Hatsi-kD

Elders in dit nummer, in de bijdrage van Gijs Bruggeman, komt haast terloops een recept aan de orde dat aangeeft hoe een formule, die afgeleid was voor een isotroop medium, omgebouwd kan worden tot een formule voor een anisotroop medium. Theo Olsthoorn heeft daaraan jaren geleden een verhelderend artikel gewijd in H_20 (Olsthoorn, 1982). Voor deze vijftiende aflevering van Hatsi*kD* put ik daaruit een aantal vuistregels.

De meest gangbare formules – althans in Nederland – beschrijven een tweedimensionaal stijghoogtepatroon in een watervoerend pakket dat van bovenaf voeding ontvangt via een weerstandslaag. Die weerstandslaag kan fysiek aanwezig zijn, maar het kan ook een rekenlaag zijn, die de drainage- of infiltratieweerstand van sloten simuleert. In hun algemene gedaante zien zulke formules er als volgt uit:

$$\varphi = f\{x,y,t,kD,S,c\} \tag{1}$$

met

x,y	=	ruimtelijke coördinaten [L]
t	=	tijdcoördinaat [T]
kD	=	doorlaatvermogen [L^2/T]
S	=	elastische bergingscoëfficiënt [–]
c	=	weerstand [T]

Een bekend voorbeeld is de formule van De Glee voor stationaire stroming naar een put met debiet Q:

$$\varphi = \frac{Q}{2\pi kD} K_0 \left\{ \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\sqrt{kDc}} \right\} . \tag{2}$$

Laten we nu eens aannemen dat het watervoerende pakket anisotroop is, en dat de x- en y-assen in de hoofdrichtingen van de anisotropie wijzen. We kunnen dan het volgende recept toepassen:

Vuistregel 30:

Om een 2-D formule, die afgeleid was voor een isotroop medium, om te bouwen tot een formule die geschikt is voor een anisotroop medium, moeten de volgende transformaties toegepast worden:

$$k \rightarrow k' = \sqrt{k_x k_y} \tag{3}$$

$$x \rightarrow x' = x\sqrt{\frac{k'}{k_x}} \qquad y \rightarrow y' = y\sqrt{\frac{k'}{k_y}} \tag{4}$$

De andere parameters (t, S, c) blijven ongewijzigd. De formule van de Glee, bijvoorbeeld, wordt:

$$\varphi = \frac{Q}{2\pi k'D} K_0 \left\{ \frac{\sqrt{x'^2 + y'^2}}{\sqrt{k'Dc}} \right\} \tag{5}$$

Het is intussen de vraag hoe belangrijk anisotropie in horizontale zin is voor de hydrologische praktijk. Ongetwijfeld komt het voor in gestuwde gebieden, maar daarbuiten is er weinig over bekend. Voor rekening van Theo presenteer ik de volgende

Vuistregel 31:

Anisotropie is eerder regel dan uitzondering.

Maar waarom horen we er dan zo weinig van? Een sterk argument is dat je tijdens een pompproef minstens 2 meetraaien nodig hebt (die niet in elkaars verlengde liggen) om er überhaupt achter te komen dat er anisotropie in het spel is, en veel historische pompproeven voldeden niet aan die eis. Met één raai kom je al helemaal niets te weten over anisotropie, en de kD-waarde die je daarmee vindt is dus nauwelijks bruikbaar. Met twee raaien kun je in het algemeen wel de aanwezigheid van anisotropie detecteren, maar je kunt daarmee nog steeds niet de 'hoofdwaarden' van het doorlaatvermogen bepalen. Als vuistregel 31 waar is, kunnen we er gevoeglijk een nieuwe aan vastknopen:

Vuistregel 32:

Een pompproef met minder dan drie meetraaien is weggegooid geld.

Sommige formules houden ook rekening met anisotropie in verticale zin; denk bijvoorbeeld aan formules die stroming in de buurt van een onvolkomen pompfilter beschrijven. Voor zulke formules geldt een ander recept:

Vuistregel 33:

Om een 3-D formule, die afgeleid was voor een isotroop medium, om te bouwen tot een formule die geschikt is voor een anisotroop medium, moeten de volgende transformaties toegepast worden:

$$k \rightarrow k' = \sqrt[3]{k_x k_y k_z} \qquad (6)$$

$$x \rightarrow x' = x\sqrt{\frac{k'}{k_x}} \quad y \rightarrow y' = y\sqrt{\frac{k'}{k_y}} \quad z \rightarrow z' = z\sqrt{\frac{k'}{k_z}} \qquad (7)$$

$$c \rightarrow c' = \sqrt{\frac{k_z}{k'}}c \qquad S \rightarrow S' = \sqrt{\frac{k_z}{k'}}S \qquad (8)$$

Hierin is z de verticale plaatscoördinaat. Deze regel veronderstelt dat de verticaal een hoofdrichting van de anisotropie is. Naar men mag aannemen is dat de gebruikelijke toestand. De laatste regel (vergelijking (8)) is nodig om de vervorming van de verticale afstanden (laatste transformatie van vergelijking (7)) weer goed te maken. In wezen is vuistregel 30 een bijzonder geval van vuistregel 33, namelijk als kz = k'. Voor de afleiding van de transformatieregels verwijs ik naar Olsthoorn (1982).

— * —

Uw vuistregels, of andere handigheidjes, zijn nog steeds welkom bij

Kees Maas

Kiwa Onderzoek en Advies, kmaas@kiwaoa.nl

TU Delft, sectie Hydrologie en Ecologie

Literatuur

Olsthoorn, T.N. (1982) Anisotropie, een verwaarloosd verschijnsel bij grondwatervraagstukken; in: H_2O, jrg 15, nr 11, pag 262–267 plus 273.