2006 MOD 724/2

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

Universiteit Antwerpen

ECOSYSTEM MANAGEMENT RESEARCH GROUP

WATERSYSTEEM VAN HET ALBERTKANAAL EN DE KEMPENSE KANALEN

OPMAAK VAN EEN MODELINSTRUMENTARIUM VOOR DE ONTWIKKELING VAN LAAGWATERSTRATEGIEËN



06 - 11

Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Waterbouwkundig Laboratorium

Model 724/2

WATERSYSTEEM VAN HET ALBERTKANAAL EN DE KEMPENSE KANALEN

OPMAAK VAN EEN MODELINSTRUMENTARIUM VOOR DE ONTWIKKELING VAN LAAGWATER-STRATEGIEËN

Juni 2006

VOORWOORD

Reeds enkele jaren wordt door het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout het project 'Zoetwaterbeheer tegen tekorten en tegen verdroging' uitgevoerd. Het doel van dit project is het bepalen van maatregelen in de rivieren en kanalen (oppervlaktewater) en in de omliggende valleigebieden. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen effecten op langere termijn (vb. verdroging van de natuurwaarden door een te laag grondwaterpeil) en acute watertekorten (vb. onvoldoende diepgang voor de scheepvaart). Er wordt gezocht naar die maatregelen die de beheerders van de bevaarbare waterwegen (Waterwegen en Zeekanaal nv en nv De Scheepvaart) kunnen uitvoeren door op een gefundeerde manier het waterpeilbeheer te voeren.

Binnen het project 'Zoetwaterbeheer tegen tekorten en tegen verdroging' werden verschillende studies gedefinieerd, opgestart en geheel of gedeeltelijk afgerond. Deze studies gaan van inventarisatie over grondwatermonitoring, economische analyse en opbouw van een modelinstrumentarium voor scenarioberekeningen tot het opstellen van verschillende mogelijke laagwaterstrategieën.

Voorliggend rapport beschrijft de opbouw van het waterbalansmodel van het watersysteem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen. Het model laat toe de impact van kwantitatieve maatregelen en de hiermee verbonden schade te begroten. Met het model kunnen verschillende laagwaterstrategieën worden doorgerekend.

De uitbouw van het modelinstrumentarium is het resultaat van een intense en vruchtbare samenwerking tussen WL en UA.

Andere gerelateerde rapporten met betrekking tot het watersysteem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen zijn:

- Mod. 720/1 Bekken van de Gemeenschappelijke Maas. Inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën (Baetens J. & Van Eerdenbrugh K., 2004)
- Mod. 720/4 Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen. Inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën (Baetens J. & Van Eerdenbrugh K, 2005)
- Mod. 720/12 Gemeenschappelijke Maas. Laagwatermetingen zomer 2003 (Baetens J. & Van Eerdenbrugh K, 2004)
- Mod. 723 Opstellen van een methodologie voor de opmaak van laagwaterstrategieën voor de waterwegen in Vlaanderen – Hoofdrapport – Achtergrondrapport (RA, IMDC & KUL., 2004)
- Mod. 727/1 Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen. Opmaak van Laagwaterstrategieen – Bepalen van maatschappelijke acceptatie en kosten-baten van de mogelijke maatregelen (IMDC & RA., 2006a)
- Mod. 727/1 Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen. Opmaak van Laagwaterstrategieen – Opstellen van verschillende mogelijke laagwaterstrategieën (Baetens J., Peeters P. & Van Eerdenbrugh K., 2006)
- Mod. 727/1 Opmaak van laagwaterstrategieën – Waterverbruik van landbouwgewassen (Elsen F., Ghesquiere U. & Willems E., 2005)
- Mod. 727/1 Opmaak van laagwaterstrategieën – Laagwater extreme-waardenanalyse (Michielsen S., Peeters P. & Van Eerdenbrugh K., 2006)
- Mod. 727/1 Opmaak van laagwaterstrategieën – Literatuurstudie over klimaatverandering in België (Michielsen S., Peeters P. & Van Eerdenbrugh K., 2006)

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord
Inhoudsopgave i
Lijst van de tabellen iii
Lijst van de figuren v
1 Doel van het ontwikkeld modelinstrumentarium 1
2 Opbouw van het modelinstrumentarium 2
2.1 Het watersysteem 2
2.1.1 Mike Basin 2
2.1.2 Een netwerk van knopen en lijnen 2
2.1.3 Kanaalpanden als reservoirs: operating rules en HVA-relaties 2
2.1.4 De meteorologische en hydrologische randvoorwaarden 3
2.1.5 Mike Basin Engine, andere VBA modules en MS Excel 4
2.1.6 De waterbalans van een kanaalpand 4
2.2 De waterketen: watergebruikers en hun watervraag 5
2.2.1 Type watervragen 5
2.2.2 Inventarisatie van de watervragen 6
2.2.3 Industrie en handel 7
2.2.4 Scheepvaart: schuttingen 7
2.2.5 Drinkwater en watervoorziening 9
2.2.6 Elektriciteit 10
2.2.7 Ontginningen 11
2.2.8 Irrigatiewatervangen 11
2.2.9 Landbouw 12
2.2.10 Natuur, bos en landschap 12
2.2.11 Recreatie 12
2.2.12 Overige gebruikers 12
2.2.13 Overzicht van overige waterfluxen 13
2.3 Het Maasverdrag als harde randvoorwaarde voor de waterverdeling 13
2.4 Maatregelen 14
2.4.1 Het effect van een wachttijd aan de sluizen van het Albertkanaal 14
2.4.2 Terugpompen van schutwater aan de sluizen van het Albertkanaal 18
2.4.3 Stopzetten scheepvaart Albertkanaal 19
2.4.4 Stopzetten van recreatievaart 19
2.4.5 Beperking captaties: industrie, irrigatiewatervangen en andere 19
2.4.6 Inschakelen reserves drinkwaterwinningen 19
2.4.7 Maximale restitutie koelwater elektriciteitscentrale Mol 19
2.4.8 Afkondiging beperking drinkwatergebruik 20

2.5 Laagwaterstrategie in fases 20
2.6 Integratie van schadefuncties 20
2.7 Niet-kwantificeerbare gevolgen 20
3 Modeloutput en validatie 21
3.1 Modeloutput: tijdreeksen 21
3.1.1 Tijdreeks Vlaamse watervraag, Vlaams watergebruik en fase van de strategie 21
3.1.2 Tijdreeks voortschrijdend neerslagtekort 21
3.2 Validatie 21
3.2.1 Albertkanaal 21
3.2.2 Kempische kanalen 22
3.2.3 Validatie van Vlaamse watervraag 23
3.2.4 Conclusies 23
4 Mogelijke verbeteringen 24
5 Referenties 25
FIGUREN
TABELLEN

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1 Gemiddelde watervraag van de sector Industrie in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 2 Gemiddelde watervraag van de sector Scheepvaart in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 3 Gemiddelde watervraag van de sector Drinkwatervoorziening in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 4 Gemiddelde watervraag van de sector Elektriciteit in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 5 Gemiddelde watervraag van de sector Ontginningen in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 6 Gemiddelde watervraag van de irrigatiewatervangen in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002.
Tabel 7 Gemiddelde watervraag van de overige landbouw (incl. viskweek) voor het referentiejaar 2002.
Tabel 8 Gemiddelde watervraag van de sector Natuur voor het referentiejaar 2002.
Tabel 9 Gemiddelde watervraag van de sector Recreatie voor het referentiejaar 2002.
Tabel 10 Gemiddelde watervraag ten behoeve van waterbeheer voor het referentiejaar 2002.
Tabel 11 Overzicht van de maximale toename van het schutdebiet door pleziervaart aan enkele belangrijke sluizen op de Kempische kanalen.
Tabel 12 In het model gebruikte infiltratiewaarden voor de verschillende kanaalpanden van het kanalenstelsel.
Tabel 13 Niet in het model opgenomen captaties en onttrekkingen.
Tabel 14 Overige niet in het model opgenomen waterfluxen.
Tabel 15 Gebruikte waterverdelingsregels voor het Nederlands en Vlaams gebruik op basis van het Maasverdrag van 1995.
Tabel 16 Aantal schepen die via een bepaalde sluis werden verschut met de gedetailleerde schutmodule in vergelijking met de werkelijke bediening aan de sluis van Ham.
Tabel 17 Effect van een extra (maximale) wachttijd van 15 tot 60 minuten en het uitkijken naar mogelijke neutrale schuttingen op het schutdebiet.
Tabel 18 Effectiviteit van de geïnstalleerde pompcapaciteit.
Tabel 19 Daggemiddelde kost van het stopzetten van de scheepvaart op het Albertkanaal voor de sluizen te Ham en Olen.
Tabel 20 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Kanne.
Tabel 21 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen berekende en gesimuleerde tijdreeksen op dagbasis van de tap aan de sluiscomplexen van Genk, Ham en Olen.
Tabel 22 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen berekende en gesimuleerde tijdreeksen op weekgemiddelde basis van de tap aan de sluiscomplexen van Genk, Ham en Olen.
Tabel 23 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Smeermaas.
Tabel 24 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Lozen.

Tabel 25 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Lommel.

Tabel 26 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks van de totale Vlaamse watervraag

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 Mike Basin model netwerk van het kanalenstelsel van het Albertkanaal en de Kempische kanalen

Figuur 2 Verloop van het daggemiddelde schutdebiet voor de sluiscomplexen Genk, Ham en Olen op het Albertkanaal, over een periode van enkele weken in 2002.

Figuur 3 Verloop van het maandgemiddelde schutdebiet (excl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 4 Verloop van het voortschrijdende maandgemiddelde schutdebiet (incl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 5 Verloop van het voortschrijdende weekgemiddelde schutdebiet (incl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 6 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezierschepen voor enkele sluiscomplexen op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 7 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezierschepen voor enkele sluizen op de Kempische kanalen, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 8 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 9 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Lanaken op het Kanaal Briegden-Neerharen, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 10 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Bocholt op de Zuid-Willemsvaart, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 11 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Lommel op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 12 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 3 te Mol op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 13 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 4 te Dessel op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 14 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 10 te Herentals op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 15 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 1 te Rijkevorsel op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 16 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 2 te Brecht op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 17 Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 10 te Schoten op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.

Figuur 18 Overzicht van de dagelijkse variatie in de totale onttrekking van AWW, over een periode van enkele weken in 2002.

Figuur 19 Overzicht van de dagelijkse variatie in de individuele onttrekkingen van AWW (Lier en Broechem), over een periode van enkele weken in 2002.

Figuur 20 Voortschrijdend weekgemiddelde van de totale onttrekking van AWW (= Broechem + Oelegem + Lier) voor de periode 2001 tot 2004.

Figuur 21 Maandelijkse totale onttrekking van AWW voor de periode 2001 tot 2004.

Figuur 22 Maandelijks gemiddelde van de gemiddelde temperatuur te Ukkel voor de periode 2001 tot 2004.

Figuur 23 Maandelijks gemiddelde van de maximum temperatuur te Ukkel voor de periode 2001 tot 2004.

Figuur 24 Verband tussen de maandgemiddelde onttrekking van AWW en de maximumtemperatuur voor 2001 tot 2004.

Figuur 25 Totale onttrekking AWW en het aandeel van de levering buiten de huishoudens van hun verzorgingsgebied.

Figuur 26 Verloop van het overloopdebiet van de Schansplas naar het Kanaal Bocholt-Herentals ter hoogte van het haventje van SIBELCO-Dessel.

Figuur 27 Simulatieresultaten van de gedetailleerde schutmodule. Effect van extra wachttijd en de mogelijkheid om neutraal te schutten.

Figuur 28 Effectiviteit van de geïnstalleerde pompcapaciteit

Figuur 29 Vermindering van het debiet door de voedingsriool (=tap) aan sluis 6 in het geval deze aan sluis 4 zou verminderd worden tot 3 en 2,5 m³/s.

Figuur 30 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Kanne) dagwaarden voor de voeding van het Albertkanaal.

Figuur 31 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Kanne.

Figuur 32 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluiscomplex te Genk.

Figuur 33 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluiscomplex te Ham.

Figuur 34 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluiscomplex te Olen.

Figuur 35 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Genk.

Figuur 36 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Ham.

Figuur 37 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Olen.

Figuur 38 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Smeermaas) dagwaarden voor de voeding van de Zuid-Willemsvaart.

Figuur 39 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Smeermaas.

Figuur 40 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Lozen) dagwaarden voor de voeding van het Nederlandse gedeelte van de Zuid-Willemsvaart.

Figuur 41 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Lozen.

Figuur 42 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Lommel) dagwaarden op het Kanaal Bocholt-Herentals.

Figuur 43 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Lommel.

Figuur 44 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Kanne + Smeermaas - Lozen) dagwaarden voor de totale Vlaamse watervraag.

Figuur 45 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van de Vlaamse watervraag.

1 DOEL VAN HET ONTWIKKELD MODELINSTRUMENTARIUM

Om op een overzichtelijke wijze met de verkregen inzichten van de interactie tussen waterketen en watersysteem te kunnen rekenen, werd een waterbalansmodel van het watersysteem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen (waterfluxen kanalenstelsel) en de daarop gesuperponeerde waterketen (waterfluxen van de verschillende sectoren) opgebouwd.

Aan de hand van het opgebouwde model kan zowel het kwantitatieve effect (hoeveelheid water bespaard aan de Maas), de veroorzaakte schade en de niet kwantificeerbare gevolgen van een bepaalde maatregel (een wijziging van de vraag/toegelaten captatie van bepaalde gebruikers/verbruikers) of maatregelpakket uit de laagwaterstrategie bepaald worden.

Het ontwikkelde instrumentarium zal worden ingezet om het effect van de volgorde van de verschillende mogelijke maatregelen in de laagwaterstrategieën te testen. Het model laat toe diverse laagwaterstrategieën door te rekenen met enkele hydrologische omstandigheden (droogteperiodes van 1976 & 2003). Verschillende strategieën kunnen vergeleken worden op hun effect, efficiëntie en maatschappelijke aanvaardbaarheid. Het model helpt zo bij het opstellen van verschillende Laagwaterstrategieën (LWS) bestaande uit diverse trapsgewijs inzetbare maatregelen.

2 OPBOUW VAN HET MODELINSTRUMENTARIUM

2.1 Het watersysteem

2.1.1 Mike Basin

Voor de opbouw van het model werd gebruik gemaakt van de Mike Basin software van DHI (DHI 2005), welke werd ontworpen om op schaal van een rivierbekken het gebruik van de beschikbare waterreserves te optimaliseren. In het programma kan gekozen worden tussen 2 hoofdmodi; de ”Local Priority” en de “Global Priority”. Met de “Local Priority” wordt de waterverdeling niet geregeld, maar geldt de wet “Wie eerst komt, eerst maalt”. Onder deze modus kan het maatschappelijke en/of economisch belang van een bepaalde onttrekking dus niet in rekening gebracht worden. Verschillende gebruikers die aan eenzelfde punt hun water onttrekken kunnen echter wel een specifieke prioriteit worden meegegeven. Met de “Global Priority” bestaat de mogelijkheid wel om een bepaald gebruik een prioriteit te geven, waardoor het mogelijk is dat er water beschikbaar blijft voor een bepaalde gebruiker, niettegenstaande deze zich helemaal stroomafwaarts zou bevinden van andere (minder prioritaire) onttrekkingen. De watervraag van een gebruiker met de hoogste prioriteit (bv. drinkwateronttrekkingen welke een groot maatschappelijke belang heeft) wordt daarbij als eerste ingewilligd en pas daarna wordt er nagegaan of de watervragen van de gebruikers met een lagere prioriteit nog kunnen beantwoord worden. Na een periode van proefopzetten in beide modi werd uiteindelijk gekozen voor de “Local Priority”, maar dan uitgebreid met visual basic modules die er voor zorgen dat er wel kan worden gerekend met een bepaalde prioritering (zie verder).

2.1.2 Een netwerk van knopen en lijnen

In de ArcView interface van Mike Basin werden de Maas en het kanalenstelsel van het Albertkanaal, de Kempische kanalen, hun voedingspunten en mondingen met een netwerk van knopen en lijnen zo getrouw mogelijk geschematiseerd. Op elke splitsing of monding van waterlopen en/of kanaalpanden wordt een knooppunt voorzien, alsook op de plaatsen waar onttrekkingen en lozingen plaatsvinden. In deze knooppunten worden de waterbalansberekeningen per tijdstap uitgewerkt (zie Figuur 1). Er werd geopteerd om de simulaties uit te voeren met de kleinst mogelijke tijdstap (1 dag in Mike Basin). Deze benadering heeft als belangrijkste beperking dat de effecten van een spreiding van captaties over de periode van 24 uur niet kunnen bestudeerd worden.

2.1.3 Kanaalpanden als reservoirs: operating rules en HVA-relaties

Het hart van het watersysteem bestaat uit de verschillende kanaalpanden van het stelsel. Aangezien Mike Basin geen kanaalpanden kent, werden ze in het model geschematiseerd als reservoirs. Elk uiteinde van een lijn waarmee een kanaalpand wordt voorgesteld werd voorzien van een reservoir. De reservoirs in Mike Basin moeten echter eerder geïnterpreteerd worden als stuwmeren of spaarbekkens waarin een bepaalde voorraad beschikbaar is. De functionaliteiten van een reservoir in Mike Basin zijn dan ook gericht op het efficïent beheren van de volledige hoeveelheid water in het reservoir. Voor kanaalpanden is het echter niet zo dat de volledige hoeveelheid water beschikbaar is voor het beantwoorden van de watervragen van de verschillende gebruikers. Het peil wordt zo constant mogelijk gehouden om geen diepgangbeperkingen te veroorzaken bij de scheepvaart. Bovendien is er slechts een beperkte waterpeildaling toegestaan vanwege instabiliteitsredenen van kaaimuren en dijken. Voor de “operating rules” van de reservoirs werd daarom uitgegaan van het principe dat het reservoir slechts een beperkte “operation” kent: de speling van het waterpeil wordt beperkt tot enkele cm boven en onder het theoretische streefpeil van het kanaalpand. In de praktijk varieert het peil van een kanaalpand wel gedurende een dag, maar er wordt altijd naar gewerkt om het streefpeil te behouden.

De dimensies van de kanaalpanden werden op basis van de typeprofielen op de kaart “Scheepvaartwegen België” (zonder bronvermelding) verwerkt in het Excel-bestand “HVA-relaties-v0.1.xls”. Van deze typeprofielen werd afgeweken indien meer recente informatie van verbredingen, versmallingen, kanaalkommen of jachthavens voorhanden was. Een eerst indicatie voor dergelijke afwijkingen werd verkregen door vergelijking van de typebreedte met deze van de gedigitaliseerde kanaalpanden van de digitale topografische kaarten, welke in het inventarisatieluik van deze studie (Baetens & Van Eerdenbrugh, 2005) werden opgemaakt. Deze werden opgebouwd door digitalisering van de panden op de “Topografische kaart, kleur, NGI, 1/10.000, 1991-2002 (OC GIS-Vlaanderen)” in Arc View. Indien deze nog niet beschikbaar waren werd gedigitaliseerd op basis van de “Rasterversie zwart-wit orthofoto’s, NGI, schaal 1/52.000, 1997-2000 (OC GIS-Vlaanderen)” en indien deze niet duidelijk waren (vb. bij N-Z georienteerde stukjes Kempense kanalen heb je gemakkelijk veel schaduw) werd gebruik gemaakt van de “Topografische kaart, 1/10.000, raster, zwart/wit, NGI 1978-1993 België (OC GIS-Vlaanderen)”.

Voor het profiel van het Kanaal Dessel-Kwaadmechelen werd gebruik gemaakt van het typeprofiel uit het ontwerpplan “K.D.208 (Ministerie van Openbare Werken, Bruggen en Wegen 1978)”.

Ook werd detailinformatie van de districthoofden bekomen indien uit de gedigitaliseerde kanaalpanden bleek dat de werkelijke breedte van een stuk kanaalpand afweek van de typebreedte. Dit was voornamelijk het geval voor de Zuid-Willemsvaart en het Kanaal Bocholt-Herentals.

Voor de oude kanaalarmen op de Zuid-Willemsvaart geldt een typeprofiel met een maximum diepte van 2 m terwijl de diepgang er beperkt wordt tot 1,4 m (een diepte van 1,7 m werd genomen voor het typeprofiel) en een typebreedte van ca. 22 m. De oevers zijn schuin aflopend, zonder onderwaterbermen en de breedte van de vaargeul bedraagt een goede 10 m (mondelinge mededeling Dhr. Fransen).

Op basis van deze typeprofielen werden de basis “hoogte-volume-oppervlakte (HVA) relaties” voor elk kanaalpand opgesteld.

Voor het inwerken van kommen en jachthavens in de HVA-relaties werd de oppervlakte afgeleid uit de gedigitaliseerde kanaalpanden en verondersteld als een rechte bak die tot op het bodempeil reikt. Deze vereenvoudigingen zijn terug te vinden in de shape file “maaskan-dig-kommen”. Indien meer gedetailleerde informatie van de districtshoofden (of via andere wegen) werd verkregen (bv. diepgang van jachthaven) werd deze verwerkt in de HVA-relaties. De plaatsen en namen van de kommen en jachthavens werden afgeleid uit de kaart “Scheepvaartwegen in het Vlaams Gewest, AWZ, 15 mei 2001”.

Voor andere afwijkingen van het typeprofiel, zoals versmallingen en verbredingen werd dezelfde werkwijze gehandhaafd. Verondersteld werd dat de versmallingen en verbredingen ingrijpen tot op het bodempeil van het kanaalpand. De oppervlaktes die voor deze afwijkingen van het typeprofiel in rekening gebracht werden, kunnen teruggevonden worden in de shape file “maaskan-dig-versm-verbr”.

De HVA-relatie voor het 1ste kanaalpand van het Albertkanaal (kp1ABK) is slechts zeer oppervlakkig afgeleid. Dit stuk strekt zich uit tot aan het voedingspunt van het Albertkanaal te Luik en staat in open verbinding met het gekanaliseerde stuk van de Maas tot aan de sluis van Ivoz-Ramet, zodat ook voor dit stuk een profiel nodig is. Deze informatie kon echter niet onmiddellijk bekomen worden bij de verantwoordelijke diensten van het Waalse Gewest. Het profiel werd daarom vereenvoudigd voorgesteld door een rechte bak die tot op 5 m onder het kanaalpeil reikt. Bij een verdere verfijning van het model zou dit moeten verbeterd worden.

2.1.4 De meteorologische en hydrologische randvoorwaarden

2.1.4.1 Dagwaarden van het KMI

Alle meteorologische gegevens werden bekomen van het KMI.

Voor de neerslag wordt gebruik gemaakt van de homogene tijdreeks van dagwaarden van de pluviometer te Geel. Alle dagwaarden voor de periode 1965-2003 werden in het model ingebracht als tijdreeks. De meetpost van Geel ligt centraal in het gebied en dient als voorlopige benadering van de gebiedsneerslag te worden geïnterpreteerd. Bij een verdere verfijning van het model zou gebruik kunnen gemaakt worden van een Thiessen-polygonen gebiedsneerslag die gebaseerd wordt op meerde-

re meetstations. De neerslag die op een bepaalde plaats wordt geregistreerd kan immers terdege afwijken van deze op andere plaatsen. De huidige opzet zal echter voor het doorrekenen van laagwaterstrategieën geen probleem vormen aangezien we enkel geïnteresseerd zijn in periodes van neerslagtekorten.

De neerslag die per tijdstap toekomt in de verschillende kanaalpanden werd enkel berekend op basis van het wateroppervlak van het kanaalpand. Het effect van afwatering van jaagpaden en andere verhardingen (industrieterreinen e.d.) wordt dus voorlopig verwaarloosd.

Voor de evaporatie wordt gebruik gemaakt van een heterogene tijdreeks van dagwaarden. Voor de periode 1967-1995 worden de cijfers van het station te “Mol” genomen, voor de periodes 1996-1997 en de periode 2001-2003 wordt gebruik gemaakt van het station te “Ukkel”, voor de periode 1998-2000 wordt gebruik gemaakt van het station te “Geel”. De reden voor deze heterogeniteit is de beschikbaarheid van de datareeksen voor de specifieke periodes.

2.1.4.2 Voortschrijdend weekgemiddelde afvoer te Monsin

Van de samengestelde tijdreeks van Monsin werd een voortschrijdend weekgemiddelde als input gebruikt voor de periode 1960-2003. In combinatie met de ingevoerde klimatologische data is het dus mogelijk om een simulatie uit te voeren waarbij het watersysteem een periode tussen 1967 tot 2003 reflecteert, terwijl de waterketen (behalve de watervraag van de landbouw) gefixeerd blijft op de situatie 2002 (zie verder).

2.1.5 Mike Basin Engine, andere VBA modules en MS Excel

Aangezien het kanalenstelsel een volledig door mensenhanden gestuurd systeem is gebaseerd op de waterbalans in de kanaalpanden en er in Mike Basin geen kanaalpanden beschikbaar zijn, werd gebruik gemaakt van de “Visual Basic Mike Basin Engine”. Door deze “Engine” bestaat de mogelijkheid om in de “Visual Basic Editor” van MS Excel het model aan te vullen met eender welke andere benodigde berekening. De “Engine” is voorzien van methoden en eigenschappen waarmee de in het model ingevoerde tijdreeksen kunnen worden opgevraagd, gewijzigd en weggeschreven.

Van deze mogelijkheid werd dan ook gebruik gemaakt om de watervraag van de verschillende watergebruikers, de waarde van verdamping en neerslaginput van elk kanaalpand en de afvoer van de Maas te Luik per tijdstap (1 dag) te kunnen opvragen. Op deze manier kan per kanaalpand en per tijdstap (1 dag) worden berekend hoeveel water nodig is om de waterbalans sluitend te maken.

De simulaties worden nu gestuurd vanuit de Visual Basic module “Mod_maaskanv06_LWS.bas” in de VB Editor van het Excel-werkboek ‘@mb-maaskan-v4-keten2002.xls” zonder dat Mike Basin zelf actief moet zijn. Om een simulatie te kunnen uitvoeren moet wel eerst een “proefsimulatie” gedraaid zijn via de standaard Mike Basin interface omdat de “Mike Basin Engine” gebruik maakt van de gegenereerde “result-files”.

2.1.6 De waterbalans van een kanaalpand

Het beheer van het kanalenstelsel kan beschreven worden door de aaneenschakeling van de waterbalansen van elk kanaalpand. Daarbij vormen de opwaartse en afwaartse sluizen de voornaamste sturende structuren. De waterlevering aan een kanaalpand gebeurt in principe steeds via de verschuttingen van de opwaartse sluizen. Indien door deze levering onvoldoende water wordt geleverd om aan alle waterbehoeften te voldoen, wordt een extra debiet aan de opwaartse kanaalpanden gevraagd. Dit extra debiet wordt dan via de “tapsystemen” (voedingsriolen) vanuit de opwaartse sluiscomplexen naar het vragende pand doorgevoerd. Op deze wijze wordt zo goed mogelijk getracht het waterpeil van elk kanaalpand op het streefpeil te houden. Indien het waterpeil te hard stijgt, wordt het water naar afwaarts doorgevoerd. Indien er een watertekort is in een kanaalpand van het model wordt er opwaarts meer water gevraagd.

De berekening van de watervraag aan de Maas gebeurt in het waterbalansmodel door aan het begin van elke tijdstap te vertrekken van de berekening van de waterbehoefte van de eerste kanaalpanden die rechtstreeks gevoed worden vanuit de Maas (Albertkanaal te Luik en Zuid-Willemsvaart te Maastricht). Daarbij wordt eerst nagegaan in hoeverre deze watervraag vervuld wordt vanuit de wateraanvoer door de verschuttingen van schepen. Indien deze aanvoer niet volstaat wordt de extra benodigde

hoeveelheid “gevraagd” via het “tapsysteem” van de sluis. Vervolgens wordt voor elk kanaalpand de waterbalans als volgt berekend:

$$R = Q_{opwsch} + Q_{opwtap} + (P-E0)*A_{kp} - Q_{inf} + Q_{lozing} + Q_{toestr} - Q_{afwsch} - Q_{afwtap} - Q_{onttr}$$

P = neerslag

E0 = open water verdamping

A_{kp} = wateroppervlak kanaalpand

Q_{inf} = debiet te wijten aan infiltratieverlies

Q_{lozing} = debiet van een lozing

Q_{onttr} = debiet van een onttrekking

Q_{toestr} = debiet van eventueel toekomende kanalen

Q_{opwsch} = debiet dat in het kanaalpand toekomt via scheepvaart stroomopwaartse sluiscomplex

Q_{opwtap} = debiet dat in het kanaalpand toekomt via “tapping” stroomopwaartse sluiscomplex

Q_{afwsch} = debiet dat uit het kanaalpand wordt onttrokken via scheepvaart stroomafwaartse sluiscomplex

Q_{afwtap} = debiet dat uit het kanaalpand wordt onttrokken via “tapping” stroomafwaartse sluiscomplex

R= restterm

Op het einde van elke doorrekening van de waterbalans van een kanaalpand wordt de restterm van een kanaalpand geïnterpreteerd. Wanneer deze restterm (R) positief is (er is een overschot op het kanaalpand), wordt deze hoeveelheid via de “tapsystemen” van het afwaartse sluiscomplex naar het afwaartse pand doorgevoerd. Wanneer de restterm negatief is (er is een tekort op het kanaalpand), wordt deze hoeveelheid aan het “tapsysteem” van het opwaartse pand aangevraagd. Deze vraag wordt via de “tapsystemen” van elk stroomopwaarts gelegen kanaalpand doorgetrokken zodat de extra benodigde hoeveelheid water uiteindelijk aan de Maas kan worden onttrokken.

Het grootste verschil met de werkelijkheid schuilt in de tijdstap en de iets grotere variatie die in werkelijkheid op het waterpeil wordt toegelaten. Het model kijkt op dagbasis naar de waterbalans, terwijl dit in werkelijkheid op constante basis gebeurt. Hierdoor kan het modelresultaat sterk afwijken van de werkelijkheid. Ter illustratie kan men zich de situatie voorstellen dat via de stroomopwaartse sluis van een kanaalpand gedurende de eerste paar uur van de dag veel meer verschuttingen plaatsvinden dan via de stroomafwaartse sluis. Indien de daaropvolgende uren een evenwicht onstaat zodat er uiteindelijk in beide richtingen evenveel verschut wordt, geeft dit op dagbasis een relatief neutrale waterbalans. In werkelijkheid kan het echter zijn dat een deel van dit water gedurende die eerste paar uur via het “tapsysteem” van de stroomafwaartse sluis wordt doorgevoerd om het kanaalpeil niet te hard boven het streefpeil te laten uitkomen.

2.2 De waterketen: watergebruikers en hun watervraag

Om het gedrag van de waterketen te kunnen simuleren is het noodzakelijk de waterbehoefte en de daaruit resulterende watervraag aan het watersysteem van de verschillende watergebruikers te kennen. De watervragen van de verschillende actoren werden in Mike Basin ingevoerd als tijdreeksen. Daarbij werden enkel de watervragen met een debiet = 250 m³/dag (= 0.00289 m³/s) in het model opgenomen.

2.2.1 Type watervragen

Een watervraag wordt hier beschouwd als een hoeveelheid water die een gebruiker vraagt aan het watersysteem. In de meeste gevallen komt dit overeen met de totale waterbehoefte van een gebruiker, maar in het geval van de irrigatiewatervangen is dit niet noodzakelijk het geval. Daar is het immers zo dat er sprake is van een plafond aan de vraag door de beperkte capaciteit van de watervang. Onder extreem droge klimaatsomstandigheden kan de werkelijke watervraag daar dus uitstijgen boven de capaciteit van de watervang.

Om het effect van een bepaalde laagwaterstrategie op de totale Vlaamse watervraag aan de Maas te kunnen begroten moeten we eerst inzicht zien te krijgen in het gedrag van de verschillende individuele

watervragen. We kunnen een drietal verschillende types watervragen onderscheiden: seizoens- en klimaatsonafhankelijke, seizoensafhankelijke en seizoens- en klimaatsafhankelijke watervragen.

2.2.1.1 Seizoens- en klimaatonafhankelijke watervragen

Slechts enkele watervragen (industrie, goederentransport) zijn onafhankelijk van het seizoen en de klimatologische omstandigheden (droog jaar t.o.v. nat jaar).

De watervraag van de meeste industriële onttrekkingen die worden ingeschakeld in het productieproces kennen geen seizoensafhankelijke variaties. De tijdreeksen van 2002 kunnen dus als representatief beschouwd worden voor deze watervragen in verschillende watertekortperiodes (1976, 2003).

De watervraag door de schuttingen van het goederentransport is voornamelijk geconcentreerd op het Albertkanaal. Ook deze watervraag kent geen echte seizoensafhankelijke variaties. Wel valt deze watervraag op zon- en feestdagen tot 0 terug doordat er dan geen sluisbediening is.

2.2.1.2 Seizoensafhankelijke watervragen

Verscheidene watervragen nemen toe tijdens de lente- en zomerperiode en dalen weer tijdens herfst en winter. De hiermee gepaard gaande variatie, wordt verondersteld groter te zijn dan de eventuele extra variatie die veroorzaakt wordt door het voorkomen van een eventuele droogteperiode. We kunnen dus veronderstellen dat zij enkel een seizoensafhankelijke variatie kennen. De tijdreeksen van 2002 kunnen dus als representatief worden verondersteld voor het gedrag van deze watervragen in verschillende watertekortperiodes (1976, 2003).

Zo neemt de watervraag van de pleziervaart op het kanalenstelsel toe tijdens lente en zomer om daarna in het najaar terug te dalen.

Een andere vorm van seizoensafhankelijke watervragen zijn deze die variëren met de watertemperatuur, zoals het gebruik van koelwater door industrie en elektriciteitscentrales.

2.2.1.3 Seizoens- en klimaatsafhankelijke watervragen

De resterende groep van watervragen varieert met het seizoen en neemt toe tijdens een voortschrijdende droogteperiode.

Zo is van het drinkwatergebruik geweten dat ze tijdens droogteperiodes toeneemt met een voortschrijdende droogte (vnl. door het sproeien van tuinen en vullen van zwembaden).

Ook de waterbehoefte van de landbouw kent een seizoenale variatie en vergroot eveneens tijdens een voortschrijdende droogteperiode.

