

Memo

Aan

Martin Scholten

Datum

19 maart 2021

Contactpersoon

Geert Prinsen

Ons kenmerk

11206813-016-ZWS-0005

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8595

E-mail

Geert.Prinsen@deltares.nl

Aantal pagina's

1 van 40

Onderwerp

LSM3 performance

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 2 |
| 2 | Analyse LSM3 | 3 |
| 2.1 | Overzicht activiteiten | 3 |
| 2.2 | Software versies | 5 |
| 2.3 | Resultaten knelpuntanalyse rekestijd | 6 |
| 2.3.1 | Albertkanaal | 6 |
| 2.3.2 | Overzicht overige aanpassingen | 7 |
| 2.4 | Resultaten analyse in GUI | 9 |
| 2.4.1 | Validatiemeldingen GUI | 9 |
| 2.4.2 | Schematisatie | 11 |
| 2.4.3 | LSM3 invoer en modelresultaten | 12 |
| 2.5 | Resultaten finale run met aanpassingen | 26 |
| 3 | Mogelijke versnellingen | 34 |
| 3.1 | Overzicht | 34 |
| 3.2 | Versnellingen in 1D rekenkern | 36 |
| 4 | Conclusies en aanbevelingen | 38 |
| 5 | Referenties | 40 |

1 Inleiding

In 2020 is een eerste versie van het LSM3 model in SOBEK3 afgerond. Het model is voor de hydrologische droge jaren van 2003 en 2018 getest (Wesselius en Fijisaki, 2019 en 2020). Op 8 december 2020 is er overleg geweest tussen Deltares en RWS over de issues die met dit model spelen. Bij dit Teams-overleg waren aanwezig Carine Wesselius, Bennie Minnema, Geert Prinsen (allen Deltares), Martin Scholten, Jeroen Ligtenberg en Sharon Muurling-van Geffen (allen RWS). Het belangrijkste gesignaleerde knelpunt is de lange rekentijd van LSM3. De rekentijd is met name een knelpunt voor de 100-jaar sommen binnen NWM. Daarnaast is de validatie van LSM3 nog niet afgerond.

Voor het project KPP Hydraulica Schematisaties 2021 is op basis van het overleg van 8 december 2020 afgesproken dat nader wordt bekeken of dit LSM3 model nog verder verbeterd wordt. Dit is met name afhankelijk van de vorderingen rondom de lange rekentijden. In het KPP project is in januari-februari 2021 LSM3 nader onder de loep genomen. Hierbij is de focus gelegd op de rekentijden en een eerlijke vergelijking met het SOBEK2 LSM light. Ook is kritisch naar de modelresultaten gekeken en zijn een aantal verbeterpunten geïdentificeerd en deels geïmplementeerd.

Dit memo doet verslag van de uitgevoerde werkzaamheden.

De review van dit memo is uitgevoerd door Carine Wesselius (LSM3 projectleider in 2019-2020) en het project is begeleid door Aukje Spruyt (projectleider KPP Schematisaties Zoet, Deltares) en Martin Scholten (Projectleider KPP Hydraulica Schematisaties, RWS).

2 Analyse LSM3

2.1 Overzicht activiteiten

De analyse van de performance is uitgevoerd op basis van het beschikbare LSM3 model (versie sobek-lsm3-j18_5-v2) uit het KPP Hydraulica schematisaties 2020 en het LSM-Light 1.2 model zoals dat in het Nationaal Water Model (NWM) wordt gebruikt.

Er is gekeken naar de numerieke instellingen in de beide modellen en naar mogelijke knelpunten in de schematisatie van het beschikbare LSM3 model versie sobek-lsm3-j18_5-v2. De analyse naar de knelpunten in de schematisatie die zorgen voor een matige performance qua rekentijd is uitgevoerd door analyse van de standaard 1D-simulatie uitvoer in de FlowAnal.His uitvoerfile. In deze file is per rekensegment aangegeven hoe vaak (=in hoeveel rekentijdstappen) dit rekensegment beperkend was voor de rekentijd:

- door interne tijdstapreductie (timestep estimation),
- door droogval op het bovenstroomse of benedenstroomse rekenpunt (negative depth up / down),
- door interne iteraties (no. iterations up / down), en
- de som van deze aantallen (total).

In vrijwel alle SOBEK modellen is de beperking door interne tijdstapreductie (timestep estimation) bepalend voor de rekensnelheid, en dat blijkt ook te gelden voor LSM3.

Taksegmenten die beperkend zijn qua rekentijd zijn typisch korte segmenten met weinig volume. Dat kan komen door een onhandig rekengrid met flinke spreiding in lengte en volume van rekensegmenten, door lokale vernauwingen e.d. Ook het verwijderen van kunstwerken zonder het rekengrid hierop aan te passen kan voor dit soort problemen zorgen, want kunstwerken liggen juist vaak op korte taksegmenten.

Na het oplossen van een knelpunt voor de tijdstapreductie is er typisch een andere locatie die het vaakst kritisch is. Daarom zijn er een aantal opeenvolgende testen en aanpassingen in de schematisatie uitgevoerd die tot versnelling leiden. Vaak gaat het om een beperkt aantal locaties die de grote bottlenecks zijn waardoor de performance van een model matig is. Na het oplossen van deze bottlenecks blijkt dan dat verdere aanpassingen bij de daaropvolgende rekentijd-limiterende taksegmenten weinig versnelling opleveren (of niet meer gewenst zijn in verband met de gewenste nauwkeurigheid van de modellering).

Een belangrijk aandachtspunt is het vergelijkbaar instellen van de numerieke instellingen en gewenste uitvoer in SOBEK2 en SOBEK3. Bij de numerieke instellingen gaat het om parameters die in SOBEK2 in de SOBEKSIM.INI staan, en in SOBEK3 in de MD1D file en de SOBEKSIM.INI.

Er blijken de nodige verschillen tussen de in NWM gebruikte instellingen in SOBEK2 en de standaard instellingen die bij LSM3 in SOBEK zijn gebruikt. In de volgende tabel worden diverse instellingen genoemd. In de kolom 'gebruikt in vergelijking' is aangegeven welke waarden uiteindelijk gebruikt zijn voor een eerlijke vergelijking. Hierbij moet opgemerkt worden dat voor de 'definitieve' instellingen van het model moet worden gecontroleerd welke instellingen uiteindelijk gebruikt worden om ook de beste inhoudelijke resultaten te krijgen; bijvoorbeeld voor de parameter TransitionHeightSD is bij de kalibratie voor de riviermodellen een waarde van 0.75 en niet 1.0 gebruikt. Voor het doel van het huidige onderzoek naar de snelheid van het model maakt dat echter geen verschil.

Tabel 1: Numerieke parameters in SOBEK

| Parameter | NWM / SOBEK2 | LSM3 instelling in aangeleverd model | Gebruikt in vergelijking | Opmerking |
|----------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------|---|
| AccelerationTermFactor | 1 | 1 | 1 | |
| AccurateVersusSpeed | 3 | 3 | 3 | |
| CourantNumber | 2 | 0.9 | 2 | Directe invloed op rekestijd. NB. Met zoutberekening aan crasht SOBEK3 met Courant=2. Zonder zoutberekening is Courant=2 geen probleem in SOBEK3. In opgeleverde versie: 0.9 |
| DtMinimum | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| EpsilonValueVolume | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | |
| EpsilonValueWaterDepth | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | |
| MaxDegree | 6 | 6 | 6 | |
| MaxIterations | 8 | 12 | 8 | In opgeleverde versie: 12 |
| MinimumSurfaceatStreet | 0.1 | 0.1 | 0.1 | |
| MinimumSurfaceinNode | 0.1 | 0.1 | 0.1 | |
| MinimumLength | 1 | 1 | 1 | |
| RelaxationFactor | 1 | 1 | 1 | |
| Rho | 1000 | 1000 | 1000 | |
| StructureInertiaDampingFactor | 1 | 1 | 1 | |
| Theta=1 | 1 | 1 | 1 | |
| ThresholdValueFlooding | 0.01 | 0.1 | 0.01 | |
| ThresholdValueFloodingFLS | 0.001 | - | 0.001 | |
| UseTimeStepReducerStructures | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | |
| MaxLoweringCrossAtCulvert | 10 | 0.0 | 10 | Belangrijk voor regionale modellen met duikers |
| TransitionHeightSD | 1 | 0.75 | 1 | In opgeleverde versie: 0.75 |
| NoNegativeQlatWhenThereIsNoWater | -1 | 1 | -1 | -1 of 1 betekent hetzelfde |
| MaxVolFact | 0.9 | 0.9 | 0.9 | |
| | | | | |
| Skipstructimestepreduction=1 | 1 | | 1 | In SOBEK3 is deze vlag niet beschikbaar, gedrag is als default geïmplementeerd |
| allowablelargertimestep=0 | 0 | | 0 | |
| ConveyanceTableUsed | 0 | -1 | 0 | Niet gebruikt in SOBEK3, geen Parsen |
| ConveyanceUsed | -1 | -1 | -1 | |
| ConvtabYzorif | -1 | -1 | -1 | |
| Dispmaxfactor | 0.45 | 0.45 | 0.45 | |
| ExtraResistanceGeneralStructure | 0 | 0 | 0 | |

| Parameter | NWM / SOBEK2 | LSM3 instelling in aangeleverd model | Gebruikt in vergelijking | Opmerking |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------|---|
| ladvec1D | 1 | 2 | 1 | Was verschillend, maar heeft nauwelijks impact In opgeleverde versie: 2 |
| Limtyphu1D | 1 | 1 | 1 | |
| StructureDynamicsFactor | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| StructureInertiaDampingFactor | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| StructureStabilityFactor | 0 | | | |
| UseTimers | 0 | 1 | 0 | In opgeleverde versie: 1 |
| WriteNetCdf | - | 1 | 0 | 0 betekent alleen HIS uitvoer, geen NetCdf In opgeleverde versie: 1 |

Er waren een aantal verschillen, waarvan de ingestelde maximum toegestane Courant waarde de belangrijkste is. Met CourantNumber=1.0 is de berekening stabiel (1.0 is ook default waarde in SOBEK2), maar met CourantNumber=2.0 wordt de rekentijdstep minder geknepen (factor 2). Nadeel is echter dat de berekening niet gegarandeerd stabiel is. Bij SOBEK3 LSM3 was CourantNumber=0.9 ingesteld. Hiermee is ook de berekening met zout in SOBEK3 stabiel. Bij CourantNumber=2.0 gaat de berekening van alleen de waterbeweging wel goed (met zoutberekening uitgezet), maar met de zoutberekening aangezet crasht het model.

Door de rekentijden te vergelijken met dezelfde numerieke instellingen en te rekenen op dezelfde laptop is een eerlijke vergelijking van LSM light in SOBEK2 en LSM3 in SOBEK3 mogelijk.

Tenslotte, het LSM light model in SOBEK2 heeft 13810 rekenpunten, en het LSM3 model 14619 rekenpunten. Dus hoewel er minder detail van de regionale netwerken in LSM3 is opgenomen, is het aantal rekenpunten toch iets hoger dan in LSM2. Dat zit o.a. in het deelnetwerk Oosterschelde, en mogelijk in delen van de RWS netwerken waar een rekengrid met meer resolutie is gebruikt dan in LSM2.

2.2 Software versies

De analyse is uitgevoerd met de direct via DIMR gedraaide versie van LSM3. Hiervoor is het model van de jaarsom 2018 (van 1-dec-2017 tot 1-jan-2019) gebruikt.

De in eerste instantie gebruikte DIMR versie is die van 18 december 2020. De D-Flow1D en D-RTC rekenkernen en DIMR versie die hierin gebruikt worden zijn:

- (D-Flow1D) cf_dll.dll, D-Flow 1D Version 5.00.024.69849M, Dec 17 2020, 20:38:48
- (D-RTC) FBCTools_BMI.dll, Version 1.6.1.1221 (Win64), Nov 30 2020, 21:01:27
- Dimr.exe Version 2.00.00.68124M (Win64), Dec 16 2020, 20:33:18

Bij de analyse is vergeleken met een SOBEK2 LSM-LT 1.2 som voor 2018. In andere kaders waren al sommen voor 2018 met LHM en LSM 1.31 (obese) gemaakt. De randvoorwaarden hiervan zijn overgezet en geconverteerd naar het SOBEK2 LSM-LT model zoals dat ook in NWM gebruikt wordt. Dit LSM-light model komt qua aantal rekenpunten nog het dichtst bij het LSM3 model. Het LSM-Light model is gedraaid in SOBEK 2.13.002a met

- Parsen : 16-4-2013 14:46:28, Version: 2.06.014.27565
- Flow (Delftflow) : 18-12-2014 11:21:53, Version: 1.01.00.37659

Daarna is deze in de eerste analyse aangepaste LSM3 schematisatie via de GUI van de gloednieuwe SOBEK 3.7.22.52202 versie van februari 2021 gecontroleerd en verder verbeterd, en met de DIMR versie van deze SOBEK release opnieuw doorgerekend.

De update naar SOBEK 3.7.22 was nodig omdat het uitgangsmodel met zout niet rekent in SOBEK 3.7.21 van juli 2020, maar alleen met een recentere nieuwere versie van de SOBEK3 D-Flow 1D rekenkern (cf_dll.dll) zoals bijvoorbeeld in de DIMR versie van 18 december 2020 is opgenomen. Het DIMR model wordt niet geïmporteerd in de SOBEK 3.7.21 GUI, maar wel in de SOBEK 3.7.22 versie, al komen daar nog wel meldingen uit (zie paragraaf 2.4.1).

2.3 Resultaten knelpuntanalyse rekentijd

2.3.1 Albertkanaal

Een belangrijk knelpunt blijkt te zitten in de schematisatie nabij de rand Monsin en afsplitsing Albertkanaal. In deze paragraaf wordt dat numerieke knelpunt als illustratief voorbeeld uitgebreid beschreven. In de volgende paragraaf worden de andere gevonden numerieke knelpunten korter beschreven.

In het aangeleverde LSM3 model is dit numeriek gezien de meest beperkende locatie (360000 keer). In het aangeleverde model sobek-lsm3-j18_5-v2 was hiervoor een tak gedefinieerd met id Albertkanaal, van knoop Eijsden naar knoop Node090 van ongeveer 50 m lengte, met rekenpunten op chainage offset 0, 15, 35 en 50 m.

Op offset 25 m ligt een kunstwerk, PompAlbertkanaal, die met een hydraulische controller ervoor zorgt dat afhankelijk van het debiet van Monsin (opgelegd op rand knoop BovenEijsden) een deel conform het Maasafvoercontract in België op het Albertkanaal blijft. Bij knoop Node090 is geen randvoorwaarde opgelegd.

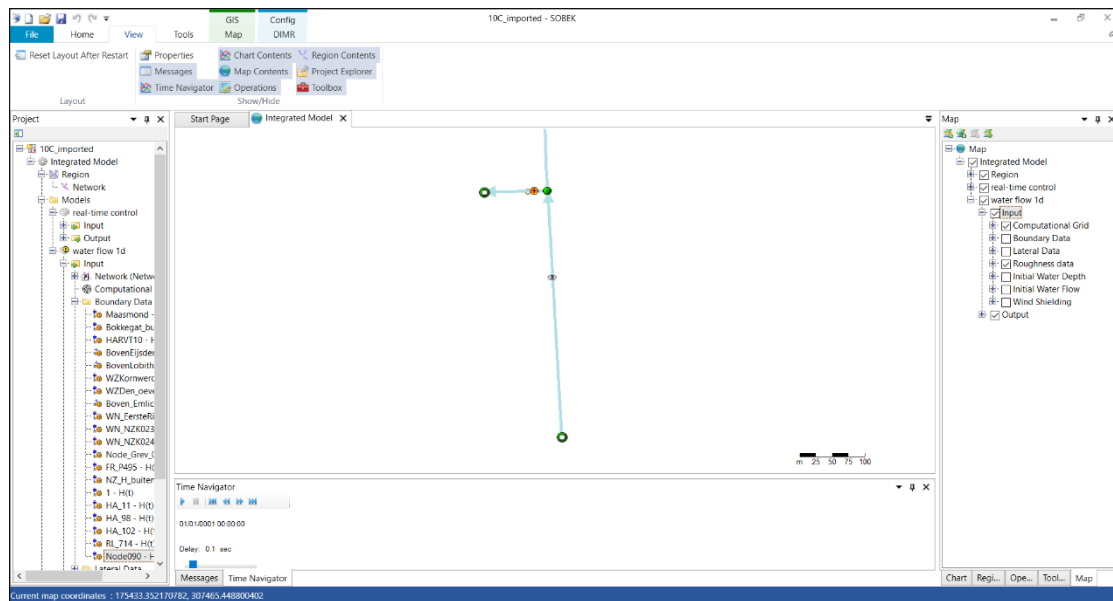
Deze schematisatie heeft als gevolg dat er naast het segment waarop het kunstwerk is gedefinieerd (tussen offset 15 en 35 m) twee kleine rekensegmenten zijn die een numerieke bottleneck vormen. Dit zijn de rekensegmenten tussen offset 0 en 15 m en tussen offset 35 en 50 m op de tak Albertkanaal. Verder kan de waterstand op het laatste segment tot grote hoogten stijgen omdat knoop Node090 geen randvoorwaarde heeft en water dus niet het systeem uit kan. Dat is misschien voor rekentijd minder belangrijk, maar het is niet realistisch en ook numeriek gezien vervelend omdat in het op te lossen stelsel vergelijkingen grote getallen geïntroduceerd worden (de waterstand op dit punt liep na 1 jaar op tot +470000 m NAP)

De volgende aanpassingen zijn gedaan:

- Het rekenpunt op offset 35m is verwijderd
- Het kunstwerk PompAlbertkanaal verlegd naar offset 10 m
- Er is een randvoorwaarde toegevoegd op knoop Node090 (constante waterstand)

Dit heeft het effect dat het pompdebiet door een tak van 35m gaat in plaats van door een tak van 15m, en dat de waterstand niet de pan uitrijst. Hierdoor is dit knelpunt verholpen en veel minder vaak beperkend, omdat nu bij hetzelfde debiet in deze aangepaste schematisatie een twee maal zo grote rekentijdstep mogelijk is volgens het Courant criterium (het volume van het rekensegment is verdubbeld).

En voor de resultaten op de Maas of elders in het model maakt het geen verschil.



