Hatsi-kD

Over de volgende inzending verkeert de redactie enigszins in twijfel: is dit nu een vuistregel of een waterdicht?

Als het regent in mei
is april voorbij.

We houden het maar op een waterdichte vuistregel. Via via is hij afkomstig van Ben Gouweleeuw.

Ik besprak in de vorige Hatsi-kD enkele vuistregels die kunnen helpen om een geschikte periode uit te zoeken voor het stationair ijken van een grondwatermodel. Zo'n periode is niet altijd te vinden, en dan is men wel genoodzaakt om niet-stationair te ijken. Dat roept de vraag op hoe lang de inschakelperiode van een niet-stationair model is. (Met inschakelperiode bedoel ik de tijd die verstrijkt voordat een eventueel verkeerd gekozen begintoestand is uitgewerkt. Dit deel van de modelresultaten moet bij de ijking buiten beschouwing gelaten worden). Prof. Henk Haitjema van de Universiteit van Indiana haakt daarop in door een aanverwante kwestie te behandelen, namelijk: *hoe kan men bepalen of een gegeven niet-stationair probleem met een stationair model opgelost mag worden?* Ik volg zoveel mogelijk de tekst van Haitjema, met hier en daar een eigen aanpassing als de stijl van deze rubriek daarom vraagt.

Alhoewel grondwaterstromingen meestal niet-stationair zijn, kunnen – afhankelijk van het doel van de studie en de aard van de tijdafhankelijke variaties – stationaire oplossingen (modellen) waardevolle informatie geven. Met name als de tijdafhankelijke effecten klein zijn, kan een 'gemiddelde' stationaire oplossing een redelijke weergave vormen van de grondwaterstroming. In het geval de tijdafhankelijke effecten niet verwaarloosbaar zijn, doet de vraag zich voor of stationaire modellen enige relevantie hebben, ofwel: is in zulke gevallen het gebruik van een niet-stationair model onvermijdbaar?

Het antwoord op die laatste vraag hangt af van de snelheid waarmee de grondwaterstroming reageert op veranderende randvoorwaarden, zoals veranderingen in stijghoogten van het oppervlaktewater, of veranderingen in infiltratie ten gevolge van neerslag. Wanneer het grondwaterregime zich snel aanpast aan de veranderende randvoorwaarden, dan kunnen meerdere stationaire oplossingen gebruikt worden om 'snapshots' in de tijd te geven van het in werkelijkheid niet-stationaire stromingsbeeld. (Deze methode wordt wel aangeduid als 'successive steady states'; red) Een praktische toepassing hiervan is het modelleren van 'zomer-' en 'winter'-condities met stationaire oplossingen die, respectievelijk, minimum- en maximumwaarden gebruiken voor de infiltratie ten gevolge van neerslag. Op deze wijze worden begrenzende oplossingen verkregen die, afhankelijk van het doel van de studie, voldoende informatie omtrent het niet-stationaire grondwatersysteem kunnen geven.

Vuistregel 22:

Een grondwatersysteem is geschikt om stationair gemodelleerd te worden als

$$\frac{SL^2}{kDT} < 1$$

Hierin is S de bergingscoëfficiënt (in de orde van de porositeit in freatische watervoerende lagen), L de afstand tussen een potentiaalrand en een ondoorlatende rand, ***kD*** de *kD*-waarde van de watervoerende laag en T de herhalingsperiode van de niet-stationaire randvoorwaarde (rivier of neerslag).

Deze regel is ontleend aan het werk van Townley (1995); zie ook Haitjema (1995). Hij vond hem door een aantal eendimensionale en radiaalsymmetrische grondwaterstromingsproblemen met periodieke niet-stationaire randvoorwaarden op te lossen en te analyseren. De parameter L komt uit Townleys voorbeelden, maar hij kan gegeneraliseerd worden als de helft van de gemiddelde afstand tussen de oppervlaktewateren die randvoorwaarden vormen voor het grondwaterstromingsprobleem. Trouwens, de breuk SL^2/kDT lijkt erg op de parameter u in de formule van Theis voor niet-stationaire stroming naar een put: $u = Sr^2/4kDt$, waarin r de afstand is tot de put en t de tijd sinds de put begon te pompen.

Wat volgt is een toepassing van de vuistregel. Wanneer seizoensvariaties in de neerslag een belangrijke invloed op de grondwaterstroming hebben, is het mogelijk om twee stationaire oplossingen te maken: een 'zomermodel' en een 'wintermodel', met respectievelijk een zomer- en een winterneerslagwaarde. Deze oplossingen vormen dan grenzen (extremen) voor de te verwachten stromingspatronen. Van belang is dat wanneer SL^2/kDT klein is, deze zomer- en winteroplossingen ook inderdaad worden gerealiseerd. Voor seizoensvariaties is de periode T natuurlijk een jaar. Wanneer niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, hebben de stationaire oplossingen geen reële betekenis, d.w.z.: ze vertegenwoordigen dan niet een stromingsbeeld dat ooit werkelijk optreedt. Wat wel kan worden gezegd, is dat de stijghoogten van een zomer- en een winteroplossing nimmer worden onderschreden of overschreden.

Het blijkt in de praktijk dat bijna alle watervoerende pakketten met spanningswater aan vuistregel 22 voldoen. Voor freatische watervoerende pakketten is dit lang niet altijd het geval. Alleen wanneer de kD-waarde voldoende groot is en de afstand tussen oppervlaktewateren voldoende klein ($2L$ klein) kunnen stationaire oplossingen ook in freatische lagen worden gebruikt om periodieke niet-stationaire stromingen te analyseren.

Tot zover Henk Haitjema. Ik kom nog even terug op de vraag over de inschakeltijd van een niet-stationair model, die ik aan het begin van deze Hatsi-kD stelde. Er moet natuurlijk een nauw verband bestaan met vuistregel 22. Op grond daarvan zou ik verwachten dat de inschakeltijd te schatten is met $T >> SL^2/kD$. Deze verwachting wordt bevestigd door Hans Leenen, die erbij vermeldt dat dit resultaat eenvoudig is af te leiden met behulp van dimensie-analyse. Blijkbaar is dimensie-analyse een probaat middel om dit type vuistregels te genereren. Een afleiding gaat voor deze rubriek te ver, maar Hans heeft inmiddels toegezegd om in een toekomstig nummer van STROMINGEN dieper in te gaan op het gebruik van deze techniek.

Zoals Henk Haitjema aangeeft, heeft in freatische aquifers de bergingscoëfficiënt S dezelfde grootte-orde als de porositeit, zeg 0,1 à 0,15. De uitdrukking $T >> SL^2/kD$ is dan te vereenvoudigen tot $T > L^2/kD$, dus:

Vuistregel 23:

De inschakeltijd van een freatisch model is te schatten met

$$T > \frac{L^2}{kD}$$

waarin L de halve afstand is tussen de voedende grenzen.

Mijn eerdere vraag hoe diep een model moet gaan – hoeveel pakketten je moet meenemen, dus – staat intussen nog open. Weet u daarvoor een handige regel, stuur hem dan op naar:

Kees Maas
Kiwa Onderzoek en Advies
Postbus 1070
3430 BB Nieuwegein

TU Delft, Sectie Hydrologie en Ecologie

kmaas@kiwaoa.nl

Literatuur

Haitjema, H.L.M. (1995) Analytic Element Modeling of Groundwater Flow, Academic Press.

Townley, L.R. (1995) The response of aquifers to periodic forcing; in: *Advances in Water Resources*, nr18, pag 125–146.

Cartoon

Nationaal Onderzoek Verdroging