

## Memo

**Aan**  
Meinte Blaas

**Datum**  
11 juni 2018

**Kenmerk**  
11202197-003-0001

**Aantal pagina's**  
7

**Van**  
Olav van Duin

**Doorkiesnummer**  
+31(0)88335 7265

**E-mail**  
olav.vanduin@deltares.nl

**Onderwerp**  
Watersturing RegioPlus - overweging varianten voor gezamenlijke optimalisatie

---

## 1 Inleiding

De optimale sturing van objecten wordt in de operationele context nu in principe voor afgebakende beheergebieden bepaald. Het waterschap bepaalt alleen voor haar eigen objecten de optimale inzet, omdat ze toch geen invloed hebben op de objecten van Rijkswaterstaat en vice versa. Maar in veel regio's is de wederzijdse afhankelijkheid juist erg groot. Zo kan de afvoer naar het hoofdwatersysteem vanuit de waterschappen ervoor zorgen dat Rijkswaterstaat niet meer de mogelijkheid heeft op laag tij te wachten om zo energie te besparen bij de verdere afvoer van het water. Uiteindelijk kan die afgebakende vorm van beheer ertoe leiden dat kosten in het ene systeem de baten in een ander systeem teniet doen. Een oplossing hiervoor is het opzetten van een sturingsinstrumentarium dat over de beheergrenzen heen kan werken, waarbij bepaald wordt welke sturing het beste is voor een watersysteem (afvoer-, peil-, boezemgebied) als geheel. Een methodiek die dit kan bepalen is wiskundige optimalisatie. Dit wordt in het Nederlandse waterbeheer meer en meer gebruikt om in individuele beheergebieden de operationele sturing te optimaliseren. Om deze methodiek ook over de beheergrenzen heen toe te passen hebben we de rekenkundige middelen wel paraat, maar er is nog geen solide implementatie van een dergelijk instrumentarium dat verschillende beheersopties van verschillende beheerders afweegt en een advies kan genereren.

Het doel van het huidige CIP-onderzoek 'Watersturing RegioPlus' is om zo'n instrumentarium te onderzoeken, ofwel door een technisch ontwerp / principiestudie te doen, ofwel door een prototype te bouwen. Dit opdat er een beter beeld ontstaat wat het rekenteknisch nu precies betekent en oplevert om een gezamenlijk sturingsinstrumentarium te ontwikkelen. Het onderzoek focust op de sturing van verschillende watersystemen van verschillende beheerders (Rijkswaterstaat, waterschappen) in een enkele regio, namelijk Brabant, voor een enkel type beheersopgave, namelijk waterbezwaar. De toepasbaarheid in andere regio's en beheersopgaven (watervraag m.n.) kan later in kaart gebracht worden.

Er zijn enkele varianten van een dergelijk instrumentarium denkbaar. In deze memo wordt beschreven wat de varianten zijn, en wordt op basis van enkele criteria de in deze context beste gekozen. De in deze memo geschetste overwegingen zijn voor een groot deel tot stand gekomen op basis van overleg en discussie tussen Rijkswaterstaat en Deltares.

## 2 Over de grenzen heen optimaliseren

Het is eenvoudig voor te stellen hoe de optimalisatiemodules van afzonderlijke beheerders met elkaar kunnen praten zónder (expliciet) over de grenzen heen te optimaliseren. Zo kan er een gebied gekozen worden wat leidend is, bijvoorbeeld het meest bovenstroomse. Deze kan zonder beperkingen zoeken naar het optimum voor dat gebied, en de sturing die gevonden is gevonden wordt geldt als vast. De afvoer van of naar de andere gebieden die daaruit volgt wordt dus als onveranderlijk gegeven opgelegd aan de andere gebieden, en die moeten dat dan maar zien te verwerken. Dit zou in bepaalde situaties goed kunnen gaan, maar maakt in ieder geval geen gebruik van de ruimte die er in het systeem als geheel is. Dit kan enigszins geholpen worden door enige beperkingen te stellen aan de afvoer die van of naar andere gebieden gerealiseerd kan worden, maar de interactie tussen de doelen van de afzonderlijke systemen blijft dan alsnog afwezig. Om dat te realiseren is er een integratie van de gebieden, een vorm van communicatie tussen de gebieden of een mix van beiden nodig.

### 2.1 Integratie van de gebieden

Bij deze variant worden de afzonderlijke beheergebieden letterlijk als een beheergebied behandeld. Ofwel wordt er een nieuw optimalisatiemodule gemaakt voor alle gebieden tezamen, ofwel worden de bestaande modellen 'aan elkaar geplakt'. Om zoiets goed draaiend te krijgen zijn er grote technische uitdagingen. Mocht het lukken, ligt er wel een instrument wat daadwerkelijk het globale optimum kan vinden.

