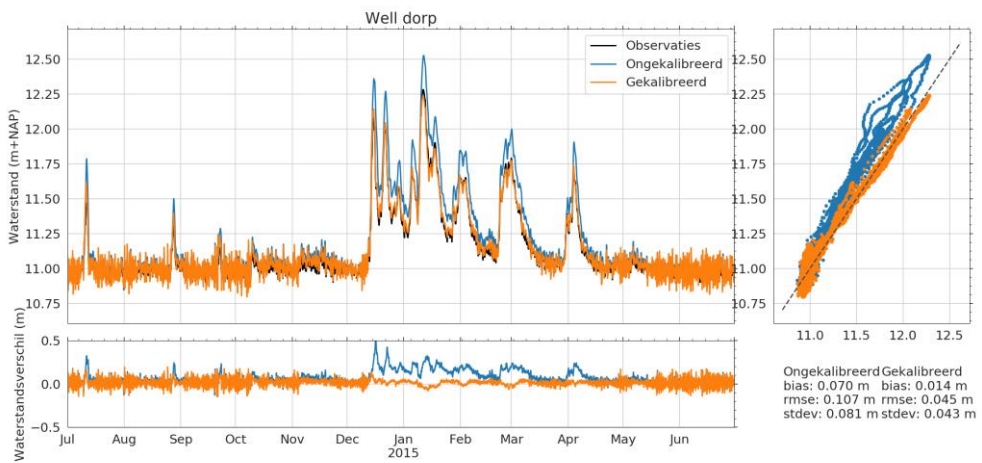
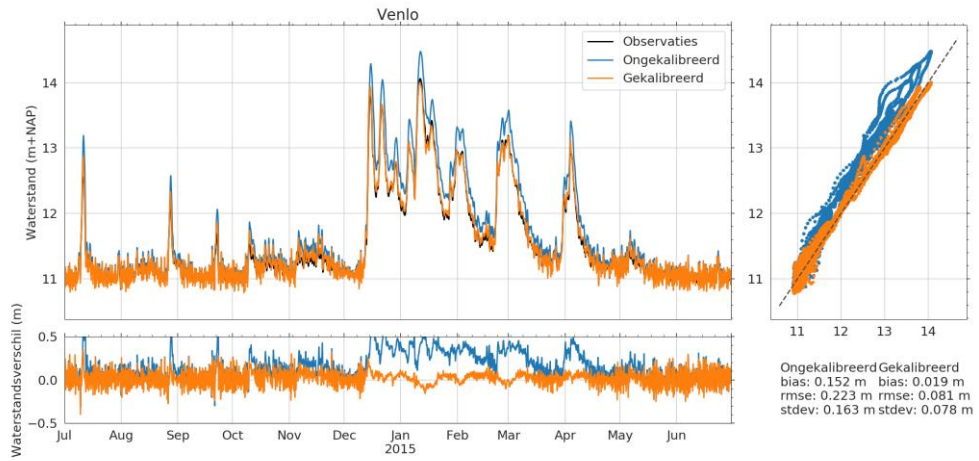


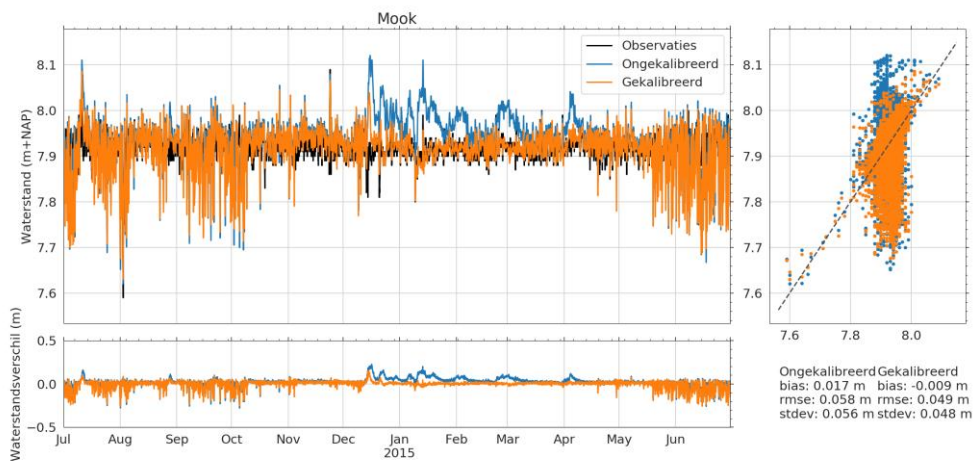
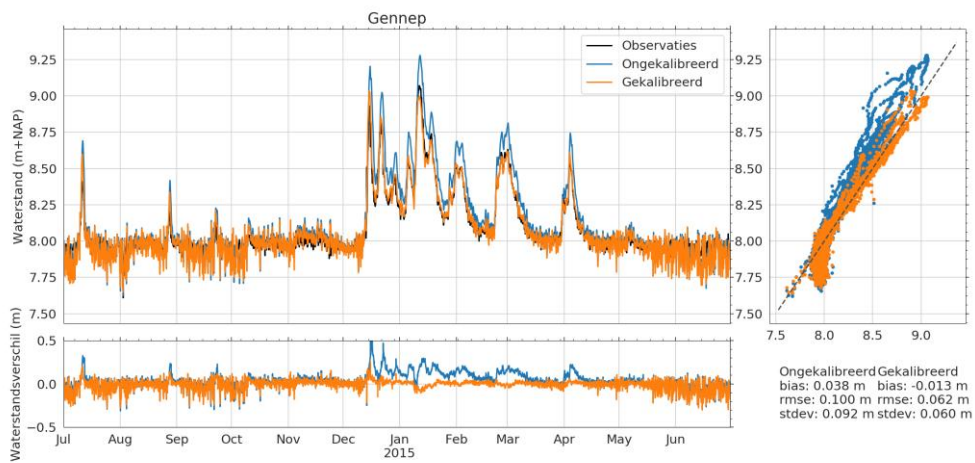
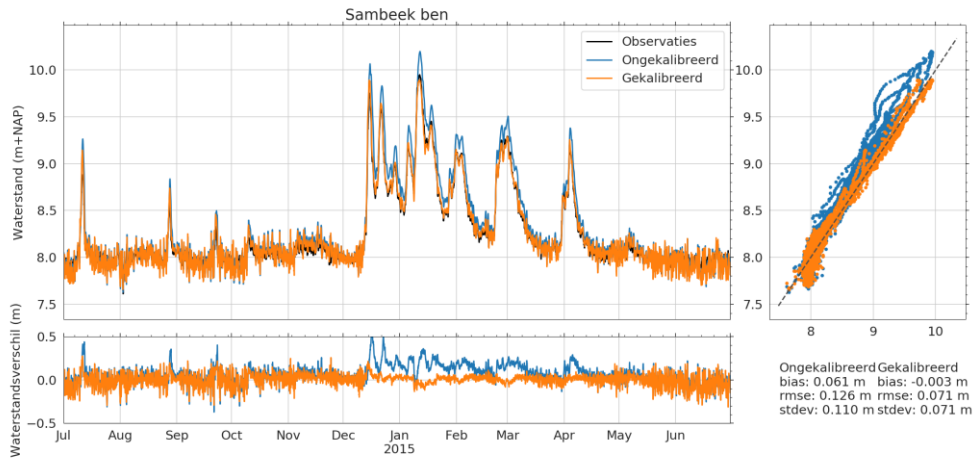


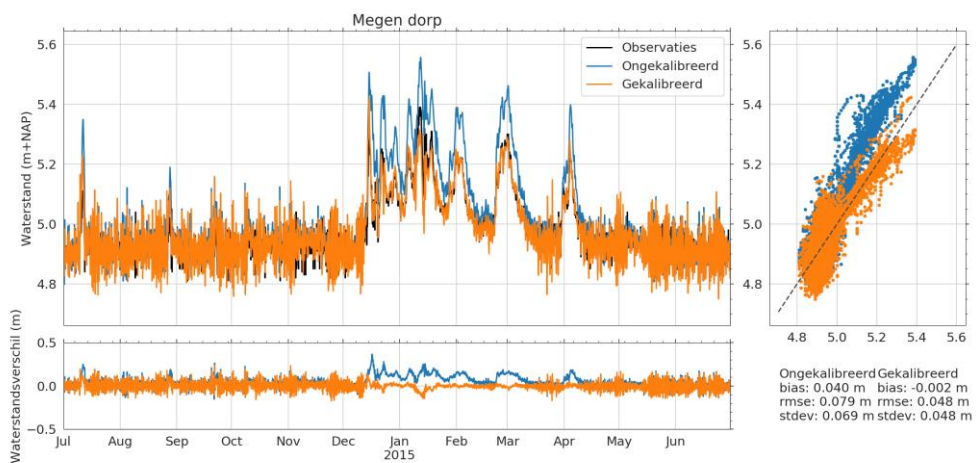
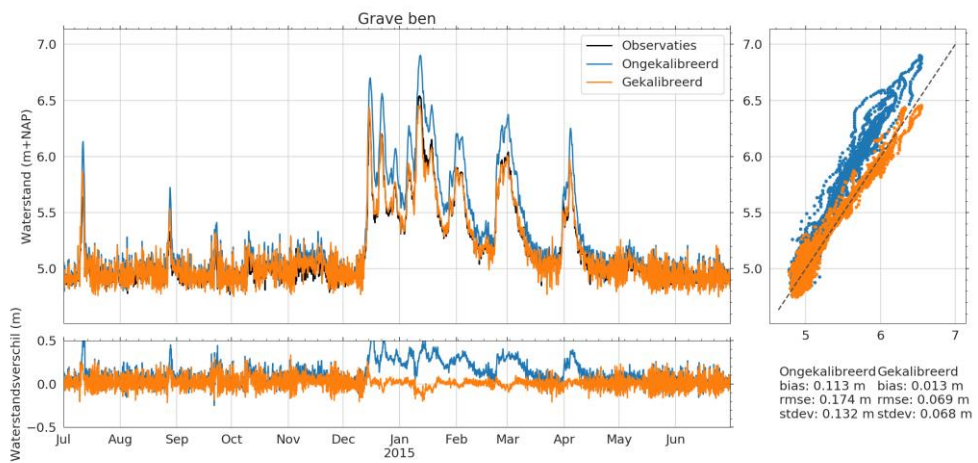
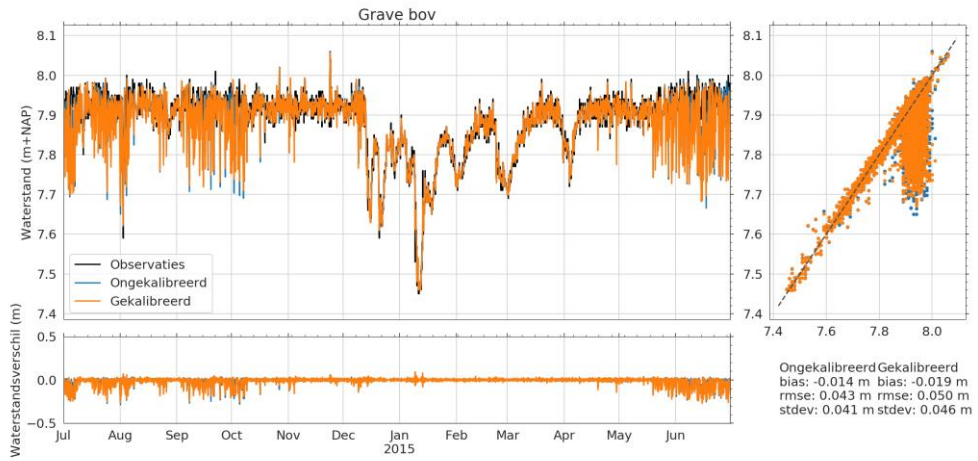


