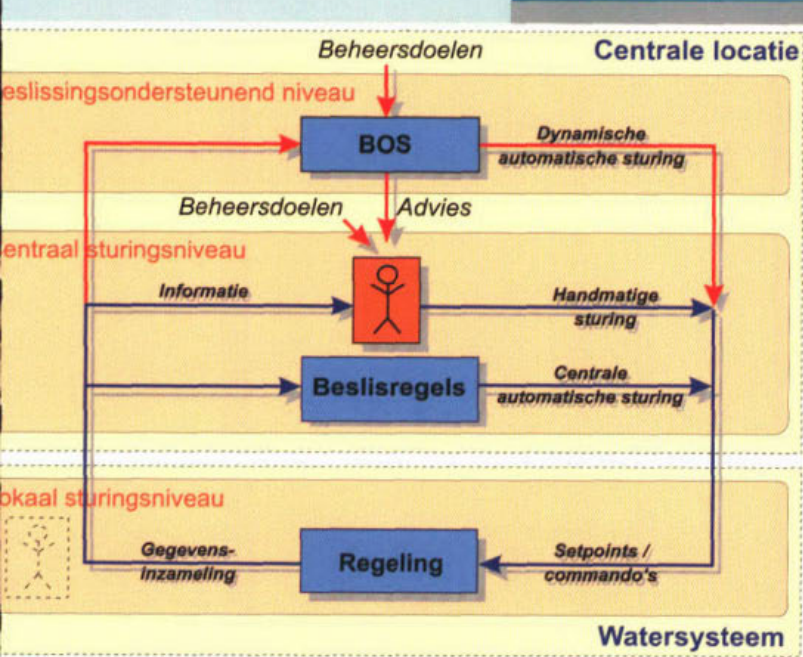


# Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing

symposium 26 februari 1999



Onder redactie van:

A. Kuypers

A.H. Lobbrecht

L.R. Wentholt

## **Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing**

## Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing

The number '13' in a bold, sans-serif font, positioned to the left of a large, thick, black arc that starts from the top and curves downwards and to the left, partially enclosing the number.

Onder redactie van:

A. Kuypers

A.H. Lobbrecht

L.R. Wentholt

STOWA rapport nummer 13

ISBN 90.5773.053.7.13

Utrecht, februari 1999

Lay-out en opmaak:

T. van Veen, Plato product consultants, e-mail: [plato@xs4all.nl](mailto:plato@xs4all.nl)



## Inhoudsopgave

TEN GELEIDE -----	1
BESLISSEN EN STUREN BESLISSINGSONDERSTEUNENDE SYSTEMEN IN HET WATERBEHEER-----	5
BESLISSEN IN HET DAGELIJKSE WATERBEHEER-- EEN ENQUÊTE -----	23
BESLISSINGSONDERSTEUNING VOOR HET BEHEER VAN DE FRIESE BOEZEM -----	45
INTERNET/INTRANET TECHNOLOGIE VOOR OPERATIONEEL BEHEER-----	63
FLEXIBEL PEILBEHEER: INFORMATIE-INWINNING EN VOORZIENING MET BEHULP VAN REGISPEILBEHEER. -----	77
DECISION SUPPORT SYSTEEM HOOGWATER IN REGIONALE WATERSYSTEMEN -----	97
HET BOS VAN DE MAESLANTKERING -----	109



## Ten Geleide

In het voorliggende boekje is een aantal artikelen opgenomen die de basis hebben gevormd voor lezingen op het symposium "Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing; het hoe en waarom van een BeslissingsOndersteunend Systeem (BOS)". Dat symposium vond plaats op 26 februari 1999 en werd georganiseerd door de Kivi-werkgroep ICT in het Waterbeheer en de STOWA.

Het accent van het symposium lag op het ontsluiten van bestaande kennis en ervaring met beslissingsondersteuning en op het uitdragen van nieuwe ideeën over hoe beslissingen in het dagelijkse waterbeheer in praktijk kunnen worden gebracht.

De bijdragen van dit boekje laten verschillende kanten zien van beslissingsondersteunende systemen en de toepassing daarvan in het dagelijkse waterbeheer. In een inleidend artikel wordt het concept van een BOS toegelicht en wordt de samenhang tussen de verschillende componenten van zo'n systeem geschetst. Speciale aandacht wordt geschonken aan de relatie tussen het beslissen en het sturen van een watersysteem. Er wordt inzicht gegeven in de ontwikkeling van sturingsstrategieën en de rol van de mens daarin.

Het tweede artikel geeft een overzicht van de resultaten van de onder regionale waterbeheerders gehouden enquête en licht de huidige praktijkervaringen met BOS-systemen toe. In een volgend artikel wordt aandacht besteed aan de ontwikkelingen bij het Wetterskip Fryslân bij het komen tot een beslissingsondersteunend systeem dat zal worden gebruikt bij het beheer van de Friese boezem. Als doorkijk naar de nabije toekomst is een artikel opgenomen over de vele mogelijkheden van informatievoorziening en de sturing van bedrijfsprocessen via Internet/Intranet.

De laatste drie bijdragen in dit boekje behandelen elk een specifiek aspect van de toepassing van een BOS in het waterbeheer. Allereerst wordt een case gepresenteerd over de informatie-inwinning en -verwerking aan de hand van Regis-peilbeheer en Adventus. De tweede case gaat in op het project DSS Hoogwaterbestrijding in Regionale Wateren en de ontwikkeling van een BOS dat moet kunnen worden ingezet voor de analyse van maatregelen die kunnen helpen bij het voorkomen van hoogwatersituaties. De laatste case behandelt de

Stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg, het gehanteerde sturingsconcept, het veiligheidsdenken en de opgedane praktijkervaringen.

Graag bedanken wij de dagvoorzitter van het symposium, de heer ir. J.H. van der Vliet en sprekers voor hun inzet.

De organisatoren:

Antoon Kuypers  
Arnold Lobbrecht  
Cor-Jan Vermeulen  
Ludolph Wentholt

Februari 1999







## **Beslissen en Sturen**

### **Beslissingsondersteunende systemen in het waterbeheer**

dr.ir. A.H. Lobbrecht, IHE Delft, Postbus 3015, 2601 DA Delft,  
E-mail: ahl@ihe.nl  
en HKV LIJN IN WATER, Postbus 2120, 8203 AC Lelystad

#### **1. Inleiding**

De term Beslissings Ondersteunend Systeem (BOS), wordt in de praktijk voor een veelheid aan systemen gebruikt. In het waterbeheer spreken we in het algemeen over systemen die de beheerder ondersteunen bij de uitvoering van zijn taak. Dat is een ruime definitie, op grond waarvan de uitvoering van een BOS kan variëren van een eenvoudige beslisboom op papier tot een uitgebreid computer-instrumentarium.

Concentreren we ons op het proces van beslissen en sturen, dan kunnen we gebruik maken van de definitie zoals al in 1982 werd gehanteerd door Sprague & Carlson:

Een beslissingsondersteunend systeem is een interactief computersysteem dat beslissers helpt gegevens en modellen te gebruiken om daarmee complexe problemen op te lossen.

Over deze definitie kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

1. Een BOS is interactief, wat wil zeggen dat er een dialoog is tussen de gebruiker en de computer. De computer geeft "antwoorden" op "vragen" die door gebruiker worden gesteld. Deze vragen kunnen in de vorm zijn van: "Wat gebeurt er als ik dit doe", of "Wat als dat gebeurt".
2. Een BOS wordt gebruikt door beslissers. Beslissers kunnen werkzaam zijn in verschillende geledingen van een organisatie. Hier beperken we ons tot personen die beleidsvoorbereidende

werkzaamheden in het waterbeheer uitvoeren, en zij die actief zijn in het operationele beheer.

3. Een BOS is een computer-systeem en geen computerprogramma. Een BOS maakt gebruik van gegevens en modellen en is specifiek bedoeld om het proces van beslissen te ondersteunen.
4. Een BOS is bedoeld om complexe problemen op te lossen. Die complexiteit kan het gevolg zijn van de vorm van het watersysteem, maar ook van een breed scala van eisen dat aan dat systeem wordt gesteld.

In het algemeen kan worden gesteld dat een BOS nodig is als een waterbeheerder de beste oplossing wil voor zijn probleem en dat een logische en heldere keuze niet op eenvoudige wijze kan worden gemaakt zonder het gebruik van een computersysteem.

Beslissingsondersteuning in het waterbeheer wordt in de huidige praktijk gebruikt bij het vertalen van de doelen van het waterbeheer naar beslisregels en bij de toepassing daarvan in het operationele beheer. Hierbij kan sprake zijn off-line en on-line BOS-systemen. Op het moment zijn er in het Nederlandse waterbeheer verschillende toepassingen, met een duidelijke nadruk op de off-line situatie en de bepaling van meer strategische maatregelen en minder de operationele handelingen in het waterbeheer. Deze situatie is echter langzaam aan het veranderen, zoals blijkt uit een enquête die onder de Nederlandse waterbeheerders is gehouden (Vermeulen, 1999).

Hier worden BOS-systemen in algemene zin behandeld, met nadruk op het gebruik bij het sturen van een watersysteem. Daarbij wordt aandacht besteed aan de wijze waarop een BOS de waterbeheerder kan helpen bij het zo goed mogelijk uitvoeren van zijn dagelijkse beheerstaak.

## **2. Ontwikkelingen**

Halverwege de zeventiger jaren werden de eerste BOS-systemen voor het beheer van water in de Verenigde Staten ontwikkeld (Loucks, 1991). In het begin werd vooral veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van modellen om specifieke problemen op te lossen. De computersystemen van die tijd hadden niet de fraaie gebruikersinterfaces die we tegenwoordig kennen.

Gegevens werden ingevoerd met behulp van ponskaarten en ook bij het draaien van modellen maakte men gebruik van deze techniek. Het resultaat van een modelberekening was een enorme hoeveelheid uitvoer op papier, die alleen door programmeurs en modelleurs kon worden geïnterpreteerd.

### **Huidige stand van de techniek**

In de tussentijd is veel veranderd. De grote computers van destijds zijn vervangen door krachtige kleine werkstations en PC's. Tegenwoordig zien we in het waterbeheer systemen die erg gebruikersvriendelijk en flexibel zijn, en nauwelijks meer lijken op de eerste systemen die met de term "BOS" werden bestempeld. In de sfeer van het operationele beheer hebben twee ontwikkelingen daartoe bijgedragen: De opkomst van windows gebruikersomgevingen en de doorbraak van SCADA-software (supervisory control and data acquisition). Deze laatste vindt zijn oorsprong in de procesindustrie.

Recent spelen ook de snelle ontwikkeling die Internet-toepassingen doormaken een belangrijke rol. Op het moment kunnen modellen via het net op een andere, eventueel veraf gelegen, computer worden gedraaid. Deze modellen gedragen zich daarbij echter alsof ze op een lokale computer staan. Het valt te verwachten dat de locatie van de bron van informatie en de verwerking daarvan, in de nabije toekomst steeds minder van belang zal zijn.

## **Meer rekenkracht**

Hoewel de wijze van beschrijven van processen en de modellering van watersystemen niet wezenlijk is veranderd sedert de eerste BOS-systemen, is aan de kant van de verwerking van gegevens een wel een duidelijke verandering merkbaar. Deze wordt primair veroorzaakt door de toegenomen rekenkracht van de processoren van computers.

Voor toepassingen in het waterbeheer heeft de ontwikkeling in de verwerking van gegevens een aanzienlijk effect gehad. Zo is het tegenwoordig mogelijk om computermodellen on-line te laten draaien en te gebruiken voor het maken van voorspellingen van het gedrag van het watersysteem. Als de modellen echter erg groot en/of gedetailleerd worden, kan op het moment de rekentijd toch nog uit de hand lopen.

Er zijn nog meer beperkingen bij de toepassing van modellen voor operationeel beheer. Eén daarvan is de beschikbaarheid van betrouwbare gegevens. Een gedetailleerd model vraagt om gedetailleerde gegevens, zoals de neerslag en waterstand per locatie in het watersysteem. De beschikbaarheid en nauwkeurigheid van deze gegevens blijkt nog sterk achter te blijven en daarom zijn de toepassingen van gedetailleerde on-line modellen lang niet altijd een succes.

## **Nieuwe technieken**

In het waterbeheer worden veel regelingen softwarematig uitgevoerd via relatief kleine besturingseenheden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van regelaars. Deze regelaars zijn over het algemeen eenvoudig en relatief gevoelig voor onnauwkeurige gegevens.

Nieuwe robuustere regeltechnieken, waarvan veel verwacht wordt, zijn in opkomst. Met name het gebruik van technieken als fuzzy logic en neurale netwerken lijkt een wereld aan mogelijkheden te openen.

Met deze technieken kunnen wellicht een aantal van de problemen worden opgelost met het sturen op onnauwkeurige meetgegevens, maar ook met het tijdsintensieve rekenen van deterministische modellen.

Fuzzy logic wordt al geruime tijd op grote schaal in de procesindustrie en in huishoudelijke elektronica toegepast. Wasmachines, videocamera's en televisies zijn tegenwoordig standaard met fuzzy logic controllers uitgevoerd.

Er wordt bij fuzzy logic gewerkt met sturingen die kunnen omgaan met vage invoer, zoals: "de waterstand is hoog". Verder wordt gebruik gemaakt van beslisregels die vage grootheden met elkaar in verband brengen, zoals: als "waterstand" is "hoog" en "verwachte neerslag" is "groot" dan "pomp aan".

Deze techniek kan onder meer uitkomst bieden bij het nabootsen van het gedrag van een bedieningsman dat op ervaring berust en waarbij er soms alleen een vage relatie bestaat tussen waarneming en ingezette sturingsacties.

De rekentijd die deterministische modellen in een BOS nodig hebben om de beheerder te laten zien welke consequenties zijn handelen hebben, is over het algemeen groot; zeker als er gebruik wordt gemaakt van gedetailleerde modellen en optimalisatie.

Neurale netwerken kunnen uitkomst bieden bij de oplossing van dit probleem. Een deterministisch model kan bijvoorbeeld met behulp van een neurale netwerk worden nagebootst, terwijl het systeemgedrag goed beschreven blijft.

Over het algemeen is de tijd die nodig is voor het opbouwen van zo'n netwerk erg groot, maar als het netwerk klaar is kan het wel zeer snel rekenen. Daardoor kan de rekentijd van een simulatiemodel enorm worden teruggebracht en kunnen ook voor complexe situaties in kort tijdsbestek diverse alternatieven worden geëvalueerd (Solomatine & Torres, 1996). Bij toepassing in een BOS betekent dit dat de beheerder niet lang hoeft te wachten op het antwoord van het computersysteem.

### **3. Sturing: werking en uitvoeringsvormen**

Om beslissingsondersteunende systemen te kunnen gebruiken, moeten de doelen van het waterbeheer expliciet worden geformuleerd. Deze worden hier aangeduid met "beheersdoelen". Mogelijke beheersdoelen zijn: "voorkom wateroverlast"; "zorg voor voldoende water van goede kwaliteit"; "beperk operationele kosten". Afhankelijk van de situatie, kunnen dergelijke doelen vervolgens in concrete eisen voor het operationele beheer worden vertaald (Lobbrecht, 1997a).

Het is van belang te onderkennen dat die eisen soms tegenstrijdig kunnen zijn en dat, voorafgaand aan implementatie, een afweging van belangen moet plaatsvinden. Dat is in principe een iteratief proces.

De gewenste toestand in het watersysteem wordt over het algemeen bereikt door als eerste een ontwerp te maken waarmee zo goed mogelijk kan worden voldaan aan de eisen die aan het systeem worden gesteld. In Nederland is over het algemeen de inrichting van het watersysteem van dien aard, dat de beheersdoelen niet vanzelf worden bereikt, maar dat bij het beheer objecten zoals gemalen, stuwen en sluizen actief worden gestuurd.

Onder sturing wordt in dit kader verstaan: het proces waarbij het verschil tussen de gewenste toestand van het waterhuishoudkundig systeem en de feitelijke toestand in dat systeem zo klein mogelijk wordt gehouden.

De inzet van regelbare objecten, waarmee de gewenste situatie in het watersysteem kan worden bereikt, heet de "sturingsstrategie". Een sturingsstrategie kan, afhankelijk van de situatie, variëren in de tijd.

Bijvoorbeeld bij verwacht hevig waterbezwaar kan het voormalen van water uit een polder een strategie zijn, wat betekent dat eerst een te lage waterstand wordt geaccepteerd, om daarna een te hoge waterstand te voorkomen. Uit dit voorbeeld blijkt dat het gedurende extreme omstandigheden (hier hevige neerslag) nodig kan zijn om een periode vooruit te kijken naar wat er in het watersysteem gaat gebeuren.

### **Sturing van het watersysteem**

Er zijn diverse vormen van sturing te onderkennen, waarvan er hier slechts enkele kort worden behandeld:

- Lokale sturing,
- Centrale sturing,
- Dynamische sturing.

Van *lokale sturing* wordt gesproken als een object wordt geregeld op basis van informatie in de nabijheid van dat object. Bijvoorbeeld eenemaal dat in- en uitschakelt op grond van de bovenstroomse



waterstand. Veelal is bij deze regeling sprake van een statische waarde waarop wordt geregeld, bijvoorbeeld een streefpeil.

Onder *centrale sturing* vallen alle vormen van sturing waarbij informatie van verschillende locaties wordt gebruikt. Evenals bij lokale sturing, wordt bij de meest eenvoudige vorm van centrale sturing gebruik gemaakt van min of meer statische streefwaarden.

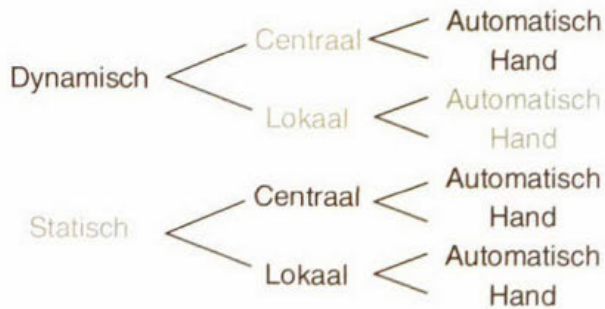
In vergelijking met lokale sturing is het voordeel van centrale sturing dat er een beter beeld van de feitelijke toestand in het watersysteem wordt gebruikt om tot beslissingen over sturingsacties te komen. Daardoor kunnen tegenstrijdige lokale sturingen worden voorkomen.

Er wordt daarbij gebruik gemaakt van meetnetten en centraal opgestelde computers die sturingsacties bepalen op grond van vastgestelde regels. Een voorbeeld van deze vorm van sturing is de integrale beheersing van de oppervlaktewaterstand in een polder- en boezemsysteem.

Bij *dynamische sturing* worden sturingsacties bepaald op grond van in de tijd variërende eisen die door diverse belangen aan het watersysteem worden gesteld. Bij dynamische sturing wordt de beschikbare capaciteit in het watersysteem zo goed mogelijk benut. Dynamische sturing is met name interessant als er sprake is van een complex aan eisen en vooral in extreme situaties, zoals het geval is bij extreem waterbezwaar of grote droogte.

Lokale, centrale en dynamische sturing worden in de praktijk, afhankelijk van de situatie, ook in samenhang toegepast. Bij alle vormen van sturing, inclusief dynamische sturing, kunnen objecten zowel automatisch als handmatig worden gestuurd. Dat is afhankelijk van het aantal te sturen objecten en het belang dat de waterbeheerder hecht aan automatisch of juist handmatig bedrijf.

Een overzicht van de mogelijke vormen van sturing en de bijbehorende terminologie is gegeven in schema 1. De combinaties met termen die in grijs zijn aangegeven zijn minder gebruikelijk en daarom spreken we in de praktijk van: dynamische automatische sturing, dynamische handmatige sturing, centrale automatische sturing, centrale handmatige sturing, lokale automatische sturing en lokale handmatige sturing.



*Schema 1. Gebruikte terminologie voor sturing.*

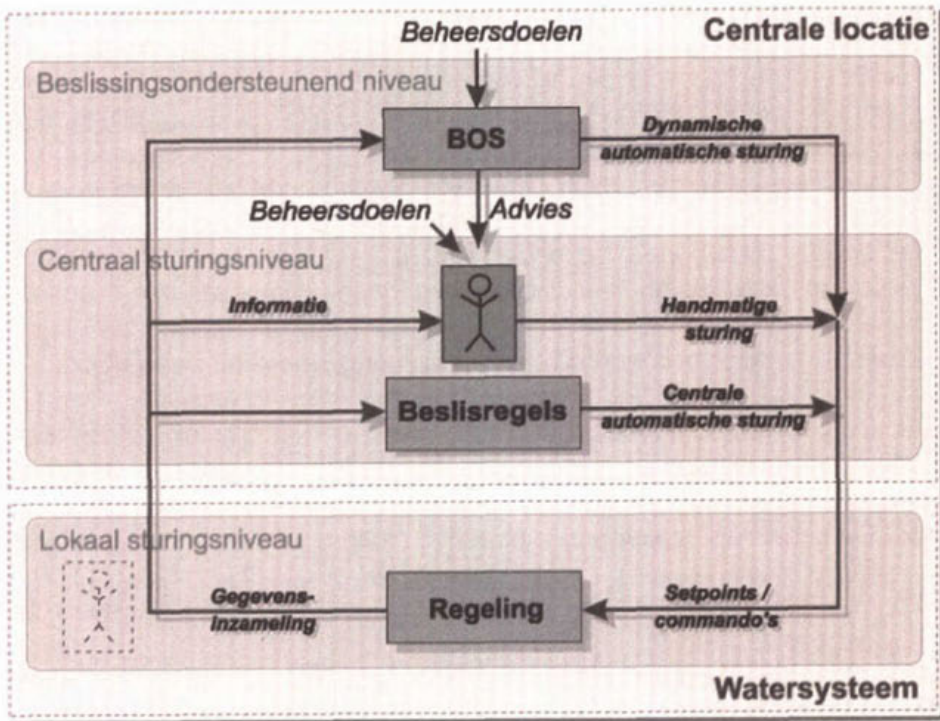
### **Het algemene sturingssysteem**

Een gegeneraliseerd overzicht van een sturingssysteem is gegeven in figuur 1. Er wordt in dat figuur onderscheid gemaakt naar functie en naar locatie van componenten. De functies in het sturingssysteem zijn ondergebracht op drie niveaus:

- Het beslissingsondersteunend niveau
- Het centraal sturingsniveau
- Het lokaal sturingsniveau.

Het beslissingsondersteunende niveau en het centraal sturingsniveau zijn veelal op een centrale locatie geplaatst. Het lokaal besturingsniveau bevindt zich in het watersysteem, bij de te besturen objecten zoals gemalen, stuwen en sluisen.

In het algemeen kan worden gesteld dat sturingsacties kunnen worden ingezet vanuit elk van deze drie niveaus. De actuele status van het watersysteem en de risico's die gepaard gaan met de uit te voeren sturingsacties, bepalen over het algemeen of personen dan wel apparaten de operationele beslissingen nemen.



Figuur 1. Niveaus in een sturingsstelsel en sturingscyclus (Lobrecht, 1997b).

### ***Beslissingsondersteunend niveau***

Op dit niveau worden beslissingen voorbereid, geanalyseerd en geëvalueerd. Daarbij vormen de beheersdoelen het uitgangspunt. De eisen die samenhangen met de beheersdoelen worden zodanig geformuleerd dat personen of apparaten daarmee op eenduidige wijze kunnen werken. Bijvoorbeeld: "handhaaf de waterstand tussen NAP - 0,35 en -0,45 m"; "zorg voor een chloridegehalte van minder dan 200 mg/l".

Dergelijke eisen geven de waterbeheerder een bepaalde vrijheid van handelen; de "beheersruimte". Bij een goed ontworpen watersysteem zullen er onder normale omstandigheden voldoende mogelijkheden zijn om aan de beheersdoelen te voldoen.

Onder meer extreme omstandigheden, zoals tijdens hevige neerslag of grote droogte, zal deze beheersruimte kleiner worden en wordt de beheerder gedwongen bepaalde keuzes te maken, waarbij mogelijk niet aan alle eisen kan worden voldaan. De evaluatie van de mogelijkheden die er dan nog zijn, kan op het beslissingsondersteunend niveau worden uitgevoerd met een BOS.

Er zijn diverse uitvoeringsvormen van een dergelijk BOS. Een belangrijk onderscheid is de wijze van gebruik. Er zijn de volgende mogelijkheden (zie ook figuur 1):

1. De beheerder speelt een interactief vraag en antwoordspel met het BOS;
2. Het BOS bepaalt zelf wat de sturingsstrategie is en adviseert de beheerder;
3. Het BOS bepaalt de beste sturingsstrategie en voert deze automatisch uit.

Het zal duidelijk zijn dat met de toenemende complexiteit van het watersysteem, het voor de waterbeheerder lastiger wordt om ter plekke geschikte vragen te bedenken. In situaties van extreem waterbezwaar moet vaak snel gehandeld worden en is het maar de vraag of men daarvoor dan de tijd zal nemen.

Wel is de eerste mogelijkheid bij uitstek geschikt voor het opleiden van bedienend personeel. Extreme situaties die zich kunnen voordoen in het watersysteem kunnen immers met het BOS worden nagebootst.

Het BOS beschikt over dezelfde gegevens als de beheerder en daarom kan in principe direct een zo gunstig mogelijke sturingsstrategie worden bepaald (mogelijkheid 2). In Nederland wordt meestal gebruik gemaakt van simulatie- en optimalisatiemodellen, maar expert-systemen komen hier ook voor in aanmerking.

Er zijn uitvoeringen van een BOS waarbij de bovengenoemde mogelijkheden 1 en 2 worden gecombineerd. Er wordt dan bijvoorbeeld gewerkt met een vaste set aan strategieën, die voor de specifieke situatie automatisch worden doorgerekend en geëvalueerd. Deze combinatie is wel in een on-line toepassing te gebruiken.

In geval van mogelijkheid 3 wordt de sturingscyclus automatisch doorlopen en worden op het niveau van het BOS sturingsacties ingezet, zonder tussenkomst van de beheerder. Afhankelijk van de situatie, kan een dergelijke aanpak gewenst zijn. In de waterschapswereld overheerst op het moment de mening dat de beheerder zelf de sturing moet inzetten en dus onderdeel vormt van de sturingscyclus.

Een voorbeeld waarbij bewust is gekozen voor het juist omzeilen van de beheerder is de Maeslantkering (Bol & Van der Wekken, 1999). De gedachte bij het altijd volautomatisch laten draaien van een BOS is dat onder extreme omstandigheden de beheerder niet in staat wordt geacht om consequent rationele beslissingen te nemen.

