departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied

DEELRAPPORT 4 - MODELLERING VAN DE HUIDIGE TOESTAND OP REGIONAAL NIVEAU



724_04 WL Rapporten

waterbouwkundig LABORATORIUM

Vlaamse overheid

waterbouwkundig LABORATORIUM

Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en - allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied

Deelrapport 4 - Modellering van de huidige toestand op regionaal niveau

De Boeck, K.; Michielsen, S.; Pereira, F.; Mostaert, F.

Maart 2012

WL2012R724_04_4rev4_0

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

De Boeck, K.; Michielsen, S.; Pereira, F.; Mostaert, F. (2012). Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en - allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 4 - Modellering van de huidige toestand op regionaal niveau. Versie 3_0. WL Rapporten, 724_04. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Waterbouwkundig Laboratorium

FlandersHydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

D/2012/3241/052

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 4 - Modellering van de huidige toestand op regionaal niveau		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2012R724_04_4rev4_0
Keywords (3-5):	Allocatiemodel, Scheldestroomgebied, Mike Basin		
Tekst (p.):	46	Tabellen (p.):	2
Bijlagen (p.):	30	Figuren (p.):	9
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever ☐ Intern ☐ Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	☒ Nee		☒ Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Afdelingshoofd
Karen De Boeck Stef Michielsen Fernando Pereira	Fernando Pereira	Fernando Pereira	Frank Mostaert

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteurs
1_0	20/06/2011	Conceptversie	De Boeck, K.; Michielsen, S.
1_1	05/09/2011	Revisie opdrachtgever	De Boeck, K.; Michielsen, S.
1_2	16/09/2011	Revisie opdrachtgever	De Boeck, K.; Michielsen, S.
1_3	18/10/2011	Revisie opdrachtgever	De Boeck, K.; Michielsen, S.
1_4	21/10/2011	Revisie opdrachtgever	De Boeck, K.; Michielsen, S.
2_0	23/12/2011	Definitieve versie	De Boeck, K.; Michielsen, S.
2_1	06/01/2012	Conceptversie	De Boeck, K.; Michielsen, S.; Pereira, F.
2_2	17/02/2012	Inhoudelijke revisie	Pereira F.
3_0	17/02/2012	Inhoudelijke revisie	Pereira F.
4_0	09/03/2012	Wijzigingen referentielijst	Pereira F.

Abstract

Voor de modellering van het huidige watergebruik langs de bevaarbare waterlopen en kanalen in het Scheldestroomgebied is er een regionaal waterallocatiemodel ontwikkeld. Gezien de complexiteit van het systeem en de interactie met aanpalende bekkens in Wallonië en Noord-Frankrijk is de focus van het model uitgebreid tot het ganse Scheldestroomgebied inclusief de kanalen die het Scheldestroomgebied met aanpalende stroomgebieden verbinden als ook een aantal rivieren uit deze aanpalende bekkens. Het te modelleren gebied beslaat zo bijna 25 500 km².

Rekening houdend met de regionale schaal van het model, de onzekerheid van sommige invoerinformatie, de betrouwbaarheid van de metingen bij lage afvoeren en het belang van de droge periodes kan gesteld worden dat het model er behoorlijk goed in slaagt de huidige situatie te simuleren.

Uit de analyse van de simulatie tussen '67 en '09 (op basis van de huidige watervraag) blijkt dat er voor nagenoeg alle gebruikers aan de waterbehoefte voldaan kan worden. Langs enkele waterwegen komen er wel tekorten voor, waaronder ook een aantal economisch belangrijke (kanaal Gent-Terneuzen, haven van Antwerpen, kanaal Schelde-Duinkerke). Deze tekorten blijven echter, op een paar uitzonderingen na, beperkt tot maximum een aantal dagen en dat gedurende maximum een maand.

Inhoudstafel

Inhoudstafel I
Lijst van de tabellen IV
Lijst van de figuren V
1 Inleiding 1
1.1 De opdracht 1
1.2 Deelopdracht 4 1
1.3 Doelstellingen 1
1.4 De opbouw van het rapport 1
2 Terminologie 2
3 Voorgaande deelopdrachten 3
3.1 Deelopdracht 1: Inventarisatie 3
3.2 Deelopdracht 2: Het watergebruik 3
3.3 Deelopdracht 3: Het wateraanbod 4
4 Het Waterallocatiemodel 6
4.1 Inleiding 6
4.2 Studiegebied 6
4.3 Gebruikte software 7
4.4 Modelopbouw 8
4.4.1 Waterlopen 9
4.4.2 Bekkens 9
4.4.3 Reservoirs 9
4.4.4 Watergebruikers 10
4.4.5 Afleidingen 10
4.4.6 Aannames 11
4.4.7 Macro 11
4.4.8 Cycli 11
4.4.9 Pompen 11
4.5 Simulaties 12
4.5.1 Validatie 12
4.5.2 Simulatie 1967-2009 13
5 Resultaten 14

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

5.1 Validatie 14
5.1.1 Debiet 14
5.1.2 Waterstanden 21
5.1.3 Conclusie 22
5.2 Analyse van de simulatieresultaten 1967-2009 22
5.2.1 Globale analyse van de resultaten 22
5.2.2 Analyse per sector 26
5.2.3 Analyse per bekken 29
6 Conclusies en aanbevelingen 43
6.1 Conclusies 43
6.2 Aanbevelingen 43
7 Referentielijst 45
8 Tabellen T1
9 Figuren F1
Bijlagen B1
Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin B2
Modellering watersysteem in en rond Gent B2
Compartimentering B2
Sluizen B3
Stuwen B3
Pompen B4
Waterpeilbeheer B4
Afleidingen B4
Waterstroming in 2 richtingen B6
Afwaartse watervraag B6
Conclusie B6
Knelpunten van de software B6
Implementatie van pompen B6
Uit de 2 panden onttrekken B7
Negatief debiet B8
Waterverbruik of netto-watergebruik B9
Macro B9
Conclusie B11
Bijlage 2: Effect van grotere tijdstap B12

2 Dagen..... B12

3 Dagen..... B13

5 Dagen..... B14

10 Dagen..... B15

Bijlage 3: Gevoeligheidsanalyse – Impact van neerslag.....B17

Bijlage 4: Gevoeligheidsanalyse – Impact van allocatieregels B24

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Voornaamste modeleenheden in Mike Basin.....8

Tabel 2 – De tekorten voor het spuien om zoutindringing tegen te gaan in het kanaal Gent-Terneuzen obv de simulatie tussen ’67 en ’09. 31

Tabel 3 – Karakteristieken van de perioden van tekort voor het spuien om zoutindringing tegen te gaan in het kanaal Gent-Terneuzen obv de simulatie tussen ’67 en ’09. 31

Tabel 4 – De lengte van de tekorten gesimuleerd tussen 1967 en 2009. .....T1

Tabel 5 –*Rule curve* van de pomp in Bossuit (streefpeil = 20,75m).....T8

Tabel 6 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaal Gent-Terneuzen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%. T20

Tabel 7 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Olen-Wijnegem van het Albertkanaal voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%. T21

Tabel 8 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%. T22

Tabel 9 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in de haven van Antwerpen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%. T23

Tabel 10 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaal Gent-Terneuzen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm. T27

Tabel 11 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Olen-Wijnegem van het Albertkanaal voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm. T28

Tabel 12 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm. T29

Tabel 13 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in de haven van Antwerpen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm. T30

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Aandeel van de sectoren in het uit het oppervlaktewater onttrokken volume. 4

Figuur 2 – Aandeel van de sectoren in het verbruikte oppervlaktewatervolume. 4

Figuur 3– Wateronttrekking (grootte cirkel) en -verbruik (kleur: rood = groot, groen = klein) per pand in 2008. (excl. polders, incl. scheepvaart). 4

Figuur 4 – Het studiegebied 6

Figuur 5 – Voornaamste modelelementen in een Mike Basin model 8

Figuur 6 – Vergelijking tussen de metingen op de Leie in Menen en de model resultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 14

Figuur 7 – Vergelijking tussen de metingen op de Leie in Menen en de modelresultaten voor de periode tot en met 2005 (tijdstap = 1 dag) 15

Figuur 8 – Vergelijking tussen de metingen op de Schelde in Bossuit en de modelresultaten (2002-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 15

Figuur 9 – Vergelijking tussen de metingen op het Noordervak van de Ringvaart in Evergem en de modelresultaten (2002-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 16

Figuur 10 – Vergelijking tussen de metingen op het Afleidingskanaal van de Leie in Zomergem en de modelresultaten (2003-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 17

Figuur 11 – Vergelijking tussen de metingen op het kanaal Gent-Oostende in Varsenare en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2001 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 17

Figuur 12 – Vergelijking tussen de metingen op de Zeeschelde in Melle en de modelresultaten (2000-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 18

Figuur 13 – Vergelijking tussen de metingen op de Dender in Overboelare en de modelresultaten (2001-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 18

Figuur 14 – Vergelijking tussen de metingen op de Dender in Dendermonde en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 19

Figuur 15 – Vergelijking tussen de metingen op de Zenne in Tubize en de modelresultaten (2000-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 19

Figuur 16 – Vergelijking tussen de metingen op de Zenne in Eppegem en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 20

Figuur 17 – Vergelijking tussen de berekende reeks op de Zeeschelde in Schelle en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 21

Figuur 18 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen op de Dender in Dendermonde en de modelresultaten (2006-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag. 21

Figuur 19 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen op de Ringvaart om Gent in Wondelgem en de modelresultaten (2004-2006) voor een simulatie tussen 2000 en 2009met een tijdstap van 1 dag. 22

Figuur 20 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers uit alle sectoren (1967-2009). 24

Figuur 21 – Percentage van de tijd waarin wateroverschot optreedt per pand (1967-2009). 25

Figuur 22 – Maximale duur van een periode met watertekort(1967-2009). 25

Figuur 23 – Gemiddelde duur van een periode met watertekort(1967-2009). 26

Figuur 24 – Maximaal watertekort [m³/s] voor de scheepvaart (1967-2009). 29

Figuur 25 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het IJzerbekken (1967-2009). 30

Figuur 26 –Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bekken van de Brugse Polders (1967-2009). 31
Figuur 27 – Verloop van het beschikbare spuidebiet doorheen de gesimuleerde periode ’67-’09. 33
Figuur 28 – Aantal dagen per jaar dat er zich een spuitekort voordoet. 33
Figuur 29 – Gemiddeld en maximum aantal dagen per maand dat er een spuitekort heerst. 34
Figuur 30 – Histogram van het aantal spuitekorten. 34
Figuur 31 – Histogram van de duur van de spuitekorten. 35
Figuur 32 – Waterverdeling [m³/s] in het ‘Groot Pand’. Gemiddeld debiet voor de simulatie tussen 1969-2009. 35
Figuur 33 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bekken van de Gentse Kanalen (1967-2009). 36
Figuur 34 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Benedenscheldebekken(2001-2009). 37
Figuur 35 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Leiebekken (1967-2009). 37
Figuur 36 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bovenscheldebekken (1967-2009). 38
Figuur 37 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Denderbekken (1967-2009). 39
Figuur 38 –Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Dijle- en Zennebekken (1967-2009). 40
Figuur 39 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Demerbekken (1967-2009). 40
Figuur 40 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Netebekken (2001-2009). 41
Figuur 41 – Gesimuleerd watertekort te Marchienne, voor de voeding van Kanaal Brussel-Charleroi 41
Figuur 42 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Maasbekken (2001-2009). 42
Figuur 43 – Verloop van het beschikbare spuidebiet doorheen de gesimuleerde periode ’67-’09. F1
Figuur 44 – Aantal dagen per jaar dat er zich een spuitekort voordoet. F1
Figuur 45 – Aantal en langste spuitekorten per jaar. F2
Figuur 46 – Histogram van het aantal spuitekorten. F2
Figuur 47 – Histogram van de duur van de spuitekorten. F3
Figuur 48 – Gemiddeld en maximum aantal dagen per maand dat er een spuitekort heerst. F3
Figuur 49 – Het studiegebied F4
Figuur 50 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers uit alle sectoren (1967-2009). F5
Figuur 51 – Percentage van de tijd waarin wateroverschot optreedt per pand (1967-2009). F6
Figuur 52 – Maximale duur van een periode met watertekort (1967-2009). F7
Figuur 53 – Gemiddelde duur van een periode met watertekort (1967-2009). F8
Figuur 54 – Maximaal watertekort [m³/s] voor de scheepvaart (1967-2009). F9
Figuur 55 – Schets van de waterverdeling binnen het “Groot Pand”. F3
Figuur 56 – Waterbeheer tijdens de was van januari 2003. F5
Figuur 57 – Conceptueel model van het Groot Pand F5
Figuur 58 – Modellering voeding KBK: uit 2 panden onttrekken. F7
Figuur 59 – Modellering voeding KBK: negatief debiet. F8
Figuur 60 – Modellering voeding KBK: configuratie voor macro. F10

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur 61 – Schema van de pompwerking voor de voeding van het kanaal Bossuit-Kortrijk F11

Figuur 62 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 2 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde. F12

Figuur 63– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 2 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen. F13

Figuur 64 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 3 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde. F13

Figuur 65– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 3 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen. F14

Figuur 66 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 5 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde. F14

Figuur 67– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 5 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen. F15

Figuur 68 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 10 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde. F15

Figuur 69– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 10 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen. 16

Figuur 70 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Bossuit, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F17

Figuur 71 – Vergelijking tussen de door het HIC berekende debieten in Schelle, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F17

Figuur 72 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Evergem, de modelresultaten van de huidige toestand en een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F18

Figuur 73 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen in Wondelgem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F18

Figuur 74 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Bossuit, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F24

Figuur 75 – Vergelijking tussen de door het HIC berekende debieten in Schelle, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F25

Figuur 76 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Evergem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F25

Figuur 77 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen in Wondelgem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005. .....F26

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

1 Inleiding

1.1 De opdracht

Het project "Modellering van waterbeschikbaarheid en allocatiestrategieën"[1]heeft als doel het ontwikkelen van een conceptueel model voor de opmaak van de waterbalans, de analyse van de waterbeschikbaarheid en allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied. Het zal een vertaling zijn van de kennis rond de waterverdeling in het stroomgebied en meer specifiek in Vlaanderen. Gezien de omvang van het studiegebied vergt het een regionale en geïntegreerde benadering. De graad van detail is daarom in functie van de uitgestrektheid van het modelgebied. Eventueel zal er, afhankelijk van de noodzaak, een meer gedetailleerde modellering gebeuren om lokale knelpunten of vragen te bestuderen.

1.2 Deelopdracht 4

In Deelopdracht 4 worden resultaten uit de vorige deelopdrachten gebundeld en geïmplementeerd in een regionaal allocatiemodel. De onttrekkingen uit het waterallocatiemodel zijn in Deelopdracht 2 geïnventariseerd, terwijl de voeding van het model bestaat uit de neerslag-afvoerdebieten die in kader van Deelopdracht 3 zijn verzameld en gecontroleerd. Het regionale waterallocatiemodel laat toe de huidige situatie in het studiegebied te simuleren. Het zal later gebruikt worden voor de analyse van de waterbeschikbaarheid bij verschillende scenario's en voor evaluatie van eventuele allocatiestrategieën. Het wordt een instrument ter ondersteuning bij het afwegen van beheers- en beleidsopties, aangereikt door de waterwegbeheerders.

1.3 Doelstellingen

Op basis van de resultaten van Deelopdrachten 1 t/m 3 moet een regionaal waterallocatiemodel ontwikkeld worden voor Vlaanderen. Gezien de complexiteit van het systeem en de interactie met aanpalende bekkens in Wallonië en Noord-Frankrijk wordt de focus uitgebreid tot het ganse Scheldestroomgebied en de kanalensystemen die dit stroomgebied verbinden met de omliggende stroomgebieden en de zee. Ook de bekkens van de Franse Aa, IJzer, Brugse Polders worden in het model opgenomen. Gezien de interactie met het Maasbekken, wordt ook de (gemeten) afvoer naar Samber en Maas opgenomen in de modellering.

1.4 De opbouw van het rapport

Voorafgaand aan de rapportering van Deelopdracht 4, wordt een korte samenvatting gegeven betreffende de resultaten van de eerste drie deelopdrachten. Dit omdat Deelopdracht 4 de resultaten van deze deelopdrachten bundelt tot het regionale waterallocatiemodel. Vervolgens wordt in Hoofdstuk4 de software (Mike Basin) waarmee gemodelleerd is toegelicht en wordende voornaamste aspecten met betrekking tot de modelopbouw aangehaald. Hoofdstuk5beschrijft de modelresultaten. Hier worden eerst de resultaten van de modelvalidatie beschreven, gevolgd door de analyse en interpretatie van de resultaten van de simulatie met het regionale waterallocatiemodel. Tot slot worden in Hoofdstuk6 de conclusies en aanbevelingen voor Deelopdracht 4 geformuleerd.

[1] Bestek: WL/09/45
WL projectnr.: 724_04

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

2 Terminologie

Tijdens discussies en besprekingen rond waterallocatie en waterverdeling worden vaak termen gebruikt waarvan de betekenis soms subtiel van mekaar kan verschillen. Bij verkeerdelijk gebruik kan dit eventueel misverstanden veroorzaken. Ter verduidelijking en om te vermijden dat er tussen de verschillende termen verwarring zou ontstaan wordt een aantal veelgebruikte termen verduidelijkt in de context van deze opdracht:

- ***Watergebruik of -vraag***
  Het volume dat nodig is om aan de verschillende waterbehoeften te voldoen.
- ***Wateronttrekking of –captatie***
  Het al dan niet tijdelijk of permanent ontnemen van water uit het hydrologisch regime. In dit geval het oppervlaktewatersysteem.
- ***Lozen van water***
  Het (terug) in het oppervlaktewatersysteem brengen van water.
- ***Waterverbruik of netto-watergebruik***
  Het watervolume dat onttrokken is en dat niet meer ter beschikking is voor gebruik. Het is het verschil tussen het volume dat een gebruiker onttrekt en weer loost.
- ***Wateraanbod of –beschikbaarheid***
  Het totale watervolume waarover al de watergebruikers kunnen beschikken.
- ***Waterallocatie***
  Het toekennen van water aan de watergebruikers.
- ***Watertekort***
  Wanneer er onvoldoende water beschikbaar is om aan de waterbehoefte te voldoen, spreekt men van een watertekort. Het tekort is het verschil tussen de waterbehoefte en het wateraanbod.

Het dient duidelijk onderstreept te worden dat de water gerelateerde onderwerpen in deze studie, tenzij het anders vermeld is, enkel **het oppervlaktewater van de bevaarbare rivieren en kanalen** betreffen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

3 Voorgaande deelopdrachten

Uitgaande van de kennis die in de voorafgaande Deelopdrachten 1, 2 & 3 werd vergaard is in kader van deze deelopdracht een regionaal waterallocatiemodel van het Scheldestroomgebied opgebouwd.

