

## Memo

**Datum**

14 januari 2022  
(update van 29 oktober 2021)

**Aantal pagina's**

1 van 13

**Contactpersoon**

Peter Gijsbers  
Hans Korving  
Huite Bootsma  
Martijn Visser  
Timo Kroon

**Doorkiesnummer**

+31(0)88 335 7943

**E-mail**

Peter.Gijsbers @deltares.nl

**Onderwerp**

Aanpassing advies vervanging DM en MOZART

## 1 Aanleiding

In 2016 heeft Deltares in samenwerking met HKV in een voorstudie geadviseerd aan Rijkswaterstaat over de vervanging van DM en MOZART (Gijsbers en Barneveld, 2016). Ons advies was om het Distributiemodel (DM) en MOZART te vervangen door RTC-tools (eventueel later uit te breiden met andere pakketten). In 2017 en 2018 is onder begeleiding van RWS en waterschappen een vervangingstraject gestart, maar de uiteindelijke berekeningsresultaten vielen tegen en het model werd niet plausibel geacht om in te kunnen zetten in projecten.

Rijkswaterstaat heeft op basis van de ervaring en inzichten die zijn opgedaan bij de vervanging van MOZART en DM de eisen en wensen tegen het licht te houden. Dit heeft geresulteerd in een aanscherping van de eisen en wensen (Muurling-van Geffen & Werkman, 2020). Op basis van deze aangescherpte eisen en de ervaringen in het vervangingstraject heeft Deltares het advies voor vervanging van DM en MOZART herzien (Gijsbers et al, 2020) en een functioneel ontwerp uitgewerkt (Gijsbers et al. 2021a). In de eerste helft van 2021 zijn vervolgens aan de kant van RWS nieuwe inzichten ontstaan en zijn de eisen en wensen voor optimalisatie in het landelijke model aangepast (Ligtenberg & Werkman, 2021, zie de volgende paragraaf).

Naar aanleiding van de nieuwe eisen en wensen van RWS t.a.v. optimalisatie is aan Deltares in de tweede helft van 2021 gevraagd na te gaan op welke wijze het advies wijzigt. Deze memo gaat in op de heroverweging van het advies uit 2020 en beschrijft de wijzigingen in ons advies. Dit advies raakt aan andere ontwikkelingen binnen het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI), waarin STOWA de kennisinstututen heeft gevraagd om advies te geven over een regionale oppervlaktewatermodule NHI (Gijsbers et al. 2021b). In dit kader is vanuit STOWA ook gevraagd of er synergie te behalen is in het landelijke en het regionale spoor.

## 2 Overzicht van eisen en wensen en eerder advies

### 2.1 Eisen, wensen en advies in 2020

In het eisenpakket uit 2020 (Muurling van Geffen & Werkman, 2020) is aangegeven dat op landelijk niveau ruimtelijke optimalisatie van de waterverdeling naar de regio's vereist is. Daarnaast ook optimalisatie in ruimte en tijd voor de lange termijn verwachtingen. Op regionaal niveau is deze optimalisatie eis vervallen t.o.v. de voorstudie uit 2016. In het document zijn tevens diverse allocatie concepten (simulatie, iteratief schuiven, wiskundige optimalisatie) tegen het licht gehouden. Er wordt geconcludeerd dat alleen wiskundige optimalisatie aan deze eis kan voldoen.

### 2.2 Advies vervanging MOZART en DM 2020

Naast het vervangen van de software is geadviseerd belangrijke wijzigingen door te voeren in de schematisatie. Het advies was om een ruimtelijk getrapte aanpak te volgen en de schematisatie op te delen in drie lagen (landelijk-regionaal-lokaal). Voor de lokale waterhuishouding is een simulatiemodel van geschakeld bakjes geadviseerd. Qua software is geadviseerd om dit in het Wflow-raamwerk te ontwikkelen en waar mogelijk synergie te zoeken met de waterschappen. Voor de landelijke en regionale schematisatie-laag is geadviseerd om een allocatie model te ontwikkelen op basis van wiskundige optimalisatie. Qua software is geadviseerd om dit in het RTC-Tools raamwerk te ontwikkelen.

In het functioneel ontwerp (2021) is de vraag-allocatie interactie tussen de verschillende modellen uitgewerkt. Tevens zijn richtlijnen gegeven voor uitwerking van de schematisatie en is geadviseerd ontwikkeling van nieuwe modelschematisaties en modelcodes in samenhang te realiseren.

### 2.3 Aanpassing van de eisen en wensen in 2021

Rijkswaterstaat heeft in 2021 de rol van LHM en QWAST (Quick Water Allocation Scan Tool) tegen het licht gehouden en op basis hiervan de eisen als volgt aangepast:

1. LHM is een zwaar instrument dat met name een rol heeft in de detail analyse van DPZW en KRW. "LHM dient geen black box te worden, waarbij het niet duidelijk is hoe het model tot een bepaalde sturing is gekomen. Streven naar zoveel mogelijk eenvoud en herleidbaarheid. Anticiperend sturen blijft een eis. Deze sturing dient niet binnen een LHM som te worden afgeleid (op basis optimalisatie doelbereik) maar kan worden opgelegd als sturingsregel (vorm van simulatie) en gevoed door bv de afvoerverwachtingen."
2. Over QWAST zegt het aangepaste eisen document: "Het verdient daarbij aanbeveling om QWAST zodanig aan te passen dat dit model zelf de optimale sturing kan bepalen. Op basis van dergelijke sommen kan een min of meer generieke sturing worden uitgedacht en opgelegd aan LHM". De rol van QWAST (een licht instrument voor screening van maatregelen) krijgt hiermee een extra accent in de analyse van een optimale stuurstrategie in ruimte en tijd op basis van wiskundige optimalisatie.

