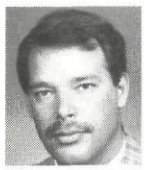
DWL Rotterdam optimaliseert bedrijfsvoering produktiebedrijven

Samenvatting

De functie van reinwaterreservoirs bij drinkwaterbedrijven is tweeledig: enerzijds hebben ze als taak de sterk fluctuerende vraag naar water vanuit het voorzieningsgebied af te vlakken, anderzijds moet zo'n reservoir een bepaalde minimale voorraad bevatten voor het overbruggen van storingen in het net of in het produktiebedrijf. Het optimaal op elkaar afstemmen van deze twee conflicterende functies is iets wat zonder hulp niet goed mogelijk is. Voor het voorzieningsgebied van produktiebedrijf Berenplaat van DWL Rotterdam is een computerprogramma ontwikkeld dat met behulp van voorspellingen van het dag- en uurverbruik de inzet van de reinwaterreservoirs optimaliseert: het berekent voor elk uur van de dag de produktie zodanig dat er op ieder moment voor een vooraf gekozen aantal uren water in voorraad is, terwijl de produktie zoveel mogelijk constant wordt gehouden.
Het programma wordt nu ruim anderhalf jaar bij de Berenplaat gebruikt. Na een met succes afgeronde testfase is het programma, vanzelfsprekend aangepast aan de andere omstandigheden, nu ook in gebruik bij het produktiebedrijf Kralingen. Het is voor het eerst dat een dergelijk programma in Nederland operationeel is.

Inleiding

DWL Rotterdam beschikt over twee produktiebedrijven: Kralingen en Berenplaat. Samen hebben ze een produktiecapaciteit van 170 Mm^3 per jaar. Sinds het begin van de jaren tachtig is de afzet gestegen van krap 100 Mm^3/a tot ongeveer 140 Mm^3/a. De hogere belasting van de produktiebedrijven maakt het moeilijker een goed evenwicht te vinden tussen de buffer- en de voorraadfunctie van de reinwaterreservoirs.



IR. J. F. X. URBANUS
Drinkwaterleiding Rotterdam
Afdeling Onderzoek, Planning en Verkoopbevordering *



ING. R. A. G. BIEMANS
Drinkwaterleiding Rotterdam
Afdeling Onderzoek, Planning en Verkoopbevordering

Zowel voor de produktiebedrijven als voor de reinwaterreservoirs geldt dat de rek in die tien jaar duidelijk minder is geworden.

De reinwaterreservoirs

Het afstemmen van de produktie van een drinkwaterproduktiebedrijf op de vraag naar water is geen sinecure. Aan de ene kant is er het produktieproces dat gebaat is bij een zo gelijkmatig mogelijk verloop, anderzijds is er de vraag naar water met een duidelijk dynamisch karakter.
De koppeling tussen vraag en produktie wordt gevormd door de reinwaterreservoirs (rwr's). Deze reservoirs hebben twee functies, namelijk een buffer- en een noodvoorraadfunctie. Helaas zijn deze functies strijdig met elkaar.
De produktiebedrijven Kralingen (capaciteit 50 Mm^3/a) en Berenplaat (120 Mm^3/a) zijn elk voorzien van twee grote rwr's. De totale inhoud bedraagt bij Kralingen zo'n 60.000 en bij Berenplaat ongeveer 70.000[1] kubieke meter. Hieruit blijkt dat Kralingen qua reinwaterberging naar verhouding wat ruimer in zijn jasje zit dan Berenplaat. Bij Berenplaat is de afstemming van de produktie op de vraag dan ook minder eenvoudig dan bij Kralingen.

De rwr's worden op hun bufferfunctie aangesproken om de fluctuaties in de vraag zodanig glad te strijken dat het produktieproces zoveel mogelijk op eenzelfde niveau kan worden bedreven. Hiermee is de eerste functie van een rwr beschreven. De tweede functie is de noodvoorraadfunctie: ook bij een storing in het net of in het produktiebedrijf moet de levering van water aan het net enige tijd door kunnen gaan.

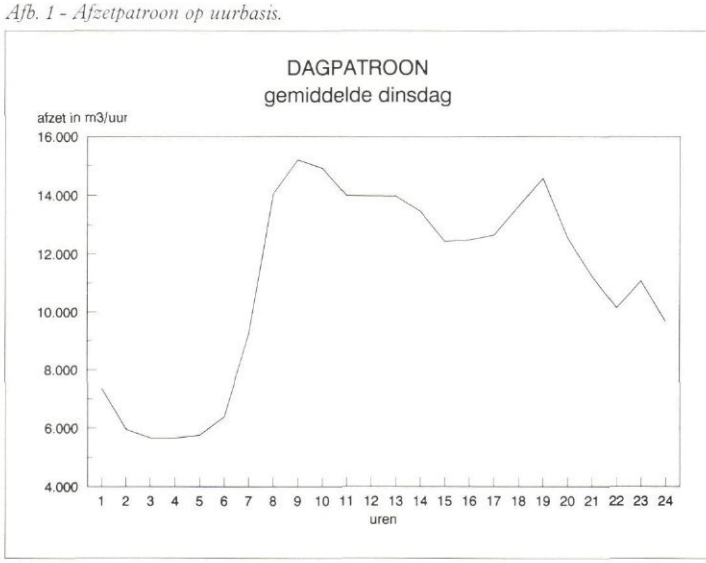
Het probleem bij de bedrijfsvoering is dat het moeilijk is de buffercapaciteit van de rwr's uit te buiten zonder dat de voorraadfunctie in het gedrang komt. Om de centrale wacht, die het produktieproces stuurt, hierbij te assisteren, is een computermodel ontwikkeld.