3.1 **Deelopdracht 1: Inventarisatie**

In de eerste fase van dit project is de beschikbare relevante informatie omtrent wateraanbod en -gebruik verzameld om tot een regionaal waterallocatiemodel voor het Scheldestroomgebied te kunnen komen. Uit deze inventarisatie blijkt dat er sterke regionale verschillen zijn in de beschikbaarheid van gegevens en het vrijgeven ervan. Waar er in Vlaanderen meer dan voldoende gegevens zijn om een gedetailleerd allocatiemodel op te bouwen, zijn de metingen voor het Waalse en Franse deel van het studiegebied veel minder uitgebreid. Ondanks de differentiatie in beschikbare gegevens worden zowel het Franse als het Waalse kanalensysteem in het modelgebied opgenomen. Ze zijn immers van een te groot belang in de waterverdeling binnen (en buiten) het Scheldestroomgebied om ze te negeren.

3.2 **Deelopdracht 2: Het watergebruik**

Het waterallocatiemodel wordt gevoed door neerslag, en verliest water door het verbruik van allerhande sectoren. Om een duidelijk overzicht te krijgen van het watergebruik in het studiegebied is in deze deelopdracht een overzicht opgebouwd. Het gaat in deze studie enkel om onttrekkingen uit het oppervlaktewater van de bevaarbare rivieren en kanalen. Grondwater en het watergebruik langs de onbevaarbare waterlopen zijn niet in deze analyse opgenomen. Impliciet zullen ze echter wel in het allocatiemodel geïntegreerd worden via de hydrologische NAM-modellen.

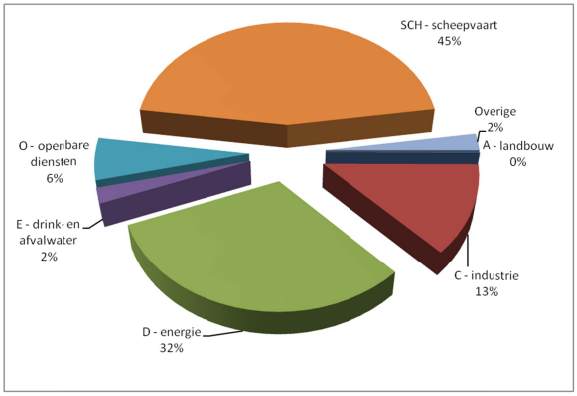
In Vlaanderen wordt er jaarlijks 8,3 miljard m³ (263 m³/s) onttrokken. Dit komt voornamelijk op rekening van de scheepvaart, de energieproducenten en de industrie die respectievelijk verantwoordelijk zijn voor 46%, 32% en 13% van het totale onttrokken volume. Ze situeren zich voornamelijk langs de belangrijke economische assen en centra: het Albertkanaal en het kanaal Gent-Terneuzen ende havens van Antwerpen en Gent.

1,2 Miljard m³ van wat er wordt onttrokken, wordt effectief verbruikt. Dit is 39 m³/s of 15% van het totale onttrokken volume. Met bijna 0,5 miljard m³ (15,5 m³/s, 40% van het totale verbruik) is de scheepvaart de grootste verbruiker van oppervlaktewater. Ondanks het aanzienlijke volume dat terug in het systeem geloosd wordt, blijft het de grootste water verbruikende sector. Dit verbruik is volledig te wijten aan het verbruik aan de sluizen de zich aan de afwaartse randen van het studiegebied bevinden, i.c. de sluizen in Terneuzen en de Kreekraksluizen. Het water dat hier geschut wordt is afwaarts immers niet meer bruikbaar voor andere gebruikers binnen het studiegebied. Binnen het studiegebied verbruikt de scheepvaart dan ook geen water.

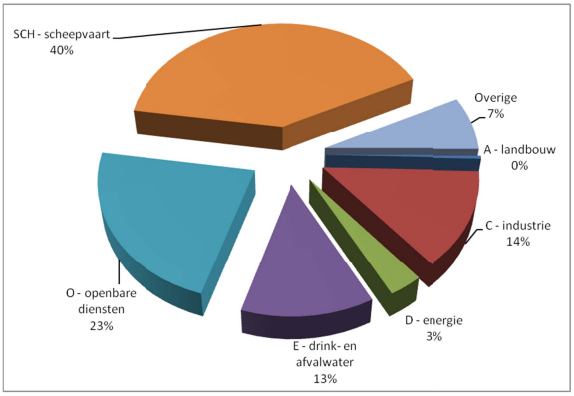
Ook het debiet dat nodig is ter bestrijding van de zoutindringing in het kanaal Gent-Terneuzen is een belangrijke waterverbruiker. Met 262 miljoen m³ (8 m³/s) staat het in voor 22% van het totale waterverbruik.

Tenslotte zijn de industrie en de drinkwaterproducenten de overige grote water verbruikende sectoren met een respectievelijk verbruik van 164 en 154 miljoen m³/j (elk zo'n 5 m³/s).

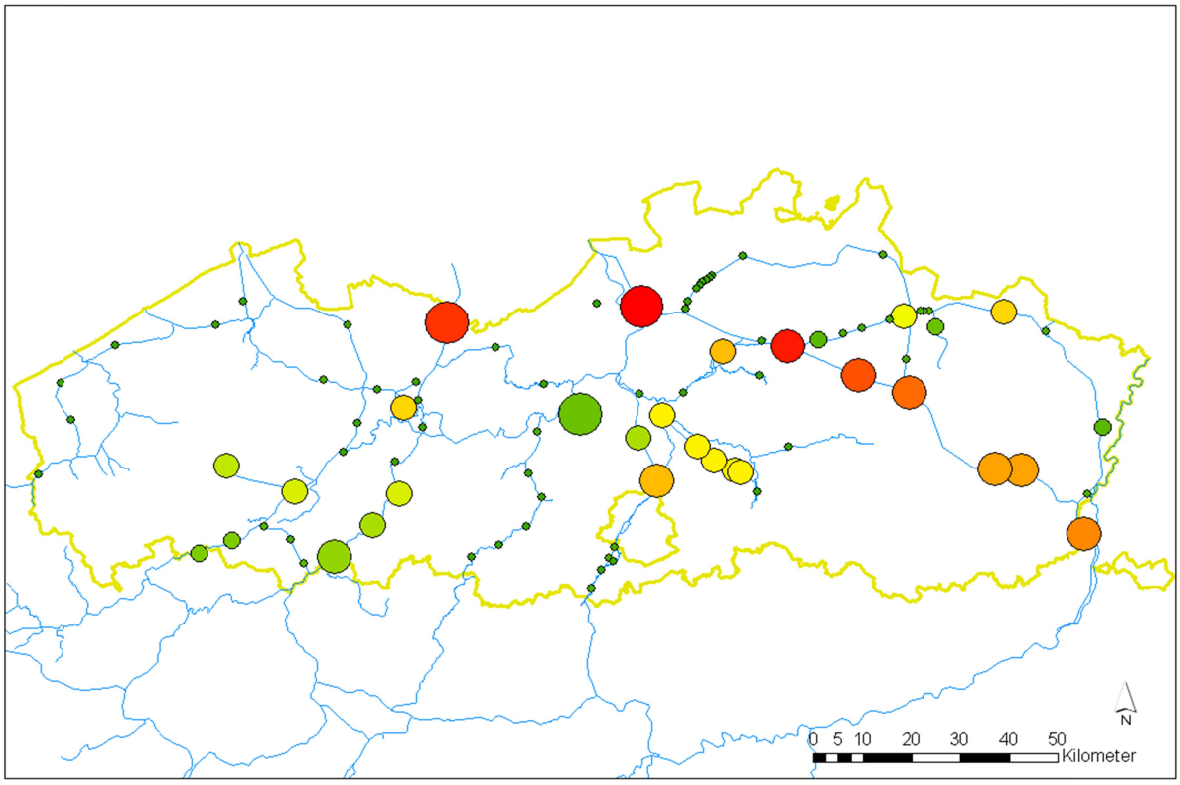
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 1 – Aandeel van de sectoren in het uit het oppervlaktewater onttrokken volume.



Figuur 2 – Aandeel van de sectoren in het verbruikte oppervlaktewatervolume.



Figuur 3– Wateronttrekking (grootte cirkel) en -verbruik (kleur: rood = groot, groen = klein) per pand in 2008. (excl. polders, incl. scheepvaart).

3.3 Deelopdracht 3: Het wateraanbod

In Deelopdracht 3 is de hydrologische input – zijnde de natuurlijke voeding van de waterlopen in het allocatiemodel – verzameld en gecontroleerd aan de hand van beschikbare gevalideerde debietmeetreeksen. Het aanbod is bepaald voor het gehele Scheldestroomgebied, aangevuld met de bekkens van de Franse Aa, IJzer, Brugse Polders en de Maas. Aan de basis van de hydrologische input liggen NAM neerslag-afvoermodellen voor de verschillende deelstroomgebieden. Deze zetten meteorologische gegevens om naar debieten die de gemodelleerde waterlopen voeden. Voor elke gemodelleerde waterloop in het waterallocatiemodel is op die manier de natuurlijke voeding bepaald.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Per waterloop zijn hiertoe de deelstroomgebieden die afstromen naar de desbetreffende waterloop afgelijnd en voor elk deelstroomgebied is op basis van neerslag en evaporatiegegevens de dagelijkse afvoer naar de waterlopen berekend met behulp van een neerslag-afvoermodel. Op basis van beschikbare debietmeetreeksen, is de performantie van de neerslag-afvoermodellen gecontroleerd.

Voor het waterallocatiemodel is 70% van de deelstroomgebieden zo gecontroleerd (exclusief het Maasbekken). Over het algemeen kan gesteld worden dat de gegenereerde input op basis van de NAM neerslag-afvoermodellen voor het waterallocatiemodel een goed beeld schept van het wateraanbod in het studiegebied. Afgezien van de onzekerheid op de meteorologische input en op de waargenomen afvoer, liggen de modelresultaten steeds goed in de buurt van de gemeten afvoer. Onzekerheid op meteorologische data is meestal te wijten aan de afwezigheid van metingen in de nabije omgeving van het beschouwde deelstroomgebied. De onzekerheid is het grootst voor de deelstroomgebieden op Frans grondgebied, daar de gegevens hiervoor schaarser zijn. Voor de overige deelstroomgebieden in het studiegebied is geen controle uitgevoerd, gezien hier weinig of geen betrouwbare meetgegevens beschikbaar zijn. Het merendeel van deze gebieden bevindt zich langs het Leopoldkanaal, de Benedenschelde en in het stroomgebied van de Maas.

Voor het Maasbekken zijn in het kader van vorige studies geen NAM modellen opgemaakt. De input diende dus op een andere manier gegenereerd te worden. Gebruik makend van de berekende afvoerreeks te Monsin, wordt aan de deelstroomgebieden van het stroomgebied van de Maas opwaarts Monsin een debiet toegekend. Dit debiet is herschaald aan de hand van de oppervlakte van de verschillende deelstroomgebieden. De metingen in Kanne en Smeermaas zijn gebruikt voor de voeding van respectievelijk het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart. Omdat deze metingen voor de Zuid-Willemsvaart in 1979 beginnen, en voor Albertkanaal pas in 2001, zijn de resultaten van het watergebruik vóór deze perioden onbetrouwbaar, aangezien de watervraag van het eerste in het model ingevoerde jaar door de software herhaald wordt.

Globaal gezien, bedraagt de gemiddelde neerslagafvoer naar de gemodelleerde waterlopen in het Scheldestroomgebied 262 m³/s. Deze afvoer is afkomstig van alle deelstroomgebieden in het Scheldestroomgebied, samen goed voor een gebied van 20 835 km². Wanneer ook de deelstroomgebieden in de bekkens van de Maas, Brugse Polders en IJzer worden meegerekend, bedraagt de gemiddelde afvoer 518 m³/s.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

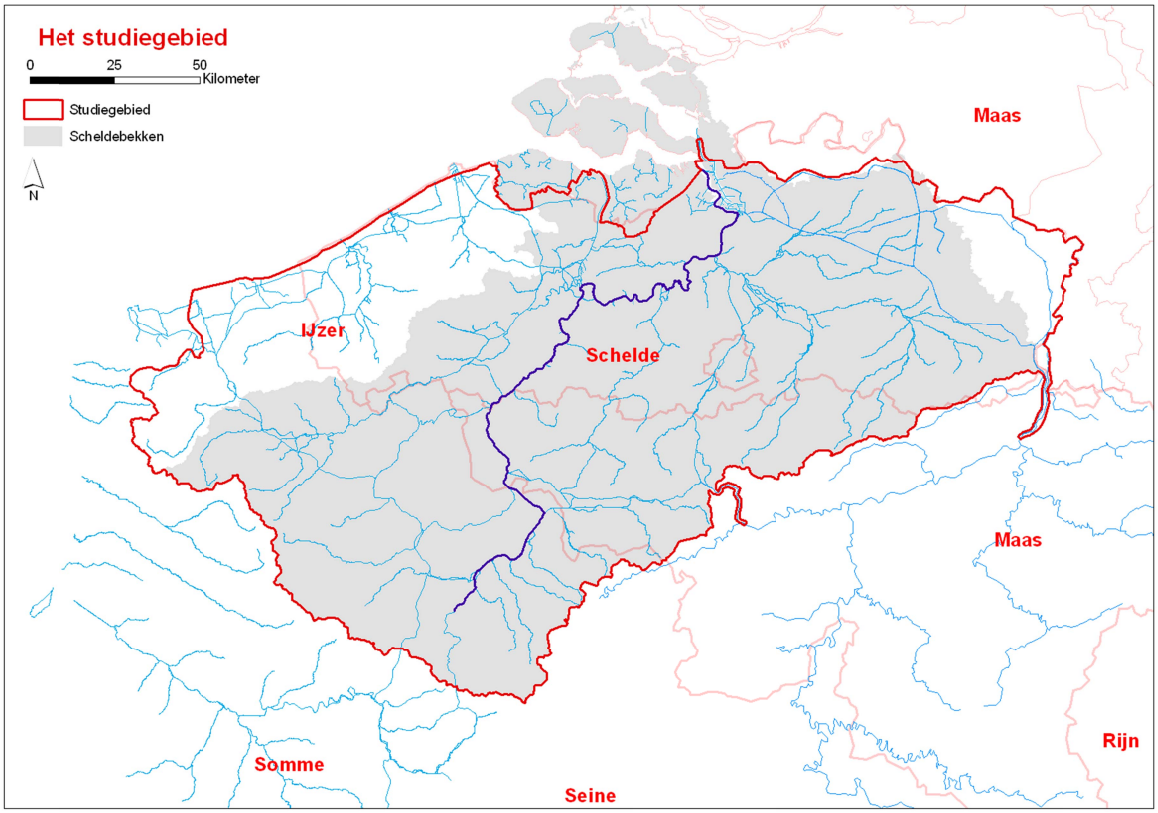
4 Het Waterallocatiemodel

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het waterallocatiemodel is opgebouwd. In een eerste sectie wordt aangeduid welk gebied precies gemodelleerd is. Vervolgens wordt kort de gebruikte software en de belangrijkste aspecten met betrekking tot de modellering toegelicht.

4.2 Studiegebied

Gezien de complexiteit van het systeem en de interactie met aanpalende bekkens in Wallonië en Noord-Frankrijk wordt de focus van het waterallocatiemodel uitgebreid buiten het Scheldestroomgebied. Op die manier moeten ruim 25 500 km² waterwegen worden gemodelleerd. Het betreft niet enkel de bevaarbare rivieren en kanalen binnen het Scheldestroomgebied, maar ook de kanalen die het Scheldestroomgebied met aanpalende stroomgebieden verbinden (o.a. het Albertkanaal, kanaal Schelde-Duinkerke, kanaal Gent-Terneuzen, …) als ook een aantal rivieren uit deze aanpalende bekkens (o.a. de Samber, Maas, IJzer, Brugse Polders, …). Het model bestrijkt zo een gebied dat zich uitstrekt over Noord-Frankrijk, België en het zuiden van Nederland.



Figuur 4 – Het studiegebied

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

4.3 Gebruikte software

De software die gebruikt is voor de opbouw van het waterallocatiemodel is Mike Basin, een softwarepakket dat ontwikkeld is door het Danish Hydraulic Institute (DHI) speciaal voor geïntegreerd rivierbekkenbeheer of zoals DHI het zelf op haar website verwoordt:

> *"Mike Basin is een multi-functioneel, op GIS gebaseerd rivierbekkensimulatiepakket. Ontwikkeld voor het analyseren van problemen met waterverdeling en milieukwesties op internationale, nationale en projectschaal. Mike Basin is krachtig maar toch eenvoudig te gebruiken met uitgebreide analysemogelijkheden voor waterbeheer."*

Aan de hand van een aantal bouwstenen kan in Mike Basin een netwerk opgebouwd worden van knopen en takken dat de waterverdeling en het waterbeheer in een gegeven gebied kan modelleren. De afstroming van deelbekkens, watergebruikers, reservoirs, waterkrachtcentrales, irrigatienetwerken kunnen als bouwstenen in een model opgenomen worden. Aan de hand van prioriteits- en allocatieregels kan de waterverdeling tussen de verschillende watergebruikers gesimuleerd worden. Daarenboven kan elke invoerparameter nog gewijzigd of geoptimaliseerd worden door een aangepaste macro te programmeren in Visual Basic.

Het rekenconcept van Mike Basin bestaat erin om bij elke tijdstap een stationaire oplossing te berekenen voor elk element in het gemodelleerde systeem. Het softwarepakket is ontwikkeld met het oog op een waterverdeling gebaseerd op debieten. Het waterbeheer in de te modelleren waterwegen in het Scheldestroomgebied is echter gericht op het handhaven van het waterpeil ten behoeve van de scheepvaart. Daarom dient in eerste instantie onderzocht te worden of een op waterpeil gestuurd systeem gesimuleerd kan worden met behulp van Mike Basin[2]. Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin beschrijft hoe voorafgaand aan de opbouw van het waterallocatiemodel de software is getest voor het complexe watersysteem in de buurt van Gent, het zogenaamde "Groot Pand".

Gezien het mogelijk was dit gebied te modelleren, werd ook voor het regionaal allocatiemodel met deze software verder gewerkt. Voor technische details met betrekking tot deze modellering wordt verwezen naar deze bijlage.

Beperkingen van de software

- Bij het implementeren van complexe watersystemen zoals die zich voordoen in het Scheldestroomgebied, is men al gauw genoodzaakt extra programmeerwerk uit te voeren. Het gaat hier bijvoorbeeld om de implementatie van de zogenaamde cycli (zie verder, hierbij wordt water uit een reservoir onttrokken en op dezelfde plaats of opwaarts ervan geloosd) of pompen, waarbij de pompwerking afhankelijk is van het peil in een hoger gelegen pand. Meer technische details omtrent deze implementaties zijn opgenomen in Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin.
- Bij het uitvoeren van een simulatie in Mike Basin is het mogelijk de uitvoer te beperken tot een aantal modeleenheden waarin men geïnteresseerd is. Wanneer men de modelsimulaties echter via een macro wil uitvoeren is dit niet meer mogelijk. Daardoor wordt veel overbodige informatie opgeslagen, wat ervoor zorgt dat de grootte van het uitvoerbestand al snel oploopt. Bijgevolg is het noodzakelijk om bij simulaties voor perioden langer dan 20 jaar (met tijdstap van 1 dag) de resultaten weg te schrijven naar Excel. De handige geografische Mike Basin-analyse in ArcGIS is dan wel uitgesloten. Een alternatief is om de tijdstap van de berekening te verlengen. De impact op de resultaten is beperkt voor simulaties met een tijdstap van 2 of 3 dagen. Meer achtergrond hieromtrent is opgenomen in Bijlage 2: Effect van grotere tijdstap.