Voor de watervraag kan QWAST gebruik maken van de detailgegevens van LHM of van andere vormen van watervraag bepaling, bijvoorbeeld m.b.v. metamodellen.

3. Voor LHM is de eis tot wiskundige optimalisatie over tijd en ruimte in het landelijk waterverdelingsnetwerk vervangen door de eis om op basis van vastgelegde stuurregels te functioneren, waarbij deze stuurregels ook anticiperend kunnen zijn op basis van een verwachting. Als extra eis is toegevoegd: dat “minimale debieten afhankelijk gesteld worden van chlorideconcentratie in het HWS”, wat op rekenkundig vlak vereist dat elke tijdstap de chloride concentratie in het HWS bekend is om waar nodig bij te sturen.

N.a.v. de heroverweging is in het aangepaste eisen document de volgende vraag opgenomen:

“De concrete vraag die RWS heeft is of Deltares o.b.v. de nieuwe inzichten nog steeds de wiskundige optimalisatie (ruimtelijk) adviseert boven de heuristische simulatie. Voor het ‘zware’ LHM lijkt een heuristische benadering wenselijker, je wilt immers duidelijkheid over de sturing. Wiskundige optimalisatie heeft wellicht wel meerwaarde binnen een lichtere tool (bijv. QWAST) om verkennende berekeningen uit te voeren, zowel ruimtelijk als temporeel wiskundige optimaliseren.”

## 3 Heroverweging advies n.a.v. aanpassing eisen

### 3.1 Aanpassing advies model concept/algorithm

In de praktijk vormen redeneerlijnen met eenduidige (vaste) sturingsregels vaak de basis voor de waterverdeling. Een model op basis van wiskundige optimalisatie sluit hier soms qua uitkomsten niet goed bij aan. De ervaringen van de afgelopen jaren laten zien dat een wiskundig optimalisatie algoritme in combinatie met ongebalanceerde modelinvoer soms keuzes kan maken in ruimtelijke spreiding die niet passen bij een watersysteem dat op basis van afspraken gestuurd wordt.

Bovendien blijkt uit het adviestraject voor de regionale oppervlaktewatermodule dat waterschappen in de beleidsfase liever met éénduidige regels werken t.a.v. afspraken over inname- en lozingsstops en sturing. In de operationele fase wordt wel vaker voor wiskundige optimalisatie gekozen i.v.m. slim maalbeheer. Ook in DPZW fase II waren redeneerlijnen op basis van eenduidige stuurregels een belangrijke basis in de discussie met de regio. Optimalisatie kan helpen om nieuwe inzichten in sturing te krijgen, maar als de (feedback/feed forward) stuurregels eenmaal zijn uitgedacht, wordt verwacht dat het detailanalyse model deze regels eenduidig uitvoert.

Vanwege het vervallen van de optimalisatie-eis van RWS en bovenstaande informatie concluderen wij nu dat de waterverdeling in LHM beter berekend kan worden met een (heuristisch) simulatie model dat gebaseerd is op vooraf vastgelegde, eenduidige stuurregels, liefst in de vorm van feedback/feed-forward control. Deze stuurregels bevatten ten minste:

- een (geprioriteerde, waar nodig anticiperende) kortingsprocedure, bijvoorbeeld in de vorm van inname- en lozingsbeperkingen op basis van optredende condities (peil/debiet/chloride gehalte) elders;
- gewenst peilverloop over de tijd (anticiperend);
- waar nodig aangevuld met verdeelsleutels voor de ruimtelijke spreiding, eventueel gebaseerd op condities elders.

Indien met kleine rekenstappen (bijv. van een dag) gerekend wordt kunnen de kortingsregels naar verwachting in een expliciet rekenschema worden toegepast. Met andere woorden: een criterium overschrijding op t0 (eind van de rekenstap) heeft een ingreep op t1 (begin van de rekenstap) tot gevolg. Dit zorgt er voor dat een kortingsregel op tijd toegepast wordt zodat het gewenste doel (bv. peilhandhaving of doorspoeling) niet in gevaar komt. Indien met decade rekenstappen gewerkt wordt zal iteratie nodig zijn (d.w.z. een impliciet rekenschema) om te voorkomen dat de ingreep 'te laat' tot het gewenste gevolg leidt.

Deze kortingsregels zouden ook anticiperend geformuleerd kunnen worden. Bijvoorbeeld: een verwachte overschrijding van een debiet bij Lobith op t10 heeft een ingreep op t1 (ophogen gewenst IJsselmeerpeil) tot gevolg, wat weer een beperking van de afvoer over de Afsluitdijk kan initiëren en eventueel een aanpassing van de verdeling bij stuw Driel.