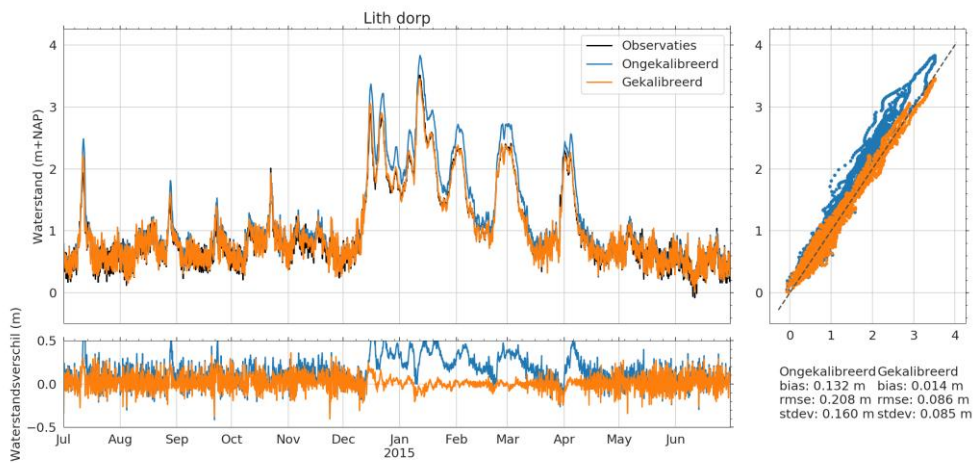
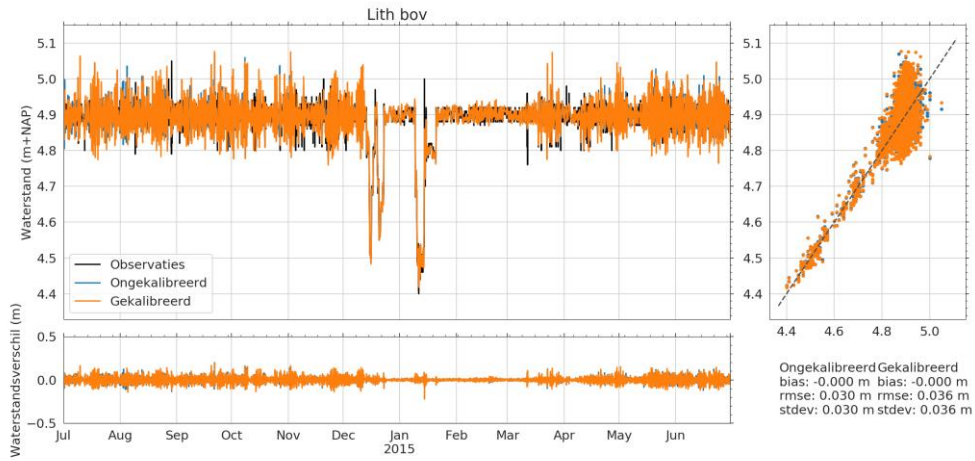


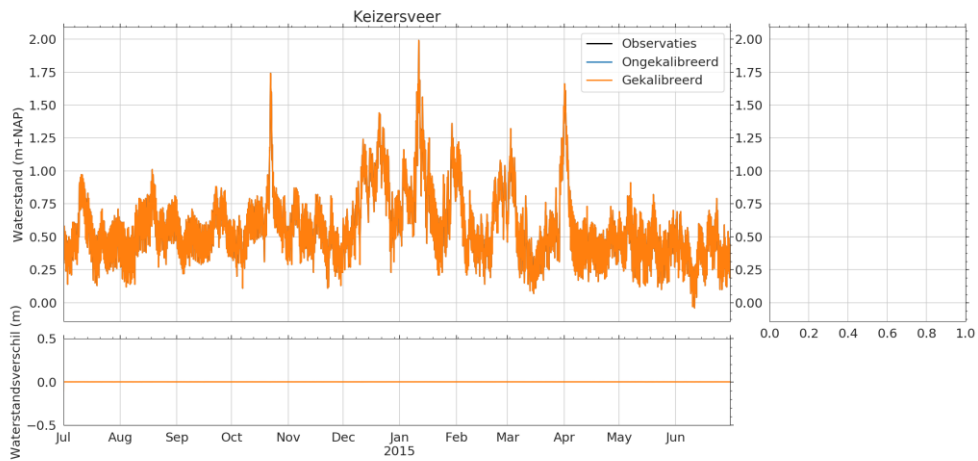
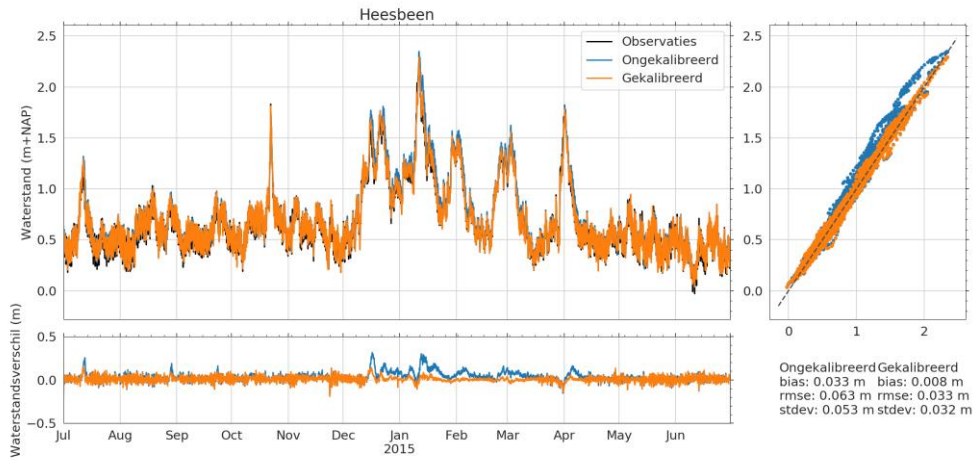




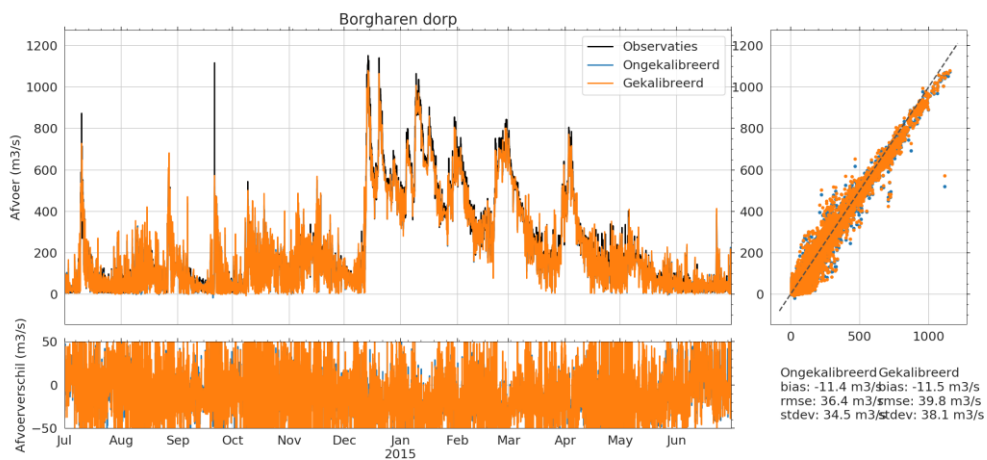
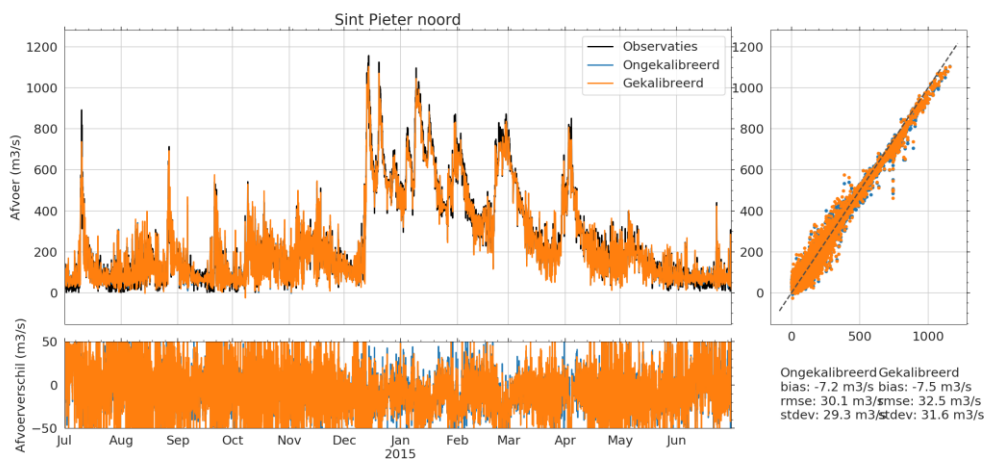
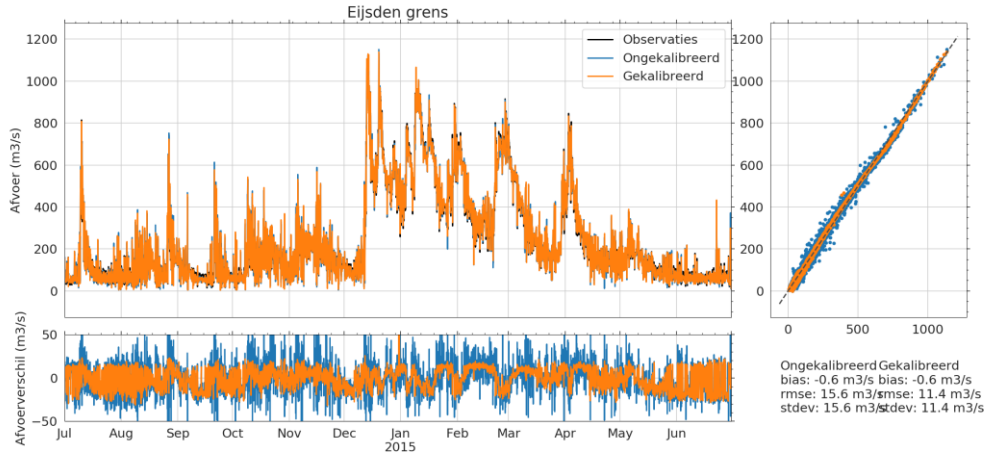