Dit computermodel kan voor een paar dagen vooruit de vraag naar water voorspellen. Gegeven een aantal randvoorwaarden voor het gebruik van de rwr's is dit programma in staat een optimaal verloop van het produktieproces te berekenen.

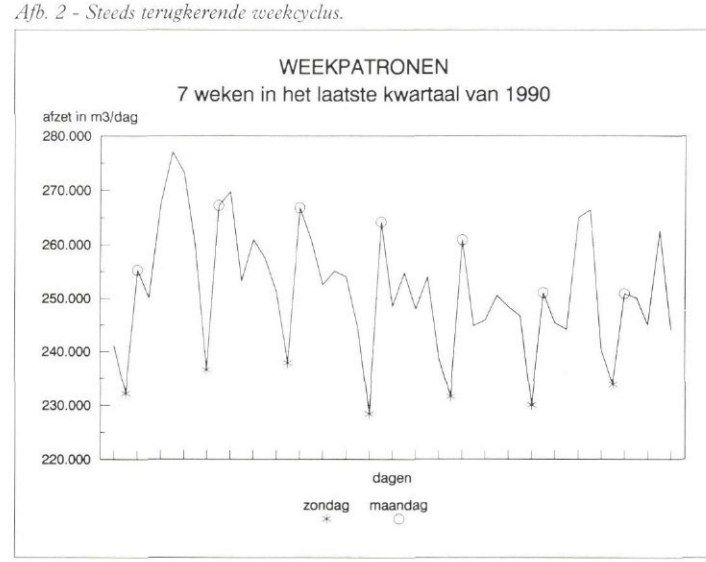
* DWL Rotterdam is per 1 januari 1992 opgegaan in de NV Waterleidingbedrijf Zuid-Holland Zuid (WZHZ).

[1] Deze waarde gold ten tijde van het ontwikkelen van het programma. Sinds september 1991 is er door het in bedrijf nemen van een derde reinwaterreservoir ongeveer 100.000 m^3 beschikbaar.

Afb. 1 - Afzetpatroon op uurbasis.



Afb. 2 - Steeds terugkerende weekcyclus.



De voorspelfunctie van het computermodel

De vraag naar water vertoont een periodiek karakter. Zo is er sprake van een karakteristieke vorm van het afzetpatroon op uurbasis. Afb. 1 geeft hiervan een beeld. Ook is een weekcyclus te onderscheiden. De zondag en de maandag (wasdag) bijvoorbeeld, zijn in het Rotterdamse gebied meestal goed herkenbaar, zie afb. 2. Tenslotte bestaat er een jaarcyclus met de meeste afzet in het late voorjaar, zie afb. 3. De vraag is nu in hoeverre de vraag naar water zich laat voorspellen. Voor het begeleiden van de bedrijfsvoering is er behoefte aan een voorspelling van twee dagen vooruit, waarbij de voorspelling één dag vooruit het belangrijkst is. Het onderzoek naar de voorspelbaarheid van de vraag is uitgevoerd door KIWA [Baggelaar, deze H_2O].

Van dagvoorspelling naar uurvoorspelling

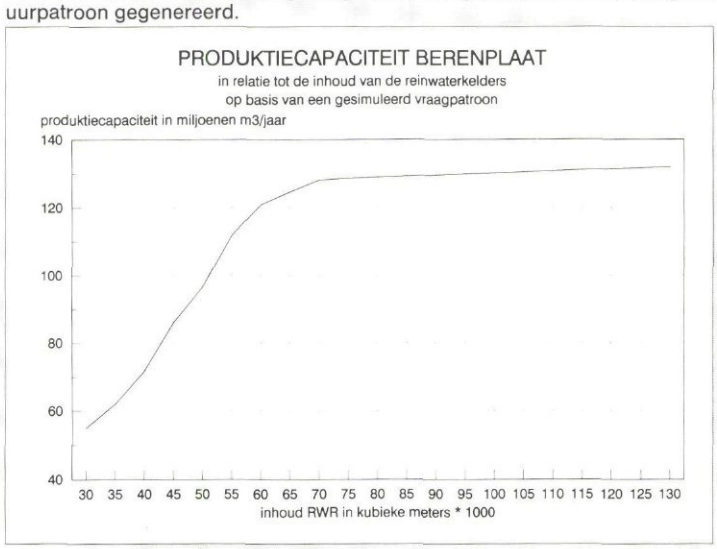
Uit het verslag van KIWA blijkt dat de vraag naar drinkwater op dagbasis goed voorspelbaar is. Voor de bedrijfsvoering zijn echter voorspellingen op uurbasis nodig.
Het vermoeden bestond dat elke dag van de week een voor die dag kenmerkend patroon vertoont. Daarnaast was al geconstateerd dat het patroon van bijvoorbeeld een donderdag met een hoge afzet er anders uit ziet dan een donderdag met een lage afzet, zie afb. 4. Naarmate de dagafzet hoger is, komt de avondpiek ten opzichte van de ochtendpiek naar boven, in extreme gevallen is hij zelfs hoger.