### ***Centraal sturingsniveau***

Dit is het niveau waarop vanuit een centrale locatie kan worden ingegrepen in de waterbeheersing door de waterbeheerder. Er zijn diverse vormen van centrale sturing, variërend van afstandsbediening door personen (centrale handmatige sturing) tot automatische sturing door computers (centrale automatische sturing).

In geval van centrale handmatige sturing wordt de gewenste sturingsstrategie door de waterbeheerder bepaald en ingezet. Eventueel wordt hij hierbij ondersteund door een BOS. Bij centrale automatische sturing wordt veelal gebruik gemaakt van logische sturingsregels, hier aangeduid met "beslisregels".

Beslisregels zijn feitelijk sets van vastgelegde sturingsacties die door een computer afgelopen worden. De keuze voor bepaalde sturingen is daarbij afhankelijk van de toestand in het watersysteem.

De informatie waarop de waterbeheerder zich baseert is van cruciaal belang voor de goede werking van het sturingsstelsel. Onnauwkeurige metingen kunnen leiden tot verkeerde interpretatie van wat zich in het watersysteem afspeelt. Het omzetten van ingezamelde gegevens naar bruikbare en gevalideerde informatie is een separate bewerkingslag. Het belang daarvan voor de waterbeheersing is eerder aangegeven door Hartong (1995).

Zowel het centrale sturingsniveau als het beslissingsondersteunende niveau worden hier geacht op een centrale locatie te zijn geplaatst. In feite hoeft dit niet één locatie te zijn, maar kan gedistribueerd zijn over verschillende locaties. Met de opkomst van Internet-toepassingen zal deze situatie zich steeds meer gaan voordoen.

### ***Lokaal sturingsniveau***

Op dit sturingsniveau worden de benodigde sturingen uitgevoerd en gecontroleerd. Lokale regelaars werken met behulp van gewenste waarden, ook wel "setpoints". De taak van de lokale regelaars is om de gestuurde variabelen in het watersysteem, zoals de waterstand of het debiet, zo goed mogelijk bij de setpoints te houden.

Bedieningscommando's worden vanuit het centrale niveau aan het lokale niveau doorgegeven en daarmee kunnen apparaten, zoals aandrijvingen van motoren, worden in- of uitgeschakeld.

Om de actuele toestand in het watersysteem te kunnen bepalen moeten variabelen, zoals de waterstand op verschillende plaatsen, in het watersysteem worden gemeten. Dit wordt "gegevensinzameling" genoemd, en heeft in principe betrekking op automatisch gemeten variabelen, handmatige metingen en observaties.

Zo kan een sturingsstrategie die is ingezet op grond van informatie uit het watersysteem, worden geëvalueerd en eventueel worden aangepast. Voor niet gemeten variabelen, die wel van belang zijn voor de in te zetten sturing, kan op het beslissingsondersteunende niveau gebruik worden gemaakt van simulatiemodellen waarmee deze ontbrekende variabelen kunnen worden gereconstrueerd.

Bij het sturen van grote en complexe watersystemen, kan het soms nodig zijn om meer lagen te onderkennen in het systeem van figuur 1. Om die situatie aan te geven is een tweede waterbeheerder (gestippeld) in de onderste rechthoek gegeven. Vanuit deze locatie kunnen opnieuw andere locaties worden aangestuurd, waardoor een hiërarchie ontstaat van lokale en daarboven eventueel meer (de)centrale besturingsniveaus.

#### **4. Overwegingen bij invoering van een BOS**

Zoals in de inleiding is vermeld, worden beslissingsondersteunende systemen toegepast bij het maken van strategische keuzes in het waterbeheer en bij het dagelijkse beheer. Er is nagenoeg altijd sprake van computertoepassing en het gebruik van modellen.

De wijze waarop een advies van een BOS tot stand is gekomen, dient voor de gebruiker helder en traceerbaar te zijn. Dat is een scherpe eis, die gevolgen heeft voor de keuze van het type modellen en de complexiteit van deze modellen.

Zowel bij de off-line als bij de on-line uitvoeringsvorm van een BOS wordt berekend wat er in het watersysteem zal gebeuren bij het doorvoeren van een bepaalde beslissing. De nauwkeurigheid van de gebruikte modellen die daarbij kan worden gehaald is van groot belang.

Daarom moeten de gebruikte modellen worden gekalibreerd en geverifieerd. Dat kan onder meer aan de hand van het doorrekenen van situaties die zich in het verleden hebben voorgedaan. Daarbij moet dan wel alleen gebruik worden gemaakt van informatie die op dat moment beschikbaar was.

Een dergelijke verificatie is essentieel en dient bij een operationeel BOS regelmatig te worden herhaald. De situatie in het beschreven watersysteem kan immers veranderen. Dat hoeft niet altijd een

verandering in de inrichting van het watersysteem te zijn, maar kan ook het gevolg zijn van een andere wijze van beheer.

Modellen zijn slechts een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid en over het algemeen kan een goede nabootsing van die werkelijkheid alleen binnen beperkte grenzen worden gehaald. Dat is voor de on-line toepassing een lastige beperking en kan het noodzakelijk maken om het gebruikte model telkens, eventueel automatisch, opnieuw te kalibreren.

### **Voorspelling bij operationeel beheer**

Bij het bepalen van de reactie van het watersysteem op een zekere sturingsstrategie, kan voorspelling van de belasting van het watersysteem, bijvoorbeeld de neerslag, belangrijk zijn. Daarbij maakt het uit of de voorspelling voor een lange of juist korte periode vooruit moet worden gemaakt.

In snel reagerende systemen, zoals polders, is over het algemeen een relatief nauwkeurige voorspelling over een korte tijd (uren tot dagen) nodig. In langzaam reagerende systemen, zoals in hellende gebieden voorkomen, kan veelal worden volstaan met een meer globale voorspelling over een langere periode (dagen tot weken).

Een onnauwkeurige voorspelling van de belasting van het watersysteem zorgt voor een onnauwkeurig resultaat en daarmee wellicht tot onjuiste beslissingen. Deze gevoeligheid, die in ieder BOS aanwezig is, dient voorafgaand aan het in praktijk brengen van dat BOS te worden getoetst.

### **Beproeving in de praktijk**

De juistheid van de uitkomst van een BOS kan worden beproefd door het systeem parallel met het gebruikelijke beslissingsproces te laten lopen en te bezien waar zich, bij het gebruik van het BOS, afwijkingen van de normale procesgang zouden voordoen.

Dit is tevens een werkwijze waarbij de toekomstige gebruikers van een BOS kunnen worden getraind en de praktische waarde van het systeem kan worden bepaald.



De beproeving van het BOS door ervaren waterbeheerders, waarbij de resultaten met ervaringsregels worden vergeleken, is voorwaarde voor succesvolle invoering van een dergelijk systeem.

De gebruikers moeten immers kunnen vertrouwen op de juistheid van de antwoorden die ze op hun vragen krijgen van het BOS.

## 5. Literatuur

- Bol, R.; Wekken, A. van der (1999). Het BOS van de Maeslantkering. In: *Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing; het hoe en waarom van een BOS*. KIVI / STOWA. Hageman Verpakkers BV, Zoetermeer, NL.
- Hartong, H.J.G. (1995). Van data naar informatie. In: *Automatisering van de waterbeheersing*. KIVI / STOWA rapporten nummer 10. Hageman Verpakkers BV, Zoetermeer, NL.
- Lobbrecht, A.H. (1997a). Dynamic Water-System Control; Design and Operation of Regional Water-Resources Systems. Balkema Uitgevers, Rotterdam, NL.
- Lobbrecht, A.H. (1997b). *Dynamische sturing van watersystemen; ontwerp en beheer van regionale water systemen*. STOWA rapport 97-35. Hageman Verpakkers BV, Zoetermeer, NL.
- Lobbrecht, A.H.; Sinke, M.D.; Bouma, S.B. (1998). Dynamic Control of the Delfland Polders and Storage Basin, NL. In: *Application of Models in Water Management*. Aquatech'98 Conference Proceedings, IAWQ, EWPCA and NVA.
- Loucks, D.P. (1991). Computer-Aided Decision Support in Water Resources Planning and Management. In: *Decision Support Systems, Water Resources Planning*. NATO ASI series G: Ecological Sciences, Vol. 26, 3-41. Springer Verlag Heidelberg-Berlin.
- Solomatine D.P., Torres L.A. (1996). *Neural network approximation of a hydrodynamic model in optimizing reservoir operation* - Proc. 2nd Intern. Conference on Hydroinformatics, Zurich, September 9-13, pp. 201-206.
- Sprague, R.H. & Carlson, E.D. (1982). *Building Effective Decision Support Systems*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, USA.

Vermeulen, C.J.M. (1999). Beslissen in het dagelijkse waterbeheer - een enquête. In: *Beslissen in de dagelijkse waterbeheersing; het hoe en waarom van een BOS*. KIVI / STOWA. Hageman Verpakkers BV, Zoetermeer, NL.





## **Beslissen in het dagelijkse waterbeheer – een enquête**

ir. C.J.M. Vermeulen – HKV LIJN IN WATER  
Postbus 2120, 8203 AC Lelystad

### **1. Inleiding**

Dit artikel is de verslaglegging en analyse van de resultaten van een onder regionale waterbeheerders gehouden enquête over beslissen in het operationele waterbeheer. Het accent ligt hierbij op de keuzes die de waterbeheerder dagelijks moet maken in de uitvoering van zijn taak. Met waterbeheerder wordt in dit artikel de persoon bedoeld die verantwoordelijk is voor het operationele waterbeheer. Eenvoudigheidshalve wordt ervan uitgegaan dat deze persoon ook de evaluatie van het waterbeheer uitvoert en zorgt voor de historische gegevensopslag.

Doel van de enquête was het vaststellen van de actuele stand van zaken en de voorziene ontwikkelingen bij het beslissen in de dagelijkse waterbeheersing.

In de uitwerking van de enquête is steeds onderscheid gemaakt in vier oppervlaktewatersystemen. Waar mogelijk zijn de resultaten samengenomen tot een algemene uitspraak. De bevindingen worden in de meeste gevallen uitgedrukt in percentages. Omdat op de vragen meerdere antwoorden mogelijk waren is de som van de percentages niet noodzakelijk gelijk aan 100.

### **2. Oppervlaktewatersystemen**

In de enquête zijn vier type watersystemen onderscheiden:

A. Hoog gelegen gronden

Watersystemen van hoger gelegen gronden zoals beeksystemen. Deze beeksystemen lozen het neerslagoverschot op zwaartekracht op een boezem, op rivieren en of direct op IJsselmeer of zee.

De watersystemen zijn in beheer bij waterschappen. Als voorbeeld kan de Tjonger of de Geul gezien worden.

B. Poldersystemen

Watersystemen van polders. Deze polders lozen hun neerslagoverschot door middel van een gemaal op een boezem, een rivier of het IJsselmeer of op zee. De watersystemen zijn in beheer bij waterschappen. Als voorbeeld kan de Haarlemmermeerpolder gezien worden.

C. Boezemsystemen

Boezemsystemen. Deze boezems ontvangen en leveren water van en aan watersystemen A en B. Deze watersystemen zijn in beheer bij waterschappen. Als voorbeeld kan de boezem van Rijnland gelden.

D. Watersystemen in beheer van Rijkswaterstaat (RWS)

Dit zijn rivieren, delen van rivieren, IJsselmeer, afgesloten zeearmen, etc.

	Hoog-gelegen systemen	Polder-systemen	Boezem-systemen	In beheer RWS	TOTAAL
Aantal geënquêteerde waterbeheerders	22	31	17	1	42
Aantal watersystemen verschillend qua waterbeheer	34	64	27	4	129
Totaal aantal watersystemen	149	1170	27	4	1350
Gem. oppervlakte watersysteem (in ha.)	1850	146	9220	50000	--

Tabel 1. Respons op enquête.

In Tabel 1 zijn de algemene resultaten van de enquête weergegeven. Een deelsysteem bestaat één of meerdere vergelijkbare watersystemen (niet of nauwelijks verschillend qua dagelijks waterbeheer).

Er hebben 42 waterbeheerders gereageerd die meestal verantwoordelijk zijn voor meerdere watersystemen.

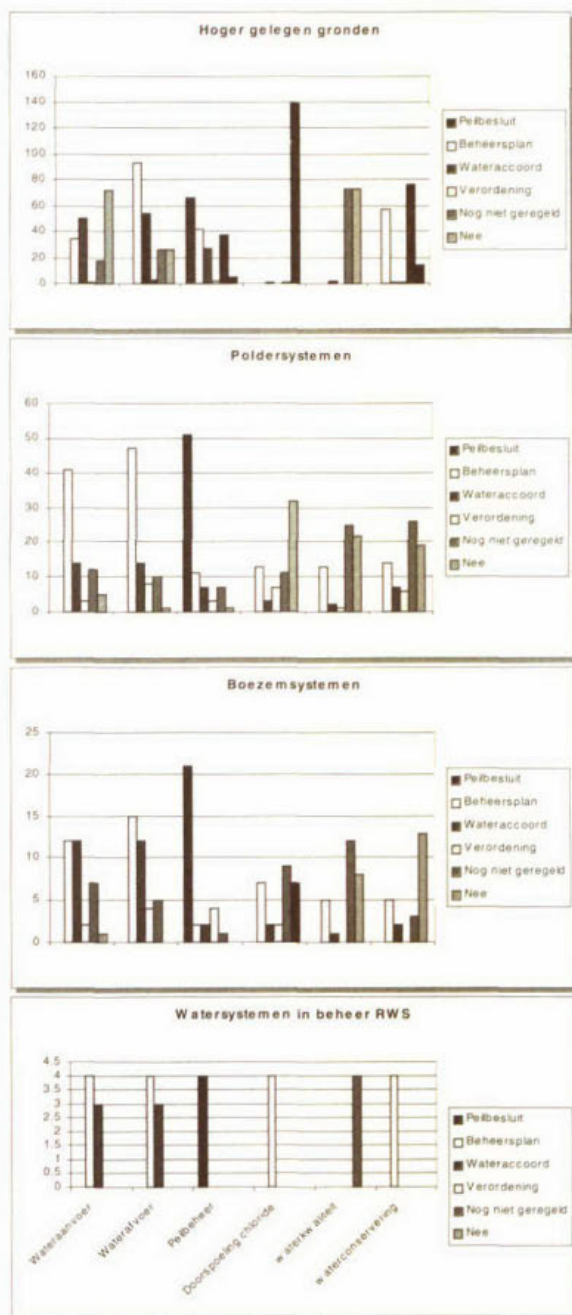
### **3. Beheersdoelen in het waterbeheer**

Om te kunnen beoordelen of het waterbeheer goed wordt uitgevoerd moet het kunnen worden getoetst aan de beheersdoelen. In de enquête zijn zes typen beheersdoelen voor het dagelijkse waterbeheer onderscheiden:

1. Wateraanvoer
2. Waterafvoer
3. Peilbeheer
4. Doorspoeling op chloride
5. Doorspoeling voor waterkwaliteitsparameters
6. Waterconservering

Gevraagd werd of, en zo ja hoe, de organisatie deze beheersdoelen heeft vastgelegd. In Figuur 1 is de informatie uit de tabel per deelsysteem grafisch weergegeven. Een deelsysteem bestaat uit één of meerdere vergelijkbare watersystemen (niet of nauwelijks verschillend qua dagelijks waterbeheer). Op de horizontale as van de grafiek staan de beheersdoelen, met vertikaal het aantal watersystemen (verschillend qua waterbeheer) waarvan de beheersdoelen op de desbetreffende wijze zijn vastgelegd. In Figuur 1 is aangegeven hoeveel watersystemen de desbetreffende beheersdoelstelling hebben vastgelegd in een beheersplan, waterakkoord enzovoort. Hierbij zijn per organisatie vergelijkbare watersystemen (qua waterbeheer) samengenomen.

Het beheersplan en/of het waterakkoord is voor de waterkwantiteit het meest gebruikte middel om de beheersdoelstellingen vast te leggen. Voor peilbeheer wordt voor alle watersystemen voornamelijk gebruik gemaakt van een peilbesluit. Doorspoeling, waterconservering en waterkwaliteit zijn in veel gevallen (nog) niet geregeld.



Figuur 1. Herkomst operationele beheersdoelen.



Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat waterkwantiteit een hogere prioriteit heeft en eenvoudiger te hanteren is.

Alle waterbeheerders verwachten, ongeacht het watersysteem, dat er in de toekomst meer beheersdoelen zullen worden vastgelegd, met name beheersdoelen met betrekking tot grondwaterstand en waterkwaliteit. Daarnaast wordt verwacht dat het operationele waterbeheer de bestaande infrastructuur efficiënter zal gaan benutten (bijvoorbeeld door anticiperen op waterbezwaar of watertekort, optimalisatie gebiedseigen water en benutten berging van het beheersgebied). De beheersdoelstellingen zullen in de toekomst meer en meer verifieerbaar worden vastgelegd. Naast het beschrijven van de doelstelling zal worden vastgelegd hoe de doelstelling moet worden geverifieerd.

Opvallend is dat veel waterbeheerders aangeven dat er een verdergaande integrale aanpak in het waterbeheer wordt voorzien, terwijl anderen juist verwachten dat sommige activiteiten (genoemd worden kwaliteit en kwantiteit) gescheiden zullen blijven.

De ontwikkelingen in de regelgeving stemmen overeen met die van de beheersdoelstellingen. Naast peilen zal de regelgeving ook grondwater, waterconservering en waterkwaliteit gaan vastleggen. Het accent in de regelgeving zal verschuiven naar duurzaamheid en flexibiliteit van watersystemen. Er zullen geen vaste normen worden vastgelegd maar marges voor doelvariabelen (zoals peil, kwaliteitsparameters en dergelijke). De beheersdoelen kunnen zodoende beter worden afgestemd op de functies van het watersysteem.

#### **4. Beslissen en sturen**

Operationeel waterbeheer houdt in dat er meerdere malen per dag beslissingen moeten worden genomen over de inzet van de kunstwerken (inzet gemalen, instellen kruinhoogte van stuwen, inzet spuisluizen, inzet inlaatmiddelen). De dagelijkse beslissingen kunnen op verschillende manieren genomen worden. Per watersysteem kan dit weer verschillen.

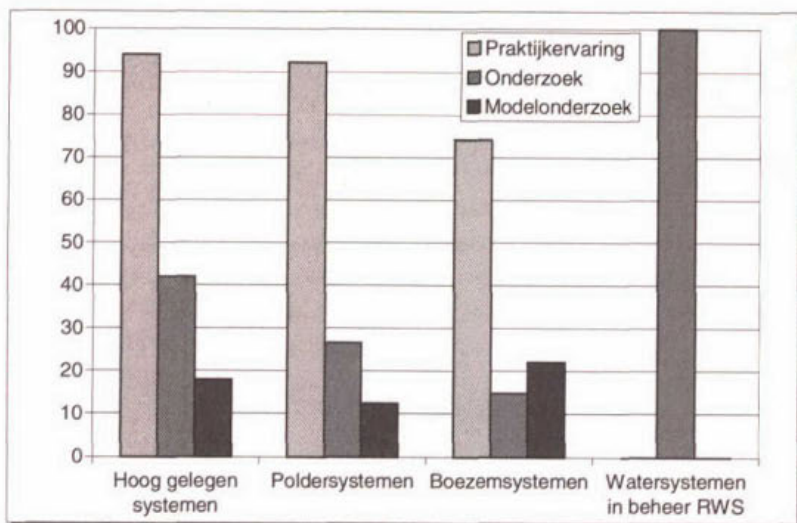
Sturing van het watersysteem kan lokaal en centraal plaatsvinden. Bij lokale sturing zijn de regels voor de inzet van kunstwerken gebaseerd op de situatie ter plaatse van het kunstwerk (bijvoorbeeld inzet gemaal bepaald door in- en uitslagpeilen direct voor gemaal).

Bij centrale sturing zijn de regels voor de inzet van een kunstwerk gebaseerd op metingen van twee of meer meetlocaties in het desbetreffende gebied (bijvoorbeeld de kruinhoogte van een stuw wordt bepaald op basis van de inzet van een gemaal elders). In deze definitie van lokale/centrale sturing maakt het niet uit of de kunstwerken automatisch worden aangestuurd: het gaat erom welke meetinformatie wordt gebruikt voor beslissingen.

Poldersystemen en watersystemen in beheer bij RWS zijn vrijwel allemaal lokaal geautomatiseerd. Voor hoog gelegen systemen en boezemsystemen ligt de situatie iets anders. Centrale sturing wordt, met uitzondering van RWS, nog beperkt toegepast (tussen de 10 en 30 procent). Van watersystemen in beheer bij RWS is aangegeven dat deze zowel lokaal als centraal worden bestuurd.

De keuze voor lokale of centrale sturing wordt voornamelijk bepaald door de omvang en de complexiteit van het watersysteem. Polder- en hoog gelegen systemen zijn relatief eenvoudig lokaal te automatiseren. Voor boezemsystemen is een centrale sturing meer geschikt omdat sturen op lokale parameters door de omvang van het watersysteem lastig is (lokale effecten van wind en weerstand van de waterlopen). Bovendien moet voor boezemsystemen in het algemeen een afweging worden gemaakt tussen de verschillende kunstwerken.

De beslisregels voor de inzet van kunstwerken kunnen op verschillende manieren worden afgeleid: door praktijkervaring, door onderzoek en/of door modelonderzoek. In Figuur 2 zijn per watersysteem de percentages aangegeven waarbij een combinatie van methoden mogelijk is. Met uitzondering van de systemen in beheer RWS is praktijkervaring de belangrijkste bron voor het afleiden van beslisregels. Praktijkervaring blijkt onmisbaar bij het opstellen van beslisregels, (model)onderzoek wordt gezien als een goed instrument, mits ook praktijkervaring wordt ingebracht.

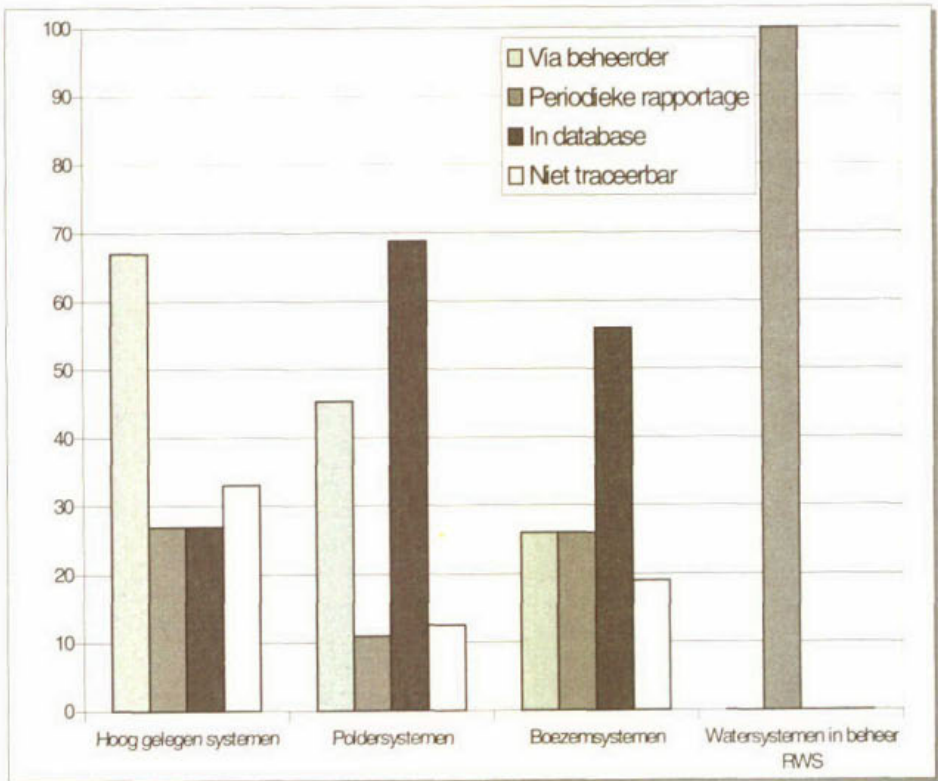


Figuur 2. Wijze waarop beslisregels worden afgeleid per watersysteem.

De invloed van het jaargetijde op de beslisregels varieert per watersysteem: de beslisregels voor hoog gelegen systemen zijn sterk afhankelijk van het jaargetij, polder- en boezemsystemen minder en voor watersystemen in beheer RWS zijn de beslisregels onafhankelijk van het jaargetij. Een omgekeerd beeld geldt voor het vastleggen van de beslisregels door het bestuur/management. De beslisregels voor watersystemen in beheer van RWS zijn de regels vastgesteld door het management, maar de beslisregels voor de hooggelegen systemen zijn vrijwel niet vastgesteld door het management. De polder- en boezemsystemen liggen er weer tussenin.

Voor evaluatie van het waterbeheer is het noodzakelijk dat de genomen beslissingen (het wat en waarom van de inzet van kunstwerken) traceerbaar zijn. In Figuur 3 is per watersysteem aangegeven hoe dit in praktijk plaatsvindt. Voor RWS zijn periodieke rapportages een belangrijk instrument. Polder- en boezemsystemen slaan deze informatie op in een database of noemen de waterbeheerder als bron. Voor hoger gelegen systemen is de waterbeheerder de belangrijkste ingang.

Kwaliteitsborging bij het hanteren van de beslisregels wordt slechts sporadisch toegepast, met een uitzondering bij boezemsystemen, waar 30% van de boezemsystemen een of andere vorm van kwaliteitsborging toepast.



Figuur 3. Traceerbaarheid van beslissingen (percentage per watersysteem).

Modelonderzoek wordt voor alle watersystemen een steeds belangrijker middel voor het afleiden van beslisregels in het dagelijkse waterbeheer. Modelsimulaties worden niet zozeer gebruikt om de beslisregels af te leiden, maar om de beslisregels kwantitatief te onderbouwen. De noodzaak van modelonderzoek ligt in de toenemende verbreiding (meer parameters en beheersdoelstellingen) en het gewenste detail (nauwkeurigheid) van het waterbeheer. Voor boezemsystemen en systemen in beheer van RWS wordt verwacht dat

beslissingen steeds meer geautomatiseerd tot stand zullen komen, waarbij specifiek aan een BOS wordt gedacht.

Een efficiënte digitale opslag en een periodieke rapportage worden gezien als een essentieel instrument voor het traceerbaar maken van beslissingen. Een belangrijke ontwikkeling is een of andere vorm van kwaliteitsborging van het waterbeheer met een voortgaande formalisering van beslisregels met rapportage aan de hand van afrekenbare doelen.