2.2.2 Inventarisatie van de watervragen

Om tot een duidelijk overzicht te komen van de verschillende watervragen en hun exacte locatie werd in de periode februari-maart 2004 met een hand-GPS, onder begeleiding van de verantwoordelijke dijkwachters, alle gekende captatie- en lozingspunten ingemeten. Bij elke geregistreerde waterflux werden de belangrijkste kenmerken genoteerd zoals het gebruik (koelwater, proceswater, irrigatie …), en de periodiciteit (sporadisch, enkel in de zomer, enkel bij hevige neerslag, …). Vervolgens werden de verzamelde gegevens ingebracht in een GIS-systeem (ArcView 3.2) en gecontroleerd m.b.v. een aantal digitale kaartlagen (topografische kaarten, landbouwgebruik, industrieterreinen (GOM), …) (Baetens & Van Eerdenbrugh, 2005). Op basis van de in 2000, 2001 en 2002 (jaarlijkse rapportage van voormalige Dienst voor de Scheepvaart) officieel geregistreerde watercaptaties werd inzicht bekomen in de grootte van de belangrijkste waterontrekkingen. Door het bundelen van deze gegevens in een (Access) databank werd een lijst opgebouwd die als basis kon dienen voor de actorenbevraging. De lijst werd samen met de beheerder overlopen en de belangrijkste (lees: grootste) waterfluxen werden geselecteerd voor enquêtering en/of interview (waterfluxen met een debiet = 250 m³/dag werden geweerd). Met de enquêtering, uitgevoerd door Resource Analysis (IMDC en RA, 2006), werden gegevens verzameld over het gebruik, de grootte en eventuele variatie van de individuele watervragen. Daarbij werd gepolst naar het gebruik in het jaar 2002. Dit jaar werd gekozen omdat het hier, in tegenstelling tot het jaar 2003, gaat om een jaar zonder echte laagwaterperiode en dus ook zonder mitigerende maatregelen (zoals bv. gegroepeerd schutten). Hierdoor kunnen we de geregistreerde gebruiken als representatief beschouwen voor de meeste watervragen.

In Tabel 1 tot Tabel 10 wordt aangegeven hoe groot de jaargemiddelde watervraag is van de, in het model opgenomen gebruikers per sector, alsook met welke detailleringsgraad en aannames ze in het model werden geïntegreerd.

2.2.3 Industrie en handel

Voor de grootte van de industriële onttrekkingen en lozingen werd gebruik gemaakt van de gegevens die werden aangeleverd tijdens de enquêtering of uit de vergunningsdossiers van NV De Scheepvaart. Het gaat hier om 2 types watergebruik: enerzijds wordt het water rechtstreeks ingeschakeld in het productieproces en anderzijds wordt het gebruikt voor koeling van productieprocessen of opslagruimtes.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de in het model opgenomen watervragen. Op jaargemiddelde basis komt de netto watervraag van de industrie neer op een 0,75 m³/s. In dit cijfer zitten eveneens alle onttrekkingen en teruglozingen van koelwater opgenomen en de waarde geeft dus een vertekend beeld van de werkelijke watervraag van deze sector. We kunnen immers stellen dat voor een onverstoorde bedrijfsvoering de teruggeloosde hoeveelheid koelwater dient te worden afgevoerd opdat de temperatuur van het innamewater niet te hoog zou worden. Wanneer we enkel rekening houden met de gevraagde hoeveelheid water (zonder teruglozingen) dan bedraagt de gemiddelde watervraag vanuit de sector industrie 1,9 m³/s.

2.2.4 Scheepvaart: schuttingen

Door N.V. De Scheepvaart werden de scheepvaartbewegingen (per dag) voor verschillende maatgevende sluizen ter beschikking gesteld. Aan de hand van de tijdreeksen van de scheepvaartbewegingen (aantal geledigde schutkolken/dag), de karakteristieken van de sluizen, en de opwaartse en afwaartse streefpeilen kon voor elk knooppuntsluis een tijdreeks van debieten gegenereerd worden welke overeenstemt met de watervraag van de scheepvaart(bewegingen).

Voor bepaalde, kort op elkaar gelegen, sluizen (Genk, Hasselt en Diepenbeek; Lanaken en Neerharen; Bocholt en Lozen, Lommel sluis 1 en Mol sluis 2, …) werd verondersteld dat het doorgaand scheepvaartverkeer voor deze sluizen gelijk is: een schip dat 1 van de sluizen passeert moet in principe ook de volgende sluis passeren. De scheepvaartbewegingen van de beschikbare (knooppunt) sluis werd dan ook opnieuw gebruikt om een tijdreeks te genereren voor de andere sluizen.

Voor de sluizen 5 tot 9 op het kanaal Bocholt-Herentals werd anders te werk gegaan omdat de scheepvaartintensiteit tussen sluis 4 en sluis 10 sterk van elkaar verschillen. Voor de sluizen 9 tot en met 6 werd de scheepvaartintensiteit gebruikt van sluis 10, welke veel hoger ligt dan deze van sluis 4. Deze benadering is gerechtvaardigd vanwege het feit dat een groot deel van het scheepvaartverkeer het afwaarts van sluis 5 gelegen pand als vertrekplaats (SIBELCO: transport eindproduct) of bestemming (Electrabel: aanvoer steenkool) heeft. Voor sluis 5 werd dezelfde scheepvaartbeweging als bij sluis 4 aangenomen. Deze aanname brengt echter geen al te grote onzekerheid met zich mee aangezien sluis 10 in dit geval de maatgevende sluis is (hogere scheepvaartintensiteit en groter verval). Het water, benodigd voor deze schuttingen, moet hoe dan ook van opwaarts komen en dus via sluis 4. Het totale debiet dat de sluizen 5 tot 9 moet passeren zal dus niet veranderen: daarom is er enkel een afwijking van de realiteit mogelijk in de verdeling tussen schutdebiet en tapdebiet.

Voor sluizen 7, 8 en 9 op het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten waren geen schutgegevens beschikbaar en werden de scheepvaartbewegingen van sluis 10 genomen. Voor sluis 3 werd dezelfde scheepvaartintensiteit als aan sluis 2 aangehouden en voor sluizen 5 en 6 werd deze van sluis 4 aangenomen. Aan deze veronderstelling hangt een iets grotere onzekerheid dan aan de aannames voor het Kanaal Bocholt-Herentals. Op het ogenblik dat de scheepvaartintensiteit aan sluis 1 groter is dan deze ter hoogte van sluis 10, zou het aan sluis 1 doorgevoerde schutdebiet efficiënt opgebruikt kunnen worden door afwaarts gelegen watervragen zonder watertekort te veroorzaken voor de verschuttingen aan sluis 10. Dit is niet het geval voor de situatie van de sluizen 4 tot 10 op het kanaal Bocholt-Herentals. Deze onzekerheid wordt echter deels gecompenseerd doordat het verval aan sluis1 kleiner is dan aan sluis 10 waardoor het waterverbruik kleiner is.

Door het RIS (Evergem) werden de gedetailleerde scheepvaartbewegingen t.h.v. de sluis van Viersel (Netekanaal) aangeleverd. Deze werden met behulp van een eenvoudige schutmodule “BerekenAantalSchutKolken.bas” omgezet naar aantal schutkolken per dag. In deze VBA-macro wordt van volgen-

de redenering uitgegaan: Als de kolk leeg is en het schip moet stroomopwaarts wordt het aantal gebruikte schutkolken met 1 vermeerder en blijft de kolk vol achter. Als de kolk leeg is en het schip moet stroomafwaarts wordt het aantal gebruikte schutkolken vermeerderd met 1 en blijft de kolk leeg achter. Als de kolk vol is en het schip moet stroomopwaarts wordt het aantal gebruikte schutkolken vermeerderd met 1 en blijft de kolk vol achter. Als de kolk vol is en het schip moet stroomafwaarts blijft aantal gebruikte schutkolken gelijk en blijft de kolk leeg achter. Er wordt dus van uitgegaan dat een kolk wordt gebruikt vanaf het ogenblik dat een vulling van het sas nodig is vanuit het opwaartse kanaalpand. Of deze kolk nu reeds geledigd wordt of pas bij een volgende schutting is niet van belang; het volume water is reeds onttrokken uit het opwaartse pand.

In Tabel 2 wordt de gemiddelde watervraag veroorzaakt door het schutten van schepen weergegeven voor de verschillende sluizen (complexen). De netto gemiddelde watervraag die vanuit de scheepvaart aan de Maas wordt gesteld is de som van de schutdebieten van de maatgevende sluizen op de verschillende takken van het kanalenstelsel en bedraagt 13, 9 m³/s. Dit getal dient echter slechts als richtinggevend te worden beschouwd aangezien het een licht vertekend beeld geeft doordat een schutdebiet van een bepaalde sluis (bv. sluis 10 te Herentals) ten goede kan komen aan een stroomafwaarts gelegen pand, waardoor de watervraag van het afwaartse sluiscomplex reeds gedeeltelijk is ingewilligd. Het is echter niet zo evident om de watervraag vanuit de scheepvaart eenduidig te kwantificeren. In principe zou een doorrekening met het waterbalansmodel waarin enkel de scheepvaartbewegingen in verwerkt zitten het watergebruik van deze sector in kaart kunnen brengen.

2.2.4.1 Goederentransport

De watervraag door de schuttingen van het goederentransport is voornamelijk geconcentreerd op het Albertkanaal. Deze watervraag kent geen echte seizoensafhankelijke variaties. Wel is de watervraag duidelijk kleiner op zon- en feestdagen (zie Figuur 2) doordat er slechts sluisbediening is vanaf 22:00u ‘s nachts. In Figuur 3 wordt de maandgemiddelde watervraag van 4 sluizen op het Albertkanaal weergegeven voor de periode 2000-2003. Hierbij werden de zon- en feestdagen uit de analyse geweerd waardoor het effect van ongelijke verdeling van zon- en feestdagen over de verschillende maanden wordt vermeden. Op de grafiek valt duidelijk te zien dat in de maanden juli en augustus de watervraag iets kleiner is dan in de rest van het jaar (± 1 m³/s), wat verklaard kan worden door de vakantieperiode. Bastings (2005) kwam tot een gelijkaardige conclusie voor de maandgemiddelde watervraag van de sluis Bunde op het Julianakanaal (vermindering met ± 2 m³/s). In Figuur 4 wordt de variatie in de watervraag van 4 sluizen op het Albertkanaal weergegeven als een maandelijks voortschrijdend gemiddelde voor dezelfde periode. Zon- en feestdagen werden hier wel mee in de analyse opgenomen, waardoor we een beeld krijgen van de variatie van de werkelijke watervraag. In de grafiek zien we hetzelfde patroon terugkomen als in Figuur 3, met uitzondering van een lichte daling in de periode mei en november wat veroorzaakt wordt door het groter aantal verlofdagen in deze periodes t.o.v. de andere periodes. Wanneer we dezelfde gegevens als een voortschrijdend weekgemiddelde bekijken zien we opnieuw dezelfde periodes terugkomen, maar met een hogere resolutie. De periodes van een verminderde watervraag (1,5 tot 3 m³/s) concentreren zich rond begin mei, half juli, half augustus en begin november (zie Figuur 5).

2.2.4.2 Pleziervaart

De watervraag van de pleziervaart op het kanalenstelsel neemt toe tijdens lente en zomer om daarna in het najaar terug te dalen. De digitaal verkrijgbare tijdreeksen van NV De Scheepvaart waren tot voor kort niet gedetailleerd genoeg om het exacte aandeel van de pleziervaart in de totale watervraag (uitgedrukt in m³/s) te analyseren. Er waren immers enkel digitale gegevens beschikbaar op dagbasis van het aantal verschutte (plezier- en goederen)schepen. Het aantal geledigde kolken gaf dan aan hoeveel water er van het opwaartse naar afwaartse pand werd verplaatst, maar de exacte grootte van het aandeel van de pleziervaart kan er niet worden uitgehaald. Wel waren er gegevens beschikbaar van het dagelijkse aantal verschutte plezierschepen en goederenschepen. In Figuur 6 en Figuur 7 wordt voor enkele sluizen op het Albertkanaal en de Kempische kanalen weergegeven hoe het wekelijks voortschrijdend gemiddeld aantal verschutte plezierschepen per week varieert met de seizoenen. Bij het vergelijken van beide figuren valt onmiddellijk op dat de intensiteit van de pleziervaart op de Kempische kanalen 1,5 tot 3 maal groter ligt dan op het Albertkanaal, met uitzondering van de sluis te Lanaken en deze op het Kanaal Dessel-Turnhout-Schoten.

Uit Figuur 6 blijkt dat de recreatievaart op het Albertkanaal een eerste piekperiode kent in het begin van juni, om vervolgens even terug te dalen en opnieuw toe te nemen vanaf begin juli tot er een piek

wordt bereikt in het begin van augustus. In Figuur 8 tot Figuur 17 wordt het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet uitgezet tegenover het weekgemiddelde aantal plezier- en goederenschepen. Met deze grafieken kan een inzicht verkregen worden in het effect van de toename van de watervraag tengevolge van de recreatievaart aan een bepaalde sluis. In Figuur 8 wordt dit weergegeven voor de sluis te Wijnegem. Niettegenstaande het feit dat deze sluis het grootste aantal plezierschepen (voor het Albertkanaal) te verwerken krijgt, zien we dat de periodes van toename kennelijk geen onmiddellijk effect hebben op het aantal schuttingen en het schutdebiet. Dit kan verklaard worden door het relatief klein aandeel van de pleziervaart op het Albertkanaal en het feit dat plezierschepen er gemakkelijk gegroepeerd geschut kunnen worden met de overige schepen.

Voor de Kempische kanalen ligt dit anders. Zo blijkt uit Figuur 9 dat het schutdebiet te Lanaken wel toeneemt in de periode waar het goederentransport afneemt. Dit kan verklaard worden door het relatief kleine aandeel van het goederentransport door deze sluis en het relatief grote verval over deze sluis (8,5 m) waardoor een extra verschutting onmiddellijk een stijging van het schutdebiet teweegbrengt. De maximale toename van het schutdebiet door de recreatievaart kan hier geschat worden op 0,23 m³/s. Het schutdebiet van sluis 1 te Lommel en sluis (2 en) 3 te Mol wordt dan weer voornamelijk bepaald door het goederentransport (zie Figuur 11 en Figuur 12). De vermindering van het goederentransport in de vakantieperiode heeft duidelijk een doorslaggevender effect dan de toename van de recreatievaart. De maximale toename van het schutdebiet door de recreatievaart kan geschat worden op 0,20 m³/s. Het schutdebiet van sluis 4 te Dessel wordt dan weer zo goed als volledig bepaald door de pleziervaart om de heel eenvoudige reden dat er quasi geen goederentransport deze sluis passeert (zie Figuur 13). De maximale toename van het schutdebiet door de recreatievaart kan geschat worden op 0,07 m³/s.

Ter samenvatting wordt in Tabel 11 een overzicht gegeven van de schattingen van de maximale toename van het schutdebiet (d.i. op het piekmoment van de pleziervaart) voor verschillende maatgevende sluizen op de Kempische kanalen. Deze toename kan verwacht worden in de periode van eind juli tot eind augustus.

De seizoenale toename veroorzaakt door de pleziervaart zit eveneens vervat in de gebruikte tijdreeksen van 2002 en wordt dus meegenomen voor de watervragen van verschillende watertekortperiodes (1976, 2003).

2.2.5 Drinkwater en watervoorziening

De ontrekkingen aan het kanalenstelsel ten behoeve van de drinkwatervoorziening gebeurt door 2 bedrijven; AWW en PIDPA. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde watervraag van deze sector in 2002. In totaal wordt er door deze sector gemiddeld 4,5 m³/s aan het kanalenstelsel onttrokken.

De onttrekking van AWW kent fluctuaties in de tijd: met name op zaterdag- en zondagen is de totale onttrekking groter doordat de pompen van het spaarbekken te Broechem dan op nachttarief kunnen draaien (zie Figuur 18 en Figuur 19). We zouden kunnen verwachten dat de onttrekking van AWW eveneens een seizoenale en klimaatsafhankelijke variatie kent. Dit blijkt echter niet het geval. In Figuur 20 wordt het voortschrijdend weekgemiddelde weergegeven voor de onttrekking van AWW (= Broechem + Oelegem + Lier) voor de periode 2001 tot 2004. De onttrekking kent variaties, maar een seizoenale of klimatologische afhankelijkheid is niet meteen duidelijk. Ook in Figuur 21, waar de maandelijkse onttrekking voor dezelfde periode wordt weergegeven geeft geen aanwijzing voor dergelijk verband. In 2001 lag de maandelijkse onttrekking in de zomerperiode hoger dan in 2003 terwijl zowel de gemiddelde maandtemperatuur als de gemiddelde maximumtemperatuur hoger lag in 2003 (zie Figuur 22 en Figuur 23). Wanneer we de maandgemiddelde onttrekking uitzetten t.o.v. de maandgemiddelde maximum temperatuur voor alle gegevens van 2001 en 2004 zien we slechts een zeer zwak verband tussen beide (zie Figuur 24). Bij verdere analyses voor de maanden mei tot en met september, maanden met een maandgemiddelde temperatuur groter dan 15°c of maandgemiddelde maximumtemperaturen groter dan 20 °C werd hetzelfde resultaat verkregen.

De afwezigheid van dergelijke seizoens- en klimaatsafhankelijkheid kan verklaard worden door verschillende feiten:

- Slechts 1/3de van de onttrokken hoeveelheid wordt geleverd aan huishoudens, welke de voornaamste oorzaak zijn van seizoenale variatie. De overige 2/3de gaat naar de grootindustrie in

de Antwerpse haven en andere drinkwatermaatschappijen (zie Figuur 25). Het merendeel van deze gebruikers kent geen seizoenale variatie. Enkel de levering van AWW aan PIDPA kent seizoenale fluctuaties, doordat met deze drinkmaatschappij een onderlinge uitwisseling bestaat aan de grenzen van beide verzorgingsgebieden. De levering aan andere drinkwatermaatschappijen, zoals TMVW en VMW kent deze fluctuaties niet.

- De huishoudens in het verzorgingsgebied van AWW bevinden zich voornamelijk in verstedelijkt gebied waardoor seizoensfluctuaties, veroorzaakt door het sproeien van tuinen en vullen van zwembaden, zich niet zo sterk laten voelen.
- De reservecapaciteit van de spaarbekkens werkt bufferend op piekverbruiken.

De gegevens van AWW voor 2002 mogen dus als representatief beschouwd worden voor de watervragen van verschillende watertekortperiodes (1976, 2003).

Voor de onttrekkingen van PIDPA werd wel een seizoenale variatie opgegeven. Aangezien er enkel jaargegevens ter beschikking werden gesteld, kon deze variatie niet bestudeerd worden. Er werd uitgegaan van de opgegeven variatie uit de enquêtes: voor de onttrekkingen Olmen-Nete, Olmen-kanaal en Arendonk bedraagt deze in de winter 25% van de onttrekking in de zomer. Wellicht bestaat er nog een extra (klimatologische) variatie, maar daarvoor zijn de gegevens ontoereikend. Op aangeven van Dhr. Karel De Mey van PIPDA werd de watervraag opgevoerd tot deze van 2003 om het effect van een hittegolf op de watervraag toch enigszins te kunnen meenemen.

2.2.6 Elektriciteit

In Tabel 4 wordt de gemiddelde watervraag van de sector elektriciteit weergegeven. Wanneer we dezelfde redenering volgen als voor het koelwatergebruik van de sector industrie is er gemiddeld 7,7 m³/s nodig om aan de watervraag van de sector te voldoen. Het netto verbruik komt neer op 2,0 m³/s. Het hoge netto verbruik is te wijten aan de lozing van de centrale te Mol in een afwaarts gelegen kanaalpand.

Het koelwatergebruik van elektriciteitscentrales is evenredig met het elektriciteitsverbruik. Het grootste deel van de variatie wordt veroorzaakt door de voortdurende afstemming met de beschikbaarheid op het elektriciteitsnet. Bovendien varieert het verbruik van kanaalwater ook nog eens door het meer of minder in gesloten koelkring te werken. In de elektriciteitscentrale te Mol komt daar ook nog de regeling van het waterpeil van het kanaalpand bij door het al dan niet meer restitueren van het koelwater. Naast deze variatie bestaat er een seizoenale variatie in de waterbehoefte door de variatie in watertemperatuur. Op basis van de verkregen cijfers en informatie van Electrabel Mol en binnen het opgegeven tijdsbestek was het niet mogelijk deze seizoenale en klimaatsafhankelijke variatie in de watervraag (te wijten aan de innametemperatuur van het koelwater) te analyseren. Het systeem is te complex om eenvoudige analyses te gebruiken. Een gedetailleerd model waarmee op uurbasis (uit de gedetailleerde tijdreeks van Electrabel Mol blijkt dat het onttrokken debiet op uurbasis varieert van 0,38 tot 5,69 m³/s) het waterpeil in het kanaalpand, de inname- en lozingstemperatuur en de geproduceerde hoeveelheid energie per stroomgroep zou kunnen doorgerekend worden, zou hier een oplossing kunnen bieden.

Aangezien er in MikeBasin niet kan gewerkt worden met een teruglozing die opwaarts is gelegen van de onttrekking, werd voor de centrale te Mol slechts 1 captatiepunt in het model ingevoerd. De onttrekking in dit punt bestaat daarbij uit de onttrokken hoeveelheid water, verminderd met de teruglozing en de verdamping. Deze hoeveelheid wordt via de zogenaamde “Congostroom” (vanwege de verhoogde watertemperatuur) naar het afwaartse pand afgevoerd. Wanneer de captatie beperkt wordt, zal eerst het doorvoerdebiet van het kanaalpand beperkt (zie verder) worden tot op een niveau waar de werking van de centrale slechts minimaal gehinderd wordt. Een bijkomende mindering wordt dan doorgevoerd op de werkelijke captatie en zal wel gevolgen hebben voor de bedrijfsvoering.

De werking van de centrale te Genk-Langerlo is eenvoudiger doordat steeds onttrokken en teruggeloosd wordt in hetzelfde pand. De centrale werd dan ook op deze wijze in het model geïmplementeerd.

2.2.7 Ontginningen

De sector ontginningen onttrekt water aan het kanalenstelsel voor de veredeling van het ontgonnen zand. Deze onttrekkingen kennen geen seizoenale fluctuaties. Daarbuiten wordt er water onttrokken aan de winningsputten voor het transport (via pijpleidingen) van het ontgonnen zand. Na zuivering van het zand wordt deze hoeveelheid water geloosd in een nabij gelegen plas. In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde watervraag van de sector in 2002, welke neerkomt op een teruglozing van 0,45 m³/s.

Voor de vestiging van SIBELCO te Lommel wordt er voor de veredeling van het zand op hetzelfde punt onttrokken als er wordt teruggeloosd wat resulteert in een netto watervraag van 0,07 m³/s.

Voor de vestiging te Dessel ligt de situatie anders. Voor de zuivering van het zand wordt water onttrokken uit het Kanaal Dessel-Kwaadmechelen. Het restwater afkomstig van het zandtransport en het fabriekswater wordt geloosd in de voormalige zandwinningsput “Schansvijver”. Deze plas fungeert tevens als opvang voor de regionale grondwaterstroming en is van een overloop voorzien naar het kanaalpand tussen sluis 5 en 6 op het kanaal Bocholt-Herentals. In 2004 bedroeg de procentuele bijdrage van het transportwater aan de Schansvijver 21,9 %, het fabriekswater 11,4 % en de toestroming via het grondwater 66,7 %. In 2002 bedroeg deze lozing 0,56 m³/s. Er kan verwacht worden dat tijdens periodes van watertekorten het waterpeil van deze plas lager staat dan onder normale omstandigheden waardoor het overloopdebiet in dergelijke periode zal verminderen. Sinds juni 2005 wordt het overloopdebiet van deze plas op uurlijkse basis geregistreerd (zie Figuur 26). Deze tijdreeks is echter te kort om dergelijke variaties te achterhalen. Wel is bekend dat het overloopdebiet van de “Schansvijver” in de loop van de tijd langzaam zal verminderen doordat de plas”Pinken” de functie zal overnemen van het “afvangen” van het regionale grondwater. De plas “Pinken” heeft echter geen overloop naar het kanaal, maar naar de Voorste en Achterste Neet (mondelinge mededeling Johan Patyn, VITO).

2.2.8 Irrigatiewatervangen

De watervraag van een irrigatiewatervang kan in de meeste gevallen niet eenduidig aan een bepaalde sector worden toegekend. In de meeste gevallen wordt het water immers door (achter elkaar gelegen) watergebruikers van verschillende sectoren gebruikt.

Om de grootte van de waterleveringscapaciteit van de verschillende watervangen te kennen werden debietsmetingen uitgevoerd gespreid over de periode juni-oktober 2005. De metingen werden uitgevoerd, gebruik makend van 2 toestellen: de Ott C2000 Nautilus en de Q-liner (Qmetrix). Daarbij werd telkens getracht elke courant gehanteerde schuifstand te bemeten. Tegelijkertijd werd bij de beheerders (dijkwachters of andere) informatie ingewonnen over de normale regeling van de watervang in de loop van een jaar. In principe zouden deze debieten moeten omgezet worden naar debieten die variëren in functie van de waterstand in het kanaalpand en de ingestelde schuifhoogte. Hiervoor ontbreken echter noodzakelijke gegevens, zoals de schuifhoogte tijdens de opname, het afwaartse peil e.d. Bij een verdere verfijning van het model is het aangewezen de ontbrekende gegevens te verzamelen en een relatie voor elke watervang op te stellen in functie van schuifhoogte en waterstand. Wanneer vervolgens tijdreeksen worden bijgehouden van de schuifstanden zouden deze kunnen omgezet worden in gecapteerde volumes en kan zo de regeling van de watervang (=watervraag) in functie van de hydrologische omstandigheden worden onderzocht.

De watervraag van de landbouwsector in een extreem droge periode kan uitstijgen boven de capaciteit van de watervang. Daarom werd de onder normale omstandigheden gebruikte regeling in het model ingebracht. Voor de berekening van de watervraag door de landbouw werden de resultaten van het landbouwmodel van de BDB (Elsen et al., 2005) gebruikt die in het kader van deelopdracht 3 werden berekend. De waterbehoefte voor een gemiddeld jaar, een 20 % droogtejaar en de particuliere jaren 2003 (overeenkomend met een terugkeerperiode van 7 jaar (Elsen et al., 2005)) en 1976 (worst case scenario) werd door de BDB doorgerekend. De hieruit resulterende watervragen werden afgetopt door de capaciteit van de watervangen, m.a.w. schade die zou optreden ten gevolge van extreme omstandigheden die te wijten is aan de beperkte capaciteit van de watervang werden niet meegenomen. Bovendien is het door het waterverlies in het irrigatiestelsel zelf niet duidelijk of aan een bepaalde watervraag vanuit de landbouw kan voldaan worden door de regeling van de watervangen op het kanalenstelsel.

In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van alle watervangen die niet aan één specifieke sector kunnen toegeschreven worden. De totale gemiddelde watervraag in 2002 wordt begroot op 2,5 m³/s.

2.2.9 Landbouw

Het overgrote deel van de watervraag vanuit de sector landbouw werd berekend in Elsen et al. (2005). De overige landbouwactiviteiten zoals visteelt werden afzonderlijk begroot. Uit de enquête en mondelinge mededelingen vanuit de viskweeksector blijkt het totale waterverbruik te kunnen begroot worden door een constante voeding te veronderstellen, vermeerderd met het verdampingsverlies op dat ogenblik. Op deze wijze wordt de seizoens- en klimaatsafhankelijke variatie van deze watervraag ingebracht in het model. De watervraag die enkel kan toegeschreven worden aan dit gebruik komt neer op een 0,065 m³/s (zie Tabel 7).

2.2.10 Natuur, bos en landschap

De watervraag vanuit de sector natuur is het moeilijkst te begroten aangezien er geen exacte cijfers voor bekend zijn. Het merendeel van de onttrekkingen wordt aangewend voor het tegengaan van enkele door lokale verdroging of vermesting onder druk staande ecosystemen. Op basis van de metingen en geregistreerde regeling van de watervangen tijdens de zomer van 2005 kunnen we wel enkele indicatieve cijfers weergeven. In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de watervangen die enkel gebruikt worden voor bevloeiing en behoud van natuurwaarden. De totale watervraag komt neer op 0,554 m³/s. Verscheidene andere natuurwaarden, vervat in de overige irrigatiewatervangen worden van kanaalwater voorzien:

- captatie Jantebeek: voeding vijvers natuurgebied “Laambeekvallei”
- watervang nr. 2, 3 en 5: bevloeiing gebied “Rubbensgoed”
- watervang nr. 19b: bevloeiing natuurgebied “Warmbeekvallei”
- watervang nr. 33bis: restwater wordt, indien beschikbaar, aangewend voor natuurgebied “De Maat”
- …

2.2.11 Recreatie

In Tabel 9 worden de watervragen die enkel aan de sector recreatie kan worden toegeschreven opgelijst. De totale watervraag bedraagt 0,003 m³/s en wordt aangewend voor het voeden van openbare visvijvers en bevloeiing van recreatiedomeinen. Dit stemt niet overeen met de werkelijkheid door het feit dat er veel onttrekkingen ten behoeve van de recreatie vervat zitten in de irrigatiewatervangen. Het gaat om volgende watervangen:

- watervang nr. 38 voor bevloeiing van vijvers in het Prinsenpark
- watervang nr. 44 voor besproeien golfterrein Kempense golfclub, voeding zwemvijvers Camping Zilverstrand en recreatiedomein Zilvermeer
- watervang nr. 35 (Postel) voor voeding zwemvijver Camping Familiestrand
- watervang nr. 50 (Collateur van Arendonk): voeding zwemvijvers Camping Berkenstrand
- …

Naast deze watervragen kan de watervraag van de recreatievaart (zie 3.2.4.2) eveneens toegeschreven worden aan deze sector.

2.2.12 Overige gebruikers

Voorts zijn er nog een aantal onttrekkingen die niet meteen kunnen toegeschreven worden aan een bepaalde sector, maar louter voor waterbeheertechnische redenen worden aangewend. In Tabel 10 wordt hier een overzicht van gegeven. Buiten het anti-verziltingsdebiet te Wijnegem (3 m³/s) en de infiltratieverliezen (0,6 m³/s) is daar in totaal een 0,2 m³/s voor nodig.

2.2.12.1 Voeding waterlopen

Bij de aanleg en/of verbreding van het Albertkanaal werden een aantal waterlopen van hun bovenloop afgesneden. Met de beheerder van de waterloop werd de afspraak gemaakt een voedingspunt te voorzien waarmee de waterlopen toch van enig debiet kunnen worden voorzien.

2.2.12.2 Mijnverzakkingsgebied

In het mijnverzakkingsgebied te Maasmechelen en Dilsen-Stokkem bestaat een toestroming van grondwater dat deels (via het pompstation Greven) overgepompt wordt naar de Zuid-Willemsvaart. Verder stroomafwaarts, waar de natuurlijke loop niet is verzakt, wordt er opnieuw water in de Vrietselbeek gelaten.

Voor de lozingsgegevens het pompstation Greven van de NV Mijnschade werd beroep gedaan op de pompgegevens van het station Greven, zoals aangeleverd door de NV Mijnschade (onttrekkingen_NVMijnschade-v0.2.xls). Hierbij werd de lozing van 2004 genomen aangezien deze volgens de NV Mijnschade nauwkeuriger bepaald werd dan de gegevens van 2002. In 2003 werden de pompen vervangen omdat er was geconstateerd dat ze hun theoretische capaciteit niet meer konden halen. Hierdoor zijn de aangegeven opgepompte volumes voor de periode voor september 2003 weinig realistisch. Voor de onttrekkingspunten van NV Mijnschade naar de Vrietselbeek werd enerzijds gebruik gemaakt van het gemeten debiet (0.23 m³/s) en anderzijds een minimaal debiet van 0.00001 m³/s aan de bypass van de oude kanaalarm opgegeven. Deze laatste is inderdaad zeer miniem door het feit dat de ingang van de overlaat onmiddellijk verstopt en dus het doorgaande debiet hierdoor steeds wordt gereduceerd.

2.2.12.3 Ant-verziltingsdebiet te Wijnegem

Om verziltingsverschijnselen tegen te gaan ter hoogte van de monding van het Albertkanaal in de Antwerpse haven wordt een anti-verziltingsdebiet van 3 m³/s bij Wijnegem aangenomen. Deze waarde is afkomstig uit een studie van RIZA (1986) waarin gesteld werd dat dit moet volstaan om een eventuele verzilting tegen te gaan.

2.2.12.4 Voeding Antitankkanaal

In Brecht bevinden zich de 2 voedingspunten voor de het westelijke en oostelijke gedeelte van het Antitankkanaal. Uit het interview met PIDPA bleek deze voeding eveneens cruciaal voor het onderdrukken van lokale verdrogingseffecten aan de winningen te Kapellen, Brasschaat, Schoten en Schilde.

2.2.12.5 Infiltratieverliezen

Om toch enigszins rekening te houden met lekverliezen van het kanalenstelsel werden de cijfers die opgegeven staan in Werkgroep Afvoerregulering Maas (1997) gehanteerd. Voor het Albertkanaal wordt daar een lekverlies van 0,00187 m³/s per km opgegeven en voor de Kempische kanalen 0,00207 m³/s per km. Gebruik makend van deze cijfers zou het totale verlies voor het ganse kanalenstelsel 0,62 m³/s bedragen. De infiltratie wordt constant gehouden gedurende het ganse jaar. In Tabel 12 wordt een overzicht gegeven van de, in het model ingevoerde lekverliezen.

2.2.13 Overzicht van overige waterfluxen

In Tabel 13 en Tabel 14 worden de gebruikers en de daarmee gepaard gaande waterfluxen weergegeven die niet in het model werden opgenomen. Voor de captaties van gebruikers wordt de overeenkomende watervraag ingschat op 0,016 m³/s. De overige waterfluxen betreffen voornamelijk mondingen of overstorten van waterlopen welke genegeerd worden voor het onderzoek aangezien ze verondersteld worden droog te vallen tijdens periodes van watertekorten.

2.3 Het Maasverdrag als harde randvoorwaarde voor de waterverdeling

Het model berekent de volgens het Maasafvoerverdrag toegelaten hoeveelheden. De toegelaten watervraag van het Julianakanaal en het Nederlandse gedeelte van de Zuid-Willemsvaart wordt als werkelijke onttrekking (=harde randvoorwaarde) in het model ingeladen. Voor het Vlaamse gebruik wordt de grootte van de toegelaten watervraag berekend, maar niet als werkelijke onttrekking in het model

ingeladen. De werkelijke watervraag wordt immers door toepassing van de laagwaterstrategie gereduceerd tot het toegestane Vlaamse gebruik.