### 2.2 Communicatie tussen de gebieden

Dit kan gerealiseerd worden door een overkoepelende laag (een metalaag) aan te brengen die over optimalisatiemodules van de individuele gebieden heen werkt. Elke individuele module draait afzonderlijk, en rekent over de gehele verwachtingshorizon van een bepaalde starttijd het optimum uit. De metalaag herhaalt dit meerdere keren, en scherpt per iteratie (met dezelfde starttijd) de interactie tussen de gebieden aan om zo het globale optimum te vinden. Hiervoor moet de metalaag dus wel weten wat de verbindingen tussen de gebieden zijn (hoe het water loopt), en moet het informatie kunnen opvragen over de kosten/baten per gebied per iteratie, en hoe deze kunnen veranderen als de interactie tussen de gebieden veranderd wordt. De kracht hiervan is dat het de individuele gebieden conceptueel zelfstandig houdt, maar ook deze variant is technisch uitdagend.

### 2.3 Integratie en communicatie

Een mix van beide varianten zou zijn om een optimalisatiemodule te maken van alle gebieden die alleen het beheer op hoofdlijnen optimaliseert; het 'moedermodel'. Met de ruimte die dan nog over is kunnen de optimalisatiemodules van de individuele gebieden aan de slag. In de meest simpele vorm beschrijft het moedermodel de individuele gebieden als een enkele bak met een representatieve berging voor elk gebied. Op de stroming tussen de gebieden wordt een realistische beperking gezet, en er worden doelen gesteld aan de (ontwikkeling) van de berging per gebied. Dit leidt na optimalisatie tot een bepaalde uitwisseling tussen de gebieden die als harde voorwaarde wordt opgelegd aan de losse (volledig gedetailleerde) optimalisatiemodules van de individuele gebieden. Dit is op zich technisch goed realiseerbaar, maar heeft als nadeel dat het niet triviaal is om het moedermodel te ontwerpen.

## 3 Criteria

Voor de beoordeling van de varianten wordt naar de volgende criteria gekeken.

- Technische haalbaarheid: hoeveel inspanning kost het om de oplossing te realiseren? Is het überhaupt haalbaar?
- Politieke haalbaarheid: kunnen individuele beheerders achter de oplossing staan? Valt het uit te leggen naar omwonenden, of naar de politiek verantwoordelijke organisatie?
- Potentie om het globale optimum te vinden: in hoeverre benadert de methodiek het halen van het werkelijke globale optimum?
- Toepasbaarheid in andere regio's: wat leren we van de methodiek wat ook in andere regio's toegepast kan worden?
- Beheerbaarheid: welke onderhoudsinspanning is te verwachten?
- Rekentijd: is de te verwachten rekestijd acceptabel voor een operationeel systeem?
- Fysica: hoe goed wordt de fysica weergegeven?

## 4 Scores

Hieronder wordt per gebied kort omschreven hoe de varianten het doen wat betreft de gestelde criteria.

### 4.1 Scores voor integratie van de gebieden

- Technische haalbaarheid

Het opzetten van optimalisatiemodules is een behoorlijke klus, zeker voor gebieden met veel complexiteit en draaiknoppen. Om dit wiskundig goed te laten werken moeten zorgvuldig versimpelingen worden gedaan, en moeten er soms lastige keuzes gemaakt worden. De beheerdoelen en fysieke beperkingen moeten ook op een wiskundig goede manier gedefinieerd worden. Als het gebied veel verschillende doelen met verschillende eenheden/grootheden kent moeten deze ofwel en gewogen worden, ofwel met een bepaalde volgorde afgehandeld worden, ofwel een mix van beiden. Dit maakt het zelfs in alleen het gebied van een enkel waterschap al behoorlijk lastig om een goed werkend model te realiseren, en deze complexiteit neemt hand over hand toe als er meer gebieden uit komen. Als de gebieden ook nog eens sterk van karakter verschillen, qua fysica of doelen, is het misschien zelfs sowieso niet redelijkerwijs haalbaar ze te integreren.

- Politieke haalbaarheid

Als er een geïntegreerde optimalisatiemodule gemaakt wordt, zijn de individuele beheerders een aanzienlijk deel van de zeggenschap kwijt. Dit kan al voor de beheerder zelf moeilijk te accepteren zijn, en laat zich ook niet makkelijk uitleggen.

- Potentie om het globale optimum te vinden

Bij deze variant wordt het globale optimum gegarandeerd gevonden (onder voorwaarde dat het opgeleverde technisch correct functioneert).

- Toepasbaarheid in andere regio's

Er wordt zeker iets geleerd over wat er komt kijken bij het opzetten van een dergelijk complex model, en er zal wat winst gemaakt worden in de zin dat het duidelijker wordt wat een goede methodologie is om zo'n model op te zetten. Dat vergemakkelijkt het werk in andere regio's enigszins, maar levert geen code of modelconcepten op die direct elders toegepast kunnen worden.

