

# Omgaan met watertekorten in het Albertkanaal en de Kempense kanalen

Het water dat door het kanalenstelsel van het Albertkanaal en de Kempense kanalen stroomt, is afkomstig van de Maas. Het Maaswater wordt aangewend voor het verschutten van schepen, de koeling van elektriciteitscentrales en industriële productieprocessen, drinkwaterproductie, als proceswater voor industrie, bevloeiing van landbouw- en natuurgebieden e.a. en dit zowel in Vlaanderen als in Nederland. De beschikbaarheid van dit water wordt daarbij vaak als vanzelfsprekendheid beschouwd aangezien er zich tot op heden geen noemenswaardige problemen hebben voorgedaan. Een extreme droogteperiode zoals deze van 1976 zorgt nochtans voor een aanzienlijke vermindering van de Maasafvoer. Sinds 1976 is het gebruik van het Maaswater aanzienlijk toegenomen. Om de gevolgen van een droge periode door deze toename in te schatten, werd een computermodel opgemaakt van het kanalenstelsel waarmee het watergebruik van 2002 werd gesimuleerd bij een wateraanvoer van de Maas anno 1976 en 2003. Om na te gaan hoe er best met dergelijke periodes van watertekorten kan worden omgegaan werden verscheidene besparingsstrategieën getest.

## LAGE RIVIERAFVOEREN EN WATERTEKORTEN

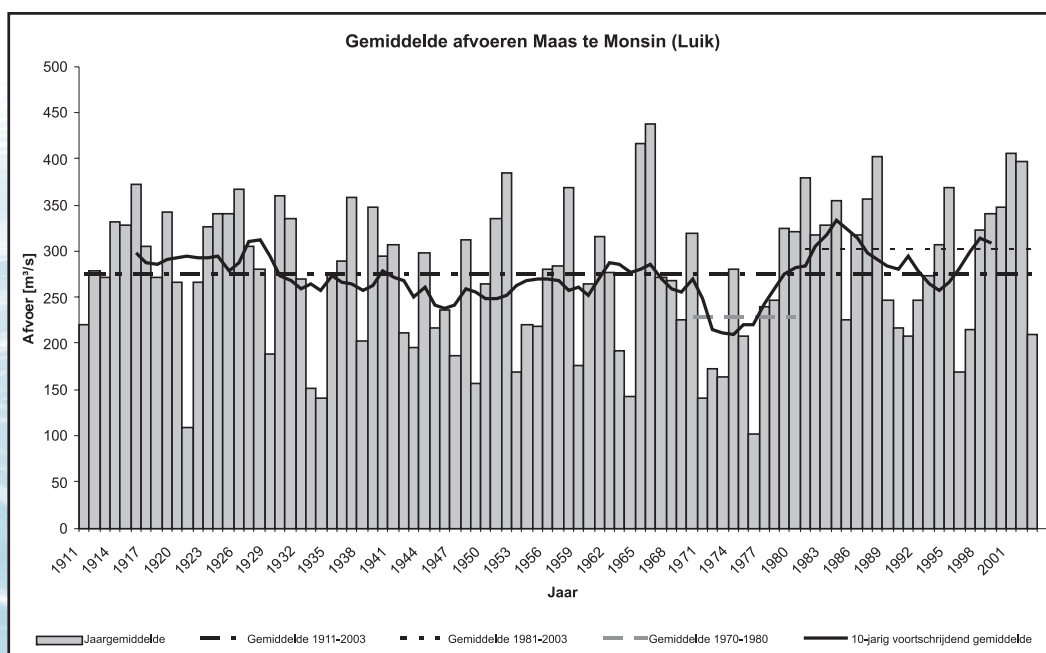
Lage rivierafvoeren behoren tot de natuurlijke variatie van riviersystemen en worden veroorzaakt door de seizoensverandering in de neerslag-, oppervlakkige afvoer-, infiltratie- en verdampingsprocessen van de hydrologische cyclus. Watertekorten daarentegen zijn door de mens geïnduceerde fenomenen die zich voordoen op het ogenblik dat het (natuurlijke) watersysteem niet meer in staat is voldoende water te leveren om aan alle watervragen van de socio-economische waterketen te voldoen.

Doordat de watervraag van de waterketen gedurende de laatste decennia is toegenomen (en nog altijd toeneemt), hebben lage rivierafvoeren een

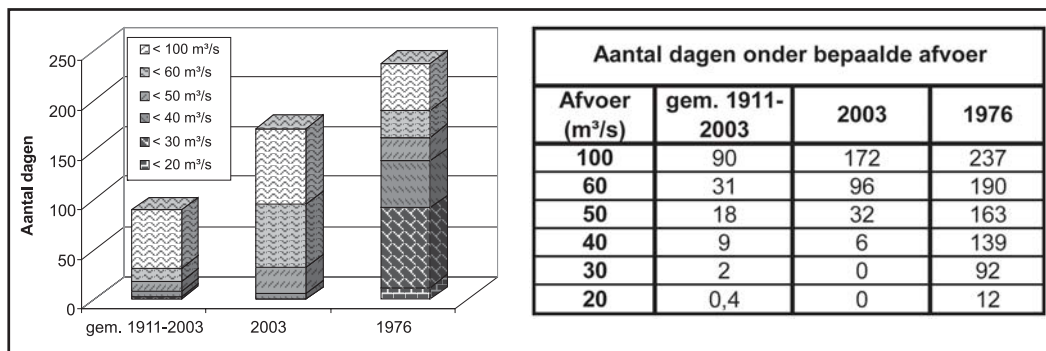
steeds grotere impact op onze waterafhankelijke maatschappij.