In Tabel 15 worden de waterverdelingsregels die in het model zijn opgenomen opgelijst. De verdeling tussen de voeding van het Julianakanaal en Zuid-Willemsvaart is gebaseerd op het Werkboek laagwater Maas 2005-2006 (RWS, 2005).

Voor de validatie (op basis van het jaar 2002) van het model werd het normale tapdebiet te Lozen ingesteld op 8 m³/s i.p.v. 10 m³/s zoals in het verdrag en bovenstaande verdelingsregels wordt vooropgesteld. In 2002 was het immers zo dat de Nederlandse watervraag via Lozen zich beperkte tot 8 m³/s.

Op basis van de verschillende waterbalansen van de kanaalpanden wordt de totale Vlaamse watervraag per tijdstap berekend. In een 2de stap wordt deze watervraag getoetst aan de berekende toegestane hoeveelheid volgens het Maasverdrag. Indien de watervraag te groot is, wordt de laagwaterstrategie ingeschakeld (zie verder).

2.4 Maatregelen

Om een watertekortperiode door te komen, moeten maatregelen genomen worden om zo efficiënt mogelijk met de beschikbare hoeveelheid water om te gaan. Verschillende types maatregelen zijn daarbij mogelijk: kortingen op onttrekkingen, inschakelen van wachttijden aan sluizen, terugpompen van schutwater, inschakelen van reserves, afkondigen van beperking in drinkwatergebruik, … . Om een goede strategie te kunnen uitwerken moet eerst het effect ervan ingeschat worden.

2.4.1 Het effect van een wachttijd aan de sluizen van het Albertkanaal

Om het schutdebiet van de sector scheepvaart te verminderen kan een wachttijd worden ingevoerd. Door deze wachttijd komen er meer schepen toe aan de sluizen die gemeenschappelijk geschut kunnen worden. Deze maatregel wordt enkel opgelegd aan de sluizen van het Albertkanaal omdat daar de grootste (enige) besparing mee kan bereikt worden. Om het besparingseffect van een wachttijd van 1 tot 120 minuten te kunnen bepalen wordt gebruik gemaakt van meer gedetailleerde tijdreeksen van de scheepvaartbewegingen (uur van aankomst, richting en lengte, breedte en diepte van het schip). Aan de hand van een afzonderlijke schutmodule werd het verschutte volume per dag berekend.

2.4.1.1 Beschrijving van de toegepaste regels voor de gebruikte schutmodule

Voor het bepalen of een bepaald schip nog binnen de opgelegde wachttijd aan een sluis aankomt worden eerst twee wachtrijen opgebouwd; één aan de opwaartse en één aan de afwaartse zijde. Met een opwaartse wachtrij wordt de wachtrij bedoeld die wacht aan de afwaartse zijde van het sluiscomplex om naar het opwaartse kanaalpand verschut te worden. De afwaartse wachtrij is dan de wachtrij aan de opwaartse zijde van het sluiscomplex, die wacht om naar het afwaartse kanaalpand verschut te worden. De wachtrijen worden opgebouwd door na te gaan welke schepen nog zouden toekomen binnen een bepaalde limiettijd. Deze limiettijd bestaat uit de aankomsttijd van het 1ste schip vermeerderd met een wachttijd van 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30, 45, 60, 90 of 120 minuten. Dit aantal minuten moet geïnterpreteerd worden als de maximale wachttijd voor 1 schip. De limiettijd voor beide opgebouwde wachtrijen, alsook de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij wordt in het geheugen bijgehouden.

Wanneer beide wachtrijen zijn opgebouwd wordt nagegaan hoe deze versast kunnen worden. Om dit te kunnen nagaan wordt de beschikbare sluisoppervlakte gemodelleerd door een matrix van cellen met een oppervlakte van 1 m². Daarbij werden de dimensies van de sluizen verminderd (Middensluis (MS) breedte van 16 naar 15 m, lengte van 136 naar 134 m, Duwvaartsluis (DS) breedte van 24 naar 23 en lengte van 200 naar 198) om een meer realistische vulling te krijgen. Om na te gaan of de schepen in de sluis passen, worden voor elk schip een aantal karakteristieken berekend aan de hand van de in de tijdreeksen opgenomen eigenschappen van het schip (breedte en lengte). Zo werden 2 variabalen gecreëerd die bijhouden hoeveel cellen van 1 m² het schip in het sas zou innemen volgens hun lengte en breedte. Deze getallen werden gelijk gesteld aan de breedte en lengte, afgerond naar boven. Vervolgens wordt achtereenvolgens nagegaan of de schepen in de opgebouwde wachtrijen samen passen in een sas van het type MS, DS of niet passen. Indien ze niet passen wordt een schip

van de wachtrij afgetrokken en opnieuw nagegaan of deze in één van de 2 sluistypes past. Deze procedure wordt herhaald totdat een wachtrij ontstaat die in één van de twee sluistypes past. In de volgende stap wordt nagegaan welke wachtrij eerst moet verschut worden door na te gaan welke wachtrij de kleinste limiettijd heeft. Indien beide wachtrijen dezelfde limiettijd hebben wordt zodanig verschut dat een neutrale schutting mogelijk is.

Voor de tijdsduur van een schutting wordt een vultijd van 22 minuten verondersteld. Hiermee wordt aangegeven hoeveel tijd er verstrijkt tussen het binnenvaren in en het vertrek uit een sluis.

De sluizen worden verondersteld geen bediening te hebben van zaterdag 22:00 tot zondag 22:00.

Bij een normale bediening (zonder terkorten en dus zonder wachttijd) wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheid van een neutrale schutting. De sluiswachters krijgen als richtlijn mee dat in eerste instantie moet gezorgd worden voor een zo vlot mogelijke bediening en pas op de 2de plaats dient rekening gehouden met het beperken van het watergebruik. Daarbij geldt dat het eerste schip dat zich aanmeldt aan het aanmeldingspunt (500 m voor de sluis) ook als eerste wordt bediend. Voor het verschutten van een wachtrij onder normale omstandigheden worden volgende regels gehanteerd:

- Indien een opwaartse wachtrij enkel past in een duwvaartsluis en het sas is leeg, wordt de wachtrij geschut, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een opwaartse wachtrij enkel past in een duwvaartsluis en het sas is vol, wordt eerst nagegaan of een deel van de wachtrij niet eerder via een sluis van het type middensluis kan verschut worden. Indien dit het geval is, wordt de procedure van het versassen via een middensluis gevolgd. Indien dit niet het geval is, wordt het sas eerst geledigd en de wachtrij vervolgens verschut via de duwvaartsluis. Hierbij is de invaartijd in de sluis gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip, vermeerderd met de versastijd indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd (22 minuten). Indien de wachttijd groter is dan de versastijd wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het opwaartse pand is dan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een opwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en één van beide sassen is leeg, wordt de wachtrij via deze sluis verschut, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij.
- Indien een opwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en beide sassen zijn leeg, wordt de wachtrij via de middensluis verschut, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij.
- Indien een opwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en geen van beide sassen is leeg, wordt het eerst beschikbare sas van het type middensluis eerst geledigd en de wachtrij vervolgens via deze sluis verschut. Hierbij is de invaartijd in de sluis gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip, vermeerderd met de versastijd indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd (22 minuten). Indien de wachttijd groter is dan de versastijd wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het opwaartse pand is dan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een afwaartse wachtrij enkel past in een duwvaartsluis en het sas is vol, wordt de wachtrij geschut, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een afwaartse wachtrij enkel past in een duwvaartsluis en het sas is leeg, wordt eerst nagegaan of een deel van de wachtrij niet eerder via een sluis van het type middensluis kan verschut worden. Indien dit het geval is, wordt de procedure van het versassen via een middensluis gevolgd. Indien dit niet het geval is, wordt het sas eerst gevuld en de wachtrij vervolgens verschut via de duwvaartsluis. Hierbij is de invaartijd van de afwaartse wachtrij gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het afwaartse pand is dan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een afwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en één van beide sassen is vol, wordt de wachtrij via deze sluis verschut, waarbij de vertrektijd in het afwaartse

pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij, vermeerderd met de versastijd.

- Indien een afwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en beide sassen zijn vol, wordt de wachtrij via de eerst beschikbare sluis van het type middensluis verschut, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een afwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en geen van beide sassen is vol, wordt het sas van de noordsluis eerst gevuld en de wachtrij vervolgens via deze sluis verschut. Hierbij is de invaartijd van de afwaartse wachtrij gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het afwaartse pand is dan gelijk aan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.

Om na te kijken of een neutrale schutting tijdens een watertekortperiode (dus met wachttijden) mogelijk is wordt nagegaan of de limiettijd van de eerste wachtrij (dit is de wachtrij met de kleinste limiettijd), vermeerderd met 5 minuten, groter is dan de limiettijd van de andere wachtrij. Indien dit het geval is, is een neutrale schutting mogelijk. De sluiswachters worden verondersteld als richtlijn mee te krijgen dat er in eerste instantie moet gekeken worden naar het zo veel mogelijk beperken van het watergebruik en pas op de 2de plaats moet gezorgd worden voor een zo vlot mogelijke bediening. Voor het verschutten van een wachtrij tijdens een watertekortperiode worden daarvoor volgende bijkomende regels mee ingeschakeld:

- Indien een opwaartse wachtrij enkel past in een duwvaartsluis en het sas is vol, wordt eerst gekeken of een neutrale schutting mogelijk is. Er wordt daarbij niet gekeken of de afwaartse wachtrij past in een sluis van het type duwvaart of middensluis.
    - Indien een neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt eerst de afwaartse wachtrij verschut, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd. De opwaartse wachtrij wordt in het sas binnengelaten op het ogenblik dat de afwaartse rij de sluis verlaat, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de vertrektijd van de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
    - Indien geen neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt het sas eerst geledigd en de wachtrij vervolgens verschut.). Indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd om na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is (22+5 minuten) dan is de invaartijd in de sluis gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip, vermeerderd met de versastijd en de tijd nodig om te kijken of een neutrale schutting mogelijk is. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om te na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is (5 minuten), wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het opwaartse pand is dan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een opwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en geen van beide sassen is leeg, wordt eerst gekeken of een neutrale schutting mogelijk is. Daarbij wordt eerst nagegaan of de afwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis. Indien dit niet het geval wordt eerst nagegaan of een deel van de afwaartse wachtrij niet kan verschut worden via een sluis van het type middensluis. Indien dit niet het geval wordt aangenomen dat er geen neutrale schutting mogelijk is.
    - Indien een neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt eerst de afwaartse wachtrij verschut via de middensluis, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan aankomsttijd van het laatste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd. De opwaartse wachtrij wordt in het sas binnengelaten op het ogenblik dat de afwaartse rij de sluis verlaat, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de vertrektijd van de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
    - Indien geen neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt het sas van de middensluis eerst geledigd en de wachtrij vervolgens via deze sluis verschut. Indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd om na te gaan

of een neutrale schutting mogelijk is (22+5 minuten) dan is de invaartijd in de sluis gelijk aan de aankomsttijd van het eerste schip, vermeerderd met de versastijd en de tijd nodig om te kijken of een neutrale schutting mogelijk is. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om te na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is (5 minuten), wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het opwaartse pand is dan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.

- Indien een afwaartse wachtrij past in een duwvaartsluis en het sas is leeg, wordt eerst gekeken of een neutrale schutting mogelijk is. Er wordt daarbij niet gekeken of de opwaartse wachtrij past in een sluis van het type duwvaart of middensluis.
    - Indien een neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt eerst de opwaartse wachtrij verschut, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip in de opwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd. De afwaartse wachtrij wordt in het sas binnengelaten op het ogenblik dat de opwaartse rij de sluis verlaat, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan de vertrektijd van de opwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
    - Indien geen neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt het sas eerst gevuld en de wachtrij vervolgens verschut. Indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om te na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is (5 minuten), wordt de invaartijd van de afwaartse wachtrij gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het eerste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd en de tijd nodig om te kijken of een neutrale schutting mogelijk is. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om te na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is, wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het afwaartse pand is dan gelijk aan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.
- Indien een afwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis en geen van beide sassen is vol, wordt eerst gekeken of een neutrale schutting mogelijk is. Daarbij wordt eerst nagegaan of de opwaartse wachtrij past in een sluis van het type middensluis. Indien dit niet het geval wordt eerst nagegaan of een deel van de opwaartse wachtrij niet kan verschut worden via een sluis van het type middensluis. Indien dit niet het geval wordt aangenomen dat er geen neutrale schutting mogelijk is.
    - Indien een neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt eerst de opwaartse wachtrij verschut via de noordsluis, waarbij de vertrektijd in het opwaartse pand gelijk is aan de aankomsttijd van het laatste schip, vermeerderd met de versastijd. De afwaartse wachtrij wordt in het sas binnengelaten op het ogenblik dat de opwaartse rij de sluis verlaat, waarbij de vertrektijd in het afwaartse pand gelijk is aan de vertrektijd van de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd.
    - Indien geen neutrale schutting mogelijk is binnen de opgegeven tijd wordt het sas van de noordsluis eerst gevuld en de wachtrij vervolgens via deze sluis verschut. Indien de wachttijd kleiner is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is, wordt de invaartijd van de afwaartse wachtrij gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het eerste schip in de afwaartse wachtrij, vermeerderd met de versastijd en de tijd nodig om na te gaan of een neutrale verschutting mogelijk is. Indien de wachttijd groter is dan de versastijd, vermeerderd met de tijd nodig om na te gaan of een neutrale schutting mogelijk is, wordt de invaartijd gelijkgesteld aan de aankomsttijd van het laatste schip. De vertrektijd in het afwaartse pand is dan gelijk aan de invaartijd, vermeerderd met de versastijd.

Na elke schutting wordt de wachtrij terug leeggemaakt en het volgnummer van het laatste verschutte schip voor elke richting (opwaarts en afwaarts) in het geheugen bijgehouden. Deze nummers worden gebruikt om de volgende wachtrijen op te bouwen en op dezelfde wijze te verschutten.

Bij elk van deze sluisbewegingen wordt de stand van de verschillende sassen bijgehouden. Het versaste volume wordt geteld ter hoogte van de afwaartse sluisdeur. Elk volume water dat deze sluisdeur passeert wordt in rekening gebracht voor die dag. Daarbij wordt het volume water van een volle schutkolk zonder schepen van een duwvaartsluis gelijkgesteld aan 53730 m³ en dat van een midden-

sluis aan 24160 m³ (cijfers gebaseerd op gedetailleerde opmeting door dijkwachters). Voor een volle schutkolk met schepen wordt daar het onder de waterlijn gelegen volume van de schepen van afgetrokken.

De berekening werd uitgevoerd voor de sluizen Olen en Ham voor de periode 01/01/06 – 28/02/06 op basis van de gedetailleerde tijdreeksen. Voor Olen komt dit neer op 4968 verschutte schepen en voor Ham zijn dat er 4889. Deze tijdreeksen vormen de eerste resultaten die uit de sluisbedieningstoepassing van NV De Scheepvaart afkomstig zijn. Deze toepassing is momenteel nog in ontwikkeling, waardoor sommige gegevens niet altijd juist zijn. Zo is de diepte van het schip vaak een twijfelachtig gegeven, alsook de invaar- en vertrektijd. De dieptes van de schepen werden, daar waar nodig, aangepast naar eigen inzicht (bv. diepgang van 1 cm werd vervangen door 100 cm). Deze correcties zijn niet noodzakelijk juist, maar aangezien het slechts de bedoeling is het effect van een bepaalde wachttijd op het watergebruik te bestuderen en daarvoor telkens wordt uitgegaan van dezelfde (aangepaste) tijdreeks zullen deze aannames geen verdere gevolgen met zich meebrengen. De berekeningen zijn enkel gebaseerd op de opgegeven aankomsttijden en de dimensies van de schepen.

Aan het begin van de berekeningen wordt aangenomen dat de sluizen allemaal leeg zijn (m.a.w. op het peil van het afwaartse pand staan). Het effect van deze veronderstelling is verwaarloosbaar klein.

2.4.1.2 Resultaten

In Figuur 27 worden de resultaten weergegeven van de berekening voor de sluis te Ham. Hieruit blijkt dat een wachttijd in het model tussen 15 en 30 minuten de meest vlotte bediening garandeert. Ook wanneer we vergelijken hoeveel schepen er via de verschillende sluizen werden verschut, blijkt een wachttijd van het model tussen 15 en 30 minuten het meest met de werkelijk geregistreerde bediening overeen te komen (zie Tabel 16).

Op basis van de resultaten voor de sluis van Olen komen we tot dezelfde conclusie. Als referentiesituatie, d.i. de gesimuleerde situatie waarmee de huidige werkelijkheid overeenkomt, wordt een wachttijd van 20 minuten in de gedetailleerde schutmodule aangenomen. Door de resultaten voor beide sluizen uit te middelen krijgen we een inschatting van het waterbesparend effect van een extra wachttijd van 15 tot 60 minuten in combinatie met de mogelijkheid van een neutrale schutting (zie Tabel 17).

Deze resultaten werden vervolgens opgenomen in het model voor de ontwikkeling van laagwaterstrategieën.

2.4.2 Terugpompen van schutwater aan de sluizen van het Albertkanaal

Een andere maatregel die eveneens zou kunnen ingezet worden om het verbruik door de scheepvaart te beperken is het inschakelen van pompgemalen op de sluizen om een groot deel van het schutdebiet terug te pompen. Deze maatregel zal eveneens slechts genomen worden aan de sluizen van het Albertkanaal. Om het effect van deze maatregel te kunnen doorrekenen worden volgende pompcapaciteiten meegenomen: 2,5 – 5 – 7,5 – 10 en 12 m³/s.

Voor de berekening van het effect van het inschakelen van deze pompen werd volgende redenering aangehouden. Eerst wordt gezocht naar het op die dag heersende bepalende schutdebiet op het Albertkanaal. Indien dit debiet groter is dan de pompcapaciteit dan wordt het schutdebiet van elke sluis op het Albertkanaal verminderd met deze pompcapaciteit. Indien dit debiet kleiner is dan de pompcapaciteit wordt het schutdebiet van elke sluis op het Albertkanaal verminderd met het bepalende schutdebiet.

Als belangrijke randbemerking kan meegegeven worden dat de besparing op de Vlaamse watervraag nooit gelijk zal zijn aan de geïnstalleerde pompcapaciteit doordat er niet continu kan teruggepompt worden zonder gevaar voor verzilting te veroorzaken in het stroomafwaarts van Wijnegem gelegen gedeelte van het kanaal. Met name op zondagen is er geen scheepvaart en zal het verbruik dus ook niet gereduceerd kunnen worden met het terugpompen van schutwater.

In Tabel 18 en Figuur 28 zien we de effectieve mogelijke gemiddelde besparing aan de sluis te Olen en Ham. De gegevens zijn gebaseerd op de modelresultaten van de schutmodule voor een gemiddelde van de waterfluxen met een wachttijd van 15 en 30 minuten.

2.4.3 Stopzetten scheepvaart Albertkanaal

Omdat bij het doorrekenen van enkele proefstrategieën bleek dat er onvoldoende maatregelen voorhanden waren om het watergebruik van Vlaanderen te beperken in het geval er geen pompen geïnstalleerd zijn op de sluiscomplexen van het Albertkanaal werd deze maatregel ingevoerd in de strategieën. De schade veroorzaakt door deze maatregel werd echter niet gekwantificeerd in de initiële fase. Om deze schade toch in rekening te kunnen brengen werd gebruik gemaakt van de gegevens van januari en februari 2006, die werden aangeleverd voor de berekening van het effect van een extra wachttijd. De gemiddelde kost voor het stopzetten van de scheepvaart werd afzonderlijk berekend voor weekdagen en zondagen op basis van de aankomsttijd van de schepen aan de sluizen van Ham en Olen. Het gemiddelde van Ham en Olen, zoals weergegeven in Tabel 19 werd gebruikt voor de bepaling van de extra schade als gevolg van deze maatregel aan één sluis. Om de totale schade te bepalen werd deze kost nog eens vermenigvuldigd met het aantal aanwezige sluiscomplexen op het Albertkanaal.

2.4.4 Stopzetten van recreatievaart

Deze maatregel zou afgekondigd kunnen worden op de Kempische kanalen. Op basis van de verhouding tussen goederentransport en recreatievaart in de aangeleverde tijdreeksen zou een afleiding gemaakt kunnen worden van de waterhoeveelheid die hiermee bespaard kan worden. De hoeveelheid waterbesparing zou op basis van deze verhouding kunnen verminderd worden voor de schutdebieten van de sluizen. Voor de verdere analyse werd de maatregel niet weerhouden.

2.4.5 Beperking captaties: industrie, irrigatiewatervangen en andere

Voor de beperking van captaties voor industrie, irrigatiewatervangen en andere gebruikers worden volgende mogelijke beperkingen voorzien: beperkingen tot 75%, 50%, 25 % en 0% van de totale watervraag.

2.4.6 Inschakelen reserves drinkwaterwinningen

De beschikbare reservecapaciteit van AWW en PIDPA wordt op dagbasis door het model berekend. De inzet van de reserves in de bedrijfsvoering komt overeen met verschillende percentages van captatiereductie op de totale onttrekking.

2.4.7 Maximale restitutie koelwater elektriciteitscentrale Mol

Om het piekverbruik van de elektriciteitscentrale te Mol op te vangen wordt onder normale omstandigheden een constant debiet van 4 m³/s via de voedingsriolen van sluis 4 (Dessel) ingelaten (mondelinge mededeling van districtshoofd). Deze hoeveelheid wordt via de voedingsriolen van sluis 5 naar het kanaalpand waar Electrabel water onttrekt doorgevoerd. Het overschot op het kanaalpand wordt via de afwaartse tap (sluis 6) doorgevoerd. Indien we de waterbalans van het kanaalpand tussen sluis 5 en 6 van naderbij bestuderen (lozing van Sibelco van 0,56 m³/s, toestroming door de schuttingen van sluis 5, captatie van de centrale verminderd met de teruglozing, captatie voor het Prinsenpark (watervang nr. 38) en afvoer door de schuttingen van sluis 6) blijkt de toevoer via het voedingsriool van sluis 4 zonder enig probleem voor de bedrijfsvoering te kunnen worden verminderd met 1,5 m³/s. Voor een optimale bedrijfsvoering onder alle omstandigheden wordt door Electrabel een minimum van 3,61 m³/s aangegeven (12500 m³/u voor stroomgroep 11 en 500 m³/u voor stroomgroep 12). Door de voortdurende regeling van het kanaalpeil via de restitutie is het werkelijke (netto) verbruik van de centrale kleiner. Uit de aangeleverde tijdreeks (2002-2004) blijkt een gemiddelde netto (= onttrekking – restitutie) watervraag (op dagbasis) van 1,73 m³/s nodig te zijn, met een maximum van 3,9 m³/s. Gedurende 90 % van de tijd is een netto debiet onder 2,58 m³/s nodig. In Figuur 29 wordt op basis van de bovenvermelde eenvoudige waterbalansberekening aangegeven hoe groot het debiet door de voedingsriool aan sluis 6 zou zijn indien deze aan sluis 4 zou verminderd worden tot 3 en 2,5 m³/s. Daarbij vormt 2,5 m³/s een minimum omdat op 22/04/03 nog slechts 0,035 m³/s via de voedingsriool aan sluis 6 zou worden afgevoerd.

In het begin zal een beperking van het inlaatdebiet aan sluis 4 te Dessel de bedrijfsvoering van Electrabel Mol dus niet in gevaar brengen. Bij een verdere beperking kan gevraagd worden om het koel-

water maximaal te restitueren waardoor het kanaalpand zal opwarmen en verminderde productie mogelijk is.

2.4.8 Afkondiging beperking drinkwatergebruik

Een afkondiging van een beperking in het drinkwatergebruik zal enkel effect hebben op de winningen van PIDPA (aangezien AWW geen seizoenale fluctuaties kent) en dient als flankerende maatregel bij een opgelegde beperking aan deze gebruiker. Deze maatregel heeft wellicht een afzwakkend effect op de onttrokken hoeveelheid kanaalwater, maar kon in het bestek van deze studie niet worden opgenomen en wordt dus ook niet in het model geïmplementeerd.

2.5 Laagwaterstrategie in fases

Wanneer op een bepaald tijdstip blijkt dat de totale Vlaamse watervraag groter is dan de berekende toegestane hoeveelheid volgens het Maasverdrag, wordt een laagwaterstrategie ingeschakeld om de watervraag terug te brengen tot de toegestane hoeveelheid.

De strategie bestaat uit een aaneenschakeling van verschillende fases waarin bepaalde maatregelen worden genomen. In elke volgende fase wordt een extra maatregel ingezet. Tot welke fase van de strategie moet worden overgegaan wordt per dag bepaald. Bij een eventuele uitbreiding zouden deze fases afhankelijk gemaakt kunnen worden van de periode (bv. maand of week) waarin zich het tekort voordoet.

Door de volgorde en intensiteit van de maatregelen te veranderen in de verschillende fases kan vervolgens het effect van de strategie bestudeerd worden.

2.6 Integratie van schadefuncties

Naast de rapportage van Vlaamse watervraag, het Toegelaten gebruik en de Fase van de laagwaterstrategie wordt per dag berekend hoeveel schade de toepassing van de laagwaterstrategie veroorzaakt. Daartoe werden door RA (IMDC en RA, 2006) schadefuncties opgesteld per watergebruiker. Deze werden in het model geïntegreerd zodat op dagbasis de schade per actor kan worden weergegeven.

Ondanks herhaaldelijk aandringen hebben enkele bedrijven (Oleon en Sikel) de enquête niet ingevuld. De schade van Oleon werd gelijkgesteld aan de helft van deze van BP en deze van Sikel gelijk aan de helft van deze van Ugine & ALZ.

2.7 Niet-kwantificeerbare gevolgen

Om de niet onmiddellijk economisch kwantificeerbare gevolgen van een bepaalde maatregel toch te kunnen meenemen in de ontwikkeling van de laagwaterstrategie werd aan elke reductiefase (75 %, 50 %, 25 % en 0 %) van een onttrekking (indien bekend) de nodige gevolgen gekoppeld. Per doorgerekende tijdstap worden deze gevolgen in een apart werkblad gerapporteerd.

Uit de enquêtes bleek dat watervang nr 33b eveneens voor een deel de bevloeiing van een landbouwzone (Mol-Rauw) verzorgt. Aangezien deze niet werd meegenomen in de studie van de Bodemkundige dienst werd de schade voor de landbouw in deze zone als een niet kwantificeerbaar gevolg meegenomen.

3 MODELOUTPUT EN VALIDATIE

3.1 Modeloutput: tijdreeksen

3.1.1 Tijdreeks Vlaamse watervraag, Vlaams watergebruik en fase van de strategie

Het model genereert een aantal tijdreeksen waarmee de invloed van een bepaalde strategie op het Vlaamse watergebruik kan bestudeerd worden. In eerste instantie wordt de Vlaamse watervraag weergegeven: dit is de totale, ongeremde watervraag van het ganse kanalenstelsel. Een 2de tijdreeks geeft het Vlaamse watergebruik aan: dit is de watervraag die gereduceerd werd door de in de strategie opgelegde beperkingen. De verschillende ingeschakelde fases van de strategie worden eveneens gerapporteerd.

3.1.2 Tijdreeks voortschrijdend neerslagtekort

Het doorlopende potentieel neerslagoverschot wordt verkregen door het verschil te berekenen tussen de hoeveelheid gevallen neerslag en de berekende referentiegewasverdamping. Dit verschil wordt dagelijks gesommeerd in het tijdvak van 1 april tot en met 30 september. De referentiegewasverdamping is gebaseerd op een rekenmethode die in belangrijke mate bepaald wordt door de hoeveelheid zonnestraling en de temperatuur. Door dagelijks het verschil te berekenen tussen de hoeveelheid neerslag en de berekende verdamping en vervolgens dit getal te sommeren over het seizoen wordt het "doorlopend potentieel neerslagoverschot" verkregen. Een negatief getal geeft een vochttekort aan, een positief getal een vochtoverschot. Door het potentieel neerslagoverschot te volgen in de tijd kan meer inzicht worden verkregen in het verminderen/vermeerderen van de vochtvoorraad van de bodem. De referentiegewasverdamping werd in dit geval berekend door de gemeten openwater verdamping te delen door 1,15 (Elsen et al., 2005)

$$\text{Neerslagoverschot} = St(N - ET0) \qquad \text{voor } t = 1/04 \text{ tot } 30/09$$

t= tijdstip

N= neerslag (mm/dag)

ET0= referentiegewasverdamping (mm/dag)

3.2 Validatie

Door de modelresultaten op de plaatsen waar een meetpost staat (Kanne, Genk, Smeermaas, Lozen en Lommel) te vergelijken met de gemeten waarden voor de referentiesituatie 2002 kunnen we een inschatting maken van de nauwkeurigheid van het model. De simulatie is een goede weergave van de werkelijkheid indien het verwachte lineaire verband tussen gemeten en gesimuleerde waarden goed wordt benaderd.

3.2.1 Albertkanaal

In Figuur 30 wordt het verband tussen de gesimuleerde en gemeten dagwaarden (te Kanne) weergegeven voor de voeding van het Albertkanaal. Over het algemeen kan gesteld worden dat de simulatie een realistisch beeld weergeeft van de geregistreerde variatie in de dagelijkse watervraag. Het verwachte lineaire verband tussen gemeten en gesimuleerde waarden heeft een correlatiecoëfficiënt van 0.88. Dit is ook te zien in Figuur 31 waar de gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks worden weergegeven. Het kleinere debiet op zondag, veroorzaakt door het wegvallen van de sluisbediening, wordt inderdaad goed gesimuleerd. In onderstaande Tabel 20 wordt aan de hand van enkele eenvoudige statistische parameters weergegeven in hoeverre de simulatie afwijkt van de gemeten waarden. Gemiddeld wordt er 3,3 m³/s minder gesimuleerd dan er werd geregistreerd. Dergelijke afwijking vinden we eveneens terug in de maximumwaarde. Voor de minimumwaarden geldt echter het tegenoverge-

stelde. Een deel van deze afwijking kan verklaard worden door het niet inrekenen van het verschil in berging in het kanaalpand (verschillende waterpeilen) in de waterbalans berekeningen en de beperkingen door het rekenen met een tijdstap van 1 dag. De oorzaak voor de afwijking in de minima moet wellicht gezocht worden in het niet in rekening brengen van enkele, in het eerste kanaalpand van het Albertkanaal, afwaterende stroomgebieden. In werkelijkheid ontstaat hierdoor op regenachtige zondagen (wanneer er geen scheepvaart is) een grotere terugvloei naar de Maas dan dewelke er gesimuleerd wordt.

Aangezien er in 2002 slechts 2 debietmeetposten operationeel waren op het Albertkanaal werden door NV De Scheepvaart berekende dagwaarden van de ingestelde tap aan enkele sluizen aangeleverd voor het referentiejaar 2002. In Figuur 32 tot Figuur 34 wordt het verband weergegeven tussen de geregistreerde en gesimuleerde dagwaarden van de tap aan de sluizen Genk, Ham en Olen. Uit deze figuren en Tabel 21 kunnen we concluderen dat er totaal geen verband te vinden is tussen geregistreerde en gesimuleerde dagwaarden. In eerste instantie werd gedacht aan het verschil in berging in de verschillende kanaalpanden als mogelijke oorzaak voor deze afwijking.

Dit effect zou echter moeten verminderen indien we de dagwaarden uitmiddelen naar weekgemiddelde waarden. Zoals in Figuur 35 tot Figuur 37 en Tabel 22 te zien is, geeft dit echter niet het verwachte resultaat.

Het verschil tussen de gesimuleerde en geregistreerde waarden is wellicht deels te wijten aan het feit dat de ingestelde tap een beslissing is van de sluiswachters en niet onmiddellijk overeenkomt met de in het model ingevoerde regels alsook aan de bovenvermelde algemene tekortkomingen van het model (tijdstap en berging). Ten 3de kan ook het effect van in het kanaal afwaterende stroomgebieden en verharde oppervlakten hier een rol in spelen.

3.2.2 Kempische kanalen

In Figuur 38 wordt het verband tussen de gesimuleerde en gemeten dagwaarden (te Smeermaas) weergegeven voor de voeding van de Zuid-Willemsvaart. Over het algemeen kan gesteld worden dat de simulatie geen realistisch beeld geeft van de dagelijkse watervraag. Het verwachte lineaire verband tussen gemeten en gesimuleerde waarden heeft slechts een correlatiecoëfficiënt van 0.36. Ook uit Figuur 39 blijkt dat er weinig overeenkomst is tussen de gesimuleerde en geregistreerde waarden. In Tabel 23 wordt aan de hand van enkele eenvoudige statistische parameters weergegeven in hoeverre de simulatie afwijkt van de gemeten waarden. Gemiddeld wordt er 0,66 m³/s meer gesimuleerd dan er werd geregistreerd.

De grote afwijking hoeft ons echter niet te verbazen wanneer we kijken naar Figuur 40 en Figuur 41 waarin het verband tussen de gesimuleerde en gemeten dagwaarden (te Lozen) voor de voeding van het Nederlandse gedeelte van de Zuid-Willemsvaart wordt weergegeven. In het model wordt uitgegaan van een strikte naleving van de regels die werden opgenomen in het Maasverdrag. Dit houdt in dat de voeding naar het Nederlandse deel van de Zuid-Willemsvaart gedurende de hele periode 10 m³/s zou moeten bedragen. In werkelijkheid bleek deze echter eerder, op vraag van Nederland, ingesteld op 8 m³/s. De simulatieresultaten zijn deze waar de regels van de waterverdeling dan ook werden aangepast naar 8 i.p.v. 10 m³/s. Ook na deze aanpassing blijkt de regeling van de tap te Lozen meer variabel dan welke het verdrag voorschrijft. Het doorgevoerde debiet varieert tussen 6 en 10 m³/s, terwijl het model (op 1 uitzondering na) een constante doorvoer van 8 m³/s aangeeft.

Ook de voeding van het kanaal Briegden-Neerharen is mede verantwoordelijk voor de afwijking tussen de gesimuleerde en geregistreerde waarden van de voeding naar de Zuid-Willemsvaart. Met name de doorvoer van de sluis te Lanaken is niet aan vaste regels gebonden. In 2002 waren er in realiteit een aantal dagen waar debieten tussen 1 en 9 m³/s via de sluizen naar de Zuid-Willemsvaart werden doorgevoerd. In het model wordt deze hoeveelheid afgevoerd naar het Nederlandse gedeelte van de Zuid-Willemsvaart, wat in werkelijkheid niet noodzakelijk het geval is. De afwijkende waarde van 9,11 m³/s te Lozen op Figuur 40 is aan dit feit te wijten.