## **5. Informatiebehoefte**

Om beslissingen te kunnen nemen is informatie over de toestand van het watersysteem nodig. Met informatie wordt in dit verband altijd actuele meetgegevens bedoeld die gebruikt wordt bij de inzet van de kunstwerken. Veelal zal deze informatie via telemetrie worden ingewonnen, maar het kan ook van persoon tot persoon doorgebeld worden of via de radio (weersverwachting) vernomen.

In Tabel 2 is per watersysteem voor verschillende parameters de informatiebehoefte van de waterbeheerder gegeven (niet alle geënquêteerde waterbeheerders hebben de vraag beantwoord).

Informatie-voorziening	Frequentie	Hoog gelegen systemen	Polder-systemen	Boezem-systemen	In beheer RWS
Debieten en waterstanden	Altijd	69	73	74	100
	Speciale situaties	29	20	7	0
	Nooit	3	6	0	0
Grondwaterstanden	Altijd	6	5	0	0
	Speciale situaties	41	9	7	100
	Nooit	56	80	85	0
Waterkwaliteits-parameters	Altijd	3	6	22	50
	Speciale situaties	26	31	37	50
	Nooit	74	59	33	0
Gemeten neerslag en verdamping	Altijd	15	28	56	100
	Speciale situaties	50	91	33	0
	Nooit	35	20	7	0
Voorspelde neerslag en verdamping	Altijd	6	17	48	100
	Speciale situaties	59	66	44	0
	Nooit	35	13	0	0
Waterstanden en/ of debieten uit watersystemen waarop water wordt afgevoerd	Altijd	9	30	37	100
	Speciale situaties	59	59	41	0
	Nooit	35	9	22	0
Waterstanden en/ of debieten uit watersystemen waarvan water wordt aangevoerd	Altijd	24	34	48	100
	Speciale situaties	32	36	26	0
	Nooit	35	50	19	0
Waterkwaliteits-parameters uit watersystemen waarvan water wordt aangevoerd?	Altijd	3	14	11	100
	Speciale situaties	17	28	37	0
	Nooit	71	55	44	0

Tabel 2. Informatiebehoefte waterbeheerder per parameter en watersysteem.

Beslissingen worden voornamelijk gebaseerd op gemeten waterstanden in het eigen beheersgebied en, vooral in speciale situaties, op die uit omliggende watersystemen.

Grondwaterstanden worden in speciale situatie gebruikt in hoog gelegen systemen en systemen in beheer RWS. Polder- en boezemsystemen maken nauwelijks gebruik van grondwaterstanden. De gemeten en voorspelde neerslag en verdamping wordt door de hoog gelegen systemen en poldersystemen hoofdzakelijk gebruikt in speciale situaties. De beslisregels van boezemsystemen en watersystemen in beheer RWS zijn gebaseerd op actuele en voorspelde meteogegevens. Waterkwaliteitsparameters worden voornamelijk gebruikt in speciale situaties.

De informatiebehoefte zal in de toekomst toenemen, waarbij een verbreding van het informatiepakket wordt voorzien. De informatiebehoefte betreft meer meetgegevens (vooral grondwaterstanden, neerslag en kwaliteitsparameters), maar er is ook een toenemende behoefte aan (model)voorspellingen. In het beslissen wil men steeds meer gebruik maken van (model)voorspellingen van de omstandigheden (bijvoorbeeld verwachte neerslag of zeestanden) en (model)voorspellingen van het effect van de voorgenomen sturingsacties op het watersysteem.

De informatiebehoefte van de waterbeheerders is consistent, met de beheersdoelstellingen die voor de watersystemen zijn gedefinieerd. De verwachte ontwikkelingen in de beheersdoelstellingen komen terug in de verwachte ontwikkelingen van de informatiebronnen.

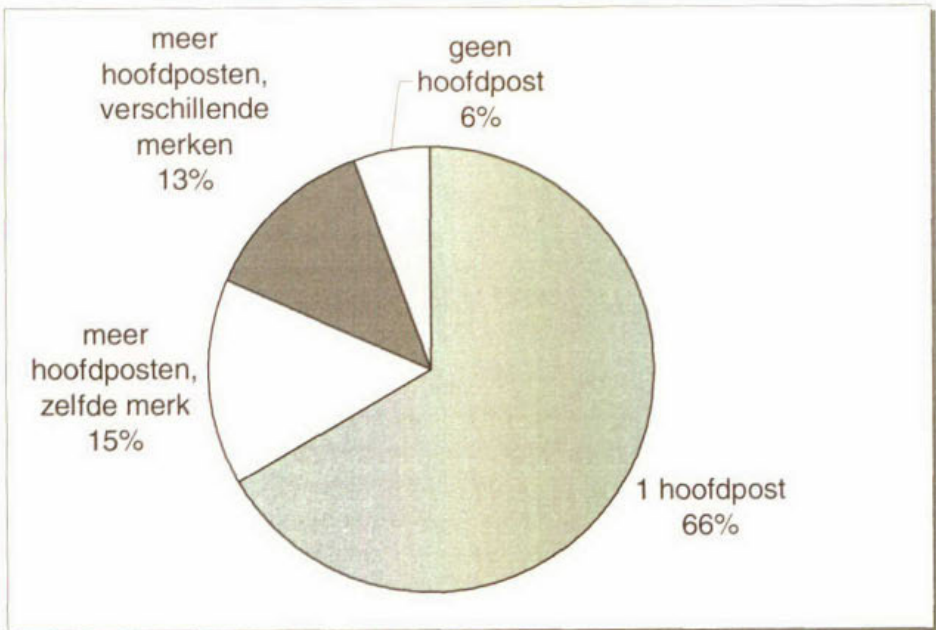
De automatisering van de gegevensinwinning zal daarbij toenemen zowel van het eigen meetnet als uitwisseling met andere waterbeheerders en meteorologische diensten (bijvoorbeeld KNMI). Er is een toenemende behoefte om de informatie on-line beschikbaar te hebben, waarbij internet als een potentieel belangrijk middel wordt aangemerkt.

## 6. Informatieverwerking

De waterbeheerder moet kunnen vertrouwen op de informatie waarop de sturing van het watersysteem wordt gebaseerd. Gevraagd is naar de wijze waarop de waterbeheerders omgaan met de ruwe meetgegevens en hoe deze wordt omgezet in informatie voor het waterbeheer.

Vrijwel alle waterbeheerders beschikken over één of meerdere hoofdposten voor de gegevensinwinning. Slechts een beperkt aantal watersystemen is niet voorzien van telemetrie.

Tweederde van de waterbeheerders beschikt over één hoofdpost (zie wezen op meerdere hoofdposten Figuur 4), terwijl circa 30% voor de gegevensvoorziening is aangewezen op meerdere hoofdposten.



Figuur 4. Gegevensvoorziening van de waterbeheerders.

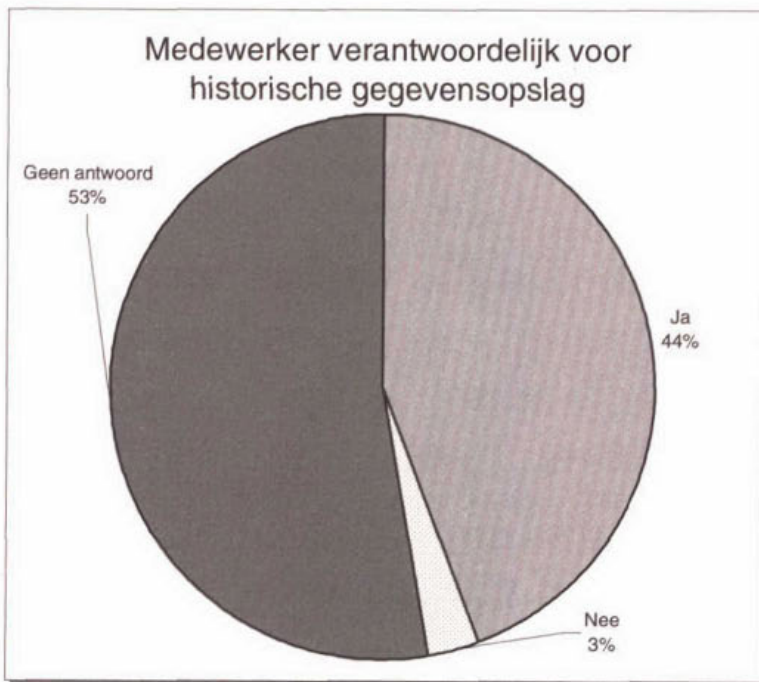
Alle watersystemen valideren de automatisch ingewonnen meetgegevens. Het merendeel van de gegevens worden gevalideerd



op de centrale post van het telemetriesysteem. De boezemsystemen kennen vrijwel geen validatie op het onderstation, waarschijnlijk omdat voor boezemsystemen vaak een centrale sturing wordt toegepast.

De belangrijkste vorm van validatie is de controle op minimale en maximale waarde van de meetwaarde. In mindere mate wordt de consistentie met andere parameters uitgevoerd, zowel van dezelfde als andere locaties. Circa de helft van de waterbeheerders slaat de meetgegevens na verloop van tijd op in een hydrologische database, RWS doet dit altijd. In de meeste gevallen worden de meetgegevens bij het overzetten naar de historische database niet opnieuw gevalideerd.

Het lijkt erop dat bij de meeste organisaties een medewerker verantwoordelijk is voor de validatie en het beheer van de meetgegevens. Een duidelijk beeld is hierin niet beschikbaar omdat niet alle geënquêteerde waterbeheerders deze vraag hebben beantwoord (zie Figuur 5).



Figuur 5. Verantwoordelijkheid beheer historische gegevensopslag.

Uit de enquête blijkt dat het beheer van de historische, hydrologische gegevens door de waterbeheerders als belangrijk wordt ervaren. Er bestaan grote verwachtingen ten aanzien van de ontwikkelingen hierin. Rode draad in de verwachte ontwikkelingen is het streven naar een kwaliteitsstempel op de meetgegevens. Verwacht wordt dat het valideren op een of andere wijze wordt geformaliseerd, mogelijk als onderdeel van de kwaliteitsborging in het waterbeheer. Belangrijke stappen hierin zijn de groei naar een uniforme datastructuur (GW '96, Adventus) en automatisering van de validatie-activiteiten.

Een extra validatie van de meetgegevens voordat deze worden geëxporteerd naar een historische gegevensopslag (database) is noodzakelijk. Enerzijds omdat de waterbeheerder correcties moet uitvoeren op de "afgekeurde" meetwaarden, anderzijds moeten de gegevens geschikt zijn voor andere toepassingen dan het dagelijks waterbeheer (de meetgegevens moeten worden voorzien van een kwaliteitsstempel). Door de waterbeheerders wordt opgemerkt dat geautomatiseerde gegevensverwerking wenselijk is, maar in de praktijk vaak moeizaam verloopt.

## **7. Strategiebepaling**

Met strategiebepaling wordt bedoeld het proces waarin de inzet voor de kunstwerken van het watersysteem wordt bepaald. Een sturingsstrategie is een (voorgenomen) inzet van alle kunstwerken onder eigen beheer. Hierbij is het mogelijk verschillende sturingsstrategieën vooraf met elkaar worden vergeleken. Uiteindelijk wordt één sturingsstrategie gekozen.

In de enquête is onderscheid gemaakt in hulpmiddelen waarmee vooraf een sturingsstrategie wordt bepaald (off-line strategiebepaling) en hulpmiddelen die worden gebruikt op moment dat de beslissing genomen (en uitgevoerd) moet worden (on-line strategiebepaling). In Tabel 3 staan de resultaten weergegeven.

	Hoog gelegen systemen	Polder-systemen	Boezem-systemen	in beheer RWS
<i>Zijn de beslisregels mede opgesteld op basis van modelresultaten van oppervlaktewaterstromingsmodellen?</i>				
Ja	35%	22%	37%	100%
Nee	85%	73%	48%	0%
<i>Worden operationele beslissingen mede gebaseerd op modelresultaten van oppervlaktewaterstromingsmodellen?</i>				
Ja	24%	8%	11%	0%
Nee	82%	88%	70%	100%
<i>Zijn beslisregels mede opgesteld op basis van modelresultaten van neerslagafvoermodellen?</i>				
Ja	18%	16%	22%	0%
Nee	76%	78%	59%	100%
<i>Worden operationele beslissingen mede gebaseerd op modelresultaten van neerslagafvoermodellen?</i>				
Ja	3%	13%	4%	0%
Nee	95%	83%	78%	100%
<i>Zijn de beslisregels mede opgesteld op basis van modelresultaten van grondwaterstromingsmodellen?</i>				
Ja	29%	8%	4%	0%
Nee	65%	86%	78%	100%
<i>Worden operationele beslissingen mede gebaseerd op modelresultaten van grondwaterstromingsmodellen?</i>				
Ja	3%	0%	0%	0%
Nee	95%	95%	81%	100%
<i>Zijn de beslisregels mede opgesteld gebruik makend van andere technieken zoals neurale netwerken of fuzzy logic?</i>				
Ja	0%	0%	4%	0%
Nee	97%	95%	78%	100%
<i>Worden operationele beslissingen mede gebaseerd op technieken zoals neurale netwerken of fuzzy logic?</i>				
Ja	0%	0%	4%	0%
Nee	97%	95%	78%	100%
<i>Maakt u gebruik van een speciaal voor het watersysteem gebouwd beslissingsondersteunend systeem (BOS)?</i>				
Ja	0%	0%	4%	0%
Nee	97%	95%	74%	100%

Tabel 3. Hulpmiddelen in de strategie bepaling.

Oppervlaktewaterstromingsmodellen worden door grofweg een kwart van de waterbeheerders gebruikt voor het afleiden van beslisregels. In operationele omstandigheden (on-line strategiebegaling) worden oppervlaktewaterstromingsmodellen minder toegepast, met uitzondering van de hoog gelegen systemen. Ook neerslag-afvoermodellen worden relatief vaak toegepast voor de off-line strategiebegaling, maar weinig in de on-line situatie. Grondwaterstromingsmodellen worden hoofdzakelijk door hoog gelegen systemen gebruikt en vrijwel niet voor operationele toepassingen.

Rekentechnieken zoals neurale netwerken of fuzzy logic worden alleen toegepast in boezemsystemen, zowel voor het afleiden van beslisregels als in operationele toepassingen. Dit is ook het enige type watersysteem waarin gebruik wordt gemaakt van een beslissingsondersteunend systeem (BOS).

Voor alle watersystemen wordt verwacht dat modellen in de toekomst vaker zullen worden toegepast voor het afleiden van beslisregels voor het dagelijkse waterbeheer. Modellen zullen praktijkervaring niet vervangen, gestreefd moet worden naar een gelijkwaardige inzet van beide. Opvallend is dat de geënquêteerde waterbeheerders verwachten dat de praktijkervaring de initiator van nieuwe beslisregels zal zijn, het modelonderzoek is voor de onderbouwing van de beslisregels. Verwacht wordt dat modellen weinig toegepast zullen worden in het on-line beslissen: de nadruk ligt op off-line toepassingen van de modellen.

Neerslag-afvoermodellen zullen het meest worden toegepast, daarnaast zullen grondwaterstromingsmodellen en modellen voor waterkwaliteit een belangrijke rol gaan vervullen. Voor boezemsystemen is de verwachting dat verschillende modellen gecombineerd zullen worden (bijvoorbeeld neerslag-afvoer en waterbeweging).

Van de andere rekentechnieken zijn neurale netwerken het meest bekend. Het gebruik van neurale netwerken zal naar verwachting toenemen.

Een BOS wordt bij alle watersystemen als een logische ontwikkeling genoemd, kleine watersystemen zijn hierop een uitzondering. Bij een

flink aantal waterbeheerders wordt een BOS genoemd als een ontwikkeling die gestart is of binnenkort gestart zal worden.

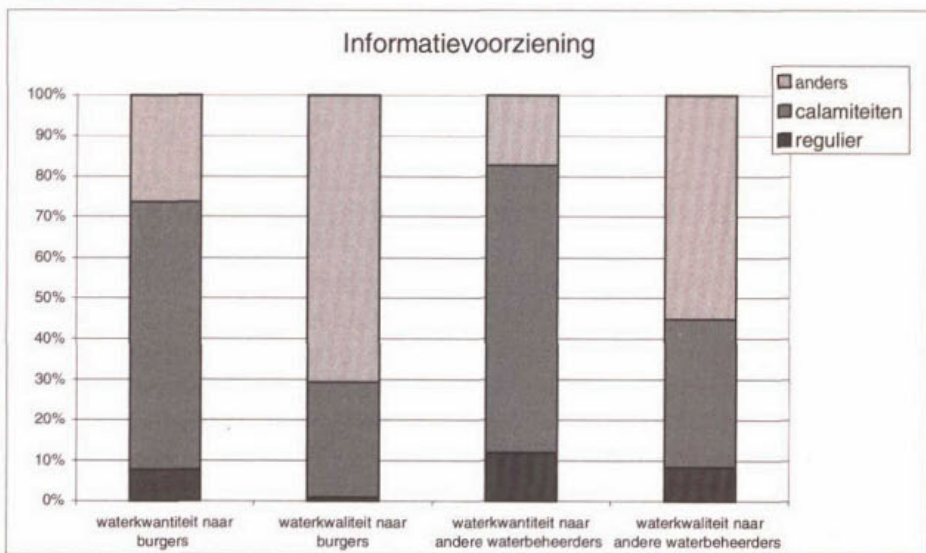
## 8. Informatievoorziening

Naast het inwinnen van informatie zal de waterbeheerder ook informatie verstrekken aan derden.

In

Figuur 6 is aangegeven wanneer er informatie wordt verstrekt aan derden. Hierin is onderscheid gemaakt in waterkwantiteit en -kwaliteit. Informatie wordt verstrekt aan burgers (ingelanden, scheepvaart) of waterbeheerders.

Informatie over waterkwantiteit (waterstanden, inzet van kunstwerken, debieten) vindt voornamelijk plaats bij calamiteiten. Reguliere informatievoorziening is slechts een klein deel. De overige informatievoorziening vindt anders plaats, bijvoorbeeld telefonisch op initiatief van de derde partij. Hetzelfde geldt voor waterkwaliteit, alleen is het aandeel reguliere informatievoorziening hier groter.



Figuur 6. Informatievoorziening aan derden.

In Figuur 7 is aangegeven op welke manier de informatievoorziening plaatsvindt. De media (krant, tv of radio) zijn voor waterkwantiteit een belangrijk medium, al vindt het merendeel van de communicatie op andere wijze (o.a. telefonisch) plaats (zie Figuur 7).

Voor waterkwaliteit vindt informatievoorziening hoofdzakelijk plaats via andere kanalen dan de media, waarschijnlijk de telefoon. Internet (bijvoorbeeld een homepage van de waterbeheerder of e-mail) wordt vrijwel niet gebruikt.



Figuur 7. Wijze van informatievoorziening aan derden.

De communicatie met derden zal in de toekomst toenemen, waarbij een verschuiving te zien zal zijn naar reguliere rapportages. Directe communicatie (bijvoorbeeld het telefonisch beantwoorden van vragen) zal hierdoor afnemen. Alle waterbeheerders verwachten dat de informatiebehoefte van de burgers en andere waterbeheerders zal toenemen. Internet wordt gezien als een methode om efficiënt aan de informatiebehoefte te kunnen voldoen. Een discussie die nog gevoerd moet worden is hoe open de informatievoorziening moet zijn (welke informatie en wanneer).

## 9. Conclusies

In dit artikel is een overzicht gepresenteerd van de actuele stand van zaken en de voorziene ontwikkelingen bij het beslissen in de dagelijkse waterbeheersing. Het overzicht is gebaseerd op een onder regionale waterbeheerders gehouden enquête.

De belangrijkste conclusie uit de enquête is dat de waterbeheerders veel belang hechten aan een geïntegreerde informatievoorziening. Met integratie wordt enerzijds bedoeld dat er één centrale post is waarop de informatie kan worden benaderd (verschillende telemetriesystemen en databanken) en anderzijds het samenvoegen van verschillende meetinformatie (kwantiteit (inclusief grondwaterstanden), kwaliteit en meteo), verschillende tijdstippen (historie, actueel en voorspellingen) en verschillende bronnen (metingen, afgeleide waarden en modelvoorspellingen).

Een beslissingsondersteunend systeem (BOS) wordt als logische stap gezien naar een geïntegreerde informatievoorziening.

In de toekomst zal het belang van grondwaterstanden en waterkwaliteit toenemen. De regelgeving en beheersdoelstellingen met betrekking tot het operationele waterbeheer zullen overeenkomstig worden aangepast. Het accent zal daarbij verschuiven van het opleggen van vaste streefwaarden naar marges voor de doelvariabelen (zoals peil, waterkwaliteit en dergelijke). Hierdoor zullen beheersdoelen beter worden afgestemd op de functies van het watersysteem.

Een belangrijke tendens in het waterbeheer is dat beslisregels met behulp van modellen zullen worden opgesteld. De modellen zullen vooral worden ingezet voor een off-line strategiebepaling. Een andere tendens is dat de sturingsacties meer en meer gebaseerd zullen worden op korte-termijn voorspellingen van bijvoorbeeld neerslag en zeestanden.

Geautomatiseerde gegevensinwinning wordt steeds belangrijker: de waterbeheerder wil de informatie snel en digitaal beschikbaar hebben. Ook de informatievoorziening naar derden (ingelanden, scheepvaart, andere waterbeheerders zal toenemen). Uniformering van dataformaat

(GW '96, Adventus-stelsel) is hierbij noodzakelijk. Internet lijkt een goede mogelijkheid voor gegevensoverdracht.

Validatie van meetgegevens wordt steeds belangrijker, zeker nu kunstwerken steeds meer op basis van meetgegevens worden ingezet. De waterbeheerder moet erop kunnen vertrouwen dat de meetgegevens waarop de beslissingen worden gebaseerd correct zijn. Naast validatie van gegevens moeten ook de genomen beslissingen herleidbaar zijn: er wordt voorzichtig gedacht aan een kwaliteitswaarborging voor het waterbeheer.

In een tijd waarin de informatie en communicatietechnologie zich enorm ontwikkelen en zich elke dag nieuwe mogelijkheden voordoen, maakt het waterbeheer slechts zeer behoedzaam gebruik van de nieuwe mogelijkheden.







## **Beslissingsondersteuning voor het beheer van de Friese boezem**

Ing. A. Kuypers M.Sc., Wetterskip Fryslân, (op persoonlijke titel)

### **1. Inleiding**

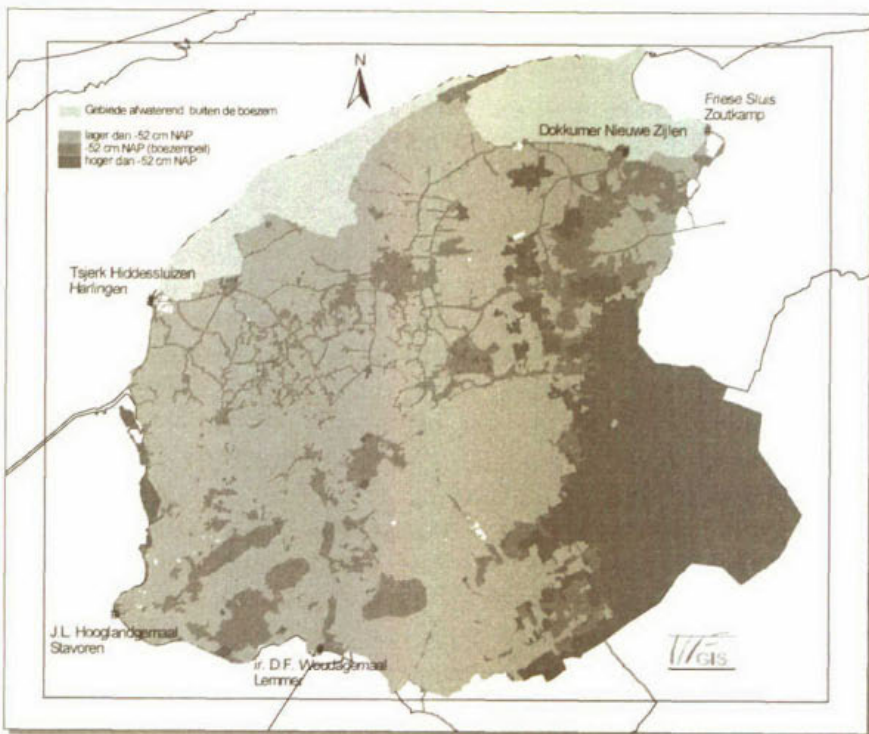
Wetterskip Fryslân is beheerder van de Friese boezem. Het beheer van de boezem omvat het dagelijkse peil- en doorspoelbeheer, de zorg voor de waterkwaliteit en het beheer van de inrichting van de boezem inclusief de wateraan- en -afvoermiddelen.

Bij het uitvoeren van de beheerstaken is het noodzakelijk om op elk niveau in de organisatie de juiste informatie op het juiste moment ter beschikking te hebben om beslissingen te nemen. Het bestuur moet beleidskeuzes kunnen maken op basis van gedegen onderbouwde beleidsvarianten, onderzoeksmedewerkers moeten voldoende informatie hebben om deze beleidsvarianten zorgvuldig door te kunnen rekenen en te kunnen onderbouwen en de uitvoerders van het operationele waterbeheer hebben informatie nodig om de juiste inzet van de kunstwerken te kunnen bepalen. De manier van uitvoeren van de werkprocessen onderzoek & beleidsvoorbereiding en operationeel beheer is in ontwikkeling. In de huidige situatie is de gewenste informatie op de gewenste tijd voor beide werkprocessen niet voldoende beschikbaar. Het waterschap is momenteel bezig om haar informatievoorziening te ordenen en op te bouwen gebaseerd op de gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen. Bij het opbouwen van deze informatievoorziening en het structureren van de beslissingsondersteuning van de werkprocessen operationeel peilbeheer en onderzoek & beleidsvoorbereiding dient een aantal keuzes gemaakt te worden. Dit heeft eind 1997 geleid tot de start van de studie: "Definitie en ontwerp beslissing ondersteunend systeem voor het operationele beheer op de Friese boezem". Deze studie wordt uitgevoerd door een multidisciplinair team bestaande uit specialisten van het WL Delft Hydraulics en Wetterskip Fryslân. Het team bestaat uit operationele beheerders, modelspecialisten, meetnetspecialisten en IT-experts. De afronding van de studie is voorzien in maart 1999. In dit artikel zijn de voorlopige resultaten uit deze studie verwerkt. Voor

de beeldvorming wordt eerst ingegaan op het watersysteem van de Friese boezem en de gewenste beslissingsondersteuning voor de twee genoemde werkprocessen. Vervolgens wordt het uitgewerkte systeemconcept beschreven. Tenslotte wordt kort ingegaan op het voorziene implementatietraject.