Om te komen tot een set 'optimale' sturingsregels kan QWAST een belangrijke rol spelen. Dit gebeurt dan in de vorm van een verkenning van sturingsstrategieën m.b.v. wiskundige optimalisatie. Vervolgens zullen deze strategieën vertaald moeten worden in feedback/feed-forward control regels voor kortingen, anticiperend peilbeheer en ruimtelijke verdeling etc. Om deze vertaling mogelijk te maken wordt geadviseerd om de schematisatie van QWAST, inclusief de koppeling naar de watervraag gebieden, eenduidig te relateren aan de voorgestelde getrapte schematisatie van LHM.

## 3.2 Geen aanpassing model schematisatie

T.a.v. de modelschematisatie ziet Deltares geen reden om het advies van drie schematisatieniveaus (landelijk-regionaal-lokaal) te wijzigen, mede omdat deze indeling past bij de besluitvorming en leidt tot geografisch herkenbare modellen. Daarnaast maakt het ook de vertaling van de optimale sturing uit QWAST naar het rekenmodel eenvoudiger.

## 3.3 Hernieuwde beschouwing software alternatieven

Het vervallen van de optimalisatie eis vereist herziening in de software alternatieven. Gebruik van wiskundige optimalisatie software voor zowel de regionale als landelijke waterverdeling in RTC-Tools (of desgewenst in RTO) lijkt geen logische keuze meer. Daarom worden hieronder de eerder beschouwde software alternatieven opnieuw besproken.

### 3.3.1 WEAP (Water Evaluation and Planning)

WEAP ([www.weap21.org](http://www.weap21.org)) wordt gepositioneerd als een simulatieprogramma voor waterverdeling en stroomgebiedsanalyses. WEAP wordt veelvuldig gebruikt in Zuid-Amerika en Afrika, mede vanwege een gunstig licentiestelsel voor toepassing in die regio's. Voor

Nederland is het licentiemodel onaantrekkelijk vanwege de hoge kosten. Tevens is de broncode niet openbaar, wat in het verleden een belangrijke reden was om WEAP niet in ogenschouw te nemen.

WEAP noemt het toegepaste algoritme een simulatie algoritme, aangezien er geen buffering over tijd wordt toegepast. WEAP maakt echter wel gebruik van dezelfde rekentechniek als RTC-Tools (mixed integer linear programming in combinatie met de Goal Programming-aanpak), om per tijdstap water naar beneden te routen en leveringen per prioriteit te voldoen. Via een wegingsfactor op een link (getiteld Supply Preference) kan de voorkeursaanvoerroute worden beïnvloed. WEAP kan alleen met stroming in twee-richtingen omgaan door een extra tak aan te brengen in het model, aangezien een tak alleen water in één richting kan transporteren. Berging en vertraging van afvoer golven is alleen mogelijk via gecontroleerde reservoirs. River reaches en Transmission Links hebben geen volume.

WEAP lijkt voornamelijk toegepast te worden in stroomgebieden met een netwerk dat breed begint en smal eindigt, maar zelden in gebieden waar het netwerk uitwaaiert. Dit blijkt ook uit het concept van Linking Rules dat gericht is op het handhaven van een verdeling in de aanvoer, maar geen mogelijkheid biedt om op een splitsing een afvoerverdeling op te leggen.

Met bovenstaande rekenkundige kenmerken volgt WEAP volledig het 'ruimtelijk optimalisatie' concept en is het vergelijkbaar met RTC-Tools toegepast op tijdstap basis. Belangrijk verschil is dat in RTC Tools ook nog verdeelsleutels opgelegd kunnen worden op splitsingen. Tevens biedt RTC-Tools de ruimte om bufferstrategieën te optimaliseren m.b.v. Model Predictive Control.

Samengevat is de proprietary-sourcecode van WEAP op inhoudelijke gronden geen geschikte kandidaat voor LHM, terwijl het open source raamwerk RTC-Tools meer mogelijkheden biedt als rekenkern voor QWAST.

### 3.3.2 Regionale oppervlaktewatermodule NHI / D-Flow 0D

D-Flow 0D is een voorlopige (korte) werknaam die geïntroduceerd wordt voor het 0D-bakje ter vervanging van MOZART en SimRES, dat ook in het regionale NHI spoor wordt geadviseerd. Dit komt overeen met de software die in het advies van 2020 is geadviseerd te ontwikkelen binnen het open source Wflow-raamwerk.

Het bakje komt in twee vormen (peilbeheerst en vrijafwaterend) en kan gebruikt worden voor de lumped modellering van lokale watersystemen. Dit bakje faciliteert lokale onttrekkingen en uitwisselingsfluxen met land (drainage) en bodem (kwel/infiltratie) en atmosfeer (neerslag/verdamping). De peilbeheerste vorm van het bakje biedt tevens een aan/afvoer koppeling voor peilhandhaving. De vrijafwaterende vorm biedt alleen een afvoer koppeling. Dit te ontwikkelen concept dient online te worden gekoppeld aan MODFLOW-MetaSWAP en (de vervanger van) DM. Ook een online koppeling met D-HYDRO (D-Flow FM 1D) wordt voorzien.