Beide afwijkingen hebben dus ook tot gevolg dat de gesimuleerde waarden voor de voeding te Smeermaas geen sterke overeenkomst vertonen met de geregistreerde waarden.

In Figuur 42 wordt het verband tussen de gesimuleerde en gemeten dagwaarden (te Lommel) weergegeven voor de voeding van de rest van de Kempische kanalen. Over het algemeen kan gesteld

worden dat de simulatie geen realistisch beeld geeft van de geregistreerde dagelijkse watervraag. Het verwachte lineaire verband tussen gemeten en gesimuleerde waarden heeft zelfs een negatieve correlatiecoëfficiënt van -0.30. Dit wil zeggen dat de simulatie een verhoging van de watervraag weergeeft op het ogenblik dat deze in realiteit juist verkleint en vice versa. Deze negatieve correlatie vinden we terug in Figuur 43: de gesimuleerde watervraag neemt toe gedurende de zomerperiode, welke te wijten is aan de instellingen (bediening) van de verschillende watervangen, terwijl deze in werkelijkheid varieert met de werkelijke waterbehoefte op dat ogenblik (tijdens een zomerse natte periode wordt de “kraan” dichtgedraaid). In de geregistreerde tijdreeks zien we dat het doorgevoerde debiet in de zomerperiode net kleiner is. In Tabel 25 wordt aan de hand van enkele eenvoudige statistische parameters weergegeven in hoeverre de simulatie afwijkt van de gemeten waarden. Gemiddeld wordt er 1,18 m³/s minder gesimuleerd dan er werd gemeten.

Voor de verschillende afsplitsingen van de rest van het Kempisch kanalenstelsel (Kanaal Dessel-Kwaadmechelen, Kanaal Dessel-Turnhout-Schoten en het stuk van het Kanaal Bocholt-Herentals tussen sluis 4 en sluis 10) zijn geen metingen beschikbaar. Door NV De Scheepvaart werden wel de berekende dagwaarden voor de tapsystemen van enkele knooppuntsluizen aangeleverd. Over deze waarden bestaat echter een grote onzekerheid. De berekeningen van de afvoer via de tappingen zijn immers gebaseerd op de, volgens Dhr. C. Danckaerts van N.V De Scheepvaart, weinig betrouwbare karakteristieken van de tapsystemen.

3.2.3 Validatie van Vlaamse watervraag

Niettegenstaande de relatief grote afwijkingen tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeksen voor de Kempense kanalen, wordt het verwachte lineaire verband tussen gemeten en gesimuleerde totale Vlaamse watervraag goed benaderd. In Figuur 44 wordt het verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Kanne + Smeermaas - Lozen) dagwaarden weergegeven voor de Vlaamse watervraag. In Figuur 45 wordt de gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks weergegeven. In Tabel 26 wordt aan de hand van enkele eenvoudige statistische parameters weergegeven in hoeverre de simulatie afwijkt van de gemeten waarden. Gemiddeld wordt er 2,38 m³/s minder gesimuleerd dan er werd gemeten.

Uit dit alles blijkt dat de variatie in de Vlaamse watervraag wel redelijk goed benaderd wordt, maar dat de amplitude van de watervraag groter is dan wat er met het model gesimuleerd wordt.

3.2.4 Conclusies

Het model simuleert over het algemeen een kleinere watervraag (gemiddeld 2,38 m³/s) dan welke er zich in werkelijkheid voordoet. Dit is te wijten aan verschillen tussen de (strikte) opgelegde regels en de reële regeling van de verschillende tappingen, de te grote tijdstap (1 dag) in de waterbalansberekening, het verschil in afwaterend oppervlakte (stroomgebieden en verharde oppervlaktes) voor de meeste kanaalpanden, het ontbreken van gedetailleerde tijdreeksen van industriële onttrekkingen en regeling van de irrigatiewatervangen, het niet inwerken van het verschil in berging door de lage kwaliteit van waterstandtijdreeksen, de beperkte kennis van de grootte en variatie in infiltratie- en kwelfenomenen en de beperkte regionale variatie in de meteorologische data (neerslag en evaporatie).

Dat het model afwijkt van de realiteit, zegt echter niets over de bruikbaarheid van het model voor het opstellen van een laagwaterstrategie. Het opgebouwde modelinstrumentarium heeft immers niet als eerste doel de exacte realiteit weer te geven, maar wel om het effect van de volgorde van verschillende mogelijke maatregelen te kunnen begroten. Bij de interpretatie van de resultaten van de verschillende strategieën moet wel rekening worden gehouden met het feit dat de Vlaamse watervraag in werkelijkheid gemiddeld 2,7 m³/s meer bedraagt dan wat er met het model wordt berekend.

Bij de berekeningen voor het opstellen van de laagwaterstrategie wordt het tapdebiet te Lanaken gelijk gesteld aan nul en wordt deze te Bocholt-Lozen afhankelijk gemaakt van het debiet van de Maas te Monsin volgens de verdeling van het Maasverdrag (10 m³/s buiten de watertekortperiodes).

4 MOGELIJKE VERBETERINGEN

Hieronder worden kort enkele mogelijke toekomstige verbeteringen opgesomd voor het modelinstrumentarium.

- Berekening van de waterbalansen op meer gedetailleerde basis (uurlijks)
- Inwerken van de variatie in berging indien betere waterstandtijdreeksen beschikbaar zijn
- Werken met een SQL databank i.p.v. MikeBasin zou voor een grotere flexibiliteit en transparantie zorgen
- Integratie van landbouwmodule in het model
- Betere terreinkennis van de verschillende, van een bepaalde watervang afhankelijke, gebruiken
- Inwerken van de afwaterende oppervlaktes in de waterbalansberekeningen
- Realistische waarden voor infiltratie- en kwelfenomenen
- Watertemperatuur meenemen als parameter (koelwater, vissterfte in viskwekerijen, …)
- Detailmodel van de werking van het kanaalpand waar Electrabel Mol is gesitueerd
- Gebruik maken van meer neerslag- en evaporatiemeetposten (voor variatie in meteorologische omstandigheden)
- Verbeterde metingen en registratie van de (bediening van de) watervangen
- Integreren van spaarbekkens en overige open waters binnen het studiegebied in het model
- Meer permanente debietmetingen op het kanalenstelsel, met name de toevoer naar het Kanaal Dessel-Schoten, Dessel-Kwaadmechelen en het 2de deel van het kanaal Bocholt-Herentals zijn onbekenden.
- Meer realistische inschatting van bedieningsregels van de tapsystemen op de sluizen.

Borgerhout, juni 2006

Johan Baetens
de onderzoeker belast met de studie

Gezien,

ir. Patrik Peeters	ir. Katrien Van Eerdenbrugh	dr. Frank Mostaert
leidend ambtenaar	leidend ambtenaar	afdelingshoofd

5 REFERENTIES

Baetens J. & Van Eerdenbrugh K. 2004. Bekken van de Gemeenschappelijke Maas. Inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën. Mod. 720/1. UA-Ecosystem Management Research Group in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling WLH.

Baetens J. & Van Eerdenbrugh K. 2005. Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen. Inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën. Mod. 720/4. UA-Ecosystem Management Research Group in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling WLH.

Bastings S. 2005. Ontwikkelingen in de wateraanvoer van het Julianakanaal. Rijkswaterstaat, Directie Limburg, Afdeling ANI.

DHI Water & Environment. 2005. Mike Basin: A Versatile Decision Support Tool for Integrated Water Resources Management and Planning. User Guide.

Elsen F., Ghesquiere U. & Willems E. 2005. Opmaak van laagwaterstrategieën. Waterverbruik van landbouwgewassen. Mod. 727/1, Deelopdracht 3. Bodemkundige Dienst van België, in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling WLH.

Michielsen S., Peeters P & Van Eerdenbrugh K. 2006. Opmaak van laagwaterstrategieën – Laagwater extreme-waardenanalyse. Mod. 727/1. VUB-Vakgroep Waterbouwkunde en Hydrologie in opdracht van de Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium.

IMDC & RA. 2006a. Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen. Opmaak van Laagwaterstrategieën – Bepalen van maatschappelijke acceptatie en kosten-baten van de mogelijke maatregelen. Mod. 727/1, Deelopdracht 2a. IMDC ism. Resource Analysis in opdracht van de Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium.

RIZA, Hoofdafdeling Watersystemen, Dienst Binnenwateren. 1986. Onderzoek naar de zoutindringing op de Antwerpse havendokken en het Albertkanaal bij lage debieten.

RWS. 2005. Werkboek Laagwater Maas 2005-2006. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat.

Werkgroep Afvoerregulering Maas. 1997. Verdrag tussen het Vlaams Gewest en het Koninkrijk Der Nederlanden inzake de afvoer van het water van de Maas – Besparingsscenario Vlaanderen.

TABELLEN

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72X	LAMB72Y
I	97	Lozing N.V. Celanese	kp1ABK	-0,626	Jaargemiddelde onttrekking - 5 % verdampting (veronderstelling)	240275	175500
I	96	Captatie N.V. Celanese	kp1ABK	0,659	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête	240176	175411
I	94	Lozing N.V. Sappi Lanaken	kp1ABK	-0,302	Jaargemiddelde onttrekking - 5 % verdampting (veronderstelling)	239614	175067
I	95	Captatie N.V. Sappi Lanaken	kp1ABK	0,318	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête	239896	175291
I	98	Captatie N.V. Ford Werke GmBH	kp1ABK	0,036	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis	230210	180561
I	99	Captatie N.V. Ugine & ALZ Belgium	kp1ABK	0,014	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking	230050	180912
I	100	Captatie N.V. Sikel	kp2ABK	0,008	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking	228015	181308
I	140	Captatie N.V. Tessenderlo Chemie Ham 1	kp4ABK	0,067	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking (= gegevens enquête)	205043	197443
I	141	Captatie N.V. Tessenderlo Chemie Ham 2	kp4ABK	0,107	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking (= gegevens enquête)	204794	197650
I	139	Captatie N.V. Tessenderlo Chemie Tessenderlo	kp4ABK	0,125	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking (= gegevens enquête)	204217	198120
I	156	Captatie N.V. BP Chembel	kp5ABK	0,265	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking	194822	201075
I	160	Lozing N.V. Bepro (Nukamel)	kp5ABK		onbekend	186266	204743
I	6	Captatie N.V. LU General Biscuits België	kp6ABK	0,017	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête	180460	207234
I	5	Lozing N.V. LU General Biscuits België 2	kp6ABK	-0,017	Jaargemiddelde onttrekking - 1 % verdamping (veronderstelling)	180446	207243
I	10	Lozing N.V. Oleon	kp6ABK	-0,004	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking (=slechts 5,13 % van de onttrekking)	165451	211129
I	9	Captatie N.V. Oleon	kp6ABK	0,070	Jaargemiddelde onttrekking op basis van geregistreerde onttrekking	165531	211086
I	26	Captatie N.V. Umicore - Olen (afdeling BIRACO)	kp10KBH	0,00001	Genegeerd vanwege combinatie van beide captaties in ander captatiepunt	186737	208470
I	24	Lozing N.V. Umicore - Olen (afdeling BIRACO)	kp10KBH	0,00001	Genegeerd vanwege combinatie van beide lozingen in ander captatiepunt	186719	208464
I	25	Captatie N.V. Umicore - Olen	kp10KBH	0,2095	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= geregistreerde onttrekking) (constant verondersteld het ganse jaar)	186258	208333
I	23	Lozing N.V. Umicore - Olen	kp10KBH	-0,199	Jaargemiddelde teruglozing op basis van enquête (= geregistreerde lozing) (constant verondersteld het ganse jaar) (5 % verdamping)	186202	208304
I	15	Lozing N.V. Struikfoods Belgium	kp6KDS			162817	220633
Netto gemiddelde watervraag Industrie 2002 (m³/s)				**0,747**			
Gemiddelde watervraag Industrie 2002 (m³/s)				**1,896**			

Tabel 1 Gemiddelde watervraag van de sector Industrie in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
S		Schuttingen sluis Lanaken	kp1ABK-KBN	0,196	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis Neerharen	KBN-kp1ZWV	0,202	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Genk	kp1ABK-kp2ABK	12,13	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Diepenbeek	kp2ABK-kp3ABK	12,13	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Hasselt	kp3ABK-kp4ABK	12,13	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Ham	kp4ABK-kp5ABK	12,43	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Olen	kp5ABK-kp6ABK	12,70	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluiscomplex Wijnegem	kp6ABK-kp7ABK	8,94	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis Bocholt	kp1ZWV-kp2ZWV	0,085	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis Lozen	kp2ZWV-kp3ZWV	0,132	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 1 Kanaal Bocholt-Herentals	kp1KBH-kp2KBH	0,358	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 2 Kanaal Bocholt-Herentals	kp2KBH-kp3KBH	0,361	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 3 Kanaal Bocholt-Herentals	kp3KBH-kp4KBH	0,365	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 4 Kanaal Bocholt-Herentals	kp4KBH-kp5KBH	0,032	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 5 Kanaal Bocholt-Herentals	kp5KBH-kp6KBH	0,036	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 6 Kanaal Bocholt-Herentals	kp6KBH-kp7KBH	0,086	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 7 Kanaal Bocholt-Herentals	kp7KBH-kp8KBH	0,111	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 8 Kanaal Bocholt-Herentals	kp8KBH-kp9KBH	0,091	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 9 Kanaal Bocholt-Herentals	kp9KBH-kp10KBH	0,089	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 10 Kanaal Bocholt-Herentals	kp10KBH-kp6ABK	0,386	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 1 Kanaal Dessel-Schoten	kp1KDS-kp2KDS	0,023	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 2 Kanaal Dessel-Schoten	kp2KDS-kp3KDS	0,037	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 3 Kanaal Dessel-Schoten	kp3KDS-kp4KDS	0,037	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 4 Kanaal Dessel-Schoten	kp4KDS-kp5KDS	0,039	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 5 Kanaal Dessel-Schoten	kp5KDS-kp6KDS	0,036	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 6 Kanaal Dessel-Schoten	kp6KDS-kp7KDS	0,035	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 7 Kanaal Dessel-Schoten	kp7KDS-kp8KDS	0,036	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 8 Kanaal Dessel-Schoten	kp8KDS-kp9KDS	0,034	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 9 Kanaal Dessel-Schoten	kp9KDS-kp10KDS	0,035	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
S		Schuttingen sluis 10 Kanaal Dessel-Schoten	kp10KDS-kp7ABK	0,074	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
Netto gemiddelde watervraag Scheepvaart 2002 (m³/s)				**13,859**			

Tabel 2 Gemiddelde watervraag van de sector Scheepvaart in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
D	3	Captatie C.V. PIDPA - WPC Grobbendonk	kp6ABK	0,019	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= geregistreerde onttrekking) (constant verondersteld het ganse jaar)	172701	208517
D		Captatie AWW - Lier	kp6ABK-NK	2,854	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis		
D	8	Captatie AWW - Controlereservoir Broechem	kp6ABK	1,607	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis	167755	209919
D	1	Captatie AWW - WPC Oelegem	kp6ABK	0,011	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis	163598	212147
D	168	Captatie C.V. PIDPA - SW Olmen-Nete	KDK	0,003	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= 0.0042 in zomer, 0.0014 in winter)	204535	205450
D	145	Captatie C.V. PIDPA - WPC Olmen-Kanaal	KDK	0,012	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= 0.0176 in zomer, 0.0059 in winter)	204009	201449
D	57	Captatie N.V. Het Ven (PIDPA Arendonk)	kp1KDS		Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= in zomer, in winter) (captatie = slechts opgestart in 2004)	199813	226388
Netto gemiddelde watervraag Drinkwater 2002 (m³/s)				**4,507**			

Tabel 3 Gemiddelde watervraag van de sector Drinkwatervoorziening in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
E	165	Lozing N.V. Electrabel - Genk-Langerlo	kp1ABK	-5,744	Jaargemiddelde onttrekking - 3,97 % verdamping (op basis van enquête)	229226	181298
E	164	Captatie N.V. Electrabel - Genk-Langerlo	kp1ABK	5,982	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête	228990	181817
E	33	Teruglozing N.V. Electrabel - Mol (restitutie)	kp6KBH	0,000	zit vervat in captatie (= netto) op dagbasis	201412	212965
E	32	Captatie N.V. Electrabel - Mol	kp6KBH	1,749	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis (= captatie -lozing A restitutie)	201027	212937
E	34	Lozing N.V. Electrabel - Mol (in Congostroom)	kp7KBH	1,723	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis (= captatie -lozing A restitutie - verdampingsverlies 1,488 %)	201073	212767
Netto gemiddelde watervraag Elektriciteit 2002 (m³/s)				**1,987**			
Gemiddelde watervraag Elektriciteit 2002 (m³/s)				**7,731**			

Tabel 4 Gemiddelde watervraag van de sector Elektriciteit in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
O	73	Captatie N.V. SCR Sibelco - Lommel	kp1KBH	0.071	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= geregistreerde onttrekking) (constant verondersteld het ganse jaar)	210787	215050
O	74	Lozing N.V. SCR Sibelco - Lommel	kp1KBH	-0.001	Jaargemiddelde teruglozing op basis van enquête (= geregistreerde onttrekking) (constant verondersteld het ganse jaar)	210787	215050
O	35	Lozing N.V. SCR Sibelco - Dessel 1 (overloop Schansputgroeve)	kp6KBH	-0.562	Jaargemiddelde teruglozing op basis van enquête (constant verondersteld het ganse jaar) (gedetailleerde tijdreeks vanaf juni 2005)	203979	213423
O	148	Captatie N.V. SCR Sibelco - Dessel	KDK	0.047	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= ca. geregistreerde onttrekking) (constant verondersteld het ganse jaar)	205415	212777
Netto gemiddelde watervraag Ontginningen 2002 (m³/s)				**-0.445**			

Tabel 5 Gemiddelde watervraag van de sector Ontginningen in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72X
Wv	132	Captatie watervang Jantebeek (visvijvers + natuurgebied)	kp4ABK	0.065	Seizoenale variatie op basis van extrapolatie meting 2005 (in werkelijkheid constante afstemming van vraag en aanbod)	211631
Wv	111	Captatie watervang voor voeding Lossing (9645) naar Vrietselbeek	kp1ZWV	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie vanwege het feit dat de captatie onmiddellijk verstropt geraakt	244686
Wv	114	Captatie watervang nr. 2 (Afd Natuur) (voeding Schootsheiderwetering)	kp1ZWV	0.031	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	243291
Wv	115	Captatie watervang nr. 3 (Afd. Natuur) (voeding Losbeek)	kp1ZWV	0.013	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	243291
Wv	116	Captatie watervang nr. 5 (RL Kempen en Maasland) (voeding Beek)	kp1ZWV	0.054	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	243404
Wv	117	Captatie gemeentebestuur Neeroeteren (voeding Tapziep)	kp1ZWV	0.008	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	242991
Wv	118	Captatie Watering "Het Grootbroek" 1 (voeding Kanielstraatbeek)	kp1ZWV	0.015	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	238588
Wv	119	Captatie N.V. Scana - Noliko (voeding Horstgaterbeek)	kp1ZWV	0.099	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	237934
Wv	120	Captatie Watering "Het Grootbroek" 2 (voeding Lobeek)	kp1ZWV	0.006	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	236143
Wv	121	Captatie watervang nr. 9 (AMINAL - Waters & Bossen - Houtvesterij Bree) (Bijloop Hamonterbeek)	kp2ZWV	0.033	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	232750
Wv		Captatie watervang nr. 15 (lekverlies naar Houtvesterij Bree)	kp1KBH	0.008	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (= lekverlies)	231461
Wv	122	Captatie watervang nr. 16 (Hamonterbeek)	kp1KBH	0.033	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	231350
Wv	123	Captatie watervang nr. 17 (VHAG 9810)	kp1KBH	0.049	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	230903
Wv	124	Captatie watervang nr. 18 (N.V. Van Vlierden)	kp1KBH	0.010	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	229811
Wv	125	Captatie watervang nr. 19 (Hamont-Achel + De l' Escaille)	kp1KBH	0.166	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	229714
Wv	126	Captatie watervang nr. 19b (Ondersloot)	kp1KBH	0.200	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	229663
Wv	127	Captatie watervang nr. 20 (Prinsenloop)	kp1KBH	0.105	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	226579
Wv	128	Captatie watervang nr. 21 (Damsheideloop - Prinsenloop)	kp1KBH	0.135	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	225735
Wv	130	Captatie watervang nr. 22 (Bergeikse Dijk)	kp1KBH	0.037	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	222880
Wv	77	Captatie watervang nr. 44 (Kempense golfclub, Zilverstrand, Zilvermeer en Buitengoor)	KBO	0.158	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	210197
Wv	78	Captatie watervang nr. 45 (landbouw en populierteelt Emsens S.)	KBO	0.031	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	210520
Wv	79	Captatie watervang nr. 46 (landbouw en populierteelt Emsens C.)	KBO	0.033	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	210634
Wv	80	Captatie watervang nr. 47 (viskweekvijvers Corten en landbouw N.V. De Watering)	KBO	0.024	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	210515
Wv	83	Captatie watervang nr. 53 (N.V. Umicore - Balen)	KBO	0.192	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening - enkel bij extreme neerslag minder)	210079
Wv	84	Captatie watervang nr. 54 (N.V. Umicore - Balen)	KBO	0.044	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	210279
Wv	87	Captatie watervang nr. 55 (Malou Water)	KBO	0.056	Seizoenale variatie onttrekking op basis van meting 2005 en regeling watervang	211722
Wv	88	Captatie watervang nr. 56 (Malou Water)	KBO	0.028	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	211299
Wv	76	Captatie watervang nr. 33bis (De Maat + andere)	kp1KBH	0.116	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening) - in werkelijkheid enkel in de winter een aantal cm lager	209720
Wv	75	Captatie watervang Postels Kanaaltje (watervang nr. 35)	kp1KBH	0.590	Seizoenale variatie onttrekking op basis van meting 2005 en regeling watervang (3 standen)	209626
Wv	29	Captatie watervang nr. 38 (voeding vijvers Prinsenpark en Breiloop)	kp6KBH	0.092	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (variatie in bediening heeft beperkte impact op ontrekking)	199598
Wv	39	watervang nr. 50 (AMINAL - Afdeling Water - Buitendienst Antwerpen)	kp1KDS	0.071	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening) (2 uitgangen bemeten, 3de niet gevonden en verondersteld gemiddeld tussen 2 overige uitgangen)	203922
Netto gemiddelde watervraag Irrigatiewatervangen 2002 (m³/s)				**2.501**		

Tabel 6 Gemiddelde watervraag van de irrigatiewatervangen in het kanalenstelsel voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
L	129	Captatie Mr. Tielens	kp1KBH	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie	224444	214308
L-vis	81	Captatie N.V. Corten viskwekerij (watervang nr. 47A)	KBO	0.009	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= ca. meting 2005) (constant verondersteld het ganse jaar)	210388	211158
L-vis	147	Captatie Mr. Marien A.	KDK	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie (< 500 m³/jaar)	204351	204501
L-vis	154	Captatie Mr. Marien P.	KDK	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie (< 500 m³/jaar)	204373	204189
L-vis	41	Captatie viskwekerij Vercaigne 1	kp1KDS	0.0145	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= normale onttrekking + verdamping opp.)	203550	222177
L-vis	50	Captatie viskwekerij Vercaigne 2	kp1KDS	0.0145	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= normale onttrekking + verdamping opp.)	202481	224299
L-vis	51	Captatie viskwekerij Vercaigne 3	kp1KDS	0.0203	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= normale onttrekking + verdamping opp.)	202428	224395
L-vis	52	Captatie viskwekerij Vercaigne 4	kp1KDS	0.0072	Seizoenale variatie onttrekking op basis van enquête (= normale onttrekking + verdamping opp.)	202356	224544
Gemiddelde watervraag Landbouw 2002 (m³/s)				**0.065**			

Tabel 7 Gemiddelde watervraag van de overige landbouw (incl. viskweek) voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
N	144	Captatie VZW Natuurpunt (Rammelaars)	KDK	0.024	Jaargemiddelde onttrekking op basis van enquête (= max. onttrekking volgens PIDPA) (constant verondersteld het ganse jaar)	203883	200928
Wv-N	91	Captatie watervang nr. 36 (Den Diel)	kp3KBH-kp4KBH	0.100	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening - enkel bij extreme neerslag minder)	207288	214692
Wv-N	70	Captatie watervang nr. 26 (bevloeiing Hageven)	kp1KBH	0.167	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (slechts sporadisch een aantal uren op maximum)	221084	214737
Wv-N	71	Captatie watervang nr. 27 (bevloeiing Plateaux)	kp1KBH	0.138	Seizoenale variatie onttrekking op basis van meting 2005 en regeling watervang	221071	214740
Wv-N	72	Captatie watervang nr. 29 (bevloeiing Vloeiweiden & Liskens + voeding Grote Fosse)	kp1KBH	0.125	Seizoenale variatie onttrekking op basis van meting 2005 en regeling watervang	217985	215697
Netto gemiddelde watervraag Natuur 2002 (m³/s)				**0.554**			

Tabel 8 Gemiddelde watervraag van de sector Natuur voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
R	30	Captatie gemeentelijke visvijvers Geel	kp8KBH	0.003	Gedetailleerde tijdreeks op dagbasis berekend op basis van oppervlakte (117289 m²) en verdamping	195389	211053
R	27	Captatie VZW De Slijkvissers (voeding visvijvers)	kp10KBH	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie (< 500 m³/jaar)	189062	208522
R	14	Captatie Domein "La Garenne" 2	kp7KDS	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie (< 500 m³/jaar)	162266	220109
R	197	Captatie Domein "La Garenne" 1	kp8KDS	0.00001	Aanname zeer beperkte captatie (< 500 m³/jaar)	161724	219423
Netto gemiddelde watervraag Recreatie 2002 (m³/s)				**0.003**			

Tabel 9 Gemiddelde watervraag van de sector Recreatie voor het referentiejaar 2002

Sector	WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde/jaar in 2002 (m³/s)	Hoe in model ?	LAMB72 X	LAMB72 Y
W	142	Captatie voeding Dode beek (Scheiloop, Luiksebeek)	kp4ABK	0.041	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	201940	198780
W	162	Captatie gemeente Olen 1 (Stapkensloop-Langeloop) LO	kp5ABK	0.025	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	184711	205322
W	163	Captatie gemeente Olen 2 (Stapkensloop-Honingloop) RO	kp5ABK	0.039	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	184642	205542
W		Anti-verziltingsdebiet afwaarts Wijnegem	kp7ABK	3.00	Aanname op basis van studie (RIZA 1986)		
W	109	Lozing N.V. Mijnschade afkomstig van Vrietselbeek	kp1ZWV	-0.156	Gedetailleerde tijdreeks op maandbasis gebaseerd op de cijfers van 2004	244030	187862
W	110	Captatie N.V. Mijnschade - voeding Vrietselbeek	kp1ZWV	0.226	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	244362	189172
W	17	Captatie watervang Antitankgracht-West (RO)	kp6KDS	0.054	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	162919	220703
W	16	Captatie watervang Antitankgracht-Oost (LO)	kp6KDS	0.077	Jaargemiddelde onttrekking op basis van meting 2005 (geen variatie in bediening)	162895	220656
Netto gemiddelde watervraag Waterbeheer 2002 (m³/s)				**0.201**			

Tabel 10 Gemiddelde watervraag ten behoeve van waterbeheer voor het referentiejaar 2002

sluis	Schatting maximale toename schutdebiet door pleziervaart (m^3/s)
Lanaken	0,23
Bocholt	0,06
Lommel	0,20
Mol sluis 3	0,24
Dessel sluis 4	0,07
Herentals sluis 10	0,20
Rijkevorsel	0,03
Brecht sluis 2	0,02
Schoten sluis 10	0,06

Tabel 11 Overzicht van de maximale toename van het schutdebiet door pleziervaart aan enkele belangrijke sluizen op de Kempische kanalen.

Kanaalpand	**Lengte (km)**	**Infiltratie (m^3/s)**
kp1ABK	39.8	0.0744
kp2ABK	4.0	0.0075
kp3ABK	4.2	0.0079
kp4ABK	26.8	0.0501
kp5ABK	18.3	0.0342
kp6ABK	23.5	0.0439
KBN	2.6	0.0054
kp1ZWV	44.6	0.0923
kp2ZWV	0.5	0.0010
KBO	14.8	0.0306
kp1KBH	27.4	0.0567
kp2KBH	0.8	0.0016
kp3KBH	1.3	0.0027
kp4KBH	1.5	0.0031
KDK	15.9	0.0329
kp5KBH	1.6	0.0033
kp6KBH	4.5	0.0093
kp7KBH	2.6	0.0054
kp8KBH	3.8	0.0079
kp9KBH	2.5	0.0052
kp10KBH	9.3	0.0193
kp1KDS	38.2	0.0791
kp2KDS	14.1	0.0292
kp3KDS	0.7	0.0014
kp4KDS	0.7	0.0014
kp5KDS	0.8	0.0017
kp6KDS	0.7	0.0014
kp7KDS	0.9	0.0019
kp8KDS	2.3	0.0048
kp9KDS	2.3	0.0048
kp10KDS	1.0	0.0021
Totaal	**312**	**0.62**

Tabel 12 In het model gebruikte infiltratiewaarden voor de verschillende kanaalpanden van het kanalenstelsel

WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde / jaar in 2002 (m³/s)	Opmerking
170	Captatie Dhr. Claesen	kp1ABK	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
101	Captatie N.V. Agglo	kp2ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
102	Captatie N.V. Sadepan Chimica (koelwater)	kp2ABK		nog niet bestaande in 2002 (in 2004 450.000 m³/jaar = 0,014269 m³/s)
193	Lozing N.V. Sadepan Chimica (koelwater)	kp2ABK		nog niet bestaande in 2002 (in 2004 450.000 m³/jaar - verdamping = 0,014269 m³/s - verdamping)
194	Captatie N.V. DSM Specialty Compounds	kp2ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
103	Captatie N.V. Sumitomo Bakelite Europe	kp2ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater ?)
195	Captatie gemeentebestuur Diepenbeek	kp2ABK	0	werd afgezet in mei 2003 en sindsdien niet meer opgestart
104	Captatie N.V. Inter Beton Genk	kp2ABK	0.000359	kleine captatie (31 m³/dag in 2002)
108	Capatatie Flanders Nippon	kp3ABK	0.0017130	kleine capatatie (148 m³/dag in 2002)
105	Captatie N.V. Belgian Shell	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
106	Captatie N.V. Keramo Steinzeug	kp4ABK	0.001539	kleine captatie (133 m³/dag in 2002)
107	Captatie KHYC	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
131	Captatie Mr. Lecocq	kp4ABK	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
171	Captatie Mr. Schotman	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
133	Captatie N.V. Borealis Polymers	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
134	Captatie N.V. Tubobel	kp4ABK	0.000359	kleine captatie (31 m³/dag in 2002)
137	Captatie N.V. Pittsburgh Corning Europe	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
136	Captatie N.V. Marlux	kp4ABK	0.002176	kleine captatie (188 m³/dag in 2002)
138	Captatie N.V. Inter Beton Tessenderlo	kp4ABK	0.000347	kleine captatie (30 m³/dag)
135	Captatie N.V. Iko Sales	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
167	Captatie N.V. European Trading Gas 1 (ETG)	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
169	Captatie N.V. European Trading Gas 1 (ETG)	kp4ABK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
173	Captatie N.V. Het Goor (viskweekvijver)	kp5ABK		kleine captatie (250 m³/dag in 2000 = 0,00289 m³/s) (geen gegevens voor 2002)
157	Captatie Betonfabriek de Zandkapel	kp5ABK		nog geen captatie in 2002, maar ook kleine captatie (max. 168 m³/dag =0,0019 m³/s)
158	Captatie B.V.B.A. Transfurans Chemicals	kp5ABK	0.002315	kleine captatie (200 m³/dag in 2002)
159	Captatie N.V. Edelbeton	kp5ABK	0.000058	kleine captatie (5 m³/dag in 2002)
161	Captatie N.V. Master Foods (koeling verpakkingshal)	kp5ABK	0.000093	kleine captatie (8 m³/dag in 2002)
7	Captatie N.V. Decxkx Algemene Ondernemingen	kp6ABK	0.000035	kleine captatie (3 m³/dag in 2002)
2	Captatie N.V. Eurobeton	kp6ABK	0.000220	kleine captatie (19 m³/dag in 2002)
11	Captatie N.V. Ready Mix Belgium	kp6ABK	0.000394	kleine captatie (34 m³/dag in 2002)
	Captatie N.V. Gralex	kp1ZWV	0	3500 m³/dag in 2000, nadien gestopt
185	Captatie Mr. Spelt C.E.	kp1ZWV	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
113	Captatie Mr. Matthijsen	kp1ZWV	0.000016	voeding amfibiënpoel met hevel, slechts opgestart in 2004 - veronderstelt zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
112	Voeding Oude kanaalarm Lanklaar	kp1ZWV		wat hierlangs wordt ingelaten wordt via de Lossing (9645) naar de Vrietselbeek gevoerd
	Captatie watervang nr. 1 (SLL)	kp1ZWV	0	nog niet in gebruik
183	Captatie N.V. Lag Trailers	kp1ZWV	0.000058	kleine captatie (5,04 m³/dag in 2002)
	Captatie vispaaiplaats Bree + overloop voor voeding Oud Kanaal	kp1ZWV	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
	Captatie Gemeente Bocholt (voeding Oud Kanaal)	kp1ZWV	0.000793	kleine captatie (25.000 m³/jaar=68,5 m³/dag)
	Captatie watervang nr. 7	kp2ZWV	0	niet meer in gebruik
	Captatie watervang nr. 13	kp1KBH	0	niet meer in gebruik
	Captatie watervang nr. 14	kp1KBH	0	niet meer in gebruik
	Captatie watervang nr. 23 (N.V. Umicore - Overpelt)	kp1KBH	0	niet meer in gebruik
	Lozing N.V. Umicore - Overpelt	kp1KBH	0	niet meer in gebruik
	Captatie watervang nr. 24 (N.V. Umicore - Overpelt)	kp1KBH	0	niet meer in gebruik
	Captatie watervang nr. 32	kp1KBH	0	niet in gebruik
191	N.V. G.T.	KBO	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
82	Captatie N.V. Praxair	KBO	0.001308	kleine captatie (113 m³/dag in 2002)
85	Captatie N.V. Omnichem	KBO	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
86	Captatie Fam. Van Hoof - Willems	KBO	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
89	Captatie Mr. Boa A.	KBO	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
90	Captatie Lido (Jachtclub Leopoldsburg)	KBO	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
92	Captatie N.V. SCR Sibelco - Dessel (aftak sl 4)	kp5KBH	0.000016	beperkt gebruik, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
28	Captatie visvijver opw. sluis 5	kp5KBH	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
149	Lozing N.V. SCR Sibelco - Dessel 2	stroomgeb		lozing in vijver, niet in kanaal (7.200 m³/dag = 0.083 m³/s)
196	Captatie N.V. SCK (koelwater)	kp6KBH		1153 m³/dag in 2002 (met teruglozing)
175	Captatie Mr. Van Wesemael E.	kp8KBH	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
176	Captatie Mr. Van Roosbroeck D.	kp8KBH	0.000016	beperkt gebruik, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
	Captatie N.V. Bloemmolens Geel	kp9KBH	0	niet meer in gebruik
22	Captatie N.V. Eigen Haard (Bouwmaatschappij)	kp10KBH	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
	Captatie B.V.B.A. Van Hoof 2	kp10KBH	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar) (enkel verdamping vijver)
21	Captatie B.V.B.A. Van Hoof 1	kp10KBH	0.000185	kleine captatie (16 m³/dag in 2002)
150	Captatie N.V. Kempenglas	KDK	0.000602	kleine captatie (52 m³/dag in 2002)
152	Lozing N.V. Kempenglas	KDK	-0.000590	verondersteld 2% verdamping
	Captatie N.V. Transportbeton Vos-Leysen	KDK	0.000069	kleine captatie (6 m³/dag)
146	Captatie gemeentebestuur Balen gracht Pastorij	KDK	0.001000	kleine captatie (86,4 m³/dag in 2002)
180	Captatie Mr. Wijckmans R.	KDK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
143	Captatie Mr. Wijckmans R.	KDK	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)

Tabel 13 Niet in het model opgenomen captaties en onttrekkingen.

WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Daggemiddelde / jaar in 2002 (m³/s)	Opmerking
192	Captatie Mr. Van Den Bergh R. (visvijver)	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
38	Captatie Afdeling Natuur (= watervang 49bis)	kp1KDS	0.000016	zit vervat in watervang nr 50
40	Captatie vissersclub De Loze Visser	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
42	Captatie Mr. Verdonck (voeding viskweekvijver)	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)onder normale omstandigheden
43	Captatie N.V. Ravago Plastics 1	kp1KDS	0.000016	beperkt gebruik, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar) (bluswater)
189	Captatie NV. Mols L.	kp1KDS	0.000007	zeer kleine captatie (0,63 m³/dag)
190	Captatie Mr. Van Gestel	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
44	Captatie Mr. Oeyen L.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
45, 46	Captatie Mr. Boudeweyns F. & Mvr. Jacobs L.	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
47, 48	Captatie Mr. Geudens D. & Mr. Laenen R.	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
49	Captatie N.V. Ravago Plastics 2	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
53	Captatie N.V. Ravago Plastics 3	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
54	Captatie Blockx Louis Nieuwe en gebruikte zaken	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
	Captatie N.V. De Valk	kp1KDS		captatie gestopt (failliet) - watervang overgenomen
56	Captatie Mr. Huybregts P.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
55	Captatie Mr. Van der Vleuten H.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
58	Captatie N.V. Ter Beuken	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
59	Captatie Mvr. Van Deun M.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
60	Captatie gemeentebestuur Oud-Turnhout	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
61	Captatie Mr. Dickens L.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
62	Captatie Mr. Van Gils A.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
63	Captatie N.V. Savekouls Beton	kp1KDS	0.000046	kleine captatie (4 m³/dag in 2002)
64	Captatie Mr. Paeshuyse J.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
65	Captatie Mr. Van Gils R.	kp1KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
66	Captatie Mr. Devroede Stubois A.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
67	Captatie Mr. Goffart G.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
68	Captatie Fam. Nuyens - Van Gils	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
69	Captatie Mr. Ceulemans J.	kp1KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
20	Captatie N.V. Ebema Beton Rijkevorsel	kp2KDS	0.000220	kleine captatie (19 m³/dag in 2000)
19	Captatie N.V. Janssens en zonen	kp2KDS	0.002025	kleine captatie (175 m³/dag)
18	Bevloeiing oude kleiput Brecht	kp4KDS	0.000016	geen gevens, verondersteld zeer klein captatie (< 500 m³/jaar)
	Lozing Intercommunale Igean			zeer klein (afpomping grondwater onder stort)
13	Captatie N.V. Wirtz Tuinarchitectuur	kp8KDS	0.000016	zeer kleine captatie (< 500 m³/jaar)
12	Captatie N.V. ABS Wegenbouw	kp9KDS	0.000116	kleine captatie (10 m³/dag)
Netto gemiddelde watervraag ontbrekende gebruikers 2002 (m³/s)			**0.016**	

Tabel 13 Niet in het model opgenomen captaties en onttrekkingen. (vervolg)

WF_ID	Beschrijving waterflux	Kanaalpand	Opmerking	LAMB72X	LAMB72Y
	Monding Hezerwater	kp1ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	239276	171807
	Monding Zusterkloosterbeek + drainage dijk RO opw sluis Hasselt	kp4ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	219734	181702
	Monding Luikse Beek	kp5ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	201385	199065
	Monding Oversteenseloop (gracht)	kp5ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	199328	199609
	Monding Schaffelare Gestelloop	kp5ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	199328	199609
	Overstort RWZI Lommel	kp1KBH	bij hevige neerslag	220725	214794
	Overstort CenterParcs Vossemeren	kp1KBH	bij hevige neerslag	216305	216216
	Afwatering wijk Heideheuvel - Lommel	kp1KBH	bij hevige neerslag	216268	216188
	Monding Klagloop + centrum Lommel	kp1KBH	in de zomer normaal geen debiet	215400	216460
	Afwatering industrieterrein Maatheide + monding Ritreiienloop	kp1KBH	bij hevige neerslag	212238	215686
	Vispaaiplaats Lommel	kp1KBH	enkel verdamping		
	Afwatering terrein N.V. Klaps	kp1ZWV	afvoer hemelwater	242529	199555
	Afwatering terrein N.V. Oeterbeton 1	kp1ZWV	afvoer hemelwater	242395	199935
	Afwatering terrein N.V. Oeterbeton 2	kp1ZWV	afvoer hemelwater	242556	200138
	Vispaaiplaats Geel		enkel verdamping	191267	209476
	Monding Maatheideloop + wijk Hezemeer Lommel	KBO	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	210336	213212
	Afwatering veebedrijf Matthijsen-Van Dijck + velden Brecht		voornamelijk bij hevige neerslag	167099	223385
	Monding langsgracht		wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	164536	221742
	Monding of Overstort Kijkverdrietloop ?		overloop beek + grachtenstelsel ?	196384	227315
	Afwatering Parking Aldi - N.V. Intervest Retail ?		afvoer hemelwater	164064	221443
	Lozing riolering van weg + monding Lossing	kp1ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	239361	173477
	Monding St-Jansloop + Stapkensloop	kp6ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	182406	206505
	Terugloop Stapkensloop-Honingloop (RO Olen)	kp6ABK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	184317	205668
155	Overstort Kleinbroekbeek (Halfwegloop)	kp5ABK	bij hevige neerslag	198188	199932
151	Monding gracht (terugvloei watervang nr. 53) + Lozing N.V. Kempenglas	KDK	wellicht droogvallend tijdens droogteperiode	205078	209815
	Overstort Geeploop gemeente Balen	KDK	bij hevige neerslag	204694	206689
	Overstort gracht (VHAG 8788) gemeente Balen	KDK	bij hevige neerslag	204590	205874
93	Terugvloei captatie watervang nr. 36 (Den Diel)	kp4KBH	verondersteld dat het water niet tot aan de terugvloei geraakt tijdens droogteperiode	206433	214395
36	Terugvloei Postelsvaartje	kp1KDS	verondersteld dat het water niet tot aan de terugvloei geraakt tijdens droogteperiode	205176	216049
37	Overstort Postelsvaartje	kp1KDS	enkel bij hevige neerslag, onder normale omstandigheden stort over in Zwarte Neet, niet in kanaal	204616	218606
	Afwatering gemeente Brecht		afvoer hemelwater tussen Brechtse baan en Kanaal bij hevige neerslag	164095	221457
	Afwatering langsgracht + Brechtse baan			160371	217761
4	Lozing N.V. LU General Biscuits België 1	kp6ABK	afvoer hemelwater	180191	207319
	Vispaaiplaats Bocholt	kp1ZWV	enkel verdamping	233701	209250

Tabel 14 Overige niet in het model opgenomen waterfluxen.

Ongedeelde Maasafvoer Monsin (m^3/s)	Julianakanaal te Bunde (m^3/s)	ZuidWillemsvaart te Lozen (m^3/s)	Toegestane Vlaams watergebruik (m^3/s)
> 130	25	10	35
100 tot 130	25 - ((130-QMonsin)/3)	10	35 - ((130-QMonsin)/3)
60 tot 100	15	10	25
55 tot 60	15	10 - ((60-QMonsin)/2)	25 - ((60-QMonsin)/2)
50 tot 55	15 - ((55-QMonsin)* 1/10)	7,5 - ((55-QMonsin)*4/10)	25 - ((60-QMonsin)/2)
40 tot 50	14,5 - ((50-QMonsin)/2)	5,5	25 - ((60-QMonsin)/2)
35 tot 40	9,5 - ((40-QMonsin)*4/10)	5,5 - ((40-QMonsin)*1/10)	25 - ((60-QMonsin)/2)
30 tot 35	7,5 - ((35-QMonsin)/2)	5	12,5 - ((QMonsin)/3)
25 tot 30	5 - ((30-QMonsin)*2/15)	5 - ((30-QMonsin)*3/15)	QMonsin/3
20 tot 25	4	4,333 - ((25-QMonsin)/3)	QMonsin/3
15 tot 20	4 - ((20-QMonsin)/3)	2,6666	QMonsin/3

Tabel 15 Gebruikte waterverdelingsregels voor het Nederlands en Vlaams gebruik op basis van het Maasverdrag van 1995.

	simulatie 15 min	Sluisboek	simulatie 30 min
# schepen via MS	1434	1293	1052
# schepen via NS	1404	1311	1123
# schepen via DS	2051	2285	2714

Tabel 16 Aantal schepen die via een bepaalde sluis werden verschut met de gedetailleerde schut-module in vergelijking met de werkelijke bediening aan de sluis van Ham.

Effect extra wachttijd Olen + Ham	+ 15 min	+ 30 min	+ 45 min	+ 60 min
Procentuele daling watergebruik schuttingen	18.9	24.0	27.7	28.6
Extra kost wachttijd (€/dag)	183	583	988	1313

Tabel 17 Effect van een extra (maximale) wachttijd van 15 tot 60 minuten en het uitkijken naar mogelijke neutrale schuttingen op het schutdebiet.

pompcapaciteit (m^3/s)	Sluis Olen	Sluis Ham
	gem. besparing	gem. besparing
4	3.41	3.35
5	4.22	4.18
6	5.03	5.01
7	5.84	5.84
8	6.65	6.66
9	7.45	7.46
10	8.23	8.22
11	8.97	8.95
12	9.64	9.61
13	10.23	10.16
14	10.76	10.64
15	11.18	11.02
16	11.48	11.27
17	11.65	11.43
18	11.78	11.51
19	11.88	11.52
20	11.94	11.52

Tabel 18 Effectiviteit van de geïnstalleerde pompcapaciteit.

Daggemiddelde kost stop^zetting scheepvaart		
Sluis	Weekdag	Zondag
Ham	177221€	5150€
Olen	179548€	8265€
Gemiddelde	178385€	6707€

Tabel 19 Daggemiddelde kost van het stopzetten van de scheepvaart op het Albertkanaal voor de sluizen te Ham en Olen.

	Meetpost	Simulatie
MIN	-4.92	-1.47
MAX	32.73	29.15
GEM	18.72	15.43
STDEV	7.17	5.47
Correlatiecoëfficiënt		0.88

Tabel 20 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Kanne.

	TapGenk	SimulatieGenk
MIN	0.00	0.00
MAX	14.90	7.79
GEM	4.59	2.46
STDEV	3.01	1.79

	TapHam	SimulatieHam
MIN	0.00	0.00
MAX	18.72	6.48
GEM	6.08	1.75
STDEV	3.06	1.62

	TapOlen	SimulatieOlen
MIN	0.00	0.00
MAX	17.12	7.12
GEM	2.89	1.11
STDEV	2.95	1.43

Tabel 21 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen berekende en gesimuleerde tijdreeksen op dagbasis van de tap aan de sluiscomplexen van Genk, Ham en Olen.

	Tap Genk	Simulatie Genk
MIN	0.64	0.89
MAX	9.10	1.77
GEM	4.59	2.46
STDEV	1.66	0.69

	Tap Ham	Simulatie Ham
MIN	1.96	0.52
MAX	13.26	3.47
GEM	6.03	1.75
STDEV	1.91	0.55

	Tap Olen	Simulatie Olen
MIN	0.00	0.27
MAX	9.84	2.59
GEM	2.89	1.11
STDEV	1.86	0.43

Tabel 22 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen berekende en gesimuleerde tijdreeksen op weekgemiddelde basis van de tap aan de sluiscomplexen van Genk, Ham en Olen.

	Meetpost	Simulatie
MIN	9.95	7.78
MAX	17.31	16.61
GEM	14.78	15.44
STDEV	1.19	1.11
Correlatiecoëfficiënt		0.3598

Tabel 23 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Smeermaas.

	Meetpost	Simulatie
MIN	5.89	8.00
MAX	10.01	9.25
GEM	8.40	8.13
STDEV	0.87	0.11
Correlatiecoëfficiënt		0.0523

Tabel 24 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Lozen.

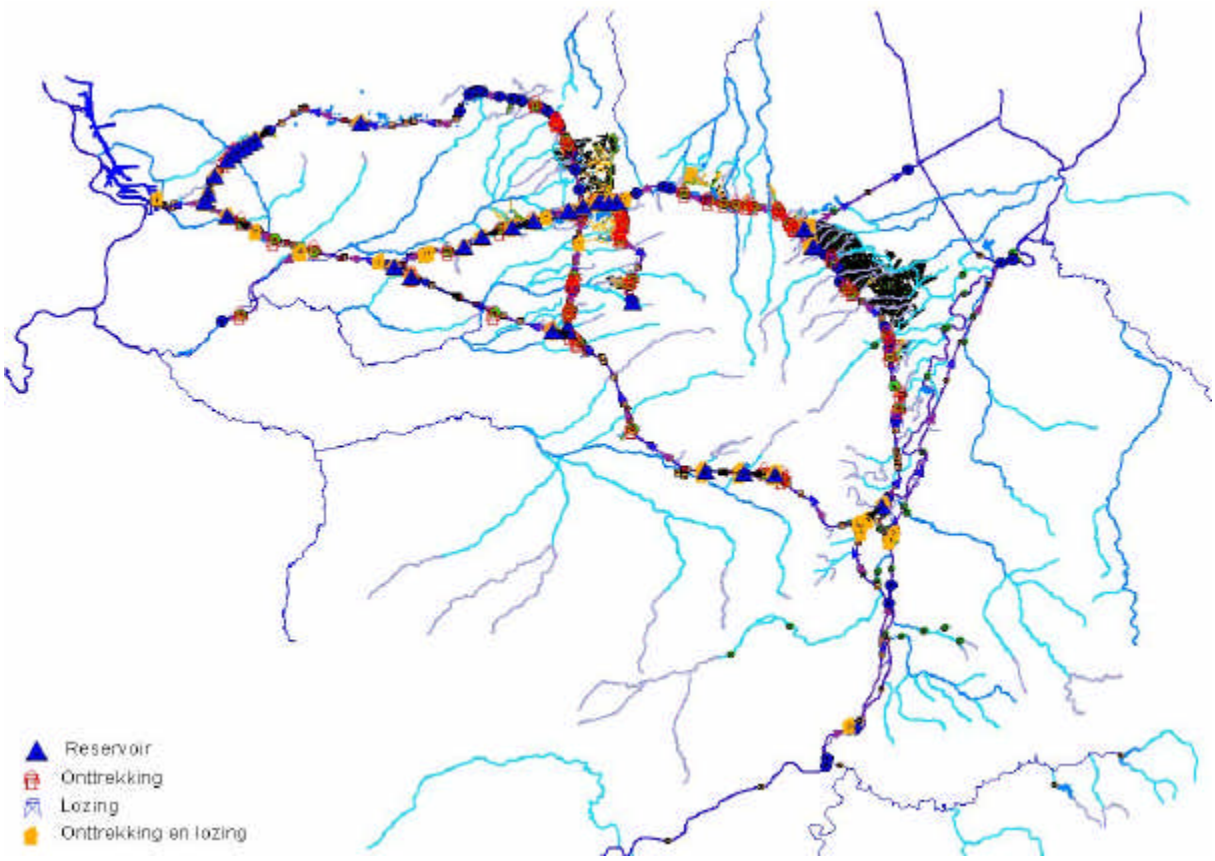
	Meetpost	Simulatie
MIN	4.91	4.50
MAX	9.59	6.31
GEM	6.85	5.66
STDEV	0.89	0.32
Correlatiecoëfficiënt		-0.2970

Tabel 25 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks te Lommel.

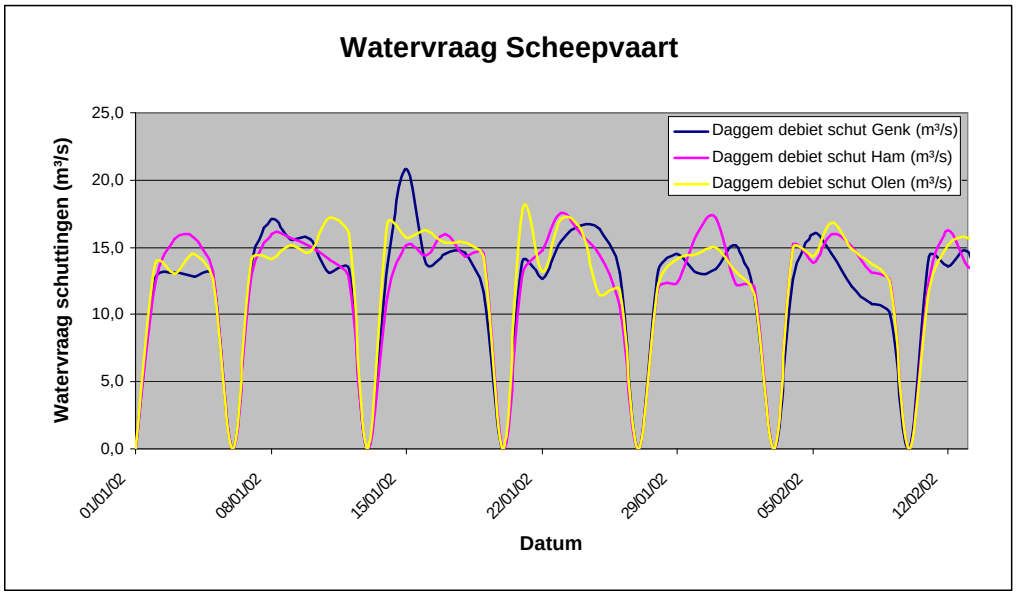
	Meetpost	Simulatie
MIN	0.55	4.41
MAX	38.17	29.46
GEM	24.88	22.50
STDEV	7.17	5.32
Correlatiecoëfficiënt		0.8554

Tabel 26 Vergelijking van enkele eenvoudige statistische parameters tussen gemeten en gesimuleerde tijdreeks van de totale Vlaamse watervraag

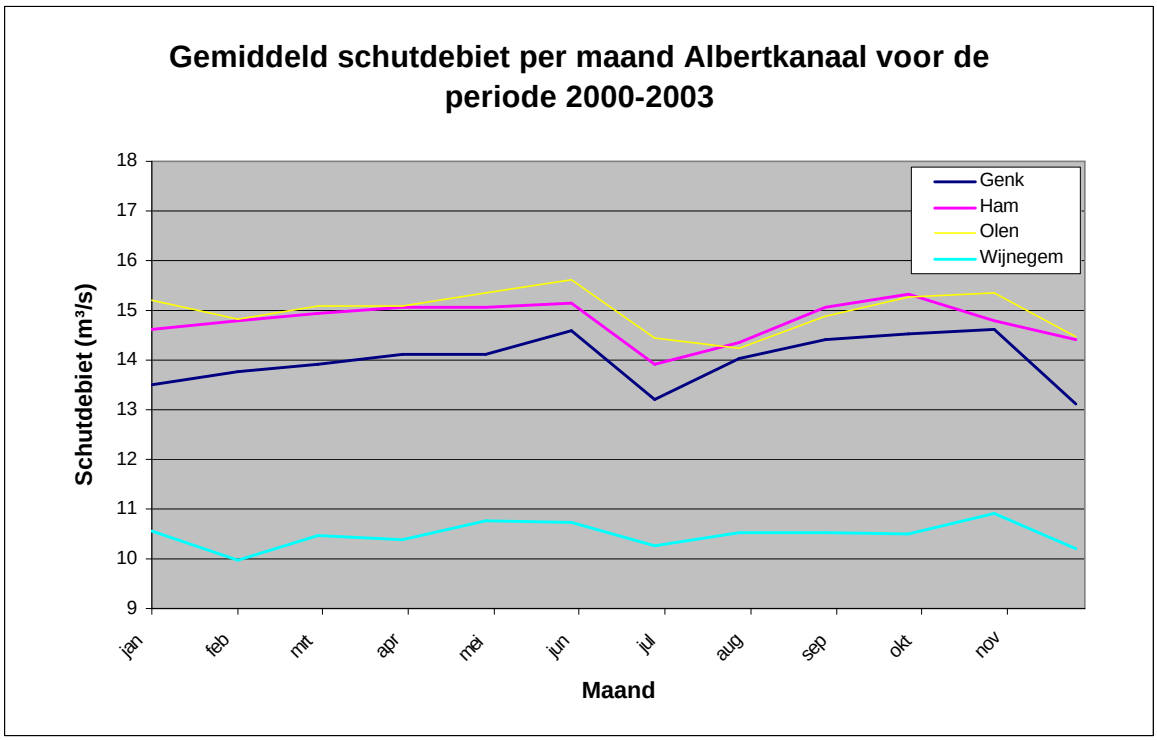
FIGUREN



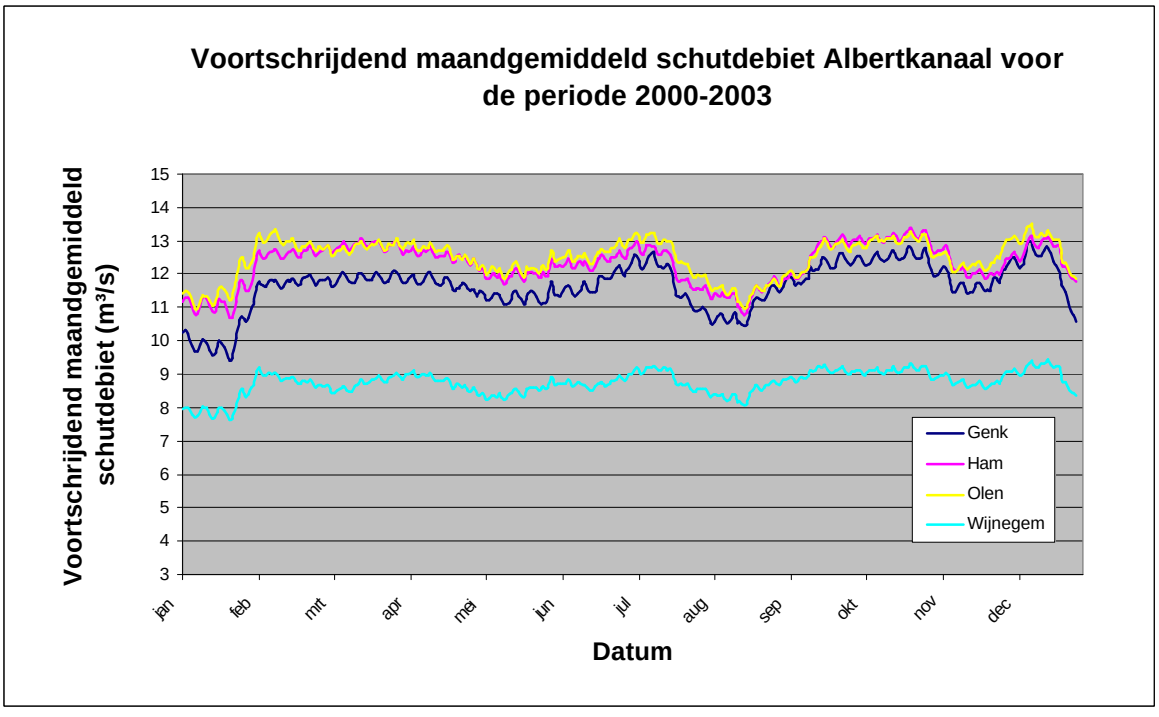
Figuur 1 *Mike Basin model netwerk van het kanalenstelsel van het Albertkanaal en de Kempische kanalen*



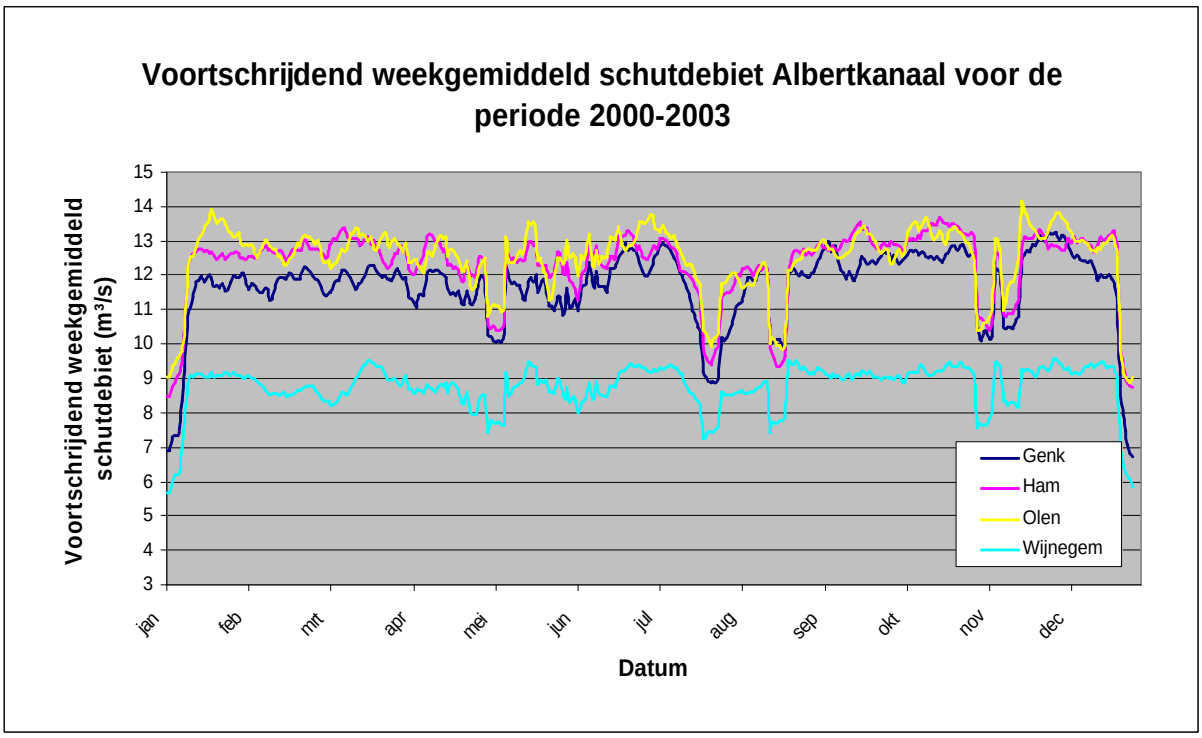
Figuur 2 *Verloop van het daggemiddelde schutdebiet voor de sluiscomplexen Genk, Ham en Olen op het Albertkanaal, over een periode van enkele weken in 2002.*



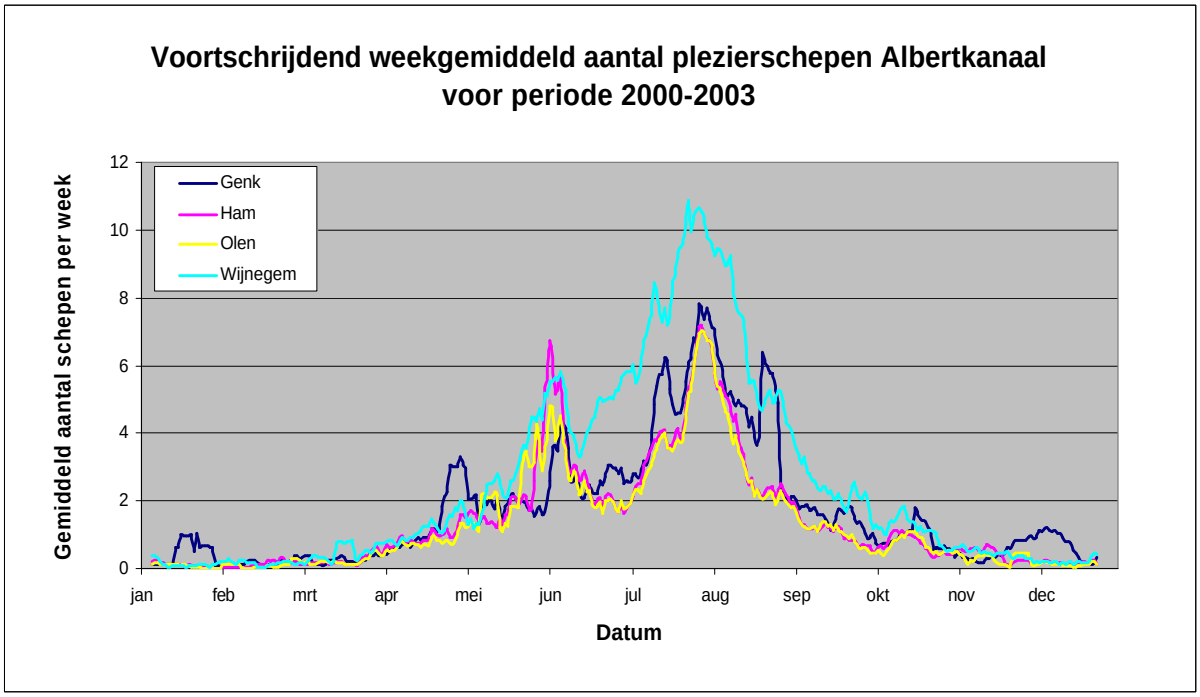
Figuur 3 *Verloop van het maandgemiddelde schutdebiet (excl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



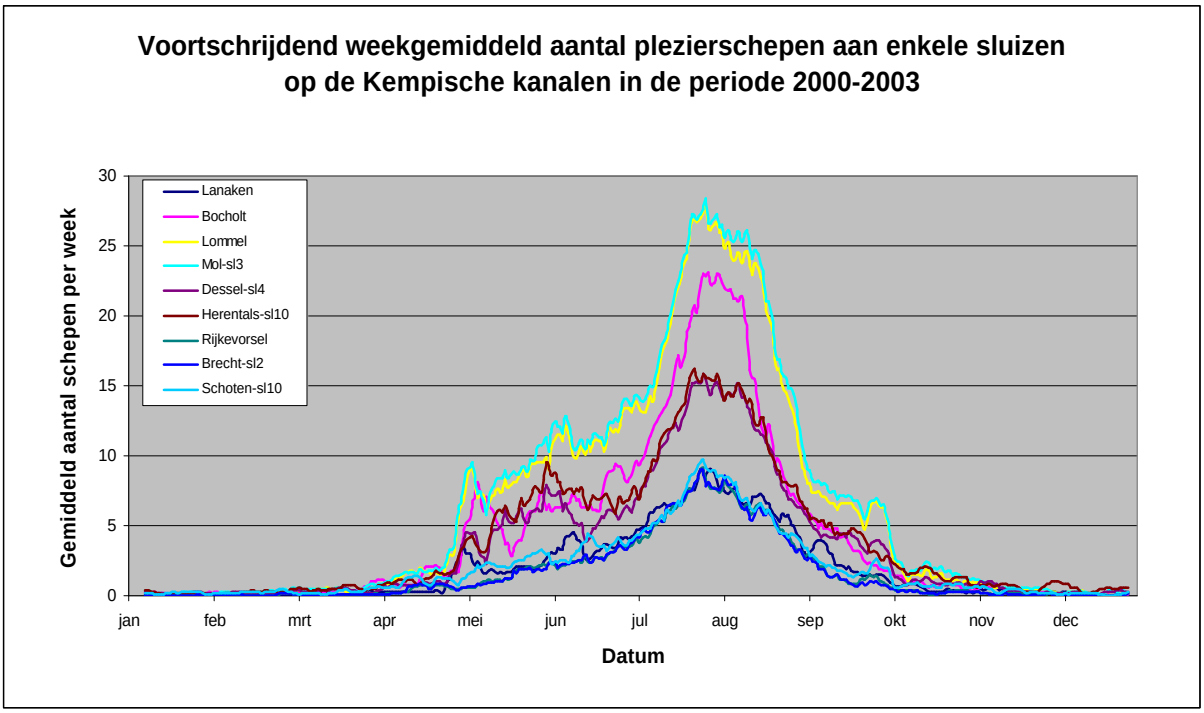
Figuur 4 *Verloop van het voortschrijdende maandgemiddelde schutdebiet (incl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