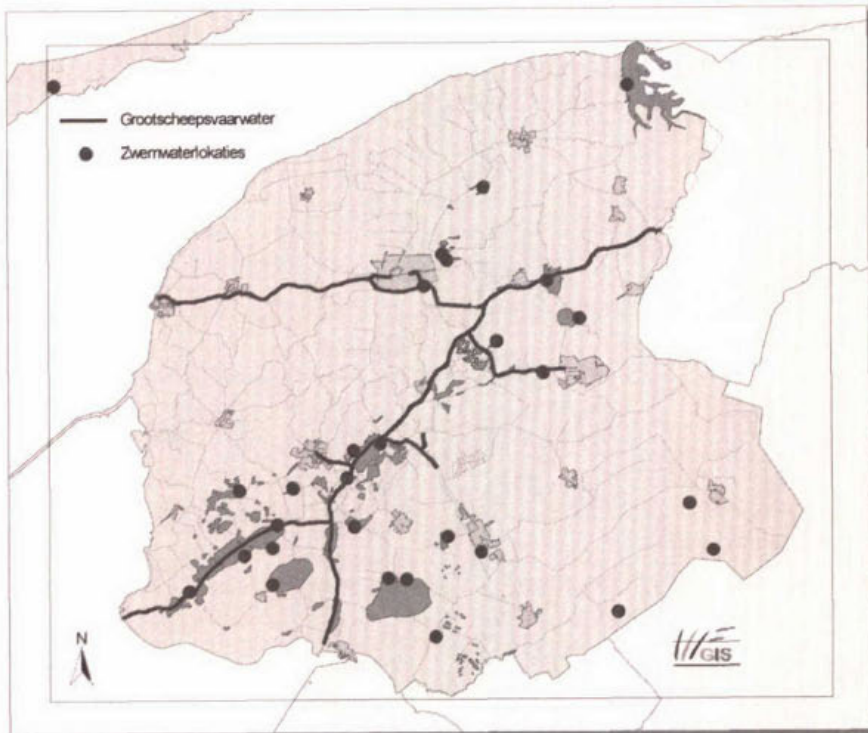
## 2. De Friese boezem

De boezem bestaat uit een uitgebreid systeem van meren, kanalen en vaarten die onderling in open verbinding staan. De oppervlakte van de boezem bedraagt 14.000 ha. De boezem speelt een belangrijke rol bij de aan- en afvoer van water en bij de tijdelijke berging van overtollig water uit het Friese boezemgebied. Dit boezemgebied heeft een oppervlakte van 305.000 ha en bestaat uit polders en vrij afwaterende gebieden.



Figuur 1. Overzichtskartaal Friese boezem

Vanuit het IJsselmeer wordt 's zomers water via het boezemstelsel doorgevoerd naar de provincie Groningen, enkele gebieden in Overijssel en naar Flevoland. Het waterschap kan de wateraanvoer vanuit het IJsselmeer naar de boezem regelen door middel van drie inlaten en de afvoer naar de Waddenzee en IJsselmeer door vier spuicomplexen en twee gemalen. In figuur 1 is de Friese boezem met de in- en uitlaatmiddelen afgebeeld. De boezem vervult, naast een functie in de aanvoer en afvoer van water, een belangrijke functie voor onder andere natuur, recreatie, visserij, industrie en transport. Ter illustratie zijn in figuur 2 de officiële zwemlocaties en het grootscheeps vaarwater weergegeven.

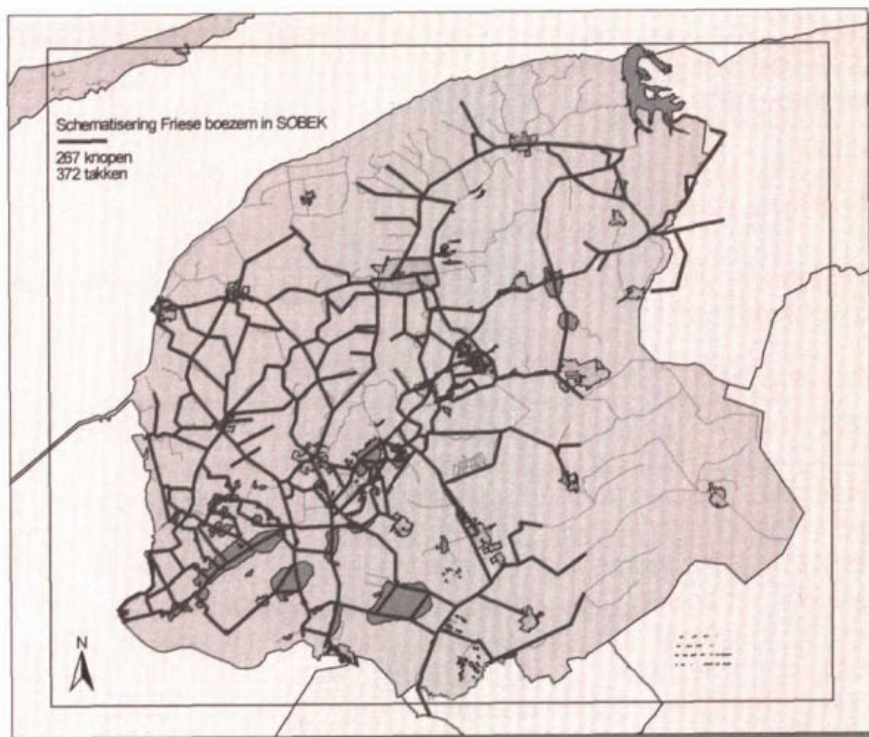


Figuur 2. Zwemlocaties en grootscheeps vaarwater.

Het watersysteem van de Friese boezem is een complex waterhuishoudkundig systeem. De (locale) waterstroming is sterk

afhankelijk van de inzet van de sluisen en gemalen en van windinvloeden.

Tijdelijk en lokaal kunnen de windkrachten een groter effect op waterstroming en waterstanden hebben dan de wateraan- en -afvoer. De werking van een dergelijk complex watersysteem is alleen te analyseren met behulp van een adequaat meetnet en wiskundige modellen om de waterstroming op de boezem en wateraanvoer naar de boezem en afvoer uit de boezem te kunnen berekenen. Dit geldt zowel voor het inzicht in de actuele waterhuishoudkundige situatie als voor het inzicht in de werking van het systeem onder gewijzigde randvoorwaarden of inrichting. Wetterskip Fryslân heeft op dit moment een redelijk functionerend kwantiteitsmeetnet op de boezem en een dynamisch waterstromingsmodel voor de boezem. Een model om de wateraanvoer naar de boezem en waterafvoer van de boezem te simuleren is nog niet aanwezig. Ter illustratie is het huidige waterstromingsmodel in figuur 3 geschematiseerd.



Figuur 3. Waterstromingsmodel van de Friese boezem, gemodelleerd met SOBEK.

### 3. Gewenste beslissing ondersteuning

Zoals in de inleiding is aangegeven is het bij het uitvoeren van de beheerstaken noodzakelijk om op elk niveau in de organisatie de juiste informatie op het juiste moment ter beschikking te hebben om beslissingen te nemen of beslissingen voor te bereiden. In dit onderdeel wordt ingegaan op de werkprocessen operationeel beheer en een belangrijk onderdeel van het werkproces onderzoek & beleidsvoorbereiding. Bij dit laatste werkproces wordt met name ingegaan op die beslissingen die afhankelijk zijn van het dynamisch functioneren van de watersystemen en waarvoor dus studies met dynamische waterstromingsmodellen uitgevoerd dienen te worden.

Ter inleiding wordt de bestuurlijke relevantie beschreven en vervolgens wordt de gewenste beslissing ondersteuning voor de werkprocessen uitgewerkt.

## **Bestuurlijke relevantie**

De bestuurlijke relevantie wordt aan de hand van drie relevante onderwerpen toegelicht.

### ***Onderwerp één***

Een relevante bestuurlijke vraag gaat over de toekomstige afvoer van Fryslân. Door zeespiegelstijging en klimaatverandering zal de afvoersituatie verslechteren. Als mogelijke maatregelen kunnen hiertegen genomen worden: (a) vergroten van de berging op de boezem zowel in hoogte als in oppervlakte, (b) verbeteren van de afvoer door het bouwen van extra gemaalcapaciteit of het gebruik van tijdelijk te installeren gemaalcapaciteit, (c) optimaal gebruik maken van berging in de polders, (d) verruimen van kanalen ten behoeve van een grotere afvoercapaciteit, (e) gebruik maken van inundatiepolders, (f) water uit een aantal polders direct afvoeren op buitenwater, en (g) het nog optimaler uitvoeren van het operationele waterbeheer op de boezem.

Gerelateerd aan de te maken keuzes is de vraag wat het gewenste peilbeheer op de Friese boezem is. De diverse functies van de Friese boezem stellen ieder hun eigen, soms conflicterende, wensen aan de waterstanden. Zo is er vanuit het beheer van de oevers en het beheer van een aantal boezemlanden een hoger winter- dan zomerpeil gewenst.

Vanuit het optimaal benutten van de bergende capaciteit van de boezem in extreem natte perioden is het gewenst om de peilen op de boezem voorafgaand aan de extreme natte periode zo laag mogelijk te houden. De scheepvaart stelt eisen aan diepgang en doorvaarthoogte onder bruggen. Een zorgvuldige onderbouwing van het gewenste peilbeheer op basis van alle functie-eisen en een goede beoordeling van de effectiviteit en het rendement van een groot aantal maatregelen ter verbetering van de waterafvoersituatie is noodzakelijk om de juiste beleidskeuzes te kunnen maken.



### ***Onderwerp twee***

Er is een ruime vraag naar concrete informatie over het lokaal functioneren van het watersysteem. Voordat bijvoorbeeld een functie voor een nieuwe zwemlocatie of een drinkwaterwinning uit oppervlaktewater toegekend kan worden dienen zorgvuldig de waterkwaliteit op die locatie en de mogelijke negatieve effecten van de omgeving op de bacteriologische waterkwaliteit in beeld gebracht te worden. Dit vereist een zorgvuldige analyse van onder andere de herkomst van het water op de betreffende locatie. Vanuit het emissiebeheer is het bepalen van de effecten van bijvoorbeeld effluentlozingen op de omgeving noodzakelijk. Voor wateraan- en -afvoer is het noodzakelijk om de het gewenste doorstroomprofiel van vaarten en de doorstroomopeningen van bruggen te kunnen onderbouwen.

### ***Onderwerp drie***

Een derde groep heeft betrekking op operationele keuzes bij beheer onder normale omstandigheden en bij bijzondere omstandigheden. Voor het "beheer onder normale omstandigheden" is bestuurlijk inzicht in het hoe en waarom van de bestaande beslisregels nodig. Bijvoorbeeld hoe doorgespoeld wordt voor chloride, waarom en hoe rekening gehouden wordt met doorspoeling voor waterkwaliteit en bij welke waterstand het Hooglandgemaal en het Wouda-gemaal ingeschakeld worden. Het hoe wordt vastgelegd in beslisregels en het waarom wordt vastgelegd bij het onderbouwen van de beslisregels.

In perioden met bijzondere omstandigheden zoals hoogwater, watertekort, lokale verontreinigingen, verspreiding van bruinrot, botulisme dient de informatievoorziening voor het werkproces operationeel beheer, de waterschapsbestuurders optimaal geregeld te zijn. De actuele informatie over het watersysteem, zoals waterstanden en waterstroming, inzicht in de mogelijke scenario's en beschikbare strategieën, inzicht in het stelsel van beslisregels en op basis van het voorafgaande kunnen traceren en naar derden kunnen verantwoorden van genomen beslissingen is noodzakelijk.

## Onderzoek en beleidsvoorbereiding

### *Ad één*

Bij dit werkproces wordt de onderbouwing gegeven om de hiervoor genoemde bestuurlijk relevante keuzes te kunnen maken. Bij de beschrijving van het watersysteem van de Friese boezem is reeds ingegaan op de complexiteit van het watersysteem en de noodzaak van goede modellen om de waterstroming op de boezem en de wateraanvoer en waterafvoer van de polders inzichtelijk te maken. De vragen van onderwerp één worden op dit niveau onderzocht en alternatieven worden doorgerekend. Concreet komt het neer op het inzichtelijk maken van effecten van zeespiegelstijging, neerslagverandering op de waterafvoer van Fryslân en het doorrekenen van relevante maatregelen. Naast de hydrologische onderbouwing worden de efficiëntie en het rendement van de maatregelen inzichtelijk gemaakt.

### *Ad twee*

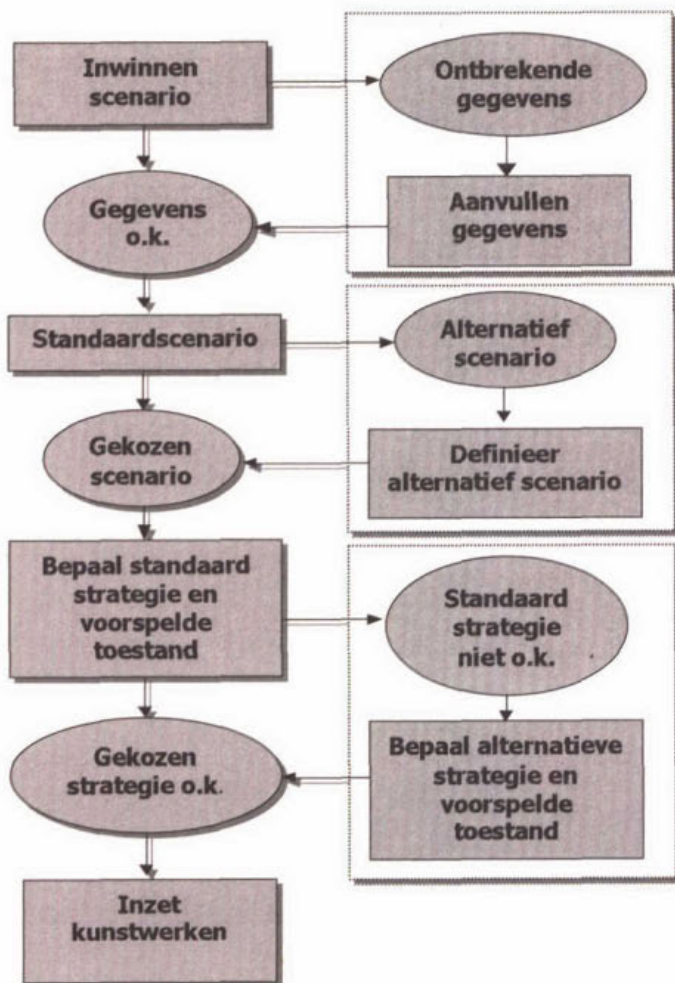
Het beantwoorden van concrete vragen over de lokale waterstroming en waterkwaliteit op locatie "x" in de zomerperiode of locatie "y" in de periode oktober 1998 wordt onderbouwd met modelberekeningen. De resultaten van de simulaties worden geaggregeerd naar het gevraagde informatieniveau.

### *Ad drie*

Bij onderzoek & beleidsvoorbereiding worden de beslisregels voor het operationele beheer onderbouwd en worden nieuwe beslisregels afgeleid. Momenteel zijn de beslisregels veelal gebaseerd op ervaring. Met het BOS kunnen de huidige beslisregels in een simulatieomgeving geëvalueerd worden en kunnen aanvullende regels worden afgeleid. Op basis van de te gebruiken regels zal het watersysteem van de boezem zo optimaal mogelijk aan de functies moeten voldoen.

## Operationeel beheer

Bij dit werkproces worden de operationele dagelijkse beslissingen uitgevoerd. Dit werkproces wordt in het kort toegelicht.



Figuur 4. Essentie werkproces operationeel peilbeheer

De beheerder zal op elk moment inzicht moeten hebben in de historische, de actuele, en de voorspelde toestand van de Friese boezem. De essentie van het werkproces operationeel beheer is in

figuur 4 weergegeven. In deze figuur is uitgegaan van een aantal stappen die doorlopen moeten worden bij het bepalen van de gewenste inzet van de kunstwerken. Uit de figuur blijkt dat op basis van ingewonnen gegevens een voorspeld scenario wordt gegenereerd. Onder een scenario wordt een voorspelt verloop van randvoorwaarden verstaan. Het betreft met name voorspellingen van neerslag, verdamping, wind en buitenwaterstanden. Op basis van dit voorspelde scenario en het doorlopen van de opgestelde beslisregels zal een standaardstrategie worden voorgesteld. Onder een strategie wordt de inzet van kunstwerken verstaan met als doel het realiseren van de gewenste toestand (waterstanden, stromingen en waterkwaliteitsvariabelen) van het watersysteem. De dienstdoende operationele beheerder kan indien gewenst een alternatief scenario invoeren, en beargumenteerd van de voorgestelde strategie afwijken. Het BOS helpt de operationeel beheerder bij het gestructureerd doorlopen van het beslistraject en doet op basis van de vastgelegde beslisregels voorstellen voor de inzet van kunstwerken. De operationele beheerder blijft ten alle tijden zelf verantwoordelijk voor de te maken keuzes en kan gefundeerd van het advies van het BOS afwijken.

Belangrijke aspecten bij het werkproces zijn:

- Metingen  
Een goed on-line meetnet is van essentieel belang voor het operationeel beheer. Het huidige operationele meetnet is ondergebracht in het telemetriesysteem TMX. Dit meetnet bestaat uit een 25-tal onderstations met metingen aan waterstanden, debieten, elektrische geleidbaarheid ten dienste van het bepalen van chloridenconcentraties en inzetstanden van kunstwerken. Voorgesteld wordt aan dit meetnet enkele meetstations toe te voegen om de actuele boezemwaterstand nauwkeuriger te kunnen bepalen.
- Meteorologische metingen en -voorspellingen  
Een belangrijke groep gegevens betreft de meteorologische gegevens, met name recent gevallen neerslag en de neerslagvoorspellingen. Op dit moment is nog in onderzoek hoe deze gegevens het beste ingewonnen kunnen worden. De keuze betreft het in eigen beheer houden van het meetnet, samenwerken met de collega waterschappen in Fryslân of het eventueel uitbesteden van deze activiteit. Tevens zullen neerslag- en

windvoorspellingen van professionele weerinstituten (b.v. KNMI) betrokken dienen te worden. Tenslotte wordt de mogelijkheid overwogen om een meetnet van neerslagwaarnemingen te combineren met radarbeelden.

- Voorspellingen af te voeren debieten

Een apart onderdeel van de voorspellingen vormt het voorspellen van de af te voeren of af te voeren debieten op basis van de mogelijke instellingen van sluizen en gemalen en de te verwachte waterstanden, windkracht en windrichting. Voorgesteld wordt om deze functionaliteit met neurale netwerken te realiseren.

- Bediening kunstwerken

De feitelijke aansturing van de kunstwerken, gemalen in- en uitlaatsluizen en keersluizen zal in eerste instantie niet direct via het telemetriesysteem geschieden. Bij beide boezemgemalen is indien ze in gebruik zijn altijd bedienend personeel aanwezig. Hetzelfde geldt voor de schutsluizen. Eventueel kunnen één of twee inlaatwerken automatisch bestuurd worden. De overige kunstwerken zullen volgens de huidige methode ingezet worden door een opdracht te verstrekken aan het bedienend personeel van dit kunstwerk.

- On-line modellen

Voor een goed inzicht in de actuele stroming en optredende waterstanden op de boezem is het nodig dat deze informatie on-line beschikbaar komt. Met het inwinnen van meetgegevens alleen komt een beperkte set van gegevens beschikbaar. Met deze gegevens kan voor grote delen van de boezem weinig gezegd worden over de waterstroming en de verspreiding van stoffen. Met het gebruik van goed gekalibreerde on-line werkende modellen voor het landelijk gebied en voor de boezem is deze informatie voor het operationele beheer te genereren. Deze extra informatie wordt noodzakelijk geacht om onder andere bij bijzondere omstandigheden in de vorm van bijvoorbeeld giflozingen in het boezemwater goede beheersbeslissingen te kunnen nemen.

- Klachten en wensen

Voor het werkproces is ondersteuning nodig voor het registreren en afhandelen van klachten over en verzoeken aan het operationele beheer. Klachten en verzoeken betreffen over het algemeen een te hoge of te lage waterstand of de beïnvloeding van de waterstroming op een bepaalde plaats op de Friese boezem.

- *Communicatie naar derden*  
Het operationele beheer kan, mits het deze informatie goed beheert en op maat beschikbaar stelt aan andere werkprocessen bij Wetterskip Fryslân en derden, een belangrijke rol spelen bij voorlichting over de actuele en voorspelde waterstanden en stromingsrichting van de boezem. Met name bij bijzondere omstandigheden is dit noodzakelijk.

#### **4. Systeemconcept**

Het systeemconcept ter ondersteuning van onderzoek en beleidsvoorbereiding en operationeel beheer wordt hier nader beschreven. Het systeemconcept is schematisch in figuur 5 weergegeven. Bij het systeemconcept is een scheiding gemaakt tussen de data enerzijds en de functionaliteit en de te gebruiken softwarepakketten anderzijds.

##### **Data**

Uitgangspunt bij het systeemconcept is dat de data zoveel mogelijk vastgelegd worden volgens de gegevensstandaardisatie van de Unie van waterschappen. Bij Wetterskip Fryslân worden deze gegevens vastgelegd in een zogenaamde centrale waterschapsdatabase. Voor het werkproces onderzoek & beleidsvoorbereiding betreft het voornamelijk drie soorten informatie: ten eerste gegevens over grondsoorten, grondgebruik, bodemfysische parameters, hoogteligging, bebouwing, etc. Deze informatie is of komt beschikbaar is digitale referentiebestanden zoals de digitale topografische kaarten, digitale hoogtekaarten, en diverse thematische digitale kaarten. Ten tweede gaat het om gegevens over alle oppervlaktewatersystemen in Fryslân. Het gaat om ligging en afmetingen van waterlopen, kunstwerken, peilgebieden, drainage etc. Dit is veelal informatie die is vastgelegd in leggers en beheerregisters van de beherende waterschappen. Een klein gedeelte van deze informatie is reeds in de centrale waterschapsdatabase aanwezig. Het grootste gedeelte zal de komende jaren door de waterschappen nog ingevoerd moeten worden. Ten derde zijn veel gevalideerde gegevens nodig van alle metingen die uitgevoerd worden in de watersystemen. Dit zijn metingen van

waterstanden, debieten, status van kunstwerken, meteorologisch gegevens en kwaliteitsparameters.

Voor het werkproces operationeel peilbeheer zijn aanvullende gegevens nodig over klachten en wensen, beslisregels, scenario's en strategieën, invoer en uitvoer van on-line modellen en ruwe ingewonnen (niet gevalideerde) gegevens. Zoals gezegd is het gegevensbeheer bij Wetterskip Fryslân in opbouw. Dit geldt zowel voor het nader uitwerken van gegevensdefinities als voor het vullen van de centrale waterschapsdatabase.

## **Functionaliteit**

Op de voornaamste functionaliteit wordt hier kort ingegaan.

- INTWIS  
INTWIS is een verzameling van functionaliteit voor het beheren van informatie voor watersystemen. Generieke basis functionaliteit en functionaliteit voor het beheren van een groot aantal waterschapsobjecten en het maken van leggers en beheerregisters is gereed. Momenteel vindt een verdere uitbouw van het systeem plaats.
- OWIS/ZEUS  
Met behulp van OWIS/ZEUS wordt informatie over waterkwaliteitsmeetgegevens en zuiveringen beheerd.
- Beheren meetgegevens  
Met deze functionaliteit worden de kwantiteitsmeetgegevens beheerd. Op dit moment zijn deze gegevens opgeslagen in HYMOS en niet in de centrale waterschapsdatabase opgenomen. Bij de ontwikkeling van het BOS zullen deze gegevens op een nader vast te stellen manier in de centrale waterschapsdatabase opgenomen worden. Op dit moment wordt onderzocht op welke manier tijdreeksen het beste in de centrale waterschapsdatabase vastgelegd kunnen worden en in hoeverre HYMOS functionaliteit hierop aan kan sluiten.
- Off-line modellen  
Om de gewenste beslissingsondersteuning uit te kunnen voeren is het noodzakelijk om een gedetailleerd ruimtelijk gedistribueerd model voor het simuleren van de wateraanvoer naar en afvoer van de polders in het landelijk gebied ter beschikking te hebben en een goed dynamisch stromingsmodel voor de Friese boezem. Deze modellen zullen niet direct op de centrale waterschapsdatabase

werken maar wel de gegevens hieruit moeten kunnen ontsluiten. Voorgesteld wordt om SOBEK-lowland te gebruiken in combinatie met SOBEK-RR.

- Klachten en wensen

Deze functionaliteit zal naar verwachting gebouwd worden op de centrale waterschapsdatabase.

- Beslisregels, scenario's en strategieën

Bij het operationeel beheer moet de gehele set van bestaande beslisregels op een logische structuur vastgelegd worden en genomen beslissingen moeten getraceerd kunnen worden. De te gebruiken softwarepakketten zijn nog onderdeel van studie.

- Validatie

Validatie van meetgegevens komt op diverse plaatsen bij het werkproces operationeel peilbeheer terug. De eerste stap is het valideren van de ingewonnen meetgegevens voor gebruik bij het operationele beheer. Voordat de gegevens echter definitief als meetgegevens worden vastgelegd vindt nog een tweede en definitieve validatieslag plaats.

