

# Over de grote rivieren

Op mijn doordeweekse treinreizen van Amsterdam naar Eindhoven en vice versa steek ik de grote rivieren Lek, Waal en Maas over. De verandering van deze rivieren in de loop der seizoenen vormt een prachtig schouwspel. Vooral de afwisseling in de Waal onder de spoorbrug bij Zaltbommel is indrukwekkend. Soms is zij daar wel van 150 meter tot 1,5 kilometer verbreed en in het vaargeedeelte dan toch nog krachtig stromend.

Ofschoon statisch, ook intrigerend zijn de vele waterwerken om de rivieren in toom te houden. Waterwerken zoals de strekdammen, bedoeld om de rivieroever te beschermen tegen lokaal hoge stroomsnelheden en om het water goed in de vaargeul te houden. Strekdammen kunnen worden ontworpen op basis van alleen periodiek in de seizoenen veranderende waterafvoer in de rivieren en met alleen stromingsleer en wiskunde.

Moeilijker ligt dit bij de belangrijker en duurder waterwerken langs onze rivieren: de dijken. Het vandaag de dag aanleggen en onderhouden van dijken vereist naast stromingsleer en wiskunde ook economie en klimatologie. Het aanleggen en grootschalig ophogen van dijken doet men veelal voor een periode van tientallen jaren, een tijdspanne waarin zowel de economische waarde van het tegen overstroming te beschermen achterland als de neerslag en daarmee de waterafvoer door de rivieren beduidend kunnen veranderen. Een dynamisch regelprobleem dus.

De statisticus David van Dantzig heeft na de watersnoodramp van 1953 een methode ontwikkeld waarmee de optimale hoogte van een dijk kan worden bepaald. De methode van Van Dantzig betreft een nog statisch regelprobleem waarin een optimum wordt gevonden tussen enerzijds kosten voor dijkaanleg of -verhoging en anderzijds kosten ten gevolge van overstroming. Van Dantzig redeneerde als volgt: bij elke dijk is er een bepaalde kans dat het water een bepaalde hoogte bereikt. Overstroming van het achterland definieerde hij vervolgens als het overstromen (niet het bezwijken) van die dijk, waarbij hij veronderstelde dat ten gevolge van die overstroming het bijbehorende achterland wel altijd volledig verloren zou gaan. Vermenigvuldiging van de economische waarde van het te beschermen achterland met de kans op overstroming als functie van de dijkhoogte levert de te verwachten overstromingskosten als functie van de dijkhoogte. De totale kosten definieerde hij vervolgens als de som van deze te verwachten overstromingskosten plus de

kosten voor aanleg/verhoging van de dijk als functie van zijn hoogte. Minimalisatie van deze totale kosten levert tenslotte de optimale dijkhoogte. Rijkswaterstaat heeft Van Dantzigs methode vele jaren gebruikt om de optimale hoogten van de ruim vijftig belangrijkste Nederlandse zee- en rivierdijken te berekenen. In de loop der jaren is de methode uitgebreid bij het Centraal Planbureau. Een belangrijke uitbreiding was dat rekening werd gehouden met de te verwachten verandering van de economische waarde van het tegen overstroming te beschermen gebied. Bij economische waarde moet niet alleen worden gedacht aan de geldwaarde van alle roerend en onroerend goed en hun eventuele inventaris, maar ook aan die van alle levende have in het gebied: planten, dieren en ook mensen. Onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat is de methode geïmplementeerd in computerprogrammatuur, waarin een mens op 2,2 miljoen euro(!) wordt gewaardeerd. De uitkomst van een berekening met de programmatuur kan leiden tot het besluit om een dijk niet meer te onderhouden en daarmee het achterliggende gebied in beginsel prijs te geven aan het water. Bij de eilanden Rottumeroog en Tiengemeten is hiertoe destijds besloten.

De afgelopen jaren zijn door wiskundigen aan de Universiteit Tilburg en het Centrum Wiskunde & Informatica methoden ontwikkeld ter verdere uitbreiding van genoemde programmatuur, uitbreidingen die het mogelijk maken om steeds beter rekening te houden met vooral klimaatveranderingen en dus met eventuele waterafvoertoename en zeespiegelstijging, inclusief de onzekerheden daarin.

Dit jaar is een gezamenlijk onderzoeksthema van meer dan honderd wetenschappelijke genootschappen, universiteiten en onderzoeksinstituten: *Mathematics of Planet Earth*. Nederland en vele andere landen — 80 procent van de wereldbevolking woont in kustgebieden — kunnen veel baat hebben bij dit thema. In het volgende nummer van het *Nieuw Archief voor Wiskunde* hopen we uitgebreid aandacht te besteden aan *Mathematics of Planet Earth*. Daartoe moet er nog wel wat water door de rivieren. In het voor u liggende nummer eerst een keur aan allerlei andere onderwerpen. Veel leesplezier gewenst!

**Barry Koren**, hoofdredacteur

*Faculteit Wiskunde & Informatica, Technische Universiteit Eindhoven*