### 3.3.3 Opgvolger RIBASIM / DM

Deltares gebruikt Ribasim al 30-35 jaar voor stroomgebiedsstudies. Ribasim is een simulatie model voor watervraag en waterverdeling. RIBASIM en DM zijn vanuit dezelfde basis ontwikkeld, waarbij RIBASIM zich heeft gericht op riviernetwerken die samenkomen, terwijl DM zich gericht heeft op delta's waar waterstromen ook splitsen. Deltares wil in 2022, in het kader van zijn strategisch onderzoek en ontwikkeling, de rekenkern van Ribasim vervangen en binnen het (open source) Wflow-raamwerk een nieuwe rekenkern voor waterverdeling in netwerken implementeren. Deltares streeft ernaar om deze ontwikkeling zodanig in te steken dat er één rekenkern voor allocatie (korten en routing van aan- en afvoer) komt die zowel in Nederland als in het buitenland toepasbaar is en blijft, voor zowel cyclische als acyclische netwerken. Dit is daarmee ook een logische opvolger van DM.

Deze ontwikkeling zal naar verwachting het D-Flow 0D bakje als bouwsteen nemen voor het schakelen van bakjes tot netwerk modellen met functionaliteit voor routing (aan- en afvoer) en waterverdeling. De routing kan variëren van eenvoudig (bv. gebaseerd op QH-relaties) tot meer hydraulische zoals de local inertia approximation. Deze netwerk modellen van geschakelde bakjes moeten zelfstandig in staat zijn tot waterverdeling, maar ook genest kunnen worden in andere netwerk modellen. Hiervoor moet dit netwerk model van schakelde bakjes in staat zijn om een watervraag (lozing of onttrekking) door te kunnen geven naar een koppelpunt met het extern netwerk, en een allocatie (lozing of levering) vanuit dit koppelpunt te kunnen verwerken. Op basis van de externe levering kan een eventueel kortingsvolume bepaald worden om gewenste onttrekkingen volgens de prioritering te corrigeren. Vervolgens kan de waterbalans via interne routing met een 'first come, first serve' principe opgemaakt worden.

De exacte invulling van het rekenalgoritme voor routing, korting en allocatie zal via prototyping ontwikkeld en getest zal worden. Voortbouwend op D-Flow 0D kunnen slimme algoritmen bedacht worden om de benodigde kortingen te schatten en toe te passen in de routing. Concepten uit DM, RIBASIM en netwerk/graaf theorieën leveren inspiratie in dit ontwikkelproces. Naar verwachting zullen de eerste routing algoritmes eenvoudig zijn, maar komt er in de loop van de jaren steeds meer keuze in meer geavanceerde algoritmes. De opvolger van RIBASIM /DM is nog niet beschikbaar, maar in de nabije toekomst wel een mogelijk geschikte kandidaat. De eerste experimenten met prototypen hebben in 2021 plaatsgevonden. De ontwikkeling zal in 2022 worden doorgezet.

### 3.3.4 Hydraulisch georiënteerde pakketten

In het advies van 2016 (Gijsbers en Barneveld) is aangegeven dat een hydrodynamisch pakket geen geschikte basis is om veelvuldig iteraties op te los te laten om een kortingsstrategie te bepalen. Dit advies is nog steeds waardevol. Maar D-HYDRO (D-Flow FM 1D) of andere hydrodynamische pakketten zouden in de toekomst wel een rol kunnen gaan spelen in de routing en berging van water als de combinatie gezocht wordt met een verdeel algoritme dat de kortingen bepaald zoals eerder besproken. Dit komt mede doordat de optimalisatie-eis is vervallen. Door voorafgaand aan de hydraulische berekening een inschatting te maken van benodigde kortingen en aanpassingen van setpoints zou, bijvoorbeeld voor het landelijk netwerk, besloten kunnen worden om de routing volledig hydraulisch door te rekenen, ter vervanging van een vereenvoudigde vorm van routing zoals beschreven voor D-Flow 0D.

## 3.4 Hernieuwd advies

### 3.4.1 Overwegingen

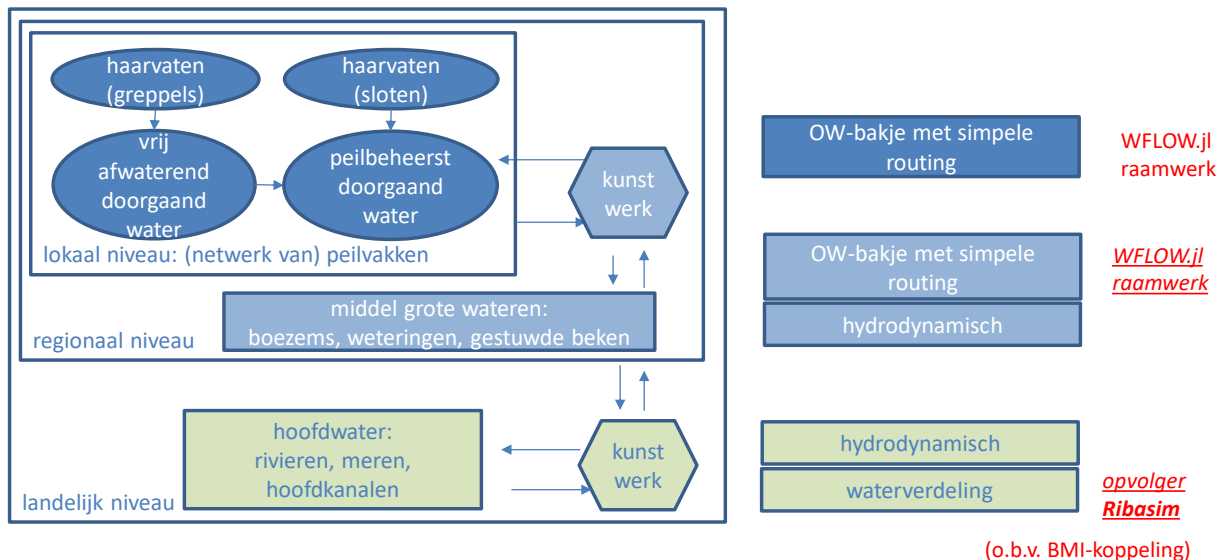
In het huidige DM en MOZART worden respectievelijk het landelijk waterverdelingsnetwerk en het regionale watersysteem afgedekt, inclusief de interactie daartussen, vorm gegeven door de tussenlaag van districten in MOZART. Voor een beschrijving van deze functionaliteiten voor de waterverdeling in MOZART wordt verwezen naar het functioneel detailontwerp van MOZART (zie de bijlage). In het peilbeheerste gebied zijn 'n' LSW's gebundeld in 1 district, waarbij dit district 1 of meerdere koppelingen heeft met het landelijk distributie netwerk. In het vrij afwaterende gebied is tussen de LSW's ook een mechanisme van routing verwerkt.