De oorzaak hiervoor moet onder andere worden gezocht bij het sproeien van tuintjes.

Invloed van reinwaterreservoirs op de leveringscapaciteit

De leveringscapaciteit van een produktiemiddel, gedefinieerd als de hoeveelheid water die dat produktiemiddel per jaar aan het bijbehorende voorzieningsgebied kan leveren, is niet alleen *afhankelijk van de eigenschappen van het produktiemiddel. Een minstens zo belangrijke rol* speelt het vraagpatroon van het gebied waaraan het water wordt geleverd. Neem als voorbeeld een produktiemiddel dat maximaal 10.000 m^3/uur kan produceren (na aftrek van de spoelverliezen). Zou het vraagpatroon volkomen vlak zijn, dan zou er 8.760 uur * 10.000 m^3/uur = 87,6 Mm^3/ jaar geleverd kunnen worden. In de praktijk is het patroon natuurlijk nooit vlak; voor de meeste bedrijven geldt een uurpiekfactor (maximum uur/gemiddeld uur) van 1,4 * 1,7 = 2,38. Zou er geen reinwaterreservoir zijn, wat betekent dat het produktiemiddel de vraag naar water ongebufferd moet volgen, dan bedraagt de leveringscapaciteit in theorie 36,8 Mm^3/ jaar. Dit is echter in twee opzichten niet reëel. Ten eerste is een produktiemiddel hydraulisch en qua afgeleverde waterkwaliteit niet in staat de snelle wisselingen in de vraag te volgen. In de tweede plaats kan een pompstation vanuit het vrijwel altijd aanwezige reinwaterreservoir meer water leveren dan het produktiemiddel maximaal kan produceren. De werkelijkheid ligt dus ergens tussen 87,6 en 36,8 Mm^3/ jaar, de vraag is natuurlijk: waar?
Voor produktiebedrijf Berenplaat is dit enige tijd geleden uitgezocht, waarbij gebruik is gemaakt van een computer. De randvoorwaarden die daarbij golden waren:
- produktiecapaciteit: 18.000 m^3/uur;
- de snelheid van verandering van het produktieniveau bedraagt maximaal 1.000 m^3/uur;
- er werd gebruik gemaakt van een gestandariseerd afnamepatroon. Dit patroon geeft voor elk uur van het jaar de factor ten opzichte van het gemiddelde uur van het jaar.

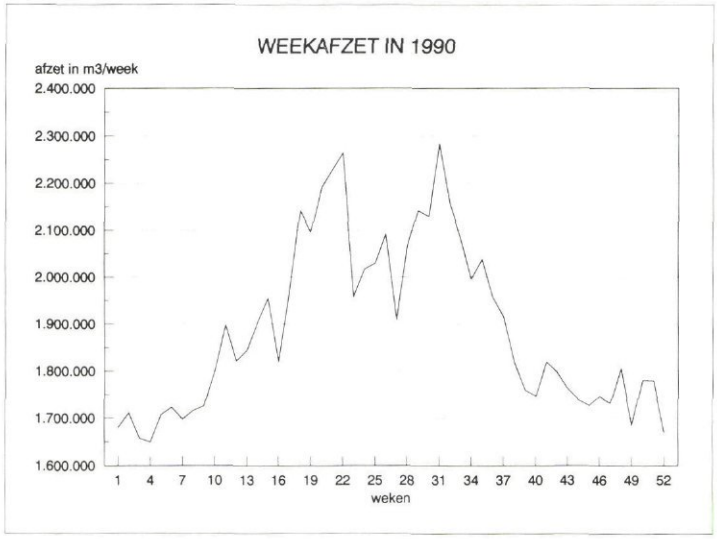
Door deze factoren te vermenigvuldigen met een gemiddelde uurlevering wordt een bijbehorend uurpatroon gegenereerd.



