

---

# Brieven

---

## Ingezonden brief n.a.v. artikel Johan Valstar

Toen er halverwege de jaren negentig programma's beschikbaar kwamen voor automatische kalibratie van hydrologische modellen, waren de verwachtingen hoog gespannen. Voortaan zouden de parameterwaarden van een model niet meer bepaald worden door de nukken en het (gebrek aan) doorzettingsvermogen van de modelleur, maar door een eenduidige, reproduceerbare computerrun. Dat viel niet helemaal mee: het bleek dat automatische kalibratie ons vooral wees op fouten in ons modelconcept. Als een belangrijk proces ten onrechte niet in het model zat, wilde de automatische kalibratie dat herstellen met door de parameters bij te stellen. Dat leverde dan onvoorspelbare, onrealistische waarden op. Het hing vooral van de hydroloog af hoe ver hij/zij wilde gaan om die fouten op te sporen.

Een paar jaar later kwam TNO met het concept van de representer-methode. Het werd gepresenteerd als een optimale methode om automatisch grondwatermodellen te kalibreren: het zou niet zozeer de fout minimaliseren, het zou in één keer de juiste waarden bepalen. Hydrologen die beter wiskundig onderlegd zijn dan ik, waren geneigd die superieuriteit te bevestigen. Dan wordt een mens nieuwsgierig. Helaas was TNO niet scheutig met informatie. "Lees het proefschrift van Johan Valstar maar, daar staat alles in", was doorgaans het antwoord als we meer wilden weten.

De afgelopen jaren heb ik de representer-methode een aantal keren voorbij zien komen. Ergens rond het jaar 2000 zou TNO het befaamde Veluwe-model verbeteren. Het was de bedoeling dat ik met de resultaten

van dit model de situatie rond Arnhem-Zuid nader in beeld zou brengen. Wat ik toen aan resultaten van de representer-methode heb gezien, stemde me niet vrolijk. Ik herinner me vooral de wonderbaarlijke *k*-waardevermenigvuldiging bij Doorwerth. Het model bleek bij Arnhem-Zuid meters afwijkingen te geven. We hebben toen besloten het Veluwe-model niet te gebruiken, maar een handmatig gekalibreerd model van tien jaar oud.

Maar goed, dat kunnen aanloopproblemen zijn. TNO bleef enthousiast over de representer-methode, al heb ik nooit iets over het Veluwe-model gelezen in de reclamefolders. Wel kwam het Brabant-model regelmatig terug. Heel de provincie Noord-Brabant in een instationair model met cellen van 250 x 250 meter. De afgelopen maanden heb ik me ook kunnen verdiepen in dit model. Nu is het niet moeilijk om in een model van een ander snel de vinger op zwakke plekken te leggen, het is veel lastiger om het zelf beter te doen. In het kader van de discussie over de kracht en zwakte van de representer-methode, wil ik graag een aantal dingen aan de orde stellen.

Ten eerste ben ik gaan begrijpen waarom TNO voor berekeningen zoals het Brabant-model de representermethode nodig heeft. Vroeger hadden we de Grondwaterkaart van Nederland, maar die is min of meer vervangen door REGIS. REGIS is echter vooral een geologische database. De *k*-waarden van bodemlagen zijn bepaald aan de hand van de beschrijvingen van het bodemmateriaal. Deze punt-informatie, wordt vervolgens middels geostatistiek omgevormd tot vlakdekkende bestanden. De op die wijze bepaalde waarden zijn niet gekalibreerd/gevalideerd aan pompproeven, en/of modelstudies die de afgelopen decennia zijn uitgevoerd. De REGIS-*k*-waarden zijn daardoor niet zo erg nauwkeurig. Ik ben al een situatie tegengekomen waar de REGIS-waarde een factor 3 afwijkt van een

waarde die meermalen in modelstudies is bevestigd.

In de studies die ikzelf tot dusver heb uitgevoerd, ging ik altijd uit van eerder bepaalde waarden. Aan de hand daarvan formuleerde ik een beginschatting, die op voorhand niet heel gek kan zijn. Kalibratie diende dan vooral als fine-tuning, of om parameters te detailleren.

TNO heeft te maken met enorm veel vrijheidsgraden, enerzijds door de omvang van het modelgebied, anderzijds door een slechte beginschatting van de doorlatendheid voor alle bodemlagen. Als je daar met een gangbare kalibratie aan de gang moet, kom je er niet uit. De representer-methode is een techniek om daar mee om te gaan. Je zou dat kunnen ondervangen door alle gebiedskennis in te brengen, alle bekende uitkomsten van pompproeven, modelkalibraties. Vervolgens moet je ook nog eens een keuze maken hoe ver de invloed van een middels pompproef bepaalde  $k$ -waarde reikt. Je moet zoneren, en dat zijn dan weer subjectieve keuzes. Zie dat maar eens goed te doen voor een gebied zo groot als de provincie Noord-Brabant.