- Beheerbaarheid

In het algemeen groeit de onderhoudsinspanning behoorlijk als een model groter en complexer wordt. Testen wordt moeilijker, updates moeten vaker plaatsvinden (bv. afhankelijk van verschillende onderhoudscycli per gebied), degenen die het moeten bijhouden moeten van een erg groot gebied kennis hebben, enzovoorts. Waarschijnlijk is de onderhoudsinspanning van zo'n groot model groter dan de som van de inspanningen van modellen per gebied.

- Rekentijd

De rekestijd van een groter/complexer optimalisatiemodule is in principe groter dan die van een kleinere/simpelere module. Waarschijnlijk duurt het ook langer om een periode met de optimalisatiemodule van het systeem als geheel door te rekenen, dan diezelfde periode met losse optimalisatiemodules die in serie gedraaid worden. Dit omdat de zoekruimte snel groeit (zeker als er meer prioriteiten bijkomen) en complexer wordt om te 'navigeren'. Dit kan wel voorkomen worden door te zorgen dat alle vergelijkingen lineair zijn, maar dat betekent afhankelijk van het gebruik mogelijk wel weer een te grote versimpeling van de geldende fysica.

- Fysica

De weergave van fysica is potentieel goed, tenzij er omwille van de rekestijd voor gekozen wordt om (grote) versimpelingen aan te brengen.

## 4.2 Scores voor communicatie tussen de gebieden

- Technische haalbaarheid

Op zichzelf is het realiseren van een metalaag technisch uitdagend, maar zeker haalbaar. De uitdaging zit deels in de onbekendheid met de details van implementatie, en neemt naar de toekomst (en met ervaring) dus af. Het identificeren van de interactie tussen de losse optimalisatiemodules is vrij simpel. Het bouwen van de losse optimalisatiemodules is ook een behoorlijke klus, maar is veel beter te overzien dan bij het geïntegreerde model. De uitdaging zit daar vooral in het feit dat het gewoon een zorgvuldig uit te voeren stuk werk is. Wel is er in Nederland bij verschillende partijen ondertussen 'voldoende ervaring om op voort te bouwen. Zo is er door Deltares een optimalisatiemodel voor het boezemsysteem van Rijnland gebouwd, die ondertussen operationeel gebruikt wordt. Door Witteveen+Bos en Nelen & Schuurmans is gewerkt aan modellen voor respectievelijk Delfland en Hollands Noorderkwartier. Door Deltares en Wittenveen+Bos is en wordt ook aan verschillende modellen voor de rijkswateren gewerkt.

- Politieke haalbaarheid

Omdat er per gebied nog een individuele optimalisatiemodule blijft bestaan, is er voor de beheerder altijd iets wat direct herkenbaar is en mogelijk zelfstandig gedraaid kan worden. Ook is het concept meer in de geest van hoe de samenwerking in het echt gaat; per gebied wordt bepaald wat goed is, en we kijken naar elkaar om te zien hoe we elkaar kunnen helpen / hoe we elkaar zo min mogelijk dwars zitten. Het goed tegen elkaar wegen van de kosten/baten per gebied door de metalaag is wel iets wat uiteindelijk ervoor moet zorgen dat het echt acceptabel is voor de individuele beheerders.

- Potentie om het globale optimum te vinden

Bij deze variant wordt het globale optimum gegarandeerd gevonden bij een *oneindig* aantal iteraties (onder voorwaarde dat het opgeleverde technisch correct functioneert). Dat is natuurlijk niet realistisch, maar de verwachting is dat het ook met een beperkt aantal iteraties al de goede kant op gaat. Met een paar slagen is het in ieder geval al beter dan helemaal níet interacteren. In operationele context kan ook dichterbij het globale optimum gegroeid worden door per opeenvolgende tijdstap verder te gaan met het proces.

- Toepasbaarheid in andere regio's

Als dit concept technisch goed uitgevoerd wordt, is het redelijk direct toe te passen in andere regio's. De intelligentie van het afwegen van verschillende kosten/baten per gebied, en het afhandelen van de interactie is goed generiek op te zetten, met duidelijke 'stekkers'. In een volgende regio is het dan vooral een kwestie van (eventueel eerst individuele optimalisatiemodules opzetten en dan) de 'stekkers' goed aansluiten.

- Beheerbaarheid

De onderhoudsinspanning van de metalaag is beperkt, omdat de interacties niet sterk veranderen over de tijd. De totale onderhoudsinspanning van de modellen per gebied, zoals die al bestaat en zal blijven bestaan, is vermoedelijk kleiner dan die van het grote model. Het beheer en onderhoud van de metalaag moet wel belegd worden naast het beheer en onderhoud van de deel-modellen.