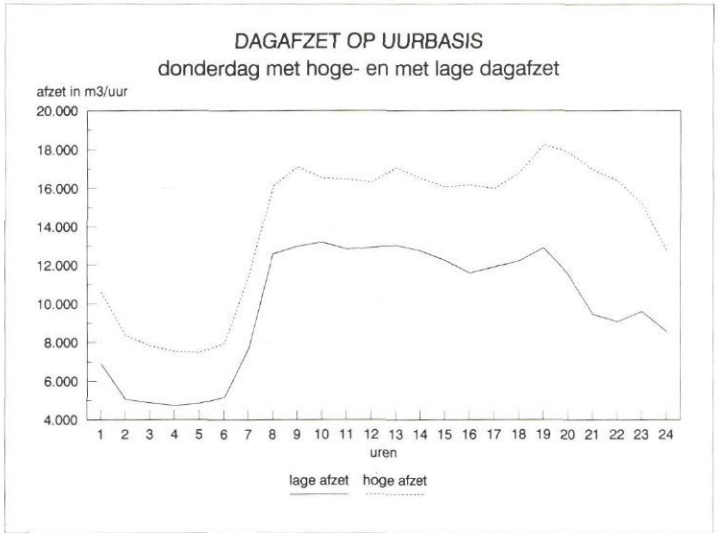
In de berekeningen werd voor een reeks van inhouden van de reinwaterreservoirs de maximaal te leveren jaarhoeveelheid berekend.
In bijgaande afbeelding zijn de resultaten uitgezet: er is duidelijk sprake van een optimale omvang van de reinwaterreservoirs. In de berekening is geen rekening gehouden met een ijzeren voorraad.

Het ontwikkelen van een model voor het verdelen van het dagverbruik over de uren is als volgt aangepakt. Alle daghoeveelheden van het jaar 1989 zijn per weekdag gegroepeerd en op volgorde van dagafzet gesorteerd. Van alle dagen waren ook de uurleveringen bekend. Voor elk uur van elke dag in het jaar is vervolgens

Afb. 3 - Jaarpatroon.



Afb. 4 - Hoge dagafzet: hoge avondpiek en lang doorleveren.



berekend welk percentage van de betreffende dagafzet op dat uur werd gerealiseerd. Zo ontstonden de uurpatronen van 52 maandagen, 52 dinsdagen enzovoort. Voor elk van de zeven weekdagen is hieruit een kenmerkend patroon afgeleid voor een qua afzet hoge, gemiddelde en lage dag. In afb. 5 zijn de drie kenmerkende patronen voor een dinsdag getekend. Duidelijk blijkt het al eerder genoemde omhoog komen van de avondpiek naarmate de dagafzet groter is. De door de voorspelmodule berekende dagvraag kan nu met behulp van de dagpatronen worden opgesplitst in 24 uurleveringen.
Bijzondere aandacht verdienen algemene feestdagen die niet op een zondag vallen. Het blijkt dat deze dagen het best als een reguliere zondag behandeld kunnen worden.

De vraag naar water is nu twee dagen vooruit op uurbasis bekend. Om vervolgens het optimale produktieverloop uit te rekenen, moet de verdeling tussen de buffer- en de reservevoorraadtaak van de rwr's worden gekwantificeerd.
Vroeger werd gesteld dat er in de rwr's altijd minimaal een bepaalde hoeveelheid water aanwezig moest zijn, de 'ijzeren voorraad'. De precieze omvang hiervan lag niet vast. De ene chef van de wacht ging er dan ook niet op dezelfde manier mee om als zijn collega. Uit bestudering van het verloop van de inhoud van de rwr's in het verleden blijkt duidelijk dat sommige chefs van de wacht de rwr's veel meer als buffer durfden te gebruiken dan hun wat voorzichtiger collega's.

IJzeren voorraad
Het doel van een ijzeren voorraad is het op ieder moment van de dag beschikbaar hebben van een bepaalde minimum hoeveelheid drinkwater. Preciezer gezegd: het gaat er om voor een **bepaalde minimumperiode** water in voorraad te hebben. Stel dat deze minimumperiode twee uur bedraagt. Dan zou op elk moment van de dag de gesommeerde vraag van de komende twee uur in voorraad moeten zijn. En aangezien de vraag varieert, varieert de ijzeren voorraad (uitgedrukt in m^3) ook. Praktisch gezien is het werken met een ijzeren voorraad die op elk uur van de dag een andere omvang heeft, erg moeilijk. Op de centrale wacht wordt er anders mee omgegaan: er wordt gewoon voor de hele dag rekening gehouden met een ijzeren voorraad die een constante waarde heeft. Dit betekent dat de inhoud van de rwr's niet optimaal wordt verdeeld tussen de buffer- en de voorraadtaak: de voorraadtaak krijgt teveel nadruk. Een computer heeft er daarentegen, gegeven het verloop van de vraag en de ijzeren voorraad uitgedrukt in uren, geen enkele moeite mee de optimale verdeling tussen voorraad- en buffertaak van de rwr's uit te rekenen.