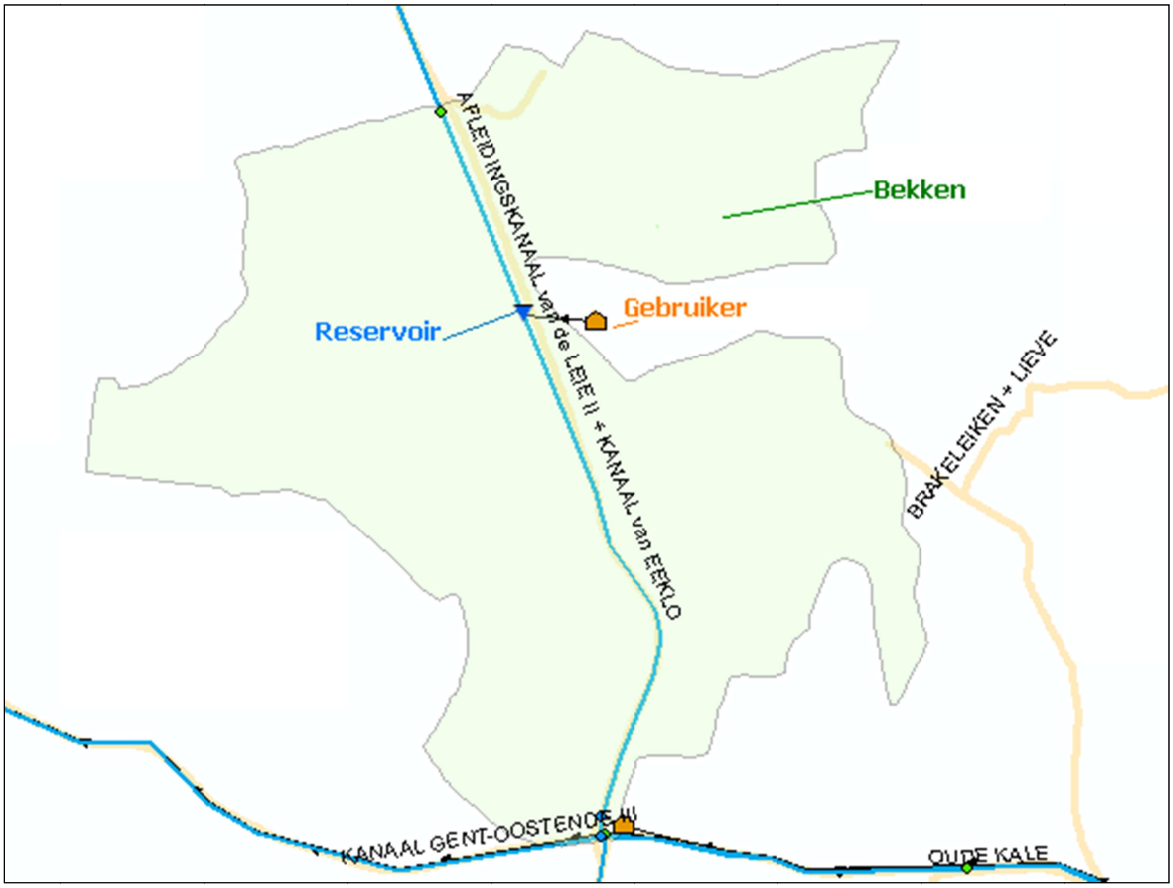
[2] Voor deze opdracht werd gebruik gemaakt van Mike Basin 2009.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

4.4 Modelopbouw

Het gros van het model is opgebouwd naar analogie met de aanpak van het model “Groot Pand” dat werd ontwikkeld ter evaluatie van Mike Basin (Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin).Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste aspecten met betrekking tot de modellering. Figuur 5 toont de voornaamste modeleenheden of bouwstenen in het waterallocatiemodel. Deze worden ook in

Tabel 1 in tabelvorm weergegeven. Elke rivier of kanaal werd voorgesteld als een tak waarvan de panden als reservoir worden beschouwd. Uit deze reservoirs kunnen de watergebruikers die in werkelijkheid langsheen het pand liggen water onttrekken of (weer) lozen. Doorheen de modellering werd al snel duidelijk dat deze eenvoudige aanpak niet in het ganse gebied kon worden toegepast en dat bijkomende programmeringen noodzakelijk waren voor de modellering. Voor technische details hieromtrent wordt verwezen naar Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin.



Figuur 5 – Voornaamste modelelementen in een Mike Basin model

Tabel 1 – Voornaamste modeleenheden in Mike Basin

Te modelleren	Mike Basin modeleenheid	Belangrijkste parameters
Rivier- of kanaalpand	Reservoir knoop	HVA-relatie, karakteristieke peilen, prioriteitenregels
Deelstroomgebied	Catchment	Tijdreeks met neerslagafvoer
Gebruiker	Water User knoop	Tijdreeks met onttrekking- of lozingsdebiet
Afleiding	Bifurcation knoop	Verdeling ifv debiet hoofdloop
	Gebruikers	Debiet van de zijtakken
Pomp	Macro	

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

4.4.1 Waterlopen

De waterlopen worden in het model gevisualiseerd door *reaches*. Het gaat hier om de verbinding tussen reservoirs of kanaalpanden.

4.4.2 Bekkens

De hydrologische input die het model voedt en berekend is in Deelopdracht 3, wordt in het waterallocatiemodel toegekend aan deelbekkens. Elk van deze deelbekkens bevat een tijdreeks met de (door het NAM neerslag-afvoer model) gemodelleerde debieten. Deze deelbekkens worden dan gekoppeld aan het netwerk van rivieren en kanalen.

4.4.3 Reservoirs

Reservoirs stellen in het waterallocatiemodel de kanaal- en rivierpanden voor. De watergebruikers die langs een bepaald pand liggen kunnen hieruit water onttrekken of er (weer) in lozen. De geometrie van deze panden wordt gedefinieerd door de hoogte-volume-oppervlakte relatie, terwijl het beheer van het pand gedefinieerd wordt door een aantal karakteristieke waterpeilen:

De hoogte-volume-oppervlakte-relatie (HVA)

Deze relatie geeft bij elke gesimuleerde waterhoogte de vrije wateroppervlakte en het watervolume in het pand aan. Voor het waterallocatiemodel is deze informatie gerecupereerd uit de laagwaterstudies die eerder door het Waterbouwkundig Laboratorium zijn uitgevoerd (Baetens et al., 2006 & Michielsen et al. 2006). Voor de waterwegen die buiten deze laagwaterstudies vielen, is de informatie uit de hydrodynamische riviermodellen gehaald (b.v. voor de Dender) of is er een benadering gebruikt (b.v. voor de kanalen in Wallonië en Noord-Frankrijk). Bij deze laatste benadering wordt verondersteld dat de oevers van het betreffende pandverticaal zijn en dat de bodem 5 meter onder het streefpeil van het pand ligt.

Karakteristieke peilen

In de reservoireenheid in Mike Basin dienen een aantal karakteristieke peilen gedefinieerd te worden met betrekking tot het beheer van het pand. Hieronder worden deze peilen kort toegelicht.

- Bodempeil of *Bottom level*

  Voor het bodempeil van het pand wordt het werkelijke bodempeil gebruikt, tenzij dat niet gekend is. In dat geval wordt een fictief peil gebruikt dat 5 meter onder het streefpeil van het pand ligt.

- Dode berging of *Top of dead storage*

  Dit peil komt overeen met het minimum peil tot waar water uit het pand gebruikt kan worden. Dit is gelijk gesteld aan het bodempeil van het pand, zodat in principe al het water bruikbaar is.

- Kruinpeil of *Dam crest level*

  Het hoogste peil dat het water in het rivier- of kanaalpand kan bereiken. In het waterallocatiemodel zal dus nooit een peil hoger dan dit peil worden gesimuleerd, gezien het water boven dit peil overstort. Dit peil is in het model gelijkgesteld aan het streefpeil in het pand.

- Stormbuffer of *Flood control level*

  Dit peil is van belang bij overstromingen. Wanneer er een was is wordt de zone tussen dit peil en het *Dam crest level* gebruikt als buffer om de was op te vangen. Voor het waterallocatiemodel is ook dit peil gelijkgesteld aan het streefpeil in het pand.

Prioriteitenregels

Uit een pand of reservoir kunnen meerdere gebruikers water onttrekken. Aan deze gebruikers kunnen prioriteiten gekoppeld worden zodat de gebruiker met de hoogste prioriteit, bij een laag wateraanbod, voorrang krijgt op de andere watergebruikers. Volgens het huidige beheer krijgt de scheepvaart steeds de hoogste prioriteit gevolgd door gebruikers van groot maatschappelijk belang zoals drinkwatermaatschappijen en elektriciteitscentrales.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Dit wordt bijgevolg ook zo in het waterallocatiemodel gemodelleerd. De verdere prioritering gebeurt op basis van een afweging tussen het onttrokken volume, waarbij de grootste gebruiker voorrang krijgt op de kleinere, het belang van de sector in vergelijking met de andere sectoren en het belang van de gebruiker binnen de sector waartoe die behoort.

Daarnaast kan men voor elke gebruiker regels instellen die bepalen vanaf welk peil zijn watergebruik zal gereduceerd worden. In het model is aangenomen dat dit peil voor de scheepvaart een halve meter onder het streefpeil is, zodat bij een peil daaronder geen water meer gebruikt kan worden door de scheepvaart. Voor de andere sectoren is de drempel 1 meter onder het streefpeil genomen.

4.4.4 Watergebruikers

Niet elke individuele gebruiker in het studiegebied is afzonderlijk in het model opgenomen. Om het overzicht te bewaren, zijn - mede gezien de schaal van het model-de gebruikers van een pand per sector gebundeld. Het door de gebruikers onttrokken debiet is geïmplementeerd als een vast volume dat ze onttrekken en/of lozen. Dit debiet komt overeen met de meest recent vergaarde informatie uit Deelopdracht 2. Het moet hier nogmaals worden opgemerkt, dat het watergebruik in het model gebaseerd is op gegevens met betrekking tot historische onttrekkingen. Het kan dus zo zijn, dat gebruikers in het verleden in feite meer water hadden gewenst dan beschikbaar was, maar dat hun onttrekkingen reeds aangepast werden aan de omstandigheden. Het debiet dat in het waterallocatiemodel geïmplementeerd is omvat deze onttrekking/lozing, en wat mogelijks niet altijd overeenkomt met het door een gebruiker gewenste debiet.

4.4.5 Afleidingen

Kanalen zorgen voor een kunstmatige verbinding tussen de rivieren om zo economische centra beter via de scheepvaart te ontsluiten of overtollig water gemakkelijk te kunnen afvoeren. Deze kanalen staan vaak in open verbinding met de voedende rivieren zonder dat een structuur of pomp de voeding ervan regelt. Voorbeelden hiervan zijn o.a. het Afleidingskanaal van de Leie in Deinze, de Ringvaart om Gent, de verbinding Schelde-Duinkerke in Bouchain en Aire-s/l-Lys, de Zuid-Willemsvaart in Smeermaas, het kanaal Bocholt-Herentals in Bocholt, het Albertkanaal in Luik…. De modellering van een splitsing van één waterloopstreng in meerdere afwaartse strengen kan in Mike Basin enerzijds via de zogenaamde *bifurcation nodes* en anderzijds via implementatie van watergebruikers.

Als *bifurcationnodes*

Mike Basin herkent knopen waar één tak toekomt en er twee vertrekken als *bifurcation nodes*. Voor deze knopen dient in tabelvorm de verdeling over de twee vertrekkende takken op basis van het toestromende debiet gedefinieerd te worden. Om een afleiding op deze manier te implementeren, dient deze verdeling uiteraard gekend te zijn. In het waterallocatiemodel zijn *bifurcation nodes* gebruikt voor al de afleidingen die vanuit het Groot Pand vertrekken. Van deze is immers uit metingen en hydraulische simulaties duidelijk hoe de verdeling gebeurt.

Als watergebruikers

De overige afleidingen, waarvan de exacte verdeling niet gekend is (b.v. de kanalen in Noord-Frankrijk) of waarvan er geen eenduidige verdeling bestaat maar wel een meetreeks (b.v. de splitsing van de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals), worden van elkaar losgekoppeld. De afleiding wordt dan gevoed door een gebruiker.

Waar er een meetreeks is, wordt deze aan de gebruiker opgelegd. Dit is het geval voor de voeding van het Albertkanaal (meting Kanne), het Julianakanaal (Bunde), de Zuid-Willemsvaart (Smeermaas en Loozen) en het kanaal Bocholt-Herentals (Lommel)

Van de afleidingen aan de kanalen in Noord-Frankrijk is er nog minder geweten. Noch de verdeling, noch een meetreeks zijn ter beschikking, enkel het algemene beheersprincipe dat men er hanteert. Dat komt er op neer dat er per pand een sluitende waterbalans is zodat het streefpeil gehandhaafd blijft. Meer specifiek voor de doorvoer aan de sluis van Goeulzin en de wisselwerking tussen de verbinding Schelde-Duinkerke en de Leie in Aire-s/l-Lys is er in de macro ook een subroutine geschreven om een de afgeleide hoeveelheid te schatten.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

4.4.6 Aannames

Tijdens de ontwikkeling van het model zijn er een aantal aannames gemaakt voor de goede werking van het model zonder dat dat in de werkelijkheid wordt toegepast. Uit verdere discussie moet duidelijk worden of deze aannames terecht waren of ze dienen te worden bijgestuurd.

- De allocatieregels zijn nu zo opgevat dat de onttrekking van een gebruiker stil valt wanneer het peil in een pand meer dan 1 meter zakt. Voor de scheepvaart is dat 0,5 meter.
- Er is geen gefaseerde afbouw van de onttrekking bij een dalend peil. Het is met andere woorden alles of niets.
- Omwille van gebrek aan gegevens is het watergebruik doorheen de jaren constant gehouden. Het referentiejaar hiervoor was 2008, of het meest recente beschikbare. Dit impliceert dat tijdens lange simulatieperiodes er een afwijking ontstaat ten op zicht van wat er zich toen in realiteit voor deed. B.v. sommige gebruikers bestonden nog niet of onttrokken meer of minder water.
- Punten waar het water verdeeld wordt over 2 zijtakken kunnen gemodelleerd worden door een *bifurcation node.* Hier kan enerzijds een naar de zijtakken stromend debiet in functie van de tijd geïmplementeerd worden. Anderzijds kan men ook opteren om een vaste fractie van het opwaarts toekomend debiet naar de zijtakken te sturen. In het waterallocatiemodel is gekozen voor deze laatste manier. Dit impliceert echter dat er een tijdsonafhankelijke verhouding gedefinieerd is tussen het debiet in de hoofdwaterloop en de verdeling naar de afwaartse zijwaterlopen. In realiteit varieert deze verhouding in de loop der jaren.
- Door een gebrek aan een goede hydrologische voeding van de Samber en de Maas worden het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart gevoed volgens de metingen die opwaarts deze kanalen gebeuren. Deze metingen zijn gestart in respectievelijk 2001 en 1971. Omdat er een slechte correlatie bestaat tussen deze metingen en metingen op de Maas zelf was het niet mogelijk de reeksen te verlengen op basis van een correlatie. Een eventuele 'statistische' verlenging is eventueel nog wel mogelijk

4.4.7 Macro

Mike Basinkan ook gestart worden zonder dat daarvoor de ArcGIS interface gebruikt moet worden. Met behulp van een macro waarin de zogenaamde *Mike Basin engine* kan worden aangestuurd is het mogelijk om elke tijdstap extra bewerkingen uit te laten voeren die niet in het klassieke pakket omvat zijn. Onder andere de pompwerking aan sommige sluizen en de waterverdeling bij afleidingen kunnen op deze manier gemodelleerd worden. Ook bij implementatie van een zogenaamde 'cyclussen' (zie hieronder) en bij de implementatie van pompen is het genoodzaakt om de modellering via een macro uit te voeren. Dit is hieronder kort toegelicht. Voor meer achtergrond wordt verwezen naar Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin.

4.4.8 Cycli

Door water uit een reservoir te onttrekken en het op dezelfde plaats of opwaarts ervan te laten lozen ontstaan er cycli: dezelfde hoeveelheid water passeert immers tweemaal dezelfde locatie. Voorbeelden van dergelijke gebruikers zijn elektriciteitscentrales of industriële bedrijven die koelwater gebruiken, pompinstallaties die geschut water aan de sluizen terug oppompen, …. Implementatie van dit soort lussen in Mike Basin levert foutmeldingen op, waardoor een andere manier van implementeren noodzakelijk wordt. Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin geeft meer technische details over hoe deze lussen toch in Mike Basin worden geïmplementeerd. Gebruikers dienen gesplitst te worden in een onttrekkende gebruiker en een virtuele lozende gebruiker die het water opwaarts van het reservoir waaruit onttrokken wordt het water weer loost. Door het water opwaarts te lozen stroomt het onttrokken water weer terug naar het reservoir zodat het beschikbaar blijft voor de andere gebruikers die water uit dat reservoir gebruiken, zoals dat in werkelijkheid ook gebeurt.

4.4.9 Pompen

In tegenstelling tot de hierboven beschreven gebruikers is de pompwerking in het studiegebied afhankelijk van het peil in het hoger gelegen pand. De sturing van de pompen die water van een lager naar een hoger gelegen pand pompen (zoals o.a. aan het kanaal Bossuit-Kortrijk en de Waalse kanalen) zal ook met behulp van een macro geprogrammeerd moeten worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In de macro worden volgende pompinstallaties gemodelleerd:

- Palluel (Canal du Nord)
- Pont-Malin (Schelde)
- Zwevegem (Kanaal Bossuit-Kortrijk)
- Moen (Kanaal Bossuit-Kortrijk)
- Bossuit (Kanaal Bossuit-Kortijk)
- Ooigem (Kanaal Roeselare-Leie)
- Viesville (Kanaal Brussel-Charleroi)
- Gosselies (Kanaal Brussel-Charleroi)
- Marchienne (Kanaal Brussel-Charleroi)
- Ittre (Kanaal Brussel-Charleroi)
- Havre (Canal du Centre)
- Obourg (Canal du Centre)
- Pommeroel (CanalPommerœul-Condé)
- Maubray (Canal Nimy-Blaton-Péronnes)
- Péronnes (Canal Nimy-Blaton-Péronnes)
- Zemst (Kanaal Brussel-Schelde)

Aan sommige sluizen wordt er ook water doorgevoerd om een lager gelegen pand op peil te houden. Deze vergen dezelfde aanpak als de pompen. Het gaat specifiek om de doorvoer aan de sluis van Zwevegem op het kanaal Bossuit-Kortrijk en de doorvoer in Goeulzin op de verbinding Schelde-Duinkerke.