- On-line modellen

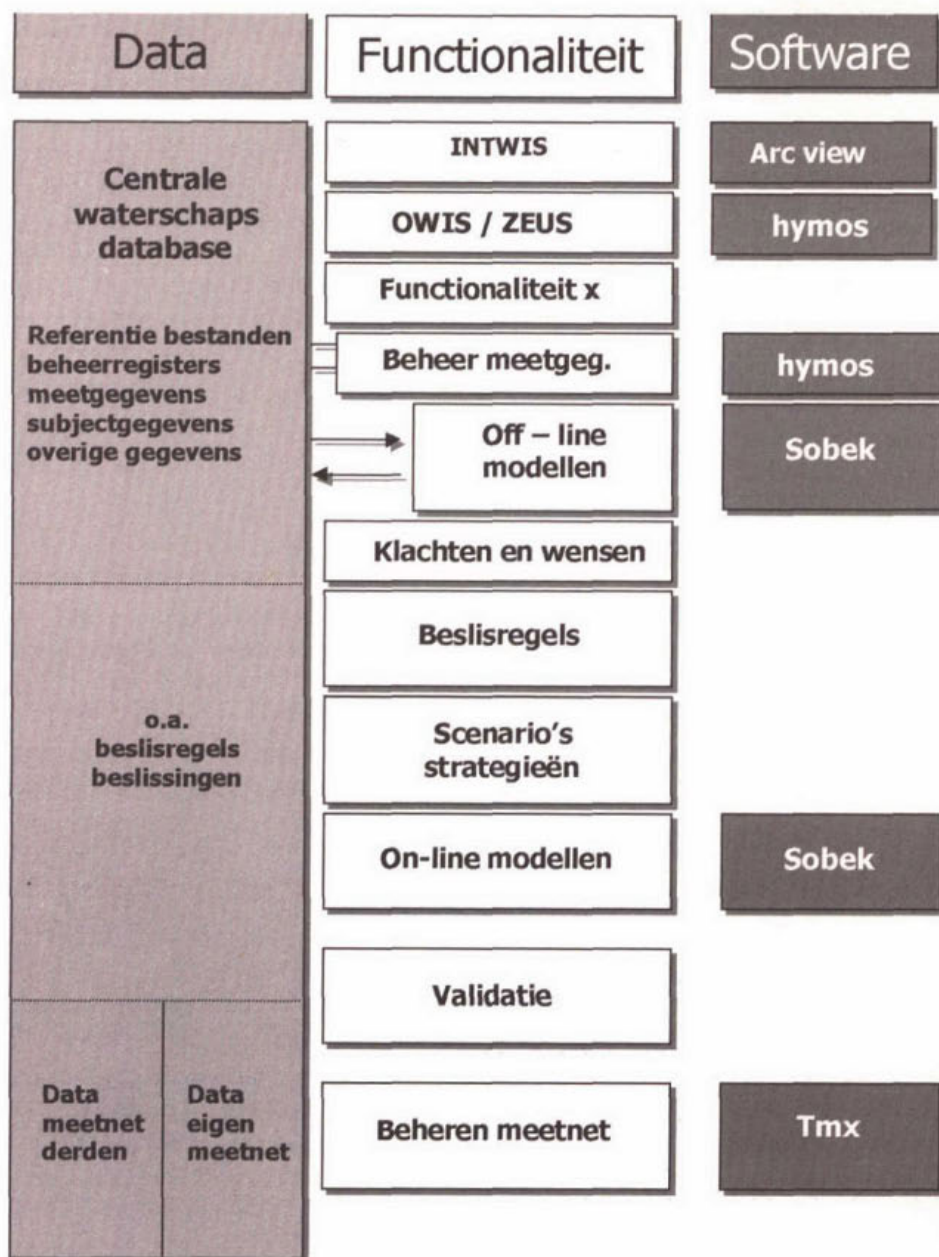
Voor het operationele beheer zal een SOBEK-schematisatie van het model voor de Friese boezem en het model voor de aanvoer naar het landelijk gebied en de afvoer van het landelijk gebied gebruikt worden.

Een punt van aandacht is momenteel nog de manier waarop de resultaten van deze modellen het beste gepresenteerd kunnen worden. De gedachten gaan enerzijds uit naar functionaliteit op de centrale waterschapsdatabase. Anderzijds wordt gedacht in een oplossing waarbij de plaatjes met de informatie via internet/intranet toepassingen met de buitenwereld gecommuniceerd worden.

- Beheren meetnet

Het meetnet wordt beheerd met het telemetriesysteem TMX.





Figuur 5. Systemconcept, data en functionaliteit

## **5. Implementatietraject**

In het voorjaar van 1999 zal het implementatietraject door management en bestuur van Wetterskip Fryslân vastgesteld worden. Met een aantal activiteiten zoals het aanpassen van het meetnet, het opzetten van een model voor het landelijk gebied, het structureren en invoeren van de beslisregels kan op korte termijn begonnen worden. Van on-line werkende modellen zal bij het operationele beheer pas gebruik gemaakt kunnen gaan worden als deze modellen gereed zijn en voldoende zijn gekalibreerd en gevalideerd. Voor het realiseren van de totale functionaliteit voor beslissing ondersteuning voor de genoemde werkprocessen wordt rekening gehouden met een periode van ca. vier jaar.





## **Internet/Intranet technologie voor operationeel beheer**

ir. Hans van Wijk, Starren BV, Postbus 248, 5460 AE Veghel.  
Email: [hvwijk@starren.nl](mailto:hvwijk@starren.nl) <http://www.starren.nl>

### **1. Inleiding**

In een zeer hoog tempo komen er dagelijks duizenden nieuwe gebruikers op het Internet. Al deze gebruikers zijn op enigerlei wijze op zoek naar informatie met behulp van dit nieuwe medium. Ook zien veel bedrijven deze technologie als nieuwe mogelijkheid om te expanderen. Ze doen dit door hun producten te etaleren op het Internet maar er zijn ook bedrijven, instellingen en personen die deze technologie aangrijpen om nieuwe producten te ontwikkelen. Het Internet maakt daarom op dit ogenblik een enorme groei door.

Als men het verschijnsel Internet negeert, bevindt men zich in de situatie van de surfer in figuur 1. Als deze surfer niets doet, wordt hij volledig overdonderd door de golf die boven hem hangt.



Figuur 1.

De technologie die achter het verschijnsel Internet schuil gaat is echter voor veel meer toepassingen bruikbaar. Een van de eerste toepassingen, die nu ook al veel wordt ingezet, is een Intranet.

Een Intranet is een *niet openbaar* Internet. Het is gebaseerd op dezelfde technieken als een Internet, echter het is alleen toegankelijk voor een specifieke groep gebruikers. (Bijv. binnen een bedrijf of een instelling). Bij zeer veel bedrijven is een Intranet operationeel en voor ziet het in algemene informatie. Maakt men een dergelijk Intranet ook toegankelijk voor een beperkte groep externe gebruikers dan spreekt men over een Extranet.

Door een verregaande miniaturisering van de elektronica is men in staat om webserver software te integreren in "stand-alone" systemen zoals weerstations, plc's en flowmeters.

Hierdoor is het mogelijk om apparatuur direct aan een netwerk te koppelen en de informatie die zich in die apparatuur bevindt is dan via het netwerk voor iedereen bereikbaar.

Een dergelijke oplossing waarbij webserver software in het apparaat is geïntegreerd noemt men een Information Provider

Het belangrijkste echter bij Internet/Intranet toepassingen is de mogelijkheid tot het ontsluiten van diverse soorten van informatie voor gebruikers. Veel informatie op het Internet is zeer statisch van aard. In een dynamische (productie) omgeving is het echter ook noodzakelijk om over zgn. real-time gegevens te kunnen beschikken. Hiervoor zijn diverse technieken beschikbaar, zoals het gebruik maken van Java en/of ActiveX controls.

Door gebruik te maken van deze technieken ontstaat een situatie waarbij een gebruiker volledig transparant over een *netwerk* surft en allerlei informatie zoals documenten maar ook real-time gegevens en gegevens uit diverse databases naar voren kan halen.

Het is voor een gebruiker dan ook totaal niet interessant om te weten waar die informatie precies vandaan komt, als hij er maar zeker van is dat de informatie die hij krijgt correct en up to date is. De gebruiker moet met behulp van die gegevens immers de juiste beslissingen kunnen nemen.

## **2. Wat is Webtechnologie?**

Het is op dit moment de gewoonste zaak dat men vanaf zijn computer over de gehele wereld op zoek gaat naar informatie via het Internet. Natuurlijk is daar wel iets aan vooraf gegaan.

Het belangrijkste is dat men zich wereldwijd heeft geconformeerd naar een standaard communicatie protocol. Dit protocol heet TCP/IP. Dit protocol zorgt er voor dat pakketjes met data op de juiste adressen van een netwerk terechtkomen. Het is voor de gebruiker absoluut niet meer belangrijk via welke wegen (lees; kabels, modems, providers, computers, routers etc.) deze data reist, zolang deze gebruiker maar zeker is van het feit dat de data correct overkomt. En dat dat goed gaat bewijst het huidige Internet dagelijks.

Naast deze communicatiestandaard zijn er nog enkele standaards zoals Telnet, FTP en WWW. Deze standaards maken het mogelijk om met behulp van het TCP/IP protocol op diverse manieren te communiceren met andere computers. Bijvoorbeeld om specifiek files te verzenden of om Internet pagina's (ook wel HTML pagina's genoemd) op te halen.

Een computer die ergens aan het netwerk hangt, specifieke informatie bevat en instaat is om deze informatie op een bepaalde wijze op een netwerk te plaatsen, noemt men een Webserver of een Information Provider.

In veel gevallen denkt men hierbij aan een forse computer maar dit kan in principe ieder willekeurig apparaat zijn als er maar de juiste software op draait. Specifiek voor zgn. embedded applicaties is speciale software ontwikkeld die deze black boxes als Information Provider kunnen laten fungeren.

## **3. Het "Mon3aan" concept**

Informatie is altijd van bijzonder belang geweest voor de mensheid. In vroeger dagen werden koeriers en postduiven ingezet om informatie over te brengen, heden ten dage, met de komst van elektronica, computers en netwerken, zijn we in staat om informatie op elektronische wijze over te dragen.

In de huidige maatschappij wordt informatie van steeds groter belang. Bedrijven moeten steeds sneller kunnen reageren op de ontwikkelingen die zich in de markt afspelen. Organisaties, zoals waterschappen, worden door belanghebbenden steeds meer gevraagd om informatie, en de waterschappen zelf hebben ook informatie nodig om snel te kunnen reageren op veranderende situaties.

Deze wens om informatie, is duidelijker te omschrijven met de volgende slogan:

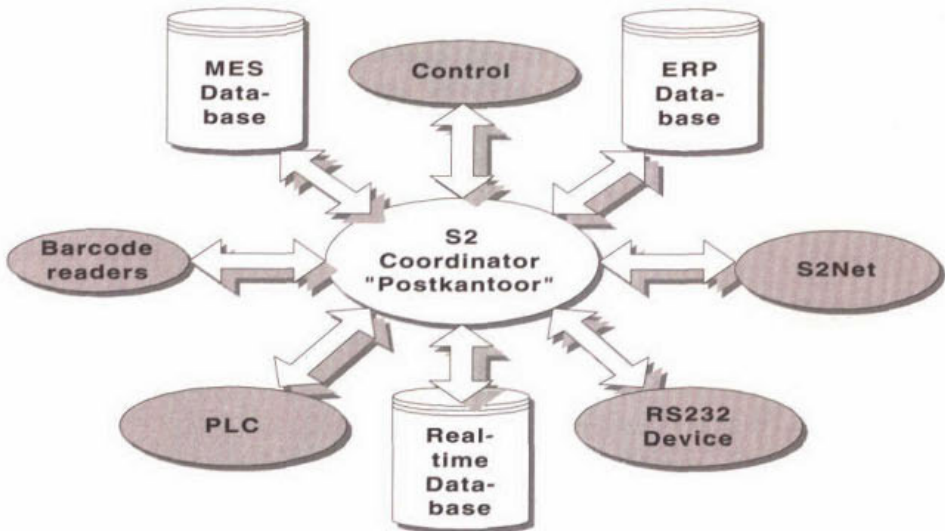
"Men wil I6!", waarbij I6 staat voor:

- **I**ntegere
- **I**ntegrale
- **I**nformatie
- Voor **I**edereen
- Op **I**edere werkplek
- Op **I**eder moment.

Om deze wensen mogelijk te maken in een industriële- of productie-omgeving is er bij Starren BV een concept ontwikkeld dat dit allemaal mogelijk maakt.

Dit zgn. "Mon3aan" concept berust in feite op twee belangrijke kernpunten. Ten eerste is dat "het Postkantoor" (Figuur 2).





Figuur 2.

Dit Postkantoor is een software-module die het mogelijk maakt om op gestructureerde wijze, via gestandaardiseerde berichten, diverse apparaten en databases met elkaar te laten praten. Omdat hierbij gebruik is gemaakt van het "one function- one module" principe is het betrekkelijk eenvoudig om nieuwe apparatuur toe te voegen. Men hoeft in dat geval slechts een kleine software-module te creëren die het nieuwe apparaat verbindt met de zgn. coordinator.

Een bijzonder moduul in deze structuur is S2Net. Dit speciale communicatie-moduul is nauw verbonden met het tweede kernpunt namelijk het gebruik van Intranet en browser programma's zoals Microsoft Explorer of Netscape, als applicatie front-ends.

Door gebruik te maken van standaard Internet browser programma's kan men binnen een Intranet/Internet-omgeving informatie zichtbaar maken. Deze informatie bevindt zich dan op (diverse) webserver's. Dat is veelal statische informatie.

Door gebruik te maken ActiveX of Java-technologie kan men ook dynamische informatie zichtbaar maken. Het S2Net moduul verzorgt

hierbij de communicatie tussen de ActiveX of Java modules en de apparaten die de dynamische informatie moeten verschaffen. (real-time databases, plc's etc.)

Op deze wijze is het mogelijk om allerlei informatie zowel statisch (zoals documenten), maar ook dynamisch (zoals real-time metingen) via een Intranet/Internet zichtbaar te maken.

#### **4. Voorbeelden**

Bij Shell Solar te Helmond draait men reeds anderhalf jaar met een productie-registratie systeem dat volledig is gebaseerd op de Mon3aan concepten. Hier is een server PC geïnstalleerd die via een veldbus is verbonden met de apparatuur langs de productie lijn. Deze apparatuur bestaat voornamelijk uit meetstations, plc's en barcode readers. De server PC verzamelt continu alle gegevens. Op de server zijn tevens de plaatjes (user interfaces of schermen) voor de verschillende operators aanwezig.

De operators hebben allemaal de beschikking over een PC met een Internet browser programma. Hiermee kunnen ze vanaf de server hun eigen user interfaces ophalen. Bovendien wordt alle data in een database opgeslagen en aan het eind van een productiecycclus kunnen diverse rapportages worden gemaakt.

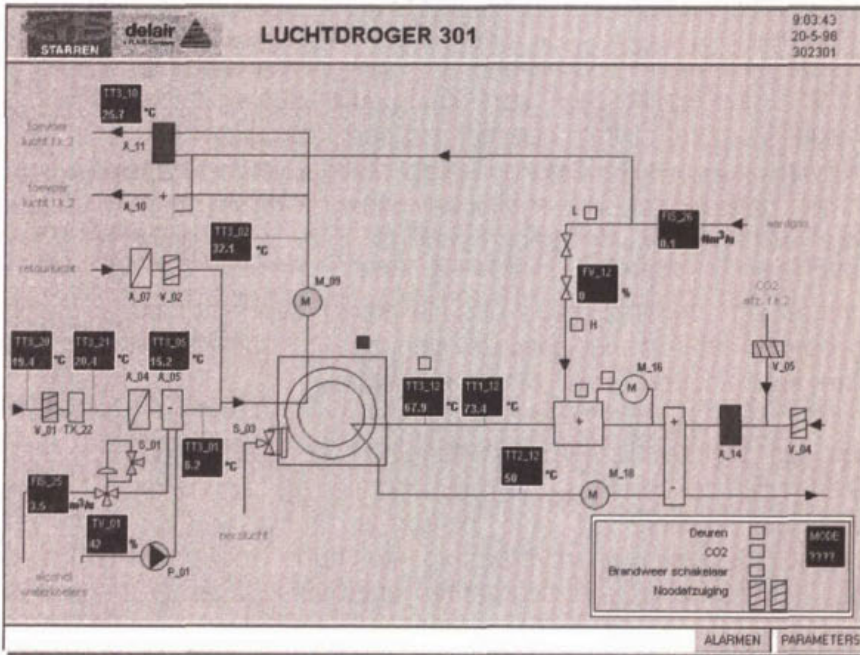
Een ander voorbeeld is de besturing van een lucht-drooginstallatie bij een brouwerij. De besturing van deze luchtdroger vindt plaats door middel van een softlogic besturingspakket op een PC en een veldbus met remote I/O. Tevens is op deze PC een standaard webserver geïnstalleerd.

Het monitoren en instellen van de installatie kan nu geschieden via het Intranet op iedere PC die voorzien is van een browser programma. Iedereen in de organisatie kan het technische plaatje van Fig. 3 met real-time animaties via het Intranet op zijn scherm krijgen.

Uiteraard zijn de nodige beveiligingen aangebracht, zodat niet iedereen zomaar de instellingen van de installatie kan aanpassen. Dit is uitsluitend voorbehouden aan geautoriseerd personeel.

Bovengenoemde voorbeelden maken gebruik van een standaard PC en standaard webserver software. (Microsoft NT 4.0 & IIE). We zien echter ook ontwikkelingen om de webserver functie direct in de apparatuur te bouwen.

Modicon en Siemens leveren reeds plc's die voorzien zijn van een kleine webserver. Deze plc's kunnen via een ethernet netwerkverbinding benaderd worden.



Figuur 3.

In de Verenigde Staten loopt op dit moment een project waarbij grote frisdrankautomaten worden voorzien van een webserver. Hierbij is het doel om de bevoorrading van deze automaten te optimaliseren.

Ook bij gebouwen automatisering wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van webtechnologie om de diverse apparaten en systemen met elkaar te koppelen.

Een leuk voorbeeld van een virtueel huis is te vinden op <http://www.emware.com/demos.html> en een compleet weerstation is te vinden op <http://smallest.pharlap.com>

## 5. Beveiliging, performance en autorisatie

Als je over webtechnologie praat krijgen mensen veelal associaties met onveilig, hackers en traagheid. Dit is slechts zeer ten dele terecht. Natuurlijk is het Internet een openbaar netwerk en uiteraard zijn er mensen die op talloze manieren proberen om hier misbruik van te maken. Ook is het zo dat als er veel mensen van het net gebruik maken er problemen kunnen optreden. Denkt u maar aan het moment dat de Clinton/Lewinsky papers openbaar werden gemaakt.

Toch zijn al deze zaken zeer betrekkelijk en treden ze zelden op als je het vergelijkt met de totale hoeveelheid berichten die er dagelijks over het netwerk gaan. Bovendien is de technologie volop in ontwikkeling. Er komen dagelijks nieuwe snelle verbindingen bij en de technologie van het beveiligen van systemen wordt ook in hoog tempo verbeterd.

Anderzijds zijn de applicaties die hierboven genoemd zijn, volledig veilig omdat het Intranet toepassingen zijn en dus volledig van het Internet en de buitenwereld zijn afgescheiden.

Binnen een organisatie kan men een Intranet opzetten waarbij men aan een groot deel van de informatievoorziening kan voldoen. Op die punten waar snelheid van groot belang is, bijvoorbeeld bij een real-time besturing, zal men met behulp van hubs, routers of switches werken, waardoor netwerk-segmenten ontstaan. Binnen een segment kan een zeer goede performance worden gegarandeerd.

Een koppeling met het Internet kan eveneens op een zeer veilige manier worden gerealiseerd.

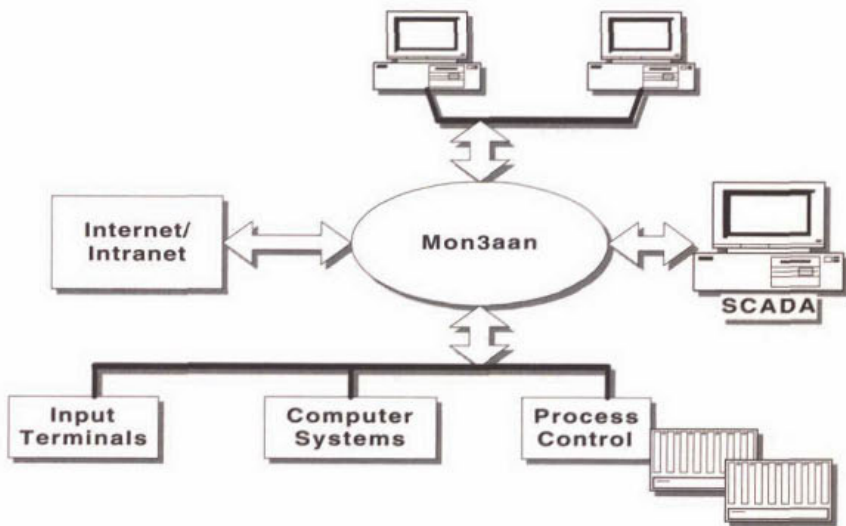
Men gebruikt hiervoor bijna altijd een zgn. "Firewall". Dit is een complex stuk software dat ervoor zorgt dat u geen last krijgt van "ongewenste gasten". De software voert diverse tests en vergelijkingen uit, waardoor het nagenoeg onmogelijk wordt om zomaar binnen te komen. Daarnaast worden alle activiteiten op het Intranet door de firewall-software automatisch bijgehouden.

Voor remote toegang tot een Intranet-netwerk, kan ook gebruik worden gemaakt van Terminal Servers. Het voordeel hiervan is dat

men een zeer efficiënt protocol kan toepassen waardoor de data overdracht uiterst snel is.

Autorisatie vindt bijna altijd plaats door middel van "user names en passwords". Er wordt ook steeds meer gebruik gemaakt persoonlijke identificatie bijv. door middel van magneet- kaarten. Maar ook verdergaande beveiliging voor ongeautoriseerd gebruik is in ontwikkeling zoals het herkennen van vingerafdrukken, iris en gezichtsherkenning.

Samenvattend kan gesteld worden dat er technische middelen voor handen zijn om een veilig informatiesysteem op te bouwen, waarbij voldoende garanties kunnen worden gegeven voor performance en autorisatie.



Figuur 4.

## **6. Toekomstige ontwikkelingen**

Eén van de belangrijkste ontwikkelingen, mede veroorzaakt door de miniaturisering van elektronica, is dat men reeds eenvoudige apparatuur geschikt kan maken voor een directe Ethernet TCP/IP aansluiting of een Intranet aansluiting. Aangezien webserver-functionaliteit slechts software is, ziet men ook apparatuur verschijnen die direct als Information Provider kan fungeren.

Andere belangrijke ontwikkelingen ziet men op het gebied van software. Er komen steeds meer tools beschikbaar die het bouwen en onderhouden van webserver-applicaties eenvoudiger maken. Ook verschijnen er steeds meer standaard software-modules (objecten) die men in bestaande applicaties kan gebruiken.

Op het gebied van de interfaces van industriële applicaties, zoals SCADA-systemen en besturingen komt nu een defacto interface, genaamd OPC. Hierdoor vervalt in de nabije toekomst de noodzaak van gebruik van allerlei soorten device handlers of drivers.

In combinatie met een Intranet/Internet omgeving is het nu mogelijk om een informatiesysteem op te zetten dat gebruikers in staat stelt de juiste informatie uit de verschillende informatie-systemen naar zich toe te halen en daarmee correcte beslissingen te nemen.

## **7. Een BOS met Intranet?**

Een Beslissings Ondersteunend Systeem is expliciet afhankelijk van informatie en onze eerder genoemde slogan omtrent I6 komt hierbij volledig tot zijn recht.

Bij waterschappen kent men vele vormen en bronnen van informatie. Al deze informatie wordt daarbij op diverse manieren zichtbaar gemaakt via verschillende systemen. Deze systemen kunnen eigen ontwikkelingen zijn, gebaseerd op standaard SCADA pakketten of een mix van beide. Informatie-bronnen kunnen ook lokaal functioneren.

Een apart hoofdstuk is de informatie die door andere externe partijen wordt aangeleverd. Voorbeelden hiervan zijn informatie die door

andere waterbeheerders wordt aangeleverd of informatie die door weerstations wordt verstrekt.

We praten hierbij over een "gedistribueerde dataomgeving" waarbij een integratie in de weg wordt gestaan door het feit dat de verschillende koppelingen niet met standaard componenten (hardware of software) kunnen worden gerealiseerd of uitsluitend tegen zeer hoge kosten. Deze kosten worden vooral veroorzaakt omdat dit uitsluitend met maatwerk is te realiseren.

Het toepassen van een concept gebaseerd op webtechnologie heeft hierbij zeer grote voordelen omdat men met standaard software-componenten kan werken. De vraag is op welke wijze men hieraan gestalte kan geven.

Als eerste zal men alle bestaande en relevante informatiebronnen geschikt moeten maken om aan te sluiten op een netwerk. Dit kan men doen door lokaal zgn. webserver te installeren, maar men kan ook, met behulp van het eerder genoemde "postkantoor" een gedecentraliseerde oplossing bouwen. Uiteraard praten we hierbij dan over een veilige Intranet omgeving.

Binnen een dergelijke omgeving kan men vanaf iedere PC, die is uitgerust met een Internet browser, toegang krijgen tot al deze informatie. Wat dan dient te geschieden is deze informatie zodanig te groeperen, dat zij voor de gebruiker een overzichtelijk en integraal beeld biedt van een bepaalde situatie. Net zoals men gewend is bij Internet-applicaties kan men met behulp van "links" naar verdere informatiebronnen zoeken.

In een volgende fase kan men ook externe informatie-bronnen, buiten het eigen intranet, aan het systeem koppelen. Dit kan geschieden via vaste verbindingen of via het wereldomvattende Internet.

Door middel van zgn. Firewalls of door het toepassen van Terminal Servers kan men zeer veilige verbindingen maken tussen het wereldwijde Internet en het lokale Intranet. Als echter hoge eisen worden gesteld aan performance en veiligheid dan zijn vaste verbindingen te prefereren.

De huidige stand van de techniek en de toepassingen in de procesindustrie maakt het mogelijk om op eenvoudige wijze met een Intranet te starten om informatie op een heldere wijze te ontsluiten en te presenteren.