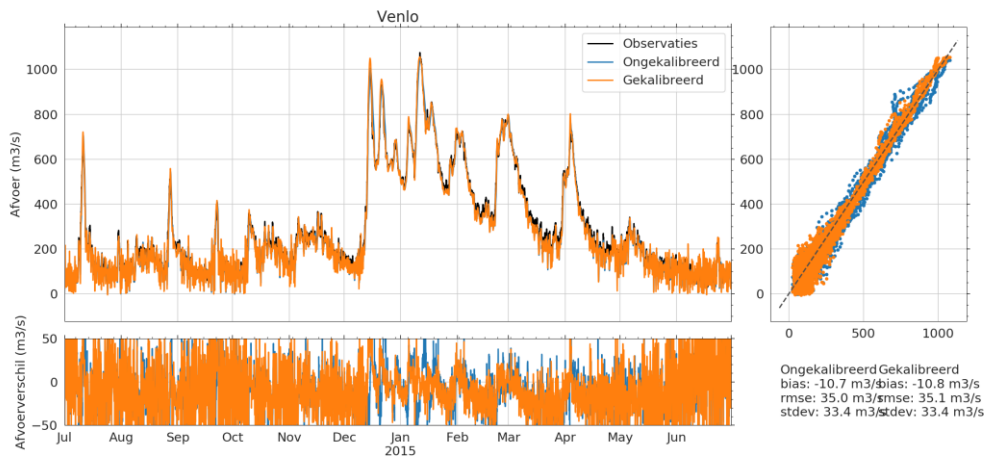
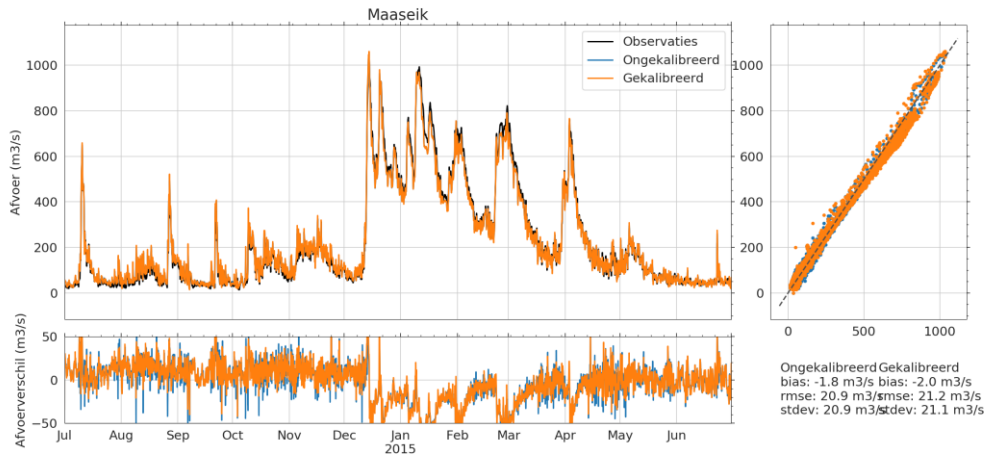


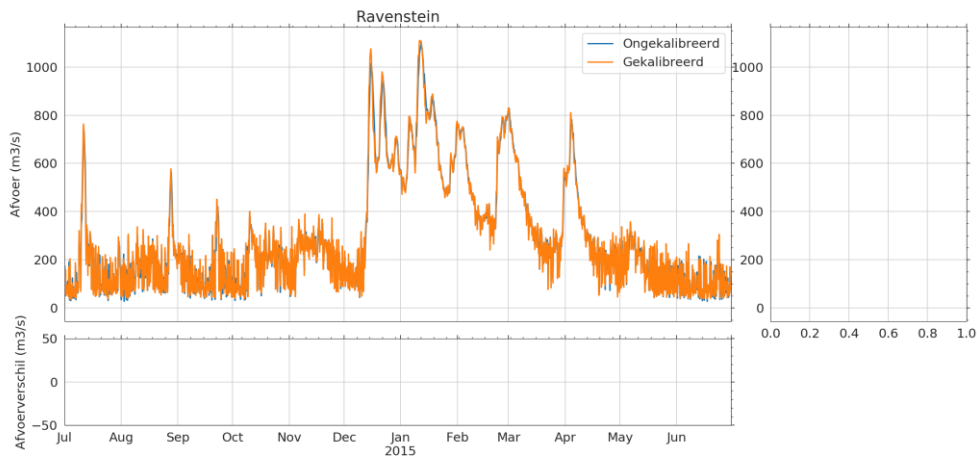
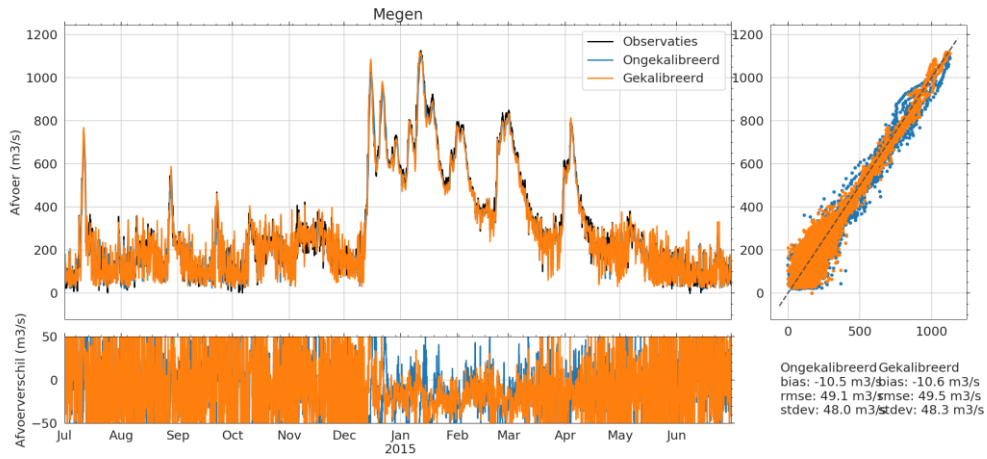




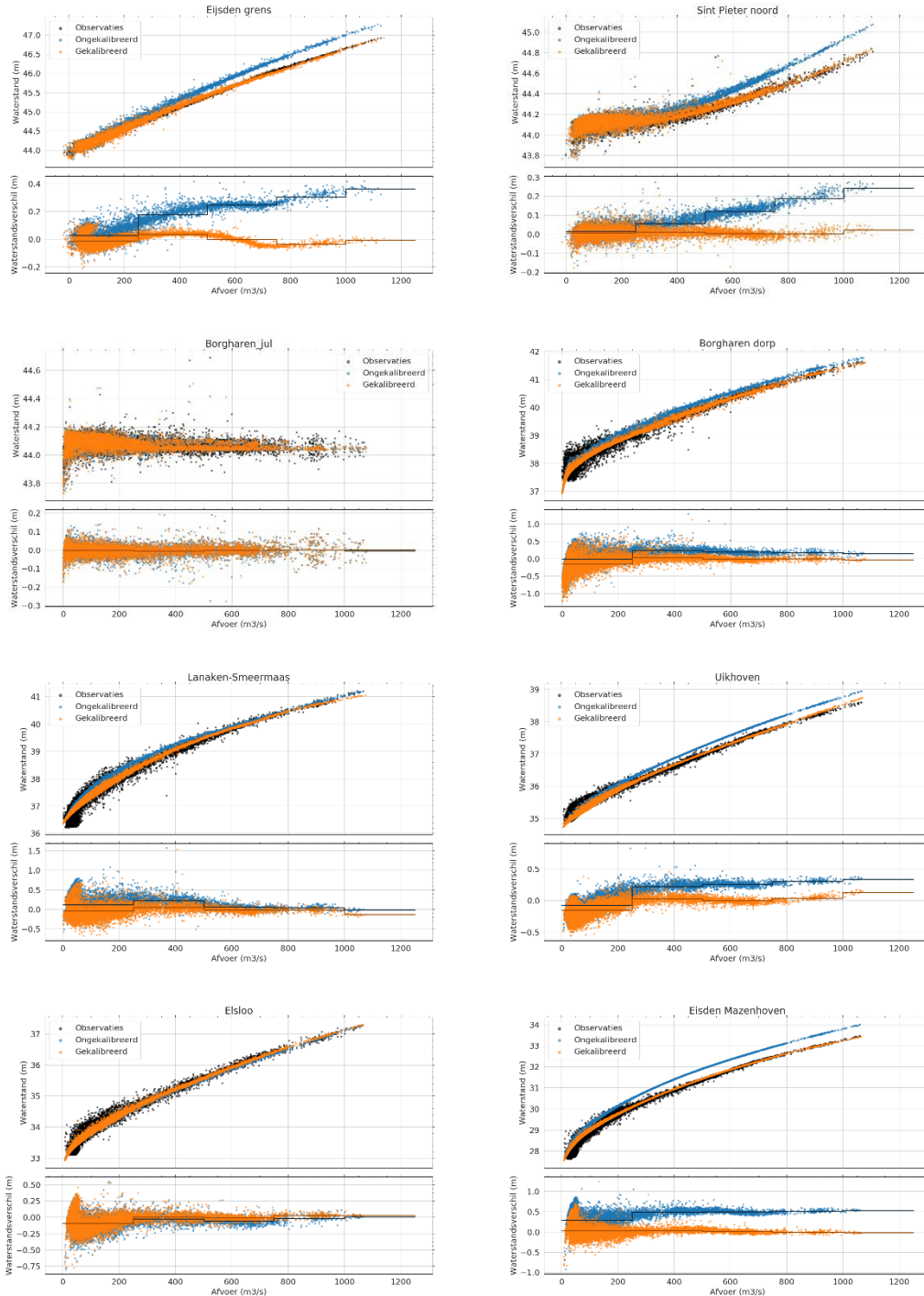
I.4.4 Tijdsreeks afvoeren

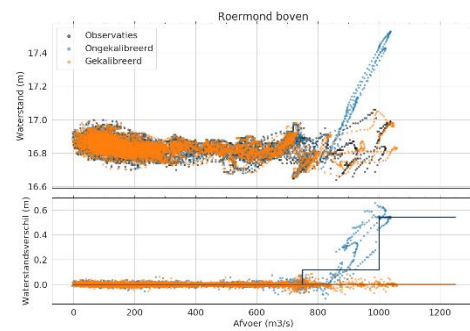
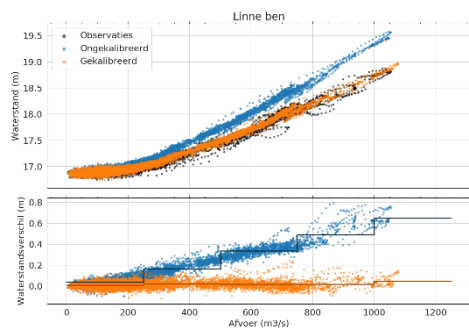
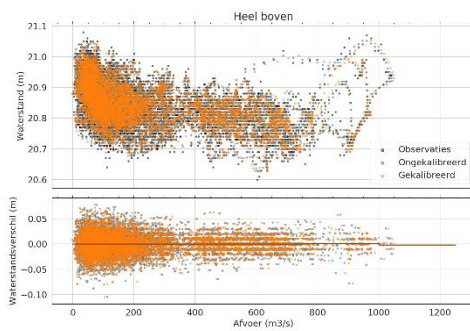
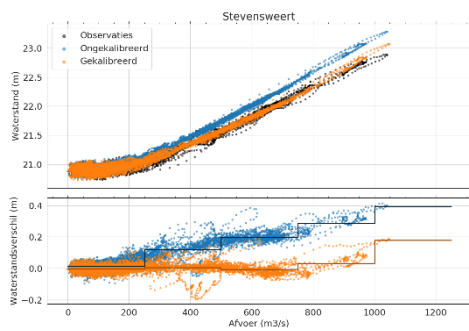
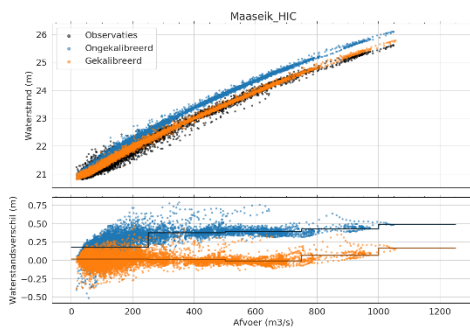
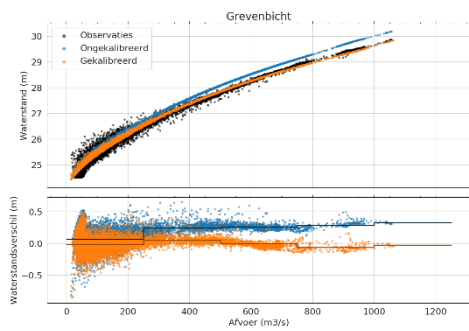
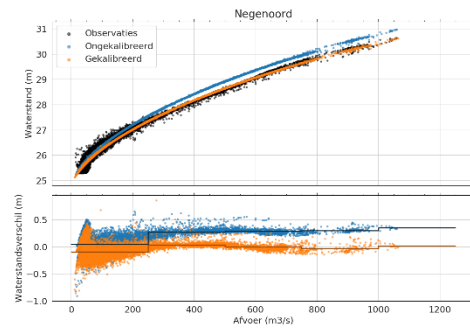
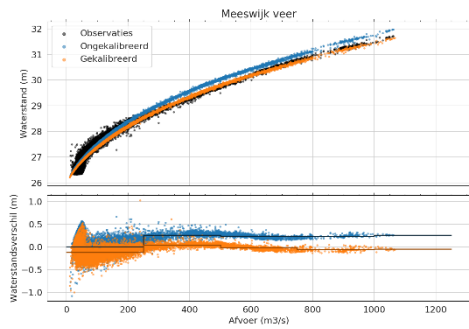