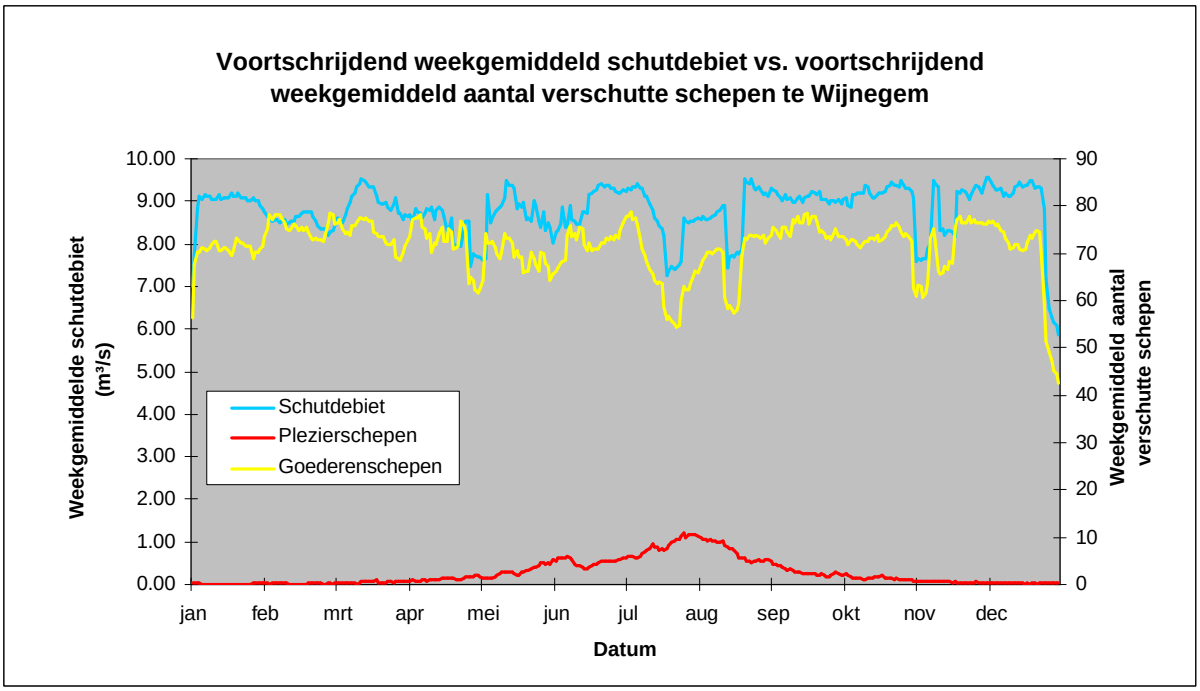
Figuur 5 *Verloop van het voortschrijdende weekgemiddelde schutdebiet (incl. zon- en feestdagen) voor de sluiscomplexen Genk, Ham, Olen en Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



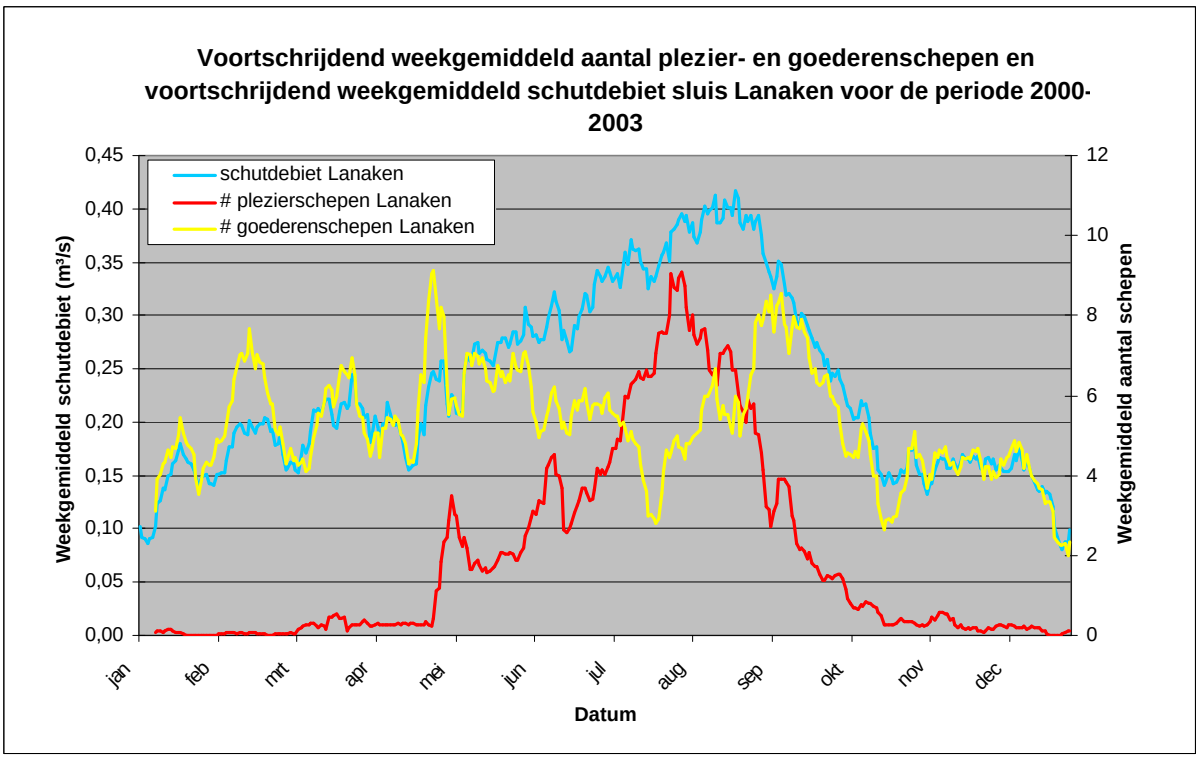
Figuur 6 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezierschepen voor enkele sluiscomplexen op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



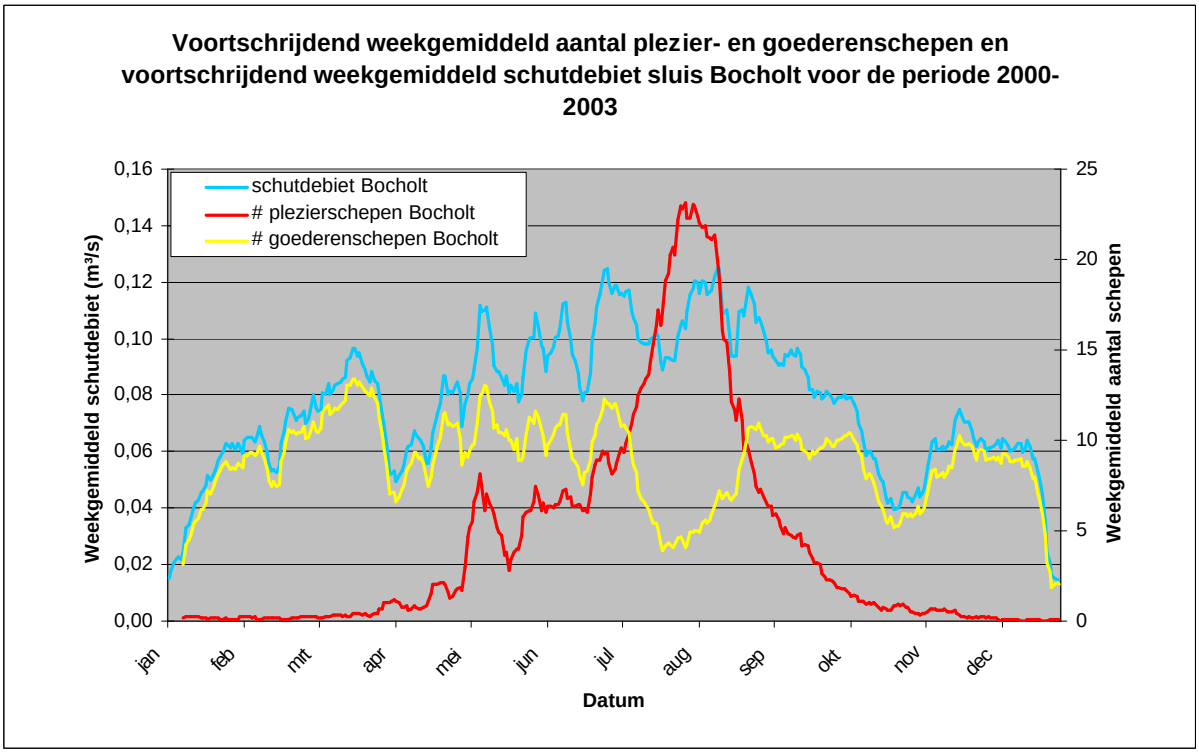
Figuur 7 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezierschepen voor enkele sluizen op de Kempische kanalen, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



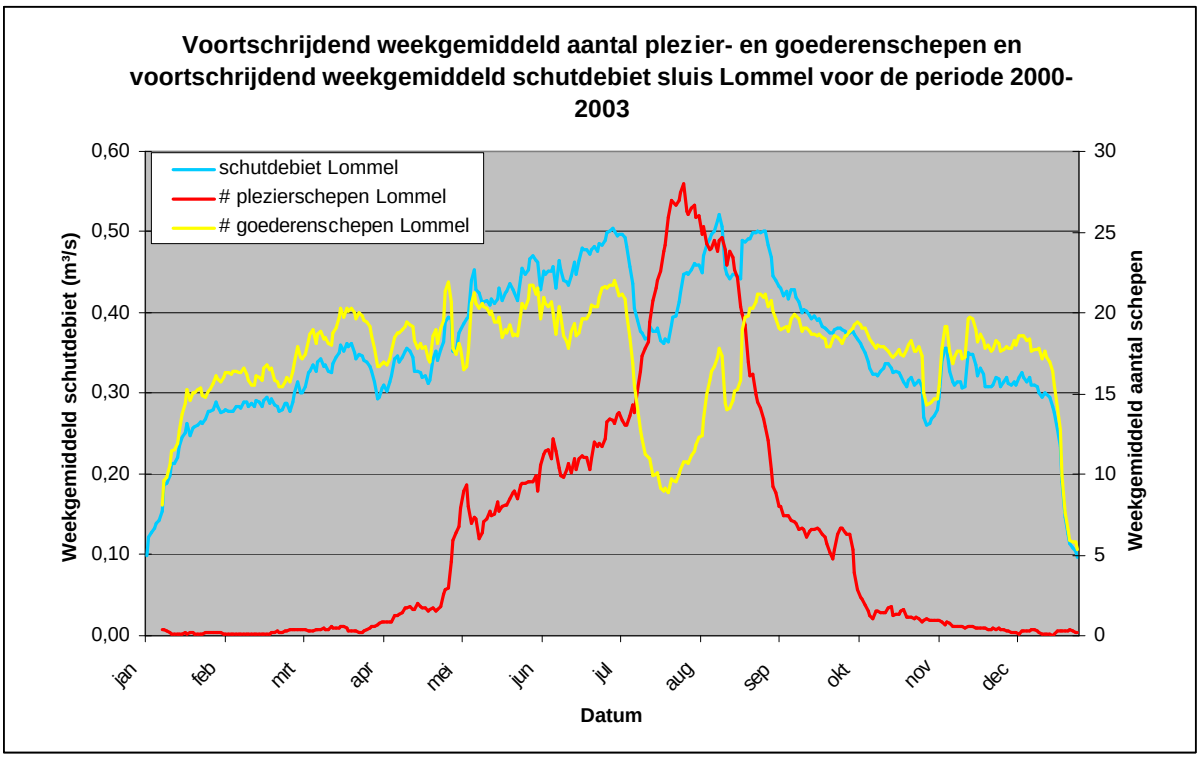
Figuur 8 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Wijnegem op het Albertkanaal, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



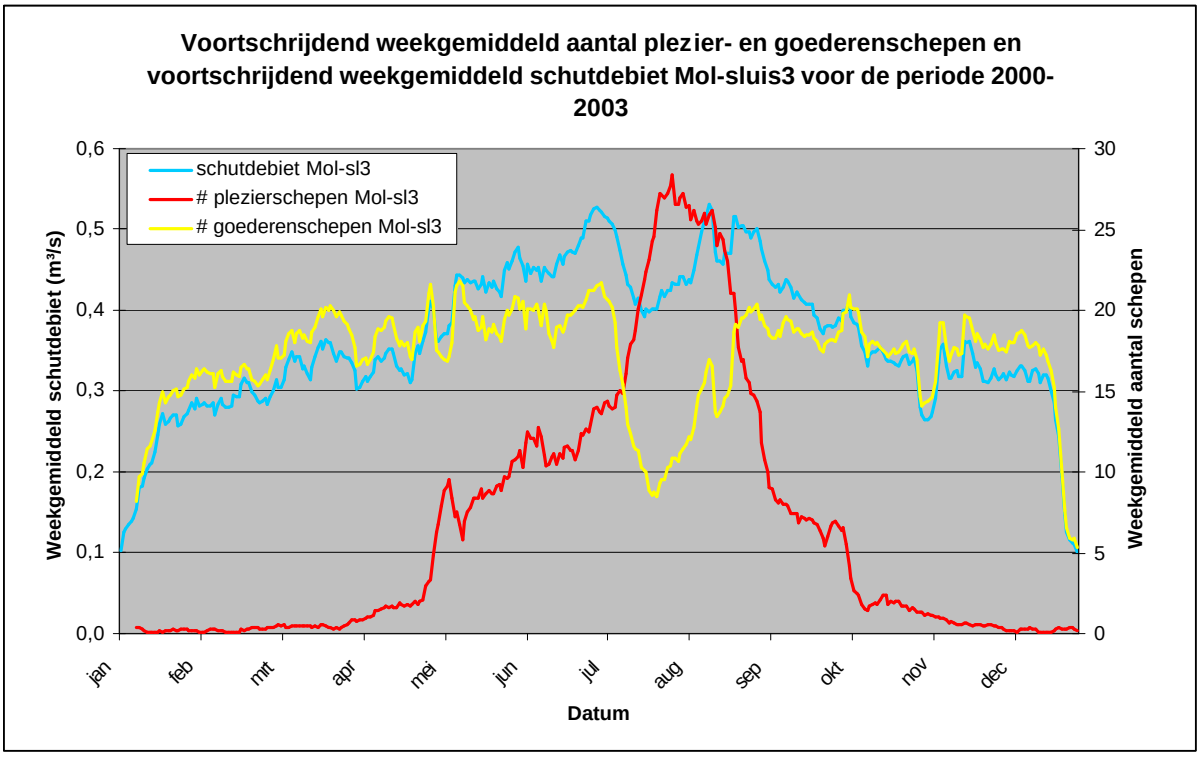
Figuur 9 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Lanaken op het Kanaal Briegden-Neerharen, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



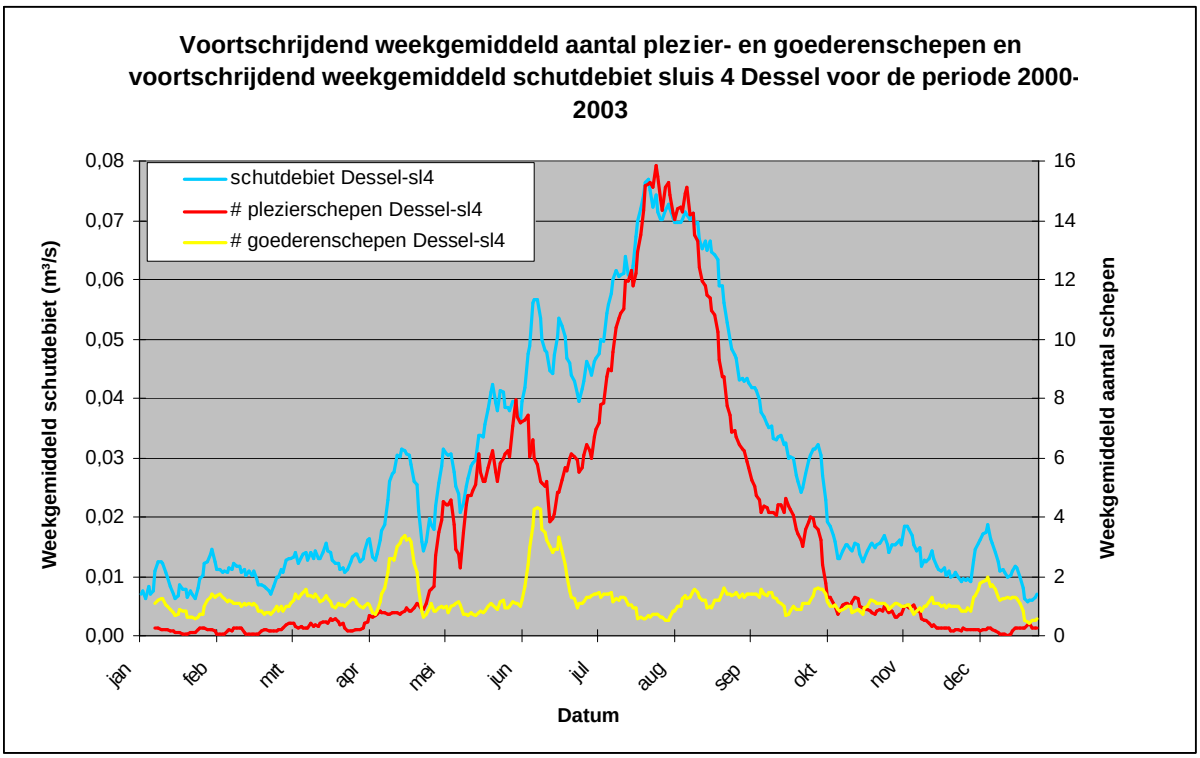
Figuur 10 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Bocholt op de Zuid-Willemsvaart, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



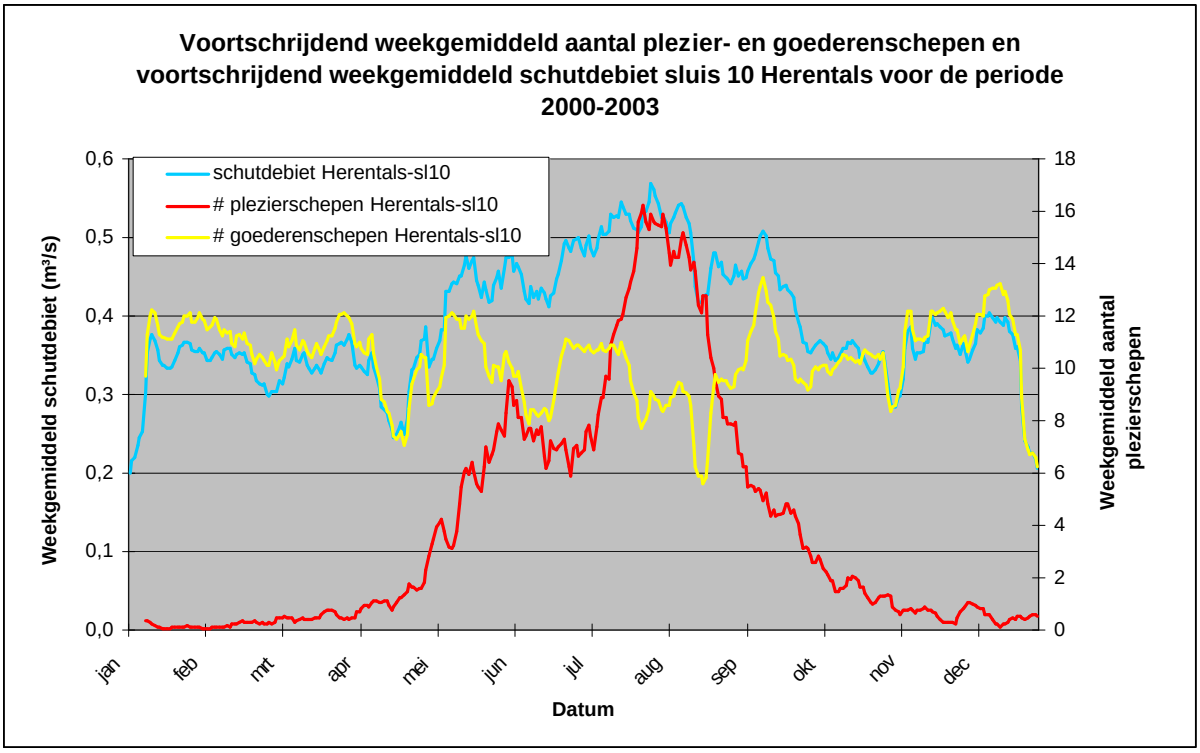
Figuur 11 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor de sluis te Lommel op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



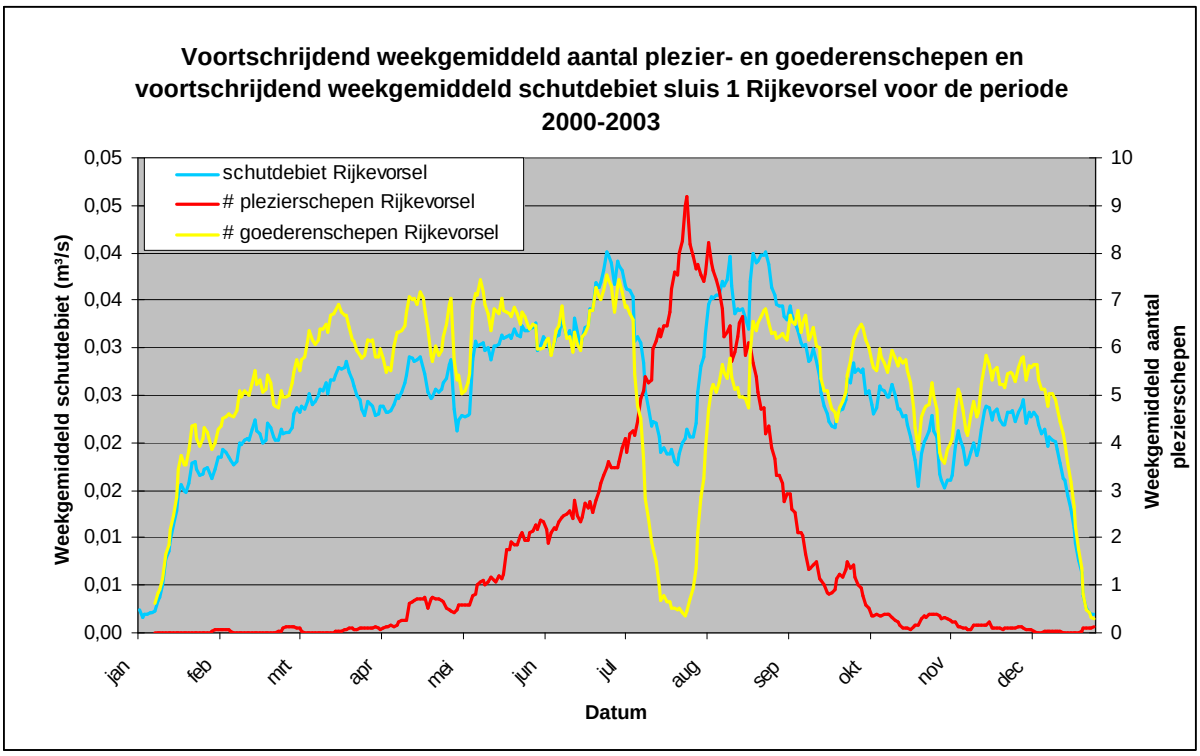
Figuur 12 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 3 te Mol op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



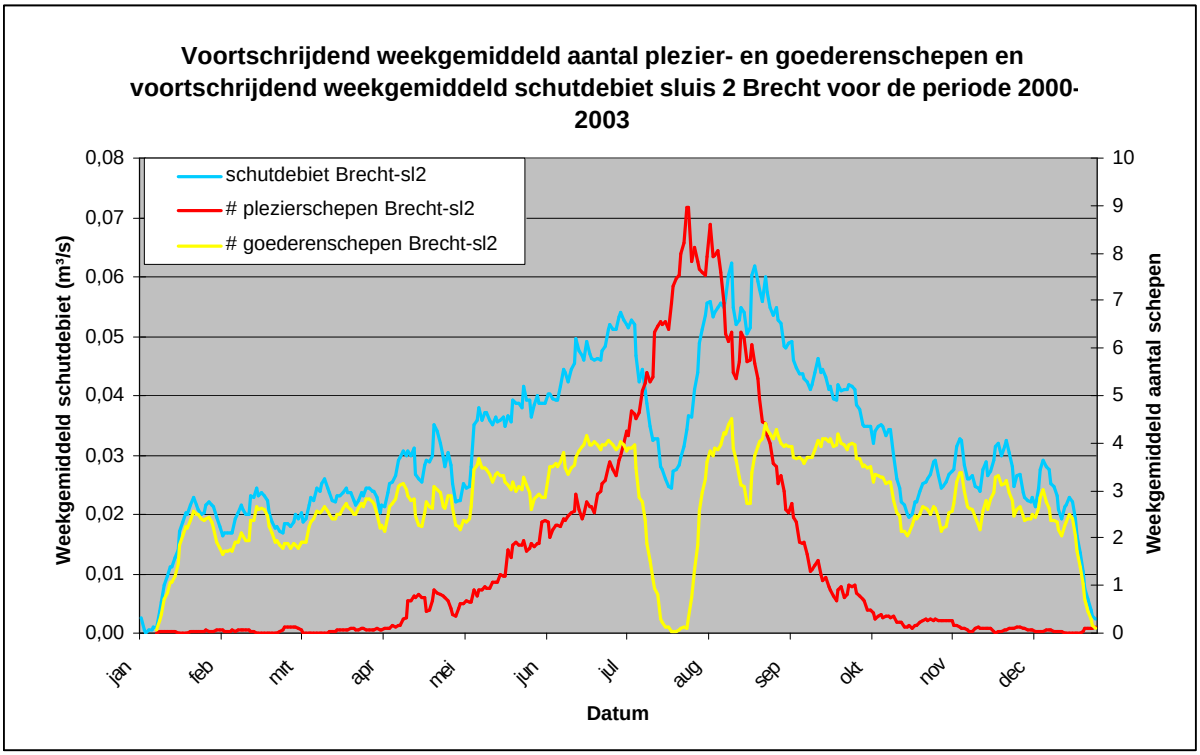
Figuur 13 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 4 te Dessel op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



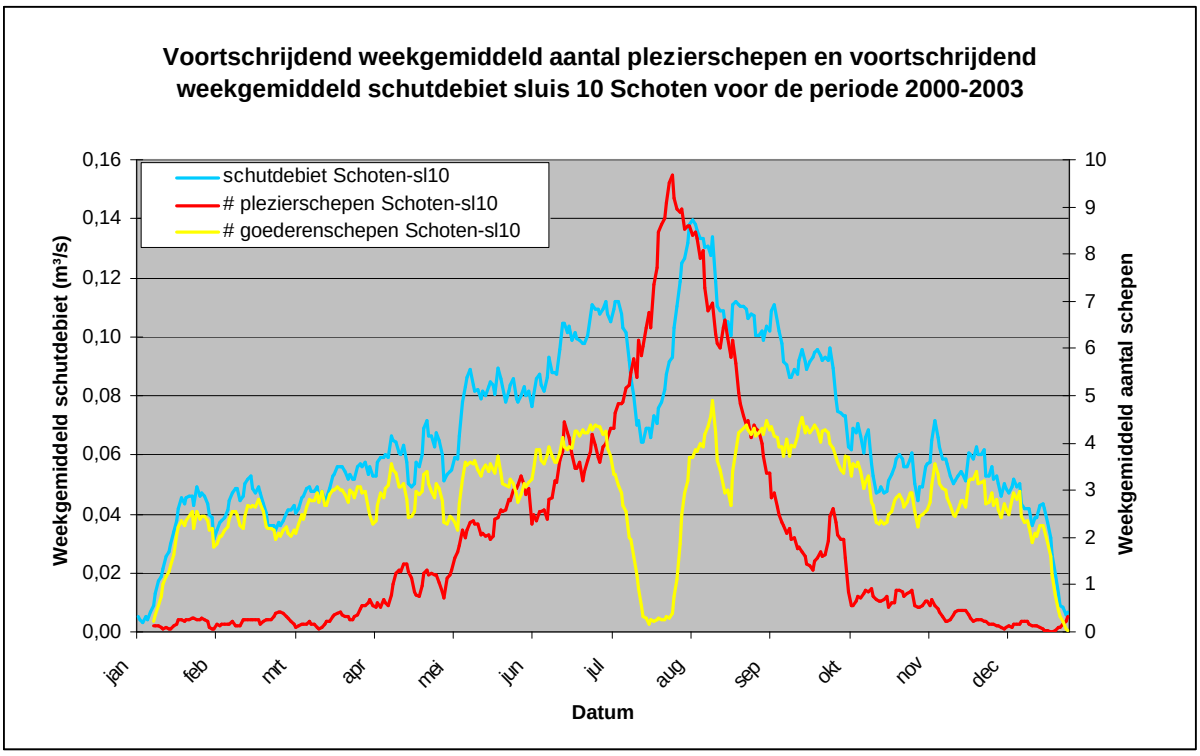
Figuur 14 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 10 te Herentals op het Kanaal Bocholt-Herentals, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



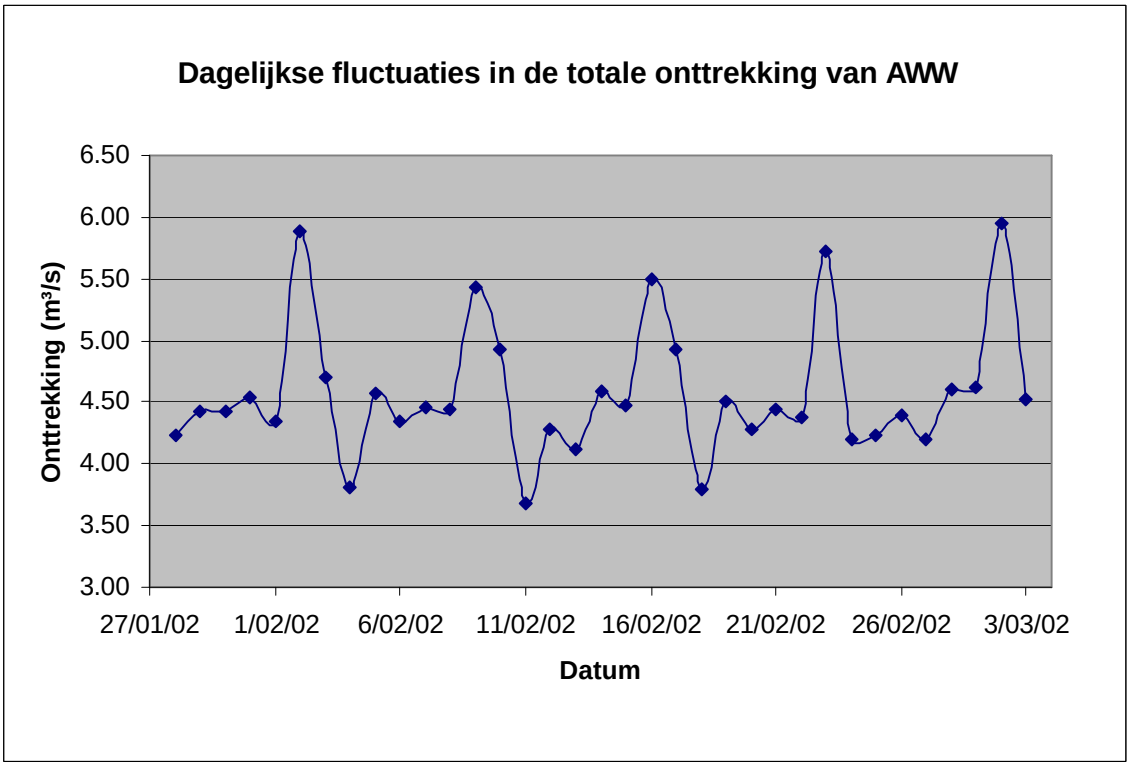
Figuur 15 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 1 te Rijkevorsel op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



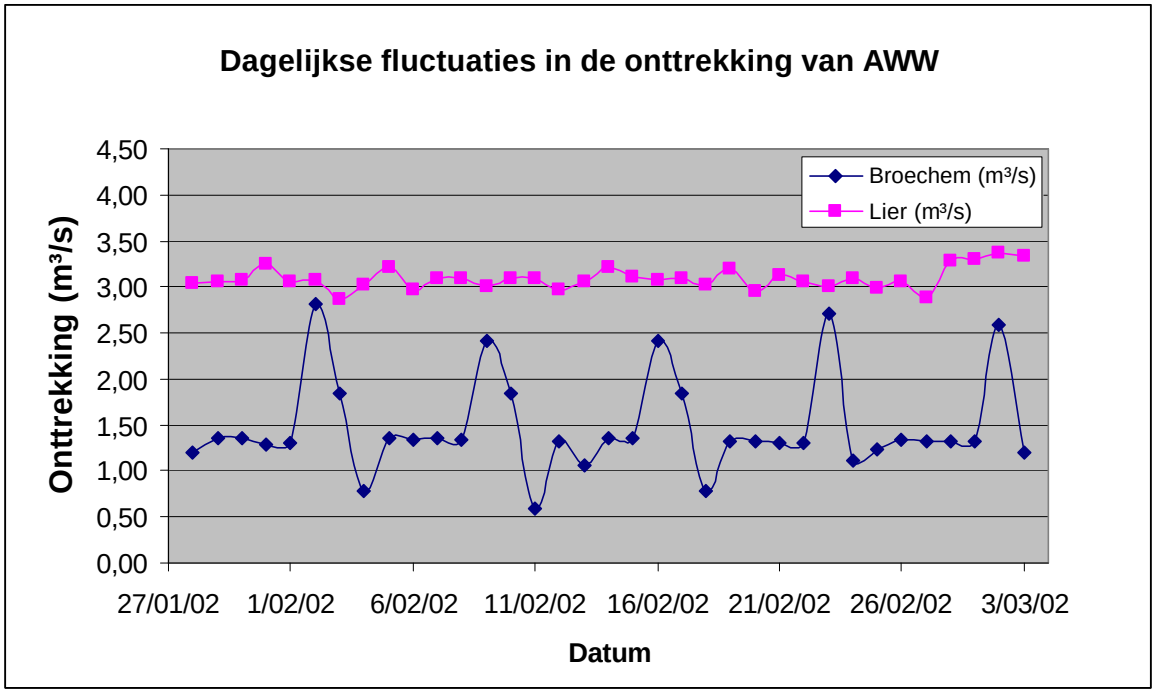
Figuur 16 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 2 te Brecht op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