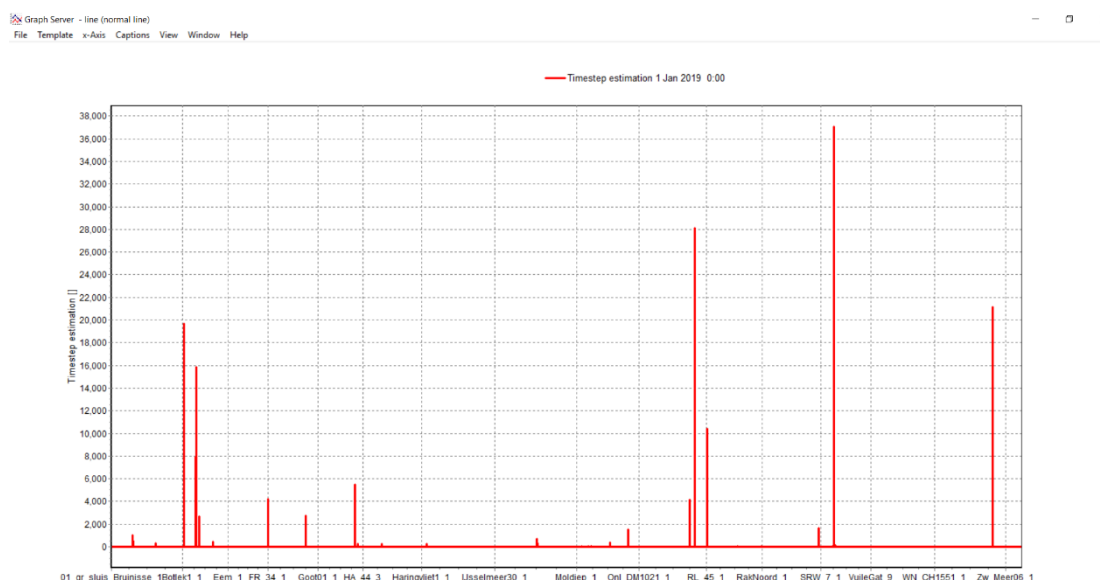
Figuur 1: Schematisatie Maas nabij bovenrand en pomp voor onttrekking Albertkanaal

2.3.2 Overzicht overige aanpassingen

Door op eenzelfde manier als voor het Albertkanaal is beschreven naar de andere knelpunten te kijken, zijn een aantal numerieke bottlenecks geïdentificeerd die met kleine aanpassingen verholpen zijn. Die aanpassingen zijn dan typisch een rekenpunt verwijderen, van doodlopende korte takken de lengte of de cross-sectie te vergroten e.d. Hierdoor is de rekentijd van LSM3 flink verkleind. Er zijn aanpassingen gedaan voor de volgende locaties in het model:

- **Albertkanaal** (zie paragraaf 2.3.1)
- Tak **HA_131**: de rekenpunten liggen op chainage 0, 182, 202, en 607. Maar tussen chainage 182 en 202 ligt geen kunstwerk, alleen een cross-sectie (en die is identiek aan de andere cross-sectie op de tak). Daarom is er geen reden voor de korte tak, dus kan het rekenpunt op chainage 182 verwijderd worden.
- Tak **NZ_r1AFW111_1**: (Noorderzijlvest) dit is een korte doodlopende tak van 20 meter lengte, met 2 cross-secties waarvan er de cross-sectie aan de doodlopende kant heel small is en voor beperkingen zorgt. Door op beide locaties van de tweede opgegeven cross-sectie definitie gebruik te maken is dit segment minder beperkend voor de rekentijdstep (zonder noemenswaardige gevolgen voor de berekeningen). Bij cross-sectie locatie **NZ_pAFW111** wordt nu gebruik gemaakt van cross-sectie definitie **NZ_p2AFW111**
- Vergelijkbaar: het profiel met id **SRW_GHIJ_BR6787_0** (Stichtse Rijnlanden) op een doodlopende tak is iets vergroot om knijpen van de rekentijdstep op deze locatie te voorkomen.
- Tak **ZuidWillemsvaart01_21** Hier is een rekensegment van 20 meter gedefinieerd van chainage 9800 tot 10000 m, terwijl er geen kunstwerk tussen ligt en de overige rekensegmenten orde 500 meter lang zijn. Er ligt een compound structure bij chainage 9000. Er zijn ook cross-secties met namen **_9800** en **_10000m** die in werkelijkheid liggen op chainage 8900 en 9100m. Er lijkt hier dus geen reden voor een rekensegment van slechts 20m van 9980 tot 10000. Daarom is het rekenpunt op chainage 10000 m vervallen.
- Vergelijkbare korte rekensegmenten zonder duidelijke noodzaak, die zorgen voor numerieke bottlenecks, zijn op tak **Wilhelminakanaal03**, **Wilhelminakanaal02**, en regionale takken **FR_50**, **HA_31**, **FVNZ_389**, **FVNZ_438**, **FVNZ_442**, **HN_WG_34**, **HN_14**, **RL_447-058-00056**, **R_YSV_P_23389**, **DL_CH_1086**. Hier is door het verwijderen van 1 of meer rekenpunten een kort beperkend rekensegment verwijderd.

- Enkele bruggen op korte taksegmenten in regionale modellen zijn weer toegevoegd. Het gaat hierbij om een toevoeging in het bestand met kunstwerken (structures.ini) als om een extra profieldefinitie die nodig voor dit kunstwerk in het bestand CrossSectionDefinitions.ini.
Op zich zou dit ook op meer locaties in het regionale netwerk mogelijk zijn, zie ook de opmerking in paragraaf 2.4.2. Bijvoorbeeld een locatie op een tak in de regio Zwolle (tak **R_YSV_P_23389**) zoals hiervoor genoemd is ook een kort rekensegment die in LSM3 numeriek soms beperkend is. In LSM2 is op dat taksegment een brug gedefinieerd, maar in LSM3 niet.
- Dubbele definities zijn verwijderd in de ASCII files.
Dit ging om Lateral Discharge locaties met id Noordervaart02_8312.0 en Linne-schut-in, in de invoerbestanden LateralDischargeLocations.ini en BoundaryConditions.bc.
- Waar nodig in verband met de wijzigingen zijn ook aanpassingen gedaan in de files met initiële condities (initialWaterDepth.ini, InitialSalinity.ini)
- Na al deze aanpassingen zijn de meest beperkende kritische locaties (zie figuur 2) op de takken SRW_GHIJ_61, RL_449-058-00194, ZuidWillemsvaart07 en Breeddiep (allen meer dan 20000 keer beperkend).



Figuur 2: Aantal keren dat een rekensegment beperkend is voor de rekentijdstep

De performance van de SOBEK3 schematisatie met deze aanpassingen is vergeleken met de originele schematisatie van LSM3 in SOBEK3 en met een som van LSM-light in SOBEK2. Hierbij zijn voor alle sommen dezelfde numerieke instellingen gebruikt (CourantNumber=2.0 voor sommen zonder zout en temperatuur). De rekentijden voor een simulatie van december 2017 tot januari 2019 (13 maanden) zijn dan als volgt:

Tabel 2: Rekentijd LSM3 en LSM2 na eerste knelpuntanalyse, met CourantNumber=2.0, zonder zout en temperatuur

| Model | Rekentijd |
|--|------------------|
| LSM3 uitgangsmodel (sobek-lsm3-j18_5-v2) | 6 uur 53 minuten |
| LSM3 aangepast model | 3 uur 53 minuten |
| LSM light SOBEK2 model | 1 uur 51 minuten |

Hieruit blijkt dat door de kleine aanpassingen in het LSM3 model de rekentijd bijna gehalveerd is (van 6 uur 53 minuten naar 3 uur 53 minuten). Verder blijkt de rekentijd echter nog steeds ruim 2 keer zo groot als de rekentijd van het iets kleinere LSM light model in SOBEK2.

Voor de vergelijking van de rekentijden met en zonder zout zijn twee simulaties met het aangepaste LSM3 model gedaan met CourantNumber=0.9, en als enige verschil dat de zout- en temperatuur berekeningen (en ook -uitvoer) aan zijn gezet.

Tabel 3: Rekentijd LSM3 met en zonder zout/temperatuur, met verschillende max. Courant getallen

| Model | Courant | Zout/temperatuur | Rekentijd |
|----------------------|---------|------------------|-------------------|
| LSM3 aangepast model | 2.0 | Zonder | 3 uur 53 minuten |
| LSM3 aangepast model | 0.9 | Zonder | 7 uur 18 minuten |
| LSM3 aangepast model | 0.9 | Met | 12 uur 22 minuten |

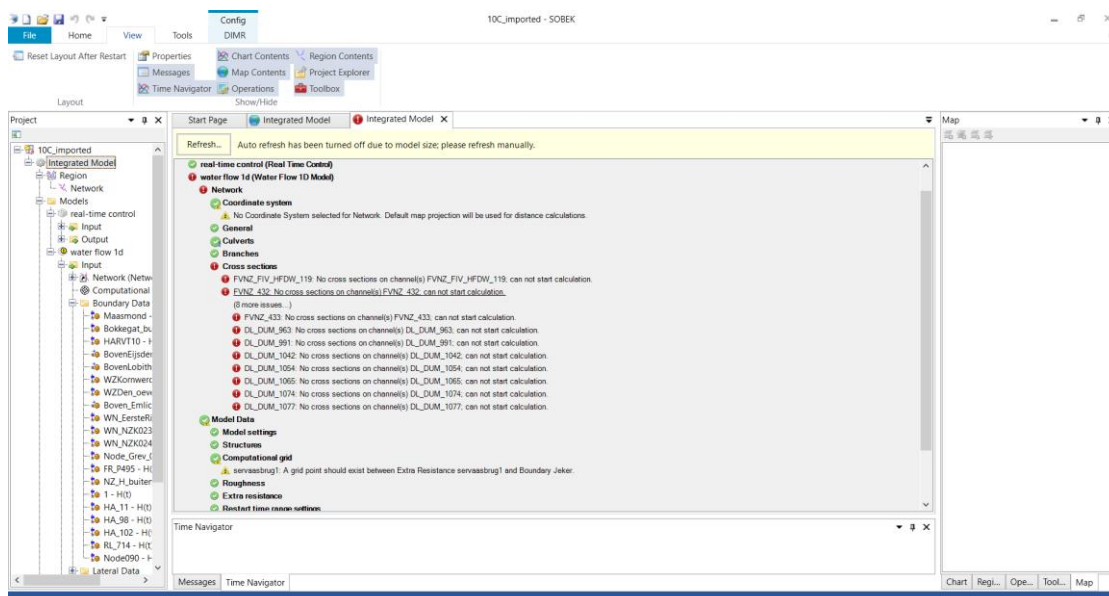
Zoals verwacht is het model bij een lager toegestaan maximum Courant getal duidelijk trager. De verlaging van het maximum Courantgetal van 2.0 naar 0.9 (factor 2.2) leidt tot een toename van de rekentijd met een factor 1.88 (iets lager). Het aanzetten van de zout- en temperatuurberekeningen vraagt nog weer een flinke extra rekentijd, die is een factor 1.69 groter ten opzichte van de som met dezelfde numerieke instellingen maar zonder zout- en temperatuurberekeningen. Hierop wordt in hoofdstuk 3 nog teruggekomen.

2.4 Resultaten analyse in GUI

Bij analyse in de GUI is gekeken naar zowel het aspect rekengrid / rekensnelheid, als naar de inhoudelijke kwaliteit van de resultaten, hoewel dat laatste strikt genomen geen onderdeel was van de voorziene analyse. Hierbij zijn een aantal observaties gedaan. Deze worden onderverdeeld in validatiemeldingen, schematisatie-aspecten en verificatie van de kwaliteit van de invoer en de resultaten

2.4.1 Validatiemeldingen GUI

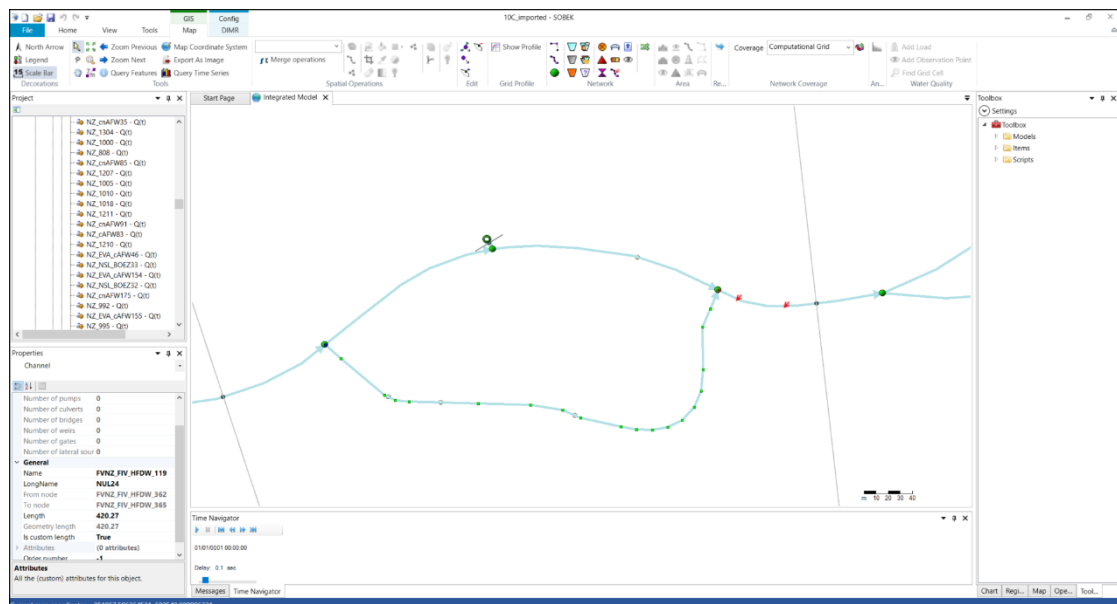
Allereerst met betrekking tot de validatiemeldingen na import in de SOBEK 3.7.22 GUI (zie figuur 3):



Figuur 3: Validatiemeldingen van SOBEK 3.7.22.52202

De modelvalidatie geeft een aantal foutmeldingen op het 1D model dat vanuit de DIMR.XML is geïmporteerd.

- Het coördinaat systeem is niet gezet. Dat klopt maar dat is een GUI aspect, en moet in de GUI gebeuren.
- Bij een aantal cross-sections werd de melding gegeven dat de cross-sectie definitie breder was dan de opgegeven main width. Dat kwam door een verschil in precisie in de datafile (de cross-sectie met tabulated profielen had tot 5 posities nauwkeurig de flow width en total width opgegeven, maar de main width in slechts 3 posities); de betreffende cross-sections zijn aangepast en de meldingen zijn dus niet meer te zien in figuur 3.
- Een aantal branches van DL_DUM en FVNZ hebben volgens de validatie geen cross-section.
- Als eerste tak wordt de tak FVNZ_FIV_HFDW_119 genoemd. Deze tak is de in onderstaande figuur 4 geselecteerde tak (met groene puntjes) De GUI laat na import hier geen cross-sectie zien.

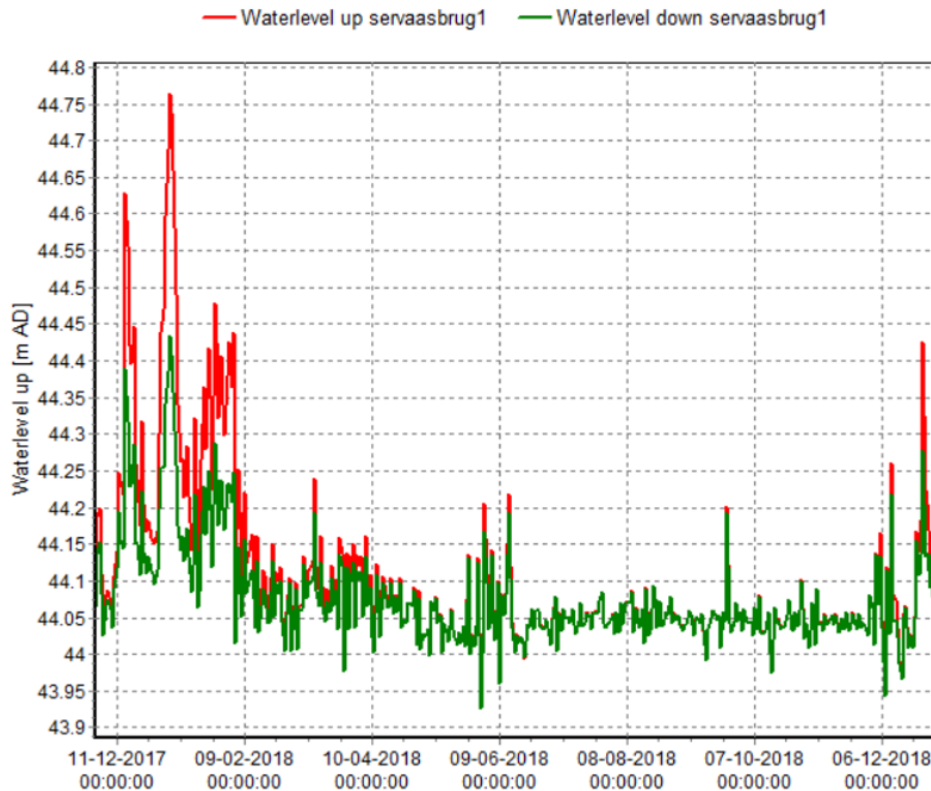


Figuur 4: Tak FVNZ_FIV_HFDW_119 zonder cross-sections in de GUI

In eerste instantie lijkt dit gezien de geïmporteerde files een onterechte melding, want voor de genoemde takken zijn wel degelijk cross-sectie locaties en cross-sectie definities gedefinieerd. Echter, het blijkt dat de YZ cross-sectie definities niet opklimmend zijn gedefinieerd qua Y-waarden in SOBEK3. Waar voor deze profieldefinities in SOBEK2 in de YZ tabellen soms wel drie gelijke Y-waarden stonden (en dus een verticaal lijnstuk in het profiel zat) was in de SOBEK3 invoer (bij import) de cross-sectie aangepast omdat gelijke Y waarden door de GUI niet geaccepteerd worden. Echter die aanpassing hield geen rekening met mogelijk 3 gelijke Y-waarden en paste alleen de 2^e waarde aan (verhoging met 0.001 m) en niet de derde, waardoor afnemende Y-waarden in het YZ profiel zijn ontstaan. Na correctie van deze YZ profielen kan het model wel zonder deze meldingen in de GUI geïmporteerd worden.

- Melding servaasbrug1: 'computational point needed between extra resistance servaasbrug1 and boundary node Jeker'. Echter, Jeker is geen boundary node maar een gewone connection node. Er is een tak Kalkmaas3 van Maastricht naar Jeker en een tak Kalkmaas4A van Jeker naar Node092. Servaasbrug1 is een extra resistance op tak Kalkmaas4_A, chainage 288.042.

De melding lijkt overbodig omdat de rekenkern er geen moeite mee heeft en duidelijk verliezen op de extra resistance servaasbrug1 berekent. Uit figuur 5 blijkt dat bij de hoge afvoeren in december 2017-februari 2018 er flinke verliezen zijn (dus een flink waterstands-verschil tussen bovenstrooms en benedenstrooms van de extra resistance knoop servaasbrug1), terwijl in perioden van lage afvoeren in de zomermaanden van 2018 er nauwelijks verliezen zijn.



Figuur 5: Bovenstroomse en benedenstroomse waterstand bij extra resistance Servaasbrug1

Samenvattend: de GUI geeft na import van het model een aantal meldingen. Door correctie vooraf in de te importeren model datafiles kan het model echter wel correct in de GUI worden geïmporteerd en kan er ook vanuit de GUI gerekend worden. Voor de vergelijking van reketijden met SOBEK2 is echter buiten de GUI om gerekend, omdat uit testen van enkele jaren geleden gebleken is dat dit sneller is dan rekenen vanuit de GUI (door minder overhead; toen orde 10%).

2.4.2 Schematisatie

Bij het bekijken van de LSM3 schematisatie in de GUI vallen een paar zaken op.

1 Bruggen in regionale netwerken

In LSM3 zijn in de regionale netwerken de bruggen bewust verwijderd omdat ze beperkend qua reketijd leken. Echter, de rekensegmenten zijn niet aangepast. Als de rekensegmenten waar de bruggen op lagen oorspronkelijk korte segmenten waren, kan het zijn dat deze rekensegmenten nu qua reketijdstap beperkend worden omdat ze nu niet meer met de kunstwerkvergelijking worden opgelost maar met de normale St. Venant vergelijking (en dus meedoen in het Courant criterium)

Op locaties waar dit van belang is kan of de brug (met evt. profieldefinitie) weer worden toegevoegd, of het rekengrid worden aangepast om het korte segment waarop het kunstwerk lag te vergroten.

- 2 Neerslag en verdamping op open water
Dit lijkt maar zeer beperkt in de huidige versie LSM3 opgenomen, terwijl dit wel in LSM2 is opgenomen. Met name voor grote open wateroppervlakken zoals IJsselmeer en Markermeer zijn dit belangrijke balanstemen. Waarschijnlijk komt dit omdat de gebruikte manier in SOBEK2 (met koppeling van een lateral flow aan een neerslag- of verdampingstijdserie in mm/dag) niet beschikbaar is in SOBEK3, en dit zou moeten worden omgewerkt naar een lateral flow tijdreeks met debieten in m³/s. Voor de rekentijd zal het opnemen van deze laterals nauwelijks impact hebben, maar voor vergelijking van modelresultaten met historische waarnemingen qua waterstanden en debieten (bv. over de Afsluitdijk) is dit wel belangrijk .
- 3 Laterale debieten:
Bij het aankoppelen van regionale netwerken zoals Friesland moeten in het IJsselmeemodel opgedrukte laterale debietreeksen als voor de lateral Q_Woudagemaal op nul worden gezet, omdat deze via het aangekoppelde regionale netwerk worden berekend. Dit gaat om een redelijk beperkt aantal locaties.
- 4 De SOBEK3 uitvoer is in het aangeleverde model momentane (instantane) uitvoer, geen daggemiddelde uitvoer. Dat maakt vergelijken van LSM2 en LSM3 uitvoer van de jaarsom wat lastiger. Maar de uitvoeroptie voor gemiddelde uitvoer is wel beschikbaar in SOBEK3, dus voor de finale inhoudelijke vergelijking zal dit ook worden omgezet.

