

Hoofdstuk 4

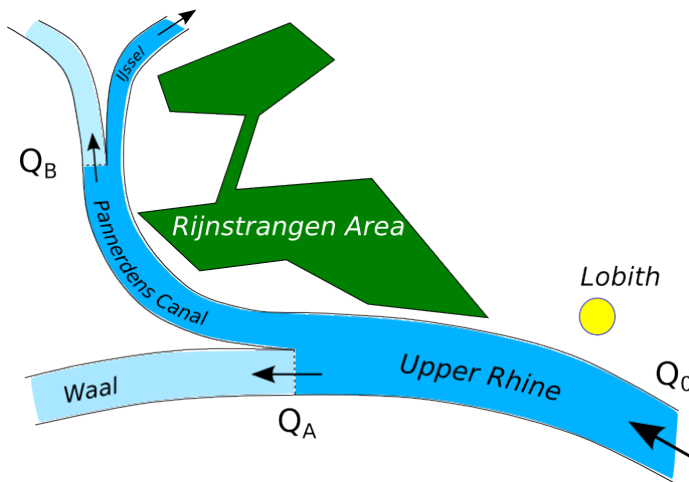
Ruimte voor de Rijn

IONICA SMEETS

De Nederlandse dijken zijn gebouwd om een extreme situatie te weerstaan die eens in de 1250 jaar voorkomt. Maar klimaatverandering vergroot de kans op overstromingen. In de toekomst zal er bijvoorbeeld meer water via de Rijn ons land binnenkomen. Rijkswaterstaat overweegt om een gebied langs de Rijn oevers te gebruiken om rivierwater op te slaan als de waterstand te hoog dreigt te worden. Maar is dat gebied groot genoeg? En hoe vaak komt zo'n hoge waterstand voor? En hoe komt het water van de rivier netjes in dat gebied? Werk aan de winkel voor de studiegroep.

Rijkswaterstaat bewaakt de rivierhoogten in Nederland zodat we veilig kunnen wonen, zelfs al doen we dat onder het waterniveau. Ralph Schielen, Expert Water Management, legt tijdens zijn presentatie op maandag uit dat Rijkswaterstaat zoekt naar duurzame oplossingen voor de stijgende wateraanvoer. In plaats van dijken op te hogen, krijgen rivieren meer ruimte om te stromen. Rijkswaterstaat overweegt om het gebied Rijnstrangen te reserveren als retentiegebied: een tijdelijke opvang voor overtollig water. Dat zou grote gevolgen hebben voor de mensen die daar op dit moment wonen en werken: zij moeten evacueren in extreme situaties. Daarom heeft Schielen een hele lijst vragen die hij beantwoord wil hebben voor Rijkswaterstaat een beslissing over Rijnstrangen kan nemen: “Ik wil geen *misschien* als antwoord, ik wil een helder *ja* of *nee*.”

Om in de rest van Nederland overstromingen te voorkomen, mag er volgens de normen van Rijkswaterstaat maximaal 17.500 kubieke meter per seconde (m^3/s) de Rijn uitstromen. Ter vergelijking: dat zijn ruim zeventien complete wedstrijdzwembaden per seconde. Als de instroom bij Lobith hoger is dan deze grens, wil Rijkswaterstaat 500 m^3/s uit de rivier weg laten lopen. Daarvoor is het belangrijk om te weten wat de kans is dat deze grens bereikt wordt en hoe groot het retentiegebied moet zijn om het overtollige water kwijt te kunnen. Daarnaast wil Rijkswaterstaat ook weten wat het



Figuur 4.1: De Rijn stroomt Nederland binnen bij Lobith en splitst daarna in de Waal en het Pannerdens Kanaal. Dat laatste vertakt zich dan weer in de Nederrijn en de IJssel. Het potentiële retentiegebied Rijnstrangen ligt rond de eerste splitsing.

effect is op het achterliggende gebied, hoe het water van de rivier naar Rijnstrangen moet stromen én hoe het retentiegebied daarna weer gelegegd kan worden.

Vergelijkingen. Corine Meerman doet bij de Universiteit Leiden promotie-onderzoek naar vergelijkingen voor ondiep water, dus het was voor haar vanzelfsprekend dat zij meedeed aan team Rijkswaterstaat. Ze beseft dat dit probleem veel ingewikkelder is dan puur wiskunde: “Er spelen ook allerlei sociale, politieke en economische vragen. Maar daar blijven wij af: wij zijn wiskundigen. Dus werken we met vergelijkingen.”