Periodes van lage afvoer in de Maas kunnen ernstige problemen veroorzaken voor de waterhuishouding in een deel van Vlaanderen en Nederland. Zoals afgebeeld in figuur 1 kan de jaarlijks gemiddelde afvoer van de Maas sterk variëren. Wanneer we kijken naar het voortschrijdende 10-jaarlijks gemiddelde, komen we tot de vaststelling dat de gemiddelde afvoer gedurende de periode 1970-1980 relatief laag was in vergelijking met de laatste 20 jaren, waarbij het jaar 1976 de langste periode van lage afvoeren bevat die tot nog toe werd waargenomen op de Maas. In vergelijking met de zomer van 1976, was de zomer van 2003 slechts een klein broertje.

Figuur 1. Jaarlijks gemiddelde, gemiddelde over de periode 1911-2003 en 10-jaarlijks voortschrijdend gemiddelde afvoer van de Maas te Monsin (Luik) voor de periode 1911-2003.



Figuur 2. Aantal dagen per jaar waarop de Maasafvoer onder een bepaalde (kritieke) afvoer ligt; gemiddeld over de periode 1911-2003 en in het bijzonder voor de specifieke jaren 1976 en 2003.



In 1995 werd het Verdrag tussen het Vlaamse Gewest en het Koninkrijk Der Nederlanden inzake de afvoer van het water van de Maas (hierna het Maasafvoercontract genoemd) ondertekend waarmee de verdeling van het beschikbare water tussen de 2 regio's en de Gemeenschappelijke Maas tijdens periodes van lage afvoer werd vastgelegd. In het verdrag worden 3 niveaus voor de ongedeelde afvoer te Monsin (Luik) gedefinieerd (100, 60 en 30 m<sup>3</sup>/s) waaronder beide regio's hun watervragen moeten verminderen door besparingen in te voeren. Deze afvoeren kunnen beschouwd worden als grenzen waaronder watertekorten optreden in het Vlaamse systeem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen. In figuur 2 wordt weergegeven hoe frequent deze grenzen overschreden worden.

## LAAGWATERSTRATEGIEËN

Tot voor kort waren in Vlaanderen de kennis, het begrip en het bewustzijn van laagwatersituaties en hun gevolgen eerder beperkt. De nadruk lag bij watergerelateerde problemen vooral op bescherming tegen overstromingen. Het (beperkte) watertekort tijdens de zomer van 2003 bracht hier in enige mate verandering in. Er was duidelijk nood aan meer inzicht in de effecten van periodes van lage Maasafvoer. Met het project "Zoetwaterbeheer" tracht de Vlaamse Overheid dan ook te streven naar een meer duurzaam gebruik van de beschikbare hoeveelheid zoetwater tijdens periodes van watertekorten.

Om gedurende dergelijke periodes op een zo efficiënt mogelijke wijze met het beschikbare water om te gaan is een draaiboek van besparingsmaatregelen, ook wel laagwaterstrategie genoemd, nodig. Daarbij zijn bv. de reductie van wateronttrekkingen of het aanspreken van de beschikbare drinkwaterreserves verschillende mogelijke maatregelen. De volgorde en intensiteit van de verschillende maatregelen bepaalt daarbij hoe groot de impact is op het systeem en de maatschappij. Het is dus wenselijk om de impact van verschillende alternatieve laagwaterstrategieën te onderzoeken om het beste alternatief te weerhouden.

In 2003 werd daartoe een onderzoeksopdracht op het Waterbouwkundig Laboratorium opgestart waarmee op onderstaande onderzoeksvragen een antwoord kon worden geformuleerd:

1. Wat zijn de gevolgen van een watertekortperiode (1976, 2003) rekening houdend met de bepalingen van het Maasafvoercontract en de toegevoegde watervraag (anno 2002)?
2. Welke volgorde van besparingsmaatregelen is optimaal om de schade zo veel mogelijk te beperken?
3. Hoe zwaar kan de schade beperkt worden door pompinstallaties te installeren op de sluizencomplexen van het Albertkanaal waarmee een groot deel van het schutwater kan worden teruggepompt?

