

Modelcalibratie aan metingen: appels en peren?

Willem Jan Zaadnoordijk¹ en Mark Bakker²

In dit essay presenteren we de stelling 'Calibratie van een grondwatermodel aan metingen moet gewantrouwd worden als er geen analyse van metingen gerelateerd aan doel, schematisatie en resolutie van het model heeft plaatsgevonden'.

Inleiding

De meeste geohydrologen hebben wel ervaring met fouten in grondwaterstands- of stijghoogtegegevens, of ze nu uit het tijdperk van handmetingen en papieren verwerking komen of uit het automatische drukopnemertijdperk met digitale verwerking. In het kader van de Basis Registratie Ondergrond krijgt dit momenteel extra aandacht. Het is immers evident dat foute meetwaarden kunnen leiden tot slechte modellen en daaruit voortvloeiend verkeerde maatregelen.

Er is echter veel minder bewustzijn van het feit dat een meetwaarde zowiezo iets anders is dan een waarde uit een model. Door de resolutie in ruimte en tijd van een model en de schematisatie van processen mag niet verwacht worden dat een model meetwaarden exact kan reproduceren, zelfs als het systeem volledig bekend is. Toch is het gangbaar om de meetfout te gebruiken voor de verwachtingswaarde van het verschil tussen modeluitkomst en meting, terwijl het verschil evenzeer beïnvloed wordt door de modelresolutie en -schematisatie.

Hierbij is het belangrijk om onderscheid te maken tussen systematische afwijkingen en toevallige afwijkingen. Systematische afwijkingen kunnen leiden tot verkeerde modelparameters omdat het model probeert de afwijkingen te verkleinen door de parameters aan te passen. Daarnaast veroorzaken systematische afwijkingen problemen bij de statistiek van veel gangbare calibratietechnieken en zijn de gebruikelijke betrouwbaarheidsanalyses hoogstens bij benadering geldig. Ook toevallige afwijkingen zijn belangrijk. De grootte van de toevallige afwijking bepaalt welk gemiddeld verschil er over blijft tussen model en meting, ook als het model perfect afgeregeld is. De grootte van

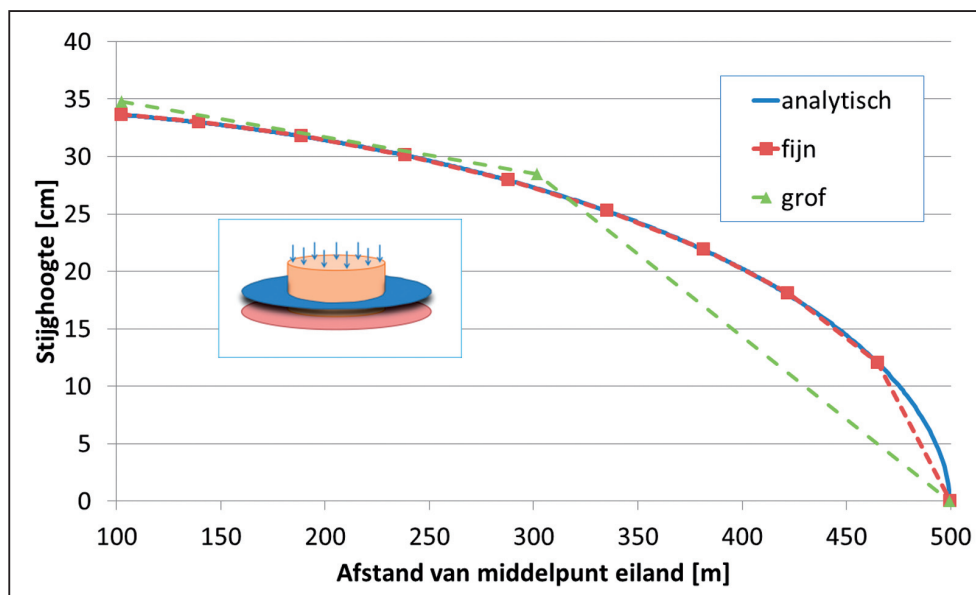
¹ KWR Watercycle Research Institute & Technische Universiteit Delft
(willemjan.zaadnoordijk@kwrwater.nl)

² Technische Universiteit Delft (mark.Bakker@tudelft.nl)

de toevallige afwijking is verder nodig om de betrouwbaarheid van parameters en modeluitkomsten te schatten.

Systematische afwijkingen

Voorbeelden van modellen met systematische afwijkingen zijn eenvoudig te geven. Denk maar aan een bolle grondwaterstand die in een model gelineariseerd wordt tussen de rekenpunten en daarmee een systematische onderschatting geeft (zie Afbeelding 1).