Ten tweede ben ik iets van het elastiekjes-verhaal gaan begrijpen. Op een gegeven moment verscheen in de presentaties het verhaal dat als je de methode helemaal zijn gang laat gaan, er onzin uit komt. Ik vraag me af of daarmee onder andere op de  $kD$ -waarde van Doorwerth in het Veluwe-model wordt gedoeld. Je moet de methode dus beperken in de antwoorden die kunnen worden bedacht. Dat werd dan uitgelegd middels een metafoor van elastiekjes die je strakker of losser kon spannen. Uit het verhaal van Johan Valstar begrijp ik nu dat dat gaat door 'de afwijking van de beginwaarde af te straffen'. Kijk, dan word ik al een beetje zenuwachtig, want dat maakt het eindresultaat afhankelijk van de kwaliteit van de beginwaarde, en als die niet deugt (bijvoorbeeld een factor 3), hoe krijg je dan

het antwoord goed?

Een derde aspect is de wijze waarop het resultaat nu gepresenteerd wordt. Het kan zijn dat ik het allemaal niet voor 100 % begrijp, het kan ook zijn dat het mij niet helemaal goed is uitgelegd, maar dan hoor ik het wel. Ik ervaar het dat de uitkomsten van de representer-methode gepresenteerd wordt als een parameterset die optimaal is. In een gesprek met Frans Schaars hierover, formuleerde hij het als volgt: 'Ik wil helemaal niet weten wat het beste is, ik wil weten wat de fout is, want dan kan ik beoordelen of en wat ik nog moet verbeteren'.

Hoe kijk ik nu tegen de representer-methode aan? Ik geloof graag dat het een wiskundig hoogwaardige techniek is, beter dan de automatische kalibratie zoals ik die ken. Dat wil nog niet zeggen dat de uitkomsten hydrologisch hoogwaardig zijn. De representer-methode maakt het me niet makkelijk te beoordelen in welke mate dat het geval is. Het komt op mij over als een black-box: er komt een gegeven situatie uit, waarmee ik het dan maar moet doen. Terecht zegt Johan Valstar dat bij toepassing van de methode de modellen geen grote fouten in het modelconcept moeten hebben. In dat geval zal de representer-methode de parameterwaarden keurig aanpassen aan het foute modelconcept. De vraag is dan hoe je er dan nog achter komt dat het modelconcept fouten bevat, zeker als je al te rare waarden uitsluit door 'de elastiekjes' wat aan te draaien. Bij automatische kalibratie zijn immers 'rare waarden' ook het signaal dat er met het modelconcept iets mis is. (Nog los van de vraag of bijvoorbeeld een stationaire schematisatie van een dynamisch grondwatersysteem niet per definitie een 'fout in het modelconcept' is.)

Je kunt je afvragen hoe objectief de representer-methode is. Ik neem een subjectieve component waar, namelijk de a priori schat-

tingen van de parameterwaarden en de bandbreedtes. Je kunt blijkbaar de weging instellen van de 'afstraffing' als de waarde afwijkt van de beginschatting.

Uit het artikel van Johan Valstar begrijp ik ook dat je een correlatie-lengte tussen verschillende peilbuizen handmatig kunt instellen. Als ik het goed begrijp, is dat opnieuw een subjectiviteit die wordt ingebracht. De ene optimalisatie met de representer-methode blijkt dan toch niet de andere te zijn.

Kortom, ik ben blij dat met het artikel de discussie over de representer-methode nu blijkbaar geopend is. Ik zou hem graag eens uitproberen. The proof of the pudding is immers in the eating. Daarbij krijg ik wel een beetje schrik van de indicaties van de benodigde computerinspanning.

Sinds november 2005 hoor ik TNO verkondigen dat de methode ingebouwd wordt in de nieuwste versie van MODFLOW. Helaas heb ik nog steeds geen signaal gekregen dat dat ook daadwerkelijk is gebeurd. Misschien dat deze discussie kan bijdragen aan een versnelling van dit proces, en een bredere toepassing van de methode in de gevallen dat het ook daadwerkelijk een beter resultaat oplevert.

*Harry Boukes*  
Brabant Water

### **Reactie op ingezonden brief van Harry Boukes**

Het verheugt mij zeer dat Harry een uitgebreide brief heeft geschreven over mijn artikel en wil de discussie over de representer-methode met hem en anderen graag voortzetten.

Allereerst lees ik een misvatting in Harry's brief dat de methode in één keer de juiste waarde van de teijken parameters

zou bepalen. Dat heb ik niet in mijn artikel en ook niet in andere publicaties beweerd. Wat wel waar is, is dat de methode de beste oplossing geeft die de waarde van de doelfunctie in vergelijking 4 van mijn artikel minimaliseert. Minimalisatie van deze doelfunctie geeft de maximale waarde van de geconditioneerde kansdichtheidsfunctie (ook wel de maximum a posteriori schatting genoemd) indien de volgende aannamen juist zijn: (1) De parameters zijn normaal verdeelde stochastische variabelen en hun a priori gemiddelde en covariantiefunctie zijn bekend; (2) er zijn geen fouten in het modelconcept en (3) de meetfouten zijn normaal verdeelde stochastische variabelen met bekende covariantie en een a priori gemiddelde van 0.