De huidige DM en MOZART software dient vernieuwd te worden. Tegelijkertijd is er behoefte om de huidige MOZART schematisatie te verfijnen, en bovendien vanuit het oogpunt van waterkwaliteit de districtenstructuur op te heffen aangezien deze leiden tot het mengen van waterstromen. Dit betekent samen dat in het huidige MOZART moet worden toegewerkt naar een nieuwe netwerkstructuur, met routing tussen de lokale en regionale deelsystemen. Conform het advies in 2020 wordt dan ook aanbevolen om drie niveaus te hanteren (zie Figuur 1).

Voor het lokale, regionale en het landelijke niveau adviseren wij om de komende jaren qua concepten dichtbij de huidige implementatie van MOZART, DM en SimRES te blijven. Hiervoor worden de volgende stappen geïdentificeerd:

1. Algoritme implementatie van een lumped D-Flow 0D bakje met de functionaliteiten van SimRES en Mozart voor de representatie van de lokale waterbalans met aan-en afvoer functionaliteit.
2. Algoritme implementatie voor een netwerk model van geschakelde D-Flow 0D bakjes met functionaliteit voor routing, peilbeheer, ruimtelijke verdeling en allocatie (zie bijlage), inclusief inname en lozingstops op basis van prioriteiten en lokale condities.

De heuristisch verdeelprincipes van DM kunnen hiervoor de basis vormen, waarbij de RIBASIM vervanger de codebasis wordt waarin dit algoritme wordt geïmplementeerd.



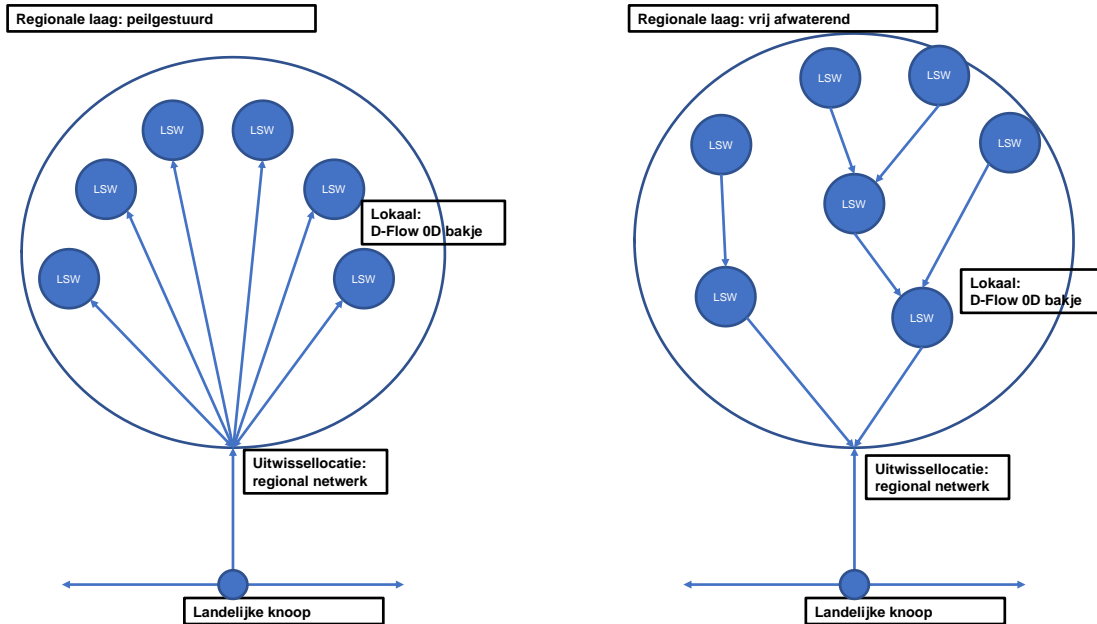
Opmerking:

- Opvolger **Ribasim** is evengoed in het WFLOW.jl raamwerk, maar om expliciet aan te geven dat hier **nieuwe code** voor moet worden geprogrammeerd is hier de modelnaam weergegeven. Laag 2 kan meer gebruik maken van bestaande netwerkfunctionaliteiten in WFLOW.jl.
- Zowel in **landelijk** als **regionaal** niveau geldt dat de structuur van de **verdringingsreeks** moet worden geïmplementeerd, uiteindelijk zijn het verweven codes (zoals ook mozaart en dm).
- Bouwstenen voor het berekenen van watervraag voor de verdringingsreeks worden in feite al gegenereerd op de lokale laag (bijv. waterbalans hoeveel water nodig is voor peilhandhaving ,of voor beregening, etc).