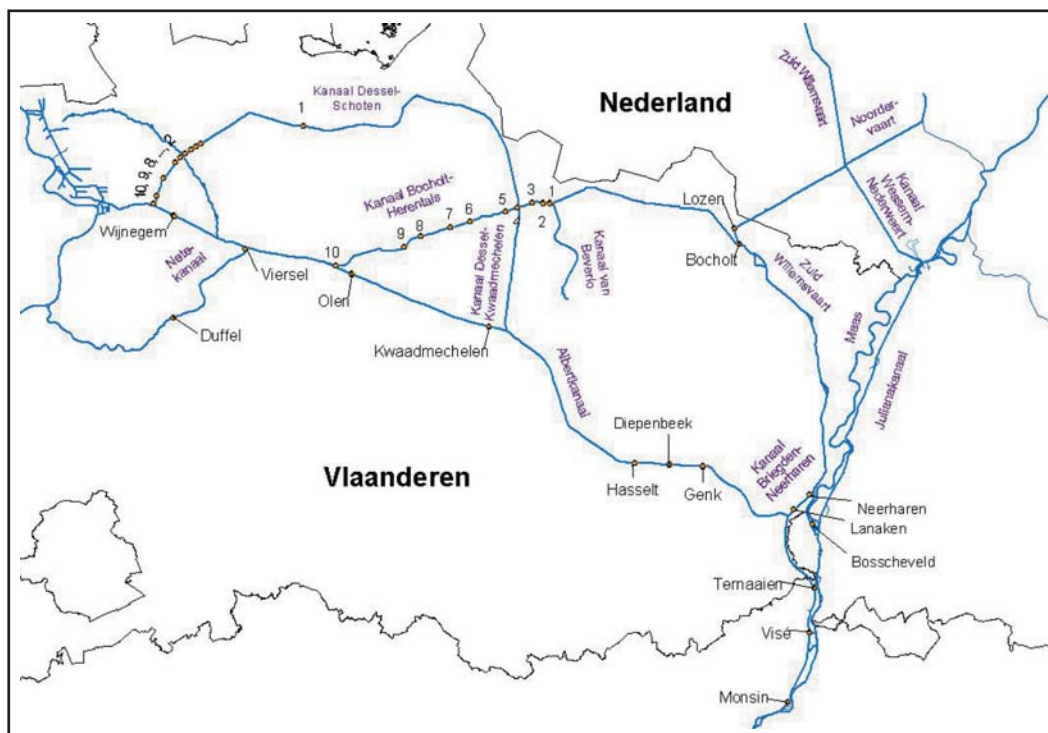
## BEÏNVLOEDINGSGBIED

Het gebied dat in Vlaanderen afhankelijk is van Maaswater, volgt in grote lijnen het kanalenstelsel, wat zich uitstrekt over de provincies Limburg en Antwerpen. De grootte van het gebied is echter sterk sectorafhankelijk. Voor de drinkwatersector strekt het gebied onder invloed van de Maas zich uit over het ganse verzorgingsgebied van de Antwerpse Water Werken (AWW). Dit komt in grote lijnen overeen met Groot Antwerpen. Voor de sector industrie is het beïnvloede gebied eerder beperkt in oppervlakte, geconcentreerd langs het kanalenstelsel, maar verspreid over het ganse gebied. Het is dus onmogelijk eenduidig een gebied aan te duiden dat beïnvloed wordt door Maaswater. In figuur 3 wordt een overzicht gegeven van het watersysteem.

## INVENTARISATIE

In eerste instantie werd een inventaris (Baetens & Van Eerdenbrugh, 2005) opgesteld van alle relevante watervragen en watergebruikers aan het Albertkanaal en de Kempische kanalen. Aan de basis voor deze inventarisatie lagen vergunningen voor watercaptaties, literatuurstudie, terreinbezoeken, metingen (Baetens & Meulenijzer, 2006) en analyse van topografische kaarten. Na selectie van de relevante waterstromen werden de watergebruikers bevestigd met enquêtes en interviews.

Figuur 3. Situering van het watersysteem met aanduiding van de verschillende sluisen.



De bevraging was gericht op hun afhankelijkheid van Maaswater, de variatie in hun watergebruik, de economische (en andere) gevolgen van watertekorten en hun houding tegenover verschillende maatregelen om het waterverbruik in te perken tijdens periodes van lage afvoer. Tijdens een workshop werd vervolgens feedback gegeven op de verwerking van de ontvangen informatie en werden de watergebruikers geïnformeerd over het vervolg van het onderzoek.

### GROOTTE EN VARIABILITEIT VAN DE WATERVRAGEN

In Tabel 1 worden de jaargemiddelde watervragen van de verschillende "sectoren" weergegeven voor 2002.

De "sector" irrigatiewatervragen is in feite een samenvoeging van verschillende sectoren (landbouw, natuur, recreatie, visteelt, ...) die afhankelijk is van het water dat via de watervragen aan het kanalenstelsel wordt onttrokken.

