Sturen met onzekere voorspellingen

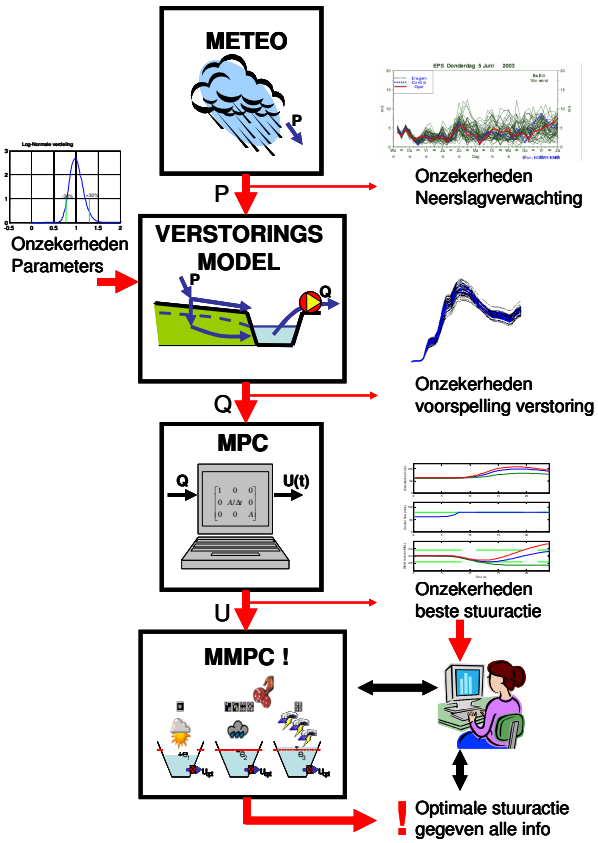
De invloed van de neerslagverwachting gaat een steeds grotere rol spelen in het beheer van watersystemen in Nederland. Over de afgelopen jaren zijn diverse Operationeel Beheersystemen in gebruik genomen, die continu de korte termijnverwachting presenteren aan de beheerder. Bij verdergaande automatisering in de toekomst, waarbij de beheerder wordt bijgestaan door een adviessysteem (BOS, Beslissing Ondersteunend Systeem), is het belang van een goede neerslagverwachting nog groter. Ook de betrouwbaarheid van een bepaalde verwachting speelt een belangrijke rol bij het bepalen van een optimale beslissing. In dit onderzoek is gekeken naar manieren om informatie over de onzekerheden van voorspellingen te gebruiken in het operationele beheer van polder-boezemsystemen.

Model Predictive Control (MPC) is een regelmethodiek die bij uitstek geschikt is voor het operationele waterbeheer, aangezien het een optimale stuuractie bepaalt uit actuele peilen en verwachte neerslag. Zowel de onzekerheden in de neerslagverwachting als in de toestandsvariabelen en parameters (zoals infiltratiecapaciteit) van het gebruikte neerslag-afvoermodel zijn hierbij van belang.

Actuele onzekerheden in de neerslagverwachting hangen af van de huidige condities. Deze onzekerheden kunnen door weerbureau's worden meegeleverd met de voorspelling in de vorm van een Ensemble Prediction System (EPS) voorspelling. Dit is een waaier van scenario's voor de verwachting, die een indruk van de kansverdeling geeft.

Onzekerheden in het neerslag-afvoermodel komen voort uit modelfouten, fouten in de parameters en fouten in de toestandsvariabelen. Voor de doorwerking van onzekerheden in de modelparameters, die afhangt van de toestand van het model en de optredende verstoring, zijn log-normale verdelingen gebruikt in een Monte Carlo analyse. Hierbij is een modulair opgezet, conceptueel, lumped neerslag-afvoermodel met fysisch afleidbare parameters gebruikt. Dit levert een aantal scenario's op, die een indruk van de kansverdeling geven. Deze kunnen worden gepresenteerd aan de beheerder of worden gebruikt in de regelaar of het BOS. Het model is geïmplementeerd in Matlab/Simulink en C/C++.

Aangezien de kansverdeling van de voorspelling (bij benadering) bekend is, kan een risicobenadering gebruikt worden. Door de statisti-



De structuur van het onderzoek met als rode draad de onzekerheden

sche verwachtingswaarde van de doelfunctie te minimaliseren, wordt een zogenaamde robuuste stuuractie verkregen, die rekening houdt met alle mogelijke voorspellingen en hun kans van optreden. Door deze verwachtingswaarde te gebruiken wordt het risico geminimaliseerd in plaats van alleen het gevolg (de schade) bij het waarschijnlijkste scenario. Dit is gebeurd door met behulp van de nieuwe methode Multiple Model Predictive Control (MMPC).

De methodiek is in een casestudie toegepast op het polder-boezemsysteem Delfland. Voor dit systeem is recent een BOS ontwikkeld, waarin de optimale stuuracties worden bepaald met MPC en een eenvoudig verstoringsmodel zonder onzekerheden. Het binnen dit onderzoek ontwikkelde verstoringsmodel benadert de werkelijkheid goed. Uit de testcase is naar voren gekomen dat de methode toepasbaar is en resulteert in triviale resultaten. De vraag of MMPC "beter" presteert dan de huidige regelaar is alleen te beantwoorden als onder realistische testcondities wordt vergeleken. MMPC houdt wel rekening met onzekerheden. Als dit een doelstelling van de sturing is, voldoet MMPC daar beter aan de huidige regelaars.