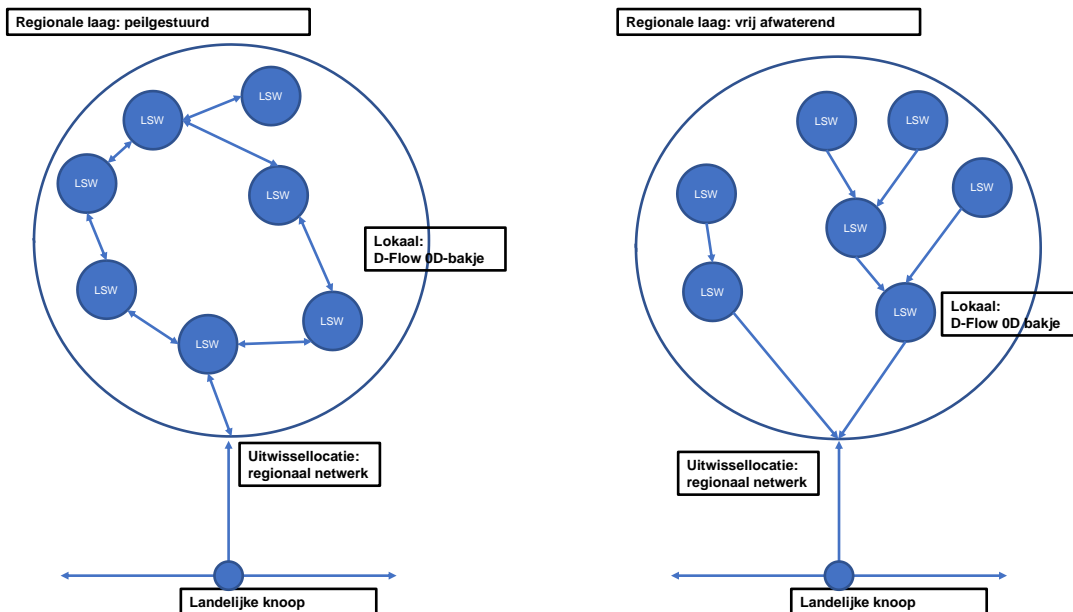
Figuur 1 Geadviseerde schematisatie voor het oppervlaktewater in LHM

3. Herimplementatie van de huidige (MOZART) schematisatie (Figuur 2) in gestandaardiseerde bestandsformaten op landelijk, regionaal (district), en lokaal niveau (met desgewenst een lichte verbetering van de schematisatie van de LSW's). De waterverdeling binnen de regio (district) gebeurt op basis van eenvoudige (heuristische) prioriteringsregels zonder ruimtelijke verdeling (à la Mozart). Dit heeft als voordeel dat de software eerst getest kan worden, zonder dat een grote investering noodzakelijk is om een geheel nieuw model te parameteriseren.
4. Uitbreiding van de schematisatie (landelijk, regionaal en lokaal) met meer netwerk detail (op basis van HyDAMO **Error! Reference source not found.**) om te voldoen aan het gewenste detailniveau voor waterkwaliteit. De waterverdeling gebeurt in alle lagen van het netwerk op basis van eenvoudige (heuristische) prioriteringsregels (i.v.m. verdringingsreeks) met ruimtelijke verdeelsleutels waar nodig (à la DM).
5. Uitbreiding naar een meer flexibele (regionale en landelijke) waterverdeling met meer geavanceerde algoritmes (minder heuristisch, meer waterbeweging gebaseerde routing en berging).





Figuur 2 Drie laags schematisatie volgens de huidige indeling



Figuur 3 Toekomstige drie laags schematisatie met meer netwerk detail in de peilbeheerste regionale laag

In dit transitie proces moet een afweging gemaakt worden of de vervanging van DM/MOZART software uitgevoerd wordt in twee stappen (eerst MOZART vervangen en nieuw software en

schematisatie koppelen aan DM) of in één stap (MOZART en DM software gezamenlijk vervangen). Ter ondersteuning van deze afweging stellen wij het volgende vast:

1. De vervanging van de MOZART component vraagt niet alleen om peilgestuurde en vrij afwaterende bakjes (LSW's), maar ook een regionaal netwerk met verdelingsfunctionaliteit ter vervanging van de (platgeslagen) districten.
2. Dit regionale netwerk dient allereerst robuust, duidelijk, en simpel te zijn. Dat betekent dat de waterverdeling op het netwerk op heuristische wijze plaatsvindt (dit komt overeen met de huidige algoritmes in MOZART en DM).
3. Het vervangen van MOZART noodzaakt dus naast een "bakjesmodel" het ontwikkelen van een (heuristisch) waterverdeelnets.
4. DM is eveneens een heuristisch waterverdeelnets (evenals het huidige RIBASIM).
5. Met slim ontwerp kan het landelijke en het regionale netwerk gebruik maken van dezelfde software. In de landelijke laag bestaan de knopen uit de regionale netwerken; in de regionale laag bestaan de knopen uit de lokale bakjes.