Na uitgebreid overleg met de bedrijfsleiding van de Berenplaat is besloten dat er altijd voor minimaal twee uur water in voorraad moet zijn.
Achterliggende gedachte is dat een eventueel optredende storing (leidingbreuk, uitval van (een deel van) het produktieproces) binnen twee uur zover verholpen is dat er weer water geproduceerd kan worden. Vlak vóór de ochtendpiek moet er veel water in voorraad zijn, op het moment van de avondpiek, waarna het verbruik snel vermindert, minder. Het verloop van de ijzeren voorraad bij een gegeven dagpatroon is weergegeven in afb. 6.

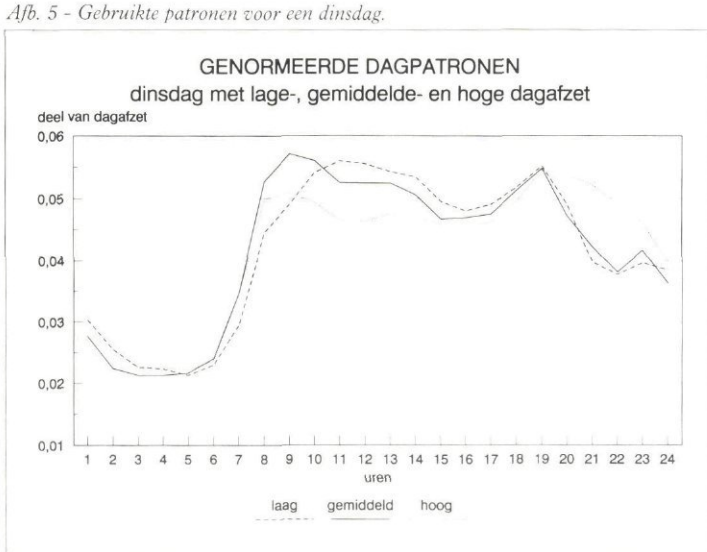
Alle ingrediënten zijn nu aanwezig om het verloop van de produktie te berekenen: de vraag is bekend, evenals de ijzeren voorraad en de maximum inhoud van de rwr's. Bij het berekenen van het verloop van de produktie worden twee randvoorwaarden gesteld, namelijk a. het produktieniveau moet zo constant mogelijk zijn en b. de snelheid waarmee het produktieniveau kan worden veranderd, is begrensd.

Het computerprogramma
Met deze gegevens en randvoorwaarden berekent het programma het verloop van de produktie waarbij de verdeling tussen voorraad- en buffertaak van de rwr's optimaal is. Het programma houdt ook rekening met de produktiecapaciteit van het bedrijf, die met het seizoen kan variëren. De produktie wordt zodanig uitgerekend dat 's ochtends vroeg rond zeven uur, op het moment dat de vraag groter wordt dan de produktie, de rwr's vol zijn.

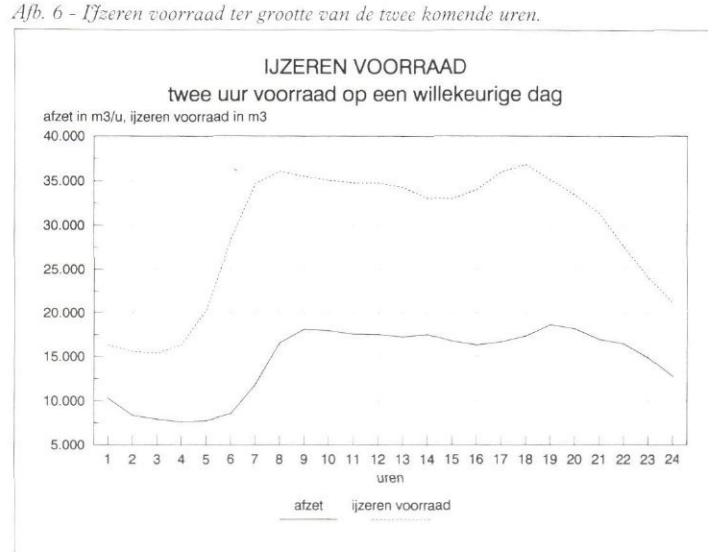
De bediening van het programma is zeer eenvoudig. Om een voorspelling te doen heeft het programma gegevens uit het verleden nodig, te weten de levering aan het net en de inhoud van de rwr's (uurwaarden). Daar vraagt het ook om. Daarnaast zijn prognoses voor de Makkink-verdampingswaarden [2] voor de komende twee dagen nodig. Elke nacht worden deze gegevens rond middernacht door Meteo Consult naar de centrale wacht gefaxed.

