

---

# Brieven

---

## **Watersystemen; duurzaam, veerkrachtig en natuurlijk.**

Op het moment dat er binnen de watersector wordt gesproken over het toekomstbeeld van onze watersystemen dan wordt een drietal termen in overvloed gebezigd: duurzaam, veerkrachtig en natuurlijk.

Uit discussie met betrokkenen blijkt dat er, mede als gevolg van het veelvuldige gebruik, vele interpretaties van genoemde begrippen bestaan. Hierbij doet zich tevens de zorgwekkende ontwikkeling voor dat er een zekere onderlinge uitwisselbaarheid van de drie begrippen lijkt te ontstaan. Net zo de pet staat willen we dat systemen duurzaam, veerkrachtig of natuurlijk zijn, waarbij de feitelijke definitie van het begrip ondergeschikt is aan het streven om bij de lezer een prettig en blij gevoel los te maken. Vandaar deze poging om, met de Van Dale aan mijn zijde, te komen tot een verheldering van het beeld dat men in mijn optiek bij duurzame, veerkrachtige en natuurlijke watersystemen voor ogen zou moeten hebben.

### *Duurzaam*

In de 'dikke' Van Dale staat bij 'duurzaam' vermeld: 'geschikt, bestemd om te duren; weinig vergankelijk; lang aanhoudend; voor lange duur'.

Indien je dit betreft op een watersysteem dan gaat het dus simpelweg om de mate waarin het in balans is. Een systeem waarvan de toestand onder de gegeven omstandigheden over de jaren heen niet meer verandert kan als duurzaam worden beschouwd. Het begrip duurzaamheid zegt dus weinig over de kwaliteit, in brede zin,

van het systeem. Een beekstelsel dat als gevolg van intensieve landbouw te maken heeft met toenemende eutrofiëring en een afname van het aantal aquatische levensgemeenschappen is niet duurzaam. Een grondwatersysteem met een hoge, maar constante, nitraatconcentratie, welke, logischerwijze, in evenwicht verkeert met de aan- en afvoergevoerde hoeveelheid nitraat is dat conform de feitelijke betekenis wel.

Wat klaarblijkelijk gebeurt, is dat men met het begrip duurzaamheid veelal ook iets wil zeggen over de mate waarin een watersysteem voldoet aan de eisen die wij, op basis van de toegekende functies, daaraan stellen. Vervolgens wordt daaraan tevens het feitelijke begrip gekoppeld. Als men het over een duurzaam systeem heeft, bedoelt men dus te zeggen: een systeem dat onder gelijkblijvende omstandigheden voor onbepaalde tijd zal voldoen aan de daaraan gestelde eisen. Indien wij ons hier maar van bewust zijn is dat op zich niet zo bezwaarlijk. Wat wel duidelijk moet zijn, is dat duurzaamheid niets met veerkracht of natuurlijkheid te maken heeft. Daarover in onderstaande meer.

### *Veerkrachtig*

In de Van Dale staat bij veerkrachtig vermeld: 'veerkracht hebbend'. Snel bij 'veerkracht' gekeken alwaar staat: 'Algemene eigenschap der lichamen om de vorige stand weer in te nemen, nadat de delen ten opzichte van elkaar gedrukt, gerekt, gedraaid gewrongen enz., zijn geweest als de werkende oorzaak ophoudt'. Indien we menselijk ingrijpen in dit verband als de 'werkende oorzaak' beschouwen kan een watersysteem dus als veerkrachtig worden beschouwd indien het in staat is om zijn oorspronkelijke toestand weer aan te nemen nadat bepaalde -menselijke- invloeden zijn weggenomen. Dit betekent dat de

mate van veerkracht van een systeem door zijn oorspronkelijke eigenschappen wordt bepaald, los van eventueel menselijk ingrijpen. Zo is de veerkracht van een watersysteem in een hoogveengebied minimaal.

Indien als gevolg van externe factoren de grondwaterstanden in het gebied voor een langere periode worden verlaagd en deze factoren worden opgeheven zal het systeem als gevolg van veranderde eigenschappen niet in staat zijn om zijn oorspronkelijke toestand weer aan te nemen. Een dergelijk systeem is als het ware 'van nature' niet veerkrachtig. Veerkracht en natuurlijkheid dienen dan ook zeker niet verward te worden.

Wat precies wordt bedoeld indien men zegt naar veerkrachtige watersystemen te streven is dan ook niet geheel duidelijk. De mate van veerkracht van een systeem ligt immers in zijn eigen oorspronkelijke karakter besloten.