Het alternatief is het implementeren van de MOZART-opvolger inclusief regionaal netwerk, en dit regionale netwerk koppelen aan de knopen van het bestaande DM. Deze aanpak is niet efficiënt: er zal relatief veel werk gaan zitten in het ontwikkelen van de (software) koppelingen (die vervolgens niet lang mee zullen gaan). Het is efficiënter om de bestaande DM parameterisatie te hergebruiken in de nieuwe software.

Conclusie: dit betekent dat ontwikkeling van het regionale niveau en het landelijk niveau interactie moeten hebben en dus het vervangen van de waterverdelingsfunctionaliteiten in MOZART niet los kan worden gezien van het vervangen van DM.

### 3.4.2 Software advies

Bij de vervanging van MOZART wordt geadviseerd om een duidelijk onderscheid te maken tussen de lokale wateren (gelumped in een bakje) en een netwerk van regionale (middelgrote) doorgaande wateren.

Het advies voor het gelumpte lokale systeem in MOZART blijft ongewijzigd: dit is implementatie van een bakjesmodel dat in deze memo de werknaam D-Flow 0D heeft gekregen. Dit bakjes model, conceptueel gebaseerd op MOZART en SimRES, komt in twee smaken: (i) een bakje voor (het lumpen van) vrij-afwaterend water met een afvoer koppelpunt en (ii) een bakje voor (het lumpen van) peilbeheerst water met koppelpunten voor aan- en afvoer.

Voor de vervanging van het Distributiemodel (het landelijk netwerk) wijzigt ons advies. Aanbevolen wordt om aan te sluiten bij de opvolger van RIBASIM / DM, een ontwikkelingstraject geïnitieerd door Deltares. Deze software ontwikkeling wordt geïmplementeerd in het Wflow.jl-raamwerk, waarbij het heuristisch routing en allocatie algoritme wordt gebaseerd op principes van DM en RIBASIM.

Voor het regionale watersysteem wijzigt het advies: het advies wordt de huidige routing functionaliteiten van MOZART (binnen de districten) te verplaatsen naar een geschakeld netwerk van D-Flow 0D bakjes met een volwaardig (heuristisch) algoritme voor

watervdeling, zodat meer regionaal detail ingebracht kan worden ten behoeve van waterkwaliteit. Dit regionaal netwerk model moet genest kunnen worden binnen het landelijk netwerk model, inclusief bijbehorende interactie van vraaginventarisatie (naar het inlaatpunt) en allocatie-routing (naar de lokale wateren). Hiermee wordt de menging in districten voorkomen.

Omdat zowel landelijk als regionaal een netwerk model voor watervdeling (gestuurde routing met korting (inname/lozing stop mogelijkheden) nodig is wordt geadviseerd om dit op de zelfde software basis te baseren, namelijk de opvolger RIBASIM/DM. Desgewenst kunnen regionale functionaliteiten van SimRES hierin worden meegenomen.

De software voor de opvolger van RIBASIM is nog in ontwikkeling. Een mogelijke invulling is dat Deltares in 2022 de algoritme ontwikkeling uitvoert en vanuit het LHM-project wordt beoordeeld of het algoritme voldoet aan de eisen op basis van eigen test cases.

Voor de zoutberekening blijft het advies ongewijzigd: een online koppeling met DelWAQ.

Voor de koppelingsssoftware blijft het advies ongewijzigd. Online koppelingen worden via BMI gerealiseerd waarbij voor de aansturing de imod\_coupler wordt geadviseerd.

Voor de schematisatie en bijbehorende generatoren blijft het advies ongewijzigd: ontwikkel deze op iteratieve wijze, en in samenhang met de modelcodes, met prototypes op basis van baseline en de regionale HyDAMO data.

### 3.4.3 Implementatie en planning

Bij het opstellen van dit advies is rekening gehouden met de randvoorwaarden die zijn gesteld voor de berekeningen van zoetwater en waterkwaliteit, dus het doorrekenen van de basisprognoses in 2024 (zoetwater en waterkwaliteit) en definitieve berekeningen voor zoetwater in 2026.

Daarbij moet worden gerealiseerd dat de planning ambitieus is. Dit betekent dat vervanging van (delen van de) software uitsluitend haalbaar is als begin 2022 wordt gestart met de benodigde ontwikkeling van prototypes en het uitvoeren van testen. Het software ontwikkelingstraject vereist namelijk voldoende doorlooptijd en uitgebreide iteratieslagen van testen en doorvoeren van verbeteringen. In paragraaf 3.4.1 is daarom al voorgesteld om de ontwikkeling stapsgewijs door te voeren om de risico's in het traject beheersbaar te maken. Desalniettemin dient voor het halen van de mijlpaal in 2024 en ook voor de verdere ambities in 2026 zo spoedig mogelijk te worden gestart met de softwareontwikkeling. Voor de mijlpaal in 2024 moet rekening worden gehouden met het inzetten van een terugvaloptie, dat wil zeggen het huidige instrumentarium, waarbij de schematisatie al dan niet op onderdelen is verbeterd. In Figuur 4 wordt een mogelijke tijdlijn geschetst.