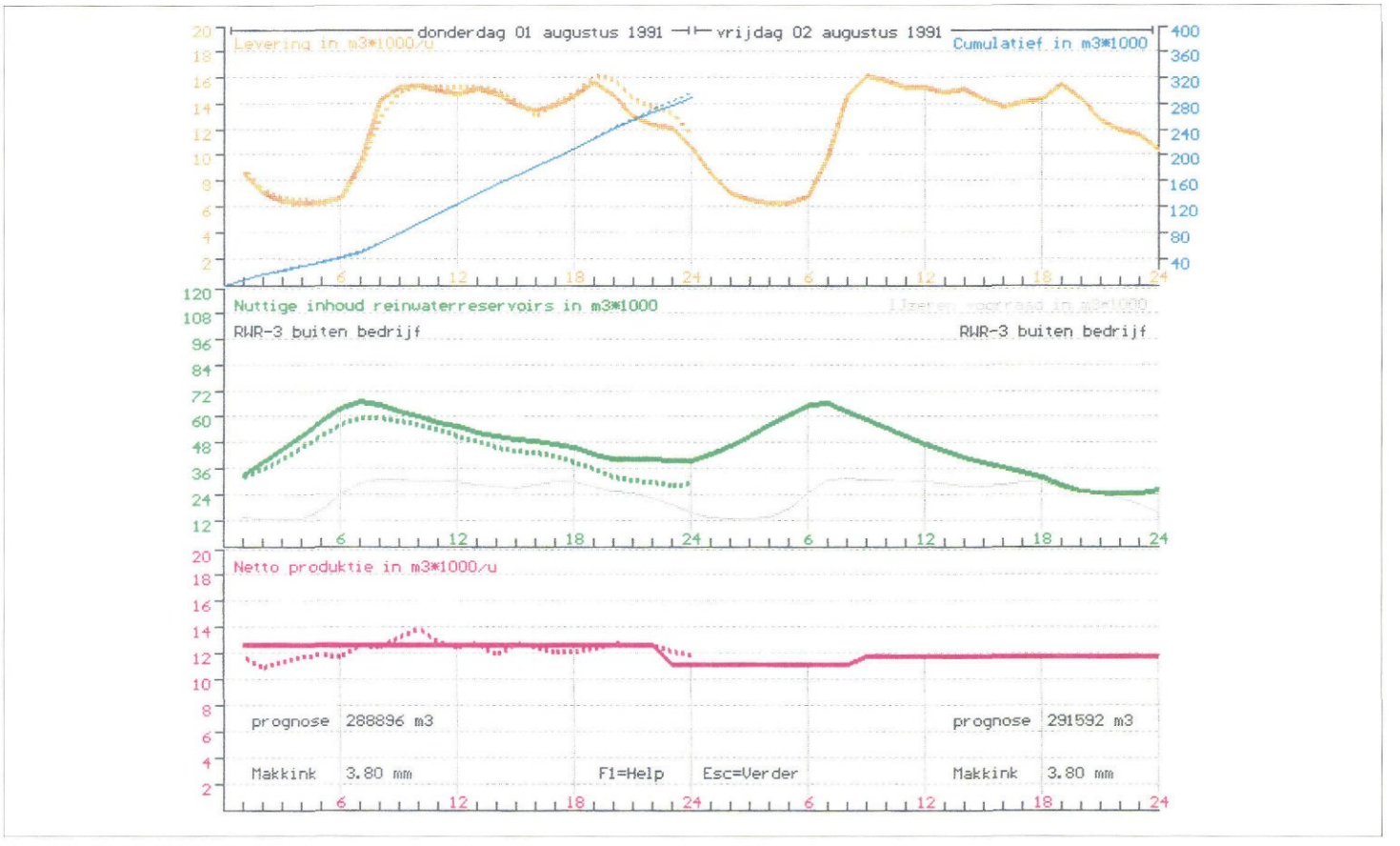
Door in de loop van de dag de gerealiseerde afzetten en niveaus in de rwr's in te voeren, kan de werkelijkheid worden getoetst aan de voorspelling. Beide sets gegevens kunnen grafisch op het beeldscherm worden getoond, zie afb. 7.

Afb. 5 - Gebruikte patronen voor een dinsdag.