4.5 **Simulaties**

Het waterallocatiemodel wordt gevoed door de neerslagafvoer voor de verschillende deelstroomgebieden of *catchments* (zie Deelopdracht 3). De input voor het waterallocatiemodel strekt zich uit van 1967 tot en met 2009. Het model kan dus in principe gerund worden voor een periode van 43 jaar.

De Mike Basin software heeft de beperking dat het aantal tijdsreeksen dat met de modelobjecten (knopen, deelstroomgebieden en waterlooptrajecten) kan worden geassocieerd, beperkt is. (Zie ook Knelpunten van de software in Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin). Zo kan het zijn dat wanneer men een lange simulatie uitvoert, de gegenereerde output-tijdreeksen niet meer gelinkt worden aan de modelobjecten. Het is wel mogelijk om de resultaten van langdurige simulaties te exporteren naar Microsoft Excel, om daar de nodige analyses uit te voeren. Bijlage 2: Effect van grotere tijdstap beschrijft ter illustratie wat de impact van een grotere (2, 3, 5 of 10 dagen) is op de modelresultaten. Voor toekomstige simulaties kan overwogen worden de tijdstap te verlengen, de opmerkingen die in Bijlage 2: Effect van grotere tijdstap beschreven zijn indachtig houdend.

In kader van deze studie is enerzijds een validatie uitgevoerd, waarbij de simulatieresultaten vergeleken worden met de metingen, en anderzijds een langdurige simulatie voor de periode 1967-2009.

4.5.1 Validatie

Om de performantie van het waterallocatiemodel te toetsen, dienen de modelresultaten vergeleken te worden met gevalideerde waterpeil- en debietmetingen langs de rivieren en kanalen. Bij gebrek aan metingen focust de validatie zich voornamelijk op het westelijke en het Vlaamse gedeelte van het model. Wanneer recente meteorologische informatie en de metingen die sinds 2010 op het Albertkanaal en de Kempense kanalen gebeuren beschikbaar zijn, kan het model in een latere fase ook in deze regio gevalideerd worden.

Het dient nog te worden opgemerkt, dat de onttrekking- en lozingsdebieten die in het model geïmplementeerd zijn, gebaseerd zijn op de meest recente cijfers (zie Deelopdracht 2). Deze waarden zijn als constante waarden in het model geïmplementeerd, terwijl ze in werkelijkheid niet voor de hele simulatieperiode constant gebleven zijn. Bijgevolg kunnen de meet- en simulatieresultaten licht van elkaar verschillen, maar gezien de kleine variatie in watergebruik kan deze afwijking niet groot zijn.

Bij het valideren moet ook zeker in acht genomen worden dat dit een regionaal model is. Een exacte benadering van de meting is onmogelijk, mede omdat de meetfout bij lage afvoeren relatief groot is ten

opzichte van de meetwaarde.

Voor de validatie wordt een simulatie uitgevoerd met het waterallocatiemodel voor de periode 2000-2009, met een tijdstap van 1 dag. Dit omdat voor deze periode meestal meetreeksen beschikbaar zijn op de belangrijkste controlepunten.

4.5.2 Simulatie 1967-2009

Voor de evaluatie van de resultaten die door het waterallocatiemodel van het Scheldestroomgebied worden geproduceerd, dienen resultaten geproduceerd te worden voor de hele periode 1967-2009. Het is niet mogelijk om door middel van één enkele simulatie voor 1967-2009 alle resultaten weg te schrijven én te linken aan de Mike Basin modelobjecten voor een duidelijke visualisatie. Daarom wordt eerst een simulatie uitgevoerd voor de hele periode waarbij de voornaamste resultaten voor deze periode met tijdstap van 1dag naar Excel worden weggeschreven. Vervolgens wordt, om een visualisatie in Mike Basin mogelijk te maken, de simulatie bijkomend uitgevoerd via 3 deelsimulaties. De resultaten van deze 3 deelsimulaties worden evenwel samen geëvalueerd.

5 Resultaten

Hieronder volgt een overzicht van de resultaten van de simulaties met het waterallocatiemodel. Eerst wordt beschreven in welke mate de modelresultaten de beschikbare gevalideerde meetreeksen benaderen (zie §5.1Validatie). Vervolgens worden de belangrijkste resultaten uit het waterallocatiemodel toegelicht. Om na te gaan wat de gevoeligheid van het model is voor een verschil in hydrologische input of in allocatieregels, zijn bijkomend nog enkele simulaties uitgevoerd met gewijzigde input/allocatieregels. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 3: Gevoeligheidsanalyse – Impact van neerslag en Bijlage 4: Gevoeligheidsanalyse – Impact van allocatieregels.

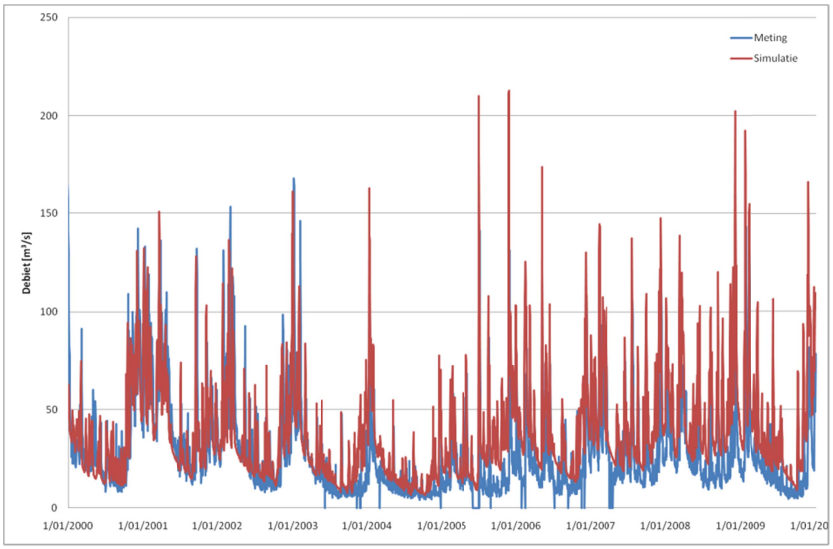
5.1 Validatie

Bij een eerste evaluatie van de gesimuleerde debieten en peilen kwamen nog een aantal afwijkingen aan het licht. Een optimalisering en bijsturing via “trial and error” van de waterverdeling op bepaalde locaties, maakte dat de gesimuleerde waarden de metingen beter benaderden. Het betrof voornamelijk de bijsturing van de *bifurcation nodes* in het “Groot Pand” om een realistischere waterverdeling binnen dit pand te bekomen.

5.1.1 Debiet

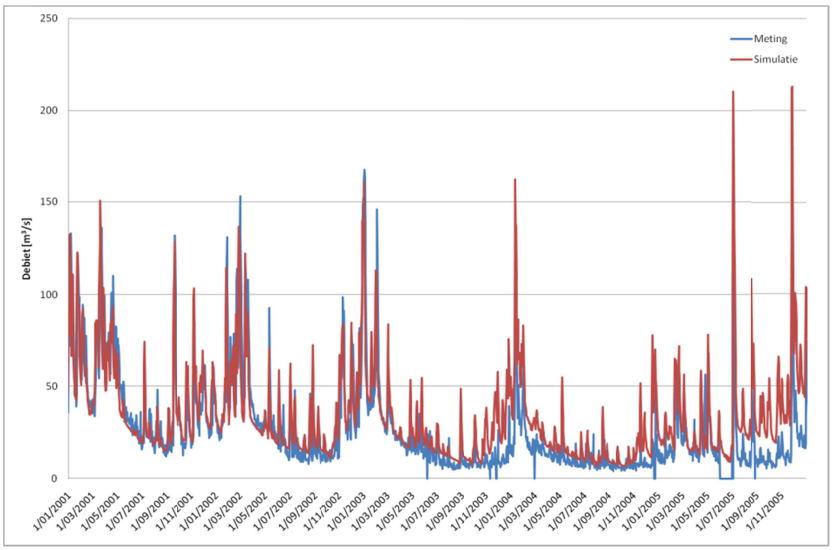
Leie in Menen

Figuur 6 toont het gesimuleerde en gemeten debiet op de Leie te Menen. Het is duidelijk dat de simulatieresultaten de metingen goed benaderen tot ergens halfweg 2005. Na deze periode kan een sprong waargenomen worden in de simulatieresultaten. Deze sprong werd ook opgemerkt in kader van Deelopdracht 3, waar de gesimuleerde neerslag-afvoer werd vergeleken met de meetreeksen. Het feit dat het model de waargenomen debieten in het eerste deel (tot 2005) van de analyseperiode goed benadert (zie Figuur 7), doet vermoeden dat de afwijking te wijten is aan de onzekerheid op de beschikbare meetreeks, de meteorologische input of een wijziging in het waterbeheer in het Noord-Franse kanalensysteem en niet aan de modelopbouw. Om de precieze oorzaak van deze afwijking te achterhalen is een meer gedetailleerde analyse nodig van dit deelgebied.



Figuur 6 – Vergelijking tussen de metingen op de Leie in Menen en de model resultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

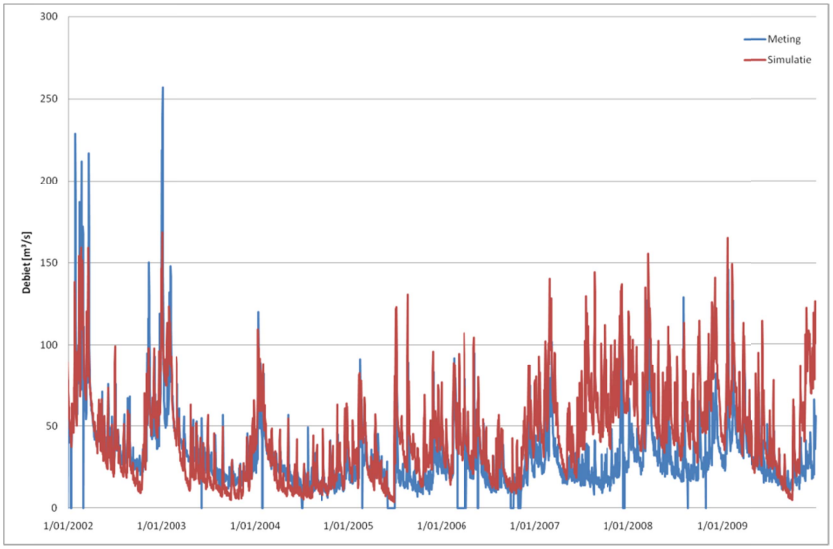
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 7 – Vergelijking tussen de metingen op de Leie in Menen en de modelresultaten voor de periode tot en met 2005 (tijdstap = 1 dag)

Bovenschelde in Bossuit

Voor de validatie op de Bovenschelde te Bossuit geldt een gelijkaardig verhaal als dat van de Leie in Menen. Figuur 8 toont de meet- en simulatieresultaten te Bossuit. Ook hier wijken de simulatieresultaten af van de metingen. En ook hier zijn de mogelijke oorzaken te vinden in de onzekerheid op de metingen (met name bij lage afvoeren), in de onzekerheid op de meteorologische invoer van de hydrologische modellen en een mogelijks gewijzigd waterbeheer in het Noord-Franse kanalensysteem. Verdere analyses zullen hierover uitsluitsel moeten geven.



Figuur 8 – Vergelijking tussen de metingen op de Schelde in Bossuit en de modelresultaten (2002-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Vóór 2005 is er een onderschatting van het debiet. Dit is te verklaren door de grotere onzekerheid op de hydrologische modellen die bepalen hoeveel water er naar de rivieren afstroomt. Het gebied opwaarts van deze meetpost situeert zich hoofdzakelijk in Frankrijk en in beperkter mate in Wallonië. Het hydrologisch gedrag van dit gebied is minder goed gekend als dat van het bovenstroomse gedeelte van de Leie waardoor het minder goed gemodelleerd kan worden. Niettegenstaande deze beperkingen is dezelfde trend en grootteorde bekomen.

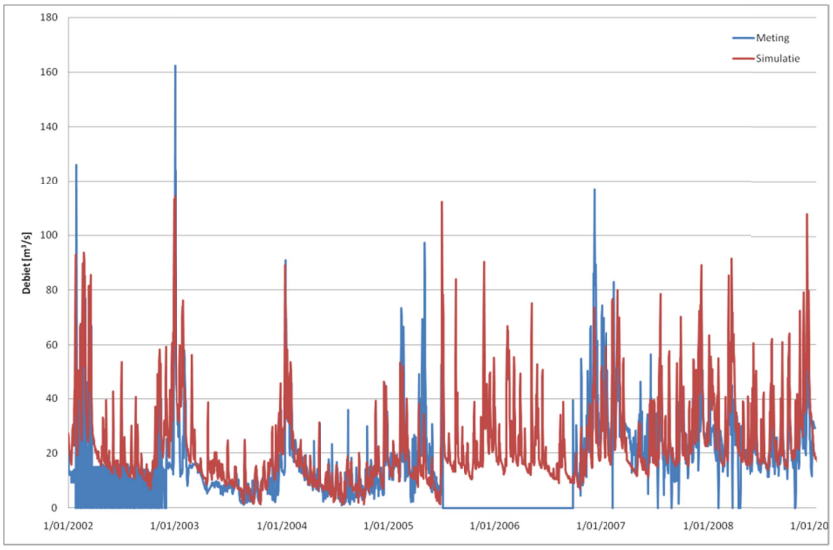
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het Groot Pand

De waterverdeling in het Groot Pand gebeurt aan de hand van enkele *bifurcation nodes* (§4.4.5) ter hoogte van de afleidingen in Deinze, Merelbeke, Evergem en Schipdonk. Afhankelijk van het toestromende debiet wordt het water aan deze knooppunten verdeeld. De verdeling is zo gekozen zodat ze overeenkomt met de metingen afwaarts deze knooppunten. De afleidingen in Merelbeke, Evergem en Zomergem liggen in mekaars verlengde. Een verandering aan de ene heeft onmiddellijk invloed op de andere. Het juist regelen van de totale verdeling is een gevoelige oefening en kan niet op elk moment accuraat benaderd worden. Zeker ook omdat de regeling in werkelijkheid varieert van situatie tot situatie. Met de *bifurcation nodes* is het onmogelijk om zo specifiek te modelleren en is een globale benadering vereist. Hierdoor zullen de modelresultaten niet altijd met de metingen overeenkomen.

Noordervak Ringvaart in Evergem

Op de Ringvaart in Evergem wordt gemeten hoeveel water er via de Ringvaart naar het kanaal Gent-Terneuzen wordt gevoerd. Deze metingen kunnen met andere woorden gebruikt worden ter validatie van de modelresultaten daar. Langs dit traject wordt het merendeel van het water voor het Kanaal Gent-Terneuzen aangevoerd. Met het oog op de internationale overeenkomst met Nederland over het kanaal Gent-Terneuzen is het dus van groot belang deze afleiding goed te modelleren. Figuur 9 toont dat de simulatieresultaten de meetreeksen betrekkelijk goed benaderen.

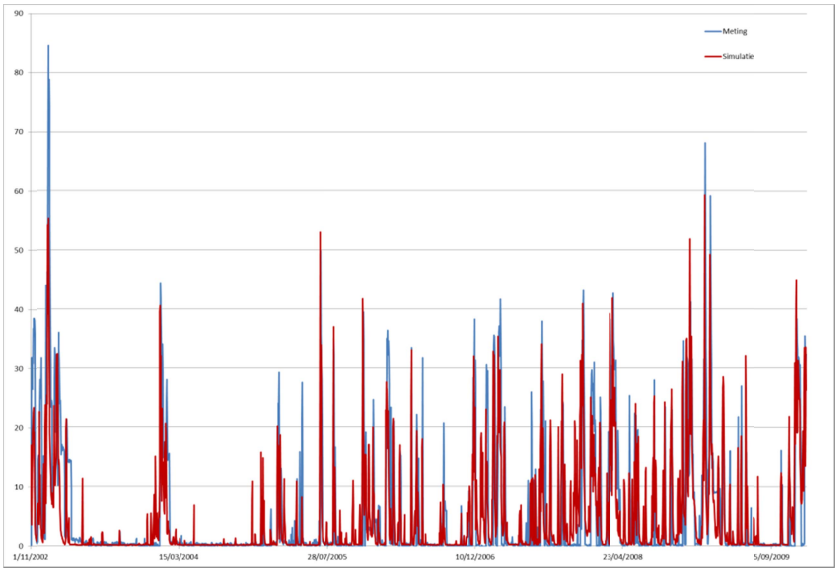


Figuur 9 – Vergelijking tussen de metingen op het Noordervak van de Ringvaart in Evergem en de modelresultaten (2002-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Afleidingskanaal van de Leie in Schipdonk

Het afwaartse gedeelte van het Afleidingskanaal van de Leie wordt enkel gebruikt voor wat het oorspronkelijk is ontworpen, zijnde het afvoeren van overtollig water in de Leie. Het gebruik van dit deel van het Afleidingskanaal is zeer specifiek en varieert naargelang de omstandigheden van de was(sen). Figuur 10 toont het verloop van de metingen en de simulatieresultaten in functie van de tijd voor het Afleidingskanaal te Schipdonk. Uit deze figuur kunnen we afleiden dat de simulatieresultaten voldoende overeenkomen tonen met de waargenomen debieten. In normale en droge periodes is er een kleine en beperkte afleiding richting Heist.

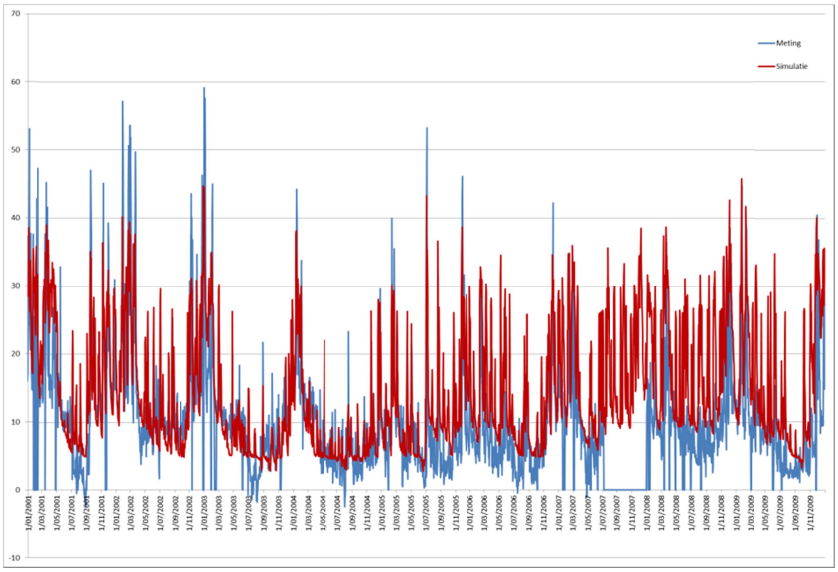
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 10 – Vergelijking tussen de metingen op het Afleidingskanaal van de Leie in Zomergem en de modelresultaten (2003-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Kanaal Gent-Oostende in Varsenare

Figuur 11 toont het verloop van de metingen en simulatieresultaten op het Kanaal Gent-Oostende te Varsenare. Tot half 2005 is de afvoer in dit kanaal betrekkelijk goed gemodelleerd. Later merkt men ook hier de sprong die eerder naar voorkwam bij de analyse te Menen en Bossuit. Dit doet zich noch voor in Evergem noch in Zomergem omdat het debiet dat hier stroomt wordt bepaald door wat er in de *bifurcation nodes* wordt vastgelegd. Het resterende water stroomt verder het kanaal Gent-Oostende af, als gevolg wordt het gesimuleerde debiet tijdens de zomer overschat vanaf 2005. Deze overschatting zou te wijten kunnen zijn aan: de onzekerheid op de metingen bij lage afvoer, de onzekerheid van de meteorologische invoer van de hydrologische modellen of een eventuele wijziging in het waterbeheer in het noorden van Frankrijk.