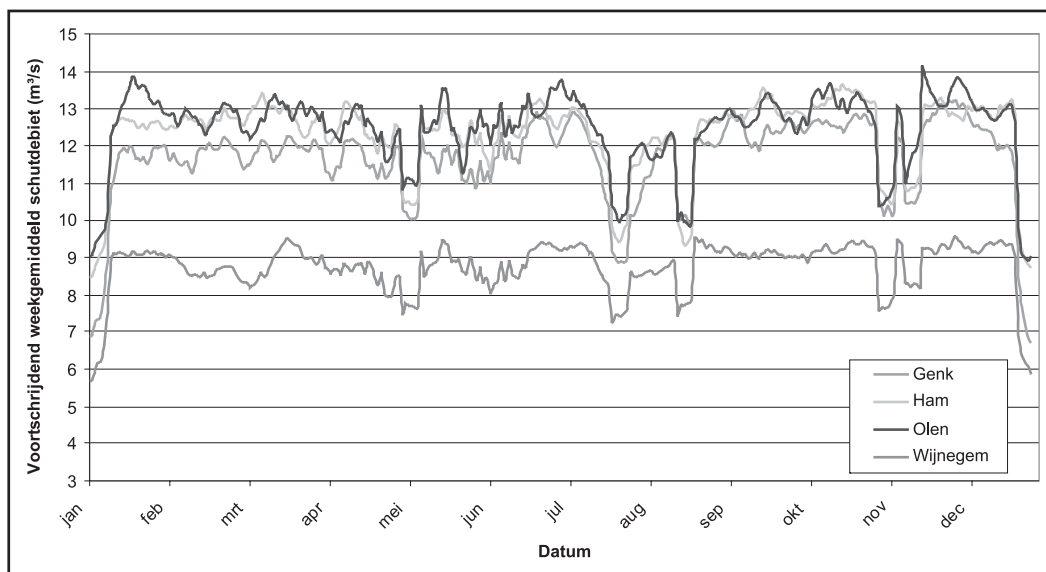
De bruto watervraag komt in principe overeen met het watergebruik, terwijl de netto watervraag het werkelijke verbruik aangeeft. Interpretatie van deze gegevens is riskant omdat het in feite een schematisering is van de werkelijkheid. Uit de gegevens zou bv. kunnen geconcludeerd worden dat de totale bruto watervraag  $31,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (=som van bruto watervragen) bedraagt met een netto watervraag van  $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (=som van netto watervragen). Daarbij wordt dan geen rekening gehouden met de plaats in het kanalenstelsel waar de watervragen gesitueerd zijn. Hieronder wordt dit toegelicht voor de scheepvaart- en drinkwatersector.

Door het grote verval tussen Luik en Antwerpen (ca. 56 m) is de bruto watervraag voor de scheepvaart het grootst. Voor het verschutten van schepen is er immers een bepaalde hoeveelheid water nodig. Deze hoeveelheid is afhankelijk van de dimensies van de sluis, het te overbruggen verval tussen beide kanaalpanden en de scheepvaartintensiteit. De grootste watervraag situeert zich op het Albertkanaal door de grote sluisdimensies

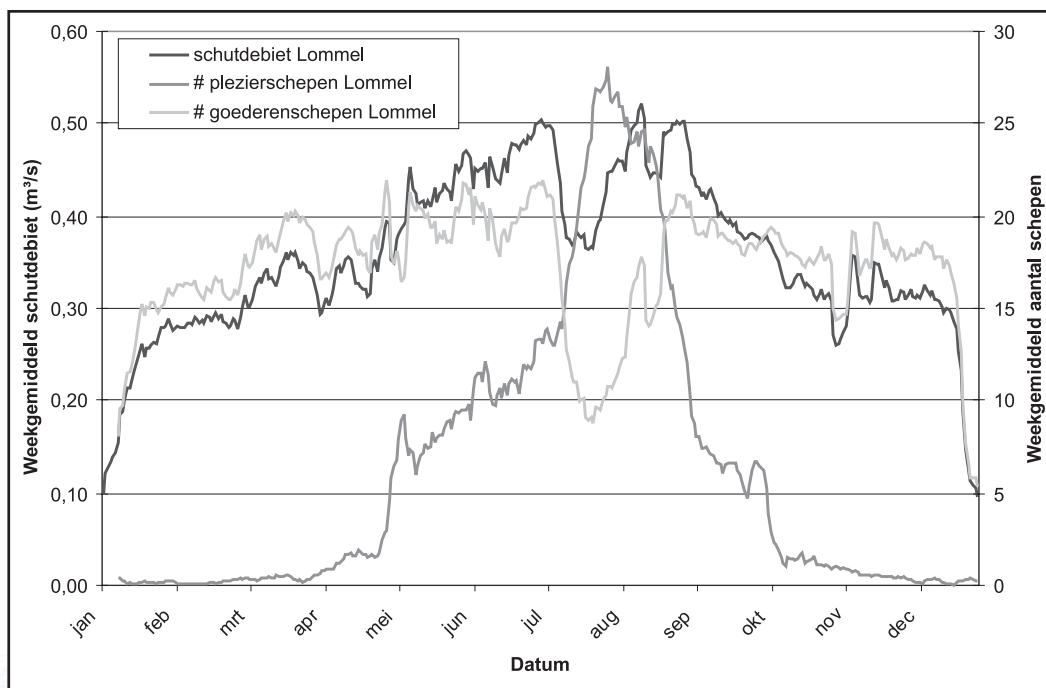
Tabel 1. Bruto, netto gemiddelde en maximale watervraag van de verschillende "sectoren" voor 2002.