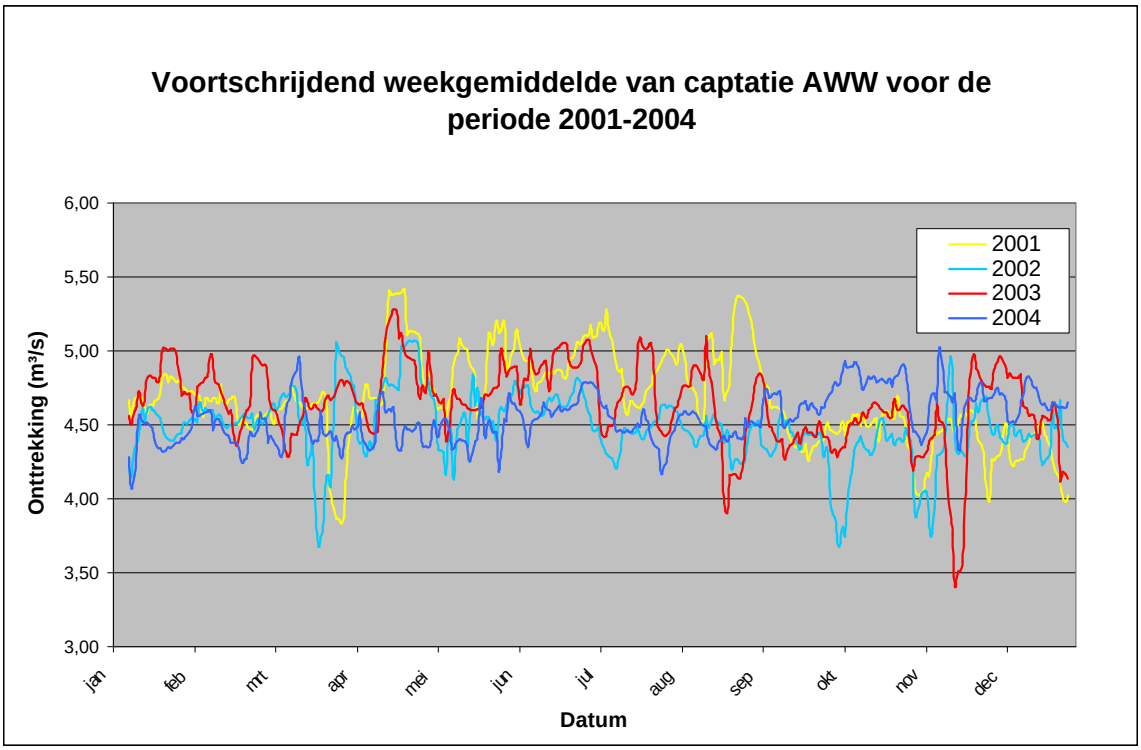
Figuur 17 *Verloop van het voortschrijdend weekgemiddeld aantal verschutte plezier- en goederenschepen ten opzichte van het voortschrijdend weekgemiddelde schutdebiet voor sluis 10 te Schoten op het Kanaal Dessel-Schoten, uitgemiddeld over de periode 2000 tot 2003.*



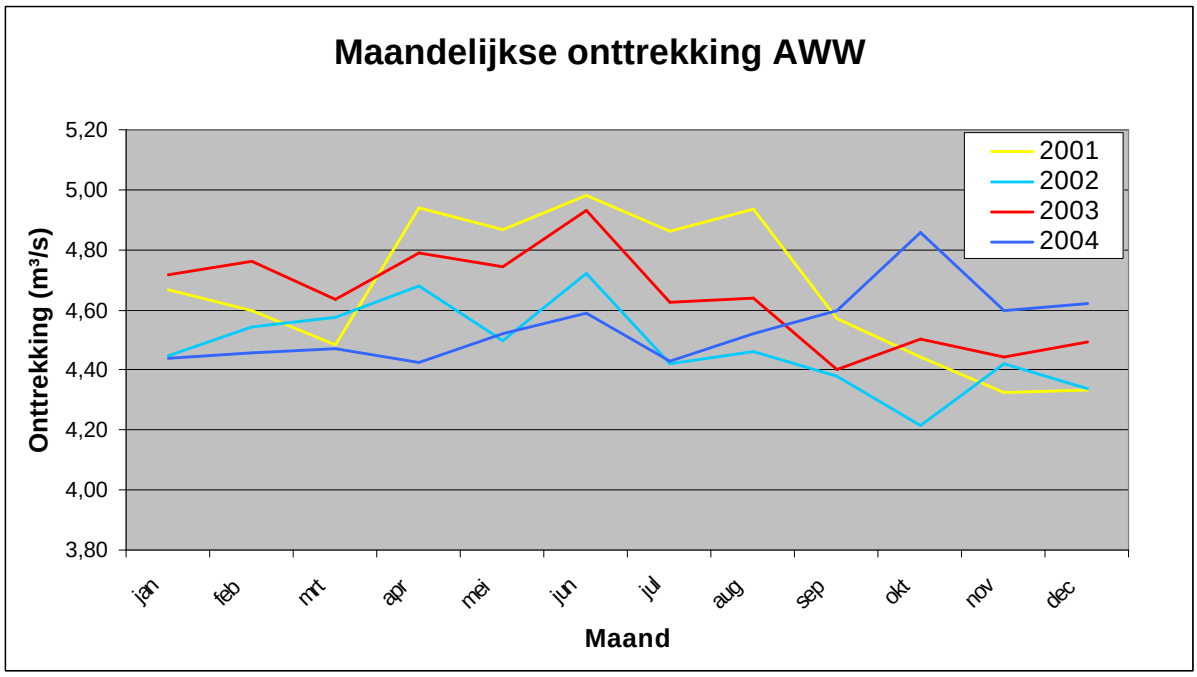
Figuur 18 *Overzicht van de dagelijkse variatie in de totale onttrekking van AWW, over een periode van enkele weken in 2002.*



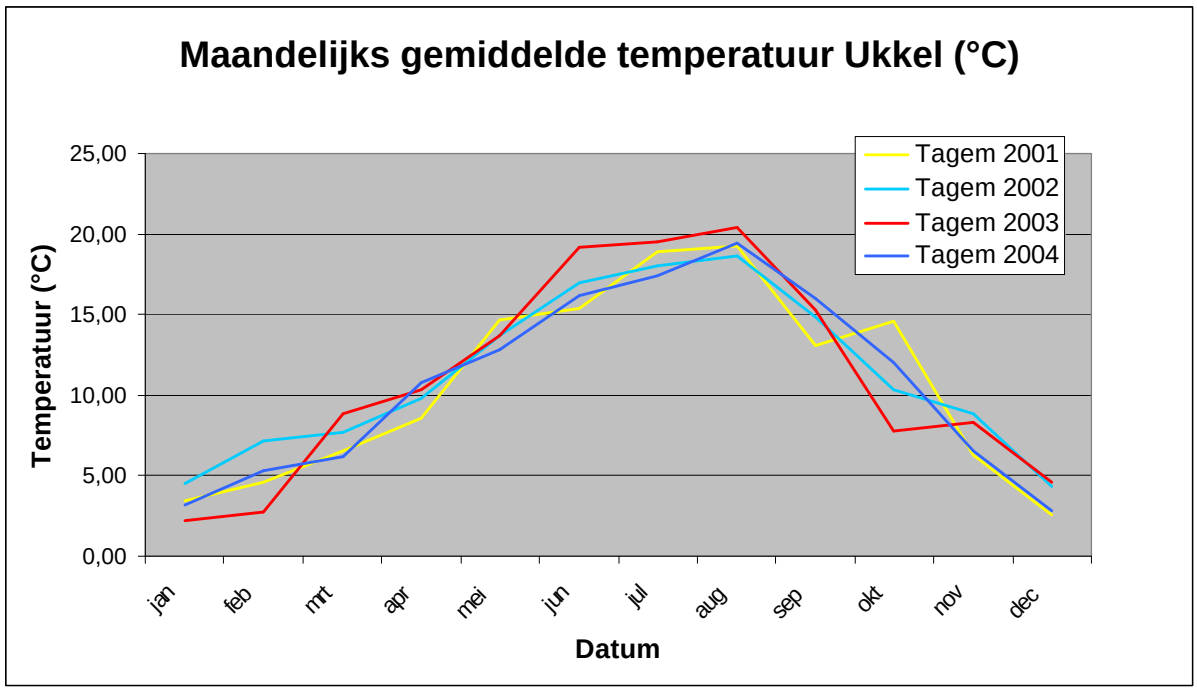
Figuur 19 *Overzicht van de dagelijkse variatie in de individuele onttrekkingen van AWW (Lier en Broechem), over een periode van enkele weken in 2002.*



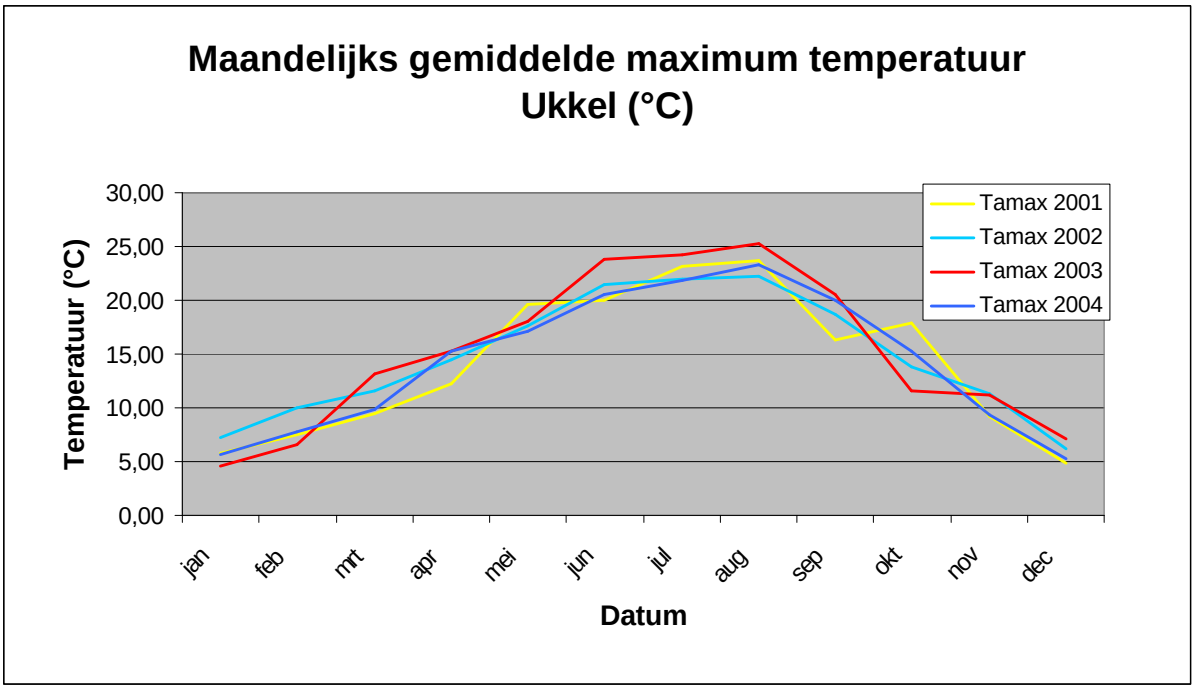
Figuur 20 *Voortschrijdend weekgemiddelde van de totale onttrekking van AWW (= Broechem + Oelegem + Lier) voor de periode 2001 tot 2004.*



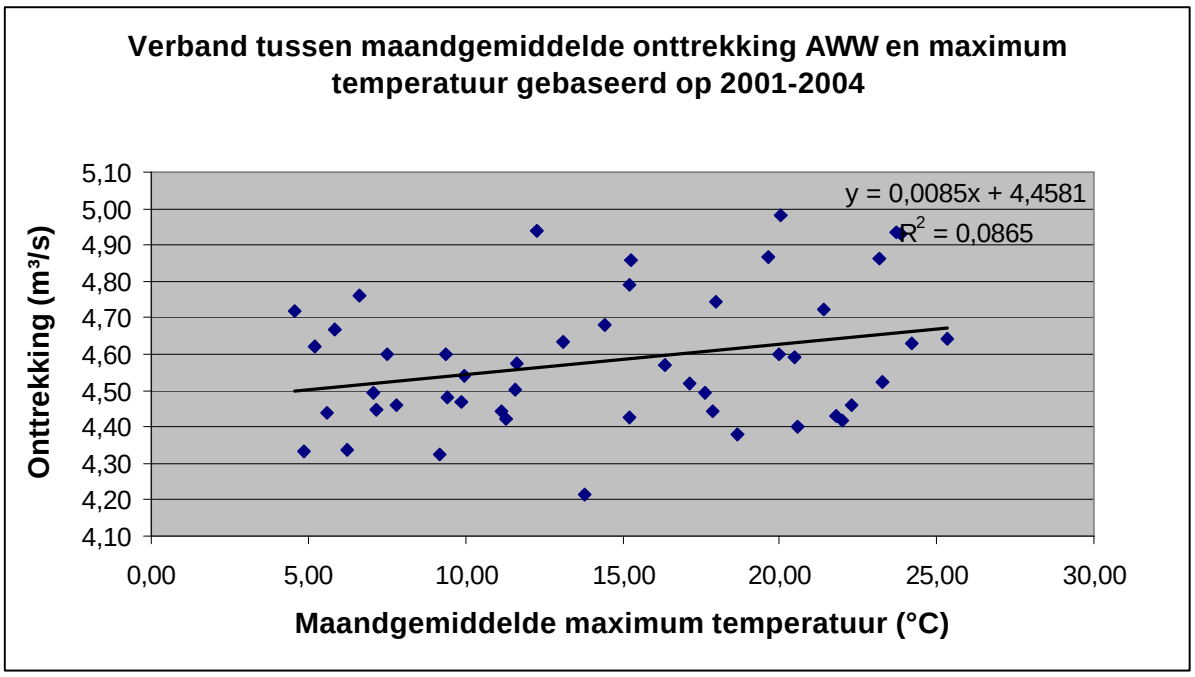
Figuur 21 Maandelijkse totale onttrekking van AWW voor de periode 2001 tot 2004.



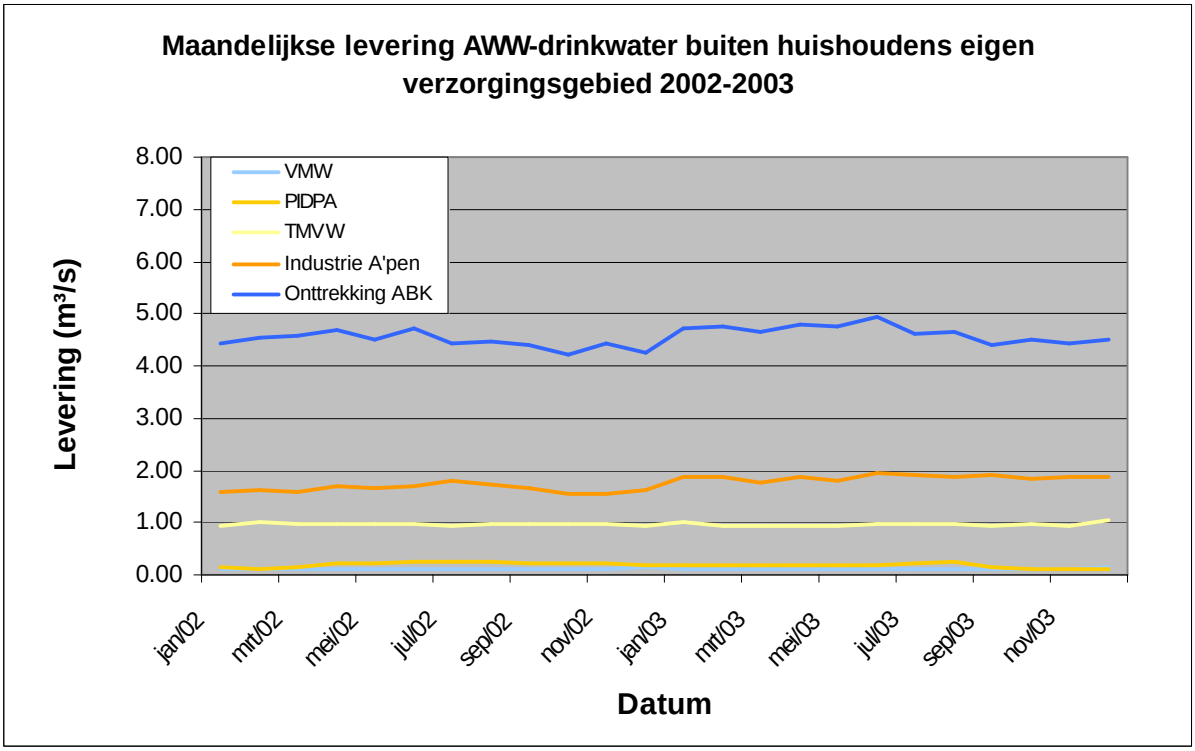
Figuur 22 Maandelijks gemiddelde van de gemiddelde temperatuur te Ukkel voor de periode 2001 tot 2004.



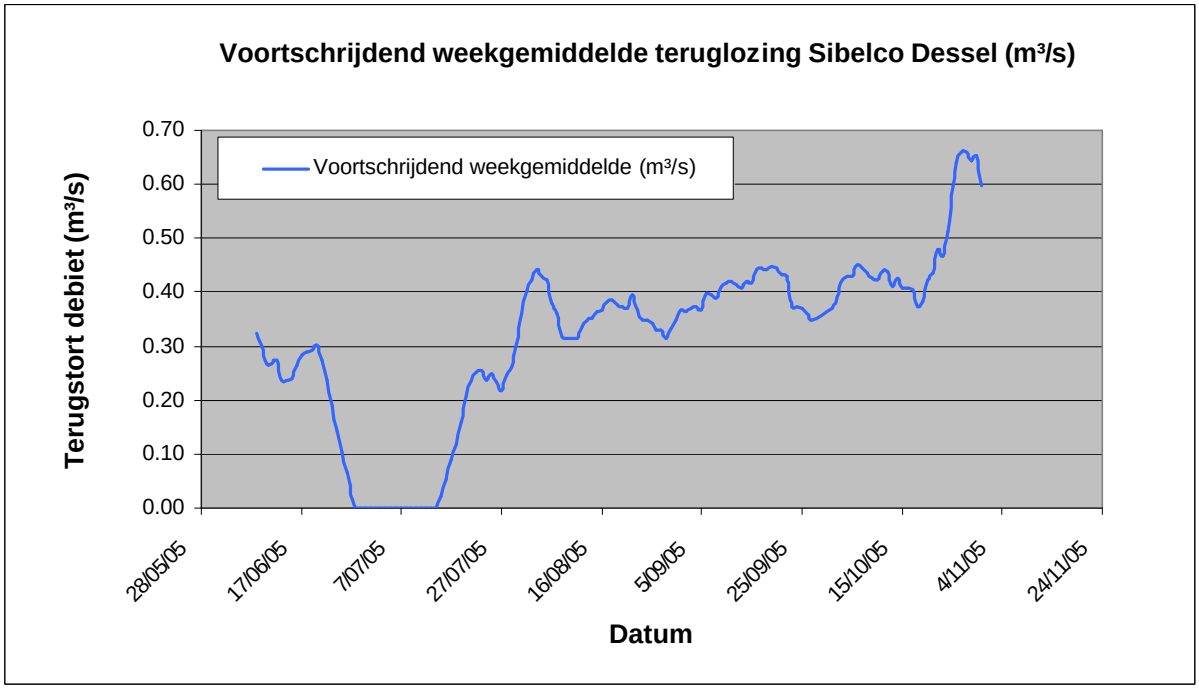
Figuur 23 *Maandelijks gemiddelde van de maximum temperatuur te Ukkel voor de periode 2001 tot 2004.*



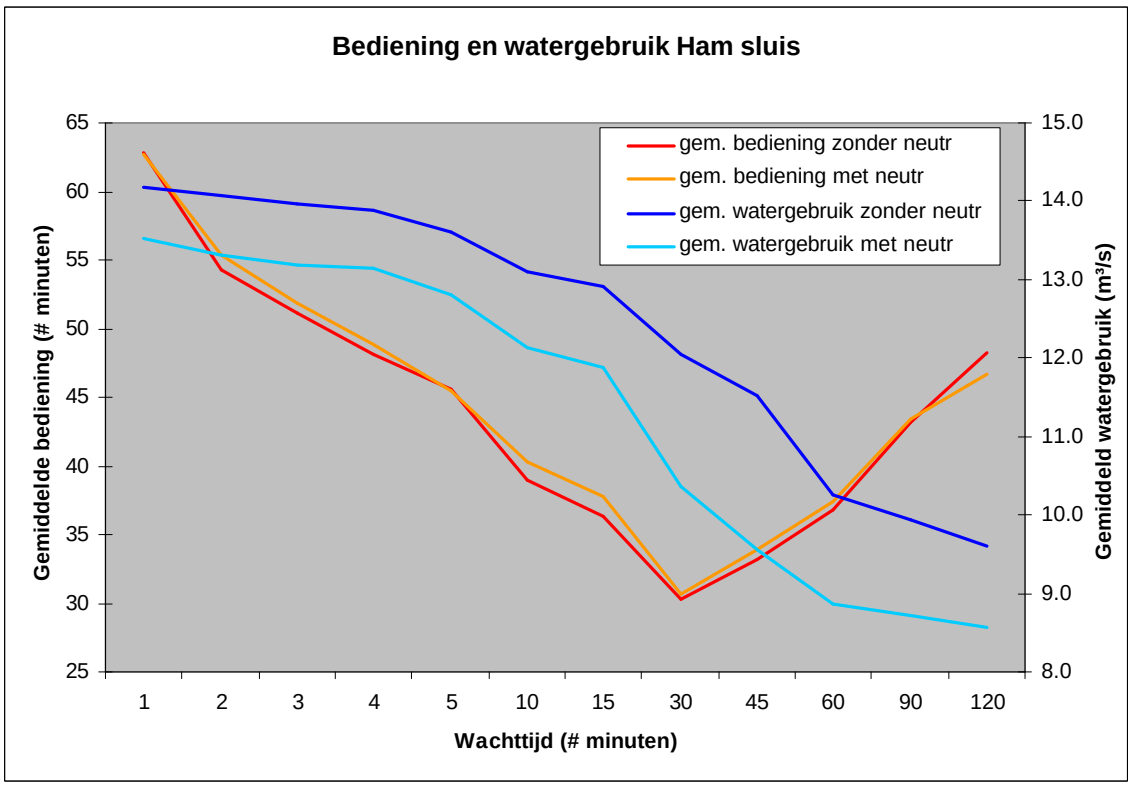
Figuur 24 *Verband tussen de maandgemiddelde onttrekking van AWW en de maximumtemperatuur voor 2001 tot 2004.*



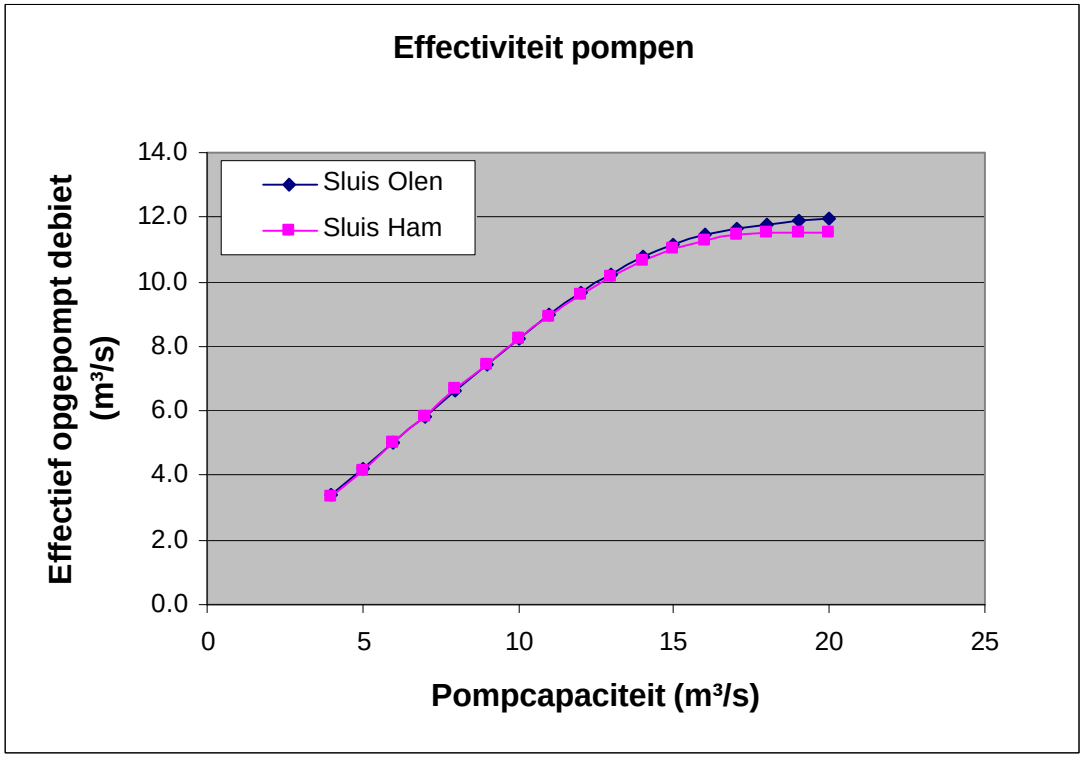
Figuur 25 *Totale onttrekking AWW en het aandeel van de levering buiten de huishoudens van hun verzorgingsgebied.*



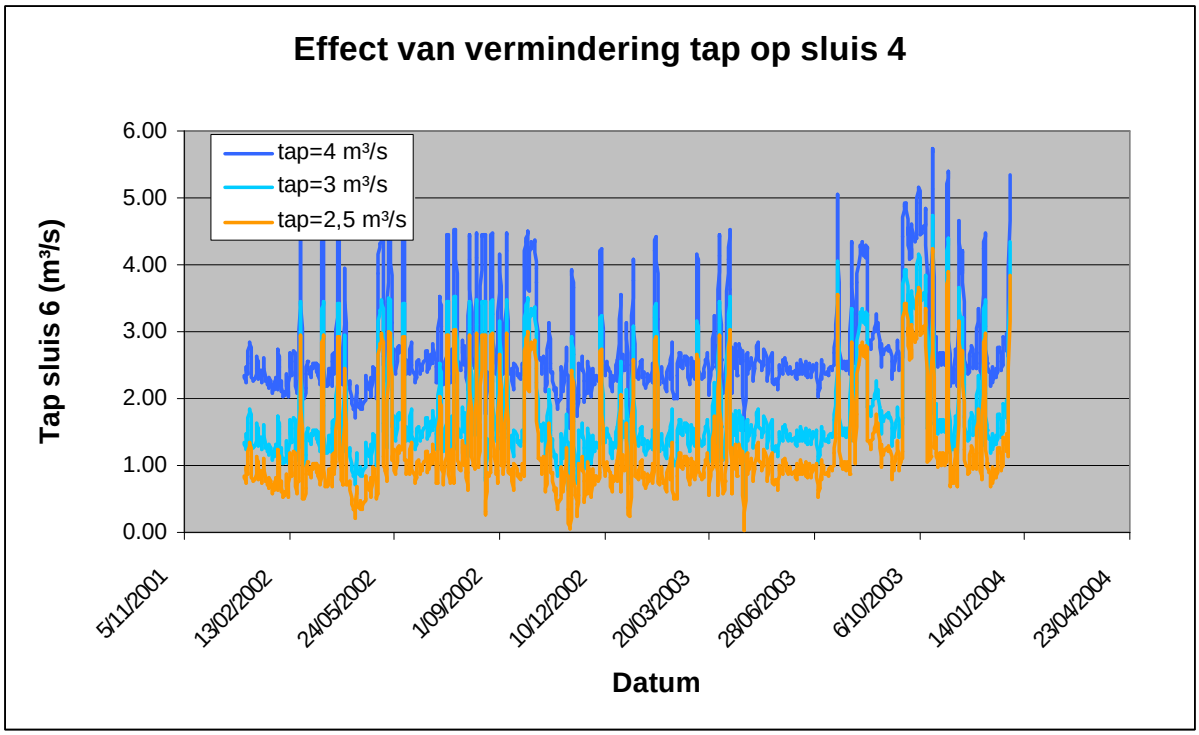
Figuur 26 *Verloop van het overloopdebiet van de Schansplas naar het Kanaal Bocholt-Herentals ter hoogte van het haventje van SIBELCO-Dessel.*



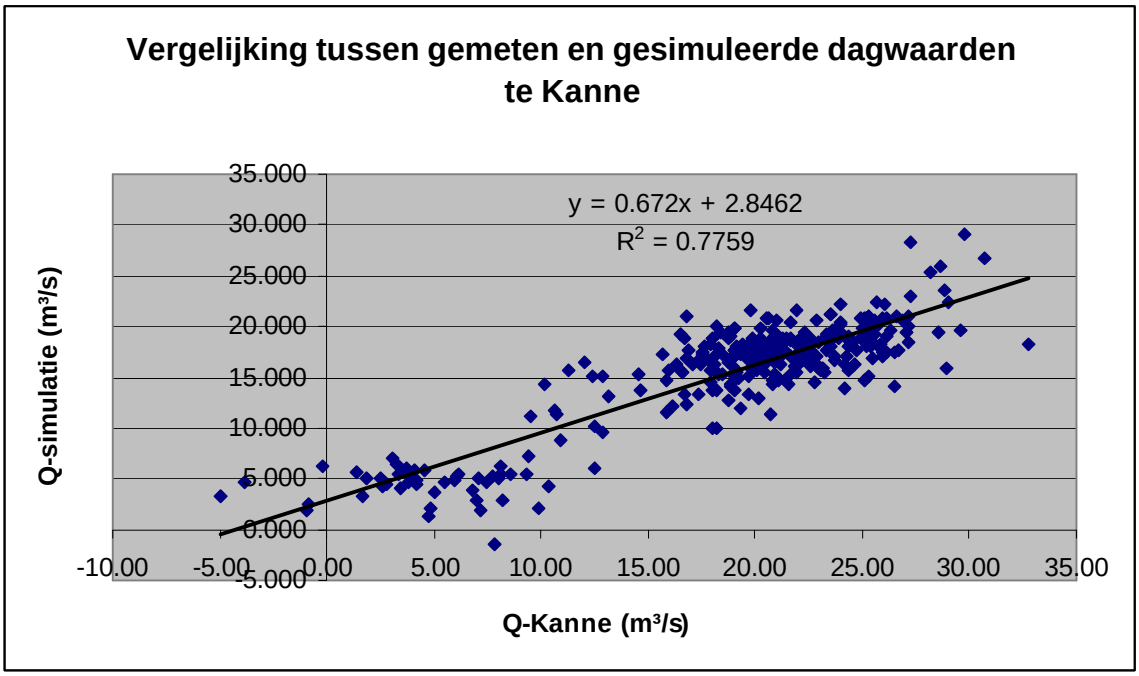
Figuur 27 Simulatieresultaten van de gedetailleerde schutmodule. Effect van extra wachttijd en de mogelijkheid om neutraal te schutten.