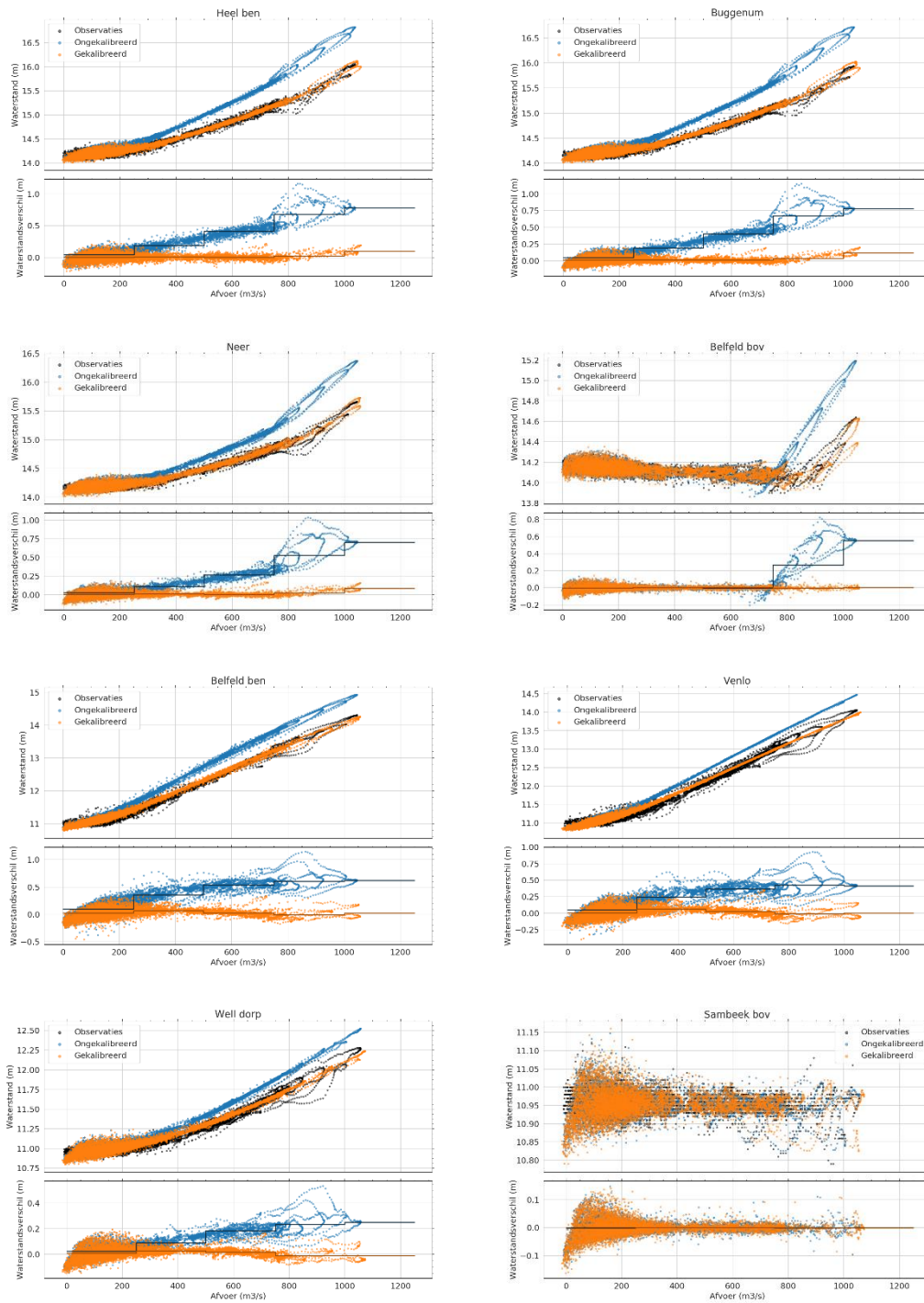


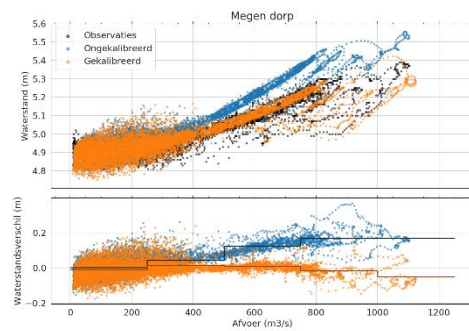
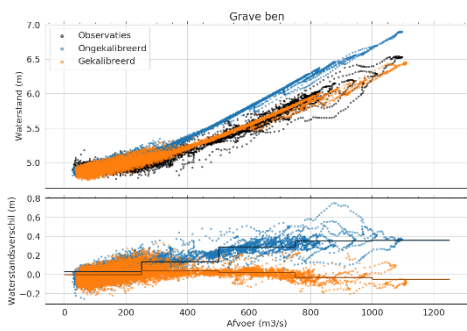
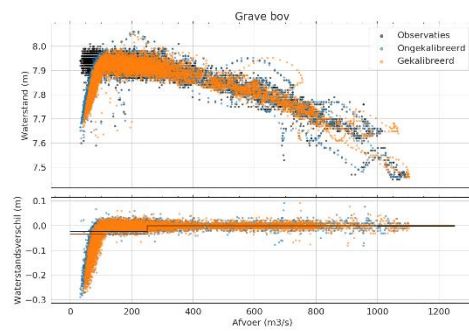
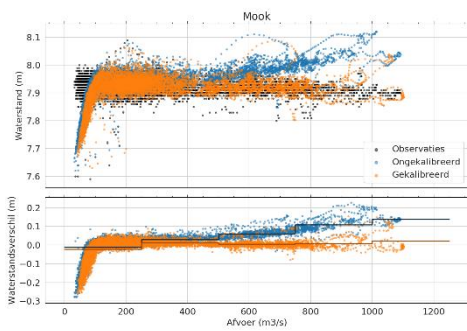
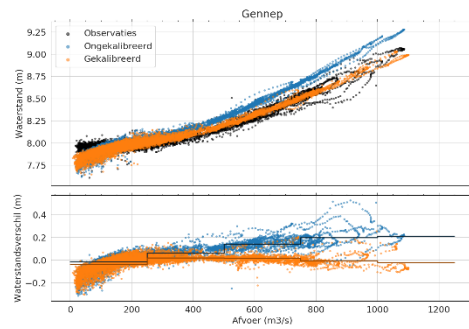
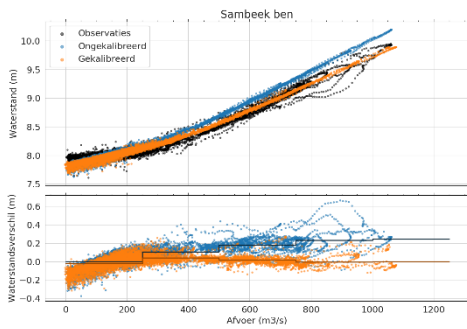


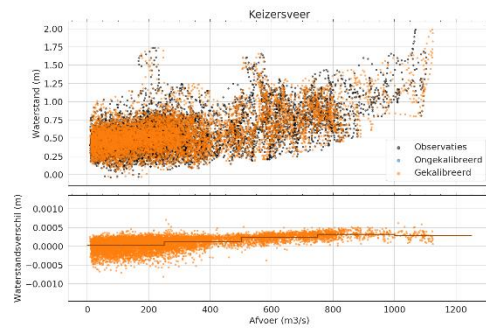
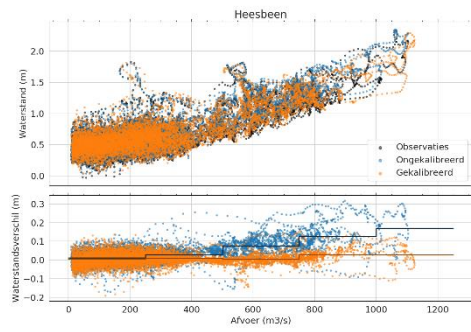
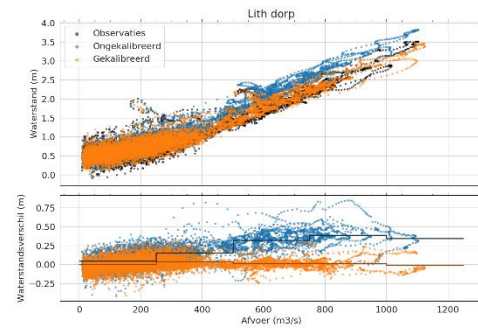
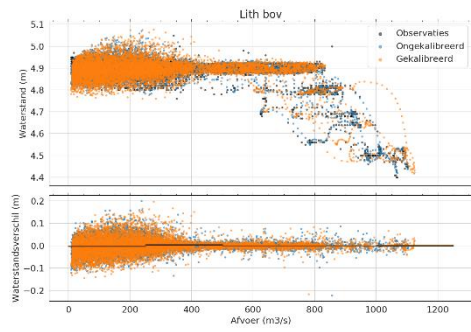
I.4.5 QH-figuren











I.5 Samenvoeging evaluatie van alle perioden

I.5.1 Samenvattende tabellen behorende bij figuren in H5.2

Tabel: Bias van de waterstanden (m) voor de kalibratieperiode

	L	M1	M2	H1	H2
Eijsden grens	-0.024	0.008	-0.027	0.017	-0.005
Sint Pieter noord	0.006	0.006	0.001	0.074	0.000
Borgharen_jul	-0.002	0.000	-0.064	-0.018	-0.032
Borgharen dorp	-0.285	-0.002	0.028	0.060	-0.005
Lanaken-Smeermaas	-0.011	0.011	0.293	-0.001	-0.013
Uikhoven	-0.302	0.004	-0.100	-0.038	
Elsloo	-0.160	-0.013	0.093	0.011	0.008
Eisden Mzenhoven	-0.040	0.014	0.066	0.004	
Meeswijk veer	-0.185	-0.003	-0.057	0.014	
Negenoord	-0.189	-0.002			
Grevenbicht	-0.082	0.004	0.068	0.039	0.000
Maaseik_HIC	0.002	-0.012	0.055	0.023	0.004
Stevensweert	0.002	-0.005	0.014	0.013	0.000
Heel boven	0.000	0.000	-0.009	-0.017	0.114
Linne ben	0.007	0.001	-0.033	0.026	-0.032
Roermond boven	0.000	0.000	-0.034	-0.038	-0.060
Heel ben	0.003	-0.006	-0.058	0.012	-0.011
Buggenum/Roerm ben	0.018	0.003	-0.047	0.044	0.001
Neer	0.005	0.000	-0.037	-0.010	
Belfeld bov	-0.001	0.000	-0.110	-0.133	-0.011
Belfeld ben	0.017	0.023	-0.008	-0.016	-0.008
Venlo	-0.008	0.017	0.034	0.023	-0.005
Well dorp/haven	0.006	0.008	-0.040	0.008	-0.002
Sambeek bov	-0.002	0.000	-0.010	0.014	0.001
Sambeek ben	-0.029	0.004	-0.025	0.034	-0.002
Gennep	-0.041	0.002	-0.004	0.025	0.090
Mook	-0.029	0.002	-0.008	0.037	
Grave bov	-0.035	0.000	-0.050	0.005	0.003
Grave ben	0.002	0.002	-0.088	0.013	0.005
Megen dorp	-0.010	-0.003	-0.046	-0.007	0.005
Lith bov	-0.001	0.000	0.003	0.003	0.066
Lith dorp	-0.004	-0.007	-0.070	0.022	0.009
Heesbeen	-0.003	-0.001	-0.012	0.006	-0.003
Keizersveer	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005
Gemiddelde	-0.040	0.002	-0.009	0.007	0.004
RMS Gemiddelde	0.091	0.007	0.070	0.035	0.031