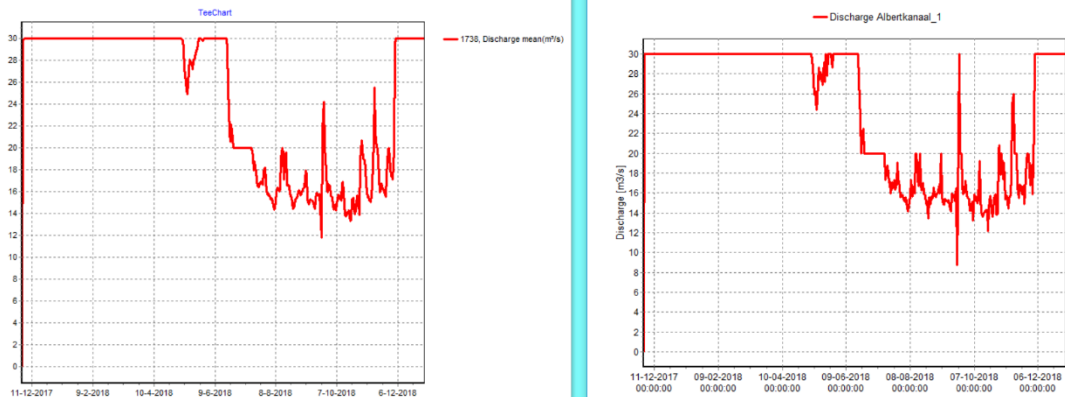
2.4.3 LSM3 invoer en modelresultaten

Bij verdere analyse van de modelresultaten en inspectie van de invoer via de GUI zijn de volgende zaken geconstateerd (nog op basis van de momentane LSM3 uitvoer):

- 1 Randvoorwaarden Maas
De randvoorwaarde voor de Maas in het LSM3 model bevat nu debietgegevens Eijsden, terwijl in LSM2 gebruik wordt gemaakt van Monsin. De afvoergegevens Monsin zijn ook hoger dan Eijsden blijkt uit controle (en dat klopt). De correctie van het Albertkanaal zoals opgenomen in LSM2 en LSM3 is alleen nodig bij afvoergegevens Monsin, niet bij afvoergegevens Eijsden. Voor gebruik in scenario's in DPZW analyses wordt de zogenaamde 'ongedeelde Maasafvoer' bij Monsin geleverd, niet Eijsden. Dus de randvoorwaarde Eijsden in het model moet worden herzien voor DPZW, en/of voor validatie voor 2018 van het model moet de pomp Albertkanaal worden uitgezet (en bij gebruik in DPZW met de Monsin afvoer weer worden aangezet)
- 2 Tijdsinterval randvoorwaarden
De nu opgelegde randvoorwaarden Eijsden zijn 10-minuten gegevens (met enkele gaten). Die zijn voor de Maas als gevolg van het stuwbeheer nogal dynamisch. In LSM2 is gebruik gemaakt van randvoorwaarden op dagbasis (daggemiddeld). Dit zal effect hebben op de rekentijd.
Daarom is een test gedaan waarbij voor de randvoorwaarde op de Maas dezelfde tijdreeks als in LSM2 (dagbasis). Verwacht wordt dat deze berekening iets sneller is dan de berekening met de historische data Eijsden op 10-minuten basis. En bovendien werd in de originele LSM3 som dus met de debietrand Eijsden (zie punt 1) eigenlijk ten onrechte nog getracht water te onttrekken uit de Maas voor het Albertkanaal.
Na de aanpassing van de randvoorwaarden (rivierafvoeren Maas en Rijn op dagbasis, getijranden Maasmond en enkele regionale systemen op 10 minuten i.p.v. soms op 1 minuut basis) wordt het LSM3 een kwartier sneller. Ten opzichte van LSM2 nog steeds duidelijk trager (3 uur 42 minuten in plaats van 1 uur 51 minuten), dus een factor 2. Hierbij is er geen verschil tussen de december 2020 DIMR set en de versies in SOBEK 3.7.22.52202.

3 Albertkanaal

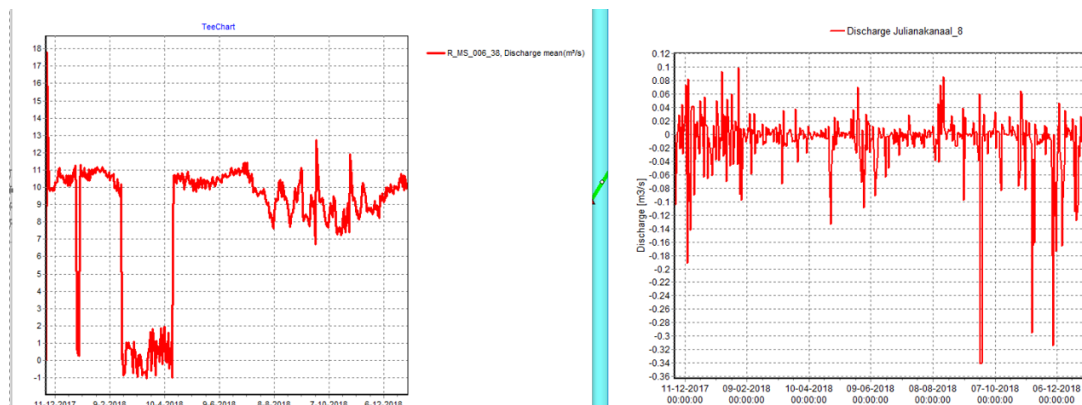
Nadat de randvoorwaarden van Monsin in LSM3 zijn gebruikt komen de resultaten van LSM2 (daggemiddelen) en LSM3 (momentane waarden) goed overeen. Zie figuur 6.



Figuur 6: Debiet Albertkanaal, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 momentane waarden

4 Bunde Julianakanaal

Met de LSM2 schematisatie werd voor 2003 tussen 8 en 14 m³/s via het Julianakanaal afgevoerd, met typisch 11 m³/s. Hieronder figuur 7 met afvoeren van het Julianakanaal in LSM2 en LSM3 voor 2018. In LSM3 blijkt het Julianakanaal aan het begin dicht te staan. Voor extreem hoge afvoeren klopt dat inderdaad (sluis Limmel is dan dicht), maar bij normale situaties gaat er scheepvaart door het kanaal en is de afvoer tussen 10 en 15 m³/s.



Figuur 7: Debiet Julianakanaal, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 momentane waarden

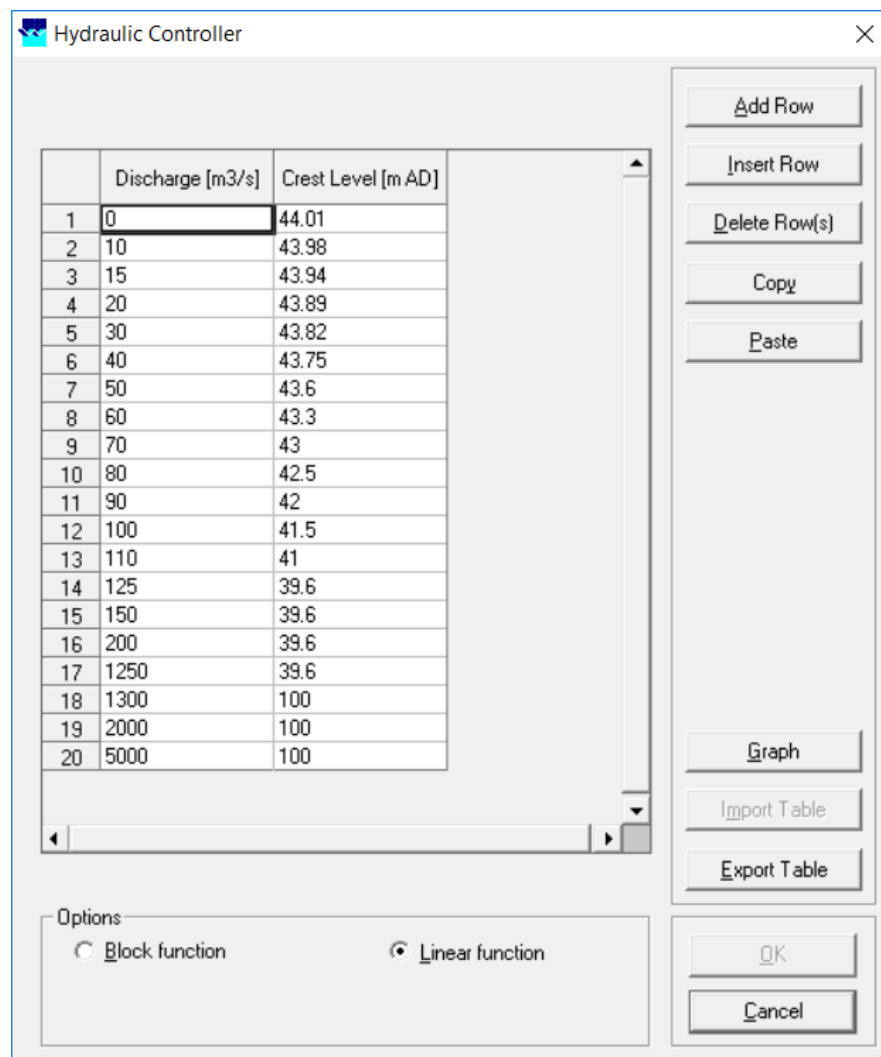
In LSM3 wordt sluis Limmel gestuurd door een hydraulische controller op basis van het debiet bij Sint Pieter, met een simpele interpolatietabel waarbij de kruinhoogte van de stuw (crest level van de river weir) als volgt is gedefinieerd:

$$Q \leq 1750 \rightarrow CL = 39.6$$

$$Q \geq 1800 \rightarrow CL = 100$$

In 2018 is het debiet bij Sint Pieter steeds onder de 1750 m³/s, dus de crest level constant +39.6 m NAP.

In LSM2 is de sluis gemodelleerd als een general structure, ook met een hydraulische controller, waarbij voor lage afvoeren iets meer is getuned om de afvoer via de sluis te knijpen, en al bij een afvoer van 1250 tot 1300 m³/s de sluis dicht gaat. In 2018 is dat alleen in begin januari het geval.



| | Discharge [m3/s] | Crest Level [m AD] |
|----|------------------|--------------------|
| 1 | 0 | 44.01 |
| 2 | 10 | 43.98 |
| 3 | 15 | 43.94 |
| 4 | 20 | 43.89 |
| 5 | 30 | 43.82 |
| 6 | 40 | 43.75 |
| 7 | 50 | 43.6 |
| 8 | 60 | 43.3 |
| 9 | 70 | 43 |
| 10 | 80 | 42.5 |
| 11 | 90 | 42 |
| 12 | 100 | 41.5 |
| 13 | 110 | 41 |
| 14 | 125 | 39.6 |
| 15 | 150 | 39.6 |
| 16 | 200 | 39.6 |
| 17 | 1250 | 39.6 |
| 18 | 1300 | 100 |
| 19 | 2000 | 100 |
| 20 | 5000 | 100 |

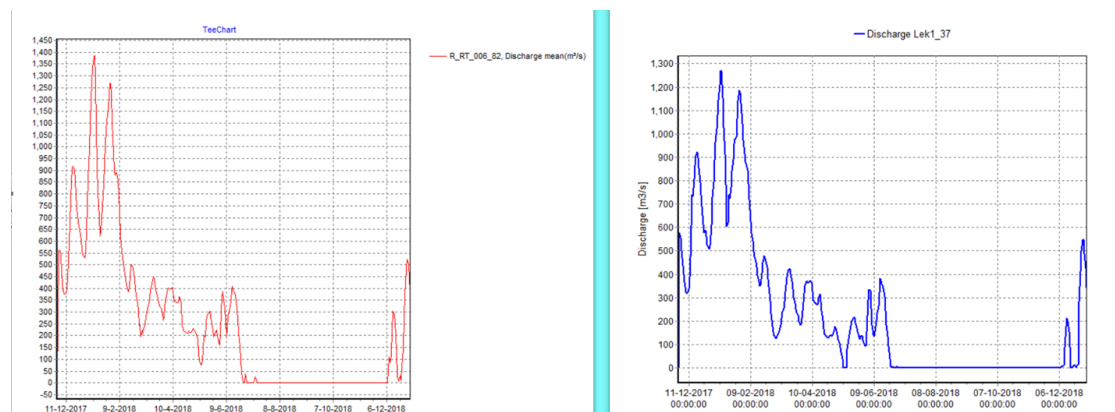
Figuur 8: Tabel voor de hydraulische controller voor de stuw Limmel, LSM2

Hoewel de sturing van sluis Limmel in LSM2 en LSM3 verschillend is, verklaart dit niet het verschil in debiet door de sluis. Dat moet dus komen door de benedenstroomse waterstand, die bepaald wordt door het beheer van de benedenstroomse sluis Born en Maasbracht. Voor Maasbracht wordt zowel in LSM2 en LSM3 wel beide op bovenstrooms peil gestuurd met een PID regelaar. In LSM2 stuurt sluis Born op een gewenst benedenstrooms debiet van 16 m³/s. In LSM3 staat die sluis altijd dicht, er is geen sturing gedefinieerd. Dat is niet correct.

De conclusie is dat in LSM3 de sturing van sluis Born op een gewenst debiet moet worden toegevoegd.

5 Hagestein

Het algemene patroon voor LSM2 en LSM3 is vergelijkbaar. Echter, in LSM2 is het debiet via Hagestein in de winter en voorjaar iets hoger dan in LSM3. Dit komt vermoedelijk door nieuwere cross-sectiegegevens in LSM3 en mogelijk iets andere sturing bij Driel, waardoor in LSM2 de bodem van de Waal minder laag is dan in LSM3, en in LSM2 dus iets minder water via de Waal en iets meer via de Nederrijn gaat dan in LSM3.

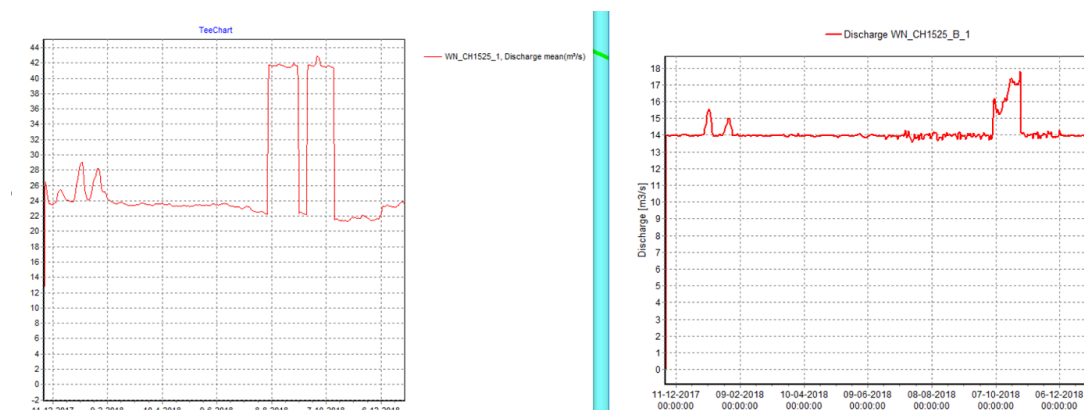


Figuur 9: Debiet sluis Hagestein, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 momentane waarden

6 Irenesluizen

In LSM2 is het debiet door de Irenesluizen standaard orde 24 m³/s, en in KWA perioden orde 40 m³/s. In LSM3 is het debiet standaard 14 m³/s en een paar korte perioden iets hoger. In werkelijkheid is in 2018 flink water ingelaten via de Irenesluizen en wordt het debiet zeker in de zomer door LSM3 onderschat. De sturing van de Irenesluizen moet worden gecontroleerd.

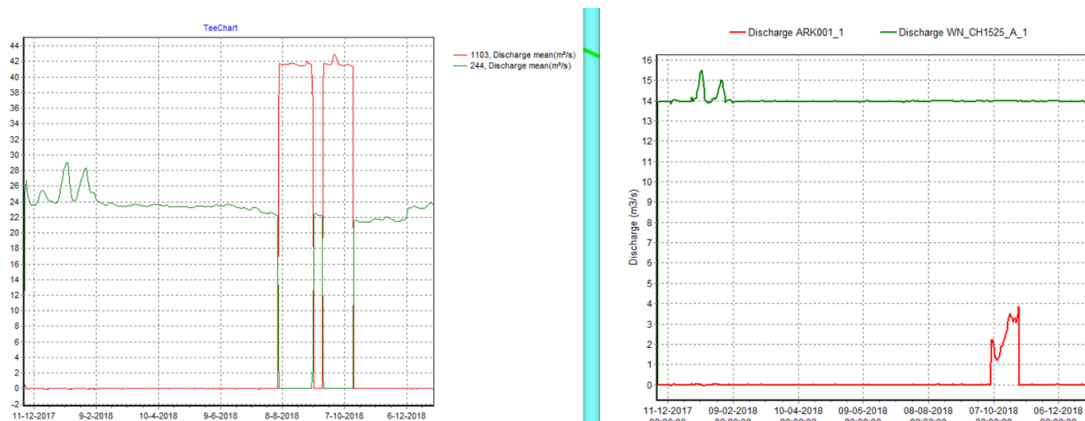
Uit de resultaten van de figuur 10 blijkt dat de 'KWA' in LSM3 alleen verantwoordelijk is voor het piekje in oktober (orde 3 m³/s extra), en in LSM2 voor de hoge waarden in augustus tot begin oktober.



Figuur 10: Debiet Irenesluis, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 momentane waarden

Na controle blijkt:

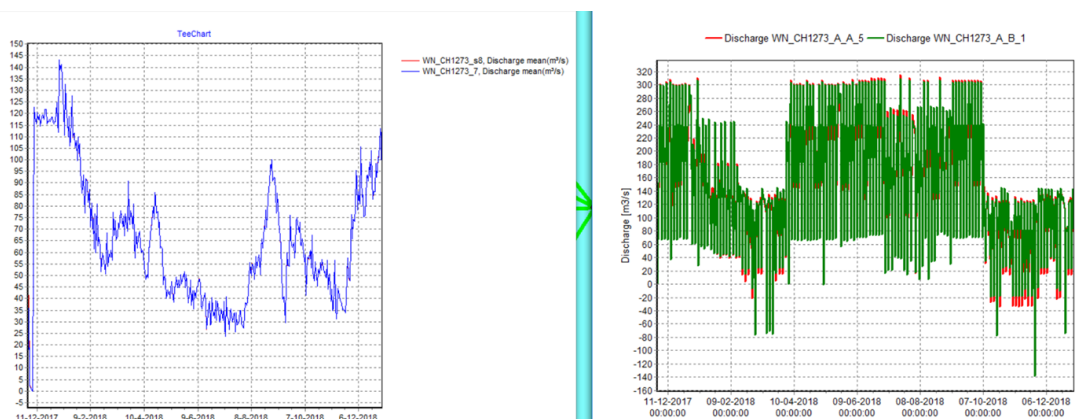
- De hydraulic controller tabellen in LSM-Light SOBEK2 en LSM3 voor de Irenesluizen in normale situaties zijn verschillend: in SOBEK2 wordt bij hetzelfde verval de Irenesluis verder opengezet en is het debiet dus groter.
- De sturing bij KWA is verschillend: in SOBEK2 is het zo ingericht dat dan de 'normale' sluisen dicht staan, en alles via de 'KWA-sluizen' komt (en dat die dus verder openstaan bij eenzelfde verval), terwijl het resultaat van de sturing in LSM3 zo is dat de 'normale' sluisen hetzelfde debiet geven en de 'KWA-sluizen' iets extra leveren (maar dus veel minder, te weinig en ook te laat in de tijd – dus too little too late). De KWA wordt bij punt 17 in deze paragraaf nader geanalyseerd.