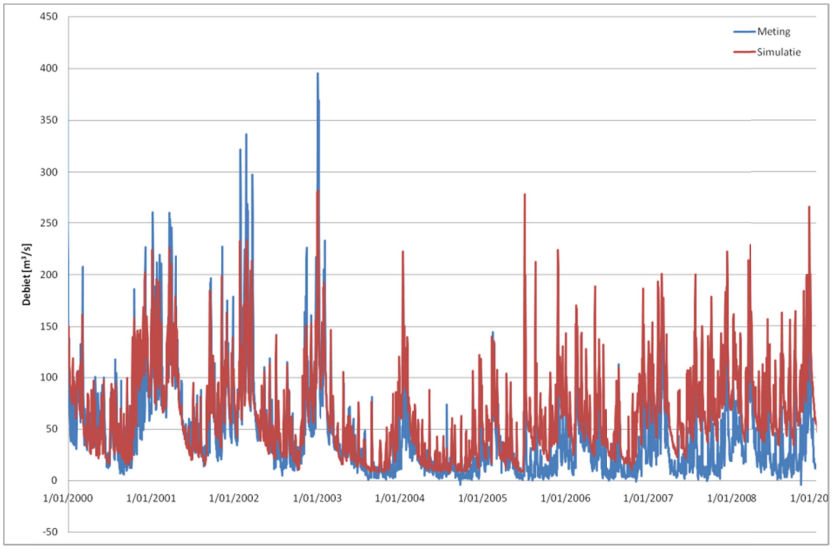


Figuur 11 – Vergelijking tussen de metingen op het kanaal Gent-Oostende in Varsenare en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2001 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zeeschelde in Melle

Figuur 12 toont het gemeten en gesimuleerde debiet in op de Zeeschelde te Melle. Ook hier, net afwaarts Gent, is de verhoogde afvoer vanaf 2005 merkbaar. Voor deze periode slaagt het model er goed in om de metingen te benaderen. Het afvoergedrag is in grote mate een weerspiegeling van wat er opwaarts gesimuleerd is. In Bossuit (Bovenschelde) en Menen (Leie) is ook vastgesteld dat de gesimuleerde afvoer vanaf 2005 de metingen overschat. De mogelijke oorzaken zijn te vinden in de onzekerheid op de metingen bij lage afvoer, de onzekerheid op de meteorologische invoer van de hydrologische modellen of een eventueel gewijzigd waterbeheer in het Noord-Franse kanalenstelsel.

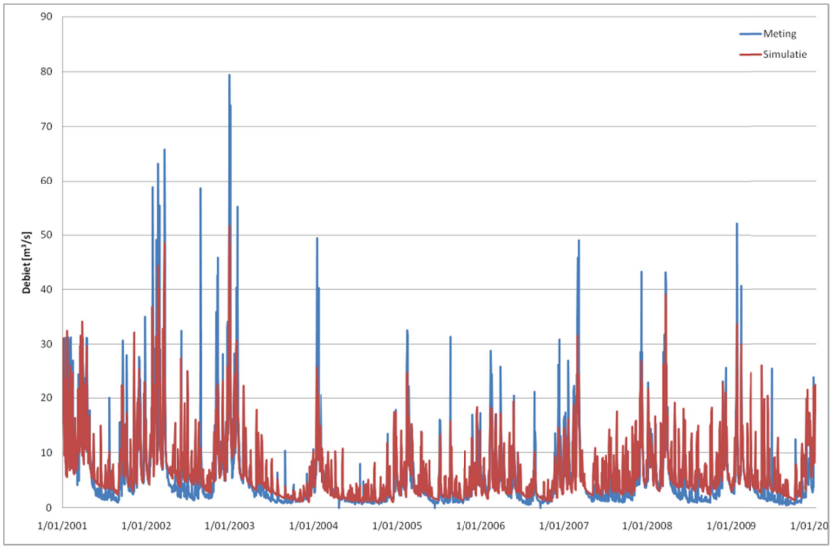


Figuur 12 – Vergelijking tussen de metingen op de Zeeschelde in Melle en de modelresultaten (2000-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Dender

Dender in Overboelare

Op de plaats waar de Dender Vlaanderen binnenstroomt, overschat het model de metingen lichtjes (zie Figuur 13). Dit is hoofdzakelijk te wijten aan de hydrologische modellen die bepalen hoeveel water er naar de rivier wordt afgevoerd. Voor het berekenen van deze neerslagafvoer, zijn de meest recente beschikbare modellen met de meest recente neerslaginput gebruikt. Ze zijn niet verder geijkt voor de ontwikkeling van het regionale allocatiemodel [De Boeck et al., 2012].

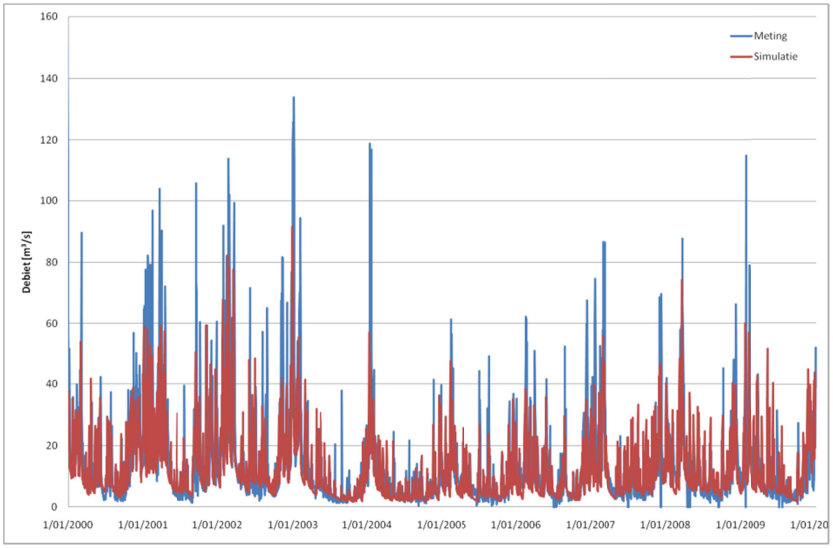


Figuur 13 – Vergelijking tussen de metingen op de Dender in Overboelare en de modelresultaten (2001-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Dender in Dendermonde

Figuur 14 toont de metingen en simulatieresultaten aan de monding van de Dender te Dendermonde. Hier slaagt het model er goed in de afvoer van de Dender te benaderen. De sprong in de afvoer is hier beperkt. De reden hiervoor ligt vermoedelijk bij de relatief hoge bijdrage van de zijrivieren die een betere neerslaginvoer en hydrologisch model hebben.

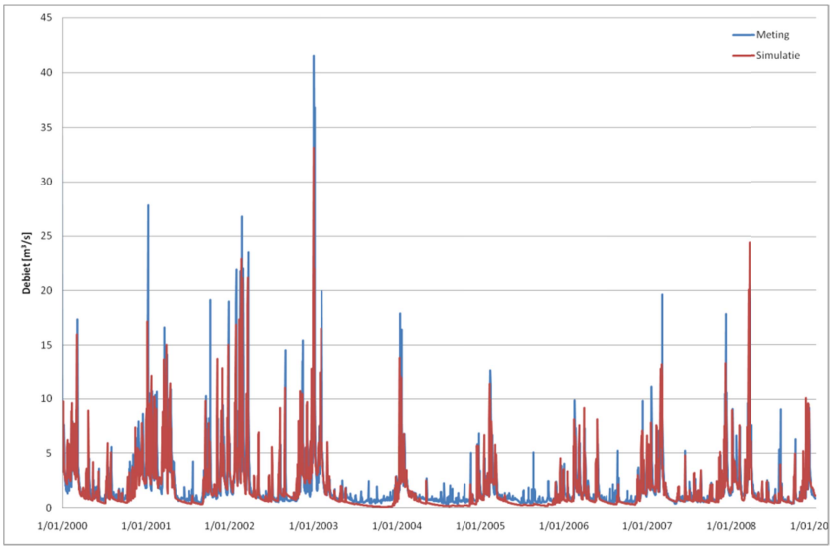


Figuur 14 – Vergelijking tussen de metingen op de Dender in Dendermonde en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Zenne

Zenne in Tubize

Het debiet dat hier wordt berekend is volledig bepaald door het hydrologische model van het opwaartse deel van het Zennebekken. De afwijking van de lage afvoeren in 2003 t/m 2006 is dan ook te wijten aan de parameterinstellingen (en met name de recessieconstante) van dat model. Tijdens minder droge periodes is er een betere overeenkomst met de metingen.

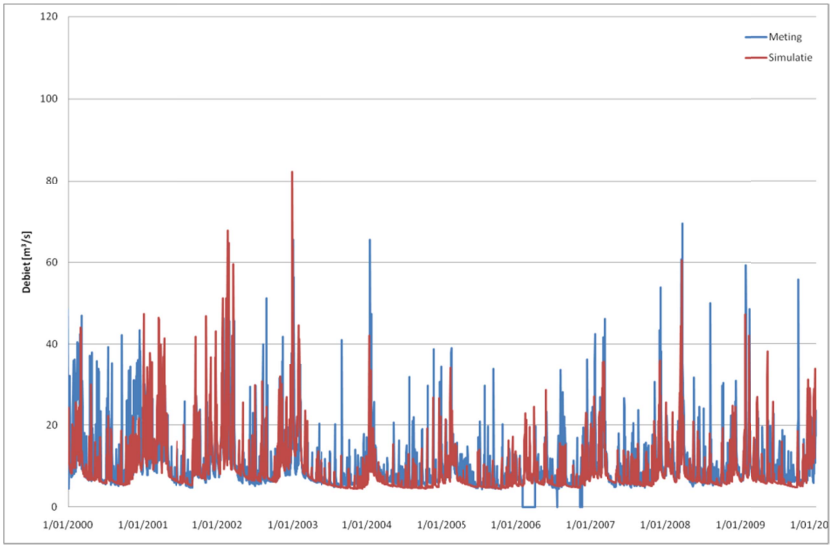


Figuur 15 – Vergelijking tussen de metingen op de Zenne in Tubize en de modelresultaten (2000-2008) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Zenne in Eppegem

De vergelijking met de meting in Eppegem is een goede waardemeter om na te gaan of het model er in slaagt de interacties met het kanaal Brussel-Charleroi en het kanaal Brussel-Schelde, die zich in Brussel bevinden, te simuleren. Lage afvoeren worden goed gemodelleerd. Dit is niet verwonderlijk aangezien de interacties met de kanalen in droge periode beperkt zijn.



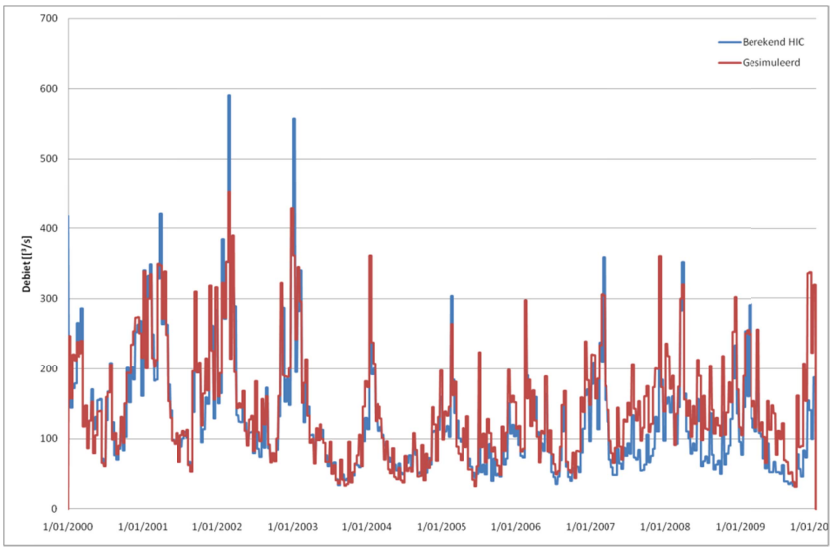
Figuur 16 – Vergelijking tussen de metingen op de Zenne in Eppegem en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Zeeschelde in Schelle

Schelle ligt langs de Zeeschelde even afwaarts de monding van de Rupel en het kanaal Brussel-Schelde. Het Hydrologisch Informatiecentrum van het Waterbouwkundig Laboratorium berekent op deze locatie het bovenstroomse debiet, m.a.w. de hoeveelheid water dat via de Schelde en haar zijrivieren wordt aangevoerd, los van het debiet dat door het getij de Zeeschelde op- en afstroomt.

Deze berekeningen gebeuren per decade. De simulatieresultaten zijn dan ook omgerekend om een juiste vergelijking mogelijk te maken. Figuur 17 toont de vergelijking tussen metingen en simulatieresultaten te Schelle. Deze figuur toont een goede overeenkomst tussen de berekende afvoer en de door het model gesimuleerde afvoer. In 2007 is echter weerom een sprong in de simulatieresultaten op te merken. De overschatting die opwaarts aan de Leie (Menen) en de Bovenschelde (Bossuit) vastgesteld is vertaald zich verder afwaarts en is vermoedelijk te wijten aan onzekerheden op de metingen bij lage afvoer, onzekerheden op de meteorologische invoer van de hydrologische modellen of veranderingen in het Noord-Franse waterbeheer.

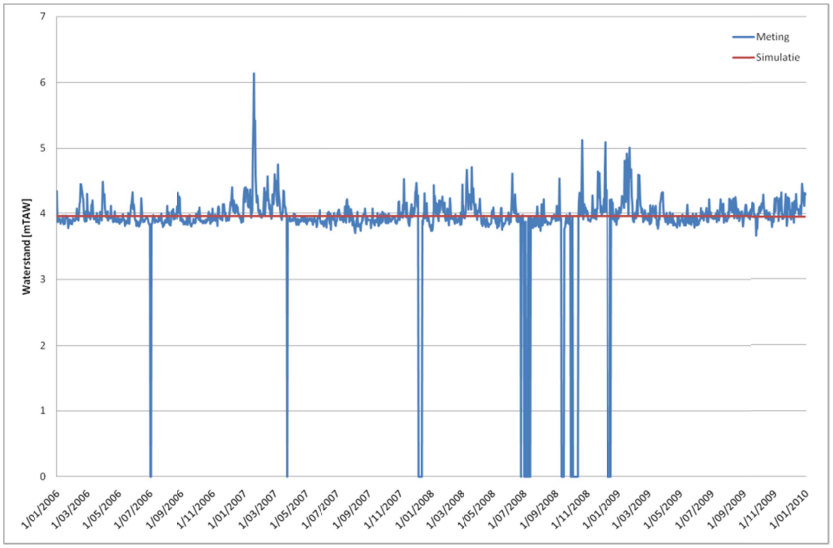
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 17 – Vergelijking tussen de berekende reeks op de Zeeschelde in Schelle en de modelresultaten voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

5.1.2 Waterstanden

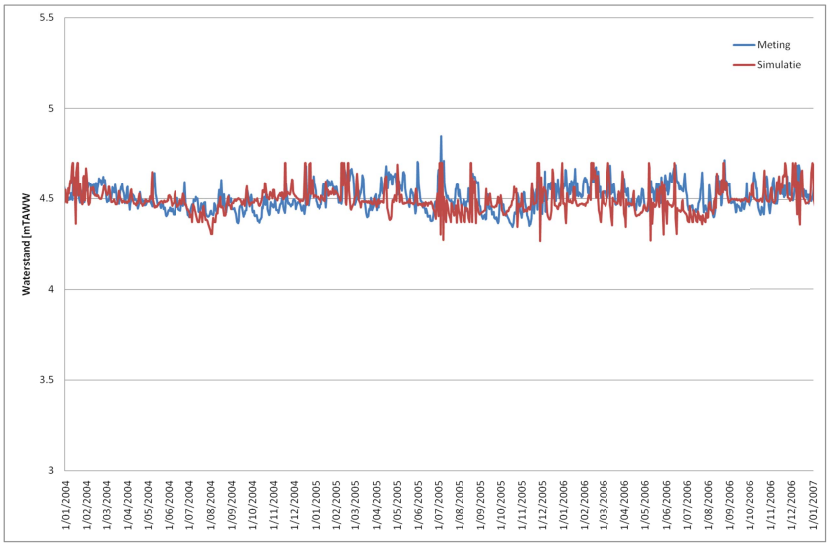
Door de manier waarop het model opgebouwd is (rivier- en kanaalpanden voorgesteld door reservoirs, cfr. §4.4.3) zal het peil, bij een voldoende groot aanbod aan water, steeds het streefpeil behouden. Een variatie in waterpeil is slechts mogelijk wanneer er een watertekort optreedt, enkel dan zal het peil dalen. Uit de validatieresultaten bleek dat er enkel in het kanaal Gent-Terneuzen tekorten optraden in de periode 2000-2009. In de overige panden bleef het streefpeil behouden. Figuur 18 toont het resultaat van een pand waarin het streefpeil steeds behouden is.



Figuur 18 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen op de Dender in Dendermonde en de modelresultaten (2006-2009) voor een simulatie tussen 2000 en 2009 met een tijdstap van 1 dag.

Aangezien er, in de validatieperiode tussen 2000 en 2009, enkel in het kanaal Gent-Terneuzen tekorten optraden is, gezien het belang van dit kanaal getracht het peil van dit kanaal beter te modelleren. Door het kruinpeil van het reservoir dat het kanaal beschrijft op 4,7mTAW te definiëren en het *flood control level* op 4,45 mTAW te behouden ontstaat er in het reservoir extra ruimte om water te bergen en is het mogelijk een realistischer peil te modelleren.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 19 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen op de Ringvaart om Gent in Wondelgem en de modelresultaten (2004-2006) voor een simulatie tussen 2000 en 2009met een tijdstap van 1 dag.

5.1.3 Conclusie

Rekening houdend met de regionale schaal van het model, de nadruk op droge periodes en de eventuele meetfout bij lage afvoeren, kan gesteld worden dat het model goed in staat is de huidige situatie te modelleren. In het systeem dat gevoed wordt door de Bovenschelde en de Leie kan men vaststellen dat tot 2005 de lage afvoeren goed gemodelleerd zijn. Van dan af is er een overschatting van de afvoer vastgesteld in de Bovenschelde en de Leie die zich verder afwaarts vertaalt. Zoals elk model is het in hoge mate afhankelijk van de kwaliteit van de input. De verhoogde aanvoer van water doet zich ook voor bij de modellering van de neerslagafvoer en is vermoedelijk te wijten aan de onzekerheid op de meteorologische input en/of op de metingen (bij lage afvoer). Gezien de beperkte beschikbaarheid aan hydrologische gegevens uit het noorden van Frankrijk bestaat ook de mogelijkheid dat een eventueel gewijzigd waterbeheer niet gemodelleerd is. Ook dit kan aan de basis liggen van de afwijkingen tussen de metingen en simulatieresultaten.