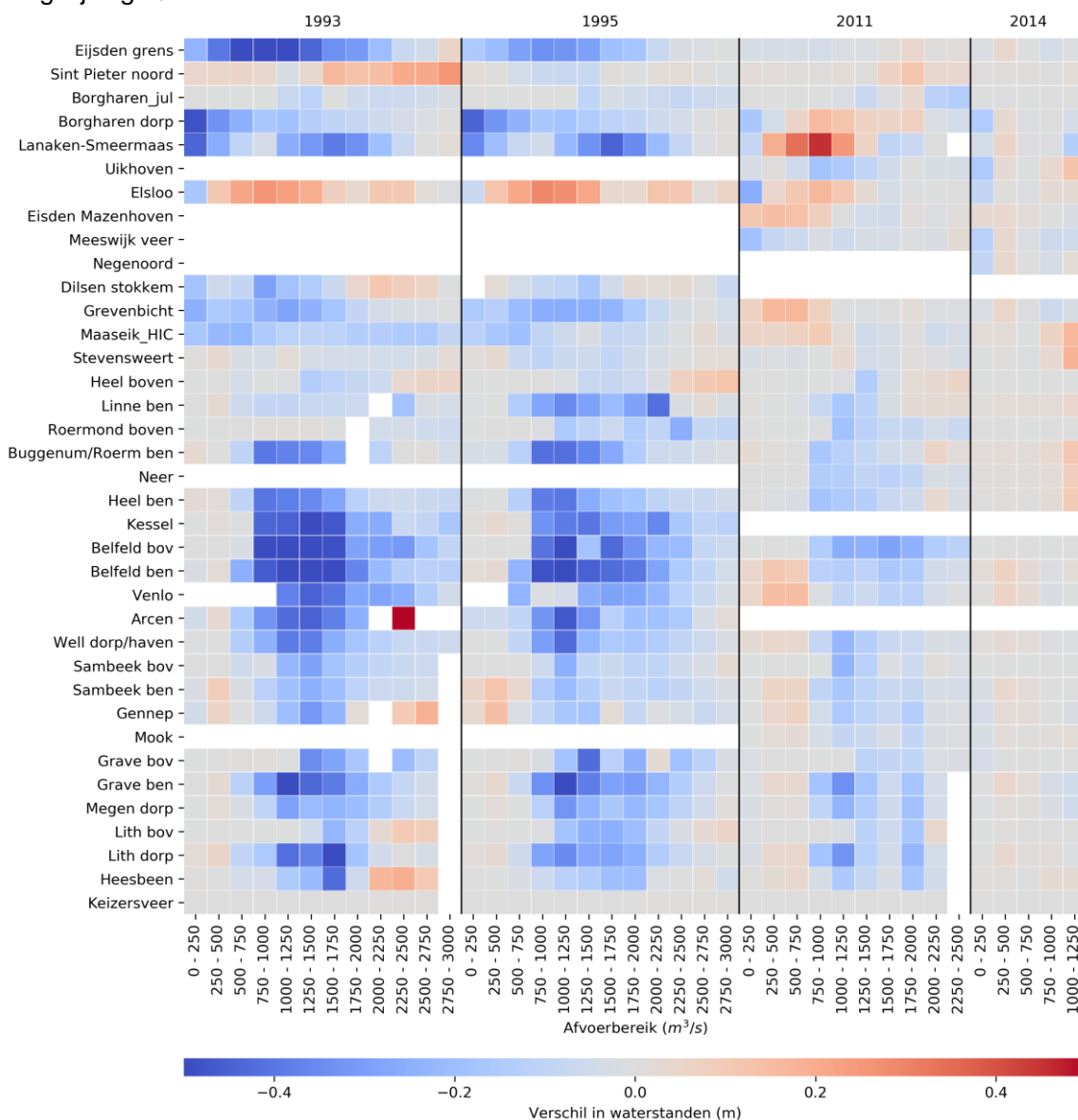
Tabel: Bias van de waterstanden (m) voor de validatieperiode

	L	M1	M2	H1	H2
Eijsden grens	-0.002	0.001	-0.129	-0.077	-0.124
Sint Pieter noord	0.005	0.006	0.012	-0.005	0.169
Borgharen_jul	-0.004	0.000	-0.002	-0.029	-0.011
Borgharen dorp	-0.054	0.009	-0.068	-0.043	0.003
Lanaken-Smeermaas	-0.064	0.024	-0.020	0.014	0.011
Uikhoven	-0.147	0.023			
Elsloo	-0.082	0.002	0.055	0.030	0.025
Eisden Mazenhoven	0.096	0.019			
Meeswijk veer	-0.131	-0.009			
Negenoord	-0.080	-0.005			
Grevenbicht	0.008	-0.009	0.039	0.023	0.049
Maaseik_HIC	0.030	-0.002	0.237	0.147	-0.027
Stevensweert	0.004	0.002	0.231	-0.030	0.031
Heel boven	0.000	0.000	0.130	0.118	0.141
Linne ben	0.015	0.008	0.078	0.099	0.077
Roermond boven	0.000	0.000	0.023	0.003	-0.011
Heel ben	0.005	0.002	0.079	0.024	0.010
Buggenum/Roerm ben	0.012	0.013	0.031	0.005	0.022
Neer	0.012	0.006			
Belfeld bov	-0.001	0.000	0.240	0.360	-0.004
Belfeld ben	0.013	-0.007	0.243	0.177	0.021
Venlo	0.010	-0.008		0.178	0.076
Well dorp/haven	0.011	-0.001	0.215	0.150	0.040
Sambeek bov	-0.004	0.000	0.189	0.119	0.015
Sambeek ben	-0.019	-0.010	0.262	0.215	0.041
Gennep	-0.035	-0.010	0.313	0.173	0.214
Mook	-0.022	-0.001			
Grave bov	-0.034	0.000	0.047	0.068	-0.001
Grave ben	0.020	-0.022	0.141	0.134	0.027
Megen dorp	0.003	-0.021	0.125	0.111	0.009
Lith bov	-0.001	0.000	0.134	0.102	0.148
Lith dorp	0.028	-0.021	0.149	0.223	0.070
Heesbeen	0.010	0.008	0.009	0.012	0.101
Keizersveer	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003
Gemiddelde	-0.012	0.000	0.102	0.082	0.040
RMS Gemiddelde	0.047	0.011	0.134	0.116	0.070

Tabel: Bias van de waterstanden (m) voor de gehele periode

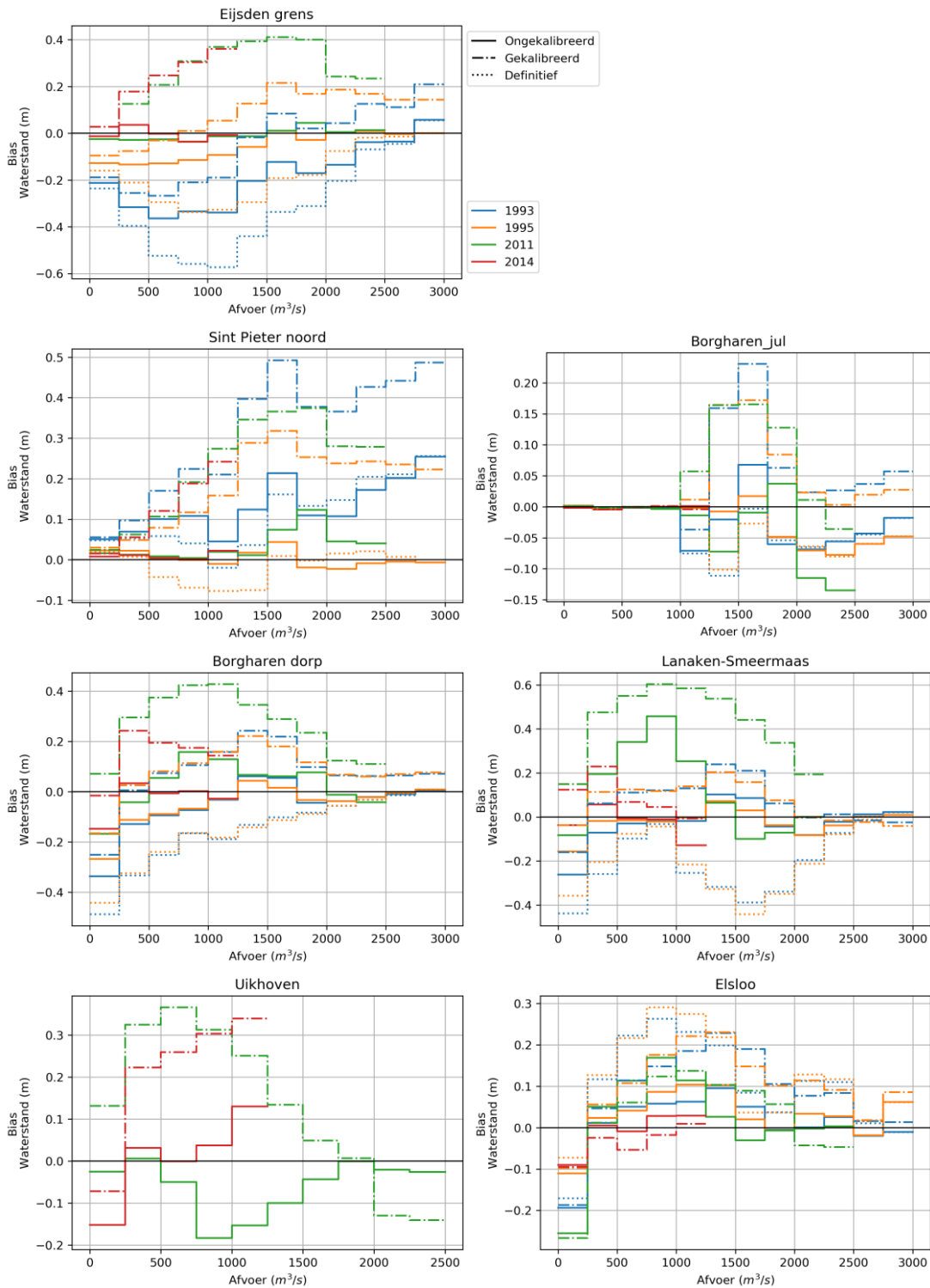
	1993	1995	2011	2014
Eijsden grens	-0.248	-0.103	-0.023	-0.004
Sint Pieter noord	0.089	0.007	0.018	0.008
Borgharen_jul	-0.010	-0.006	-0.007	-0.002
Borgharen dorp	-0.151	-0.071	-0.046	-0.094
Lanaken-Smeermaas	-0.099	-0.045	0.111	-0.018
Uikhoven			-0.029	-0.099
Elsloo	-0.042	0.018	-0.035	-0.062
Eisden Mazenhoven			0.108	0.031
Meeswijk veer			-0.103	-0.081
Negenoord				-0.058
Grevenbicht	-0.046	0.001	0.107	-0.003
Maaseik_HIC	0.073	0.155	0.049	0.019
Stevensweert	0.142	0.147	-0.016	0.000
Heel boven	0.055	0.038	-0.005	0.000
Linne ben	0.123	0.090	-0.012	0.013
Roermond boven	-0.008	-0.014	-0.017	0.000
Heel ben	0.021	-0.009	-0.027	0.004
Buggenum/Roerm ben	0.031	-0.021	-0.007	0.016
Neer			-0.022	0.008
Belfeld bov	0.035	0.039	-0.047	-0.001
Belfeld ben	0.113	0.160	0.045	0.029
Venlo	0.125	0.056	0.082	0.019
Well dorp/haven	0.065	0.089	0.011	0.014
Sambeek bov	0.025	0.047	-0.013	-0.001
Sambeek ben	0.097	0.168	0.016	-0.003
Gennep	0.136	0.211	0.014	-0.013
Mook			0.003	-0.009
Grave bov	0.016	0.000	-0.015	-0.019
Grave ben	0.069	0.098	-0.015	0.013
Megen dorp	0.032	0.060	-0.026	-0.002
Lith bov	0.044	0.039	-0.016	0.000
Lith dorp	0.110	0.149	-0.014	0.014
Heesbeen	0.008	0.008	-0.001	0.008
Keizersveer	0.001	0.002	0.000	0.000
Gemiddelde	0.029	0.047	0.002	-0.008
RMS Gemiddelde	0.083	0.081	0.045	0.033