- Rekening

Als er heel vaak (tot oneindig) geïtereerd moet worden zal de rekening onwerkbaar zijn. Hier zal dus een slimme keuze gemaakt moeten worden.

- Fysica

De weergave van fysica is potentieel goed.

#### 4.3 Scores voor integratie en communicatie

- Technische haalbaarheid

Het bouwen van het moedermodel is technisch niet lastig, juist omdat het zo simpel moet zijn. Het bouwen van de losse optimalisatiemodules is wel een behoorlijke klus, maar is veel beter te overzien dan bij het geïntegreerde model. De uitdaging zit daar vooral in het feit dat het gewoon een zorgvuldig uit te voeren stuk werk is. Wel is er in Nederland bij verschillende partijen ondertussen voldoende ervaring (zie voorbeelden bij 4.2).

- Politieke haalbaarheid

Omdat er per gebied nog een individuele optimalisatiemodule blijft bestaan, is er voor de beheerder altijd iets wat direct herkenbaar is en mogelijk zelfstandig gedraaid kan worden. Ook is het concept meer in de geest van hoe de samenwerking in het echt gaat; over het geheel wordt gekeken wat goed is, en met de ruimte die over blijft kan elke beheerder z'n gang gaan. Het valt of staat wel met in hoeverre het moedermodel de dynamiek van de individuele systemen nog herkenbaar weergeeft. Dit voor elkaar krijgen is mogelijk al een erg lastig proces, omdat het veel overeenstemming van de beheerders vereist.

- Potentie om het globale optimum te vinden

Bij deze variant is het lastig te zeggen of het globale optimum gevonden kan worden. Conceptueel is het in ieder geval niet logisch dat het zo is, tenzij het moedermodel net zo complex is als het eerder voorgestelde geïntegreerde model maar dat gaat uiteraard tegen het idee van het concept in. In ieder geval is er potentie om een betere oplossing te vinden dan helemaal niet interacteren tussen losse optimalisatiemodules.

- Toepasbaarheid in andere regio's

Er wordt zeker iets geleerd over wat er komt kijken bij het opzetten van een dergelijk moedermodel, en er zal wat winst gemaakt worden in de zin dat het duidelijker wordt wat een goede methodologie is om zo'n model op te zetten. Dat vergemakkelijkt het werk in andere regio's enigszins, maar levert geen code of modelconcepten op die direct geporteerd kunnen worden.

- Beheerbaarheid

De onderhoudsinspanning van het moedermodel is beperkt, omdat de werking van het systeem op hoofdlijnen niet sterk verandert over de tijd. De onderhoudsinspanning de modellen per gebied tezamen is vermoedelijk kleiner dan die van het grote model. Het beheer en onderhoud van het moedermodel moet wel belegd worden naast het beheer en onderhoud van de deel-modellen.

- Rekentijd

De rekestijd zal relatief beperkt zijn.

- Fysica

De weergave van fysica in de individuele optimalisatiemodules is potentieel goed, die van het moedermodel zal sterk versimpeld zijn.

## 5 Conclusie

Op basis van bovenstaande overwegingen is per criterium per variant een score tussen 1 en 5 toegekend, waarbij 1 slecht is en 5 goed. Dit is in onderstaande tabel te zien.

Criterium	Integratie	Communicatie	Mix
Technische haalbaarheid	1	4	5
Politieke haalbaarheid	1	5	4
Potentie om het globale optimum te vinden	5	3	2
Toepasbaarheid in andere regio's	2	5	3
Beheerbaarheid	2	4	4
Rekentijd	2	4	5
Fysica	5	5	4

Samengevat lijkt de variant met complete integratie qua fysica en potentie om het globale optimum te vinden het sterkst, maar staan er veel politieke en praktische bezwaren tegenover. Alleen al door de praktische bezwaren lijkt het er op dat deze variant überhaupt niet redelijkerwijs gerealiseerd kan worden.

De twee andere varianten liggen gemiddeld gezien dicht bij elkaar, met elk hun eigen sterktes en zwaktes. De variant met communicatie is technisch wat lastiger dan de variant met integratie en communicatie, maar daardoor ook zuiverder uit te voeren (met minder 'zachte' overwegingen) en potentieel beter in staat het globale optimum te vinden. De rekentijd is wat slechter, maar vermoedelijk niet zo sterk dat het echt een hindernis is. Omdat de variant met alleen communicatie politiek wat beter te verkopen is, en ook inzichten oplevert die makkelijker vertaald kunnen worden naar andere regio's is het totaalplaatje voor die variant positief en beter dan de variant met integratie en communicatie. Daarom wordt ervoor gekozen om de variant met communicatie verder uit werken in het verdere verloop van het project.