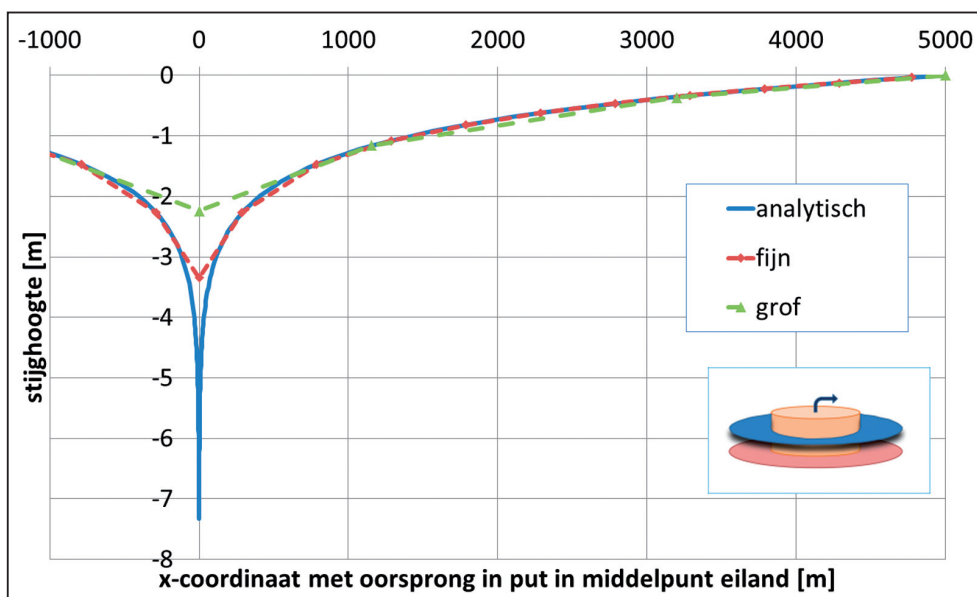


Afbeelding 1: Systematische afwijking door resolutie in combinatie met linearisatie tussen rekenpunten.

Een voor de hand liggende remedie voor deze afwijking is een fijnere discretisatie. De afwijking kan ook verkleind worden door een rekenpunt ter plaatse van het meetpunt te leggen. Beide opties zijn in de praktijk van MODFLOW-modellen met een rekennetwerk van uniforme vierkanten niet eenvoudig toe te passen.

Een ander voorbeeld van systematische afwijkingen is de onttrekkingskegel van een winput die afhankelijk van de ruimtelijke resolutie in een model minder diep is dan in de werkelijkheid (Afbeelding 2). Remedies hiervoor zijn in de praktijk ook niet gangbaar, zoals het gebruik van de analytische-elementenmethode of een lokale verfijning tot het niveau van de putstraal en filterlengte.

Ook de schematisatie van oppervlaktewater in een grondwatermodel geeft aanleiding tot dergelijke systematische afwijkingen, afhankelijk van enerzijds de discretisatie in verhouding tot de afmetingen van het oppervlaktewater en anderzijds de diepte van de peilbuis en de mate van insnijden van het oppervlaktewater.



Afbeelding 2: Systematische afwijking door ruimtelijke resolutie bij een put met straal 0.5 m.