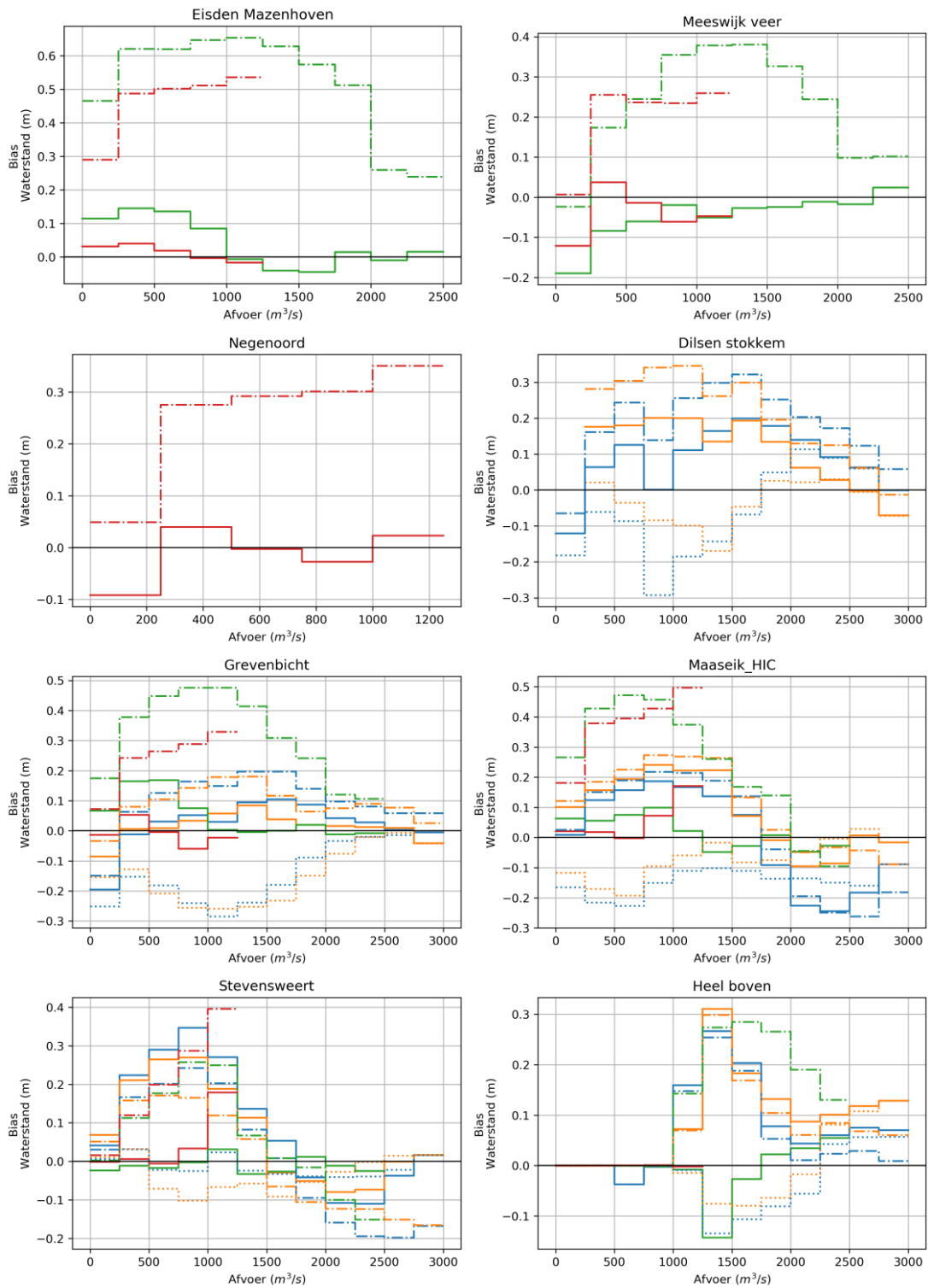
I.5.2 Vergelijking QH

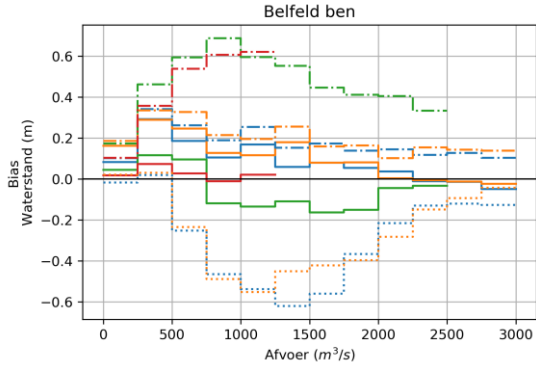
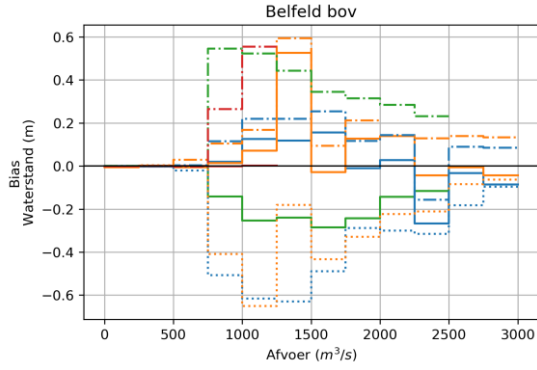
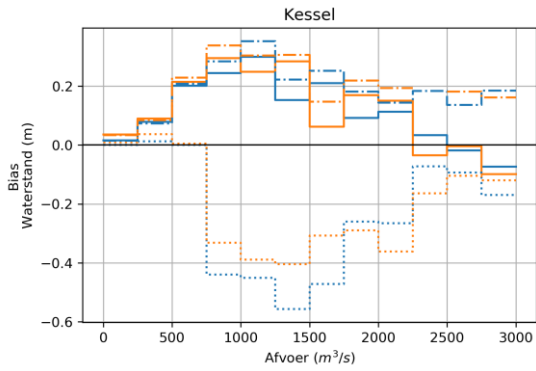
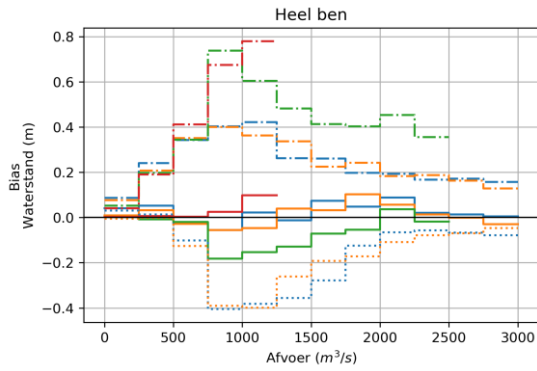
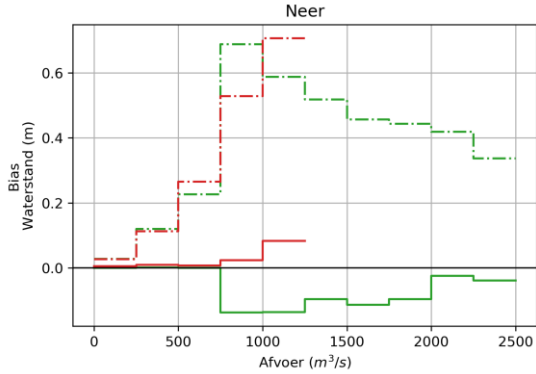
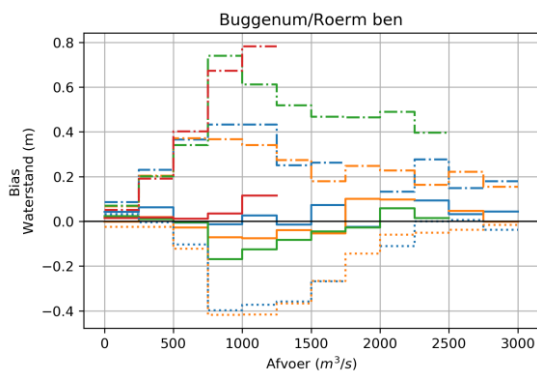
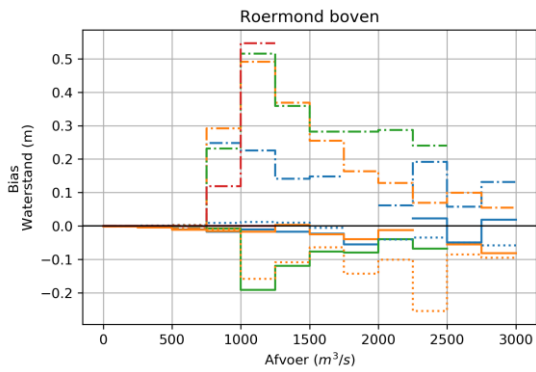
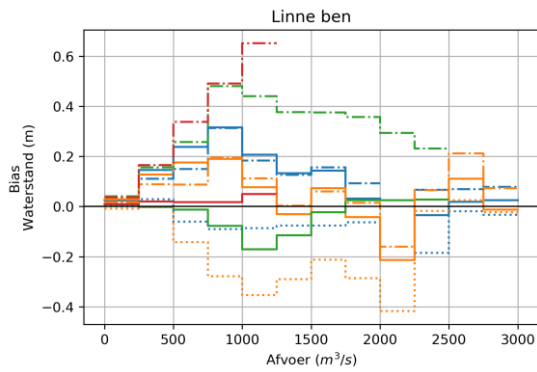