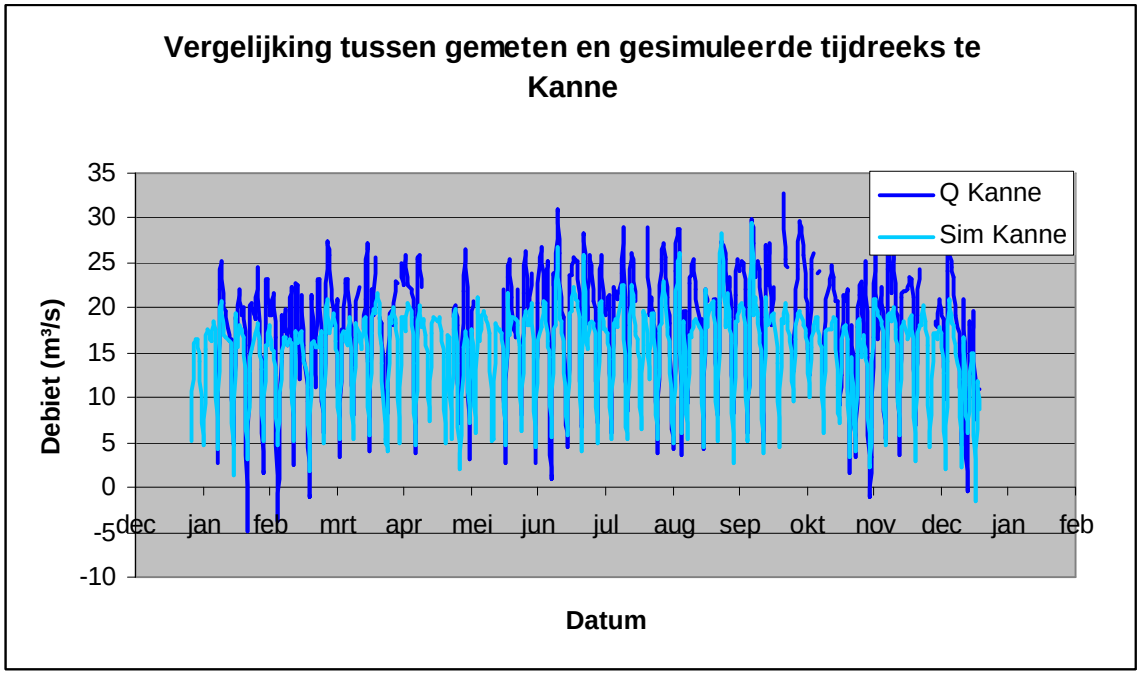
Figuur 28 Effectiviteit van de geïnstalleerde pompcapaciteit



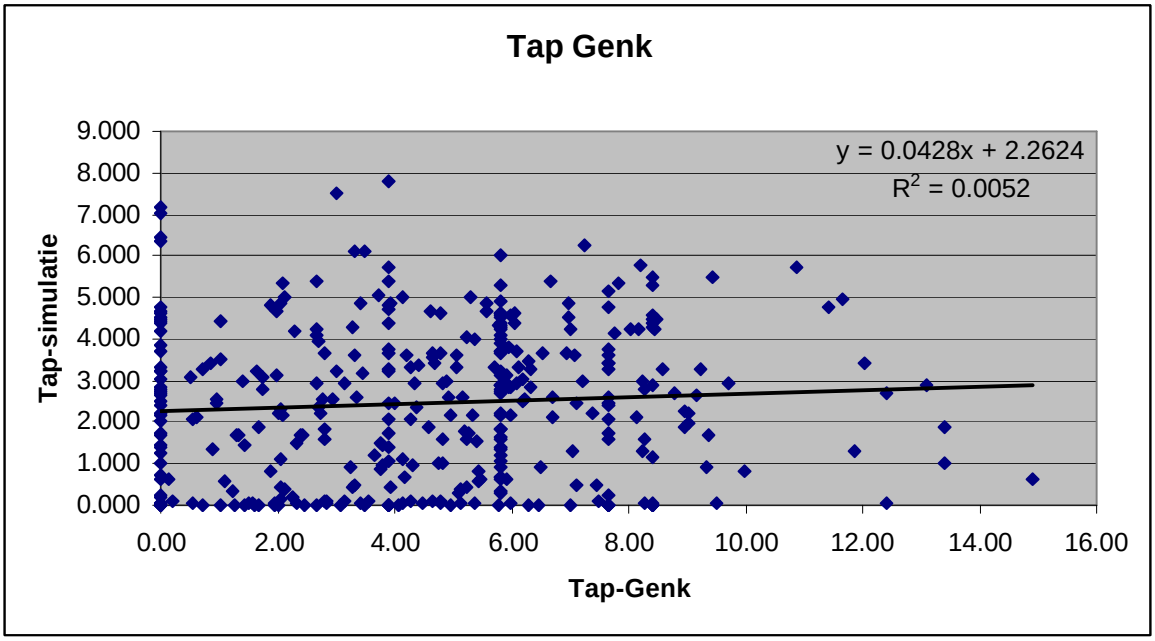
Figuur 29 *Vermindering van het debiet door de voedingsriool (=tap) aan sluis 6 in het geval deze aan sluis 4 zou verminderd worden tot 3 en 2,5 m³/s.*



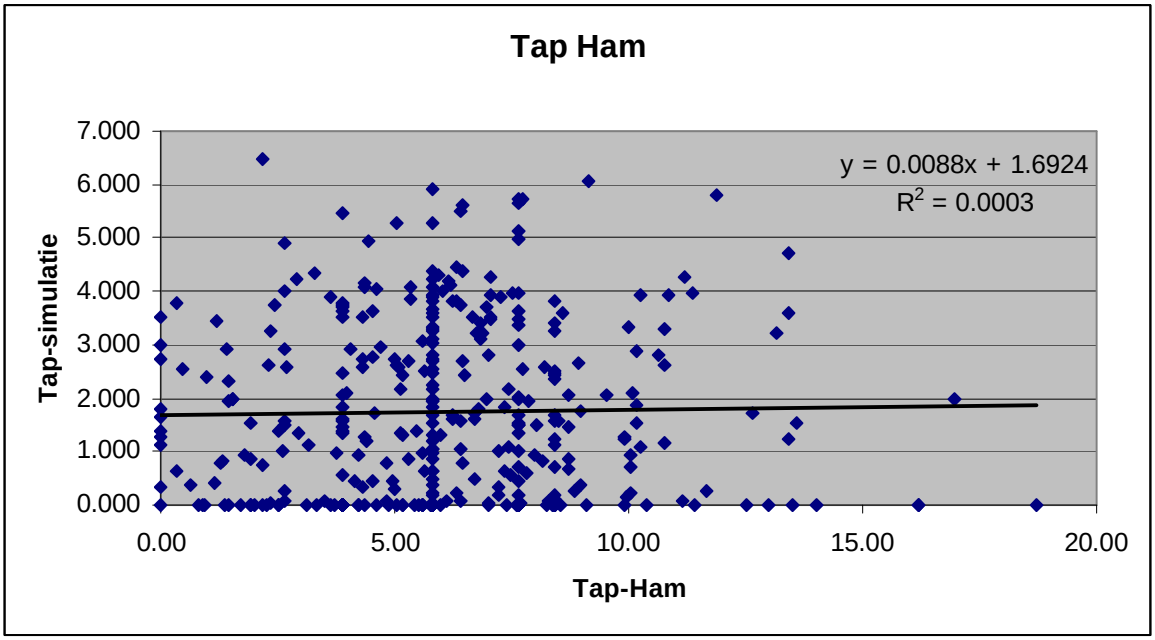
Figuur 30 *Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Kanne) dagwaarden voor de voeding van het Albertkanaal.*



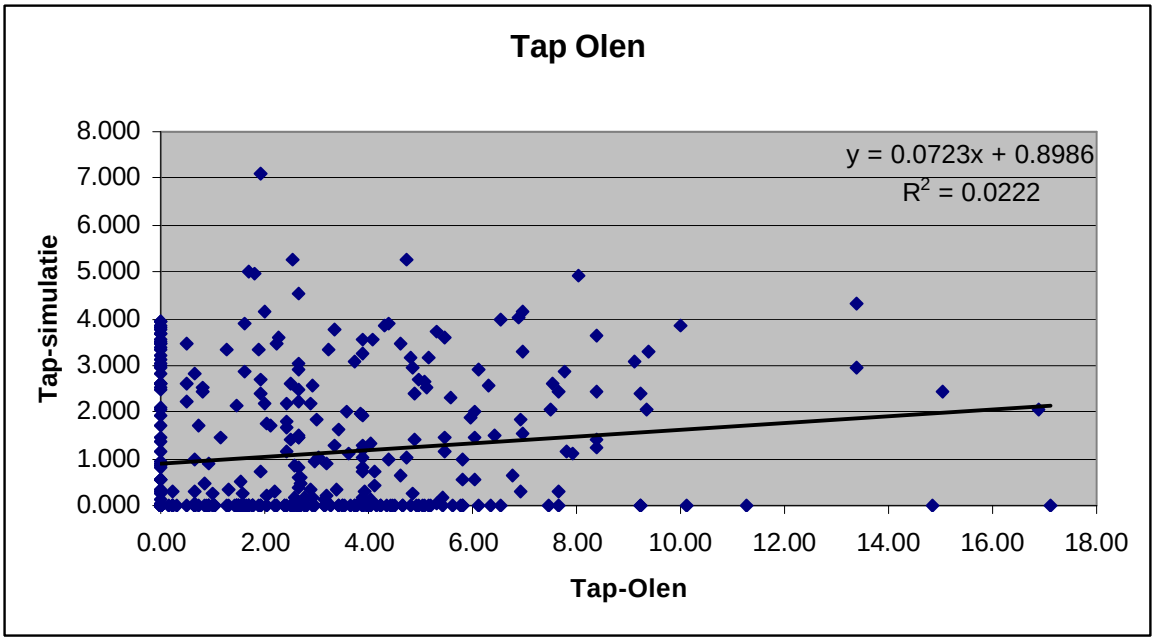
Figuur 31 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Kanne.



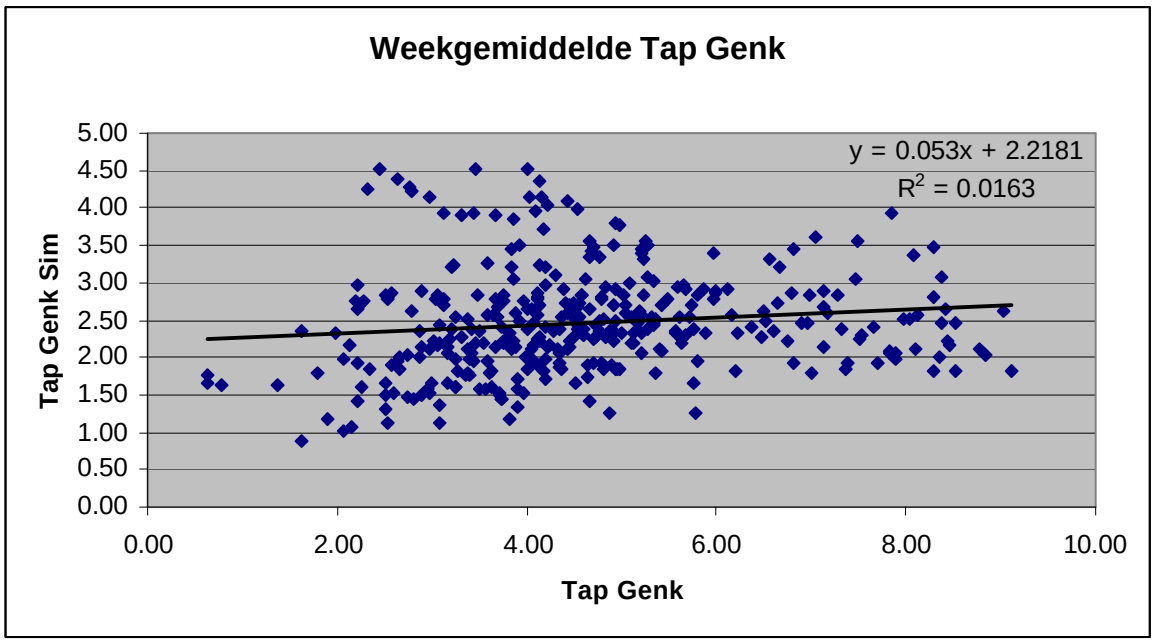
Figuur 32 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluis-complex te Genk.



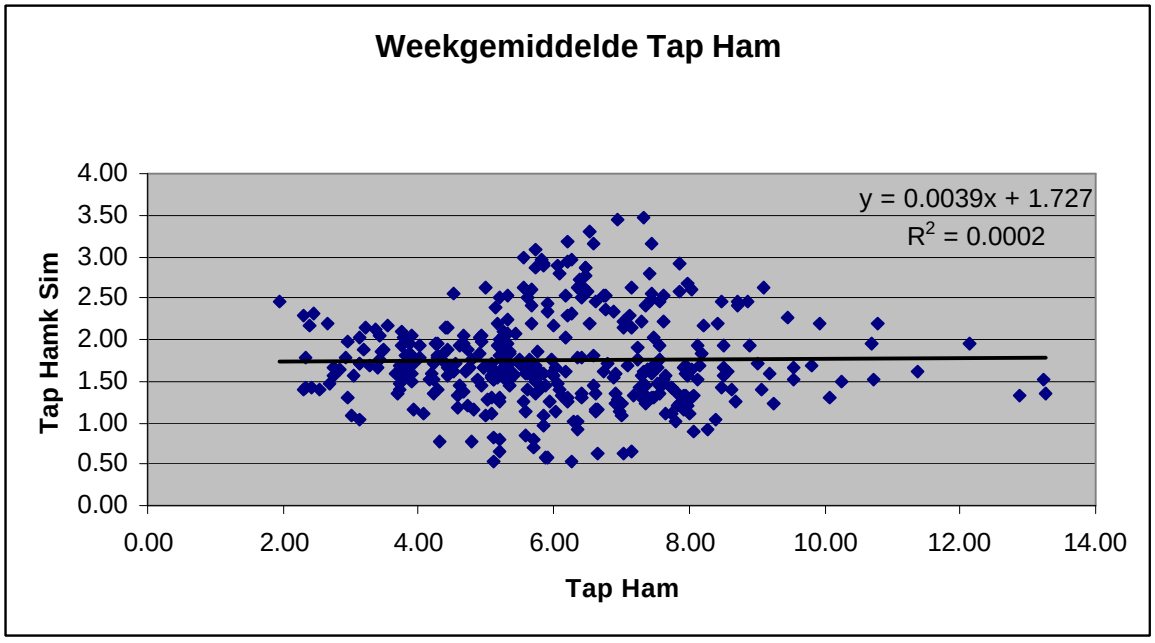
Figuur 33 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluiscomplex te Ham.



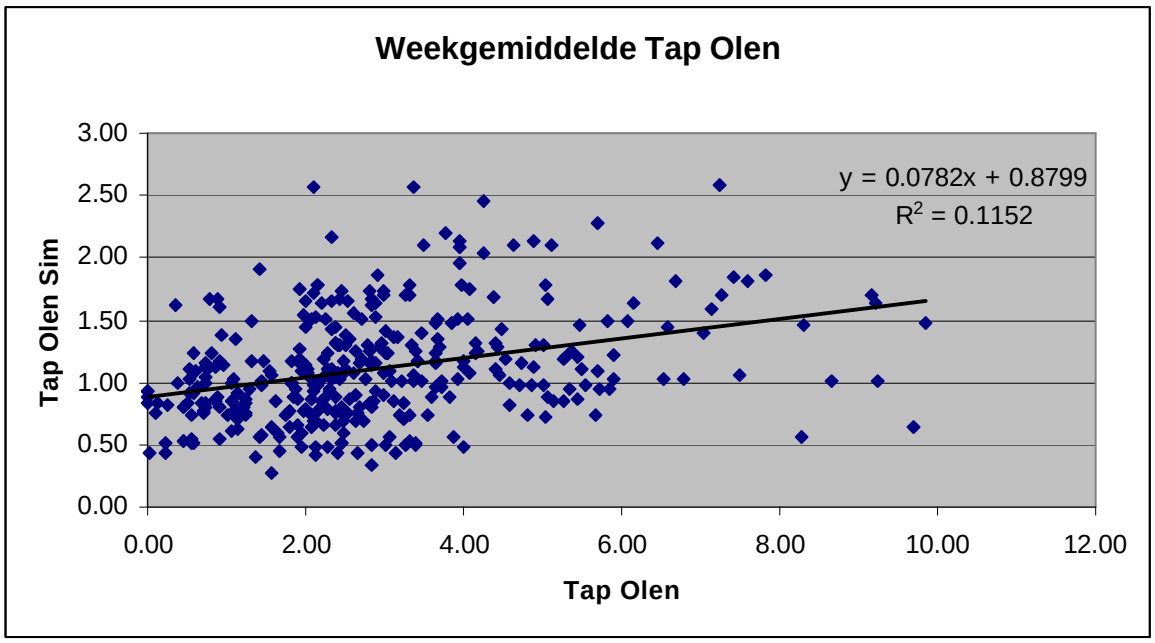
Figuur 34 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op dagbasis) aan het sluiscomplex te Olen.



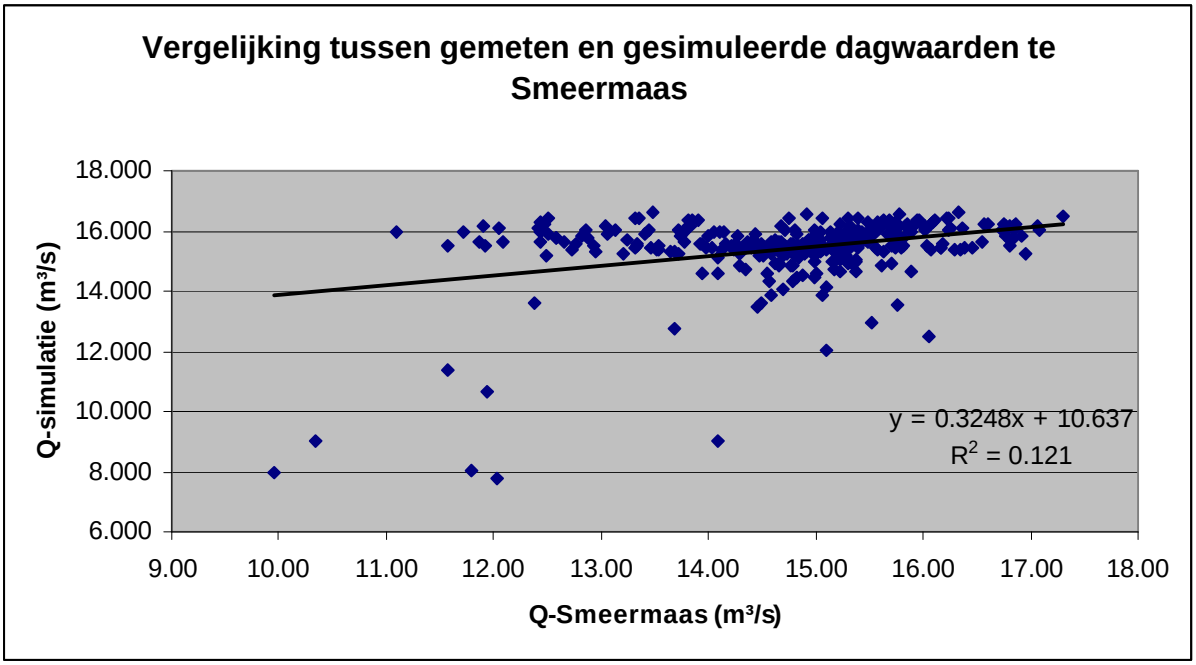
Figuur 35 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Genk.



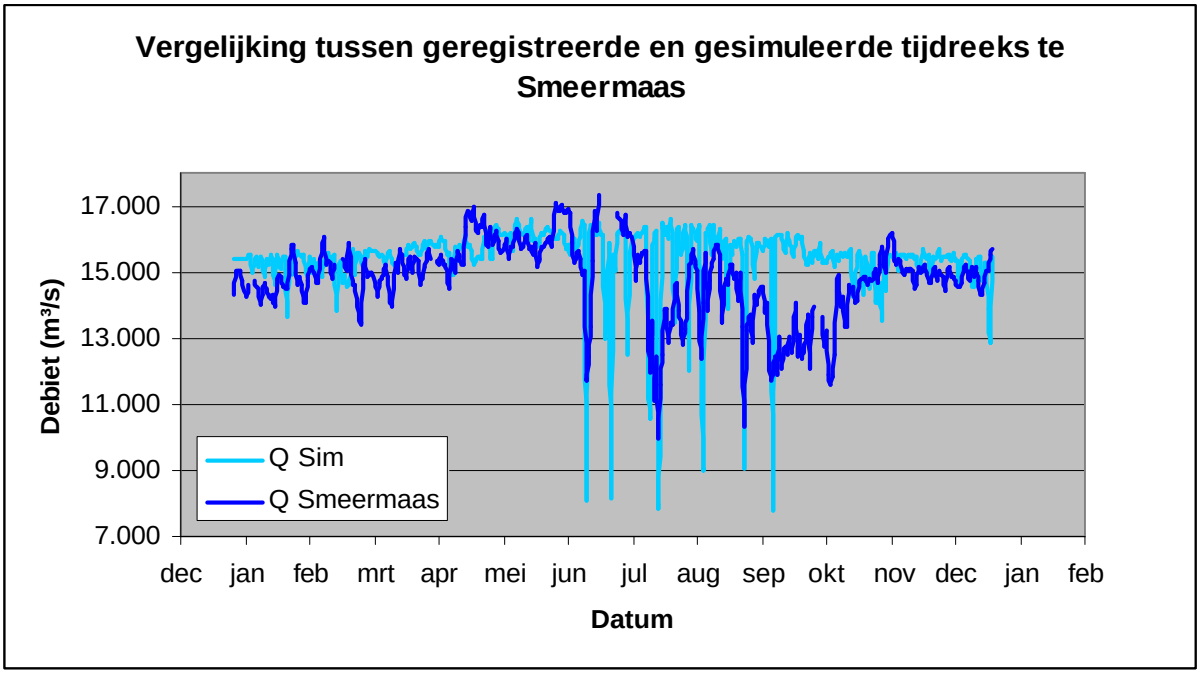
Figuur 36 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Ham.



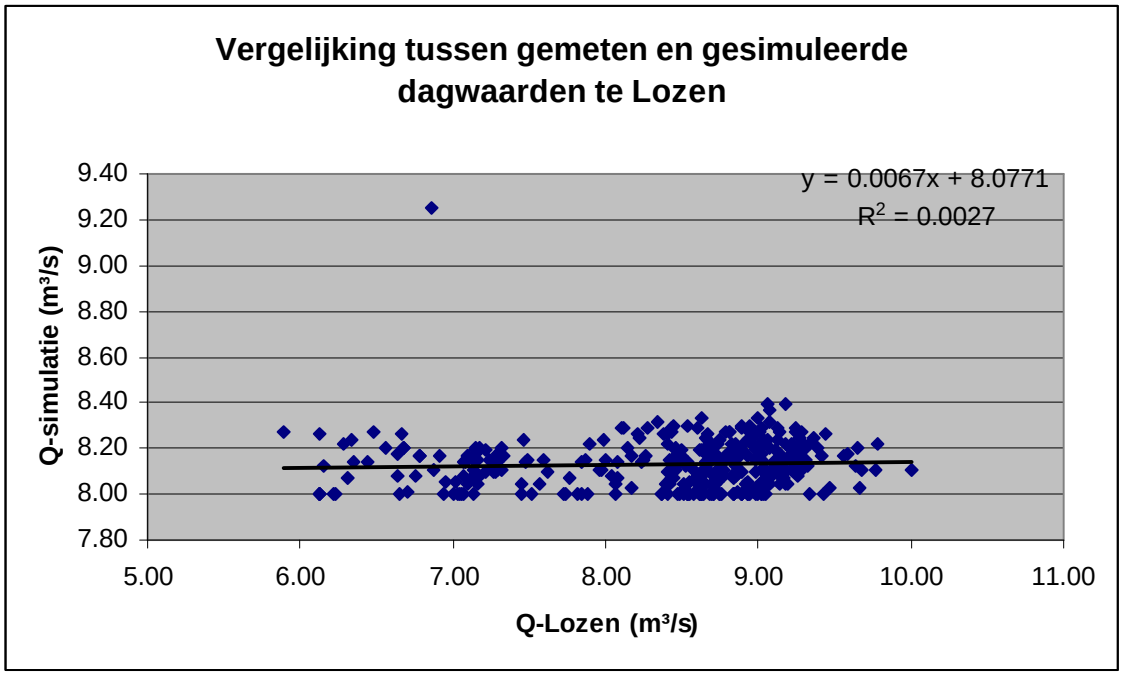
Figuur 37 Verband tussen geregistreerde en gesimuleerde tapdebieten (op weekgemiddelde basis) aan het sluiscomplex te Olen.



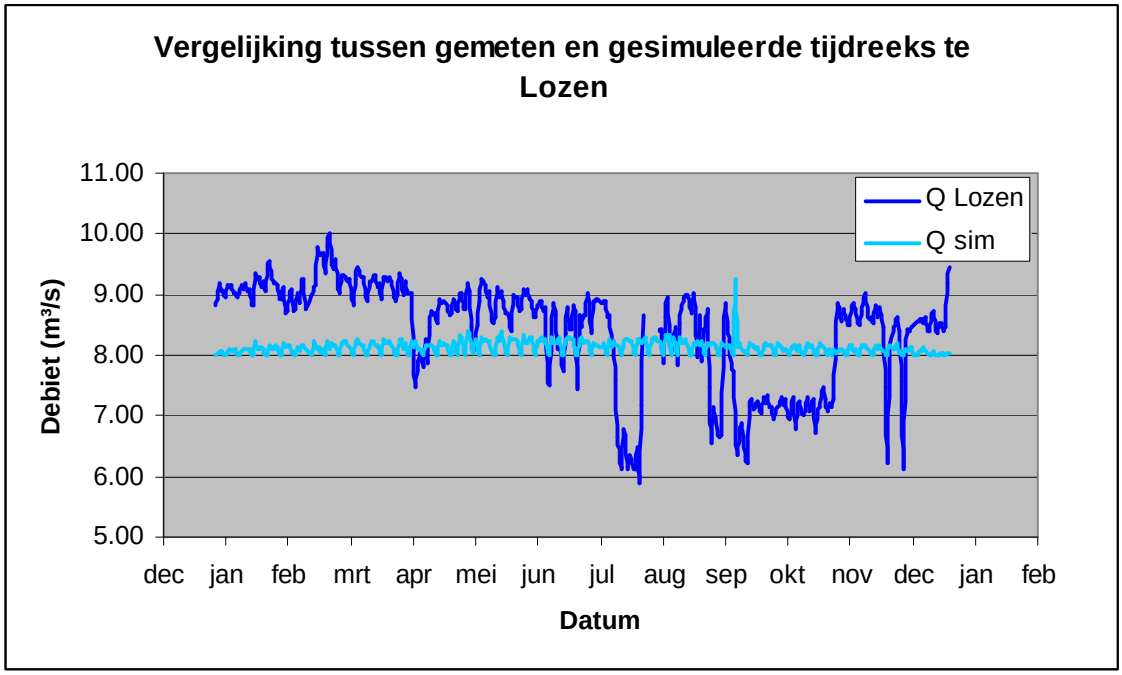
Figuur 38 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Smeermaas) dagwaarden voor de voeding van de Zuid-Willemsvaart.



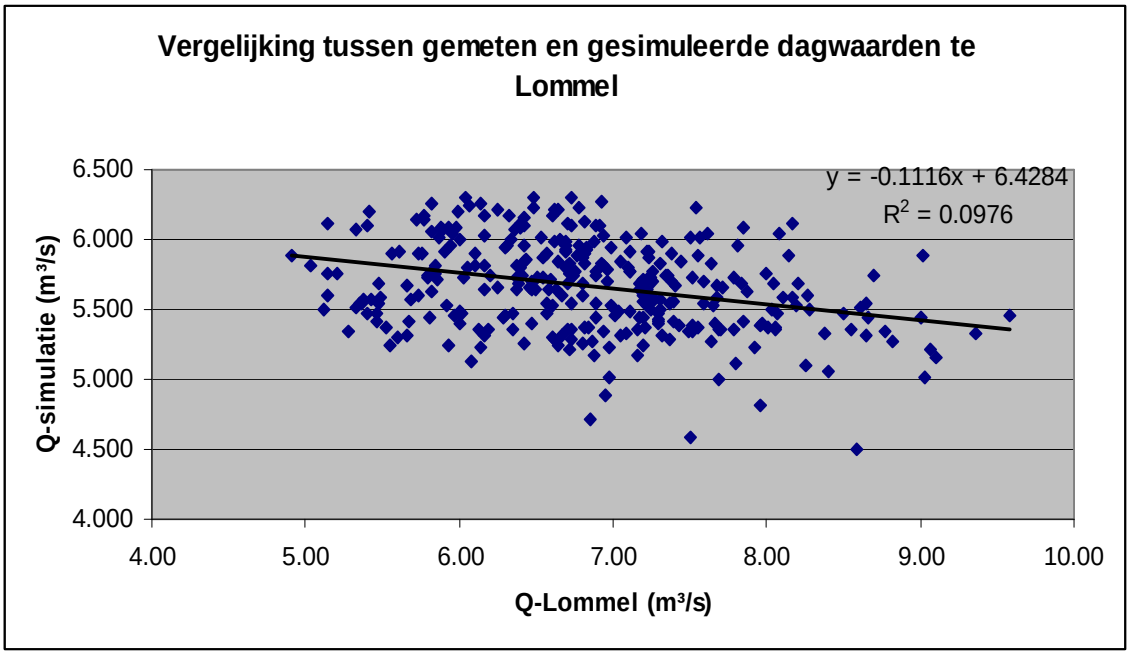
Figuur 39 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Smeermaas.



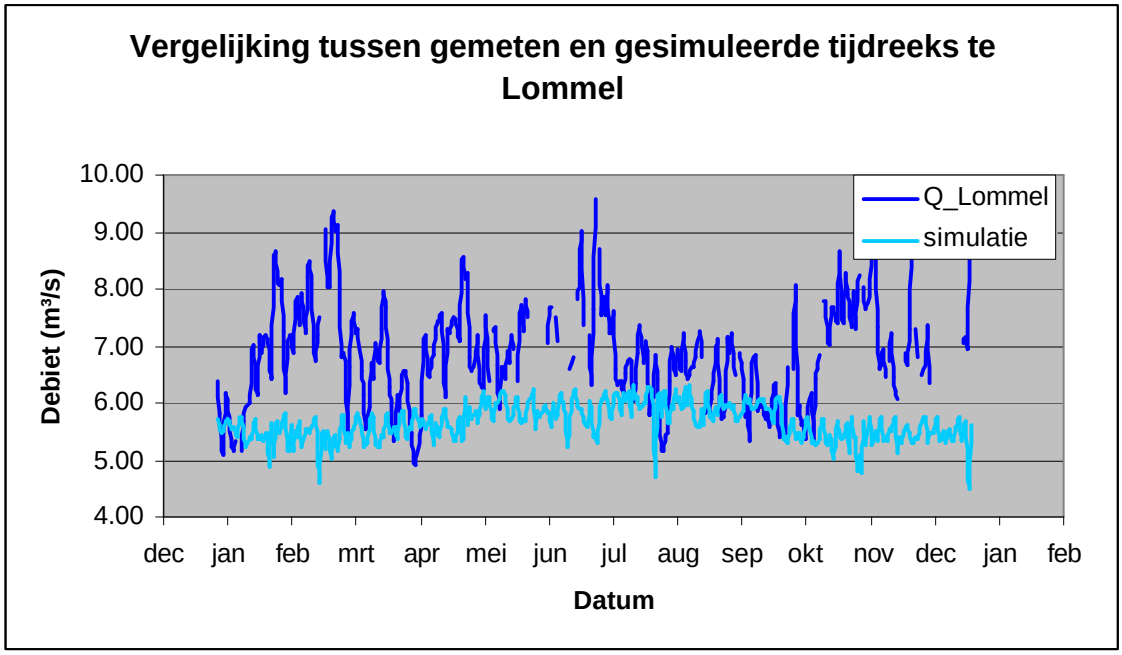
Figuur 40 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Lozen) dagwaarden voor de voeding van het Nederlandse gedeelte van de Zuid-Willemsvaart.



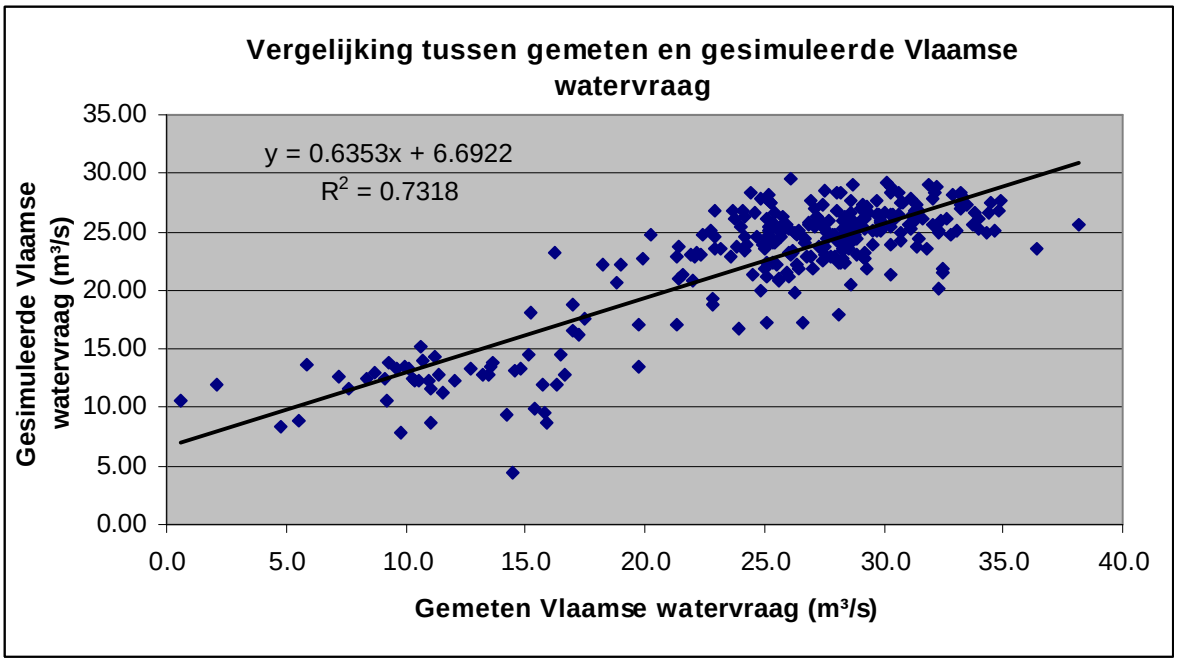
Figuur 41 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Lozen.



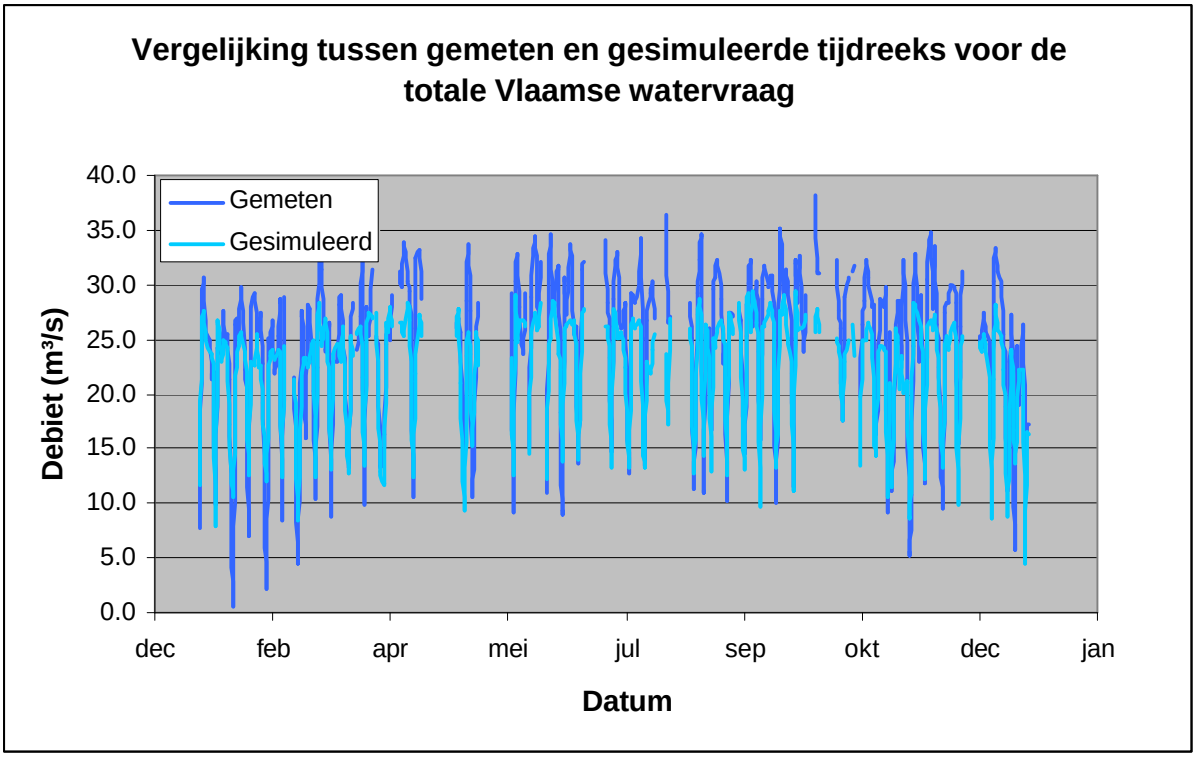
Figuur 42 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Lommel) dagwaarden op het Kanaal Bocholt-Herentals.



Figuur 43 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van het debiet te Lommel.



Figuur 44 Verband tussen de gesimuleerde en gemeten (Kanne + Smeermaas - Lozen) dagwaarden voor de totale Vlaamse watervraag.



Figuur 45 Gesimuleerde en geregistreerde tijdreeks van de Vlaamse watervraag.

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115
B-2140 ANTWERPEN
tel. 32(0)3/224 60 35
fax 32(0)3/224 60 36
e-mail: flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be
watlab@lin.vlaanderen.be

http://watlab.lin.vlaanderen.be/

Universiteit Antwerpen
Departement Biologie

Onderzoeksgroep
Ecosysteembeheer (Ecobe)

Universiteitsplein 1C
B-2610 WILRIJK
tel. 32 (0)3/820 22 64
fax: 32 (0)3/820 22 71

http://www.ua.ac.be/ecobe

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH







Vlaamse overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium
Berchemlei 115 - B-2140 Antwerpen