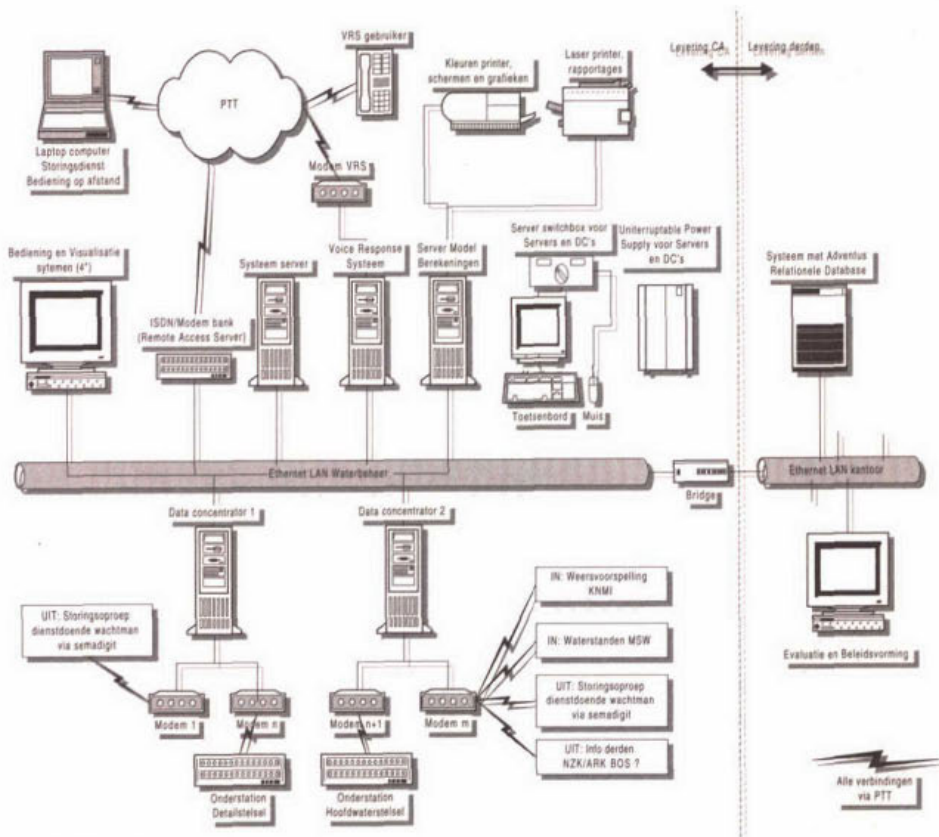
Een goed voorbeeld hiervan is het functioneel ontwerp van een informatie systeem voor het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Hierbij is zoveel mogelijk rekening gehouden met de bestaande apparatuur en systemen (o.a. Reflex en TMX onderstations).

Alle data uit het veld wordt hierbij verzameld op een tweetal data concentrators. Daarnaast is nog een server aanwezig voor modelberekeningen en een server voor een Voice Response System.

De integratie wordt verzorgd door een Systeem server. Deze zorgt voor een goede verdeling van alle datastromen en voor het presenteren van alle informatie via webserver software (Fig. 5).

Concluderend kan worden gesteld dat waterschappen die in dit soort technologie durven te investeren zijn voorbereid op de toekomst en niet zullen worden overspoeld door de enorme golf die nu over ons heen staat te komen, die webtechnologie wordt genoemd.





Figuur 5.



## **Flexibel peilbeheer: Informatie-inwinning en voorziening met behulp van REGISpeilbeheer.**

Ing. Henk Post – Waterschap Wold en Wieden

### **1. Inleiding**

Het waterschap Wold en Wieden beheert het stroomgebied van de Vledder- en Wapserveense Aa en de boezem van Noordwest Overijssel. Dit is één compleet watersysteem, met vrij afwaterende gebieden, polders en een boezemstelsel, met een totaal oppervlak van 50.000 ha. Het waterschap is interprovinciaal en ligt in de provincies Drenthe en Overijssel.



Figuur 1. Kaart Reest en Wieden

Een belangrijk kenmerk van het waterschap is dat het weinig stedelijk gebied heeft en het waterbeheer dus voornamelijk afgestemd wordt

op het landelijk gebied. In dit landelijk gebied komt relatief veel natuur voor: de nationale parken De Weerribben en Het Drents Friese Woud i.o. en het laagveenmoeras van de Wieden en een groot deel van het Ooster- en Westersand. De totale oppervlakte van de natuurgebieden bedraagt ca 21.000 ha. Dit betekent in het dagelijkse waterbeheer dat intensief rekening moet worden gehouden met de vaak tegenstrijdige belangen van landbouw en natuur.

Op 1 januari 2000 fuseert het waterschap met de waterschappen Meppelerdiep, een deel van Grootsalland (kwaliteit) en een deel van het Zuiveringsschap Drenthe. Het nieuwe integrale waterschap beheert dan ca. 130.000 ha. in Zuidwest Drenthe en Noordwest Overijssel. De kenmerken blijven globaal hetzelfde: veel landelijk gebied en relatief veel natuur (ca. 42.000 ha). Figuur 1 geeft een overzicht van het nieuwe beheersgebied, met daarop de verdeling van Stedelijk-, landbouw- en bos- en natuurgebied. Op het kaartje is tevens een eerste aanzet gegeven voor de Gewenste Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GGHG) in bos en natuurgebieden. Deze GGHG maakt onderdeel uit van de kaarten met daarop de Gewenste Grond en Oppervlaktewater Situatie (GGOS). Deze gewenste situatie zijn we momenteel voor het hele waterschapsgebied aan het vastleggen zijn.

In het integraal waterbeheersplan (Wold en Wieden, 1997) is voor beide kwantiteit waterschappen vastgelegd dat in de periode 1997-2007 naar alle peilgebieden zal worden gekeken en zal worden vastgesteld of de waterhuishoudkundige inrichting van deze gebieden nog wel in overeenstemming is met het grondgebruik of functie. Ook kan bij deze grote 'check up' worden beoordeeld of het systeem niet wat te ouderwets (alleen gericht op snelle afvoer) is ingericht en daarmee droogteschade in landbouwgebieden ontstaat. Bij een aanpassing van de waterhuishoudkundige inrichting staat nu veerkracht en duurzaamheid van de watersystemen voorop. Bij de uitvoering van dit project wordt gebruik gemaakt van de bevindingen van de projectgroep Waterlood (projectgroep waterlood, 1998).

Het is onze stellige overtuiging dat de beste manier om een gewenst grondwaterstandsverloop te realiseren begint met een goede inrichting van het watersysteem. Met behulp van het proces flexibel peilbeheer kan worden 'fjngeregeld'.

In dit artikel behandel ik in de paragraaf Flexibel Peilbeheer de achtergrond en enkele belangrijke aspecten van flexibel peilbeheer. In paragraaf REGIS<sup>peilbeheer</sup> ga ik in op het gekozen instrumentarium om flexibel peilbeheer te ondersteunen. Mijn visie op de toekomst geef ik in de daarop volgende paragraaf en ik sluit af met een korte samenvatting.

## **2. Flexibel peilbeheer**

### **Doel en werkwijze**

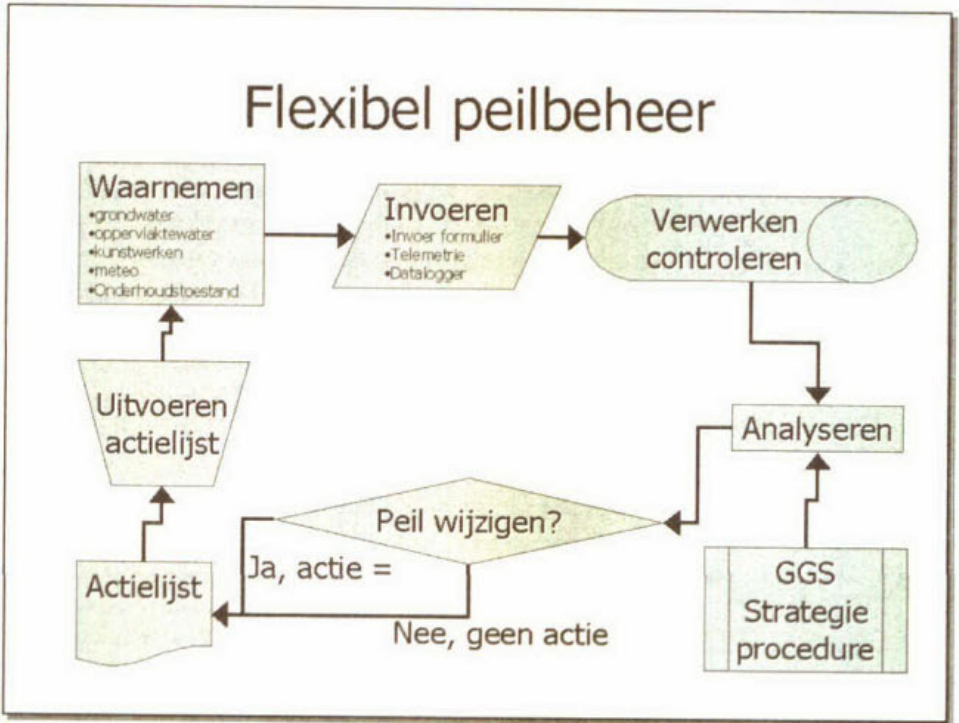
Het doel van het waterschap (taak waterkwantiteit) is van oudsher al het realiseren van een gewenst grondwaterstandverloop, waarbij een optimale situatie ontstaat voor het betreffende grondgebruik. In het verleden echter werd vooral (en helaas vaak alleen maar) door waterschappen gestuurd op drooglegging (het verschil tussen maaiveld en oppervlaktewaterpeil bij [halve] maatgevende afvoer). Wat het werkelijke effect van dit peilbeheer was op het grondwaterstandverloop was niet bekend.

De laatste jaren zijn steeds meer waterschappen het actuele grondwaterstandverloop bij hun dagelijks peilbeheer gaan betrekken. Zo ontstonden per peilgebied relaties tussen streefpeilen en het gewenste grondwaterstandverloop. De gewenste grondwaterstand is meestal seizoensafhankelijk. Door peilen te verhogen wanneer de grondwaterstand daalt (t.o.v. de gewenste) en visa versa wordt geprobeerd om met actief peilbeheer het gewenste grondwaterstandverloop te benaderen. Afhankelijk van de bodemsoort, hoogteligging, beheersbaarheid van het peil, onderhoudstoestand en klimatologische omstandigheden lukt dit in het ene gebied beter dan in het andere.

In figuur 2 is het stroomschema het proces van flexibel peilbeheer weergegeven.

Flexibel peilbeheer is vooral een proces van meten EN waarnemen, verwerken van gegevens, analyseren EN toetsen, beslissen en uitvoeren. Al deze onderdelen zal ik in de volgende paragrafen kort toelichten. Het hele proces wordt elke twee weken doorlopen. In de

zomer periode kan het nodig zijn om dit vaker te doen. Dit ligt aan hoe 'scherp' (hoge waterstanden) wordt beheerd.



Figuur 2. Stroomschema Flexibel Peilbeheer

### Metten en Waarnemen

Het is een open deur, maar om goed te kunnen beheren moet er eerst worden gemeten. Hiervoor is in de eerste plaats een goed meetnet nodig, wat is afgestemd op het doel: *benaderen van een gewenst grondwaterstandverloop met behulp van oppervlaktewater-peilbeheer*. Op het ontwerp van het meetnet voor grondwaterstanden, oppervlaktewater- en meteo-gegevens ga ik in dit artikel niet nader in. Hiervoor is met name in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging voldoende literatuur verschenen.

De volgende tijdsafhankelijke gegevens worden gemeten om de actuele grond en oppervlaktewatersituatie vast te leggen en inzicht te verkrijgen in de meteorologische omstandigheden:

- Oppervlaktewaterpeil (boven en benedenstrooms, bij stuwen, gemalen, overlaten en inlaten);
- Klepstand (stuwen), opening (inlaten), draaiuren per pomp (gemalen);
- Debiet (meetstuwen of Akoestische debietmeter);
- Freatische grondwaterstand;
- Neerslag.

In de toekomst worden tevens windsnelheid en -richting en Makkingparameters voor het berekenen van de gewasverdamping voorzien.

Waarnemen is essentieel voor een goed peilbeheer. Minder goed te meten zaken worden door de peilbeheerder in het veld waargenomen. Het betreft:

- De onderhoudstoestand watergangen (is er sprake van een verminderde af- of aanvoer capaciteit als gevolg van begroeiing of bagger)
- Lokale afwijkingen in meteorologische omstandigheden
- Beschadiging kunstwerken en meetpunten

Waarnemen gebeurt door peilbeheerders, buitendienst medewerkers, maar ook met behulp van (klachten van) ingelanden. Een belangrijk aspect van het waarnemen is wat ik noem het '*buikgevoel*' van de peilbeheerder.



Foto 1. Meten aan de meetstuw

### **Verwerken van gegevens**

Na het meten moeten de gegevens worden ingevoerd, gevalideerd en opgeslagen. In deze stap worden ook afgeleide gegevens berekend, zoals een debiet dat berekend wordt op basis van draaiuren en een capaciteitsgrafiek van een gemaal.

Voor het invoeren, verwerken, valideren en opslaan van de gegevens is een goed toegankelijke database en een gebruikers vriendelijke interface noodzakelijk.

### **Analyseren en toetsen**

Bij analyse worden de volgende gegevens betrokken:

- Actuele grondwaterstand, oppervlaktewaterpeil en weersomstandigheden;
- Het grondwaterstandverloop in de afgelopen weken;
- De meteorologische omstandigheden in de afgelopen weken en de verwachting voor de komende dagen;



- Het peilverloop in het oppervlaktewater in de afgelopen weken;
- Eventueel aanvullende waarnemingen.

Op basis van deze gegevens wordt een inschatting gemaakt van het grondwaterstandverloop in de komende periode.

Het spreekt voor zich dat de hydroloog die dit doet veel kennis (expert judgement) van zijn watersysteem moet hebben. Want ook andere factoren, zoals bodemgesteldheid, grondgebruik spelen een belangrijke rol. Met behulp van de grafieken en de ruimtelijke informatie in REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> moet dit analyseren efficiënt kunnen gebeuren. In de toekomst kan aan deze module een algoritme worden gekoppeld, die bijvoorbeeld in 80% van de situaties een betrouwbare verwachting van het grondwaterstandverloop geeft. Pogingen om zo'n algoritme te vinden zijn tot nu toe echter mislukt.

Naast de analyse, moet er ook getoetst worden aan de voor de betreffende periode gewenste grondwatersituatie. Hiervoor moeten per peilgebied beheersregels worden opgesteld. Deze beheersregels bestaan uit de bandbreedte van het gewenste grondwaterstandverloop op de meetlocatie(s) in de betreffende periode van het jaar en het maximaal en minimaal in te stellen oppervlaktewaterpeil bij het peilregelend kunstwerk. Hierbij hoort ook de maximale stapgrootte waarmee het kunstwerk per periode omhoog (of belangrijker) omlaag bewogen mag worden.

Beheersregels moeten volgens het waterschap vastliggen in een 'beheersbesluit' van het algemeen bestuur, zoals bijvoorbeeld een peilbesluit waarin het flexibel peilbeheer is vastgelegd. Het voordeel hiervan is dat ingelanden vooraf de gelegenheid hebben om hun zienswijze op het te voeren beheer te geven. Deze zienswijze wordt dan mede afgewogen bij het besluit.

De beheersregels worden opgesteld door een grondige analyse en belangenafweging van het betreffende watersysteem peilgebied. Hiervoor wordt onder andere gebruik gemaakt van functie, het feitelijk grondgebruik, hoogtecijfers uit de actuele hoogtekaart Nederland (AHN), bodemkaart, geactualiseerde Gt kaart, GGOS-kaart en grond - en oppervlaktewatermodellen.

## Beslissen

Met behulp van de analyse en de toetsing beslist de hydroloog of het peil van een peilgebied, of cluster van peilgebieden, moet worden gewijzigd voor de komende periode. En zo ja hoe het peilregelend kunstwerk dan moet worden ingesteld.

Dit beslissen gebeurt binnen de kaders van de beheersregels grotendeels op basis van systeem- en veldkennis. Dit is een zelf lerend systeem, zij het dat de kennis zit opgeslagen in het hoofd van de hydroloog. Voor een goede werking van het systeem zijn we dus afhankelijk van de beschikbaarheid van deze persoon. Dit is erg kwetsbaar. Daarom wordt zo goed mogelijk vastgelegd in een logboek waarom beslissingen zijn genomen en hoe deze tot stand zijn gekomen. Op deze wijze proberen we de systeemkennis zo toegankelijk mogelijk te maken en te houden. Bij problemen of vragen kan dan ook door derden worden nagezocht waarom een bepaalde actie (peilwijziging of juist niet) op een bepaald moment heeft plaatsgevonden.

## Uitvoeren

Bij het waterschap geldt de regel dat de peilbeheerder de uiteindelijke beslissing of de beoogde actie ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd. Hij is de man in het veld en kan de situatie ter plekke als enige beoordelen. Hij stelt op kantoor op basis van de beschikbare informatie een actielijst op en gaat vervolgens het veld in. Wanneer hij afwijkt van de actielijst, rapporteert hij dit natuurlijk wel gemotiveerd terug. Deze afwijking wordt vervolgens vastgelegd en dient om weer een beetje meer systeem kennis op te doen. Ook komt het natuurlijk voor dat een peilbeheerder kan afwijken om triviale redenen zoals beschadiging van een kunstwerk, stremmingen in de aan of afvoer door bijvoorbeeld maai en onderhoudswerkzaamheden. Bij het nemen van de beslissingen vormt de expert judgement, het zogenaamde '*buikgevoel*' van de peilbeheerder een belangrijk element.

Het is naar mijn mening heel belangrijk dat de man in het veld kennis heeft van 'zijn' watersysteem en voldoende mandaat heeft om af te wijken van de peilvoorstellen als dit nodig is. Hierdoor wordt een beroep op zijn verantwoordelijkheidsgevoel gedaan en blijft hij waakzaam. Hij doet niet zomaar iets omdat ze dat op kantoor zeggen.

In het geval van buitengewone omstandigheden moet ook terug worden gevallen op de kennis en ervaring van deze mensen. Een goede communicatie en terugkoppeling tussen peilbeheerder en hydroloog vergroot de kennis van het systeem en voorkomt onnodige fouten.

Voor de beschreven onderdelen is het noodzakelijk dat de hydroloog en de peilbeheerder een adequate ondersteuning hebben om hun werk uit te kunnen voeren. Deze ondersteuning bestaat enerzijds uit voldoende betrouwbare gegevens over het beheersgebied en metingen en anderzijds uit functionaliteit om op basis van deze gegevens beslissingen te kunnen nemen. De functionaliteit wordt momenteel ontwikkeld als REGIS<sup>PEILBEHEER</sup>. In de volgende paragraaf ga ik hier nader op in.

### **3. REGIS<sup>peilbeheer</sup>**

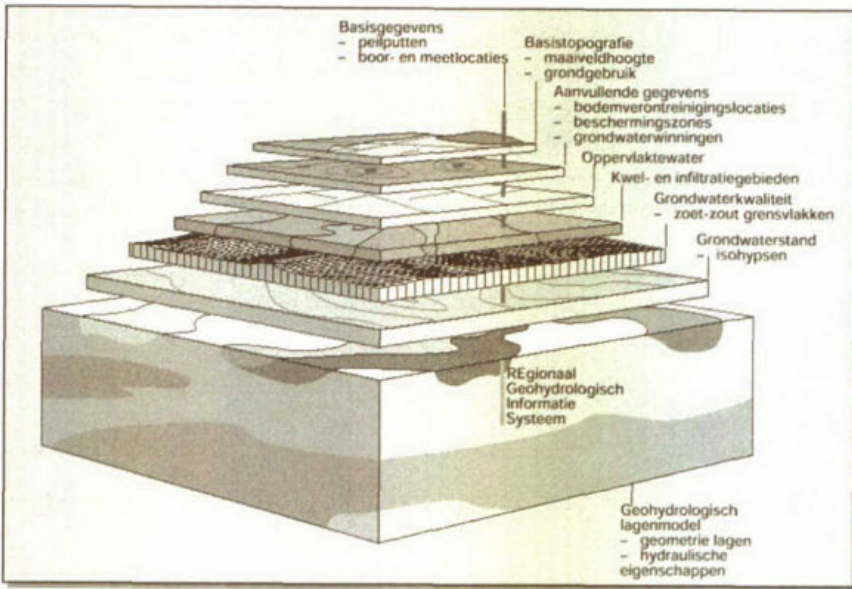
#### **Wat is REGIS**

Vanaf 1990 wordt door het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (NITG-TNO) REGIS (REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem) ontwikkeld. Dit systeem beschikt over een uitgebreide set gereedschappen voor de (ruimtelijke) interpretatie en analyse van alle gegevens over bodem & ondergrond en grondwater & oppervlaktewater.

REGIS-systemen worden lokaal bij gebruikers geïnstalleerd en hebben mogelijkheden voor opslag van tijdafhankelijke geowetenschappelijke gegevens en diverse ruimtelijke gegevenssoorten. Vele van deze gegevens en informatie kunnen ook betrokken worden via een aansluiting op OLGA98, het On-Line Geohydrologisch Archief van NITG-TNO. Het is de bedoeling dat de nationale geohydrologische databank OLGA98 ook met alle REGIS-systemen kan worden benaderd. Dit is belangrijk voor de uitwisseling van tijdafhankelijke gegevens met derden, bijvoorbeeld voor de uitvoering van de Regionale WaterSysteem Rapportages (RWSR).

Het doel van REGIS was en is een compleet geohydrologisch informatiesysteem samen te stellen, waarin alle geohydrologische

gegevens en ook andere relevante gegevens kunnen worden opgeslagen en verwerkt, voor het evalueren van (geo)hydrologische situaties op nationale en regionale schaal. REGIS is in eerste instantie ontwikkeld in opdracht van de provincies en rijkswaterstaat. Deze opdrachtgevers staan ook garant voor de continuïteit van de applicatie en de actualiteit van de gegevens.



Figuur 3. REGIS

### REGIS – structuur

Een REGIS-systeem is een combinatie van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) en een Databank Management Systeem (DBMS). REGIS beschikt standaard over één of meerdere schermen met een topografische basiskaart, waarop alle ruimtelijke presentaties worden weergegeven. Daarnaast kunnen schermen worden onderscheiden voor het grafisch visualiseren van bijvoorbeeld lithologische kolommen of tijdreeksen. Tenslotte zijn er schermen waarin gegevens kunnen worden ingevoerd, gewijzigd en zichtbaar gemaakt. Al deze schermen zijn aan elkaar gerelateerd. In één handeling kunnen bijvoorbeeld, door het selecteren van een peilput op een topografische kaart, de

technische gegevens van de peilput, een tijdstijghoogtegrafiek of de geohydrologische opbouw ter plaatse zichtbaar worden gemaakt.

## Waarom REGIS<sup>PEILBEHEER</sup>

Begin 1997 ontstond bij zes waterschappen in Drenthe en Overijssel: "Groot Salland, Meppelerdiep, Regge en Dinkel, 't Suydevelt, De Vechtlanden en Wold en Wieden" de behoefte om flexibel peilbeheer vorm te geven. Omdat het bij alle waterschappen ging om het verwerken van tijdsafhankelijke gegevens en de behoefte aanwezig was om deze gegevens ook ruimtelijk te kunnen presenteren en hiermee analyseren, is gezocht naar een systeem die aan de volgende eisen kon voldoen of hiervoor geschikt te maken:

- Grote hoeveelheden tijdsafhankelijke gegevens efficiënt te kunnen invoeren, raadplegen en analyseren;
- Ondersteuning bieden bij de uitvoering van het proces flexibel peilbeheer;
- Vanuit de meetgegevens ruimtelijke relaties kunnen leggen naar peilgebieden, de hoogtekaart (AHN) en diverse bodemkundige en geohydrologische vlak dekkende bestanden;
- Adventus compatible;
- Werkend op een standaard PC platform (Windows 95 of Windows NT).

Een belangrijke wens voor de twee provincies was om een koppelen te kunnen leggen met het On-line grondwaterarchief van TNO voor het ophalen van grondwatergegevens van derden.

De gegevens worden gebruikt voor modelstudies en evaluatie van het gevoerde beheer door het opstellen van watersysteemrapportages.

Een bestaande (en in ontwikkeling zijnde) applicatie die reeds aan veel eisen tegemoet kwam was REGIS<sup>view</sup>. Deze applicatie is ontwikkeld in opdracht van de Stichting REGIS (drie waterleiding bedrijven). Deze stichting was bereid om haar REGIS versie ter beschikking te stellen voor verdere ontwikkeling.

Door de zes waterschappen, twee provincies en de stichting REGIS is daarom aan NITG-TNO de opdracht gegeven tot het maken van een

functioneel ontwerp [1] voor een module peilbeheer in REGIS en later tot de implementatie van deze module. De waterschappen, de provincies en de stichting REGIS dragen bij aan de financiering van REGIS<sup>PEILBEHEER</sup>.

## **Wat is REGIS<sup>PEILBEHEER</sup>**

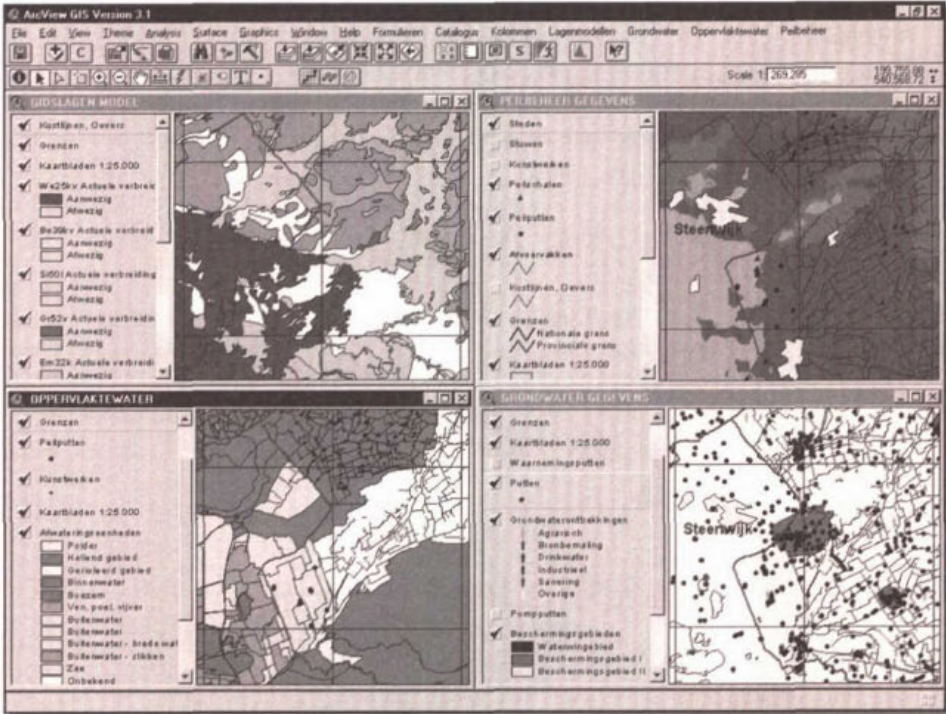
De module peilbeheer wordt gebouwd als onderdeel van REGIS versie 3. De eerste onderdelen van deze module zijn inmiddels gereed en geïmplementeerd bij de zes waterschappen. Hier worden ze in een productie omgeving uitvoerig getest.