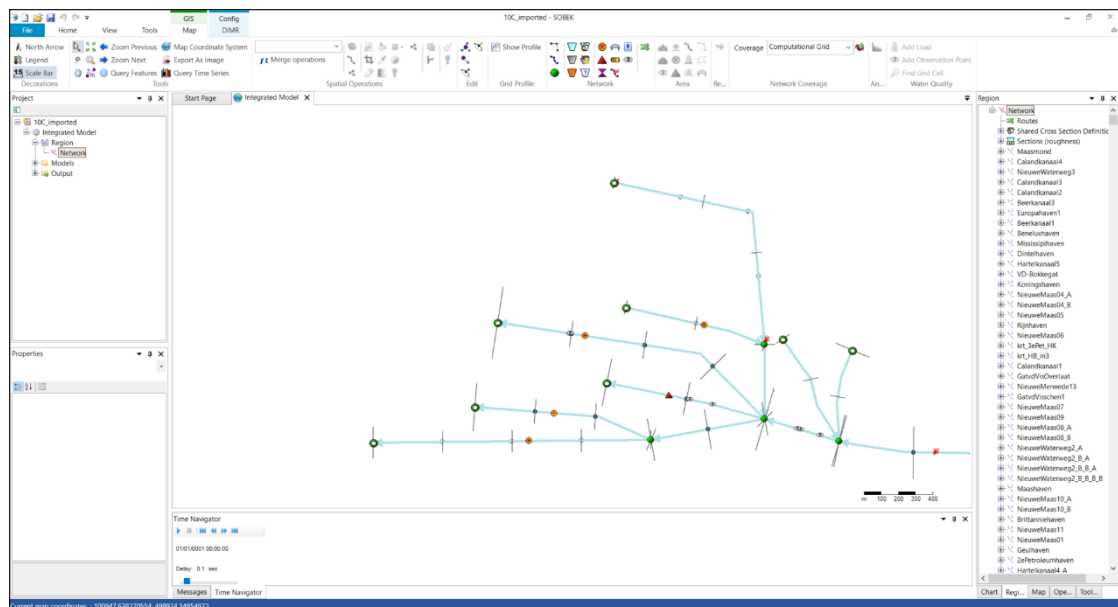
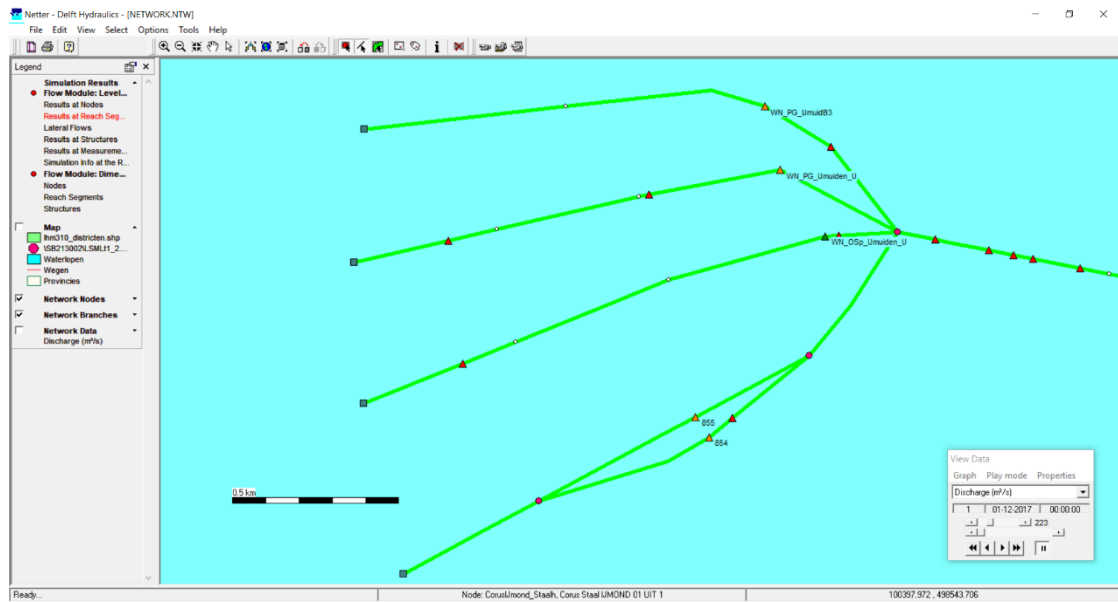
Figuur 11: Debiet Irenesluis (groen) en Irenesluis-KWA (rood), links LSM 2, rechts LSM3

7 IJmuiden

Doordat de uitvoer in LSM3 niet daggemiddeld is maar momentaan, is deze uitvoer niet te vergelijken met LSM2 want bij IJmuiden speelt het getij en al of niet pompen een dominante rol. De daggemiddelde uitvoer en momentane afvoer kunnen enorm verschillen en dat blijkt ook uit figuur 12. De conclusie is dat de schematisatie en de sturing van de kunstwerken IJmuiden gecontroleerd moet worden. Figuur 13 toont de schematisaties in LSM2 en in LSM3. Tabel 4 zet de verschillen op een rij.



Figuur 12: Debiet IJmuiden; links LSM2 daggemiddelden, rechts LSM3 instantane waarden (in verband met een klein verschil in schematisatie zijn voor LSM3 2 takken getoond)



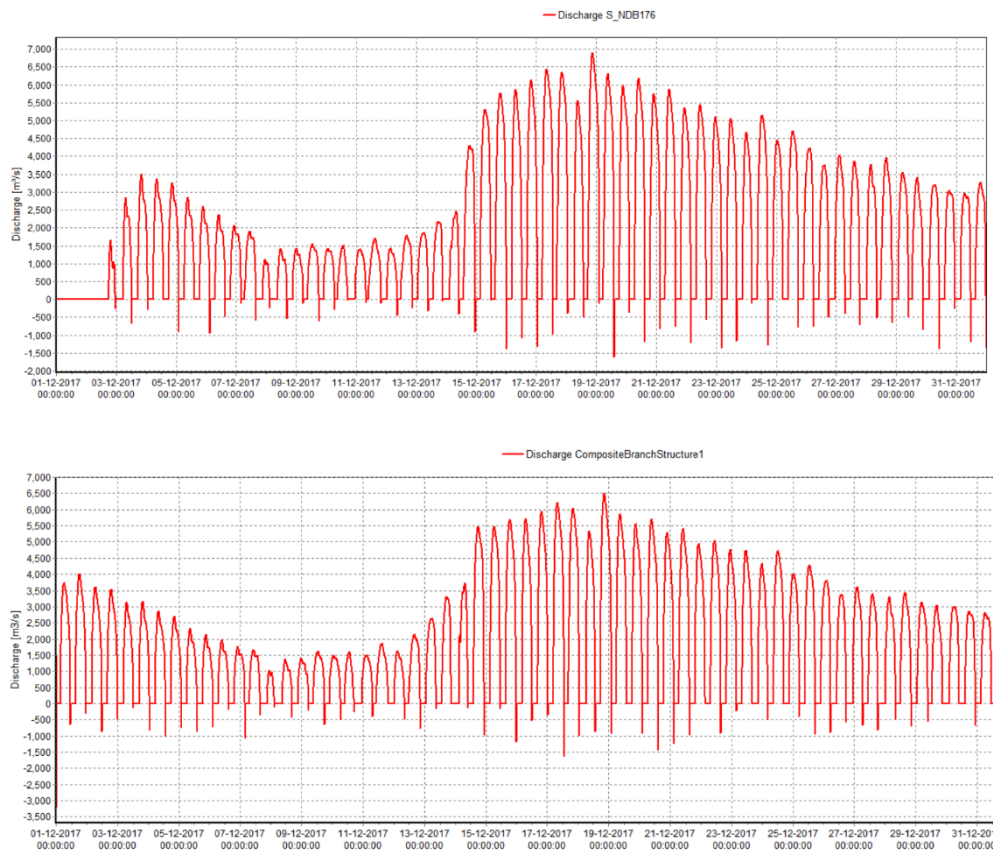
Figuur 13: Schematisaties IJmuiden in LSM2 en LSM3

Tabel 4: Kunstwerken IJmuiden in LSM2 en LSM3

| LSM2 id (LSM3 id tussen haakjes indien afwijkend) | LSM2 sturing | LSM3 sturing | Opmerking / verbeter actie |
|--|--|--|--|
| 854 (WN_Pump854) | Time controller; debiet afwisselend 121.2 of 0 m3/s | Idem als in LSM2 | Pompt naar buiten Met pomp 855 netto 2 m3/s lekdebiet naar NZK |
| 855 (WN_Pump855) | Time controller, debiet afwisselend 0 en 125.2 m3/s | Idem als in LSM2 Alleen wordt debiet negatief omdat tak in LSM3 andersom gedefinieerd is. | Pompt naar binnen, met pomp 854 netto 2 m3/s lekdebiet naar NZK |
| WN_Osp_IJmuiden_U | Interval controller, stuurt op peil IJmuiden binnen 0.42 m NAP, deadband 0.02 m, peil <-0.43 m NAP - > dicht (open.hoogte 0) peil >-0.41 m NAP - > open.hoogte 5.85m | Zelfde sturing. Alleen foute rand. En enkele tijdstappen negatieve flow terwijl dit niet is toegestaan. | Ontbrekende getijrand op knoop WN_NZK025. Rekent in LSM3 met vrijwel constante waarde (=initiële waterstand) die boven het NZK peil is, dus vrijwel geen spui. Getijrand toevoegen. |
| WN_PG_IJmuiden_U | Oude pompen Interval controller met cap. 0 of 179.72 Setpoint IJmuiden binnen peil -0.38 m , deadband 0.04 m | Geen waterstandsrand opgelegd. Benedenstroomse waterstand loopt op tot +3200 | Getijrand opleggen. |
| WN_PG_IJmuidB3 | Nieuwe pompen Interval controller met cap. 0 of 100. Setpoint IJmuiden binnen peil -0.40 m , deadband 0.04 m | In LSM3 is takrichting andersom gedefinieerd Pomp moet daarom worden gedefinieerd in negatieve takrichting. Randvoorwaarde is binnenwaterstand, geen getij. | Getijrand opleggen. Corrigeer de pomprichting (Pumpdirection negative). |

8 Haringvliet

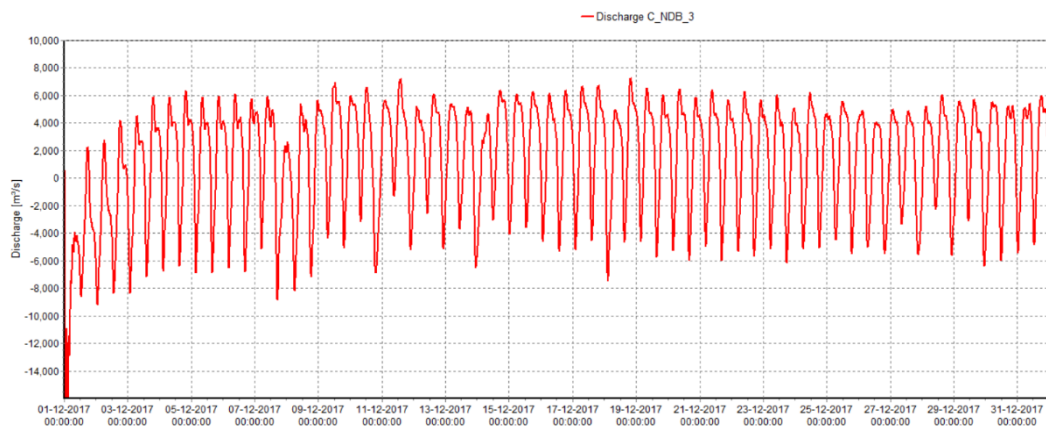
Vergelijking van detailuitvoer op 10-minuten basis van een maandsom voor december 2017 laat zien dat de afvoeren van LSM2 en LSM3 vergelijkbaar zijn, afgezien van verschillen die worden veroorzaakt door een verschil in initiële condities. Verder lijkt het op het oog dat de hoge afvoeren via de Haringvlietsluizen in LSM2 iets hoger zijn dan in LSM3 (figuur 14). De al enige tijd geleden uitgevoerde aanpassing in RMM met betrekking tot de sturing van de Haringvlietsluizen (opening van de sluisen als het verval groter is dan nul, in plaats van groter dan 12 cm) is al meegenomen in LSM3. Ook in LSM2 is de trigger op openen van de sluisen op een verval over de sluisen groter dan nul (en sluiten bij een verval kleiner dan nul). Wel is zeer recent in RMM een onjuiste invoer bij de Hartelkering geconstateerd, namelijk afvoer- coëfficiënten nul voor element Hartel_small. In LSM2 zijn de afvoercoëfficiënten voor dit element wel groter dan nul. Maar dit zal nauwelijks effect op rekentijd of resultaten hebben.

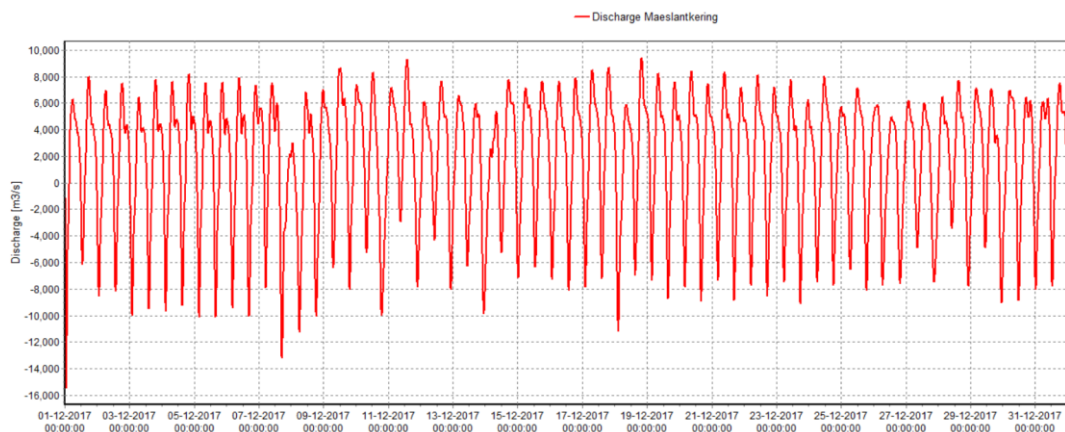


Figuur 14: Afvoeren Haringvlietsluizen in LSM2 en LSM3, maandsom met detailuitvoer (boven LSM2, onder LSM3) In deze figuur voor zowel LSM2 als LSM3 dus detail – momentane - uitvoer

9 Nieuwe Waterweg

De afvoeren bij de Maeslantkering zijn vergelijkbaar in LSM2 en LSM3 zoals blijkt uit de 10-minuten afvoeren van een maandsom (december 2017; zie figuur 15). De afvoerpieken en -dalen voor de Nieuwe Waterweg in LSM2 lijken iets lager dan in LSM3. Mogelijk is dit omdat in LSM3 nieuwere (diepere) profielen zijn opgenomen.





Figuur 15: Afvoeren Nieuwe Waterweg in LSM2 en LSM3 (boven LSM2, onder LSM3, instantane waarden).

10 Volkeraksluizen

In LSM2 zijn de Volkeraksluizen geschematiseerd als 2 parallelle kunstwerken, namelijk kunstwerk ZW_S_5604553 (met afvoer = 0 m³/s) en kunstwerk 'ZW_VolkDebiet' (die afvoer geeft tussen 0 en 50 m³/s)

In LSM3 zijn de Volkeraksluizen geschematiseerd als een compound structure met id StructureFeature17, bestaande uit een orifice (gated weir) en een weir. De modelresultaten voor december 2017 (detailuitvoer) en de jaarsom (daguitvoer, instantaan) zijn constant een afvoer van 0 m³/s.

11 BathseSpuikanaal

Het Bathse Spuikanaal loost in LSM3 via kunstwerk zwd_Bathsespuis. Er wordt water geloosd.

Echter, het peil bovenstrooms en benedenstrooms van de sluis loopt in de jaarsom op tot boven de 2 meter NAP. Het blijkt dat er geen randvoorwaarde is opgelegd (water kan dus niet het systeem uit). Er moet een getijrandvoorwaarde worden toegevoegd (Bathsesluis).

12 Krammersluizen

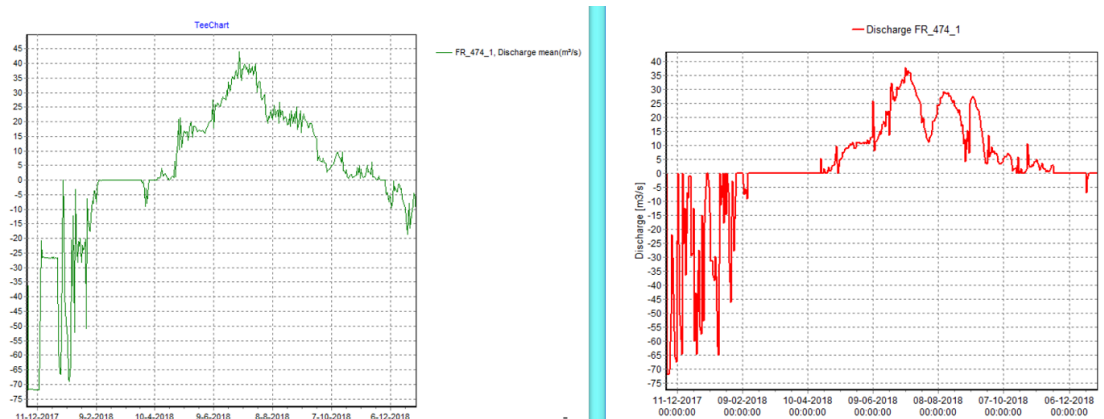
In LSM2 zijn de Krammersluizen geschematiseerd als 4 parallelle kunstwerken met als debiet +0.75, +0.30, 0 en -20 m³/s. Netto dus -18.95 m³/s (netto naar Volkerak).

In LSM3 zijn de Krammersluizen geschematiseerd als een composite structure met id CompositeBranchStructure84, die een constante afvoer heeft van -2.05 m³/s (van Oosterschelde naar Volkerak, -0.75, -0.30, 0 en -1 m³/s), zowel in de detailsom december 2017 als in de jaarsom 2018. Het verschil zit dus in twee tekens en in een ander getal (-1 in plaats van -20).

Het peil bovenstrooms (Volkerak kant) loopt op tot boven de +2m NAP, terwijl benedenstrooms geen getij te zien is in de resultaten. Ook hier moeten getijranden worden toegevoegd (OS11a, OS11b, OS11c, OS13, WKAP) en de sturing moet worden gecontroleerd.

13 Lemmer

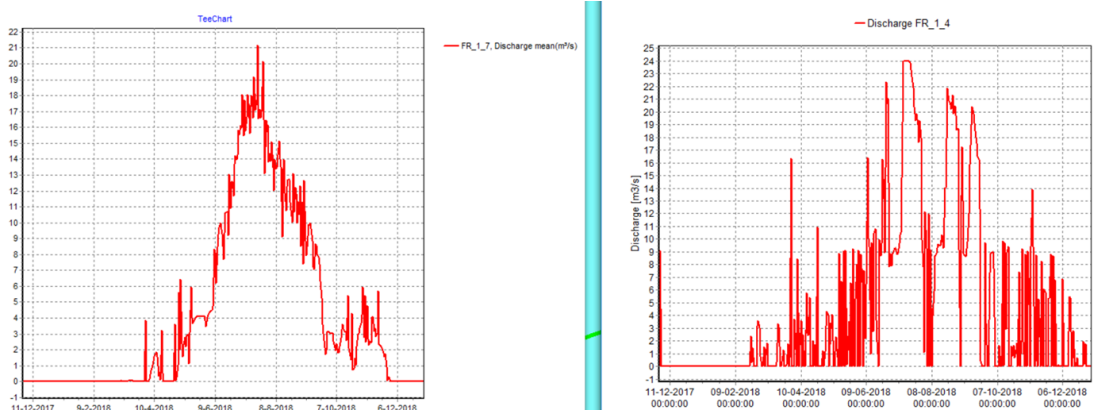
Dit is een van de inlaten van Friesland (naast Tacozijsluis, Stavoren)



Figuur 16: Debiet Lemmer; links LSM2 daggemiddelden, rechts LSM3 instantane waarden

Het algemene patroon is vergelijkbaar, al is er bij het afvoeren van water in de natte winterperioden verschil door daggemiddelde en instantane uitvoer.