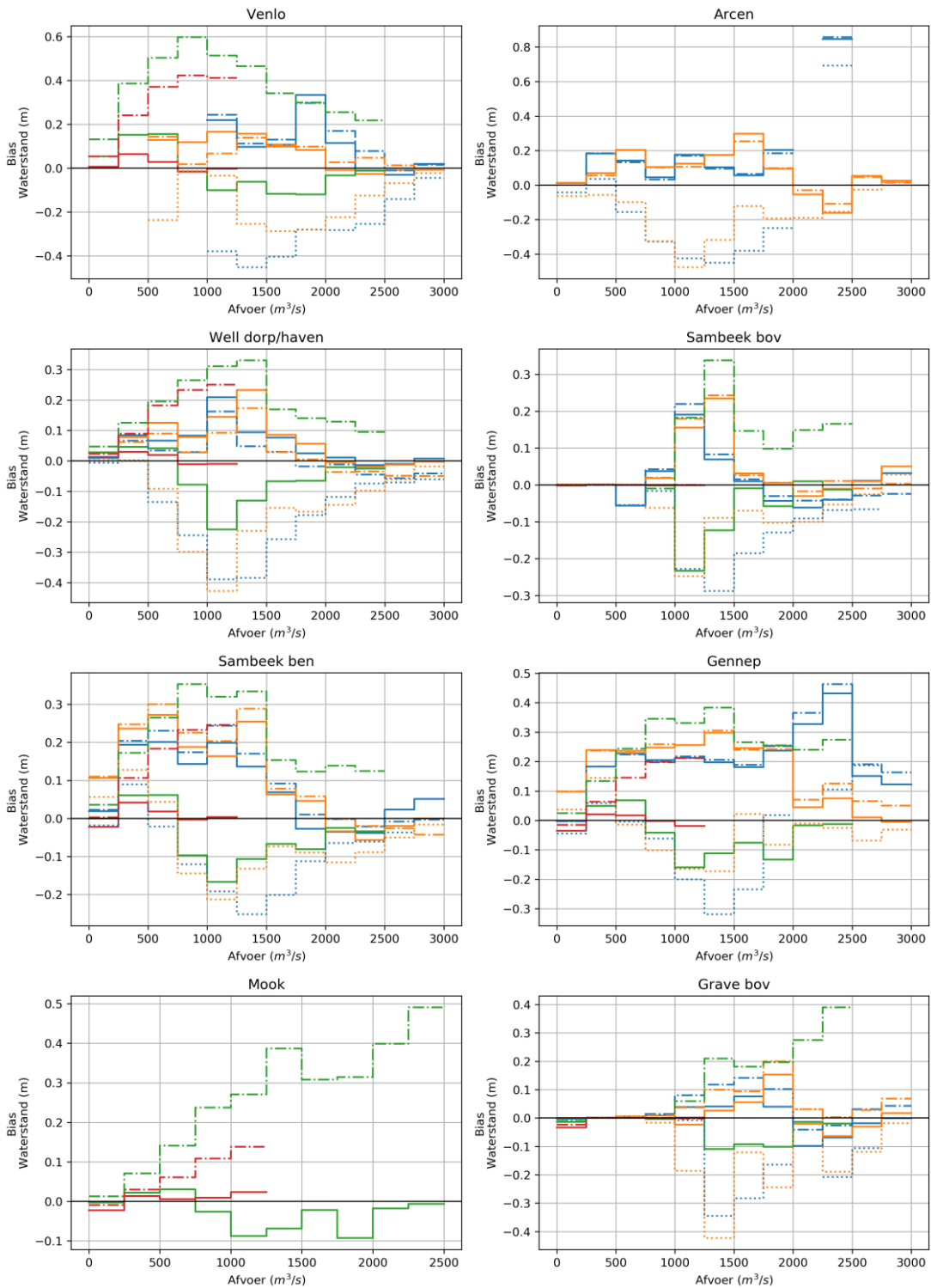
Figuur: In deze is in de jaren 1993 en 1995 gebruik gemaakt van de definitieve kalibratiefactoren. Dit in tegenstelling tot het niveau H1j95 dat gebruikt is voor de figuren in de hoofdtekst.

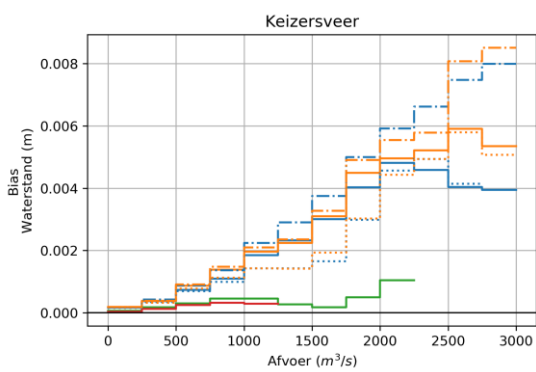
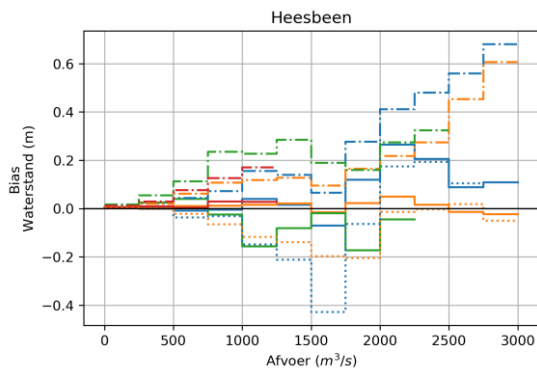
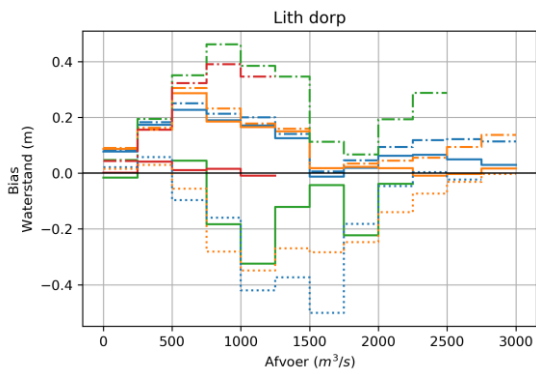
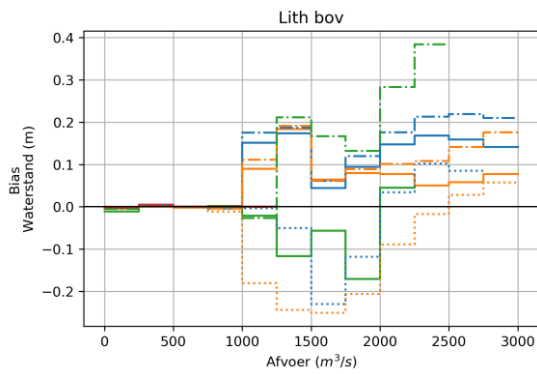
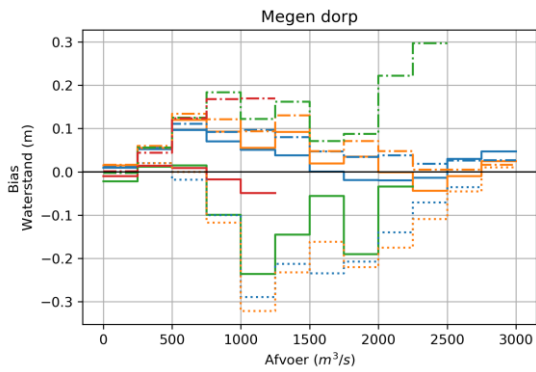
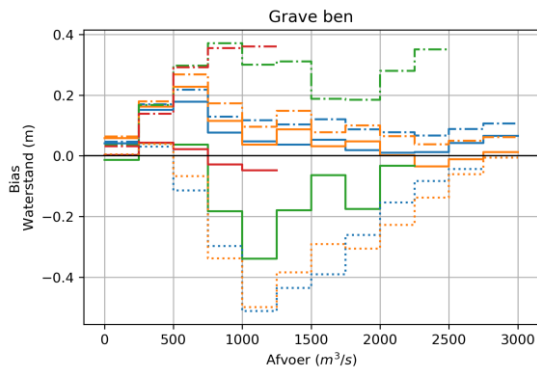
In onderstaande figuren zijn per station de QH resultaten samengevat. Evenals in eerdere figuren is voor de jaren 1993 en 1995 twee resultaten gepresenteerd: gekalibreerd (modelresultaten met de kalibratiefactoren H1j95 en H2) en definitief (kalibratiefactoren L, M1, M2, H1, H2).







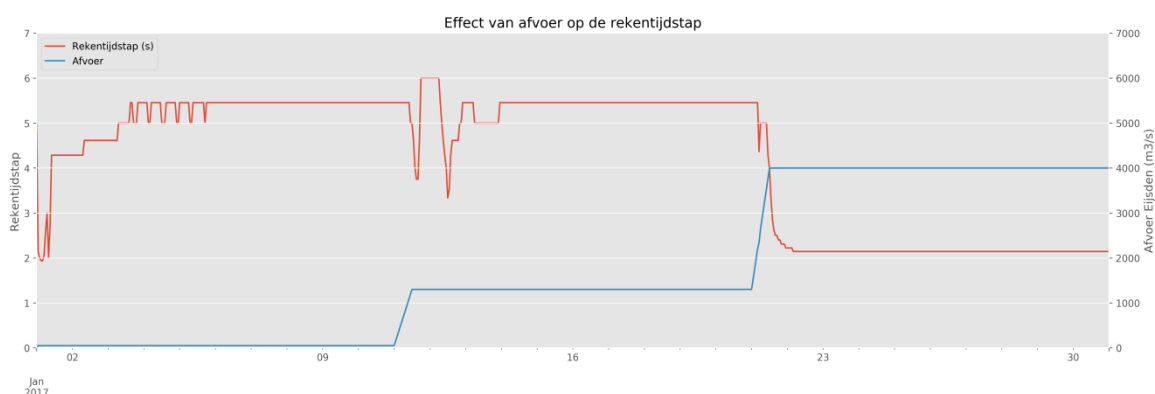




J Rekensnelheid en parallellisatie

J.1 Rekestijdstap

De rekensnelheid van het model is sterk afhankelijk van de hydrodynamica. Hoge stroomsnelheden reduceren de rekestijdstap (zie Figuur J.1).



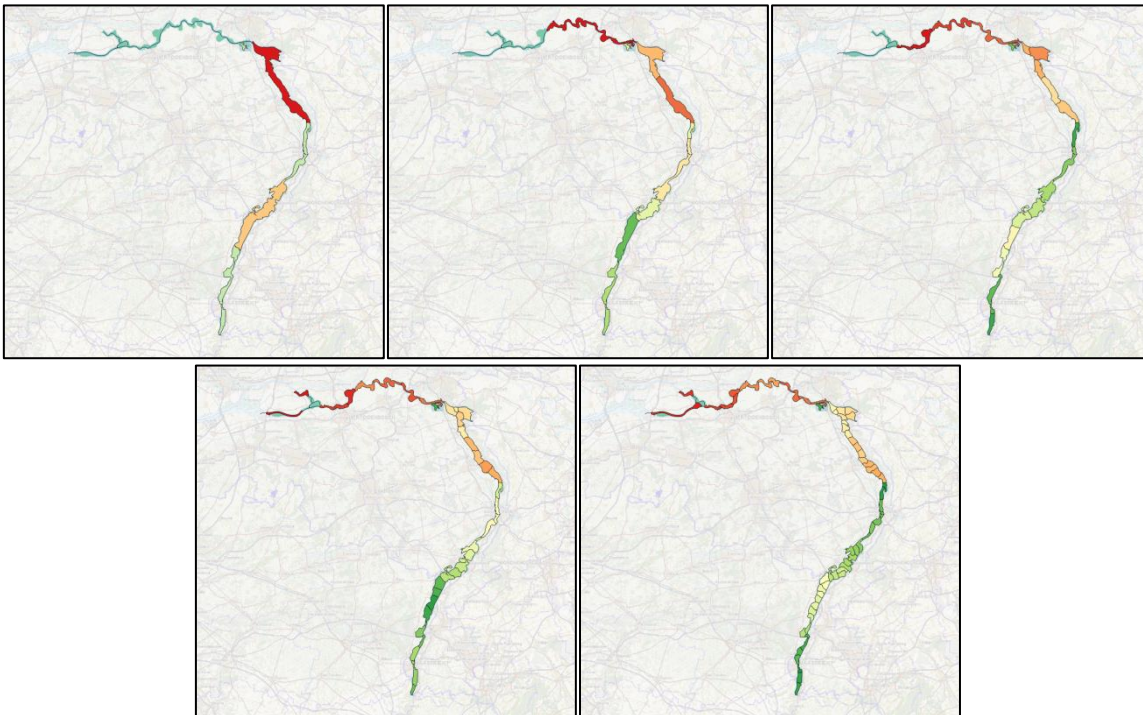
Figuur J.1: Rekestijdstap in het model (1x1) bij een afvoer van 50, 1300 en 4000 m³/s