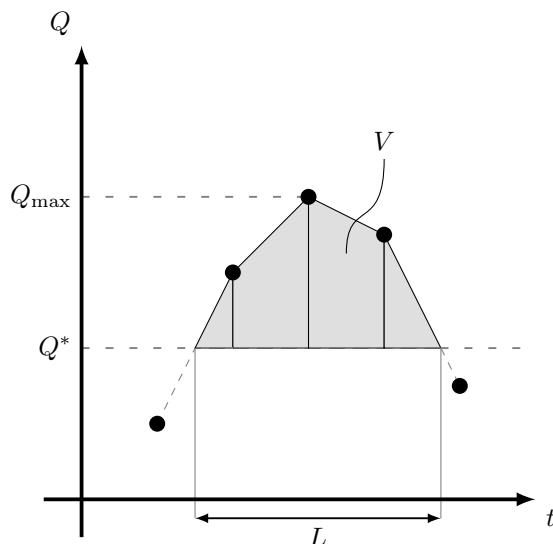
Om de eerste vragen te beantwoorden, analyseert het team de dagelijkse uitstroom bij Lobith sinds 1989. Ze verdelen de meetgegevens in perioden die steeds een jaar beslaan, lopend van 1 juli tot 30 juni. Zo ligt de winter waarin de meeste extreme weersomstandigheden optreden steeds midden in één meetperiode.

De dagelijkse meetgegevens zijn niet onafhankelijk van elkaar: als de uitstroom om de een of andere reden gisteren bijzonder hoog was, dan zal hij vandaag waarschijnlijk ook hoger zijn dan gemiddeld. Een standaardmethode om onafhankelijke metingen te krijgen, is door alleen uitschieters te selecteren waar minstens honderd dagen tussen zit. In dit geval vallen deze pieken grotendeels samen met de hoogst gemeten instroom per jaar. Daarom besluit het team om voor hun model alleen de maximale instroom van elk jaar te gebruiken. Zo hebben ze 23 metingen om mee te werken.

Met een verdeling die vaak gebruikt wordt om zeldzame extreme gebeurtenissen te voorspellen, rekenen ze uit dat de kans op een uitstroom van meer dan $17.500 \text{ m}^3/\text{s}$ per jaar gelijk is aan één op 1208. Maar, voegen de wiskundigen eraan toe, dat zegt

eigenlijk niets. Om deze analyse goed te doen, zouden ze meer data nodig hebben.

Ze besluiten om het nu andersom aan te pakken en rekenen uit wat de ergste uitstroom is die je in 1250 jaar kunt verwachten, daarop zijn de normen voor de dijken immers gebaseerd. Dat levert een verwacht maximum van $17.555 \text{ m}^3/\text{s}$: dat is dus net boven de door Rijkswaterstaat toegelaten waarde. Op naar de volgende vraag: hoeveel water moet er afgevoerd worden? Oftewel: hoe lang blijft de toevoer te hoog in deze uitzonderlijke situatie?



Figuur 4.2: Q^* is de toegelaten uitstroom van $17.500 \text{ m}^3/\text{s}$, Q_{\max} is het maximum dat voorkomt. Om te bepalen hoe lang de uitstroom boven het de toegelaten grens uitkomt (L), worden er lijnen getrokken tussen de verschillende meetmomenten. De oppervlakte onder de grafiek geeft de hoeveelheid water die moet worden opgeslagen.

De modellen van de studiegroep voorspellen dat de uitstroom in deze extreme situatie ongeveer 3,5 dagen boven het toegelaten maximum zal liggen. In totaal moet er 94 miljoen kubieke meter water afgevoerd worden, 94.000 wedstrijdbaden vol. Rijnstrangen is daar in principe groot genoeg voor: dat kan 150 miljoen kubieke meter kwijt. De wiskundigen merken wel op dat enige voorzichtigheid nodig is bij deze berekeningen: ze hebben geen echte meetgegevens van wat er gebeurd als de kritieke $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bereikt wordt, klimaatverandering kan de patronen veranderen en voor de zekerheid moet je eigenlijk ook nog rekening houden met de dubbele pech dat een extreme uitstroom ook nog eens extreem lang duurt.