Toevalige afwijkingen

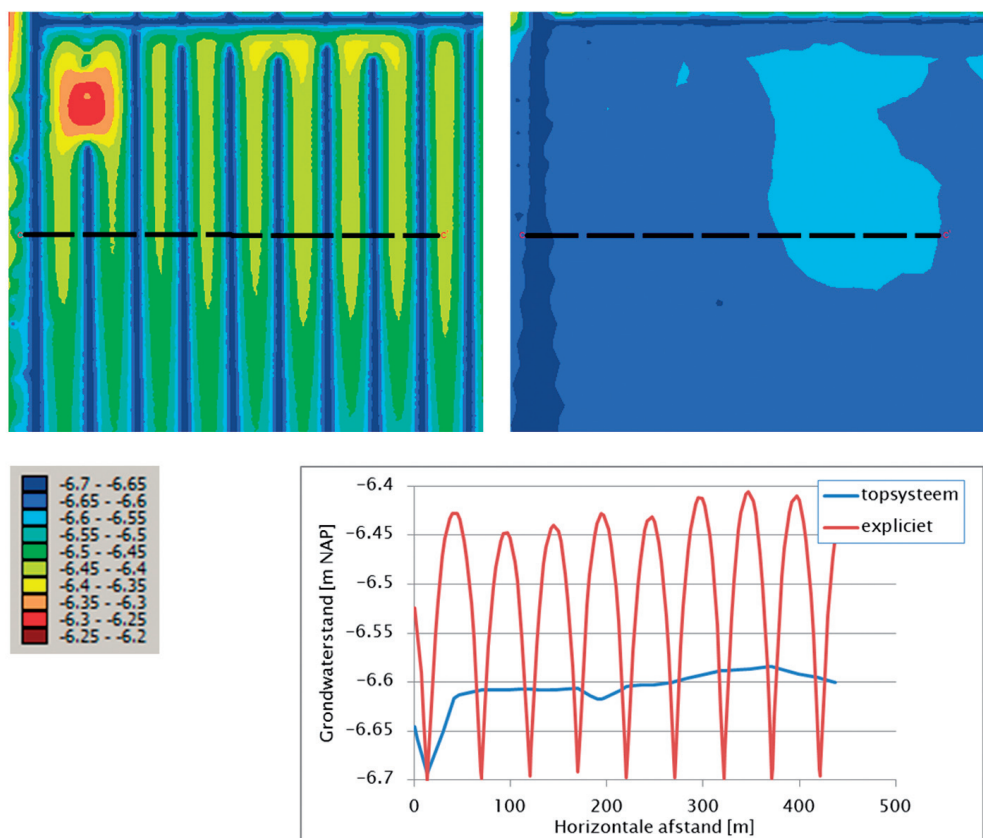
Een veel gebruikte schematisatie bij grondwatermodellen is het vervangen van het oppervlaktewater door een topsysteem, waarbij de interactie tussen grond- en oppervlaktewater ruimtelijk gemiddeld wordt. Dit maakt het model veel eenvoudiger, zodat het inzichtelijker is en kortere rekentijden nodig heeft.

Hoewel een dergelijk topsysteem het doel van de modellering kan dienen, veroorzaakt het afwijkingen in berekende grondwaterstanden. Deze beïnvloeden de vergelijking met metingen, vooral nabij sloten en in het midden van percelen (zie Afbeelding 3).

Het ruimtelijk gemiddelde van de afwijking is ongeveer nul, maar het dynamische gedrag op de plek van een peilbuis in het model met expliciete waterlopen is heel anders dan het dynamische gedrag op dezelfde plek in het model met een geschematiseerd topsysteem.

Toepassing

In het kader van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) hebben KWR Watercycle Research Institute en de Hydrologie groep van de afdeling Water Management van de Technische Universiteit Delft een eerste poging gedaan om te corrigeren voor de invloed van oppervlaktewater op de neerslagrespons van het grondwater die het NHI berekent. Hierbij wordt de meetreeks van een peilbuis getransformeerd naar een reeks van de gemiddelde grondwaterstand die in de betreffende rekencel verwacht mag worden.

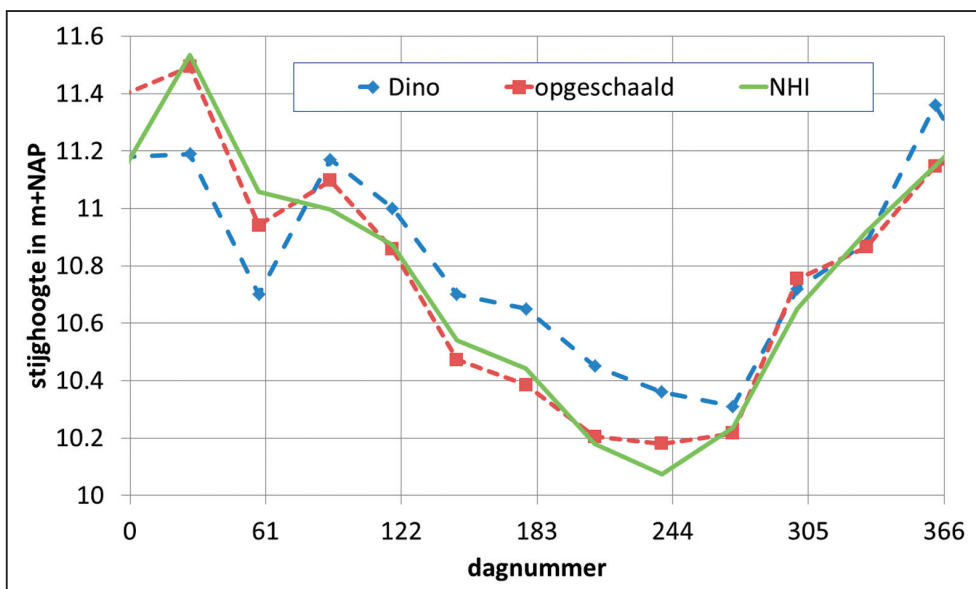


Afbeelding 3: Grondwaterstanden tussen waterlopen bij expliciete schematisatie (linksboven) en schematisatie als topsysteem (rechtsboven). Bovenaanzicht (boven met legenda linksonder) en dwarsdoorsnede langs zwarte gestreepte lijn (rechtsonder).