Conform de eisen is het datamodel gestandaardiseerd volgens GW'96 (Adventus datamodel). Dit betekent dat gegevensuitwisseling en – gebruik met andere op Adventus gebaseerde applicaties mogelijk zal zijn. De waterschappen Meppelerdiep en Wold en Wieden hebben bijvoorbeeld reeds INTWIS aangeschaft. Voor REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> zullen dan ook de waterhuishoudkundige objecten zoals watergangen en kunstwerken uit de INTWIS database worden gebruikt. De peilbeheer module bevat tijdreeksen van grondwater- en oppervlaktewaterstanden, van meteorologische gegevens van debieten en van stroomsnelheden. De functionaliteit voor het invoeren, bewerken en weergeven van deze reeksen is in de module aanwezig.

Zo wordt er bijvoorbeeld gewerkt met gestandaardiseerde invoer en actie formulieren en kunnen er routes worden gedefinieerd. Maar ook gegevens die met behulp van telemetrie en dataloggers worden verzameld kunnen met behulp van een interface in de database worden ingelezen. Standaard interfaces zijn aanwezig voor Regflex, VDUI, DCN, Bosdata, en diverse dataloggers. Uiteraard kunnen ook gegevens worden uitgewisseld met de landelijke OLGA-database. Met de module peilbeheer kunnen alle stappen in het proces flexibel peilbeheer worden ondersteund.

REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> wordt bij het toekomstige waterschap Rest en Wieden ingezet om het proces flexibel peilbeheer te ondersteunen. Logischerwijze wordt het dus ook gebruikt voor de opslag van meetreeksen en afgeleide gegevens. Deze gegevens zijn nodig voor planvorming en beleidsontwikkeling & evaluatie en voor de afhandeling van klachten. REGIS is echter ook geschikt voor het uitvoeren van geohydrologische analyses, het 'vullen' van een grondwatermodel en

het bieden van ondersteuning bij het maken van beheersregels. Het is dus naast een instrument voor de peilbeheerder ook een belangrijk stuk gereedschap voor de hydroloog, de beleidsmedewerkers en de makers van waterbeheersplannen.

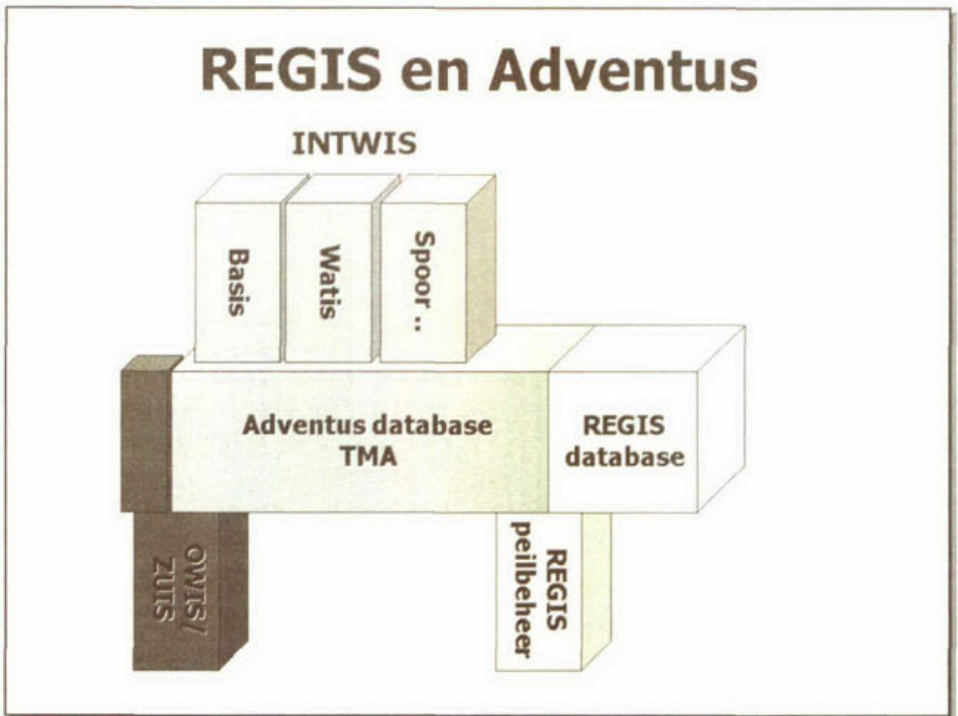


Figuur 4. Gekoppelde 'kaarten' in REGIS

## REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> en ADVENTUS

Eén van de belangrijkste voorwaarden uit het programma van eisen was dat REGIS Adventus conform moest zijn. Voor wat betreft het oppervlaktewater deel is dit ook gelukt mede dankzij het feit dat op verzoek van NITG-TNO in het Adventusstelsel (TMA) wijzigingen en aanvullingen zijn opgenomen. Bij het ontwerp werd echter duidelijk dat Adventus niet voldoende oplossingen biedt voor de aspecten Geohydrologie en tijdsafhankelijke gegevens. Daarom is REGIS versie 3 ontwikkeld op basis van een nieuw datamodel, dat goed aansluit op

de datamodellen van de andere geologische en geohydrologische systemen bij het NITG-TNO. Hierdoor is de uitwisseling van gegevens tussen databases en applicaties zo efficiënt mogelijk. Bovendien is het oppervlaktewater gedeelte afgeleid van het Adventus datamodel van de Unie van Waterschappen, zodat uitwisseling van gegevens en gecombineerd gebruik, van op Adventus gebaseerde systemen bij waterschappen en andere gebruikers, eveneens goed mogelijk is. Figuur 5 geeft schematisch weer hoe REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> moet worden gepositioneerd t.o.v. de Adventus familie. In dit schema wordt het REGIS datamodel gezien als een aanvulling op Adventus.



Figuur 5. REGIS en ADVENTUS

Gebruikers van bijvoorbeeld INTWIS kunnen zo hun legger/beheersregister data gebruiken in REGIS, zonder dat deze informatie dubbel wordt opgeslagen. Deze gegevens kunnen dan alleen vanuit de INTWIS omgeving worden gewijzigd.



## **4. Visie op de toekomst**

Hierbij een persoonlijke visie op de toekomst. Deels is dit een logisch vervolg van het ingezette beleid bij de waterschappen Wold en Wieden en Meppelerdiep, voor een ander deel betreft het hier een duidelijk persoonlijke visie en een aanzet tot discussie.

### **Beslis algoritme**

In de toekomst zal er zeker een algoritme of een beslissing ondersteunend model worden ontwikkeld, waarmee het mogelijk is om op basis van historische reeksen, actuele gegevens en weersverwachtingen een verwachting te maken van het grondwaterstandverloop in de komende periode (1 á 2 weken). Op basis van deze berekende verwachting kan dan (waarschijnlijk ook geautomatiseerd) een voorstel worden gemaakt voor het in te stellen peil bij het peilregelend kunstwerk. Ik denk dat het op termijn mogelijk is om zo'n algoritme/model ca. 70-80% van alle situaties te laten afhandelen. De hydroloog of coördinator peilbeheer behoeft de computer voorstellen dan alleen nog te accorderen. Door STOWA en het DLO-Staring Centrum wordt momenteel hard gewerkt aan het vervolmaken van modellen voor een dergelijke ondersteuning. De vraag is echter of dit type modellen ooit snel genoeg zullen zijn om 'real-time' ondersteuning te bieden. Misschien moet er wel gezocht worden in de combinatie van rekenregels met een zelf lerend systeem of een neurale netwerk.

### **Sturen op afvoer**

Een van de grote kostenposten bij het uitvoeren van flexibel peilbeheer is het meten van grondwaterstanden. We hebben het dan al snel over enkele honderden peilbuizen, die elke 14 dagen handmatig moeten worden waargenomen. Telemetrie biedt hiervoor gezien de zeer hoge investeringskosten en kwetsbaarheid (nog) geen uitkomst. Ik denk dan ook dat gezocht moet worden naar een methode om het aantal meetpunten met deze hoge waarnemingsfrequentie te verminderen. Een mogelijkheid hiervoor zou mijns inziens moeten zijn het sturen op afvoer van wat grotere eenheden, gecombineerd met een beperktere

hoeveelheid grondwaterstandwaarnemingen met een frequentie van eens per veertien dagen. Immers aan de verandering van de afvoer van een systeem is al veel sneller te zien of overgegaan moet worden op het sparen van water (overgang nat – droog) of het vergroten van de afvoer (overgang droog – nat). Het uitzakken of stijgen van de grondwaterstand volgt wat later. In het waterschap Wold en Wieden willen we hiervoor in de komende twee jaar nog twee ADM's (akoestische debietmeter) plaatsen op strategische locaties in het watersysteem. Deze ADM's zijn nodig voor het analyseren van de water- en stoffenbalans van het watersysteem. Daarnaast willen we uitzoeken of het mogelijk is de gegevens van deze metingen te gebruiken om het flexibel peilbeheer te ondersteunen.

## **Waternood**

Allereerst moeten we proberen om onze watersysteem met meer veerkracht in te richten. Dit duurt echter vrij lang. We hebben hiervoor een ambitieus 10-jaren programma, maar het is de vraag of de realisatie ook in tien jaar lukt. Door meer conform waternood te ontwerpen en in te richten zal meer berging ontstaan, waardoor minder directe sturing nodig is. Dit geldt zowel in het vrij afwaterende als in het bemalen deel van ons beheersgebied.

## **Tot slot**

De mens in het veld blijft de belangrijkste factor in het waterbeheer. Naar mijn mening mogen we dit nooit vergeten, want hoe goed onze computermodellen en voorspellingen ook worden, het onverwachte is met de computer niet te signaleren. Hiervoor zijn mensen met systeem- en veldkennis noodzakelijk. Ook in het geval van buitengewone omstandigheden zoals bijvoorbeeld eind oktober 1998 zullen mensen het werk moeten doen. Als we in dergelijke situaties alleen afhankelijk zijn van computers en inwinsystemen, dan lopen we ook in Nederland een grote kans dat er daadwerkelijk rampen met water gebeuren. Wat mij betreft is de O van bOs dan ook zeer wezenlijk. Dergelijke systemen moeten gewoon blijven doen wat ze beloven, namelijk ondersteunen bij het nemen van beslissingen in het dagelijks waterbeheer en/of bij buitengewone omstandigheden.

## 5. Samenvatting en conclusies

Bij de waterschappen Wold en Wieden en Meppelerdiep en dus het toekomstige waterschap Reest en Wieden wordt het proces flexibel peilbeheer ingevoerd. Aan de basis van dit proces ligt een infrastructuur die zo goed mogelijk is afgestemd op de functie van een betreffend peilgebied. Omdat er nogal veel landelijk gebied is en een grote verwevenheid bestaat tussen natuur en landbouw moet aanvullend worden gestuurd met het oppervlaktewaterpeil om een gewenst grondwaterstandverloop zo goed mogelijk te benaderen.

Het proces flexibel peilbeheer bestaat uit een aantal stappen: meten EN waarnemen, verwerken van gegevens, analyseren EN toetsen, beslissen en uitvoeren. REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> gaat in de nabije toekomst helpen om dit proces te ondersteunen. Zaken als Inwinnen van gegevens, verwerken, valideren analyseren, beslissen en het maken van een actielijst worden door REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> ondersteund.

REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> kan worden gebruikt in samenhang met andere op ADVENTUS gebaseerde applicaties zoals bijvoorbeeld INTWIS. Hiermee ontstaat binnen het waterschap een krachtige op gegevens georiënteerde omgeving, die primair het dagelijks peilbeheer ondersteunt, maar daarnaast wordt gebruikt voor beleids- en planvorming, evaluatie en klachtenbehandeling.

Er zijn ontwikkelingen gaande om de ondersteuning te vervolmaken, door te koppelen met een 'voorspellings' model of -algoritme.

Wezenlijk is dat de mens blijft beslissen en dat systeem- en veldkennis essentieel is bij een goed waterbeheer nu, maar ook in de toekomst. REGIS<sup>PEILBEHEER</sup> kan belangrijke ondersteuning leveren bij het nemen van beslissingen in het dagelijks waterbeheer.

## 6. Literatuur

- Linde, W. van der en G. van Beusekom, Uitbreiding REGIS<sup>view</sup> ten behoeve van opname gegevens en functies voor het peilbeheer (functioneel ontwerp). NITG-TNO Delft 1997, rapportnr. NITG 97-143-A
- Projectgroep Waterlood, Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater; Een op grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Dienst landelijk gebied en Unie van Waterschappen 1998, dlg-publicatie 1998/2
- Waterschap Wold en Wieden, Integraal waterbeheersplan Waterschap Wold en Wieden (Drentse deel) en Zuiveringsschap Drenthe. Steenwijk 1997.





## **Decision Support Systeem Hoogwater in Regionale Watersystemen**

Dr.ir. L.C.P.M. Stuyt, DLO-Staring Centrum, Wageningen

### **1. Inleiding**

De waterhuishouding in ons land wordt in toenemende mate gekenmerkt door extremen. Ook in andere West-Europese landen zijn de risico's van hoge waterstanden voor de veiligheid en de economie de laatste jaren overduidelijk geworden. Er volgde een directe reactie vanuit politiek en maatschappij op de overstromingen van de Maas; de evacuatie van delen van het rivierengebied wegens extreem hoge waterstanden in Rijn en Maas in 1995; en na de wateroverlast eind vorig jaar. Rivierdijken worden nu verhoogd en er worden plannen uitgevoerd om meer ruimte te reserveren voor rivierwater in uiterwaarden.

Naast de hoogwaterproblematiek in de directe invloedssfeer van de grote rivieren is er sprake van knelpunten met hoge waterstanden in tal van regionale watersystemen. In poldergebieden, maar ook in Hoog-Nederland wordt regelmatig overlast ondervonden van te hoge waterstanden in beken en kleine rivieren. Medio september 1998 werd de zuidelijke helft van ons land geconfronteerd met de gevolgen van extreme neerslaghoeveelheden. Eind oktober werd het noorden ernstig getroffen.

Voor regionale watersystemen wordt een structurele aanpak van de hoogwaterproblemen inmiddels urgent geacht. De maatregelen zijn gericht op vermindering van piekafvoeren. Dit is des te meer van belang omdat verwacht wordt dat de rivierafvoeren in West-Europa in de winter en het voorjaar als gevolg van klimaatverandering de komende decennia aanzienlijk zullen toenemen. Uitgangspunt bij de te treffen maatregelen is dat gekozen wordt voor meer ruimte voor beken en rivieren, en voor maatregelen, gericht op waterconservering in regionale stroomgebieden.

## 2. Kader

In 1996 hebben DLO-Staring Centrum en RIZA een eerste verkenning gedaan naar de mogelijke ruimtelijke maatregelen die in regionale wateren in ons land zouden kunnen worden getroffen om afvoerpieken te verminderen (Kwakernaak et al., 1996). Het gaat hierbij om veranderingen in bestemming (vorming van inundatiepolders; omzetting van landbouwgrond in natuur), inrichting (verbreding van waterlopen; aanleg van bergingsbassins) en beheer (verandering grondwaterfluctuatie; verandering van het bemalingsregime). In die studie is berekend hoe effectief bepaalde maatregelen kunnen zijn om hoogwaterproblemen in regionale watersystemen te verminderen. Vooral ruimtelijke maatregelen, gericht op toename van de bergingscapaciteit in de bodem en aan het oppervlak zijn in het landelijke gebied effectief. Daarnaast is onderzocht in hoeverre ruimtelijke maatregelen voor vergroting van de waterberging in regionale stroomgebieden beleidsmatig inpasbaar zijn en maatschappelijk geaccepteerd zullen worden. Deze factoren bepalen de uitvoerbaarheid van de maatregelen.

De aanpak van de hoogwaterproblematiek in de grote rivieren, maar ook in grensoverschrijdende beken en kleine rivieren vraagt om een internationale aanpak. Daarom is het van groot belang dat de Europese Unie, via het INTERREG-IIc-programma, waaronder IRMA (=Interregionale Rijn en Maas Activiteiten) een aanzienlijke financiële injectie geeft aan projecten waarin middels veranderingen in bestemming en inrichting meer ruimte wordt gecreëerd voor tijdelijke berging van water. In samenwerking met DLO-Staring Centrum heeft de provincie Noord-Brabant een inventarisatie gemaakt van zulke projecten. Een aantal van deze projecten is grensoverschrijdend; het betreft regionale watersystemen die hun oorsprong vinden in de Belgische provincies Limburg en Antwerpen (Stuyt et al., 1999).

Na afronding van de studie van DLO-Staring Centrum en RIZA in 1996 werd al snel duidelijk dat er behoefte bestond aan een instrument waarmee de betrokken instanties, met name waterbeheerders, zouden kunnen onderzoeken welke (combinaties van) inrichtings- en beheersmaatregelen het beste zouden kunnen worden genomen om de risico's van hoge waterstanden in hun beheersgebied zo effectief mogelijk te verminderen.



In een dergelijk instrument zouden niet alleen technische aspecten in de analyses moeten worden betrokken, maar ook maatschappelijke aspecten als draagvlak. In 1997 heeft DLO-Staring Centrum het initiatief genomen tot de ontwikkeling van een beslissingsondersteunend systeem (BOS) oftewel 'decision support systeem' (DSS), dat de waterbeheerder ondersteunt bij zijn onderzoek naar geschikte inrichtings- en beheersmaatregelen. Dit systeem, het DSS HWRW (=Decision Support Systeem Hoogwater in Regionale Watersystemen) wordt thans onder auspiciën van de Projectgroep Rivieren en Integraal Zoetwaterbeheer van LWI (=Land Water Milieu Informatie technologie) ontwikkeld. De ontwikkelaars zijn DLO-Staring Centrum die tevens de projectleiding in handen heeft, WL|Delft Hydraulics, DHV en Cap Gemini. De ontwikkeling van het DSS wordt, naast eigen bijdragen van de ontwikkelaars, gefinancierd door CUR/LWI, de STOWA, RWS-DWW en de RPD.

### **3. Doel en aanpak**

Met behulp van het DSS HWRW kan worden onderzocht in hoeverre de wijze van inrichten van een regionaal watersysteem bij veronderstelde strategieën (=pakketten van maatregelen) een gunstig effect heeft op het optreden van hoogwater (locatie, duur) in dit watersysteem. Doelgroepen zijn waterbeheerders en planontwikkelaars voor inrichting en beheer van landelijke en stedelijke gebieden. De DSS-gebruiker kan de inrichting van een gebied wijzigen door middel van een scala van maatregelen. Voorbeelden van maatregelen zijn: grond afgraven, sloten dempen, drainage verwijderen, bassins voor waterretentie creëren, hemelwaterafvoer afkoppelen van rioleringssystemen, infiltratiezones creëren in verharde, stedelijke gebieden en het renatureren van beken (i.c. hermeanderen). Het belangrijkste effect dat wordt beschouwd is de timing en duur van extreme hoogwaterafvoeren door het beekstelsel naar de grote rivier. Daarnaast worden de effecten op landbouw, natuur en enkele andere functies in beeld gebracht, en wordt een schatting gedaan van de kosten van de te nemen maatregelen en van het draagvlak voor deze maatregelen.

In het DSS HWRW wordt gebruik gemaakt van gegevens die bij waterschappen in de vorm van digitale bestanden aanwezig zijn. Voorts wordt een deel van de kennis die bij instituten en adviesbureaus aanwezig is in een Expert Systeem expliciet gemaakt. Het DSS-HWRW wordt in eerste instantie ontwikkeld voor strategische toepassingen. De functionaliteit verschilt daarom wezenlijk van die van applicaties die worden ontwikkeld voor computer ondersteunend waterbeheer. Er wordt overigens ook gewerkt aan toepassingsmogelijkheden op het vlak van het operationele beheer, zij het vooralsnog in beperkte mate.

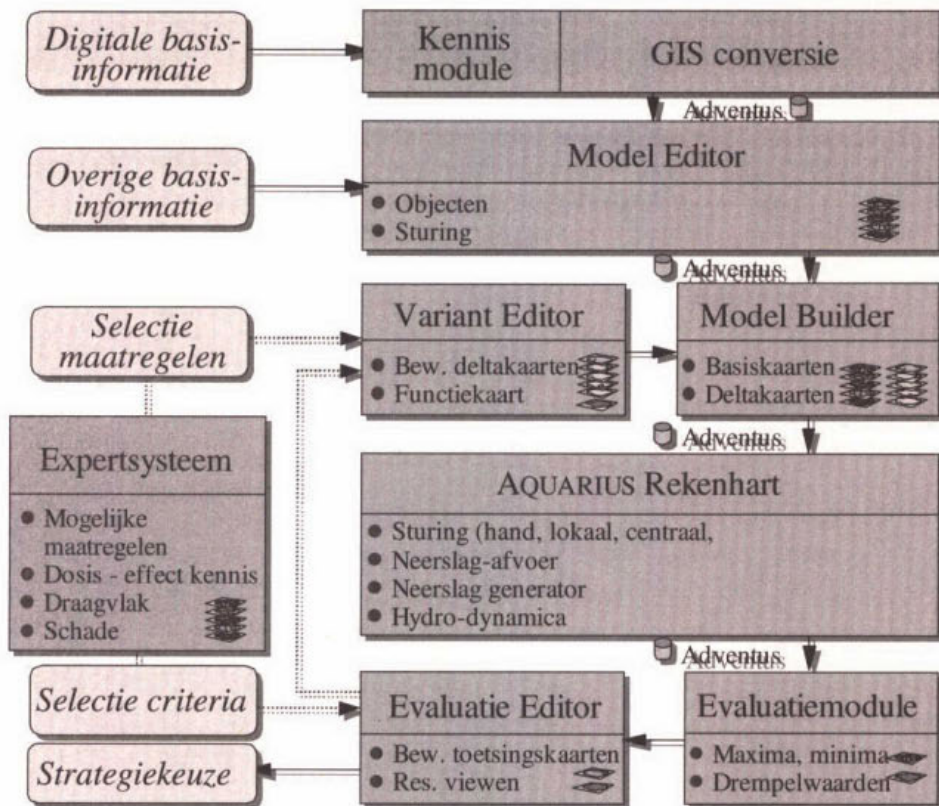
Het DSS HWRW is bedoeld als hulpmiddel bij een gezamenlijke en geïntegreerde aanpak van hoogwaterproblematiek door rijk, provincies, waterschappen en gemeenten. Het innovatieve karakter van de DSS is dan ook gelegen in het feit dat er koppelingen worden gelegd tussen:

- Waterbeleid en ruimtelijk beleid, inclusief natuur- en landbouwbeleid;
- Maatregelen in landelijk en stedelijk gebied;
- Effectiviteit en haalbaarheid van maatregelen;
- Ingrepen in de regio en effecten in regio én op grote rivieren.

#### **4. Instrumentarium**

Het DSS moet de gebruiker helpen bij het vinden van een antwoord op de vraag: "welke maatregelen kunnen het beste worden getroffen, en op welke plaatsen?" De door het DSS berekende maatregelenpakketten worden getoetst aan de mogelijkheden en de instrumenten die beschikbaar zijn om maatregelen uit te voeren. Toetsing vindt plaats op de technische en operationele haalbaarheid, en de geschatte kosten.

De modulaire opbouw van het DSS HWRW is weergegeven in Figuur 1.

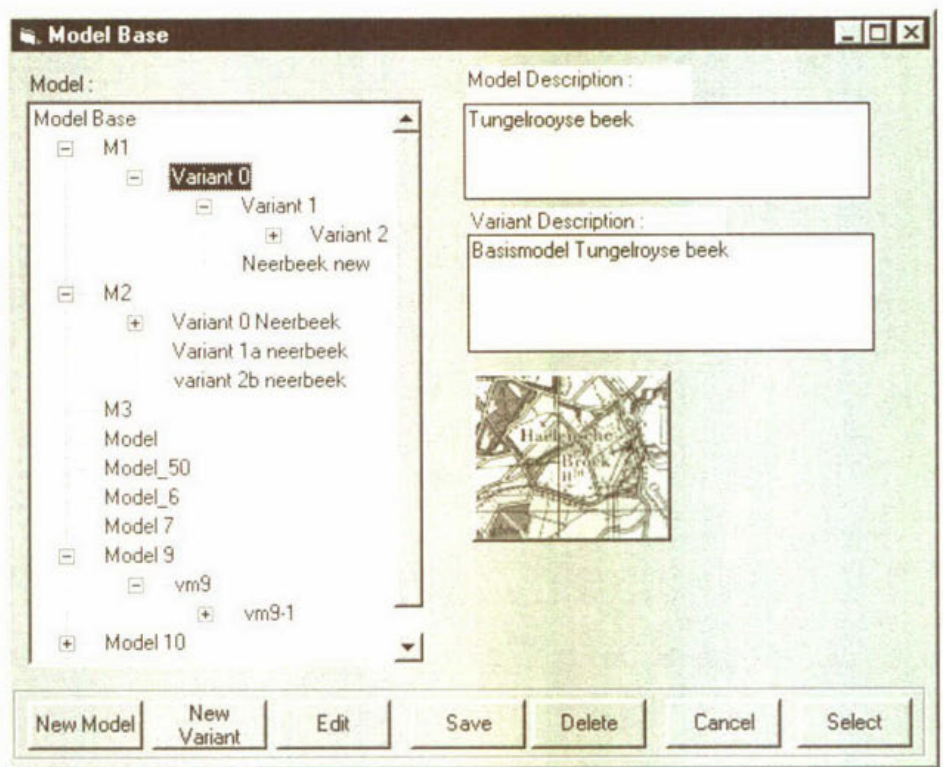


Figuur 1. Processtructuur en modulaire opbouw van het DSS HWRW.

Het DSS wordt ontwikkeld voor gebruik in een Windows-omgeving (95, 98, NT) De gebruiker voert zijn werkzaamheden uit in de *Model Studio*. Vóórdat met het analyseren van effecten van maatregelen kan worden begonnen moet het studiegebied gemodelleerd worden. Dit zogenaamde *basismodel* wordt gebouwd met behulp van de *Model Editor* van het DSS, waarna een zogenaamde *referentieberekening* wordt uitgevoerd.