5.2 Analyse van de simulatieresultaten 1967-2009

Deze paragraaf beschrijft de evaluatie van de simulatieresultaten voor de periode tussen 1 januari 1967 en 31 december 2009. Na een evaluatie van de resultaten voor het gehele studiegebied, worden de resultaten eerst per sector geanalyseerd en vervolgens per bekken.

5.2.1 Globale analyse van de resultaten

Figuur 20 geeft een overzicht van het maximaal gesimuleerd watertekort voor alle gebruikers in het studiegebied. De waarden variëren hier tussen 0 en 13 m³/s, doch voor het merendeel van de gebruikers is het maximaal gesimuleerde tekort niet groter dan 3 m³/s. Enkele uitschieters zijn

- De watervraag voor het bestrijden van zoutintrusie en een aantal andere gebruikers aan het Kanaal Gent-Terneuzen.
- De scheepvaart over het kanaal Schelde-Duinkerke (sluis Goeulzin, Pont-Malin)

Hierbij is het belangrijk om het concept van “watertekort voor zoutbestrijding in het kanaal Gent-Terneuzen” te nuanceren. Het begrip watertekort is tot nu toe verbonden aan het al of niet beschikbaarheid zijn van het minimale debiet van 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden. Om deze waarde te bevestigen werd een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de zoutintrusie in het kanaal Gent-Terneuzen (Vanderkimpen, et. al. 2012), waar de huidige toestand van het kanaal geëvalueerd werd door een langdurige (40 jaar) simulatie uit te voeren.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

In deze studie wordt geconcludeerd dat de huidige situatie van het kanaal Gent-Terneuzen in evenwicht is en dat er geen geleidelijke verzilting van het kanaal in de loop van die periode is. Gedurende de zomerperiode verhoogt de zoutconcentratie in het kanaal, maar gedurende de daaropvolgende winter wordt dit zout weer volledig weggespoeld. Deze maatregel heeft een duidelijk effect op de beperking van het zoutbezwaar die resulteert in een concentratie van gemiddeld 2,42 g/l chloride aan het controlepunt.

In paragrafen5.2.2 en 5.2.3 wordt meer in detail ingegaan op deze en andere resultaten per sector en per bekken. Voor een aantal van de gesimuleerde watertekorten dient nog opgemerkt te worden dat ze het gevolg zijn van de manier van implementatie in het waterallocatiemodel, veeleer dan van een werkelijk tekort. Hieronder volgt een samenvatting van deze gevallen. Verder in deze rapportage wordt niet telkens opnieuw op deze verkeerdelijk gesimuleerde tekorten ingegaan. In de volgende figuren worden deze gecatalogeerd als “niet betrouwbaar”.

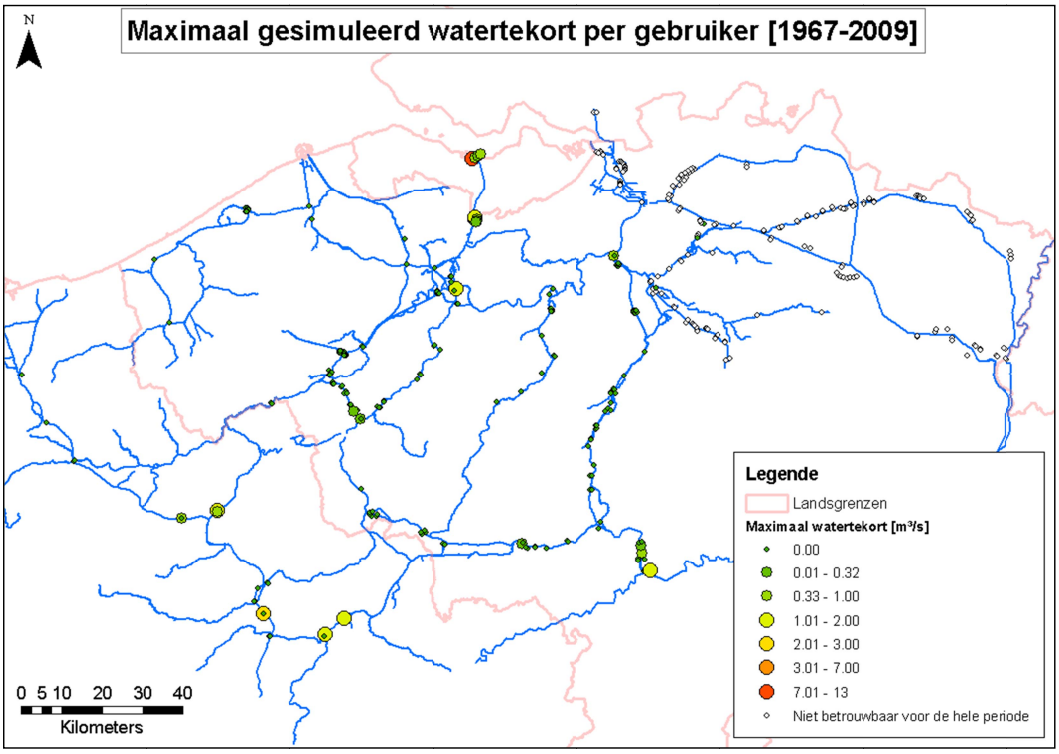
- Bij een aantal gebruikers langs het kanaal Leuven-Dijle ligt het maximaal gesimuleerde watertekort hoger dan 1 m³/s. Dit kanaal wordt gevoed door de Dijle. Tekorten op het kanaal zijn het gevolg van een te laag gesimuleerde hydrologische afvoer naar de Dijle. Deze tekorten zijn dus louter het gevolg van de hydrologische input, en hier wordt bijgevolg verder geen rekening mee gehouden.
- Langs de Maas en de Kempense Kanalen (Albertkanaal, Zuid-Willemsvaart, Kanaal Bocholt-Herentals) worden een aantal gebruikers beperkt. Zoals in §3.3 reeds vermeld stond is voor de gebruikers in het Maasbekken die de voeding van de Zuid-Willemsvaart en het Albertkanaal voorstellen het gemeten debiet geïmplementeerd. Door het feit dat deze metingen voor de Zuid-Willemsvaart in 1979 beginnen, en voor Albertkanaal pas in 2001, zijn de resultaten van het watergebruik vóór deze perioden onbetrouwbaar, aangezien de watervraag van het eerste in het model ingevoerde jaar door de software herhaald wordt. De gesimuleerde maximale waarden voor watertekort dateren voor deze gebruikers dan ook uit deze onbetrouwbare periode en worden zo in onderstaande figuren gecatalogeerd. In de bekkenbesprekingen (§ 5.2.3) volgt een analyse van de betrouwbare periode 2001-2009.
- Het Netekanaal wordt gevoed door 2 omloopriolen vanaf het Albertkanaal en voor een klein deel ook door de scheepvaart over de sluis te Viersel. Gezien het debiet van deze omloopriolen aanvankelijk niet was gekend, is in het waterallocatiemodel een debiet toegekend dat maar net voldoende is om de wateronttrekking uit het Netekanaal te compenseren (2,8 m³/s). Door de grote hoeveelheid water die per dag door de drinkwatersector uit het Netekanaal wordt onttrokken (2,83 m³/s) en het feit dat gesimuleerd wordt met een tijdstap van 1 dag; gebeurt het soms dat er gedurende 1 tijdstap een tekort optreedt in het Netekanaal. Ook is er door het kleine verschil tussen het debiet dat wordt aangevoerd en het onttrokken debiet af en toe een langduriger tekort in het Netekanaal. Gezien echter volgens recent verworven informatie het werkelijke debiet dat wordt aangevoerd door 2 omloopriolen 7,97 m³/s bedraagt zijn de gesimuleerde tekorten niet relevant. Het peil in het aanpalende pand Olen-Wijnegem van het Albertkanaal is gedurende de hele simulatieperiode ook nooit zodanig laag gezakt dat de aanvoer richting het Netekanaal beperkt werd.

Bij de analyse van de door het allocatiemodel gesimuleerde tekorten, moet nog vermeld dat het geïmplementeerde watergebruik niet gebaseerd is op historische gegevens. Een ‘watertekort’ moet dus gezien worden als het feit dat gedurende de simulatie niet voldoende water beschikbaar was om te voldoen aan het geïmplementeerde watergebruik. Het kan evenwel zijn dat in het verleden in werkelijkheid meer water gewenst was dan er effectief ook gebruikt is geweest.

Om zicht te krijgen op het wateroverschot dat er in de verschillende panden gesimuleerd wordt geeft Figuur 21voor alle panden in het waterallocatiemodel het percentage van de tijd waarin de panden een wateroverschot hebben. Onder wateroverschot wordt het debiet verstaan dat overstort naar het afwaarts gelegen pand, nadat alle gebruikers van hun behoeften voorzien zijn. Het kan dus zijn dat er in een bepaald pand geen overschot is, maar dat alle gebruikers wel het gevraagde water hebben kunnen onttrekken. Panden die op onderstaande kaart in rood en oranje zijn weergegeven, zijn deze waar slechts in minder dan 50 % van de tijd wateroverschot is gesimuleerd.

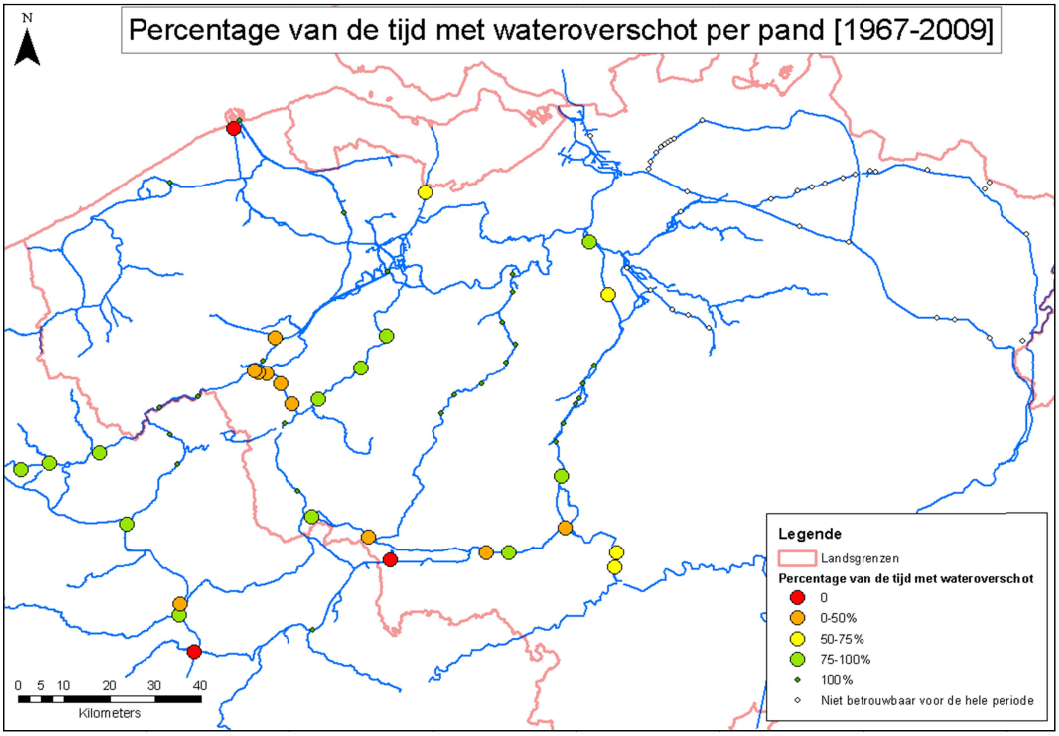
Figuur 22 toont per gebruiker de duur van de langst gesimuleerde periode van watertekort. Zoals eerder vermeld, zijn de gesimuleerde waarden voor de gebruikers langs de Kempense Kanalen en het Kanaal Leuven-Dijle niet betrouwbaar als gevolg van modelmatige kwesties. Voorts kan gezien worden dat de meeste tekorten maximaal niet langer dan 10 dagen duren.

Voor een aantal van de gebruikers langs het Kanaal Gent-Terneuzen en voor de scheepvaart te Cuinchy en Pont-Malin op Kanaal Schelde-Duinkerke, duurt de langste periode met tekorten wel langer dan 100 dagen(langdurig tekort in 1976). Wanneer er echter gekeken wordt naar de gemiddelde duur van een periode met watertekort (zie Figuur 23) kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde gesimuleerde lengte van een periode met watertekort voor een gebruiker in het model nooit langer is dan 18 dagen.

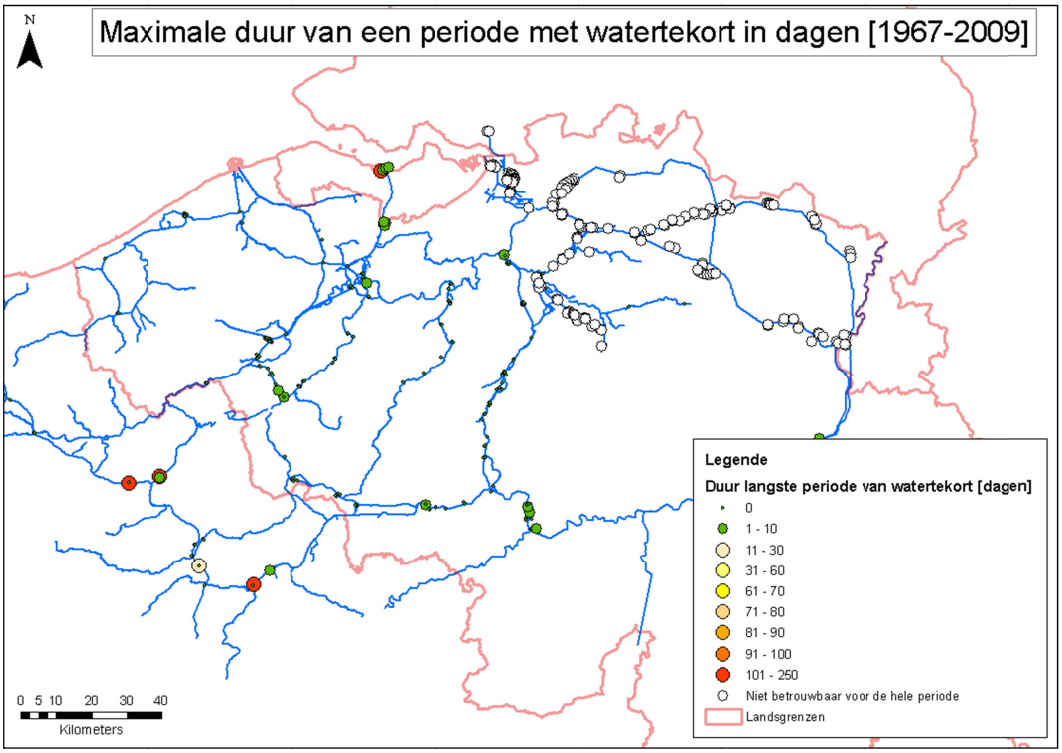


Figuur 20 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers uit alle sectoren (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

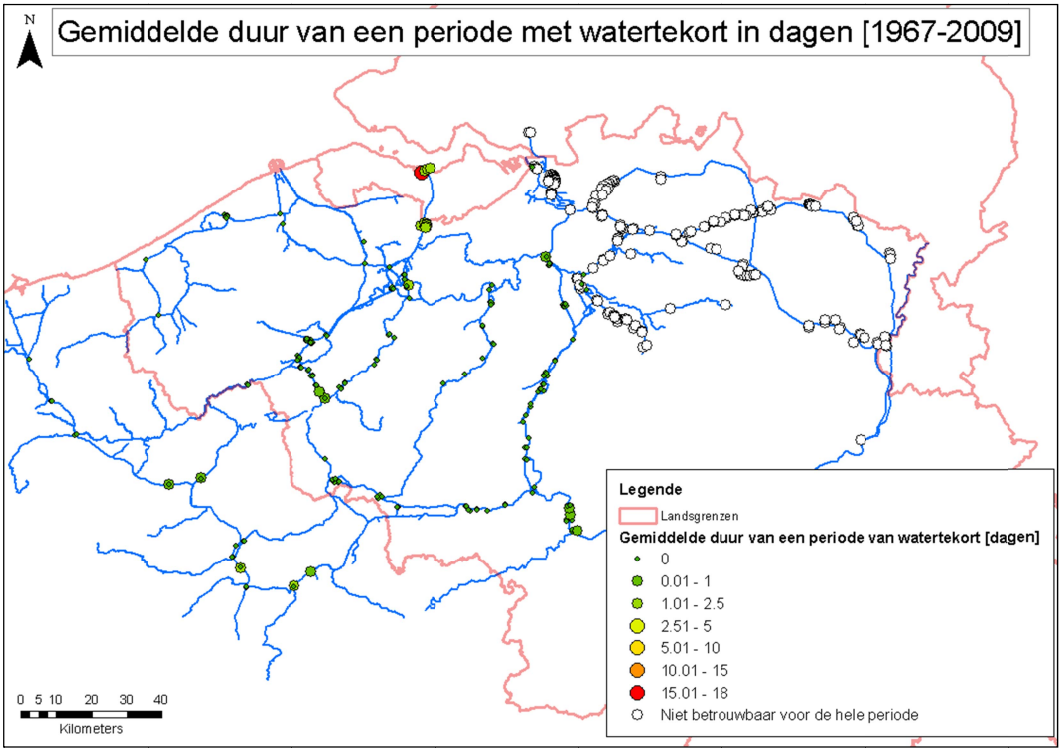


Figuur 21 – Percentage van de tijd waarin wateroverschot optreedt per pand (1967-2009).



Figuur 22 – Maximale duur van een periode met watertekort(1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 23 – Gemiddelde duur van een periode met watertekort(1967-2009).

5.2.2 Analyse per sector

Zoals ook in Deelopdracht 2 uitgebreid beschreven staat, is het watergebruik ingedeeld volgens sectoren, gebaseerd op de NACEBEL codering. Deze codering is aangevuld met 3 extra sectoren die niet in NACEBEL zijn opgenomen:

- de scheepvaart (aangeduid met “SCH”)
- watervangen langs het Albertkanaal en de Kempense kanalen waarvan het water door gebruikers die tot verschillende sectoren behoren, gebruikt wordt (aangeduid met “WV”)
- onbekende gebruikers, van wie het onmogelijk is na te gaan tot welke sector ze behoren (aangeduid met “ONB”)

Ook in deze paragraaf worden de in Deelopdracht 2 gedefinieerde sectoren gebruikt voor de analyse van de resultaten. Hierna wordt per sector geëvalueerd waar er zich tekorten voordoen of kunnen voordoen aan de hand van de resultaten van 1967 tot en met 2009. Een gedetailleerde bespreking per bekken wordt beschreven in de volgende paragraaf (§5.2.3).