Sector	Bruto gemiddelde watervraag 2002 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Netto gemiddelde watervraag 2002 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Maximale watervraag ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Scheepvaart	13,86	0,00	
Industrie	1,90	0,75	
Elektriciteit	7,73	1,99	
Drinkwater	4,55	4,55	
Irrigatiewatervragen	2,50	2,50	3,69
Natuur- en groengebieden	0,55	0,55	
Waterbeheer	0,20	0,20	

Figuur 4. Voortschrijdend weekgemiddeld schutdebiet voor de beroepsscheepvaart van enkele sluiscomplexen op het Albertkanaal, gemiddeld over de periode 2000-2003.



Figuur 5. Voortschrijdend weekgemiddeld aantal plezier- en goederenscheepen en schutdebiet voor de sluis te Lommel op het kanaal Bocholt-Herentals.



(200 m x 24 m en 136 m x 16 m) en het grote verval van de sluisen te Genk, Diepenbeek, Hasselt, Ham en Olen (ca. 10 m). Doordat het verval over de meer stroomafwaarts gelegen sluis van Wijnegem kleiner is (ca. 5,5 m) dan bij de overige sluisen op het Albertkanaal is er in het kanaalpand Olen-Wijnegem een overschot aan water beschikbaar. In principe is er geen netto watervraag van de scheepvaart omdat het water stroomafwaarts nog steeds beschikbaar is voor andere doeleinden. Wel is dit water slechts voor ander gebruik beschikbaar in de kanaalpanden stroomafwaarts Olen en dus niet elders in het kanalenstelsel. Het is dan ook om die reden dat de drinkwaterproductie van AWW zich in deze zone heeft gevestigd. De beschikbaarheid van water in een bepaald kanaalpand is dus afhankelijk van wat er in de rest van het kanalenstelsel (opwaarts en afwaarts) nodig is.

De cijfers in tabel 1 geven bovendien een beeld van de jaargemiddelde watervraag en houden dus geen rekening met de variatie van de verschillende watervragen in de loop van de tijd. In figuren 4 en 5 wordt deze variatie getoond voor de beroeps- en pleziervaart.

Uit figuur 4 blijkt dat de watervraag van de beroepsscheepvaart tijdelijk vermindert tijdens de verlofperiodes van mei, juli, augustus en november.

Uit figuur 5 blijkt de watervraag van de pleziervaart toe te nemen rond mei om in augustus zijn hoogtepunt te bereiken op het ogenblik dat de beroepsvaart net wat minder water nodig heeft.

Voor het kwantificeren van de waterbehoefte van (geïrrigeerde) landbouwgebieden gedurende het groeiseizoen werd met behulp van de modelsoftware IRSIS (KULeuven) een afzonderlijke studie uitgevoerd (Elsen et al., 2005). De watervraag van deze sector is immers in sterke mate afhankelijk van de heersende meteorologische omstandigheden, waterhuishouding van de bodem, specifieke teelten, etc.

De totale Vlaamse waterbehoefte vanuit de Maas kan dus enkel berekend worden door met al deze aspecten rekening te houden.

## WATERBALANSMODEL

Om meer inzicht te krijgen in de grootte en variatie van de Vlaamse watervraag werd een gedetailleerd waterbalansmodel van het kanalenstelsel opgemaakt waarin alle verzamelde data en informatie werd geïntegreerd. Het kanalenstelsel wordt daarbij schematisch weergegeven zodat alle watergebruikers worden voorgesteld aan de hand van hun tijdsafhankelijke en variabele watervragen. Als basis voor het model werd gebruik gemaakt van de software Mike Basin (DHI). Voor de watervragen van de individuele watergebruikers werden dagwaarden van 2002 gebruikt. Voor het aanbod van het watersysteem (Maasafvoer en lokale meteorologie) werden daggemiddelde gegevens van historische periodes met lage afvoer (1976 en 2003) gebruikt. Omdat Mike Basin geen kanaalpannen kan modelleren, werd de software uitgebreid met enkele Visual Basic modules om de waterbalansberekeningen uit te voeren. Om na te gaan in hoeverre het model de werkelijkheid benadert, werd de werkelijk opgetreden Vlaamse watervraag van 2002 berekend aan de hand van de meetposten op het Albertkanaal (Kanne) en de Zuid-Willemsvaart (Smeermaas – Lozen). In figuur 6 en tabel 2 wordt de overeenkomst tussen de gemeten en gesimuleerde Vlaamse watervraag weergegeven.