Het team besluit om niet te werken aan een methode om Rijnstrangen weer leeg te maken. De data laten zien dat de kans op twee pieken na elkaar bijzonder klein is. Het leegpompen van Rijnstrangen heeft uit dat oogpunt geen haast, al zullen de bewoners

daar vast anders over denken. Maar de tijd dringt in de studiegroep en ze gaan door met het volgende probleem: het modelleren van de gevolgen voor de rest van het rivierenstelsel als water naar Rijnstrangen stroomde.

Ja/nee/misschien. Bij het maken van een model voor de stroming in de rest van de rivier, hadden de wiskundigen soms het gevoel dat het handiger was geweest als er een hydroloog in hun team zat. Meerman: “Normaal doe je als wiskundige wat aannamen en maak je een model. Maar nu wisten we niet eens wat we moesten vragen. Niemand had een idee.” Desondanks besloten ze om een numeriek model te maken op basis van een heel versimpelde vorm van het rivierenstelsel. Achteraf denkt Meermans collega Ron Hoogwater dat hun gebrek aan voorkennis misschien wel een voordeel was: “Een hydroloog had misschien gezegd dat het onmogelijk was om binnen een week een werkend model te maken. Wij begonnen gewoon aan een enorm vereenvoudigd toy model.” De conclusie: opvang in Rijnstrangen zal geen problemen geven in het achterland. Al zeggen ze wel dat hun berekeningen puur ter illustratie zijn en dat voor een serieuzere studie bijvoorbeeld de vorm van de dijken veel netter gemodelleerd moet worden.

De laatste vraag voor de wiskundigen is op welke manier het overtollige water van de Rijn naar Rijnstrangen moet lopen. De eenvoudigste optie is een dam waar het water vanzelf overheen loopt als het waterpeil te hoog wordt. Eigenlijk betekent dit een lokale verlaging van de dijk op een bepaald traject. Maar uit de berekeningen van het team volgt dat zo’n dam dertien kilometer lang zou moeten zijn: daar is geen plek voor bij Rijnstrangen. Bovendien voegde Corine Meerman hier tijdens haar presentatie aan toe: “Zelfs als je zo’n lange dam weet te bouwen, dat stroomt het overtollige water niet snel genoeg weg en zal de uitstroom naar het achterland boven de gestelde limiet komen.” Eventueel zou dit nog opgelost kunnen worden door de dam lager te maken: in dat geval begint het water al naar het retentiegebied te stromen voor de limiet is bereikt.

Een tweede optie zijn sluisdeuren waarvan de hoogte verstelbaar is. Hierbij moeten de deuren continu worden bijgesteld en om dit goed te doen, moeten de berekeningen erg nauwkeurig zijn. Als de deuren te vroeg open gaan, dan is het retentiegebied al volgelopen voor de piek is bereikt. Als de deuren te laat open gaan, stroomt er te veel water door en kunnen er verderop overstromingen ontstaan. De wiskundigen twijfelen of het aansturen in de praktijk haalbaar is. Een sluis die alleen open en dicht kan is misschien makkelijker in gebruik.

Tenslotte is er nog een optie om het water via een pijp die onder de dijk doorloopt af te voeren. Alleen stroomt het water in dat geval twee keer zo snel Rijnstrangen binnen, wat schade kan opleveren aan het landschap achter de dijk. Meerman van hun conclusies over optie als volgt samen: “Sorry Ralph, je zei aan het begin van de week dat je geen misschien wilde horen. Maar ons antwoord is. Een dijk? Nee. Sluisdeuren? Misschien. Onder de dijk door? Misschien.”

Ralph Schielen van Rijkswaterstaat reageert mild: “Ik begrijp dat de onzekerheden

bij dit probleem echt moeilijk zijn, je moet het echt heel zeker weten als je dit soort beslissingen neemt.” Schielen is onder de indruk van het werk van het team: “Het is geweldig dat jullie binnen een week een eenvoudig numeriek model hebben gebouwd. Wij gebruiken bij Rijkswaterstaat veel complexere modellen, maar hiermee kunnen we in toekomst snel verschillende mogelijkheden even proberen. We gaan ermee aan de slag.”

Team Rijkswaterstaat: *Chris Budd, Joep Evers, Jason Frank, Sarah Gaaf, Ron Hoogwater, Domenico Lahaye, Corine Meerman, Eric Siero, Tara van Zalen.*