|  | 2022 |    |    |    | 2023 |    |    |    | 2024 |    |    |    | 2025 |    |    |    |
|--|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
|  | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 | Q1   | Q2 | Q3 | Q4 |
| prototyping (algoritme, koppelingen + test modellen) | ■    | ■  |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| stabilisatie software                                |      |    | ■  |    |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Verbetering MZ/DM schematisatie                      |      |    | ■  | ■  |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| validatie & laatste update                           |      |    |    |    | ■    | ■  |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Bouw model generatoren                               |      |    |    |    | ■    | ■  | ■  |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Nieuwe schematisatie (HyDAMO)                        |      |    |    |    |      |    | ■  | ■  | ■    | ■  |    |    |      |    |    |    |
| validatie & laatste update                           |      |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    | ■    | ■  |    |    |

Figuur 4 Tijlijn ontwikkelingstraject

De geadviseerde software ontwikkeling is afhankelijk van het tempo van de ontwikkeling van de opvolger van Ribasim, de interne ontwikkeling bij Deltares. Daarvoor zal intern Deltares commitment moeten worden verkregen om geplande ontwikkelingen (in feite het ontwikkelen van vergelijkbare functionaliteiten als in het huidige DM) te prioriteren en mogelijk op onderdelen te versnellen (stap 1,2 en 3 uit paragraaf 3.4.1). In oktober 2021 zijn hiervoor eerste gesprekken gevoerd tussen modelontwikkelaars en het management van Deltares. Geconcludeerd is dat binnen Deltares de bereidheid is om over het interne RIBASIM ontwikkeltraject nadere afspraken te maken met RWS wanneer bij RWS de bereidheid is te investeren in de vervanging van de (op de Nederlandse situatie georiënteerde) waterverdelingsfunctionaliteiten in MOZART en DM.

Verbeteren van de schematisatie (vooral in het regionale netwerk) is sterk afhankelijk van aanlevering van goede data door regionale waterbeheerders (HyDAMO en data van RWS, zoals in Baseline). Het is realistisch om te veronderstellen dat in 2024 wel alvast een aantal verbeterlagen kunnen zijn doorgevoerd (met HyDAMO en aanvullende data), maar dat niet eerder dan in 2026 kan worden gerekend op een volledig opnieuw opgebouwde oppervlaktewater schematisatie voor heel Nederland. Voor de software ontwikkeling in 2022 en 2023 zal daarom eerst moeten worden geleund op de huidige beschikbare schematisaties (zie ook de benoemde stappen in paragraaf 3.4.1).

Voor het verbeteren van de schematisatie wordt aangeraden parallel aan de software ontwikkeling in 2022 en in de eerste helft van 2023 eerst in te zetten op het aanpassen van de huidige districten schematisatie in MOZART en het omzetten naar een (regionale) netwerkstructuur, die nodig is voor de waterkwaliteitsberekeningen (stap 4 in paragraaf 3.4.1). Hierbij kan ten dele worden voortgebouwd op de RTC-tools schematisatie uit 2018, waar een eerste opzet is gemaakt voor een verfijnd regionaal netwerk. In overleg met regionale waterbeheerders en de waterkwaliteitsmodelleers kan de netwerkstructuur op onderdelen worden verbeterd en aangescherpt, conform de recente plannen voor ontwikkeling van het waterkwaliteitsinstrumentarium.

Tegelijkertijd kan ook de (landelijke) DM-schematisatie verder worden aangescherpt waar betere informatie beschikbaar is. Dit is relatief een minder ingrijpende aanpassing, maar vereist eveneens tijdig interactie met regionale waterbeheerders voor aanpassing van regionale verdeelsleutels en andere parameters die nu zijn opgenomen in DM.

## Referenties

Gijsbers, P. & Barneveld, H.J. (2016) Voorstudie vervanging DM en MOZART in het HM, Deltares rapport i.o.v. Rijkswaterstaat: 1230075-010-BGS-0002-r-Voorstudie vervanging DM en MOZART in het LHM\_final.pdf.

Gijsbers, P., Korving H., Kroon, T. (2020) Oplossingsrichting waterverdeling vervanging DM-MOZART, Deltares memo i.o.v. Rijkswaterstaat: 11205261-012-BGS-0001\_v0.1-Oplossingsrichting waterverdeling vervanging DM-MOZART.docx.

Gijsbers, P., Visser, M., Miltenburg, I. (2021a) Functioneel ontwerp LHM-oppervlaktewater; advies voor vervanging van MOZART en DM. Deltares rapport i.o.v. Rijkswaterstaat: 11205261-012-BGS-0003 v.1.1-Functioneel ontwerp LHM-oppervlaktewater.pdf.

Gijsbers, P. Hegnauer, M. Visser, M., Veldhuizen, A. Minnema, B., van Walsum, P. (2021b) Uitwerking van een regionale oppervlakte module NHI. Deltares rapport i.o.v. STOWA 11205630-031-BGS-0015-Uitwerking van een regionale oppervlakte module NHI\_v3.docx.

Ligtenberg J., Werkman W. (2021) Addendum bij document 'Eisen en wensen vanuit waterverdeling voor de vervanging van de modelcodes DM en MOZART" van S. Muurling, 12 mei 2020 (addendum datum: 29 september 2021).

Muurling-van Geffen, S., Werkman, W. (2020) Eisen en wensen vanuit waterverdeling voor de vervanging van de modelcodes DM en MOZART (Rijkswaterstaat versie 12 mei 2020).

Rijkswaterstaat en Sogeti 2005. Functioneel detail ontwerp MOZART.