Tabel 2: Vergelijking van enkele statistieken voor de gemeten en gesimuleerde tijdreeks van de totale Vlaamse watervraag anno 2002.

	Metingen	Simulatie
MIN	0,55	4,41
MAX	38,17	29,46
GEM	24,88	22,50
STDEV	7,17	5,32
Correlatiecoëfficiënt		0,86

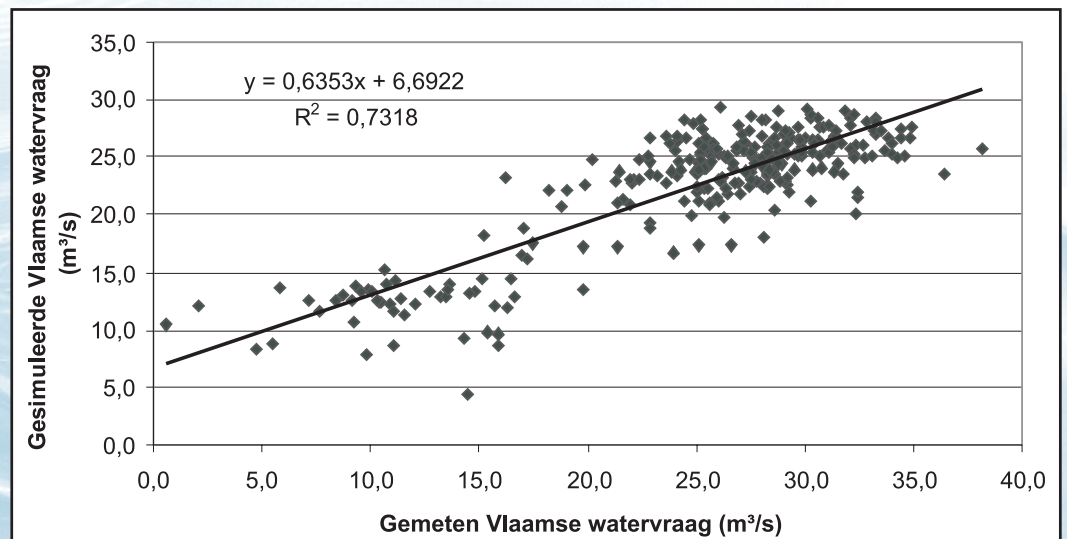
Uit deze gegevens blijkt dat de maximale en gemiddelde watervraag in werkelijkheid groter is dan wat er met het model gesimuleerd wordt. Dit houdt in dat de grootte van de effecten van een watertekortperiode in werkelijkheid groter zal zijn dan wat er gesimuleerd wordt, m.a.w. de modeluitkomsten geven een onderschatting van de werkelijkheid.

## ECONOMISCHE SCHADE, NIET-KWANTIFICEERBARE GEVOLGEN EN LAAGWATER-STRATEGIEËN

Voor elke watergebruiker werd een schadefunctie opgesteld waarmee de (directe) economische schade van een beperking van de waterbevoorrading kan worden bepaald (IMDC & RA, 2006). Aangezien economische schade niet noodzakelijk het enige belangrijke gevolg is van een beperking in de waterbevoorrading, werden er tegelijkertijd ook voor een aantal specifieke watergebruikers de (economisch) niet-quantificeerbare gevolgen bepaald. Voorbeelden van dergelijke niet-quantificeerbare gevolgen zijn bv. het aantal dagen dat de drinkwaterreserves van AWW uitgeput geraken of het aantal dagen waarop bepaalde kwetsbare natuur door verdroging onomkeerbare schade zou oplopen (Baetens et al., 2006a). Zowel de schadefuncties als de niet-quantificeerbare gevolgen werden met behulp van Visual Basic modules bijgeprogrammeerd.

Om een watertekortperiode het hoofd te bieden moeten er besparingsmaatregelen genomen worden. Daarbij zullen steeds verdergaande maatre-

Figuur 6. Vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde Vlaamse watervraag anno 2002.



gelen moeten genomen worden naarmate het watertekort toeneemt. In het onderzoek werden volgende mogelijke maatregelen in overweging genomen:

- beperking van de waterbevoorrading van de verschillende watergebruikers met 25, 50, 75 en 100 % of m.a.w. tot 75, 50, 25 en 0 % van de watervraag
- gegroepeerd schutten van schepen door het invoeren van een wachttijd aan de sluisen
- terugpompen van schutwater over de sluisen heen (door nog te installeren pompinstallaties)
- stopzetten van de scheepvaart
- aanspreken van de waterreserves (vnl. van de drinkwatersector)

Het waterverdelingsmodel werd uitgebreid met de gevolgen van de besparingsmaatregelen. Voor de maatregel "gegroepeerd schutten" werd de resulterende afname van de watervraag en de optredende economische schade met behulp van een afzonderlijke scheepvaartmodule berekend (Baetens et al., 2006a). De resultaten van deze berekeningen werden eveneens geïntegreerd in het model.