14 Gaarkeuken

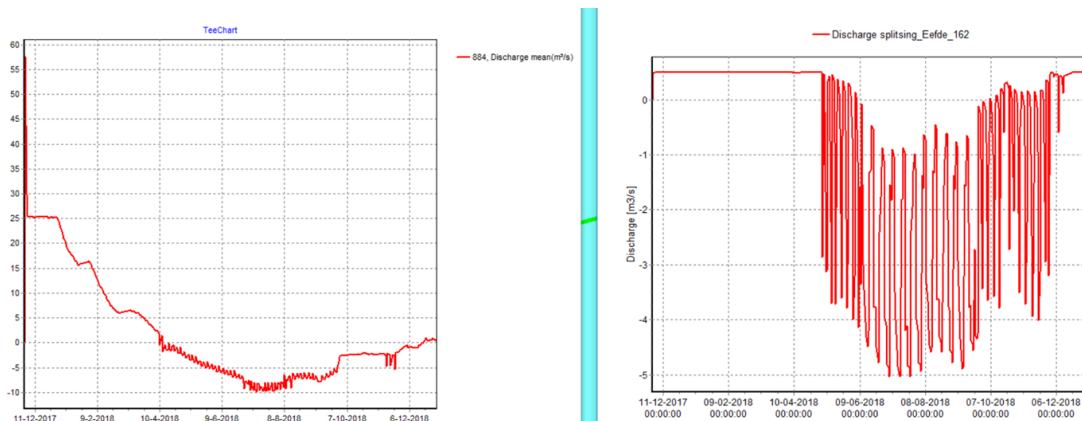


Figuur 17: Debiet Gaarkeuken (doorvoer Friesland-Groningen); links LSM2 daggemiddelden, rechts LSM3 instantane waarden

Opvallend is dat LSM3 eerder water aanvoert. Bij controle blijkt dat de sturing wel hetzelfde is als in LSM2. Er blijken echter verschillen in de laterale debieten die neerslag en verdamping op de boezem representeren. In LSM3 zijn enkele laterale debieten met en id horend bij verdamping (id's NZ_EVA_BOEZ**) maar met positieve waarden (dus een lozing), en laterale debieten horend bij neerslag (id's NZ_NSL_BOEZ**) maar met negatieve waarden (een onttrekking), in plaats van andersom.

15 Eefde

Afgezien van een mogelijk verschil door daggemiddelde of instantane afvoer, lijkt het erop dat in LSM3 de laterale debieten (zowel inlaten in de zomer, als lozingen in de winter) nog onvoldoende zijn gekoppeld. In LSM2 wordt tot 10 m³/s daggemiddeld ingelaten, in LSM3 is de piek momentane waarde slechts 5 m³/s (zie figuur 18). Dit is later bij een run met daggemiddelde uitvoer gecontroleerd (zie paragraaf 2.5).

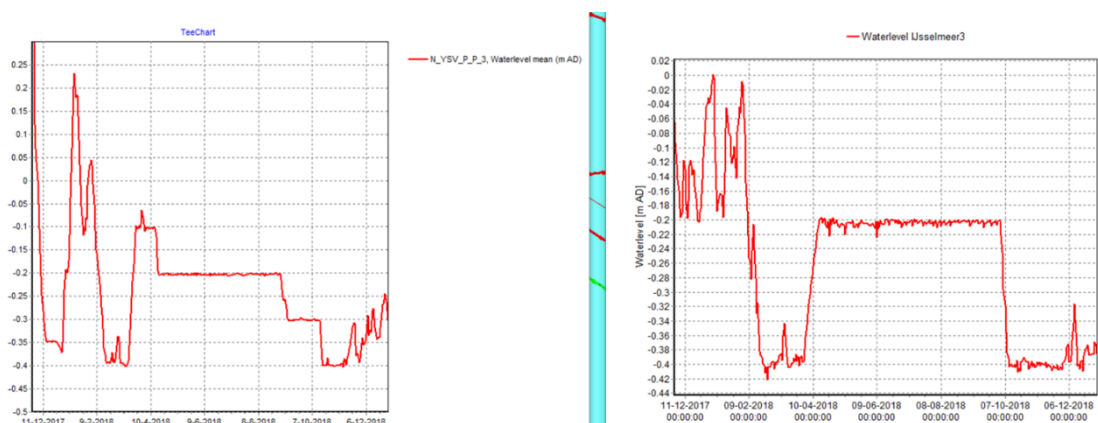


Figuur 18: Debiet Eefde Twentekanaal; links LSM2 daggemiddelden, rechts LSM3 instantane waarden
(positief = afvoer, negatief = aanvoer)

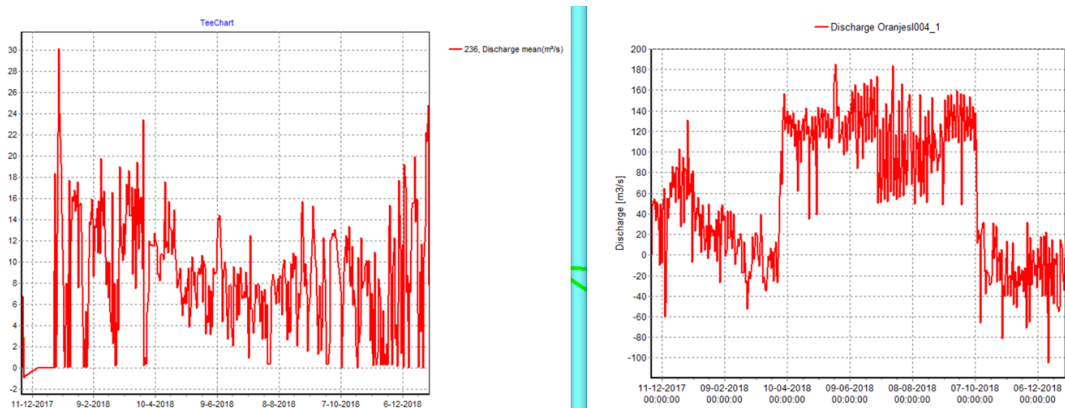
16 Peil IJsselmeer

Hier blijkt een verschil tussen LSM2 en LSM3. Afgezien van het effect van directe neerslag op en verdamping uit de meren heeft dit te maken met:

- Initiële condities (dit verklaart verschillen in december 2017 tussen beide modellen)
- Streefpeil: in LSM2 is al het nieuwe peilbeheer opgelegd (eind maart -0.10 m NAP, dan zomerpeil -0.20 m NAP, zakken naar -0.30 m NAP in september, en -0.40 m NAP in de winter.
- Het IJsselmeerpeil varieert in de winter in LSM3 meer dan in LSM2: zakt wel tot -0.35 m NAP (nog boven streefpeil in december/januari), maar stijgt ook wel tot boven +0.20 m NAP. Omdat de Rijnafvoer identiek is opgelegd zit het niet daarin, maar eventueel in de lateralen (directe neerslag op het meer), de spuicapaciteit en/of getijranden bij Kornwerderzand/Den Oever, sturing van de kunstwerken tussen IJsselmeer-Markermeer en Markermeer-NZK. Het blijkt namelijk dat in LSM3 er veel meer water van Markermeer naar NZK geloosd wordt dan in LSM2.

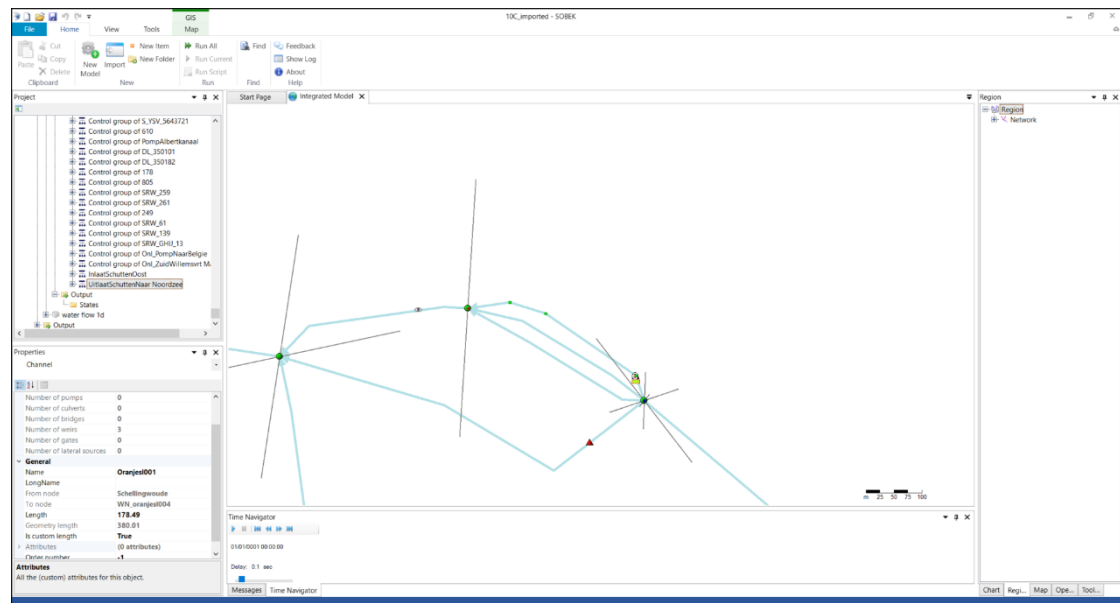
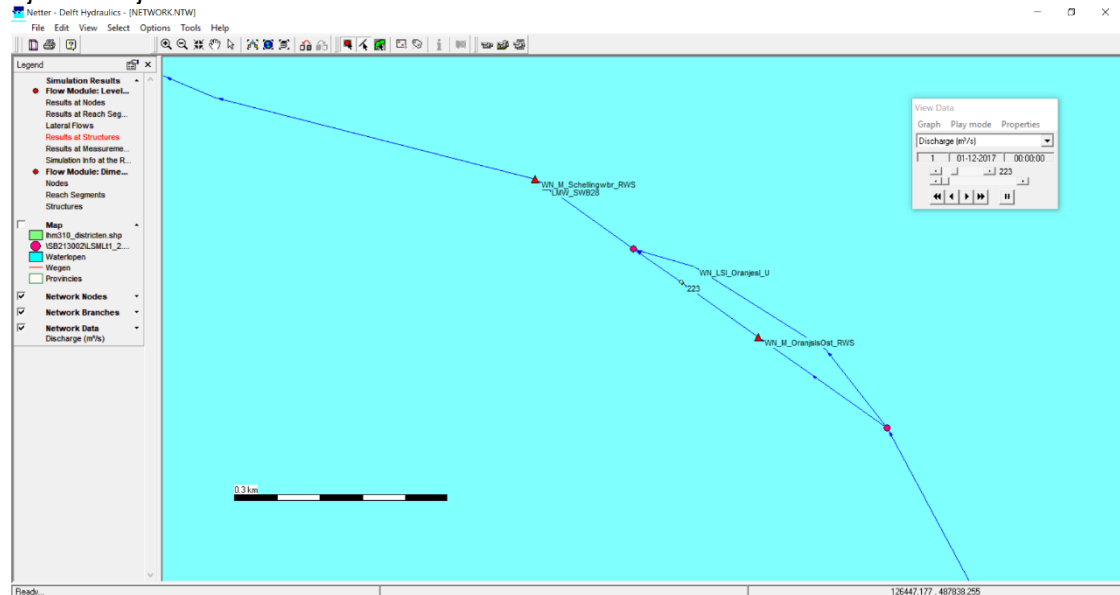


Figuur 19: Peil IJsselmeer links LSM2, rechts LSM3



Figuur 20: Debiet Oranjesluizen. Links LSM2, rechts LSM3 (positief is naar NoordZeeKanaal)

De resultaten van de Oranjesluizen zijn dusdanig verschillend dat nadere controle gedaan is. Verder geldt dat de geconstateerde issues bij IJmuiden ook de resultaten bij de Oranjesluizen beïnvloeden.



Figuur 21: Schematisatie Oranjesluizen. Boven LSM2, onder LSM3

In LSM2 zijn de Oranjesluizen geschematiseerd met twee parallelle takken, in LSM3 met 4 parallelle takken. In LSM2 liggen op beide takken kunstwerken. In LSM3 blijken echter 2 van de 4 takken een open verbinding te zijn. Volgens de invoerfile structures.ini liggen er wel kunstwerken op takken Oranjesl002 en Oranjesl002, maar die zijn met het kunstwerk op Oranjesl001 gedefinieerd als een compound structure en gelegd op tak Oranjesl001. Daarom is een open verbinding ontstaan waardoor water vrijelijk tussen IJmeer/Markermeer en Noordzeekanaal stroomt. Dit is gecorrigeerd door die 2 takken zonder kunstwerk te verwijderen.

17 KWA

Tenslotte is de implementatie van de KWA onderzocht.

- Gemaal de Aanvoerder (id 134) op tak 141 (van ARK naar Leidse Rijn): staat gezien de aan- en afslagpeilen altijd aan, er is sturing gedefinieerd, maar realisatie lijkt $Q=0$?
- Groenwoudesedijk sluis (SRO_ARK_SL0002) naast gemaal de Aanvoerder, op parallelle tak SRO_ARK_73 (van Leidse Rijn naar ARK) wordt wel gestuurd, en laat in de zomerperiode ook in maar sturing doet niets (sluis staat altijd open).
- De Haanwijkersluis (SRW_Haanwijkersluis_inlaat) op de Leidse Rijn wordt gestuurd en laat in de zomer een korte periode ruim $3 \text{ m}^3/\text{s}$ door naar het westen.
- Inlaat Vreeswijk (Merwedekanaal) CompositeBranchStructure44 laat (continu) water in, maar voert dat via de Zuidersluis weer af richting Utrecht en naar het ARK
- Het debiet via Doorslag naar de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel is gering (orde $1 \text{ m}^3/\text{s}$), terwijl in de zomerperiode van KWA er een debiet van orde $7 \text{ m}^3/\text{s}$ gerealiseerd is.
- Inlaat Hekendorp: pompen SRW_259 en SRW_261. Pomp SRW_259 laat in de zomerperiode in.
- Bodegraven (CompositeBranchStructure80, met elementen 399, 300, SRW_180 en SRW_241) waarvan de laatste 2 culverts zijn, pomp 300 een pomp voor lekverlies van $0.031 \text{ m}^3/\text{s}$, en pomp 399 voor waterinlaat. Pomp 399 laat echter niet in, aanvoer gebeurt via de culvert SRW_241 maar te weinig. De benedenstroomse waterstand zakt ver onderuit ($<-2 \text{ m}$) terwijl het streefpeil van de boezem Rijnland -0.62 m NAP is. De sturing van de pomp kijkt naar meetpunt 394. In LSM2 is dat meetpunt Irenesluis KWA, en als de inlaat daar meer dan $20 \text{ m}^3/\text{s}$ is wordt Bodegraven vol aangezet ($10.5 \text{ m}^3/\text{s}$). In LSM3 is echter het meetpunt verschoven naar bij de Aanvoerder (die abusievelijk niet pompt) waardoor de inlaat Bodegraven KWA niet aanslaat.
- Conclusie:
 - Overall waar nu naar meetpunt 394 verwezen wordt in de LSM3 sturing, moet worden verwezen naar meetpunt_Irenesluis
 - Voor de vergelijking wordt de sturing ARK_Irenesluis en ARK_Irenesluis_KWA in LSM3 aangepast naar de LSM2 tabellen (zodat als de KWA ingeschakeld is, het debiet volledig via ARK_Irenesluis_KWA gaat)
 - En het profiel voor de ARK_Irenesluis_KWA tak wordt gelijk gemaakt aan het profiel op tak ARK_Irenesluis

18 Netwerkcontrole

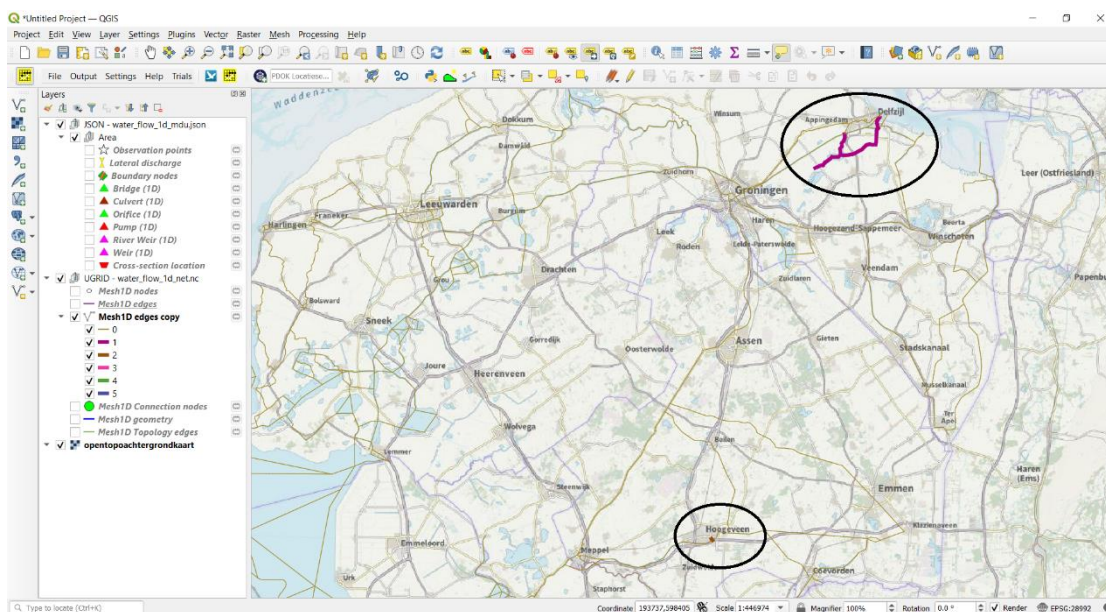
Tenslotte blijkt bij een netwerkcheck dat er enkele delen los liggen van het grote netwerk. Dit is aangegeven in de volgende twee figuren.

Het gaat om:

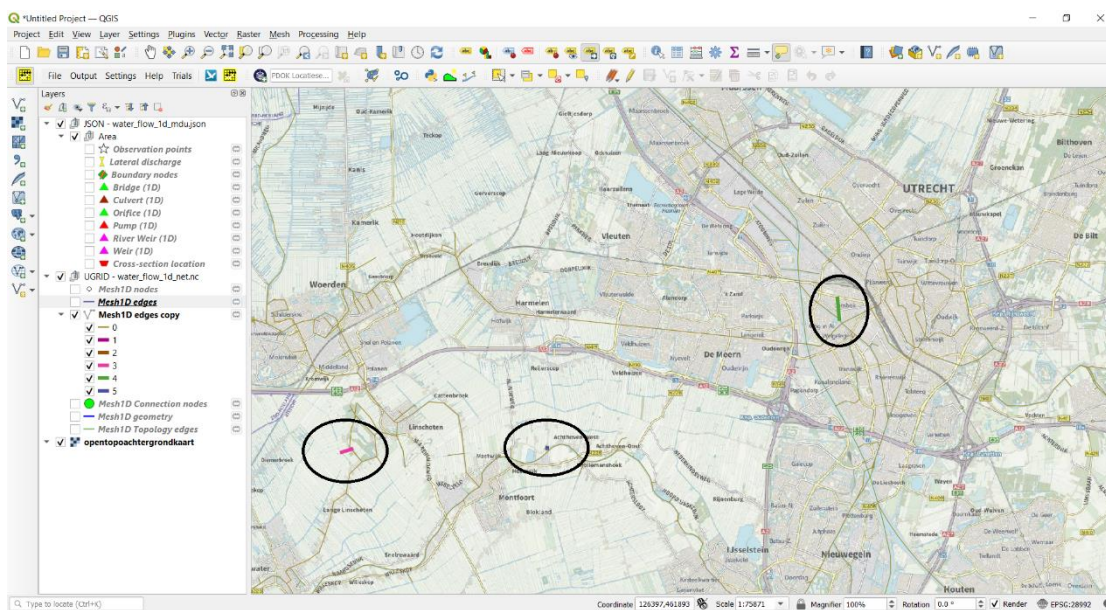
- In het gebied van Hunze en Aas, het gebied tussen de Slochtersluis (die niet in LTM-LT is opgenomen, maar wel in LSM 1.3 obese), de Groevesluis-Zuid (geen verbinding in het model met het Eemskanaal) en Duurswold (geen verbinding bij Delfzijl, eigen uitlaat) ligt geïsoleerd.