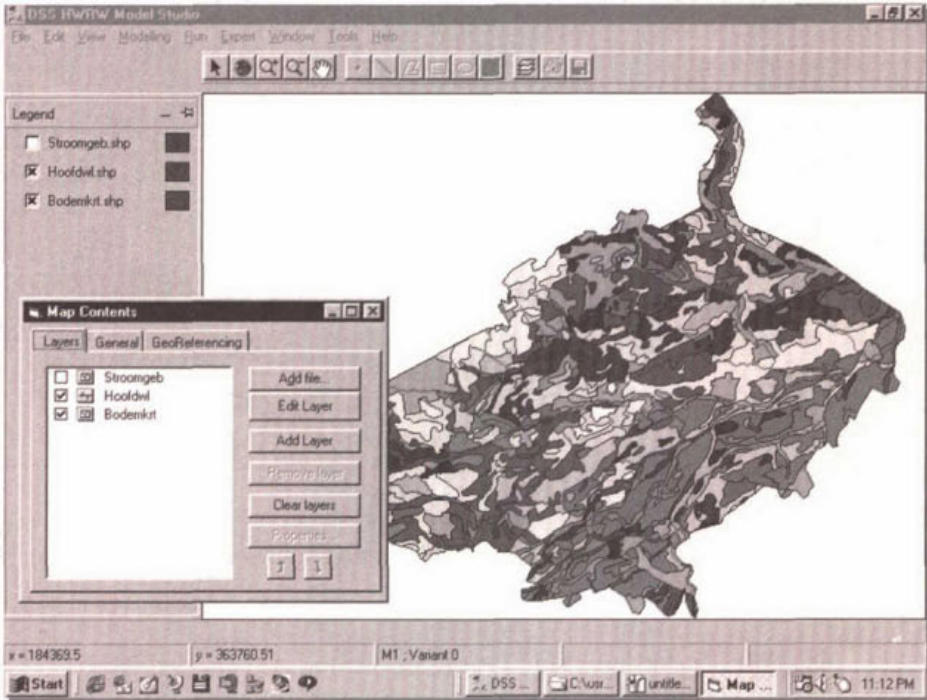
Vervolgens voert de gebruiker met behulp van de *Variant Editor* variaties op de referentiesituatie in. Deze maatregelen kunnen worden beschouwd als varianten op het basismodel. In een venster wordt een

hiërarchisch systeem van maatregelen opgebouwd, zodat het geheel overzichtelijk blijft (Figuur 2).



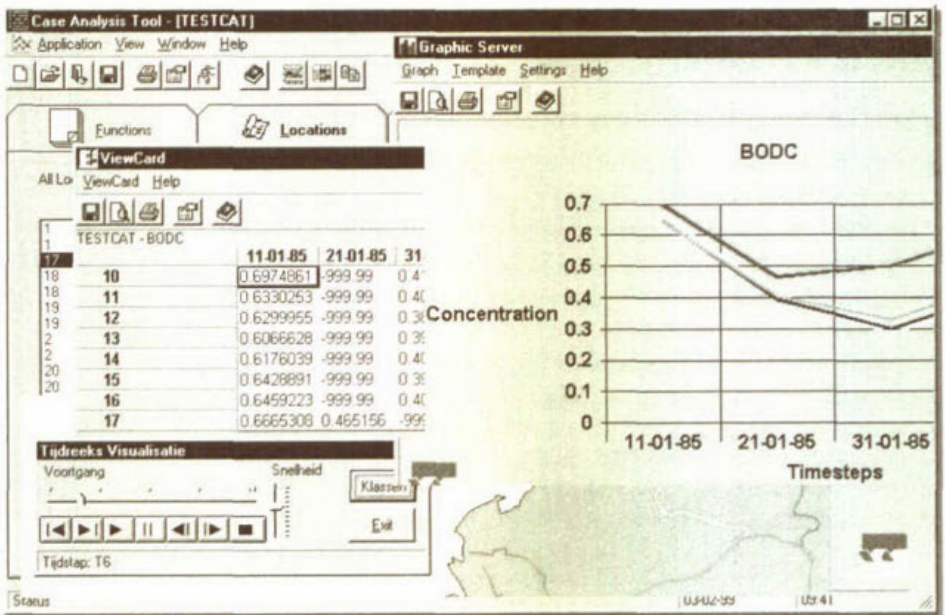
Figuur 2. Inrichtingsmaatregelen worden opgeslagen als hiërarchisch gerelateerde modelvarianten.

De maatregelen worden ingevoerd door bewerking van thematische GIS-kaarten (ArcView) met de muis (Figuur 3).



Figuur 3. Bewerking van een GIS-bodemkaart in de Model Editor of Variant Editor.

Het DSS vertaalt de maatregelen automatisch in nieuwe parameterwaarden voor het model zoals bergingskarakteristieken en drainageweerstand. Als een model of variant gereed is wordt de informatie via het Adventus Datamodel vertaald in bestanden voor het rekenhart van het DSS HWRW: AQUARIUS. Na afloop van de berekeningen kunnen de effecten van de beoogde maatregelen worden geanalyseerd met behulp van het *Case Analysis Tool* (Figuur 4).



Figuur 4. Verschillende keuzemogelijkheden om effecten van mogelijke ingrepen te visualiseren: tijdreeksvisualisatie en weergave in tabellen.

Een belangrijk onderdeel van het DSS is het *Expert System* (ES) waarmee de haalbaarheid en effectiviteit van beoogde maatregelen wordt geanalyseerd. Het ES ondersteunt de gebruiker bij het moeilijke proces van selectie van kansrijke maatregelen. Het is het onderdeel van het DSS waarmee voor het betreffende stroomgebied bepaald kan worden welke maatregelen *hydrologisch* gezien, en gegeven het te verwachten *draagvlak*, het meest kansrijk zijn.

De werkwijze van het Expert Systeem is in kort als volgt. Eerst specificeert de gebruiker of hij met zijn maatregelen beoogt de afvoergolf uit zijn beheersgebied te versnellen dan wel te vertragen. Vervolgens specificeert het DSS HWRW per deelgebied welke mogelijke maatregelen het meest kansrijk zijn en welke maatregelen elkaar uitsluiten. Dit gebeurt op basis van de in het DSS HWRW ingebouwde *expert judgement* van; een lijst met mogelijke maatregelen (Kwakernaak et al., 1996). Een deel van deze lijst zal in het Expert Systeem worden opgenomen. De kansrijke maatregelen

worden vervolgens door de gebruiker met behulp van de strategie editor als modelvariant ingevoerd en de effecten van de variant worden doorgerekend. Sturingsmaatregelen zijn vooralsnog niet in het ES opgenomen. Het ES wordt ook niet gebruikt om de modelschematisering aan te passen.

In het ES wordt een onderdeel over draagvlak opgenomen om de gebruiker naast hydrologisch-technische informatie te voorzien van informatie die inzicht geeft in factoren die de uiteindelijke realisatie van maatregelen bepalen. Per maatregel wordt een *signaleringslijst* of *checklist* opgenomen die de mogelijkheid biedt te achterhalen welke draagvlakfactoren relevant zijn. Deze checklist moet gebiedsgericht en maatregelspecifiek zijn.

Het DSS HWRW genereert kwantitatieve informatie die aansluit op IPEA (=Interactieve Planvorming, gericht op Effectiviteit en Acceptatie). IPEA is een voor waterschappen ontwikkeld stappenplan, inclusief multicriteria-analysetechniek, om een open planvormingsproces interactief te doorlopen en te ondersteunen (van Rooy, 1997). Tevens wordt onderzocht hoe het DSS kan aansluiten op PRIMAVERA, een systeem voor prioriteitsstelling in beheersmaatregelen op basis van milieurendement.

In verband met het draagvlakaspect moet het DSS inzicht bieden in effecten van ingrepen op bestaande functies, en in hoeverre het voorgestelde hoogwaterbeleid op gespannen voet staat met de realisatie van andere beleidsdoelen en belangen in het gebied. De gebruiker moet een (gebiedsgedifferentieerde) indruk kunnen krijgen van de verwachte politieke en maatschappelijke acceptatie van beoogde ingrepen. Een en ander zal meer signalerend dan beoordelend zijn. Een aantal zaken die met maatschappelijke acceptatie te maken hebben kunnen met behulp van een GIS worden ingeschat, bijvoorbeeld eigendomskaarten en grondmobiliteit.

Het DSS HWRW wil het opsporen, benoemen en wegen van factoren in een IPEA-proces vergemakkelijken door het aanleveren van een gestandaardiseerde invoer van draagvlakfactoren. In het DSS wordt daarom zo goed mogelijk bij de in IPEA gebruikte terminologie aangesloten. Bij elke maatregel, en afhankelijk van de locatie, zal een lijst worden opgesteld met draagvlakbeïnvloedende factoren. Deze

lijsten kunnen door de gebruiker worden aangevuld met specifieke, gebiedsafhankelijke factoren, en kunnen desgewenst als invoer kan dienen voor PRIMAVERA, het afwegingsonderdeel van het interactieve planvormingsproces dat in IPEA wordt doorlopen. De toegevoegde waarde van het DSS HWRW t.o.v. IPEA ligt dus in het op een geordende manier aanreiken van factoren die meespelen in de afweging voor al dan niet uitvoeren van maatregelen. Er wordt geen directe (IT-matige) koppeling gemaakt van het DSS en IPEA; de gegevens in het DSS HWRW kunnen interactief door het DSS HWRW worden uitgevoerd.

## **5. Pilot en begeleiding**

Op dit moment wordt gewerkt aan een voorlopige of *pilot*-versie van het DSS. Deze versie wordt ontwikkeld op een model van de Tungelroyse beek. De pilot-versie heeft nog niet de volledige, uiteindelijk beoogde functionaliteit, en wordt in een later stadium verder ontwikkeld tot het uiteindelijke DSS HWRW. Het ontwikkeltraject wordt begeleid door een groep beoogde gebruikers, werkzaam bij Rijkswaterstaat, de Provincie Limburg, het Waterschap Mark en Weerij, het Waterschap Peel en Maasvallei, het Hoogheemraadschap van West-Brabant, het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en het Zuiveringsschap Rivierenland.



## 6. Literatuur

- Kwakernaak, C., P.J.T. van Bakel, B.W. Parmet, L.D. Boel, E. Dammers, J.W.J. van der Gaast, R. van der Veen en F. de Vries (1996). *Waterberging binnendijks: een verkenning van de effectiviteit en haalbaarheid van ruimtelijke maatregelen gericht op vermindering van de hoogwaterproblematiek*. Rapport 491, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Rooy, P.T.J.C. van (1997). *Interactieve planvorming in het waterbeheer*. Uitg. Stowa, Utrecht.
- Stuyt, L.C.P.M., C. Kwakernaak en P.J.T. van Bakel (1999). *Samenwerken aan een veerkrachtig watersysteem. Beoordeling van projecten voor hoogwaterproblematiek in Noord-Brabant, en de provincies Antwerpen en Limburg (België)*. Rapport 655, SC-DLO, Wageningen.



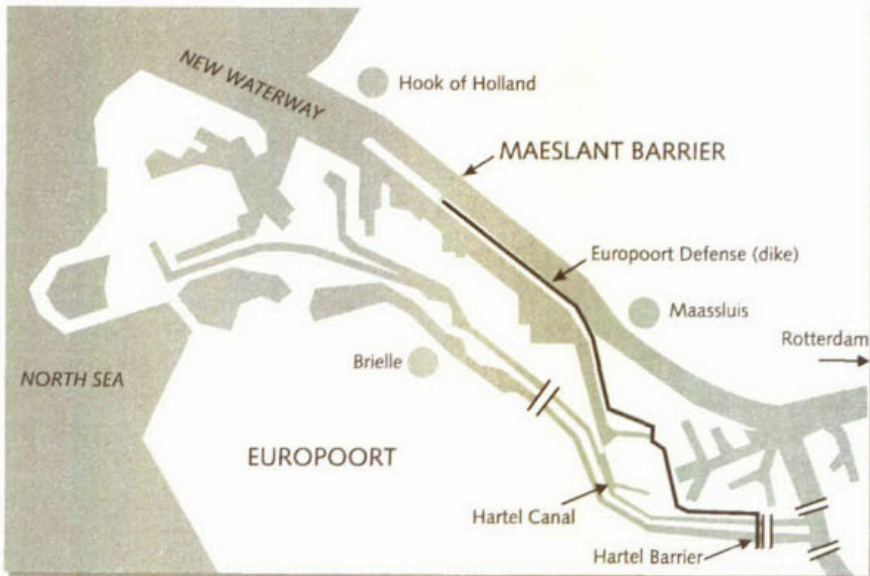
## **Het BOS van de Maeslantkering**

ir. R. Bol en ir. A. van der Wekken,  
Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland

### **1. Aanleiding en bouw**

De stormvloedramp die in de nacht van 1 februari 1953 het zuidwesten van Nederland trof maakte duidelijk dat de beveiliging van Nederland tegen stormvloeden niet voldeed. De daarna ingestelde Deltacommissie kwam snel met het bekende Deltaplan. In 1958 werd als een van de eerste uitvloeiselen hiervan de Stormvloedkering in de Hollandsche IJssel in gebruik genomen. In 1986 verklaarde Koningin Beatrix, met de ingebruikneming van de Oosterscheldekering, Zeeland veilig tegen stormvloeden. Alle oude zeegaten waren afgesloten met uitzondering van twee voor de scheepvaart belangrijke vaarwegen; de Westerschelde voor de toegang naar de haven van Antwerpen en de Nieuwe Waterweg voor de toegang naar de haven van Rotterdam. Dit betekende wel dat de dijken in het benedenrivierengebied tot Deltahoogte versterkt moesten worden.

De aanleg van een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg is bij de opstelling van het Deltaplan reeds in overweging genomen. Vanwege de sterke ontwikkeling van de Rotterdamse haven in de jaren vijftig en zestig had de bouw van een stormvloedkering niet de voorkeur.



Figuur 1. Europort

De versterking van de dijken in Zuid-Holland is voortvarend ter hand genomen. Er is gestart met de makkelijker uitvoerbare delen in het landelijke gebied. Met de toename van het maatschappelijk bewustzijn en daaruit voortkomende protesten vertraagde de dijkversterking. Daarbij moest de versterking van de waterkeringen in de stedelijke gebieden van Dordrecht, Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam nog plaatsvinden. Hierbovenop kwamen in 1985 nieuwe resultaten van berekeningen die leiden tot nog hogere Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's) waarop de dijken opnieuw versterkt zouden moeten worden. Dit bleek de druppel die de emmer deed overlopen. De optie van het bouwen van een stormvloedkering is weer uit de kast gehaald en 1987 is daartoe besloten. De stormvloedkering moet, anders dan bij bijvoorbeeld de Oosterscheldekering, in geopende toestand een open vaarweg van minimaal 360 meter breed en 17 meter vaardiepte garanderen.

Daarbij zijn de kosten en baten van een kering versus dijkversterking onderzocht. Dat leverde de volgende vergelijking:

	Stormvloedkering (met beperkte dijkversterking)	Dijkversterking
Kosten totaal	1,45 miljard	1,75 miljard
Onzekerheid kosten	± 10 %	± 20 %
Deltaveiligheid in	1996	2020
Onzekerheid datum	2 jaar	10 jaar
Lengte waterkeringen blootgesteld aan stormvloeden	35 km	300 km
Effect zeespiegelrijzing	'buiten de deur	volledige doorwerking

Voor het ontwerp van de kering is, via een prijsvraag, het bedrijfsleven ingeschakeld. Uit 6 ontwerpen is uiteindelijk de sectordeurkering van de Bouwkombinatie Maeslant Kering (BMK) gekozen. De bouw van de kering is gestart in 1991 en in het voorjaar van 1997 was de kering gereed voor gebruik.



Figuur 2. Winnend ontwerp

De Maeslantkering heeft tot doel de optredende Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's) zodanig te reduceren, dat extra dijkversterking in vooral de stedelijke gebieden van Rotterdam en Dordrecht niet meer nodig is. De noodzaak tot het sluiten van de

kering is daarom gekoppeld aan de verwachte hoogwaterstanden op deze twee locaties.

Het gebruik van de Maeslantkering heeft tot gevolg dat de Nieuwe Waterweg afgesloten wordt voor de scheepvaart. Dit is nadelig voor de toegankelijkheid van de Rotterdamse haven. Het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam wenst daarom zo min mogelijk sluitingen. Een compromis tussen de eisen van veiligheid, overstroming van buitendijkse gebieden en de bereikbaarheid van de Rotterdamse haven heeft geleid tot de vaststelling van een sluitpeil van 3,00 meter te Rotterdam of 2,90 meter te Dordrecht. In andere woorden: de kering zal moeten sluiten als één van deze twee peilen naar verwachting wordt overschreden bij de voorspelde waterstand te Hoek van Holland en een geopende kering.

De sluitfrequentie van de Maeslantkering blijkt dan uit statistische analyses gemiddeld uit te komen op eens per 10 jaar. In de toekomst zal de sluitfrequentie als gevolg van zeespiegelrijzing gaan toenemen tot ongeveer eens per 5 jaar.

Naast de sluitingen van de kering in verband met bescherming tegen overstroming zal met de kering jaarlijks een zogenaamde functioneringsluiting worden uitgevoerd, bij voorkeur tijdens een springtij-situatie kort voordat het 'stormseizoen' ingaat (de periode van 1 oktober tot 1 april waarin de kans op stormen significant aanwezig is).

De besturing van de Maeslantkering heeft een unieke aanpak; deze is volledig geautomatiseerd, en wordt aan een computer overgelaten. Hiertoe is het 'BOS' gebouwd hetgeen staat voor Beslis- en Ondersteunend Systeem. Dit BOS bestuurt zowel de Stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg als de Hartelkering, als onderdeel van de Europoortkering.

Dit 'BOS':

- Besluit of en wanneer de kering moet worden gesloten;
- Hoe de sluiting en de daaropvolgende opening plaatsvindt.

De enige taak die 'de mens' hierbij heeft is toekijken! Toekijken en registreren hoe het BOS de acties uitvoert. Ingrijpen is niet mogelijk zolang het BOS functioneert. Het BOS is de Baas!

## 2. Waarom een BOS?

Aan het sluiten van de Maeslantkering in geval van extreme stormvloed is een groot maatschappelijk belang gekoppeld: de veiligheid van een fors deel van Nederland met enkele miljoenen inwoners. Door de korte tijdsperiode waarin een stormvloed kan ontstaan, binnen een dag, in combinatie met het laaggelegen land in Zuid-Holland kan een overstroming als gevolg van een stormvloed tot een ernstige en grootschalige levensbedreiging leiden.

De werking van de kering zal daarom een grote mate van zekerheid moeten hebben. In andere woorden: de faalkans van de kering moet gering zijn. Falen van de kering treedt op indien de kering niet sluit terwijl hij wel had moeten sluiten. Daarnaast treedt falen ook op, als de kering sluit terwijl hij niet had moeten sluiten (nadelig voor de scheepvaart naar de Rotterdamse haven).

Falen van de kering moet voorkomen worden doch kan nooit voor de volle 100% uitgesloten worden. Er is altijd een kans dat er iets misgaat. Aan deze faalkans kunnen echter eisen worden gesteld. Bij de bouw van de kering is gesteld dat 'de kans dat de kering niet sluit (als hij wel moet sluiten) mag niet meer dan 1 maal per 1000 keringsoperaties bedragen'. Hiermee kan de in de Wet op de Waterkering gestelde veiligheidseis van de toelaatbare inundatiekans van ééns per 10.000 jaar voor Rotterdam en omstreken worden bereikt.

Het falen van de kering kan vele oorzaken hebben b.v. stroomstoring, vastlopen van een motor, mechanische problemen tot aan het niet ontvangen van de opdracht om te sluiten. Dit laatste faalmechanisme heeft betrekking op het BOS.

Het BOS bestaat uit 2 belangrijke bestanddelen:

- Een procedure, waarin is vastgelegd onder welke omstandigheden de kering moet sluiten. Hierin is de relatie gelegd met de verwachte waterstand van NAP + 3,00 meter te Rotterdam en NAP + 2,90 meter te Dordrecht.
- Een voorspelsysteem, op basis van een hydraulisch computermodel, dat de voorspelling van de verwachte waterstand te Rotterdam en Dordrecht berekent. Belangrijke invoergegevens voor dit model zijn de verwachte (zee)waterstand te Hoek van

Holland als gevolg van de storm, de afvoer van de rivieren en de stand van de in het gebied aanwezige keringen als de Haringvlietsluizen en de stormvloedkering in de Hollandsche IJssel.

De keuze om hiervoor een volledig geautomatiseerd computersysteem te hanteren komt voort uit de volgende overwegingen:

- De gestelde faalkanseis voor het sluiten van de kering geeft aan dat de kans op fouten minimaal moet zijn. De omstandigheden waaronder de afweging en beslissing om wel of niet te sluiten gemaakt moet worden zijn bijzonder.

Stelt u zich eens voor:

➤ *Er heerst een zeer zware storm in Nederland. Dakpannen vliegen van de daken, bomen waaien om, er is zware regenval; de maatschappij is in beroering. We gaan ervan uit dat de keringsleider wel op tijd op de kering aankomt, ondanks de verkeerschaos, en eventuele persoonlijke problemen bij het gezin, de familie, collega's en dergelijke. Hij zal daarbij toch enige stress hebben opgelopen. Op het keringshuis luistert en kijkt hij via radio en TV naar de situatie in het land. Er is een continue berichtgeving waarbij gewaarschuwd wordt voor ernstige storm met kans (!) op overstroming. Interviews worden gehouden met mensen waarbij het wel of niet moeten sluiten van de Maeslantkering wordt besproken en waarbij verschillende meningen worden gegeven. De keringsleider zal nu moeten besluiten of hij de kering moet sluiten, of toch niet.*

U kunt zich voorstellen dat de spanning inmiddels behoorlijk is toegenomen. De kans op het nemen van een verkeerde beslissing is daardoor ook toegenomen. Het aantal mensen dat onder dergelijke omstandigheden koeltjes de juiste beslissingen blijft nemen, is gering. Gedragsonderzoek van de Rijksuniversiteit Leiden onder leiding van professor W. Wagenaar heeft aangetoond, dat de kans van falen van mensen onder deze omstandigheden vele malen groter is dan dat van een volledig geautomatiseerd beslissingsysteem.

- De kering is een complexe constructie waarbij vele handelingen in de goede volgorde uitgevoerd moeten worden. Het uitvoeren van de keringsoperatie vraagt daarom een hoge mate van deskundigheid van de keringsleider. Op zich is die deskundigheid wel aan te leren. Omdat de kering zeer weinig gesloten zal worden



is het echter moeilijker om die deskundigheid op peil te houden en paraat te hebben als het echt nodig is. Het is moeilijk een werknemer te motiveren om kennis op peil te houden van iets dat maar eens per 10 jaar gebruikt zal worden. Door de lage sluitfrequentie is het ook niet mogelijk om ervaring op te doen. Bij bijvoorbeeld de Oosterscheldekering, met enkele sluitingen per jaar, is het behoud en paraat hebben van deskundigheid en het opdoen van ervaring wel mogelijk. Door het automatiseren van de uitvoering van de keringsoperatie kan bespaard worden op het opleiden en beschikbaar houden van deskundig personeel.

- Een geautomatiseerd beslissysteem maakt een eenduidige sluitingsstrategie mogelijk, ongeacht de omstandigheden. Daarbij kan een vooraf vastgestelde procedure worden uitgevoerd die het resultaat is van een integrale belangenafweging. Zo wordt bereikt dat de kering niet te weinig (i.v.m. veiligheid) maar ook niet teveel (i.v.m. toegankelijkheid van de Rotterdamse haven) zal sluiten.

### **3. Nadelen van een BOS**

Naast dat het BOS van de Maeslantkering een aantal belangrijke voordelen kent zitten er ook nadelen aan een dergelijk geautomatiseerd systeem.

- De kennis die in het BOS is opgeslagen in de procedures en acties is complex en veelomvattend. Er is veel tijd en deskundigheid geïnvesteerd in het ontwerp en de bouw van dit BOS. Dat maakt dat het BOS, voor de beheerder, van een zeer hoge moeilijkheidsgraad is. Het op peil houden van de kennis die in het BOS zit vergt ook een behoorlijke investering. Die kennis moet op peil worden gehouden om het beheer en onderhoud aan het BOS mogelijk te houden. Het zoveel mogelijk vastleggen van de kennis is belangrijk, want anders raak je die kennis kwijt. Naast kennis van wat er in het BOS zit en hoe dat er in zit is juist ook essentieel waarom juist dat in het BOS is meegenomen. Zonder die kennis zijn het doorvoeren wijzigingen in het BOS niet zonder risico!
- De levensduur van het BOS als software is relatief kort. De constructie van de Maeslantkering is ontworpen en gebouwd met een levensduur van minimaal 100 jaar. Een conventioneel besturingssysteem met mechanische en hydraulische componenten

heeft over het algemeen een levensduur van zo'n 25 jaar. Een computersysteem heeft, door de snelle ontwikkelingen in de hardware én software-industrie een levensduur van maximaal 10 jaar en mogelijk zelfs minder. Dit betekent dat het besturingssysteem tijdens de levensduur van de kring meerdere malen aangepast danwel vervangen zal moeten worden. Het gevolg is dat er regelmatig investeringen gepleegd moeten worden voor onderhoud en beheer. Kortom, hogere kosten.

- Als gevolg van de strenge faalkanseisen aan het BOS is er een zeer uitgebreide testprocedure doorlopen om aan te tonen dat aan de faalkanseis wordt voldaan. De zwaarte van die testprocedure is te vergelijken met de testprocedure bij een kerncentrale! De testprocedure vergt enkele maanden. Bij elke wijziging die in het BOS wordt doorgevoerd moet deze zelfde testprocedure weer opnieuw worden doorlopen. De flexibiliteit en hanteerbaarheid van het BOS wordt daardoor sterk beperkt. De testprocedure brengt daarbij hoge kosten met zich mee.
- In een geavanceerd systeem als het BOS zit zoveel kennis dat het voor een 'eenvoudige beheerder' niet zelf te onderhouden is. Er zullen altijd deskundigen nodig zijn om allerlei aanpassingen, reparaties e.d. uit te voeren en de handelingen te verrichten die de beheerder zelf niet kan. De beheerder krijgt daardoor niet snel het gevoel dat het systeem zijn 'eigendom' is. Het zal voor de beheerder ook een hele opgave zijn om een goede, deskundige opdrachtgever te zijn en te blijven voor het uitvoeren van aanpassingen.

#### **4. Tot slot: Het Millennium-probleem**

Het BOS bestaat voor het grootste deel uit software. Een terechte vraag is daarom in hoeverre het gevaar van het 'Millennium-probleem' ook aanwezig voor dit BOS. De Maeslantkering (en de Hartelkering) zijn voor de beveiliging van een groot deel van Nederland met vele inwoners tegen overstroming van essentieel belang. Het behoort daarom tot de 'vitale' systemen van Rijkswaterstaat.

Het zal daarom geen verrassing zijn dat er veel aandacht is besteed aan de controle op de 'millenium-bug'. Het BOS, en overigens ook de andere componenten van de Maeslantkering en Hartelkering, zijn millennium-proof gebleken. Voor wat betreft de beveiliging tegen stormvloed en kunt u op 1 januari 2000 met een gerust hart gaan slapen.