Het uiteindelijke model evalueert op dagbasis of Vlaanderen nog voldoet aan de bepalingen van het Vlaams-Nederlands Maasafvoerovereenkomst inzake waterafname uit de Maas. Indien de Vlaamse watervraag groter is dan het volgens het verdrag toegestane gebruik, wordt er een laagwaterstrategie gestart om het Vlaamse watergebruik te reduceren. De gevolgen (zowel economisch als niet-quantificeerbare) zijn als eindresultaat beschikbaar en kunnen gebruikt worden om de laagwaterstrategie te evalueren. In figuur 7 wordt deze methodologie schematisch voorgesteld.

Verschiede laagwaterstrategieën zijn in het onderzoek tegenover elkaar geëvalueerd. Hiervoor werd de verwachte economische schade (aantal €) door beperkte waterbeschikbaarheid als criterium gehanteerd. Voor niet kwantificeerbare effecten werd de duur (aantal dagen) van de beperkte waterbeschikbaarheid als indicator gehanteerd.

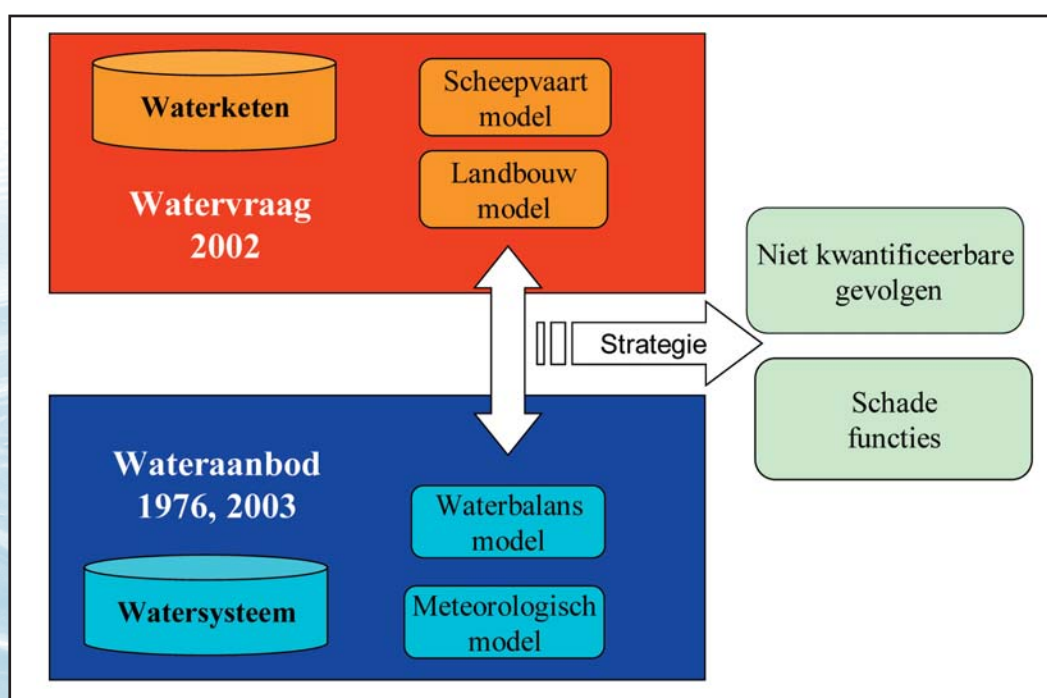
## CONCLUSIES

Door het ontwikkelde model is het inzicht in de afhankelijkheid van Vlaanderen van Maaswater vergroot en werden de effecten van verschillende mogelijke maatregelen geïdentificeerd.

Uit de berekeningen blijkt dat er niet zoiets bestaat als een optimale laagwaterstrategie, universeel toepasbaar voor alle watertekortperiodes. Voor elke watertekortperiode bestaat wel een bepaald optimum, maar aangezien niet te voorspellen is hoe lang en hoe ernstig een watertekortperiode zal zijn, is het niet opportuun op voorhand één bepaalde strategie te selecteren. In de praktijk zal de watercoördinator tijdens een watertekortperiode de waterbesparende maatregelen afstemmen op de op dat ogenblik geldende hydrologische situatie door te kiezen voor een strategie die daarbij het beste aansluit. Doordat verschillende mogelijke strategieën vooraf werden onderzocht kan de beheerder op dat ogenblik een beter onderbouwde keuze maken.