Uiteraard zullen deze aannamen in de praktijk niet volledig geldig zijn net zo min als de achterliggende aannamen bij andere ijktechnieken. De grote achterliggende filosofische vraag is hoe we de significante onzekerheid in onze modelparameters willen kwantificeren en in het ijkingsproces willen meenemen. Is de parameter voor een grote zone constant maar onzeker en zijn de grenzen van deze zones bekend, dan volstaat de traditionele ijkmethode. Zijn de parameters ruimtelijk variabel dan zal de representermethode een betere oplossing geven. Indien we de achterliggende ruimtelijke correlatie van de modelparameters niet kennen is de representermethode echter veel flexibeler om hier mee om te gaan. Als bijvoorbeeld de correlatielengte van een parameter veel groter is dan wordt aangenomen, zal uit de metingen blijken dat de parameter over een veel grotere afstand met ongeveer dezelfde waarde worden aangepast om de metingen beter te benaderen. Indien de correlatielengte kleiner is dan is aangenomen dan geven individuele metingen tegenstrijdige aanpassingen van de parameters op een schaal kleiner dan de opgegeven correlatielengte. Door deze grote flexibiliteit van de representermethode worden niet de

opgegeven statistieken leidend in de uiteindelijke oplossing, maar de variaties in de meetresiduen, die mede een gevolg zijn van de variatie van de achterliggende parameters.

Hiernaast spelen ook fouten in het modelconcept een rol. Bij beide ijkmethoden zullen deze doorwerken in de uiteindelijke schatting van de parameters. Echter door de grotere flexibiliteit van de representermethode zullen ze daar vaker en duidelijker doorwerken in het eindresultaat. Dit is uiteraard onwenselijk, maar geeft ook de kans om de fouten in het modelconcept op te sporen. Door expertise van de modelleur, en de gebiedskennis van de opdrachtgever en een dosis gezond verstand is het vaak mogelijk om een aantal fouten in het modelconcept op te sporen en te herstellen. Het is een illusie om te veronderstellen dat we in staat zijn om alle fouten in het modelconcept te achterhalen en te herstellen. Daarom raad ik in het artikel ook aan om niet met te kleine correlatielengten van de modelparameters te werken omdat dan de vrijheid van het doorwerken van locale fouten in het modelconcept te groot wordt.

Harry heeft inderdaad gelijk dat er tijdens het gebruik van de representermethode een aantal subjectieve keuzes gemaakt moeten worden, voor het vaststellen van het a priori gemiddelde en de covariantie van de te ijken modelparameters. Anders gezegd: op basis van kennis van het systeem specificeert de modelleur zo goed mogelijk de karakteristieken van het systeem en daarmee ook de grenzen waarbinnen de modelparameteroptimalisatie mag bewegen; daarna is het enige 'automatische' in de methodiek de wiskundige parameteroptimalisatie, de rest moet de modelleur (gelukkig) zelf doen, en is daarmee subjectief. Bij de klassieke ijkmethode zijn er ook een aantal subjectieve keuzes: Welke parameters ijk je niet? Wat is hun beginschatting? Waar liggen de grenzen van de verschillende zones? Wat is de

initiële verhouding van parameters binnen een zone?

Harry Boukes beschrijft in zijn brief een aantal details van projecten waarin de representermethode is toegepast. Ik ga hier niet op in omdat het buiten de inhoud van het artikel valt. Wel wil ik vermelden dat er van REGIS al geruime tijd een sterk verbeterde versie bestaat.

Een ander aspect dat Harry beschrijft met een door hem verwoord citaat van Frans Schaars is de onzekerheid van modellen. Ik ben het deels met het citaat eens. Ik wil ook weten hoe onzeker een model is. In het artikel geef ik in vergelijking 12 en 13 aan hoe de onzekerheid van de modelparameters en de stijghoogten bepaald kan worden en verwijst naar een publicatie met een methode om de nauwkeurigheid van de stijghoogten te valideren en ook om meetnetten te optimaliseren om de onzekerheid te verkleinen. Daarnaast ben ik ook geïnteresseerd om het beste model te verkrijgen gebruik makend van alle informatie die er is.

Tot slot stelt Harry dat het gebruik van een wiskundig hoogwaardige techniek niet hoeft te resulteren in een hoogwaardig hydrologisch model. Met die stelling ben ik het volledig eens. Ik raad sterk aan om de uitkomsten van een ijking met de representermethode kritisch te bekijken, te verklaren waarom de resultaten er uit zien zoals ze er uit zien, te bespreken met mensen met gebiedskennis en eventuele fouten in het modelconcept of de a priori statistieken op te sporen. De methode moet zeker niet als een black box worden gebruikt.

*Johan Valstar*  
TNOBouw&Ondergrond