- Nabij Hoogeveen, knoop RW_K38_cn ligt naast de Hoogeveense Vaart en is daar dus niet mee verbonden
- In Utrecht ligt de knoop en tak bij id SRO_KRRIJUTR_5 geïsoleerd.
- Oostelijk van Linschoten en de gekanaliseerde Hollandsche IJssel ligt een niet verbonden stukje netwerk bij knoop SRW_GHIJ_75
- en west van Linschoten ligt knoop SRW_108 met 2 takken verder geïsoleerd van het netwerk.

Alleen voor het eerste Hunze en Aas subnetwerk geldt dat het in LSM 1.3 wel verbonden is met de rest van het netwerk. De overige delen zijn ook al geïsoleerd in LSM 1.3. Aanbevolen correcties zijn (na verificatie bij de lokale waterbeheerder) voor het Hunze en Aas netwerk toevoegen van de verbinding bij de Slochtersluis, en voor de overige kleine geïsoleerde takken deze verbinden met het hoofdnetwerk.



Figur 22: Geïsoleerde stukjes netwerk (Hunze en Aas, Hoogeveen)



Figur 23: Geïsoleerde stukjes netwerk (Utrecht, oost en west van Linschoten)

2.5 Resultaten finale run met aanpassingen

Met enkele in de vorige paragraaf aangegeven inhoudelijke verbeteringen is een finale run met LSM3 gemaakt. In de finale run zijn dus zowel aanpassingen qua rekengrid (zie paragraaf 2.3) en enkele inhoudelijke verbeteringen genoemd in paragraaf 2.4. geïmplementeerd. De inhoudelijke verbeteringen die zijn meegenomen zijn:

- Toevoeging van enkele getijranden (IJmuiden, Oosterschelde, Westerschelde Bath)
- Tijd resolutie getijranden als in LSM2 (10 minuten)
- Gebruik van dezelfde debietrand op de Maas (Monsin reeks in plaats van Eijsden)
- Aanpassing van de Irenesluis en KWA sturing
- Aanpassing Oranjesluizen (verwijderen van twee takken zonder kunstwerk)
- Daggemiddelde uitvoer in de NetCdf files is weer aangezet

In verband met beperkt beschikbare tijd zijn nog niet meegenomen:

- Open water neerslag en verdamping (vooral op de grote meren);
- Controle op opgedrukte laterale debieten die nu via gekoppelde regionale modellen worden berekend;
- Sturing sluis Born op debiet (Julianakanaal);
- Volkerak, Krammer aanpassingen;
- Verdere opties rekengrid regio (verwijderde bruggen met mogelijk korte takjes);
- Correcties voor geïsoleerd liggende delen van het netwerk.

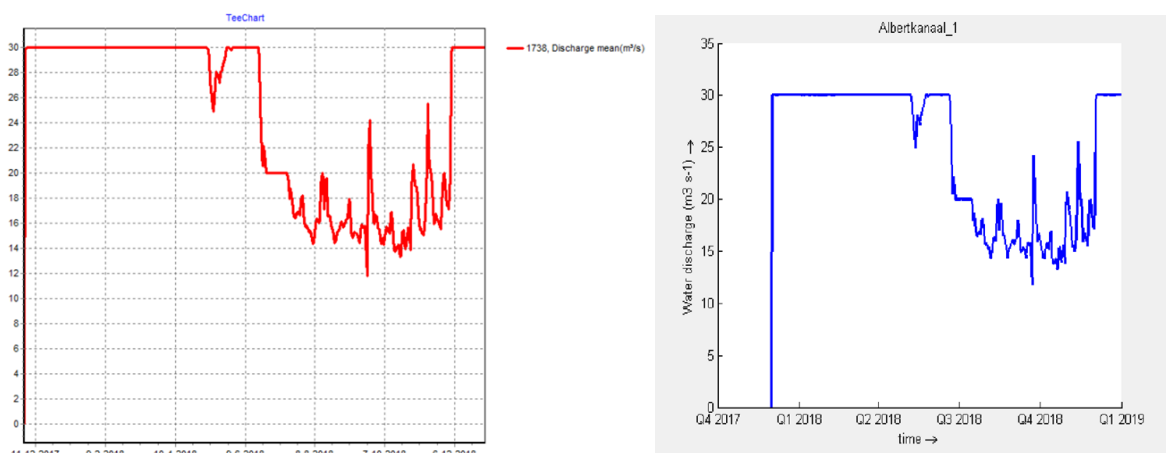
De resultaten van deze finale run worden hieronder vergeleken met de LSM2 run.

1 Rekentijd

De rekestijd van de nieuwe LSM3 som is 4 uur en 5 minuten (tegen 3 uur 53 minuten voorafgaand aan het implementeren van de laatste inhoudelijke aanpassingen (betere sturing die mogelijk ook iets extra rekestijd kost) en zonder het extra genereren van NetCdf uitvoer). De rekestijd voor de LSM2 som was 1 uur 51 minuten. Dat is een factor 2.20 verschil, waarbij wel opgemerkt wordt dat in LSM3 zowel His als NetCdf uitvoer gegenereerd wordt (omdat daggemiddelde uitvoer voor de His files niet goed leek te werken), terwijl LSM2 alleen de HIS uitvoer genereert.

2 Albertkanaal

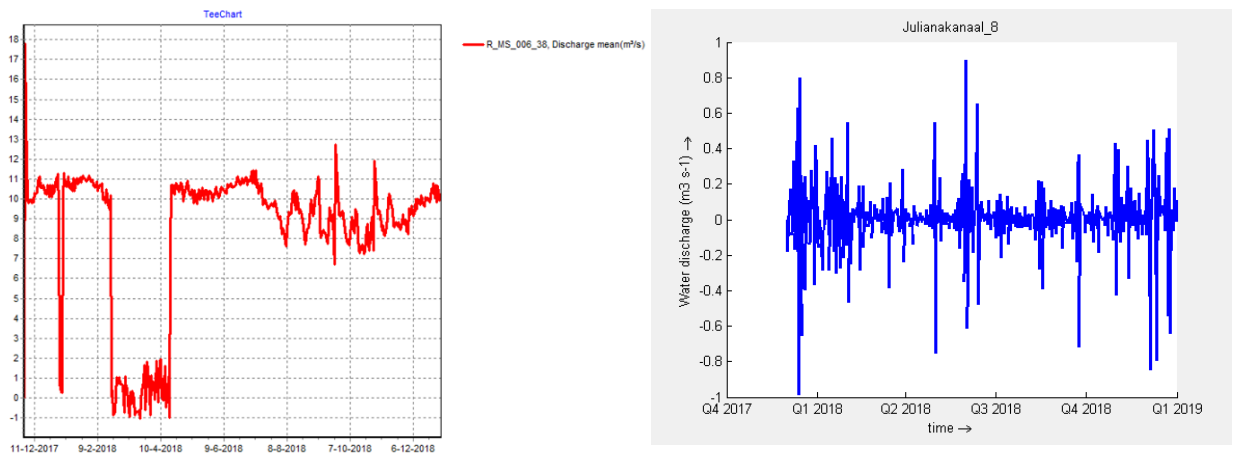
De daggemiddelde debieten voor het Albertkanaal komen goed overeen.



Figuur 24: Debiet Albertkanaal, links LSM 2, rechts LSM3

3 Bunde (Julianakanaal)

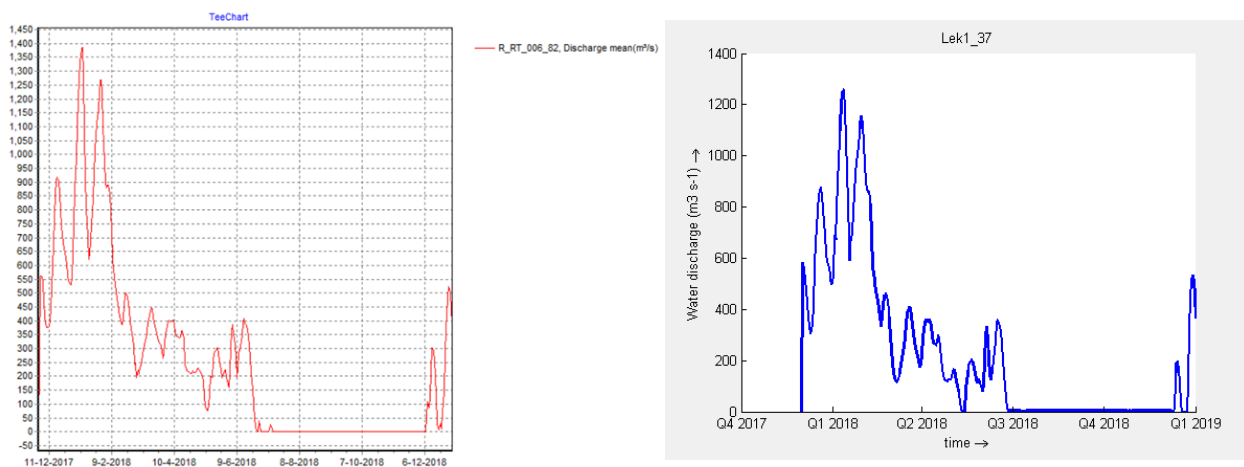
De sturing van de sluis Born is nog niet aangepast, dus deze resultaten zijn nog niet beter dan eerder getoond in figuur 7 in paragraaf 2.4.



Figuur 25: Debiet Julianakanaal, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 daggemiddelden

4 Hagestein

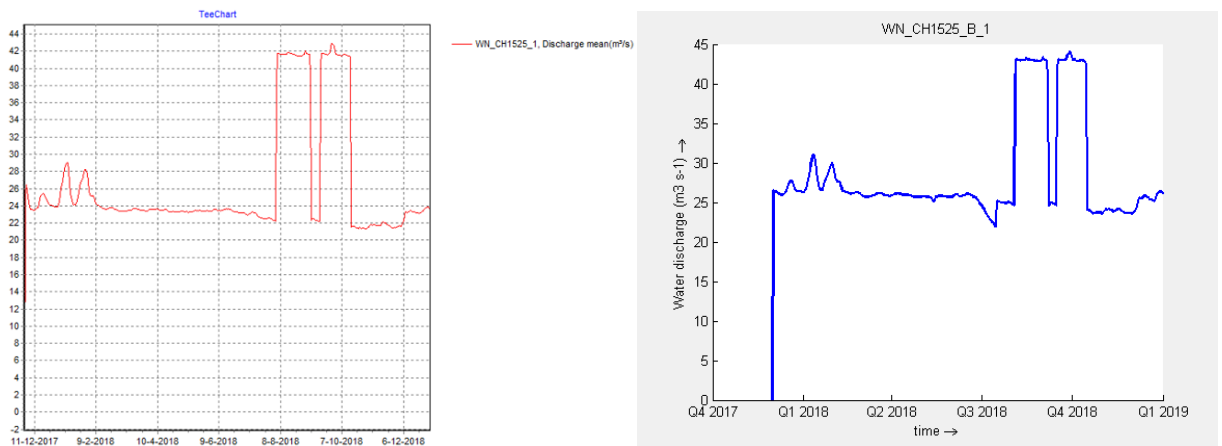
De resultaten voor Hagestein zijn vergelijkbaar met figuur 9; LSM2 is in het algemeen iets hoger dan LSM3, vermoedelijk door de nieuwere profielen in LSM3 waardoor er al meer water via de Waal gaat en minder via de Nederrijn/Lek.



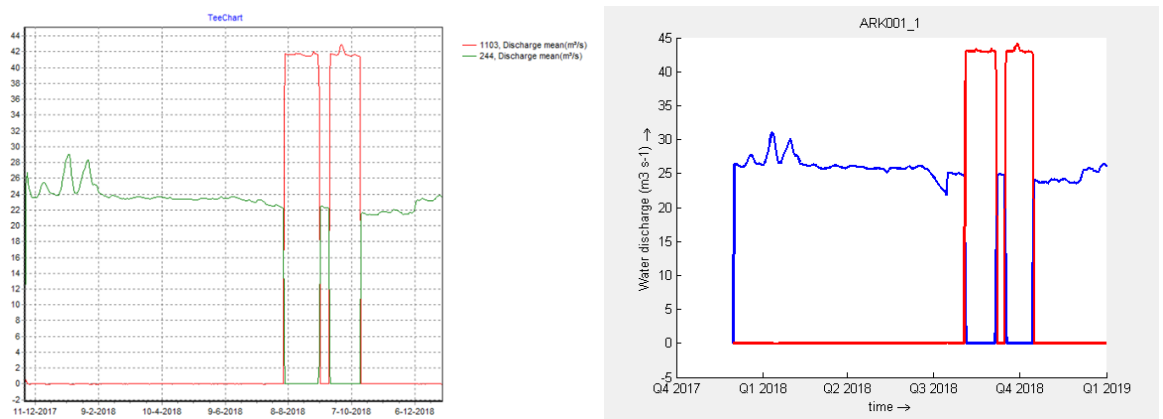
Figuur 26: Debiet sluis Hagestein, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 daggemiddelden

5 Irenesluizen

De LSM3 resultaten met de aangepaste sturing komen veel beter overeen met de LSM2 als voorheen (vergelijk met figuur 10 en figuur 11)



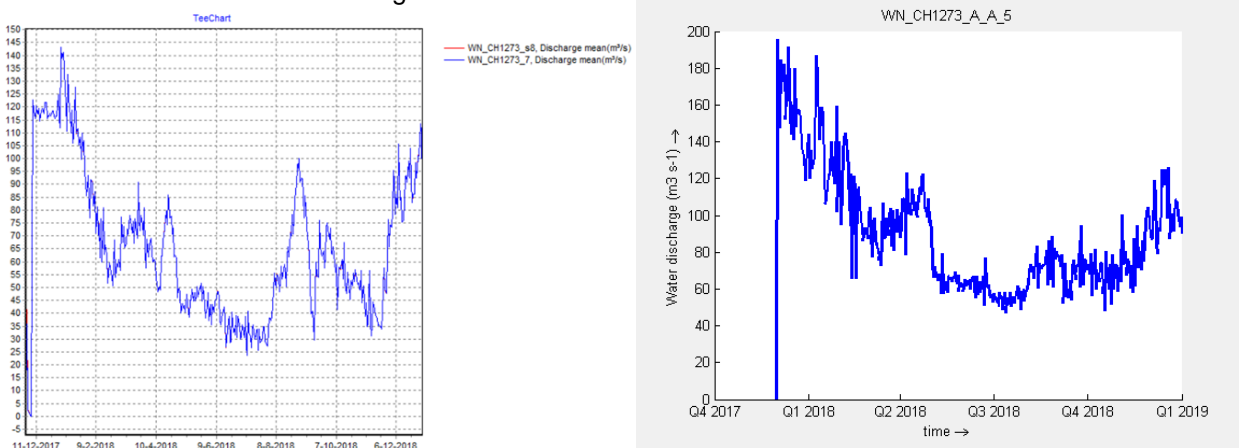
Figuur 27: Debiet Irenesluis, links LSM 2 daggemiddelden, rechts LSM3 daggemiddelden



Figuur 28: Debiet Irenesluis (groen/blauw) en Irenesluis-KWA (rood), links LSM 2, rechts LSM3 (tak WN1525_A_1 en ARK001_1), daggemiddelden

6 IJmuiden

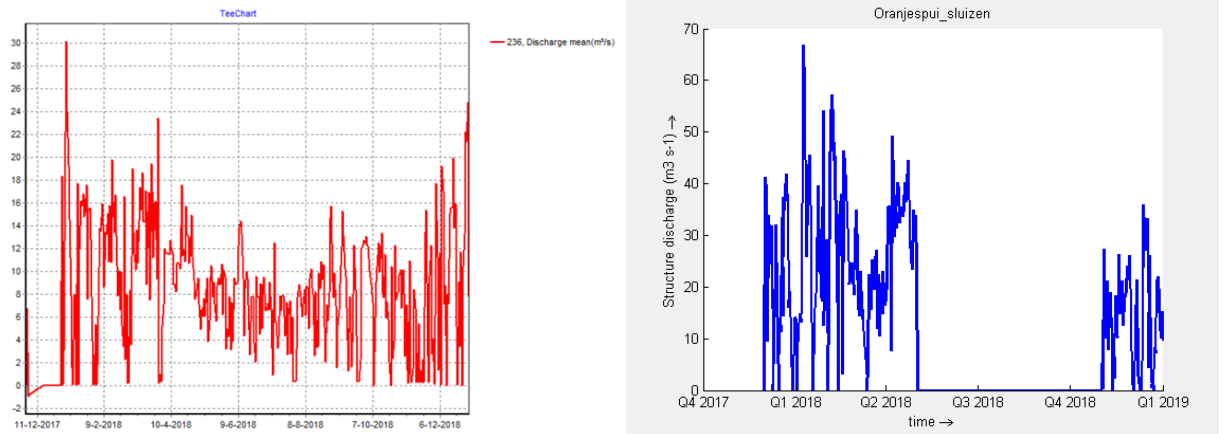
Het debiet in LSM3 op het Noordzeekanaal voor de sluizen en pompen IJmuiden is een stuk verbeterd ten opzichte van figuur 12 in paragraaf 2.4. Wel lijkt het debiet in LSM3 systematisch orde 20 m³/s of meer hoger dan in LSM2.



Figuur 29: Debiet IJmuiden; links LSM2 daggemiddelden, rechts LSM3 daggemiddelden

7 Oranjesluizen

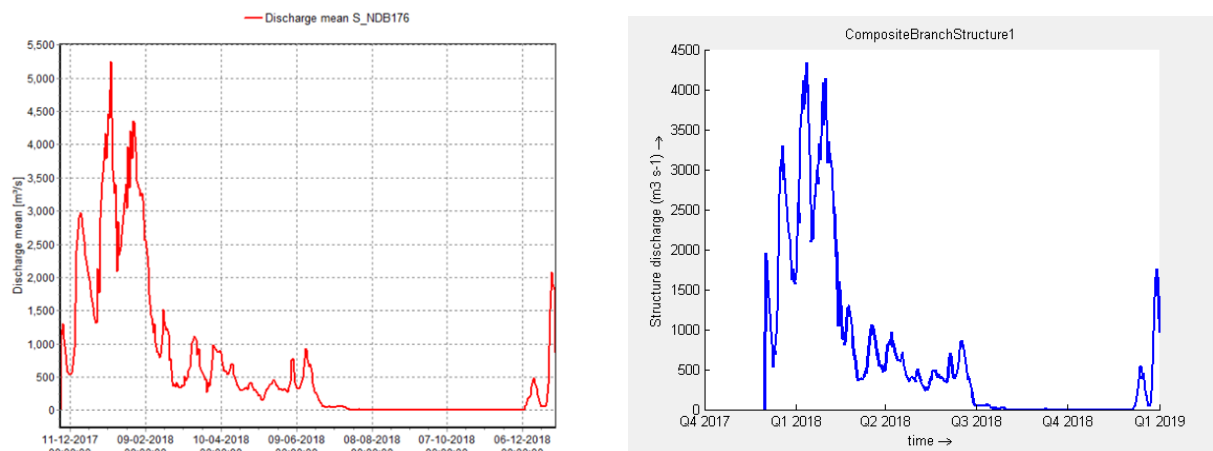
Voor de Oranjesluizen is wordt in LSM3 in de winter meer gespuid naar het Noordzeekanaal dan in LSM2. Dat is consistent met de resultaten voor IJmuiden. In de zomer van 2018 is er geen spui van Markermeer naar Noordzeekanaal in LSM3, en slechts beperkte doorspoeling in LSM2.