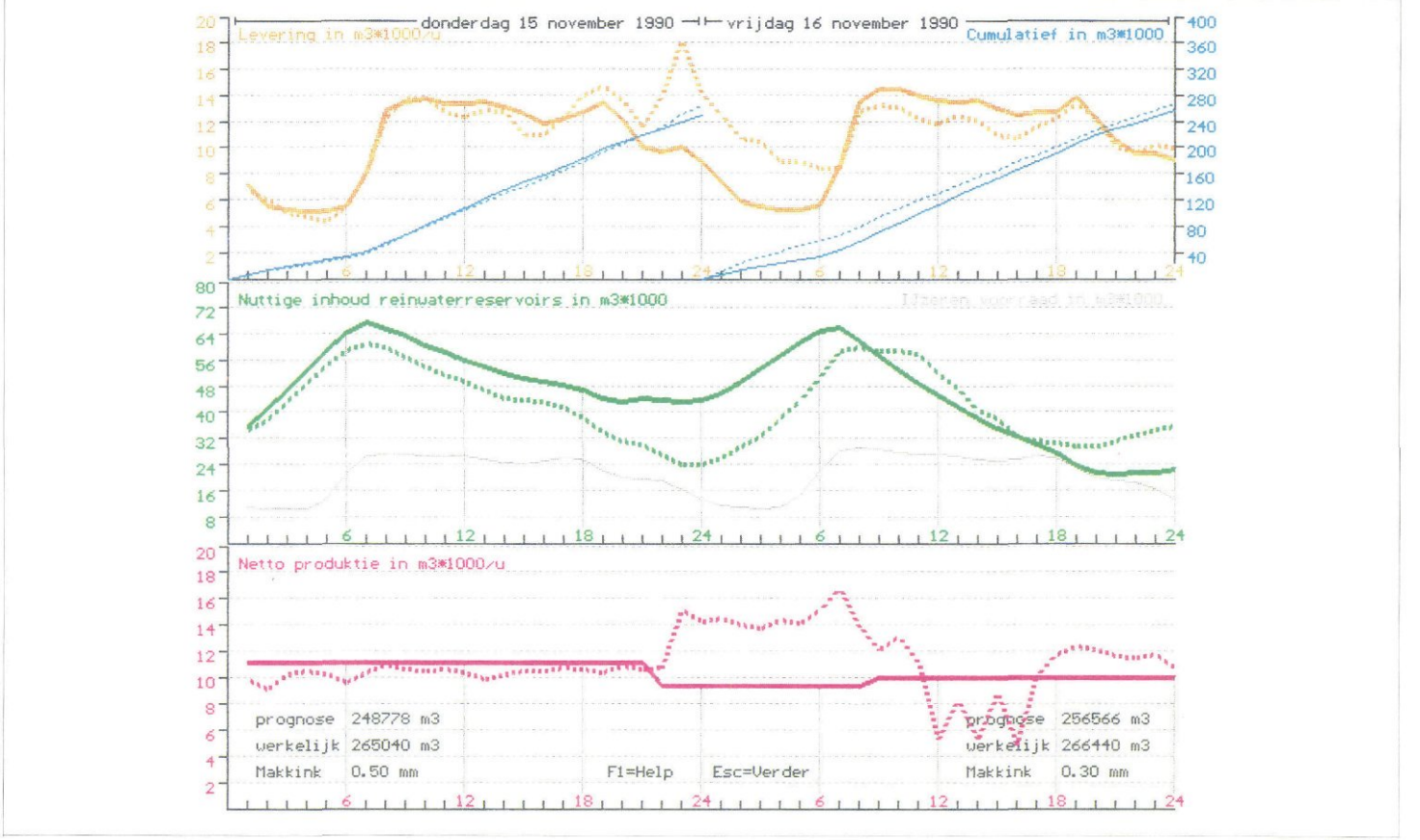
Afb. 6 - IJzeren voorraad ter grootte van de twee komende uren.





Afb. 7 - Afdruk van het beeld op het computerscherm.

Afb. 8 - Achteraf gezien: buisbreuk.



Resultaten tot nu toe
Op Berenplaat wordt nu ruim anderhalf jaar met het model gewerkt. Het is voor zover bekend in Nederland het eerste model voor de bedrijfsvoering dat gebruik maakt van voorspellingen voor het verbruik.

Het blijkt dat het programma steeds beter voorspelt, wat in overeenstemming is met het 'lerende' karakter van het voorspelalgoritme. Analyse van de voorspelresultaten laat zien dat het gebruiken van de Makkink-verdampingswaarde betere voorspellingen geeft [2].
In aanvang werd het model door de gebruikers – de chefs van de wacht – met de nodige scepsis ontvangen. Er werd betwijfeld of het verbruik überhaupt wel voorspelbaar was. Inmiddels heeft het model zich bewezen en wordt het door de betrokkenen gezien als een waardevol stuk gereedschap bij de bedrijfsvoering. Naast het 'gewone' voorspellen van het verbruik heeft het model ook een functie bij het signaleren van calamiteiten: het is direct op het beeldscherm te zien als de afzet afwijkt van het normale patroon.

Afb. 8 laat het verloop van de afzet, de inhoud van de rwr's en het produktieniveau zien op een dag waarop een ø 1.200 transportleiding brak.
Het model wordt vrijwel continu bij de wacht gebruikt. De bediening is eenvoudig en door de grafische presentatie nodigt het uit om ermee te werken. Het is daarnaast ook mogelijk in de opgeslagen gegevens 'terug te bladeren' en zo situaties uit het verleden te bekijken. Het programma bewaart alle ingevoerde gegevens op schijf. Met de rapportage-module van het computerprogramma is het mogelijk week-, maand-, kwartaal- en jaarrapportages te produceren, compleet met grafieken.
Het programma biedt de gebruiker de mogelijkheid aan te geven of alle rwr's in bedrijf zijn. Is dit niet het geval, dan zal het programma daarmee rekening houden, waardoor ondanks het kleinere beschikbare volume, er toch onder alle omstandigheden voldoende voorraad is.