J.2 Parallellisatie

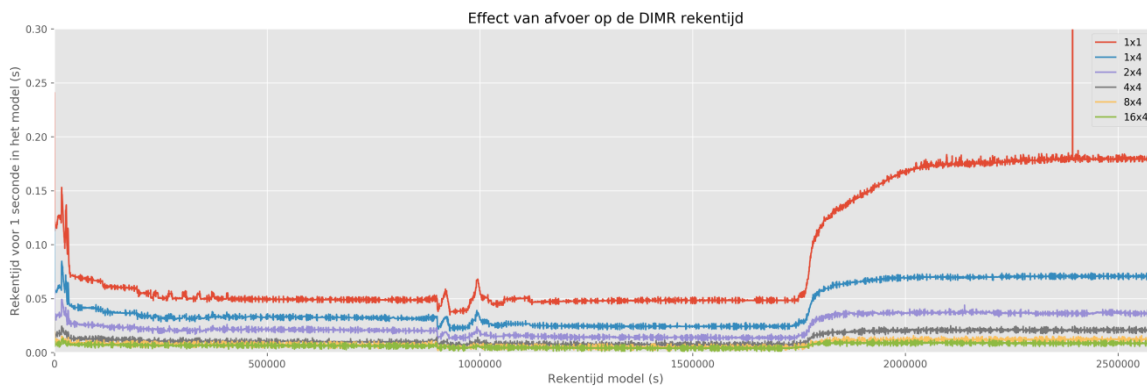
Om de efficiëntie van de parallellisatie te toetsen is een simulatie over de gehele maand juli 2014 uitgevoerd voor een sequentiële simulatie (1x1) en voor vier parallellisaties (1x4, 2x4, 4x4 en 8x4¹¹). De berekening is uitgevoerd op het h6 Linux-cluster van Deltares. Parallellisatie is automatisch uitgevoerd door het rekenhart (zie Figuur J.2). De gemiddelde rekestijdstap is in alle gevallen 4.8 seconden.

De gemiddelde rekensnelheid van het model is berekend uit de uitvoer van DIMR en is gegeven in Figuur J.3. In de figuur is te zien dat voor een hogere afvoer de rekestijd toe neemt. Deze toename is groter dan enkel verklaard kan worden aan de hand van de afname gegeven in rekestijdstap (Figuur J.1). Dit komt doordat bij een hoge afvoer ook sprake is van grotere inundatie en daardoor voor meer actieve roosterzellen. Hierdoor neemt de rekestijd toe.

¹¹ 8x4 betekent: 8 nodes met ieder 4 cores zodat het model in 32 partities wordt geknipt; 1x1 betekent: sequentieel



Figuur J.2: Automatische domeindecompositie voor 4, 8, 16, 32 en 64 partities



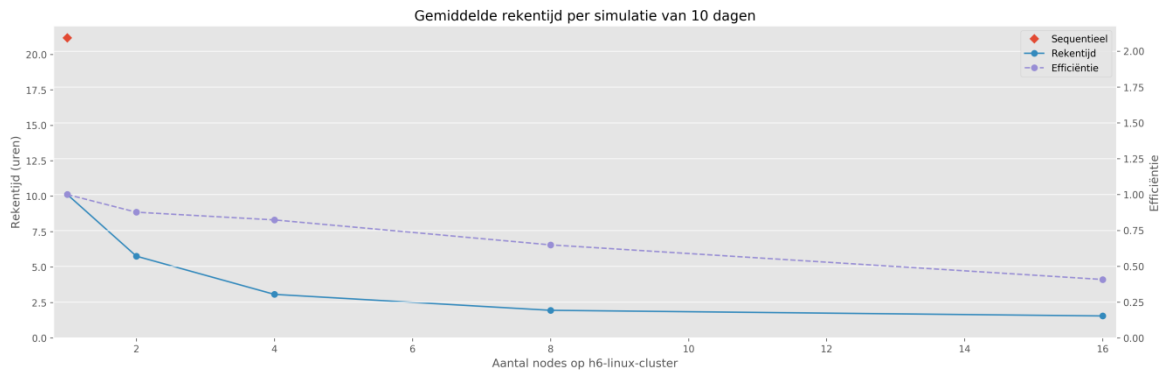
Figuur J.3: DIMR rekentijd voor 1 seconde in het model voor verschillende parallelisatie methoden

In Figuur J.4 is het resultaat gevisualiseerd voor een simulatie van 10 dagen, zoals een fictieve standaardvorm. De absolute rekentijd (donkerblauw) is ook vermenigvuldigd met het aantal nodes en hiervan het omgekeerde om een maat van de efficiëntie te geven (paars). Bij een simulatie van 1x4 is de gemiddelde rekentijd voor 10 dagen 10 uur, wanneer enkel lage afvoer wordt doorgerekend is dit 7 uur, bij enkel hoge afvoer is dit 17 uur.

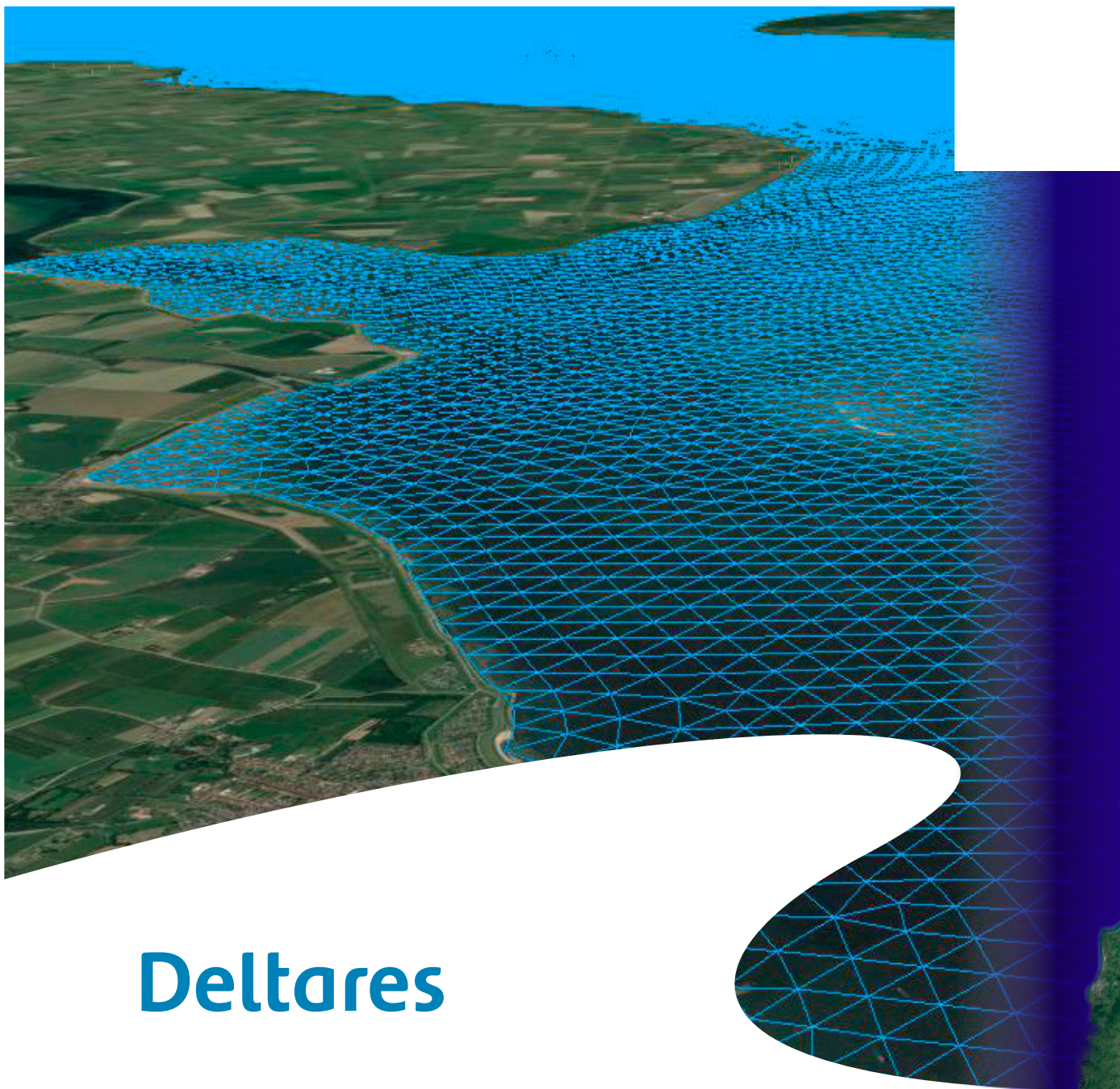
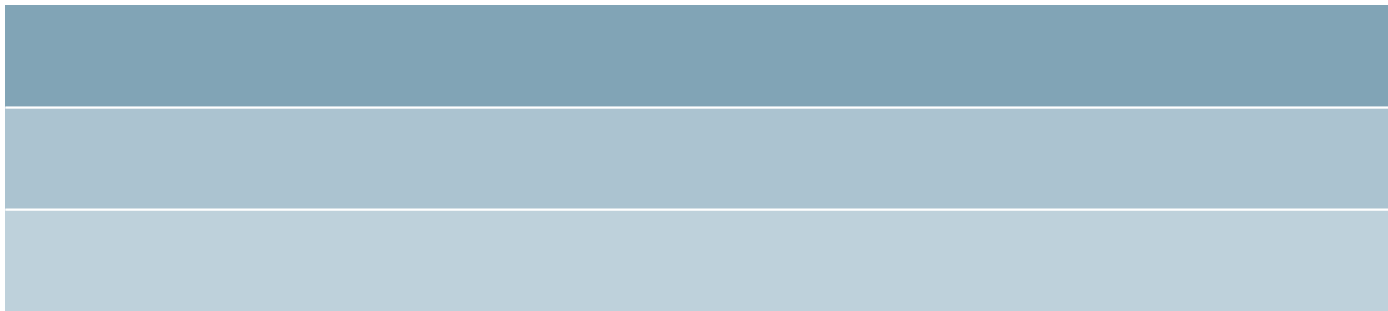
Voor een partitie van 20000 roostercellen wordt een efficiëntie van ten minste 60% verwacht. Voor het Maas-model komt 20000 roostercellen ongeveer overeen met 16 partities (4 nodes). In dat geval is de efficiëntie van het Maas-model zelfs 80% en voldoet daarmee ruim aan de verwachtingen.

Hier kan ook de vergelijking met de rekensnelheid van WAQUA gemaakt worden. Bij gebruik van dezelfde randvoorwaarden rekt WAQUA op 1 node met 4 cores gemiddeld 5 uur over een simulatie van 10 dagen. Een simulatie in D-HYDRO heeft dus ongeveer een dubbele rekentijd bij gelijkblijvende hardware. WAQUA rekt met een veel grotere vaste rekentijdstep

van 7.5 seconde, waardoor het Courant-criterium lokaal veel hoger uit komt. Ondanks mogelijke onnauwkeurigheden is dit in de vijfde generatie geaccepteerd.



Figuur J.4: Effect van parallelisatie op rekentijd van een DIMR-simulatie



Deltares