### *Natuurlijk*

Over het begrip natuurlijk kunnen we in dit verband kort zijn. Toch nog even de Van Dale erop nageslagen. Daar staat bij 'natuurlijk': 'Door de natuur voortgebracht of gevormd; zoals de natuur het meebrengt, in overeenstemming met de natuur; overeenkomstig de regelmatige gang van de natuur'. Vrijwel eenieder zal ermee instemmen als ik een natuurlijk watersysteem definieer als een watersysteem waarin de effecten van menselijk ingrijpen beperkt zijn. Voor Nederlandse omstandigheden lijkt deze me redelijk toepasbaar hoewel het wellicht beter is om te denken in termen van gradaties. Een systeem wordt natuurlijker naar mate de invloed van menselijk handelen wordt teruggebracht. Hiermee neemt tevens het zogenoemd zelfregulerend vermogen toe. Een natuurlijk systeem is per

definitie in balans met zijn omgeving en daarmee duurzaam.

### *Concluderend*

Op basis van bovenstaande zou ik graag een viertal stellingen willen poneren met betrekking tot de begrippen duurzaamheid, veerkracht en natuurlijkheid:

- Strikt genomen staat de duurzaamheid van een watersysteem geheel los van de mate waarin het voldoet aan de eraan gestelde eisen;
- In veel gevallen wordt een dergelijk verband wel gesuggereerd;
- De mate van veerkracht van een systeem wordt bepaald door zijn eigen oorspronkelijke eigenschappen en is onafhankelijk van menselijk ingrijpen;
- Hoewel een natuurlijk systeem per definitie duurzaam is kan een duurzaam systeem best gedomineerd worden door menselijke invloeden.

Het zal jullie niet verrassen als ik deze bijdrage besluit met een oproep aan eenieder die zich aangesproken voelt om de begrippen duurzaamheid, veerkracht en natuurlijkheid slechts na ampele overweging te gebruiken.

*Titus Visser*

Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaard  
Postbus 247  
4190 CE Geldermalsen  
Telefoon: (00345) 58 85 71

## Reactie op vuistregels 30 en 33

Beste Kees,

Dit is een reactie op vuistregels 30 en 33 betreffende de transformaties van anisotrope aquifers naar isotrope aquifers. Het is mij nog niet duidelijk wie deze transformaties verzonnen heeft. De oudste publikatie die ik kon vinden is Muskat (1937); hij geeft onder andere een transformatie voor drie-dimensionale radiaal-symmetrische stroming. Bear en Dagan (1965) hebben er een uitgebreid, ogenschijnlijk compleet, artikel over geschreven op Bear's bekende wijze met massa's sub- en superscriptjes; ook in Bear's boek worden er wat pagina's aan geweid. Verder staat het natuurlijk in Polubarinova-Kochina (1962). Olsthoorn (1982) presenteert enkele transformaties met voorbeelden in het Nederlands. Strack (1989) gaat uitgebreid in op transformaties voor het geval dat de hoofdrichtingen niet langs coördinaatassen liggen.

Zoals uit verschillende van de voornoemde referenties valt af te leiden heeft de transformatie één vrijheidsgraad; de transformatie in één richting kan naar eigen wens gekozen worden en de transformaties in de andere richtingen hangen daarvan af. De brontermen en randvoorwaarden moeten (meestal) ook getransformeerd worden. De transformatie voor twee-dimensionale horizontale stroming in vuistregel 30 is elegant omdat voor deze specifieke transformatie de bronterm niet getransformeerd hoeft te worden. Een fluxrandvoorwaarde dient echter wel getransformeerd te worden. De isotrope doorlatendheid van het getransformeerde, twee-dimensionale, domein is

$$k' = \sqrt{k_x k_y}$$

en is onafhankelijk van de gekozen transformatie; dit geldt niet voor drie-dimensionale stroming waar de isotrope doorlatend-

heid wel afhangt van de gekozen transformatie.

De transformatie van de bronterm verdient enige extra aandacht. De divergentie van het specifiek debiet is gelijk aan de bronterm, hetgeen voor drie-dimensionale tijdsafhankelijke stroming betekent dat

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = -S \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

waar  $S$  de elastische bergingscoëfficiënt is (mijn bergingscoëfficiënt heeft dimensie  $[L^{-1}]$ , en niet  $[-]$ , dus jij moet hem anders gedefinieerd hebben). Het mooie van de transformaties in vuistregels 30 en 33 is nou juist dat de bronterm niet getransformeerd hoeft te worden, zodat volgens mij vuistregel 33 moet luiden

$$S' = S$$

Mocht jij de bergingscoëfficiënt als volgt gedefinieerd hebben

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = -\frac{S}{H} \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

dan is de dimensie van  $S$  inderdaad  $[-]$  maar zou  $S$  getransformeerd moeten worden als:

$$S = \sqrt{\frac{k'}{k_z}}$$

omdat de dikte  $H$  ook getransformeerd moet worden. De lek door de afdekkende laag is geen bronterm voor drie-dimensionale stroming, maar een fluxrandvoorwaarde aan de bovenrand. Deze dient inderdaad getransformeerd te worden volgens de transformatie in vuistregel 33.