Een aantal sectoren heeft in de analyseperiode 1967-2009 nooit te kampen met een watertekort en wordt hierna ook niet besproken. Het gaat om de sectoren E (behalve de deelsector Drinkwater, die wel te maken heeft met watertekort), F, G, H, ONB, R, S, T[3] en de Kempense watervangen (WV).

3

E Distributie van (drink)water, afval- en afvalwaterbeheer en sanering

F Bouwnijverheid

G Groot- en detailhandel; reparatie van motorfietsen

H Vervoer en opslag

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het dient ook nog opgemerkt te worden, dat een groot aantal van de gebruikers in het studiegebied het merendeel van het gebruikte water na gebruik terug loost in hetzelfde pand.

Sector A – Land-, Bosbouw en Visserij

Sector A omvat Land-, Bosbouw en Visserij. Het grootste aandeel van het verbruikte water voor de landbouw is grondwater. Het gebruik van oppervlaktewater heeft slechts een aandeel van 0,7% en is dus van minder belang. Gezien het waterallocatiemodel focust op oppervlaktewater en niet op grondwatergebruik, is het aantal gebruikers dat voor deze sector gemodelleerd is beperkt.

Concreet zijner 8 gebruikers geïmplementeerd die water onttrekken voor de landbouwsector. Het betreft gebruikers langs het Kanaal Roeselare-Leie, Kanaal Leuven-Dijle, Kanaal Gent-Oostende, het Groot Pand, het Albertkanaal en Kanaal Bocholt-Herentals. Geen van deze gebruikers heeft gedurende de simulatieperiode (1967-2009) te maken met een tekort.

Sector B – Winning van delfstoffen

Sector B omvat het watergebruik voor de winning van delfstoffen. Deze sector loost echter bijna 5 keer het volume dat het onttrekt. Enkel langs de Kempense kanalen zijn enkele gebruikers voor deze sector geïmplementeerd. Geen van deze gebruikers heeft (rekening houdend met de opmerkingen geformuleerd in paragraaf 5.2.1) te maken met een tekort.

Sector C– Industrie

Sector C omvat het oppervlaktewatergebruik voor industrie en is de derde grootste verbruiker van oppervlaktewater uit de hoofdwaterlopen. De industriële sector is verspreid over het studiegebied, waarbij de voornaamste gebruikers gelegen zijn in de havens van Antwerpen en Gent. Daarnaast zijn het kanaal Roeselare-Leie, het kanaal Brussel-Schelde en het Albertkanaal de voornaamste industriële assen. Van alle gebruikers voor sector C, heeft enkel de gebruiker langs het Kanaal Gent-Terneuzen te maken met watertekort. De sector kent hier een watervraag van 7,3 m³/s en heeft gedurende de simulatieperiode een maximaal tekort van 1,9 m³/s. De langste periode met een watertekort doet zich voor in de zomer van 1976 gedurende bijna 4 maanden.

Sector D – productie en distributie van elektriciteit,

Sector D is de tweede grootste water gebruikende sector van Vlaanderen en staat voor de productie en distributie van elektriciteit, gas, stoom en gekoelde lucht. Aangezien het water in deze sector hoofdzakelijk als koelwater wordt gebruikt, stort de sector nagenoeg alles weer terug. De gebruikers voor deze sector bevinden zich voornamelijk in het havengebied rond Antwerpen (Zeeschelde) en Gent (kanaal Gent-Terneuzen). Daarnaast zijn er ook langs de Bovenschelde, het kanaal Bocholt-Herentals en het Albertkanaal grote elektriciteitscentrales. Langs het kanaal Leuven-Dijle zijn er aan de sluizen waterkrachtcentrales, waar gedurende de simulatie tijdens sommige perioden een tekort optreedt. Dit tekort is echter, zoals reeds vermeld in paragraaf 5.2.1, te wijten aan de te lage hydrologische input naar de Dijle.

Sector E – Distributie van (drink)water, afval- en afvalwaterbeheer en sanering

Onder deze sector valt de distributie van (drink)water, afval- en afvalwaterbeheer en sanering. Dit omvat onder andere de lozingen van het effluent van RWZI's en onttrekkingen voor drinkwaterproductie. Ook hier treedt er voor de gebruiker langs het Kanaal Gent-Terneuzen sporadisch een tekort op. De watervraag voor deze sector bedraagt langs het pand Gent-Terneuzen 0,68 m³/s en de langste periode met een watertekort doet zich voor in de zomer van 1976.

ONB Activiteiten die niet aan een sector toe te schrijven zijn.

R Kunst, amusement en recreatie

S Overige diensten

T Huishoudens als werkgevers; niet-gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik

Sector O – Openbaar bestuur en defensie

Sector O omvat openbaar bestuur en defensie. Ook het waterbeheer behoort tot deze sector waardoor het de tweede grootste water verbruikende sector is. Het grootste aandeel van het watergebruik van deze sector wordt gebruikt voor het bestrijden van zoutintrusie in het Albertkanaal en het kanaal Gent-Terneuzen. Ook het watergebruik van de vele pompen ter voeding van de kanalen in het studiegebied valt onder deze sector. Relevante tekorten doen zich voor deze sector voor langs

- Kanaal Bossuit-Kortrijk (Pomp Moen)
- Kanaal Brussel-Charleroi (Pomp Viesville)
- Pand 6 van de Bovenschelde (Pomp Pont-Malin)
- Kanaal Brussel-Charleroi (Pomp Marchienne)
- Kanaal Gent-Terneuzen: toevoer naar Gentbrugge
- Zoutbestrijding Kanaal Gent-Terneuzen

Behalve voor de onttrekking voor deze sector uit het kanaal Gent-Terneuzen, duren al deze watertekorten slechts maximaal 1 dag.

Sector SCH - Scheepvaart

Bij het schutten van schepen wordt er water verplaatst van het opwaartse naar het afwaartse pand. Dit is de hoeveelheid water dat door de scheepvaart gebruikt wordt. Deze sector omvat enkel de beroepsvaart. De pleziervaart is niet in het waterallocatiemodel meegenomen door een gebrek aan informatie. In tegenstelling tot de andere sectoren, zal de scheepvaart als gebruiker in het waterallocatiemodel reeds beperkt worden in haar gebruik wanneer het peil in het betreffende pand 0,5 m onder streefpeil zakt. Bij de andere gebruikers treedt de beperking pas op wanneer het water in het desbetreffende pand 1 m onder het streefpeil is gezakt.

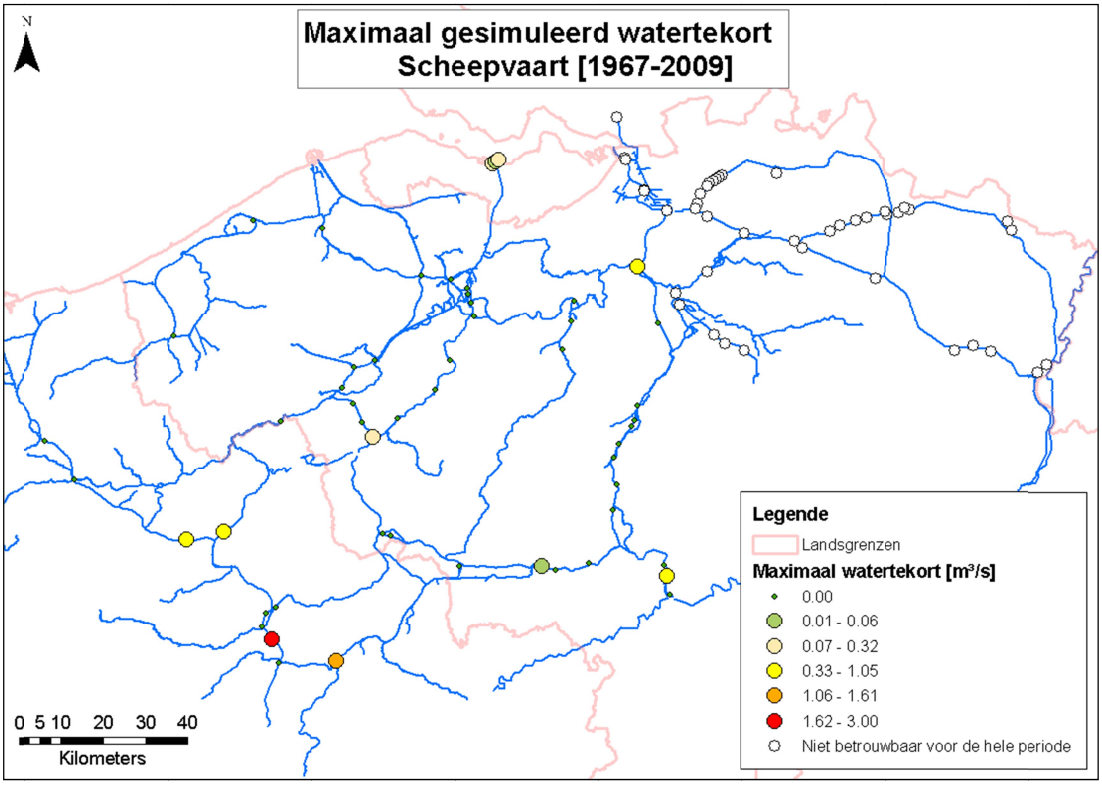
Voor een aantal sluizen wordt de scheepvaart als gebruiker beperkt in het waterallocatiemodel. Zo doet er zich in de simulatieperiode onder andere een beperking voor aan de sluizen in het Kanaal Gent-Terneuzen en het Kanaal Bossuit-Kortrijk te Bossuit. Ook langs het kanaal Schelde-Duinkerke treden er watertekorten op voor de scheepvaart over de sluizen te Goeulzin, Pont-Malin, Cuinchy en Don. Scheepvaart op het Kanaal Brussel-Charleroi te Gosselies wordt eveneens sporadisch in zijn gebruik beperkt.

Figuur 24 toont nog de ligging van de voornaamste gebruikers van water voor de scheepvaart met hun maximaal gesimuleerde watertekort in de periode 1967-2009.

Conclusie

Algemeen kan geconcludeerd worden, dat de scheepvaart de gebruiker is welke het vaakst beperkt wordt gedurende de simulatie tussen 1967-2009 met het regionale waterallocatiemodel. Dit is vanzelfsprekend, aangezien deze gebruiker al beperkt wordt vanaf het peil in het betreffende pand zakt tot 0,5 m onder het streefpeil. De andere sectoren worden pas beperkt vanaf een peil dat 1 m onder het streefpeil gezakt is. Bovendien krijgen deze in het model ook een lagere prioriteit dan de scheepvaart. De voornaamste tekorten worden gesimuleerd langs Kanaal Gent-Terneuzen en Kanaal Schelde-Duinkerke (§5.2.3).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



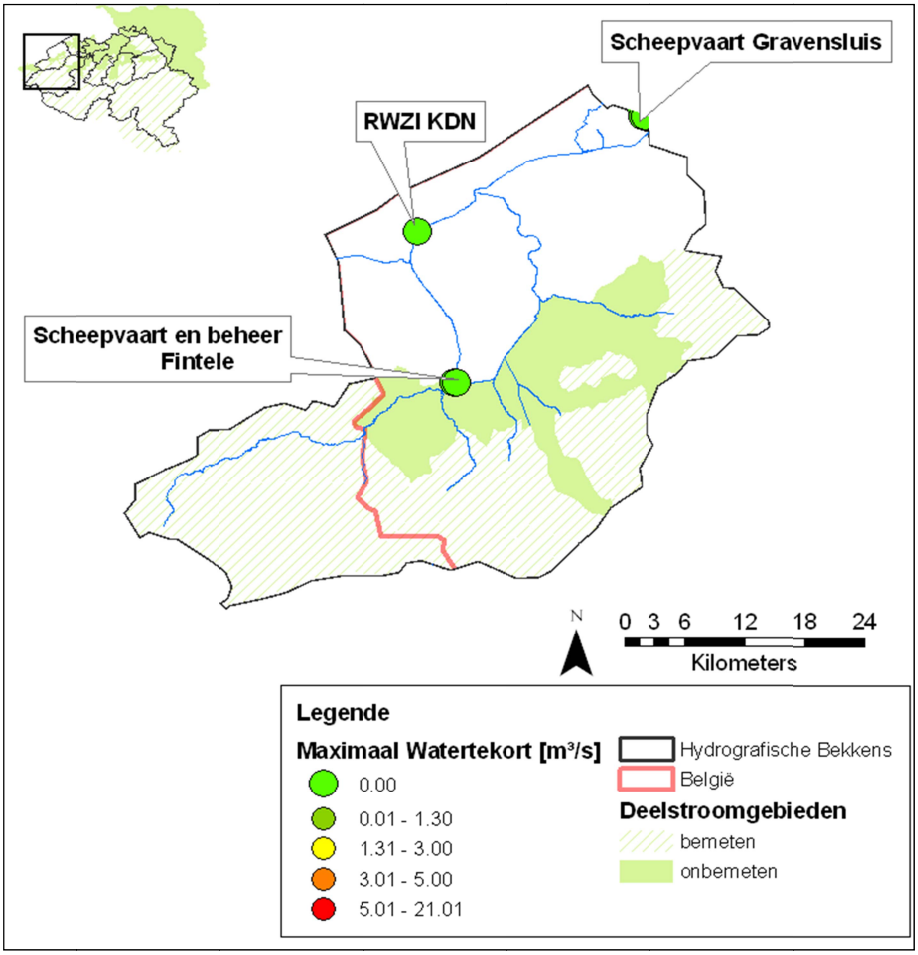
Figuur 24 – Maximaal watertekort [m³/s] voor de scheepvaart (1967-2009).

5.2.3 Analyse per bekken

IJzerbekken

Figuur 25 toont de maximaal gesimuleerde watertekorten voor de gebruikers in het IJzerbekken. Het is duidelijk dat zich in dit bekken geen problemen stellen. Er is steeds voldoende water beschikbaar om de weinige gebruikers van water te voorzien. Enkel de sluis in Fintele heeft een beperkte hoeveelheid water nodig.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

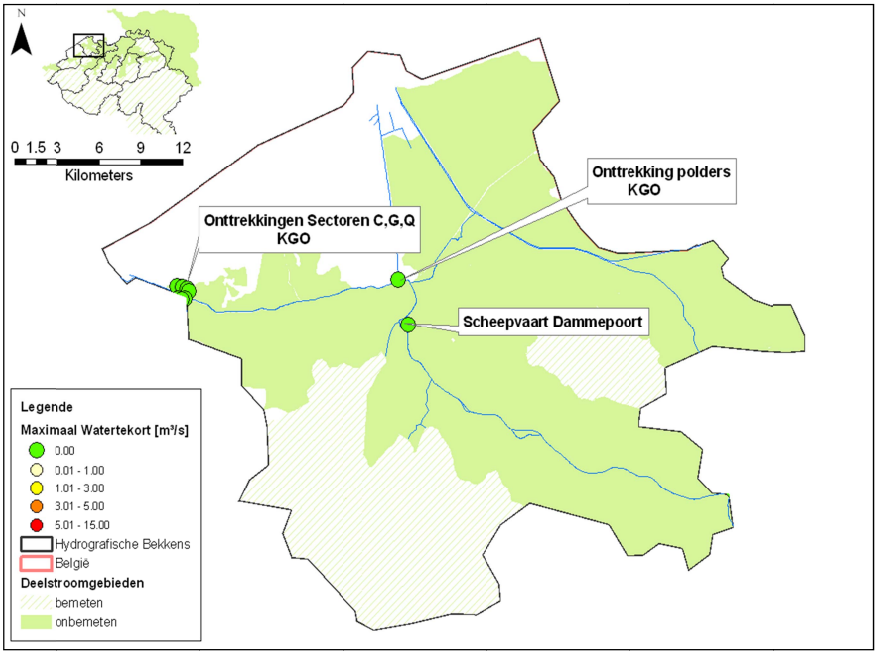


Figuur 25 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het IJzerbekken (1967-2009).

Bekken van de Brugse Polders

Figuur 26 toont de het maximaal gesimuleerde watertekort voor de gebruikers in het bekken van de Brugse Polders. In de waterwegen van het bekken van de Brugse polders is voldoende water aanwezig om aan de watervraag van haar gebruikers te voldoen. Hier zijn de scheepvaart (aan de Dammepoortsluis) en de polders die het meeste water behoeven. Respectievelijk hebben ze nood aan 0,13 m³/s en maximaal 0,96 m³/s (piek in de zomer).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 26 –Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bekken van de Brugse Polders (1967-2009).

Bekken van de Gentse Kanalen

Kanaal Gent-Terneuzen

De analyse van de waterbalans van het kanaal Gent-Terneuzen leert dat er op dagelijkse basis in bijna een derde van de tijd (tussen '67 en '09) een tekort heerst. Dat komt neer op gemiddeld 120 dagen of 4 maanden per jaar. Deze tekorten zijn te wijten aan een beperkt wateraanbod om water te spuien ter bestrijding van de zoutindringing in Terneuzen. Gedurende gemiddeld 5 dagen is het aanbod zo laag dat ook de andere sectoren beperkt zijn in hun watergebruik. Over de ganse gesimuleerde periode betreft het 209 dagen waarvan 61 in 1976.

Tabel 2 – De tekorten voor het spuien om zoutindringing tegen te gaan in het kanaal Gent-Terneuzen obv de simulatie tussen '67 en '09.

	Spuien	**Overige sectoren**
Aantal dagen	5032	209
% van totale periode	32	1
Gemiddeld per jaar [d]	120	5

Tabel 3 – Karakteristieken van de perioden van tekort voor het spuien om zoutindringing tegen te gaan in het kanaal Gent-Terneuzen obv de simulatie tussen '67 en '09.

	Grootte [m³/s]	**Duur [d]**
Minimum	0,0	1
Gemiddelde	8,4	18
Maximum	13,0	232

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het spuitekort doet zich voor wanneer er minder dan 13 m³/s beschikbaar is nadat de andere gebruikers van het water gebruik hebben gemaakt. Gemiddeld is het spuitekort op dagelijkse basis 8,4 m³/s met een maximum van 13 m³/s. Een periode[4] met spuitekort duurt gemiddeld 18 dagen met een maximum van 232 dagen in 1976.