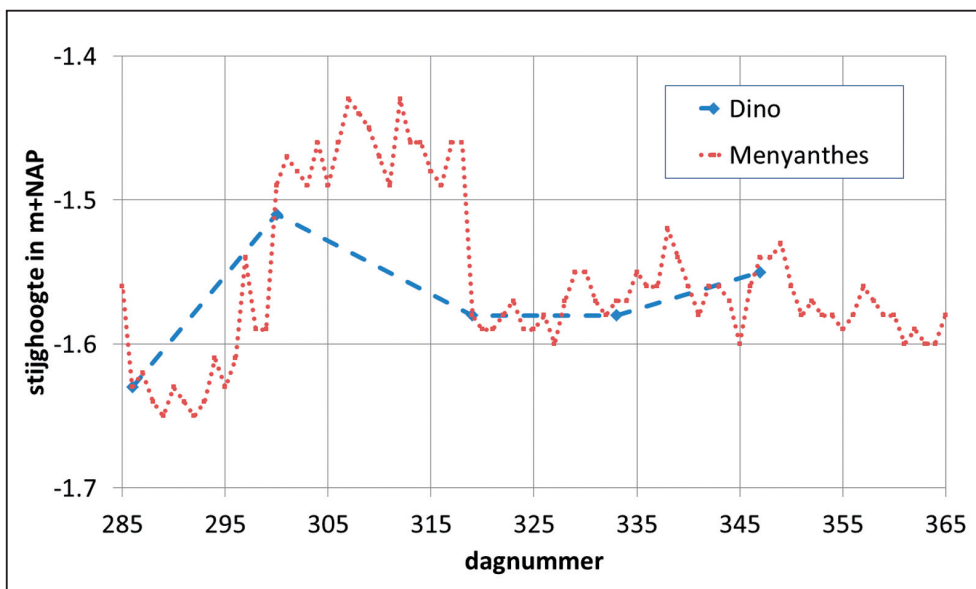
Afbeelding 4 illustreert deze aanpak. In het getoonde jaar is er een wezenlijke discrepantie tussen de gemeten stijghoogten uit Dino en de door het grondwatermodel van NHI berekende waarden voor de cel van 250 m x 250 m waar het meetpunt in ligt. Het NHI blijkt hier echter heel redelijk te voldoen als we de meting opschalen naar een representatieve waarde voor de hele cel.

Ook tijdsresolutie speelt een rol. Metingen kunnen een verkeerd beeld geven als de meetfrequentie veel lager is dan de frequentie van de fluctuaties. Afbeelding 5 geeft stijghoogten voor een ondiep grondwatermeetpunt in de ijkperiode van een geïntegreerd hydrologisch model. De ijkperiode is slechts enkele maanden om de rekentijd te beperken. Dit was mogelijk door de snelheid van het systeem en paste ook bij het doel van het model, wat was gericht op het bepalen van wateroverlast na hevige neerslag.

De metingen geven een heel beperkt beeld van de variatie van de grondwaterstand in de ijkperiode en de daarvoor gevoelige parameters konden dan ook niet goed bepaald worden. Voor het meetpunt was echter een lange grondwaterreeks beschikbaar, zodat een betrouwbaar tijdreeksmodel gemaakt kon worden. Met de uitkomsten van het tijd-



Afbeelding 4: Stijghoogten uit Dino en opgeschaalde waarden vergeleken met NHI-resultaten voor de betreffende 250 m x 250 m rekencel.



Afbeelding 5: Meetwaarden uit Dino en uitkomsten van een langjarig-tijdreeksmodel voor grondwaterstand tijdens de ijkperiode van 100 dagen voor geïntegreerd hydrologisch model.

reeksmodel als ijkwaarden konden ook de voor het grondwater belangrijke parameters geïjkt worden.

Dat deze vraagstukken aandacht blijven houden blijkt ondermeer uit afstudeeronderzoeken van David Brakenhoff en Onno Ebbens aan de TU Delft. Definitieve antwoorden

zijn er nog niet en oplossingen zullen ook steeds in het licht van het doel van de modellering beschouwd moeten worden, maar duidelijk is wel dat directe vergelijking van modeluitkomsten met metingen tot onjuiste inzichten kan leiden.

Afsluiting

Zo komen we tot de stelling:

Calibratie van een grondwatermodel aan metingen moet gewantrouwd worden als er geen analyse van metingen gerelateerd aan doel, schematisatie en resolutie van het model heeft plaatsgevonden.