Voor drie-dimensionale stroming is het vaak handiger om de transformatie zo te kiezen dat de verticale richting niet getransfor-

meer hoeft te worden. Het voordeel hiervan is dat de randvoorwaarde langs het phreatisch vlak (stijghoogte gelijk plaats-hoogte) niet verandert; het is ook handig wanneer nagegaan moet worden waar spanningswater overgaat in niet-spanningswater. Deze transformatie is (waar  $\sigma$  een gegeven infiltratie langs de bovenrand is;  $c$  transformeert net andersom):

$$x' = x \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \quad y' = y \sqrt{\frac{k_z}{k_y}} \quad z' = z \quad k' = \sqrt{k_x k_y} \quad S = S \frac{k_z}{k'} \quad \sigma' = \sigma \frac{k'}{k_z}$$

Ook voor twee-dimensionale stroming in het verticale x,z-vlak is het vaak handiger om de vertikale richting niet te transformeren.

Deze transformatie is:

$$x' = x \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \quad z' = z \quad k' = \sqrt{k_x k_z} \quad S = S \sqrt{\frac{k_x}{k_z}} \quad \sigma' = \sigma \sqrt{\frac{k_x}{k_z}}$$

Een uitgebreide afleiding van vele transformaties staat in het werk van Bear en Dagan (1965). Een beknopte (en wellicht eenvoudiger) afleiding van de bovenstaande formules is beschikbaar in postscript format en kan verkregen worden door het zenden van een e-mail naar:

*Mark Bakker*

Department of Civil Engineering  
University of Nebraska  
Omaha, USA  
mbakker@unomaha.edu

## Literatuur

- Bear, J. and G. Dagan (1965)** The relationship between solutions of flow problems in isotropic and anisotropic soils; in: *Journal of Hydrology*, nr 3, pag 88-96.
- Bear, J. (1972)** Dynamics of Fluids in Porous Media; Dover, New York.
- Muskat, M. (1937)** The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media; McGraw-Hill, Ann Arbor, MI.
- Olsthoorn, T.N. (1982)** Anisotropie, een verwaarloosd verschijnsel bij grondwa-

tervraagstukken; in: *H<sub>2</sub>O*, jrg 11, nr 15, pag 262-267 + 273.

**Polubarinova-Kochina, P. (1962)** Theory of Groundwater Movement; (vertaald door J.M.R. de Wiest), Princeton University Press, Princeton, NJ.

**Strack, O.D.L. (1989)** Groundwater Mechanics; Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

## Noot van de redactie:

Nicko Straathof stuurde ons een bericht uit de Groundwater mailing list op Internet. Dit jaar wordt Pelageya Yakovlevna Polubarinova-Kochina, één van de grondleggers van de grondwaterstromingstheorie, 100 jaar. De Russische academica publiceert nog steeds in de top van de Russische vakbladen over de mathematische modellering van grondwaterstroming. Ze coördineert onderzoeksactiviteiten en is als redacteur aan diverse Russische periodieken over de theoretische aspecten van grondwaterhydrologie verbonden. Ter ere van haar verjaardag vindt begin september in Moskou een conferentie plaats met als titel: 'Modern approaches to flows in porous media.' Een inschrijfformulier is via de weblocatie <http://www.ipmnet.ru/~koch100> aanklikbaar.

*MvdV*

**Correctie op het artikel 'Eenvoudige stochastische modellen voor grondwaterstandsfluctuaties. Deel 1: Een stochastische differentiaalvergelijking', verschenen in STROMINGEN, jaargang 4, nummer 2, pag 5-26, 1998**

Vergelijking 17 van dit artikel is niet correct. De correcte vergelijking wordt gegeven door:

$$J(N; \mu) = N \ln(2\pi) + \sum_{k=1}^N \ln(\sigma_{n_k}^2(\mu)) + \sum_{k=1}^N \left[ \frac{n_k^2(\mu)}{\sigma_{n_k}^2(\mu)} \right] \quad (17)$$

In de berekeningen is de correcte vergelijking gebruikt, zodat de resultaten en conclusies onveranderd blijven. Mijn excuses voor deze vergissing.

*Marc Bierkens*  
DLO-Staring Centrum