Uit het onderzoek blijkt duidelijk de grote Vlaamse afhankelijkheid van Maaswater. Zo blijkt dat een watertekortperiode zoals deze van 1976 ernstige, verstreckende gevolgen zal hebben onder de huidige omstandigheden. In het geval er geen pomp-

Figuur 7. Schematische voorstelling van het gebruikte model



installaties geïnstalleerd staan op de sluiscomplexen van het Albertkanaal (om een groot deel van het schutwater terug te pompen tijdens een dergelijke periode) moet er gekozen worden tussen 2 alternatieven die beiden zeer verstrekkende indirecte gevolgen hebben. Aan de ene zijde zou een stopzetting van de scheepvaart gedurende meer dan 100 dagen kunnen optreden waarbij een groot deel van het economische netwerk ernstige gevolgen zou ondervinden. Indien hier echter niet voor gekozen wordt, zouden de drinkwaterreserves gedurende 100-tal dagen uitgeput geraken en de elektriciteitsvoorziening vanuit de elektriciteitscentrales van Electrabel te Mol en Genk en enkele grote bedrijven (Ford Genk, Tessenderlo Chemie, ...) gedurende 90 tot 100 dagen moeten worden stilgelegd. Dit is echter in het louter theoretische geval dat er te allen tijde strikt aan de bepalingen van het Maasafvoeroverdrag moet worden voldaan. In de praktijk zal het echter nog wel mogelijk zijn om het aantal dagen waarop deze gevolgen optreden enigszins in te korten doordat er aan Nederlandse zijde reeds pompinstallaties geïnstalleerd staan. In de aanloop van een watertekortperiode zijn zij bereid de resterende pompcapaciteit tijdelijk in te zetten om tegen vergoeding hun watervraag verder te reduceren dan strikt noodzakelijk volgens het Maasafvoeroverdrag.

Met de installatie van pompen op de sluiscomplexen zijn echter niet alle problemen opgelost. Er zijn nog verscheidene andere maatregelen mogelijk, zoals het aanleggen van waterreserves of het verminderen van de watervragen, waarmee de schade aanzienlijk kan worden beperkt.

Een operationeel beheer van het kanalenstelsel dat nog meer afgestemd is op de actuele watervraag kan eveneens nog zorgen voor een aanzienlijke beperking van de schade. Het model onderschat nu wellicht de werkelijke optredende schade doordat de gesimuleerde Vlaamse watervraag kleiner is dan de werkelijke (zie figuur 6 en tabel 2). Dit is voornamelijk het gevolg van het verschil tussen theorie en praktijk: er wordt in de praktijk meer water doorgelaten dan wat theoretisch gezien strikt noodzakelijk is. Wanneer de waterbalansen in het kanalenstelsel op een meer permanente basis zouden worden opgevolgd, zijn wellicht nog besparingen door te voeren zonder verstrekkende gevolgen. Het ontwikkelde model-instrumentarium vormt daarbij een goede vertrekbasis en zou verder ontwikkeld kunnen worden tot een operationeel hulpmiddel dat tevens ondersteuning kan bieden aan de waterbeheerder die tijdens periodes van watertekorten moeilijke beslissingen moet nemen.

## REFERENTIES

Baetens J. & Van Eerdenbrugh K. (2005), Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense

kanalen – inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën. Rapport nr. 720\_04. UA-Ecosystem Management Research Group in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium.

Baetens J., Peeters P. & Van Eerdenbrugh K. (2006a), Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen – opmaak van een model-instrumentarium voor de ontwikkeling van laagwaterstrategieën. Rapport nr. 724\_02. UA-Ecosystem Management Research Group in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium.

Baetens J., Peeters P. & Van Eerdenbrugh K. (2006b), Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen – opstellen van verschillende mogelijke laagwaterstrategieën. Rapport nr. 727\_01/2b. UA-Ecosystem Management Research Group in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium.

Baetens J. & Meulenijs P. (2006), Debietmetingen van de watervangsystemen op het Albertkanaal en de Kempense kanalen. Rapport nr. 792\_16. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium, in opdracht van N.V. De Scheepvaart, Afdeling Exploitatie.

Elsen F., Ghesquire U. & Willems E. (2005), Opmaak van laagwaterstrategieën – waterverbruik van landbouwgewassen. Rapport nr. 727\_01/3. Bodemkundige Dienst van België, in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium.

IMDC & RA (2006), Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen – opmaak van laagwaterstrategieën – bepalen van maatschappelijke acceptatie en kosten-baten van de mogelijke maatregelen. Rapport nr. 727\_01/2a. IMDC i.s.m. Resource Analysis, in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Waterbouwkundig Laboratorium.

*Baetens J.<sup>1,2</sup>, Scheltjens T.<sup>3</sup>, Van Eerdenbrugh K.<sup>2</sup>, Peeters P.<sup>2</sup>, Danckaerts C.<sup>4</sup>, Maeghe K.<sup>4</sup>, Meire P.<sup>1</sup> & Mostaert F.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Universiteit Antwerpen,

Universiteitsplein 1, Wilrijk 2610, België

<sup>2</sup> Waterbouwkundig Laboratorium, Vlaamse Overheid,

Berchemlei 115, Borgerhout 2140, België

<sup>3</sup> Resource Analysis NV,

Wilrijkstraat 37-45, Antwerpen 2140, België

<sup>4</sup> De Scheepvaart NV,

Havenstraat 44, Hasselt 3500, België

contact: johan.baetens@mow.vlaanderen.be