Figuur 30: Daggemiddeld debiet Oranjesluizen, links LSM2, rechts LSM3 (positief is naar NZK)

8 Haringvliet

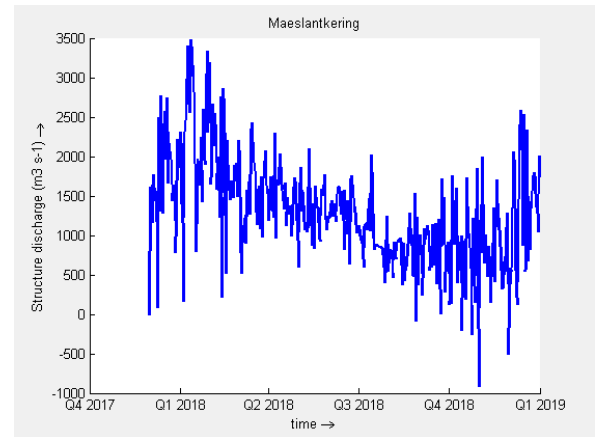
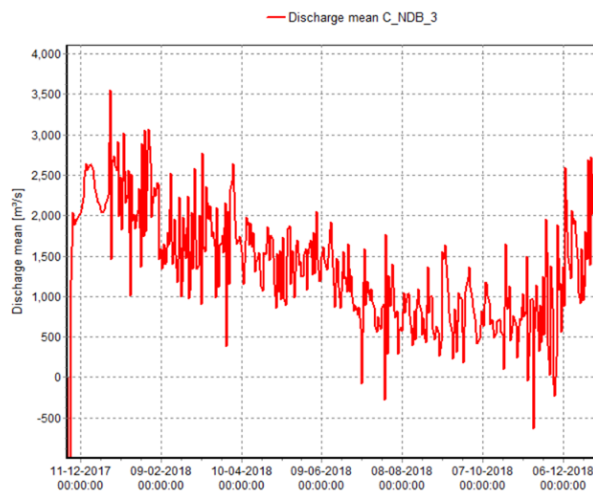
Het daggemiddelde debiet over de Haringvlietsluizen is in LSM3 iets lager dan in LSM2, zoals ook al in paragraaf 2.4.3. geconstateerd. Het patroon van de debieten over het jaar 2018 is verder goed vergelijkbaar met eerdere resultaten.



Figuur 31: Daggemiddelde Afvoeren Haringvlietsluizen in LSM2 (links) en LSM3 (rechts)

9 Nieuwe Waterweg

Het daggemiddelde debiet over de Nieuwe Waterweg (Maeslantkering) in LSM2 en LSM3 is redelijk vergelijkbaar.



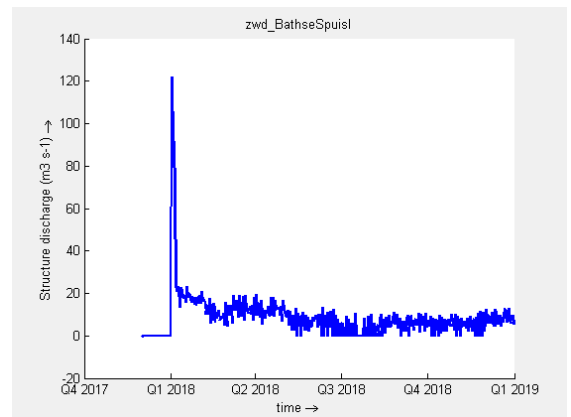
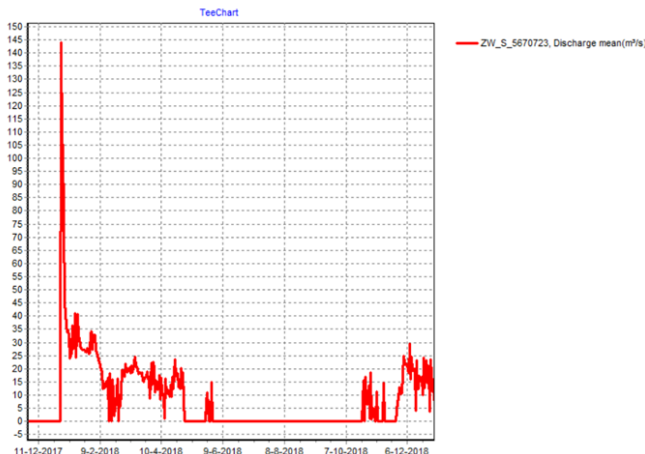
Figuur 32: Daggemiddelde Afvoeren Nieuwe Waterweg in LSM2 (links) en LSM3 (rechts)

10 Volkerak

De sturing van de Volkeraksluizen in LSM3 moet nog worden aangepast, het debiet door de sluisen is nul terwijl er in werkelijkheid een debiet van Hollands Diep naar Volkerak is om de chlorideconcentraties in de hand te houden. Het (daggemiddelde) debiet varieert in de praktijk tussen 6 en 25 m³/s.

11 Bathse spuisluis

De getijrand Bath is toegevoegd. Hierdoor loopt de waterstand voor de spuisluis niet meer op en is een realistischer debiet en waterstand gerealiseerd. Doordat in LSM3 niet wordt ingelaten bij Volkerak, maar ook veel minder water binnendringt via de Krammersluizen, is er in LSM3 een iets hoger spuidebiet bij Bath dan in LSM2.



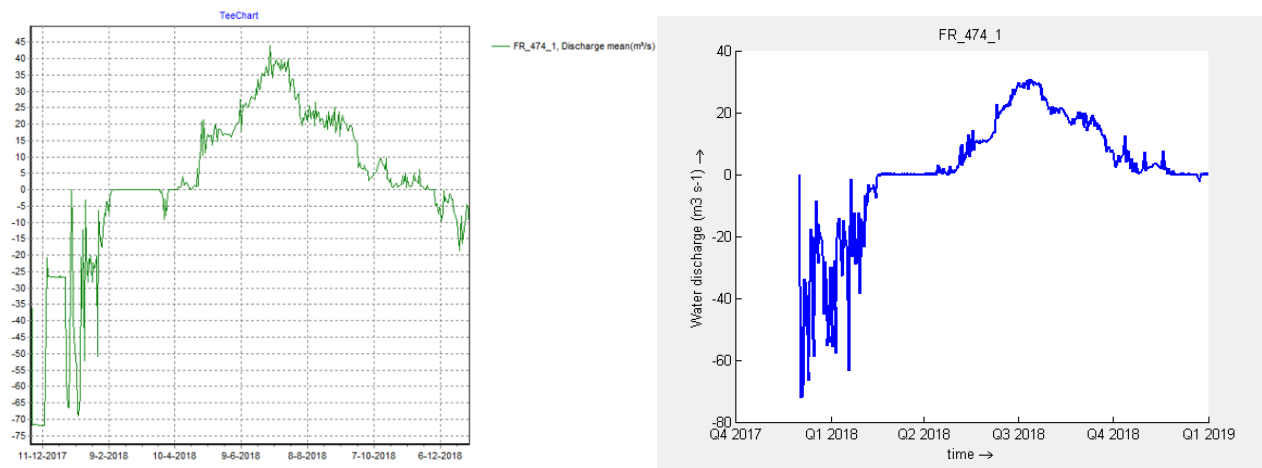
Figuur 33: Daggemiddelde afvoeren Bathse spuisluis in LSM2 (links) en LSM3 (rechts)

12 Krammer

Hier zijn geen aanpassingen gedaan, de resultaten zijn dus ten opzichte van de beschrijving in paragraaf 2.4.3. niet gewijzigd.

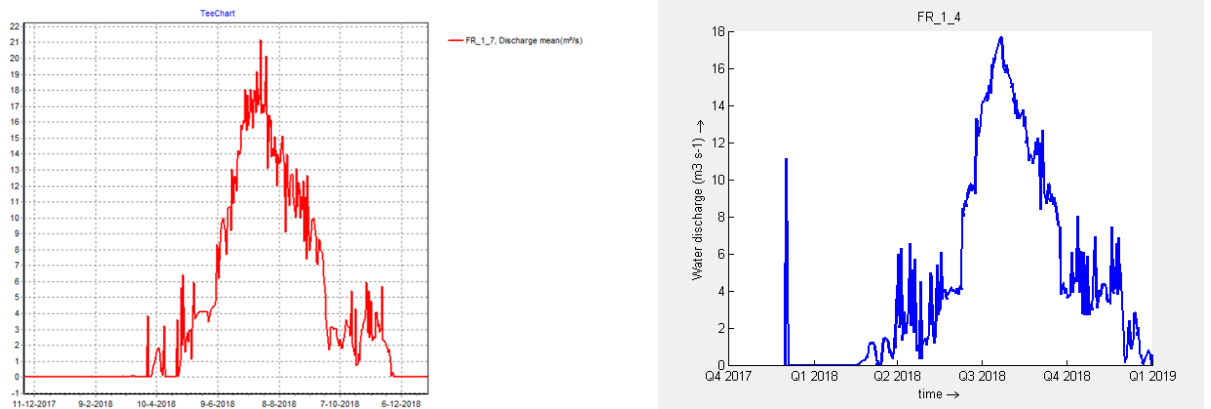
13 Lemmer

Het patroon van de lozing in de winter en de inlaat in de zomer bij Lemmer is vergelijkbaar voor LSM2 en LSM3. LSM3 laat minder in, mogelijk door ontbrekende opgelegde open water verdamping.



Figuur 34: Daggemiddelde afvoeren Lemmer in LSM2 en LSM3

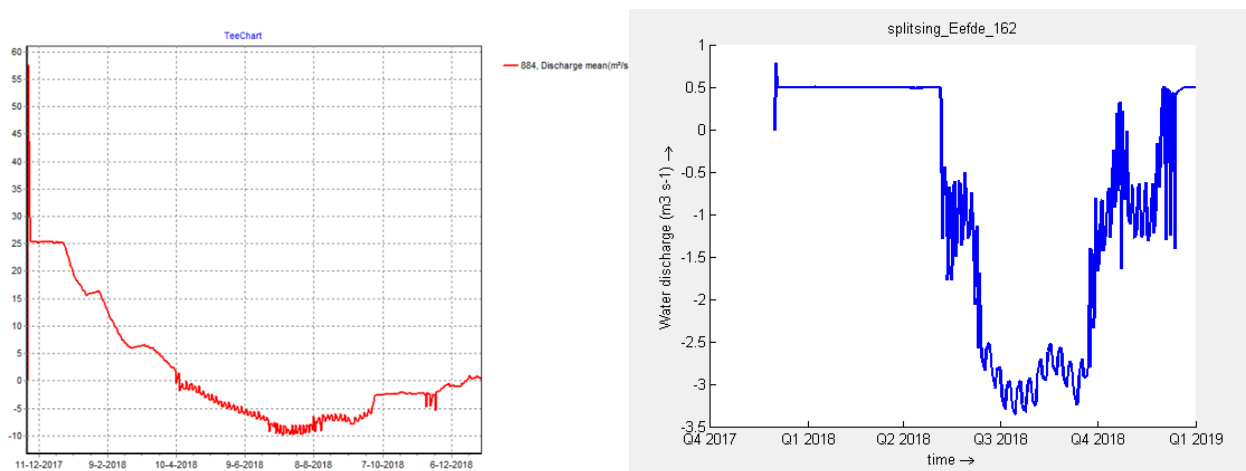
14 Gaarkeuken



Figuur 35: Daggemiddelde afvoeren Gaarkeuken in LSM2 en LSM3

Afgezien van de initialisatieverschillen (met initiële afvoerpiek in LSM3) valt op dat in LSM3 al voor 1 april water van Friesland naar Groningen wordt doorgevoerd.

15 Eefde

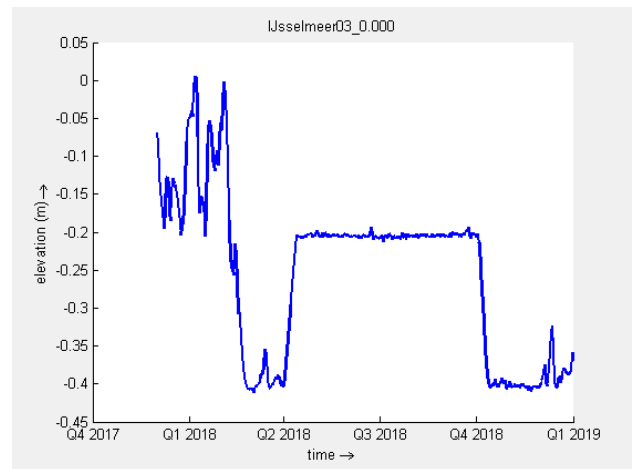
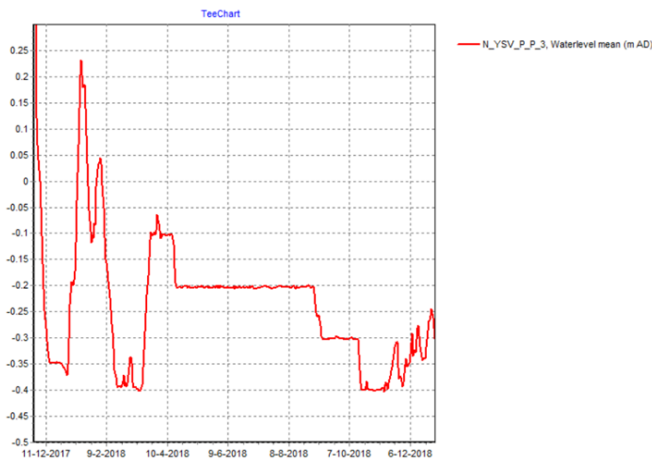


Figuur 36: Daggemiddelde afvoeren Eefde, links LSM2, rechts LSM3 (negatief=inlaat)

De figuren tonen het netto debiet bij Eefde, dus rekening houdend met schut- en lekverlies naar de IJssel. Een deel van het verschil wordt verklaard door het feit dat in LSM2 het schut/lekverlies bij Eefde in de laatste NWM sommen is opgevoerd naar 3.5 m³/s, terwijl in LSM3 nog een schutverlies van slechts 0.54 m³/s is gespecificeerd. Dat verklaart dus 3 m³/s van het verschil (dus LSM3 zou in dat geval van -3.5 naar -6.5 m³/s kunnen gaan), maar het verklaart nog niet alles.

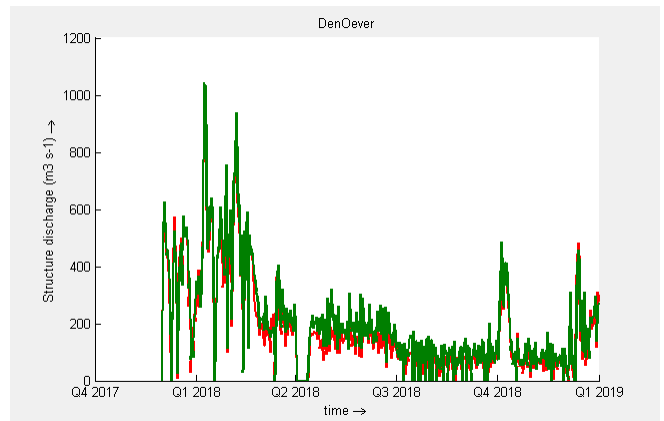
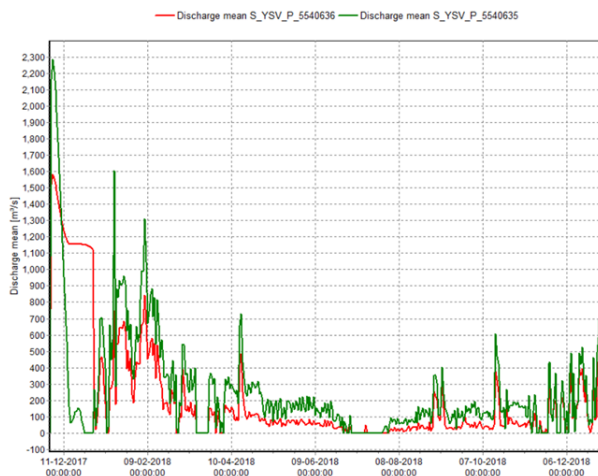
16 IJsselmeerpeil en spuidebiet Afsluitdijk

Het peilbeheer in LSM3 is nog het oude streefpeilregime en in LSM2 is al het nieuwe peilregime opgenomen. Directe neerslag/verdamping op de meren is nog niet in LSM3 opgenomen. In LSM2 in januari 2018 en ook december 2018 stijgt het peil daarom hoger dan in LSM3.



Figuur 37: Daggemiddelde peil IJsselmeer in LSM2 en LSM3

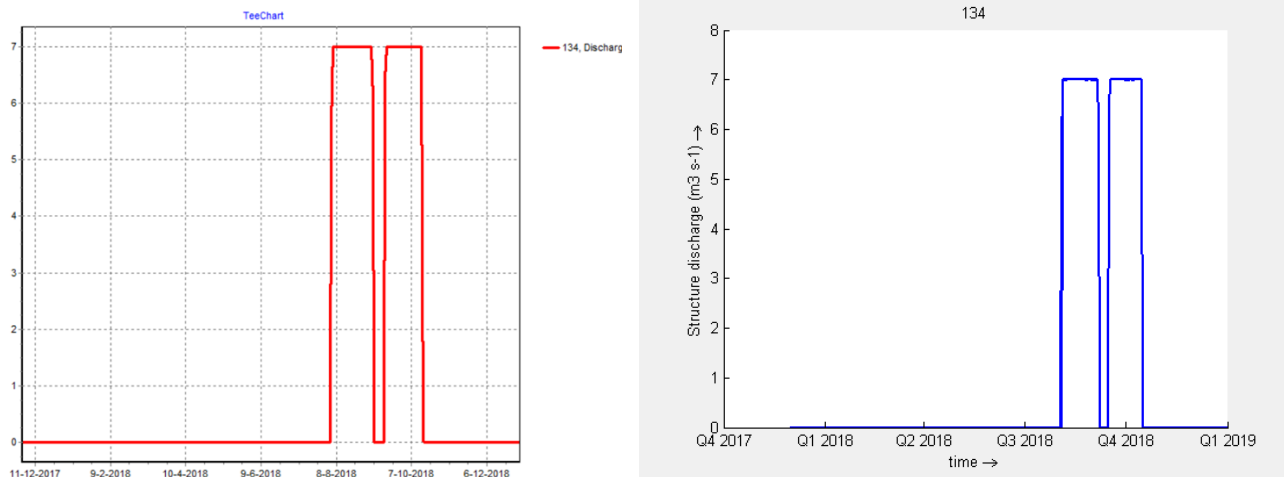
Het debiet bij Den Oever en Kornwerderzand wordt in LSM2 wel enige tijd nul in de zomerperiode 2018, maar in LSM3 niet. Zoals eerder vermeld wordt dit vermoedelijk veroorzaakt door verdamping op het IJsselmeer die in LSM2 wel is opgelegd, maar in LSM3 niet.