Nadat Berenplaat er een half jaar ervaring mee had opgedaan, is Kralingen in september 1990 met het programma gaan werken, uiteraard met aangepaste modellen voor het voorspellen van het dag- en het uurverbruik. De vraag naar water wordt bij Kralingen sterk beïnvloed door een en-gros-levering aan district De Tien Gemeenten (DTG) van NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH). De totale vraag van DTG wordt gedekt door de pompstations Scheveningen (DZH) en Kralingen, waarbij de verdeling van de vraag over deze twee stations over het jaar sterk kan variëren (er is sprake van een gestuurde levering). Dit heeft een negatieve invloed op de voorspelbaarheid van de vraag. Desondanks worden ook bij Kralingen goede resultaten geboekt en wordt het model continu gebruikt.

Toekomstige ontwikkelingen
Zoals eerder vermeld levert het gebruik van de Makkink-verdampingswaarde betere voorspellingen op. Een probleem is echter dat deze parameter geen 'geheugen' heeft. Hiermee wordt bedoeld dat er aan de Makkink-waarde van vandaag niet te zien is wat voor weer het de afgelopen week is geweest. Gezien het feit dat de waterafzet wel degelijk wordt beïnvloed door het weer van de afgelopen periode (denk aan een langere periode met warm en droog weer, waarin de Makkink-waarde continu een hoge waarde heeft en waarin de afzet als gevolg van de aanhoudende droogte stijgt), wordt er overwogen een meteorologische variabele met geheugen aan het voorspelalgoritme toe te voegen. Een mogelijkheid zou een bewerkte vorm van het neerslagoverschot kunnen zijn of een representatieve grondwaterstand.

Ook voor wat betreft de bediening van het programma zijn er nog wensen. Het wordt door de gebruikers van het programma als hinderlijk ervaren dat de benodigde dagelijkse gegevens met de hand moeten worden ingevoerd. Met de nu op de Berenplaat in gebruik zijnde procescomputer kan dit niet anders.
Na installatie van het nieuwe informatie- en bedieningssysteem is het waarschijnlijk wel mogelijk een directe verbinding te leggen tussen de procescomputer en de PC waar het programma op draait.

Andere waterleidingbedrijven
Gezien de algemene opzet van het programma en het gemak waarmee de Berenplaat-versie van het programma geschikt is gemaakt voor Kralingen, ligt het voor de hand dat het Bedrijfvoeringsmodel ook voor andere waterleidingbedrijven interessant kan zijn.
De NV Waterleiding Friesland heeft al belangstelling getoond.

DWL Rotterdam is voornemens het gehele programmapakket over te dragen aan KIWA. KIWA zal het in het kader van het speurwerkprogramma verder ontwikkelen en geschikt maken voor algemeen gebruik binnen de bedrijfstak.

Literatuur
1. Baggelaar, P. K., Urbanus, J. F. X. en Biemans, R. A. G. (1991): *'Optimalisatie bedrijfsvoering Berenplaat met behulp van voorspellingen van het verbruik'.* KIWA SWE 91.013. KIWA NV, *** 1991, Nieuwegein.
2. Baggelaar, P. K. (1991). *'Voorspelling van het dagverbruik in het voorzieningsgebied van de Berenplaat'.* H_2O, dit nummer.

• • •

Overzichtsrapport Ontwikkeling Saneringstechnieken Waterbodems verschenen

Het samenvattend rapport over de stand van zaken bij de afsluiting van de 1e fase van het Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW I) '89-'90 is verschenen. Dit document is medio oktober door de minister van V en W en mede namens de minister van VROM aangeboden aan de Tweede Kamer. Het geeft een beknopt overzicht van de activiteiten en resultaten op het gebied van ontwikkeling van technieken voor de sanering van waterbodems zoals milieuvriendelijk baggeren, scheiden en reinigen van baggerspecie. Het programma is in 1989 gestart door de Rijkswaterstaat op advies van de Beoordelingscommissie Sanering waterbodems. Een belangrijke conclusie uit het rapport is dat reinigingstechnieken beschikbaar zijn voor diverse typen verontreinigde baggerspecie. De meeste technieken verkeren echter nog in een experimentele of demonstratieve fase. Verder geeft het een vooruitblik op de tweede fase van het ontwikkelingsprogramma in de komende vier jaar. Dit rapport is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in mogelijke oplossingen voor de problematiek van de vervuilde waterbodems en verontreinigde baggerspecie in Nederland. Het rapport wordt uitgegeven onder verantwoordelijkheid van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) te Lelystad en is verkrijgbaar bij: RIZA (bibliotheek), Postbus 17, 8200 AA Lelystad, tel. 03200 - 7 07 76 / 7 05 13.
Meer informatie kunt u krijgen bij RIZA, mevr. A. Arnou, tel. 03200 - 7 04 28.
Ter afsluiting van de eerste fase van het POSW-programma wordt op 30 januari 1992 een symposium gehouden in Lelystad. Er is voor geïnteresseerden nog een beperkt aantal plaatsen beschikbaar. Kosten bedragen f 75,– per persoon. Voor algemene informatie hierover kunt u terecht op het bovenstaande infonummer. Voor inhoudelijke vragen kunt u terecht bij dr. W. A. Bruggeman, tel. 03200 - 7 04 65.