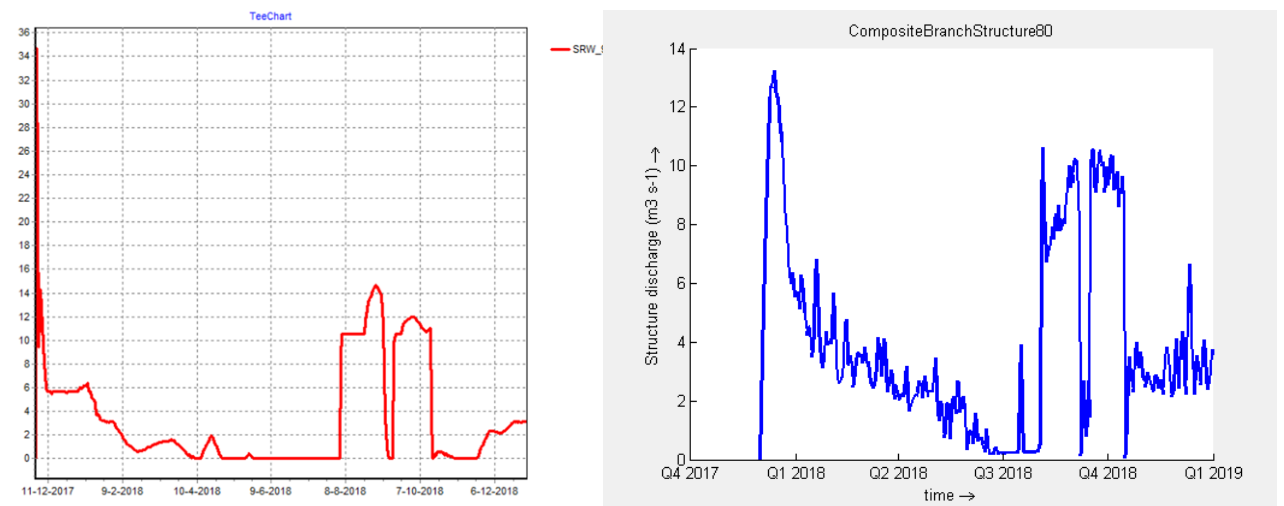
Figuur 38: Daggemiddelde afvoeren Den Oever en Kornwerderzand in LSM2 en LSM3

17 KWA

Door de aanpassingen qua sturing zijn de resultaten hier sterk verbeterd ten opzichte van de oorspronkelijke resultaten in paragraaf 2.4.3. Zie onder andere de eerdere figuren van de Irenesluizen. Verder zijn hier de debieten bij de Aanvoerder (Inlaat Leidsche Rijn KWA) en Bodegraven voor LSM2 en LSM3 gegeven.



Figuur 39: Daggemiddelde afvoeren Aanvoerder in LSM2 (links) en LSM3 (rechts)



Figuur 40: Daggemiddelde afvoer Bodegraven in LSM2 (links) en LSM3 (rechts)

De KWA perioden zijn zowel bij de afvoeren van gemaal de Aanvoerder als bij Bodegraven te herkennen. Opvallend is echter dat in LSM3 het debiet van HDSR naar Rijnland bij Bodegraven in de eerste twee kwartalen maar langzaam naar nul gaat, en in LSM2 veel sneller. Bij controle van de peilen in het gebied van Rijnland blijkt dat de waterstand van het streefpeil van orde -0.62 m NAP uitzakt naar ongeveer -2 m NAP. De boezemgemalen Katwijk, Spaarndam en Halfweg laten geen water uit in de zomerperiode dat het peil uitzakt. De inlaat Gouda laat in LSM2 daggemiddeld in tot wel orde 8 m³/s totdat de KWA het overneemt. Echter, in LSM3 laat de inlaat/uitlaat Gouda (CompositeBranchStructure63) echter maar 0.5 tot 1.5 m³/s in. Het blijkt dat de sturing van Gouda in LSM3 ontbreekt; deze moet toegevoegd voor het correct water inlaten in niet-KWA perioden en voor beperkte inlaat tijdens KWA perioden.

3 Mogelijke versnellingen

3.1 Overzicht

Na de eerste voorlopige resultaten qua rekentijd zoals in paragraaf 2.3 gerapporteerd, is overlegd met Jan Noort over de verschillende simulatievlaggen in SOBEK2 en SOBEK3, en mogelijke versnellingen in SOBEK3.

Uit het gebruik van de timer output in SOBEK3 (uitvoerfile Timers.His) van een van de sommen van LSM3 (zonder zout en temperatuur) blijkt dat er veel rekentijd zit in de SOBEK3 routines Volsur en Wtcrsu (zie tabel 5). Uit de genoemde HIS file blijkt dat deze routines samen orde 75% van de totale rekentijd van opsouperen (uitvoervariabele 'CPU time Cumulative (s)'). Overigens kunnen de reketijden van de de verschillende routines niet zonder meer opgeteld worden, bijvoorbeeld InitializeComputationTimestep roept een aantal onderliggende routines aan die ook in de tabel staan, en sommige routines (bv. VolSur) worden zowel in de initialisatiefase als in de rekenfase aangeropen. Maar het valt op dat van de totale rekentijd van 10540 seconden er 4413 seconden (42%) zitten in de routine 'InitializeComputational Timestep'. Dus initialiseren van een tijdstap kost relatief veel. In vergelijking hiermee kost het oplossen van het stelsel vergelijkingen via Gauss-eliminatie en substitutie vrij weinig tijd. Een ander opvallend punt is het verschil tussen de CPU time en Wall Clock time bij de routine FinalizeUserTimestep, maar dat valt buiten de scope van de huidige analyse en het verschil is ten opzichte van de totale doorlooptijd van een LSM som relatief klein.

Tabel 5: Rekeningijd van SOBEK3 routines (som zonder zout en temperatuur)

| Routine | CPU Time Cumulative (s) | Wall Clock Time Cumulative (s) |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| TotalComputationalTime | 10540.7 | 10671.0 |
| RunComputationalTimeStep | 5987.2 | 5990.5 |
| Iteration | 5352.3 | 5353.3 |
| Volsur | 4484.8 | 4489.8 |
| InitializeComputationalTimeStep | 4413.3 | 4421.1 |
| Inipluv | 4412.8 | 4420.4 |
| Wtcrsu | 3528.5 | 3532.0 |
| plchzs | 633.2 | 633.5 |
| GaussElimination | 441.7 | 442.3 |
| Advection | 364.3 | 366.7 |
| GaussSubstitution | 214.8 | 214.2 |
| FURU | 145.2 | 145.7 |
| FinalizeComputationalTimestep | 126.8 | 127.2 |
| plchzt | 122.5 | 123.1 |
| S1nod | 89.6 | 90.6 |
| plqlat | 69.3 | 69.8 |
| Furuwr | 67.3 | 66.4 |
| plstru | 24.9 | 28.9 |
| u1q1 | 21.3 | 21.5 |

| Routine | CPU Time Cumulative (s) | Wall Clock Time Cumulative (s) |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| plfl2p | 13.0 | 13.6 |
| FinalizeUserTimestep | 11.9 | 130.5 |

De in de 1D HIS uitvoerfile Timers.His genoemde TotalComputationTime van 10540 s (CPU) en 10671 s 'Wall Clock' (orde 3 uur) is ruim lager dan de rekentijd gerapporteerd in de DIMR logfile en ook ruim lager dan de totale doorlooptijd van de som van 3 uur 53 minuten. Dit verschil moet nader onderzocht worden. In de DIMR log file wordt voor de totale rekentijd orde 14000 s (zeg 4 uur) aangegeven waarvan orde 100 s in RTC en de rest in 1D. Er is wel een verschil met SOBEK2: daar draait er 1 rekenkern (delftflow.exe) waarin ook de mogelijke sturing is geïmplementeerd, terwijl in SOBEK3 de DIMR.exe draait met 2 onderliggende dll's, namelijk 1 dll voor 1D-Flow en 1 dll voor RTC.

Tabel 6: Rekening LSM3 met en zonder zout/temperatuur, volgens DIMR en 1D-Flow rekenkern

| Model | Max. Courant | Zout temperatuur | DIMR Rekening (totale doorlooptijd) | DIMR rekening 1D-Flow | 1D Flow Timers.His WallClockTime |
|----------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| LSM3 aangepast model | 2.0 | Zonder | 3 uur 53 minuten (13963 s) | 13614 s | 10671 s |
| LSM3 aangepast model | 0.9 | Zonder | 7 uur 18 minuten (26311 s) | 25641 s | 20507 s |
| LSM3 aangepast model | 0.9 | Met | 12 uur 22 minuten (44779 s) | 42378 s | 24213 s |
| LSM3 aangepast model | 0.9 | Met | 11 uur 45 minuten (42341 s) | 41554 s | 22514 s |

Tabel 6 laat zien dat tussen de 1D rekening volgens de 1D rekenkern en DIMR vooral bij de sommen met zout en temperatuur een groot verschil zit. Kijkend naar de totale doorlooptijd van de sommen met zout en temperatuur in vergelijking met de som zonder zout en temperatuur, met dezelfde numerieke instelling (max. Courantgetal = 0.9) is de doorlooptijd van rekenen met zout en temperatuur een factor 1.6 à 1.7 langzamer. Maar kijkend naar de door de 1D rekenkern gerapporteerde tijden voor 'TotalComputationalTime' is rekenen met zout en temperatuur maar een factor 1.1 à 1.2 langzamer. Ook bij het aangeleverde uitgangsmodel sobek-lsm3-j18_5-v2 was het verschil tussen de rekening met of zonder zout/temperatuur orde 10% volgens de 1D-rekenkern Timers.His uitvoerfile.

Navraag bij de beheerder van de rekenkern leert dat in de Timers.His rekening niet de tijd is opgenomen voor het opvragen van de randvoorwaarden via de EC-module. Dat zal een deel van de verklaring van het veel grotere verschil in DIMR rekening en rekening volgens de Timers.His zijn voor de sommen met zout en temperatuur, waar immers naast de waterstanden en afvoerrandvoorwaarden ook chloride en temperatuur randvoorwaarden nodig zijn. Aanbevolen wordt om de tijd nodig voor de EC-module toe te voegen aan de timers, zodat 'TotalComputationalTime' ook werkelijk de totale rekening dekt inclusief het zetten van de randvoorwaarden. En als dit inderdaad veel groter blijkt in de sommen met zout en temperatuur, is het nodig om de interactie met de EC-module te optimaliseren.

In het kader van lopende D-HYDRO ontwikkelingen wordt de performance van DIMR nader onderzocht voor gecombineerde RR-FM-RTC sommen. Verbeteringen in dat kader zullen ook voor SOBEK3 effect kunnen hebben.

3.2 Versnellingen in 1D rekenkern

Zoals aangegeven in de vorige paragraaf nemen de routines Volsur en Wtcrsu relatief veel rekentijd. De routine Volsur berekent in elke rekentijdstap het volume en de natte doorsnede per waterstands rekenpunt. De routine Wtcrsu berekent de natte doorsnede op de snelheidspunten ('WeTted CRoss-Section at U point).

Er is een belangrijk verschil tussen SOBEK2 en SOBEK3 voor wat betreft het berekenen van het volume en de natte doorsnede per rekenpunt. In SOBEK2 wordt door de Parsen preprocessor op basis van de gedefinieerde dwarsprofielen op elk gridpunt een dwarsprofiel bepaald. In geval van zw profielen (ook zw-river) worden de hoogtes uit de definitie samengevoegd. Vervolgens wordt door middel van lineaire interpolatie de breedtes bepaald. Als er grote verschillen zijn tussen de te interpoleren dwarsprofielen, kan deze interpolatie onverwachte resultaten geven. Daarom is in SOBEK3 ervoor gekozen om op basis van de waterdiepte in een gridpunt de hydraulische gegevens voor de twee omliggende dwarsprofielen te bepalen en vervolgens deze grootheden te interpoleren. Alleen als er slechts 1 dwarsprofiel op een branch is gedefinieerd, wordt maar eenmaal een dwarsprofiel doorerekend. Dit betekent dat grofweg in SOBEK3 nu bijna 2 maal zoveel dwarsprofielberekeningen nodig zijn dan in SOBEK2 (en dat kost dus meer rekentijd).

Voor YZ-profielen wordt gebruik gemaakt van conveyance tabellen. In dat geval moet op basis van de waterdiepte naar de juiste locatie in de tabel worden gezocht en worden de grootheden vervolgens lineair geïnterpoleerd. Maar in de zw-tabellen van rivierprofielen worden de grootheden ter plekke berekend. Dat betekent bijvoorbeeld voor de berekening van het natte oppervlak dat voor het gehele deel van het dwarsprofiel dat onder water staat de deeloppervlakken tussen 2 knikpunten worden uitgerekend en bij elkaar opgeteld en tenslotte het laatste deel wordt lineair geïnterpoleerd.

Voorgestelde versnelling voor VOLSUR

Hier stellen we voor om gebruik te maken van volumetabellen. Deze tabellen worden zodanig opgezet, dat deze in hoogte met een vaste stapgrootte werken en dat per hoogte de geïntegreerde volume per gridpunt wordt opgeslagen. In dit geval is er zelfs geen zoekalgoritme nodig, om het juiste niveau te zoeken. Nadeel van deze aanpak is wel dat de berging in het systeem tussen twee steunpunten af zal wijken van de berging op basis van de dwarsprofielen.

Een deel van het werk is al verricht. Er moet nog een voorziening worden gemaakt voor zomerdijken. Dit is een complicerende factor, omdat zomerdijken een hysteresis hebben voor opkomende en dalende waterstanden. Dat betekent dat vermoedelijk kleine, beperkte verschillen zullen ontstaan. Er is een oplossing om de verschillen minimaal te houden, maar dat zal meer implementatietijd en minder snelheidswinst opleveren.

Kosten voor de implementatie:

- De benodigde inspanning voor de implementatie bedraagt 10 dagen. Dit is inclusief de bepaling voor de zomerdijken. Inclusief eventuele bugfixes die uit het testen en valideren naar boven komen.
- Testen en validatie door gebruiker: 3 dagen
- Documentatie: beschrijving in de Technical Reference Manual 1 dag.

Voorgestelde versnelling voor WTCRSU.

Hier stellen we voor om:

- 1 de conveyance tabellen voor YZ-profielen ook te interpoleren naar de gridpunten. Dit halveert grofweg het aantal evaluaties per gridpunt;

- 2 voor ZW en ZW-river profielen over te stappen op een gedeeltelijke conveyance aanpak. Voordat hiermee kan worden begonnen is eerst een korte ontwerpfase nodig. Punten die hierbij moeten worden geadresseerd zijn:
- a Hoe om te gaan met summerdikes
 - b Onderscheid tussen main channel en de flood plains .
 - c Berekening van de conveyance. De conveyance is sterk niet lineair en is ook afhankelijk van de bodemruwheid. Voor de YZ-profielen is een uitgebreide analytische afleiding gemaakt voor de conveyance. Dit kan voor waarschijnlijk voor de ZW-river profielen worden vermeden. Maar of dan een lineaire interpolatie naar de gridpunten nog mogelijk is, is niet zeker op dit moment. Vooral met het oog op de zomerdijken en de problematiek rondom het onderscheid tussen de main channel en de flood plains.

De verwachting is dat de aanpassing in Wtcrsu zodanig geïmplementeerd kan worden dat de resultaten door deze versnelling nauwelijks beïnvloed worden.

Kosten voor de implementatie:

Ad. 1. Voor YZ-profielen is dit een beperkte inspanning, ca 5 dagen.

Ad. 2. Voor het ontwerp voor deze aanpassing is orde 5 dagen nodig. Het vervolg is afhankelijk van de uitkomsten van het ontwerp. Maar een grove schatting voor de hoeveelheid werk is 15 tot 20 dagen.

4 Conclusies en aanbevelingen

In het SOBEK3 model zijn een aantal numerieke knelpunten opgelost die een versnelling in rekentijd leveren ten opzichte van het in 2020 in KPP Modelschematisaties Zoet opgeleverde LSM3 model.

Deze versnelling door kleine aanpassingen in de schematisatie van LSM3 geeft een versnelling met een factor 1.80 (bij dezelfde numerieke instellingen, met en zonder de schematisatie aanpassingen).

Het nieuw opgeleverde LSM 3 is gedraaid in SOBEK 3.7.22.52202 versie van februari 2021 en vergeleken met de performance van het SOBEK2 LSM Light 1.2 model. De conclusie is dat met dezelfde numerieke instellingen en uitvoeropties SOBEK2 duidelijk sneller is dan SOBEK3. Waar een Sobek2 som LSM light 1.2 voor 13 maanden (2018) een rekentijd heeft van 1 uur en 51 minuten, heeft het LSM3 SOBEK3 model voor een vergelijkbare som een rekentijd van 4 uur en 5 minuten. Dat is een factor 2.20 keer langzamer. De berekening met zout vereist een maximum Courant getal van 1.0 of lager, terwijl alleen hydrodynamica ook met maximum Courant getal 2 goed gaat. Tabel 7 geeft een overzicht van gebruikte opties en de gevonden reketijden.

Tabel 7: Reketijd LSM3 en LSM2 voor diverse sommen

| Model | Courant | Zout/temperatuur | Reketijd |
|---|---------|------------------|-------------------|
| 1. LSM light SOBEK2 model | 2.0 | zonder | 1 uur 51 minuten |
| 2. LSM3 basismodel (sobek-lsm3-j18_5-v2) | 2.0 | zonder | 6 uur 53 minuten |
| 3. LSM3 aangepast model (versie met aanpassingen uit paragraaf 2.3) | 2.0 | zonder | 3 uur 53 minuten |
| 4. LSM3 aangepast model (als 3) | 0.9 | zonder | 7 uur 18 minuten |
| 5. LSM3 aangepast model (als 3) | 0.9 | met | 12 uur 22 minuten |
| 6. LSM3 aangepast model met verbeterde sturing (run uit par. 2.5) | 2.0 | zonder | 4 uur 5 minuten |

Voorstel is om de laatste versie van het LSM3 model uit paragraaf 2.5 het volgende versienummer te geven: sobek-lsm3-j18_5-v3 .

Er zijn een dus een aantal bottlenecks in het LSM3 model opgelost, maar de rekentijd van LSM3 is nog steeds duidelijk langzamer dan het huidige SOBEK2 LSM light model. Daarom wordt aanbevolen om de SOBEK3 1D rekenkern nader te onderzoeken en te optimaliseren qua rekentijd uit budget van KPP-programmatuur.

De overhead van DIMR en een eventuele versnelling van DIMR wordt in het kader van D-HYDRO ontwikkelingen binnenkort onderzocht.

Aanbevolen wordt om de tijd nodig voor het zetten van de randvoorwaarden in elke tijdstap via de EC-module toe te voegen aan de timers, en de interactie met de EC-module te optimaliseren. Dit is vooral van belang voor de sommen met zout en temperatuur, waar veel meer interactie met de EC-module is.

Aanbevolen wordt om in SOBEK3 de rekentijd te reduceren door versnelling van de berekening van volumes en natte cross-sections in de routines Volsur en Wtcrsu.

Een eventuele versnelling van DIMR als gevolg van acties in het kader van D-HYDRO ontwikkelingen zal ook voor SOBEK3 relevant zijn.

Er zijn ook een aantal inhoudelijke controles op modelresultaten gedaan. Op diverse punten is LSM3 hierbij verbeterd. Maar er zijn nog een aantal te controleren punten zoals genoemd in paragraaf 2.4 en 2.5:

- Open water neerslag en verdamping (vooral op de grote meren)
- Controle op overlap van laterale debieten opgelegd in RWS modellen met de aangekoppelde regionale modellen
- Sturing sluis Born op debiet (Julianakanaal)
- Sturing Volkerak en Krammersluizen
- Rekengrid regio (verwijderde bruggen met mogelijk korte takjes)
- Correcties voor geïsoleerd liggende delen van het netwerk (Hunze en Aas Duurswold; enkele korte takjes bij Hoogeveen, Utrecht en Linschoten)
- Lekdebiet Eefde (zie paragraaf 2.5)
- Sturing Gouda inlaat (zie paragraaf 2.5)

5 Referenties

- C. Wesselijs en A. Fujisaki (2020), Landelijk SOBEK model in SOBEK3 (LSM3), verificatiesom 2018. Deltares rapport 11205258-ZWS-0001_v0.2, Delft.
- C. Wesselijs en A. Fujisaki (2019), LSM3 – Berekening waterbeweging_def 2019.docx. Deltares memo 11203714-012-ZWS-0055_v0.1, Delft.
- C. Wesselijs, G. Prinsen, LSM2 update rivierschematisaties en uitbreiding met de regionale systemen (2018). Deltares rapport 11202220-011-ZWS-0004, Delft.