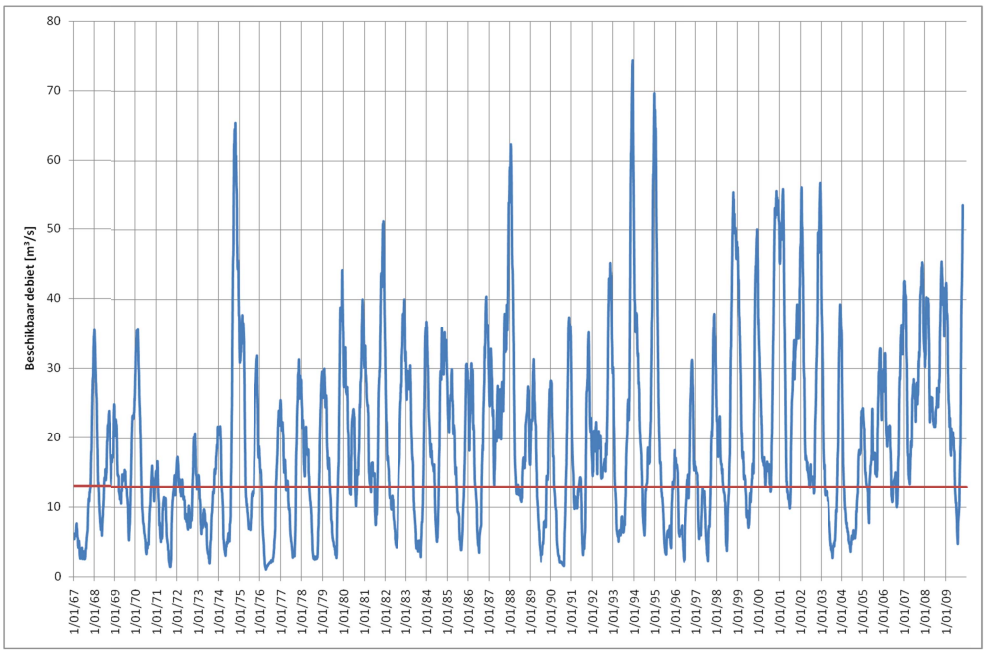
Aan de andere kant, is er, wanneer er geen tekort is, gemiddeld 19,5 m³/s water beschikbaar voor het spuien. Figuur 27 t/m Figuur 29 tonen dat er nagenoeg elk jaar wel een spuitekort voorkomt, maar dat de grootte en het aantal sterk verschillen van jaar tot jaar. Figuur 27 toont het verloop van het beschikbare debiet (nadat andere gebruikers hun deel al onttrokken hebben) dat gebruikt kan worden voor het spuien ten opzichte van het gevraagde debiet (13 m³/s). In Figuur 28 wordt het aantal dagen in een jaar getoond dat er zich een spuitekort voordoet. Als er een aantal aaneensluitende dagen met een spuitekort zijn, spreekt men van een langere periode dat er een spuitekort heerst. Figuur 29 toont jaarlijks de gemiddelde duur van deze periodes met een spuitekort. Daarnaast toont de figuur ook jaarlijks de langste periode dat er een spuitekort heerste.

Als er zich een spuitekort voordoet is de kans groot dat dat maximaal is. Immers één spuitekort op vijf bedraagt 13 m³/s (Figuur 30). De overige spuitekorten zijn voornamelijk tussen 5 en 10 m³/s. De duur van een spuitekort verschilt sterk (Figuur 31). Eén op twee tekorten is korter dan 10 dagen. De overige tekorten duren langer met een meerderheid tussen 10 en 15 dagen. Logischerwijs komen de spuitekorten voornamelijk voor in de zomermaanden waarin er meer dan één dag op twee een spuitekort is (Figuur 29).

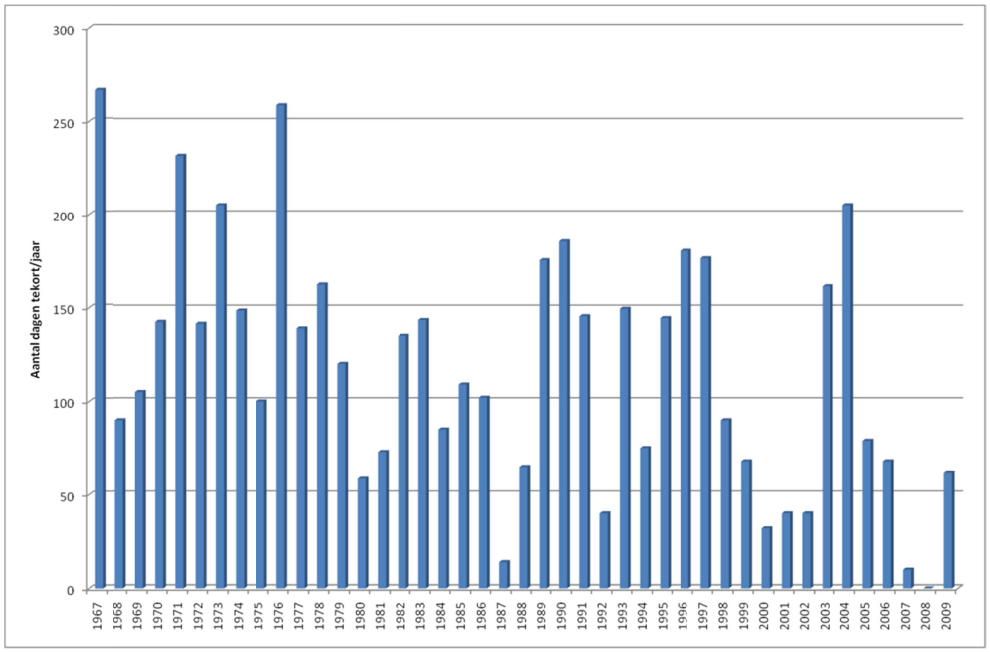
Om praktische redenen is de watervraag voor het spuien van water ter voorkoming van zoutindringing in het model opgenomen als een dagelijks gemiddelde van 13 m³/s. Dit is in tegenstelling tot het verdrag over het kanaal Gent-Terneuzen dat een verplichting stelt om 13 m³/s gemiddeld over twee maanden richting Terneuzen af te voeren.
De analyse van de 2-maandelijks gemiddelde gesimuleerde afvoer richting Terneuzen leert dat er in een periode van 43 jaar (1967-2009) er 37 periodes zijn waarin er een tekort optreedt. Gemiddeld bedraagt het tekort 1,5 m³/s, het maximale tekort is gemiddeld 6,5 m³/s. De duur van een tekort is gemiddeld 48 dagen lang met een maximum van 212 dagen in 1976.
Uit deze analyse en ook uit de eerder beschreven modelresultaten blijkt dat 1976 veruit het ernstigste jaar was. Een statistische analyse leert ons dat het huidige watergebruik in combinatie met het toenmalige wateraanbod een terugkeerperiode kent van 86 jaar.

[4] Een periode van tekort is een periode van opeenvolgende dagen waarin er een tekort heerst. De cijfers in Tabel 2 slaan op elke individuele dag dat er een tekort heerst.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

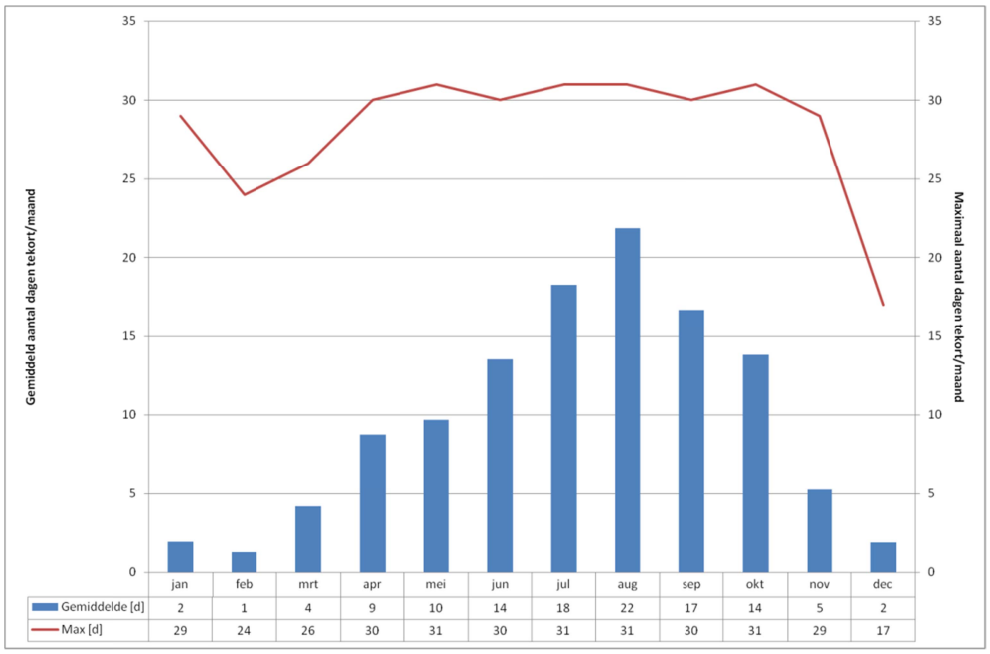


Figuur 27 – Verloop van het beschikbare spuidebiet doorheen de gesimuleerde periode '67-'09.

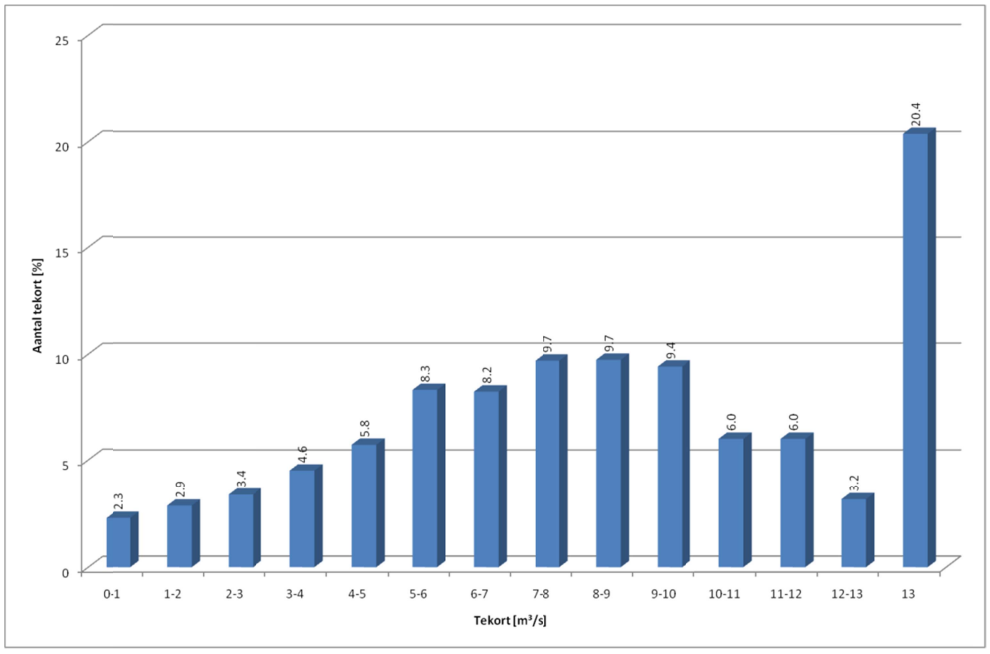


Figuur 28 – Aantal dagen per jaar dat er zich een spuitekort voordoet.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

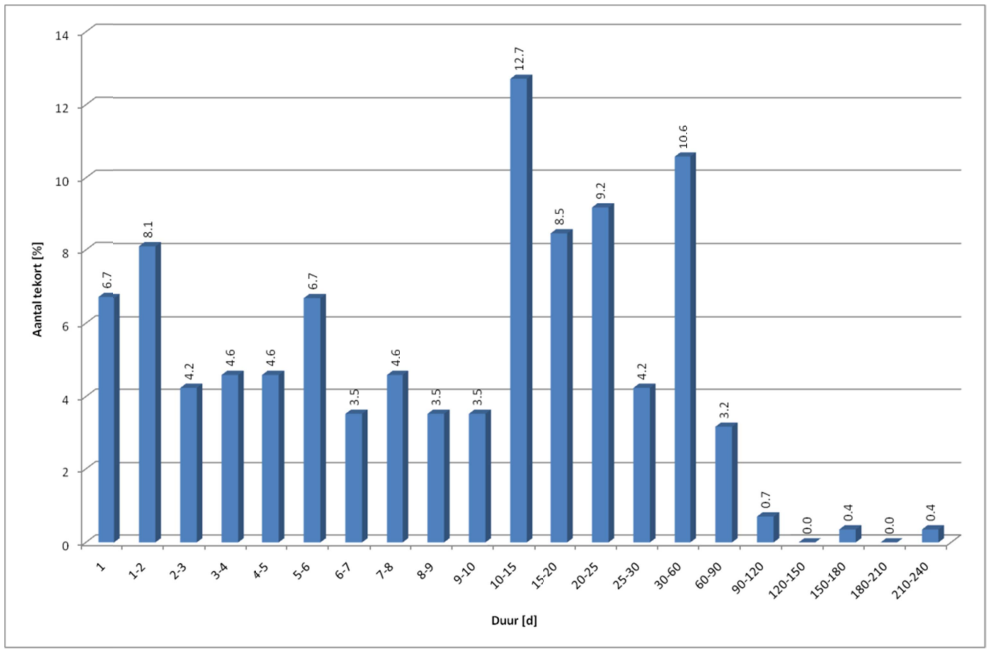


Figuur 29 – Gemiddeld en maximum aantal dagen per maand dat er een spuitekort heerst.



Figuur 30 – Histogram van het aantal spuitekorten.

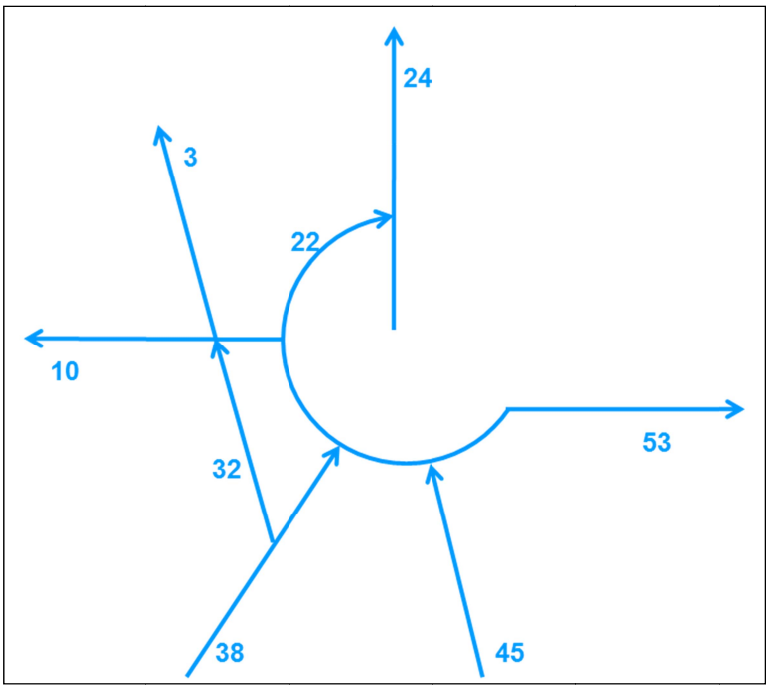
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 31 – Histogram van de duur van de spuitekorten.

Waterverdeling in het Groot Pand

Gemiddeld wordt er, over de hele gesimuleerde periode (43 jaar), door de Leie en de Schelde respectievelijk 38 en 45 m³/s aangevoerd naar het Groot Pand (Figuur 32). Van het Leiewater wordt 32 m³/s (84%) afgeleid via het Afleidingskanaal. De afvoer gebeurt via de Zeeschelde (53 m³/s), het kanaal Gent-Terneuzen (24 m³/s), het kanaal Gent-Oostende (10 m³/s) en het Afleidingskanaal van de Leie (3 m³/s). De extra aanvoer (+/- 6m³/s) die nodig is om de balans tussen aanvoer en afvoer in evenwicht te brengen wordt door de zijriviertjes en RWZIs die rechtstreeks in het Groot Pand uitmonden geleverd.



Figuur 32 – Waterverdeling [m³/s] in het 'Groot Pand'. Gemiddeld debiet voor de simulatie tussen 1969-2009.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

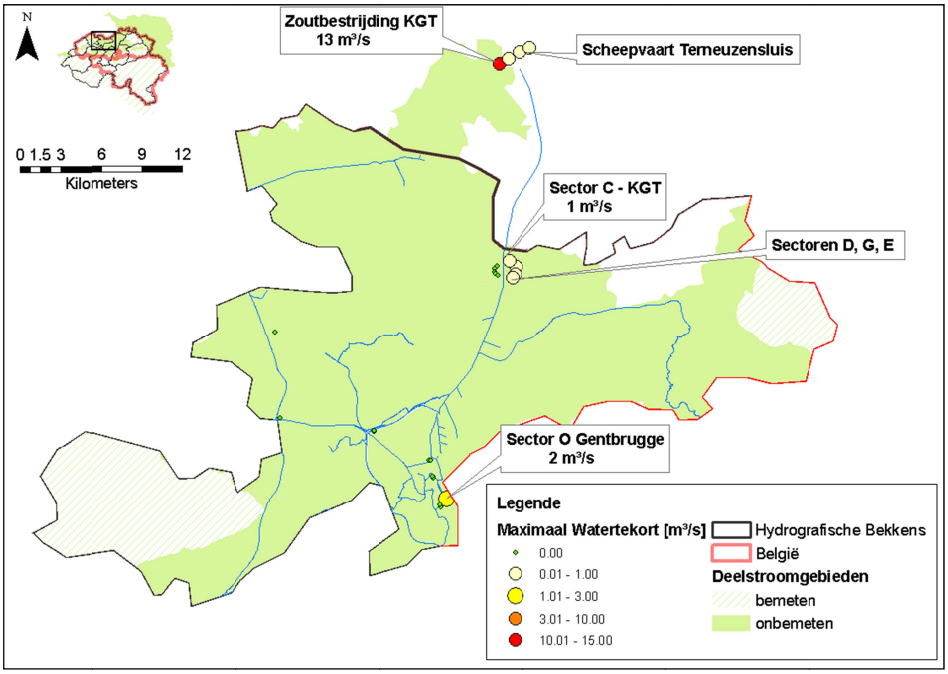
Benedenscheldebekken

In de haven van Antwerpen wordt de scheepvaart als gebruiker beperkt vanaf een peil dat 0,50 m onder het streefpeil ligt, zoals dat in de overige panden ook gebeurt. Dit is gedurende de simulatie van 1967-2009 een aantal keer het geval. Gezien in het waterallocatiemodel de prioriteit voor de Royerssluis en de Kreekraksluis lager ligt dan voor de andere sluizen, worden deze eerst als gebruiker beperkt. Deze tekorten treden telkens op vóór 2001 en zijn het gevolg van een verminderde aanvoer via het Albertkanaal. Zoals eerder beschreven is de meetreeks te Kanne die de voeding van het Albertkanaal bepaald, maar beschikbaar vanaf 2001. Gedurende de periode ervoor wordt deze meetreeks door de software herhaald, waardoor de simulatieresultaten van de betrokken modelknopen in de periode voor 2001 niet betrouwbaar zijn. Dit geldt ook voor het gesimuleerde tekort aan de sluis te Wijnegem in het Albertkanaal.
Figuur 34 toont het Benedenscheldebekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de Benedenschelde tijdens de periode wanneer er wel metingen beschikbaar zijn (2001-2009). Enkel aan de sluis van Wijnegem kent dan een tekort dat maximaal 4,35 m³/s bedraagt.

Op het Zeekanaal Brussel-Schelde treedt er een aantal keren een tekort op voor de gebruiker die de scheepvaart over de sluis van Wintam voorstelt. Dit tekort is nooit langer dan 1 dag, en bedraagt maximaal 0,8 m³/s. Enkel in de herfst van 1976 en 1990 wordt hier een tekort gemodelleerd.

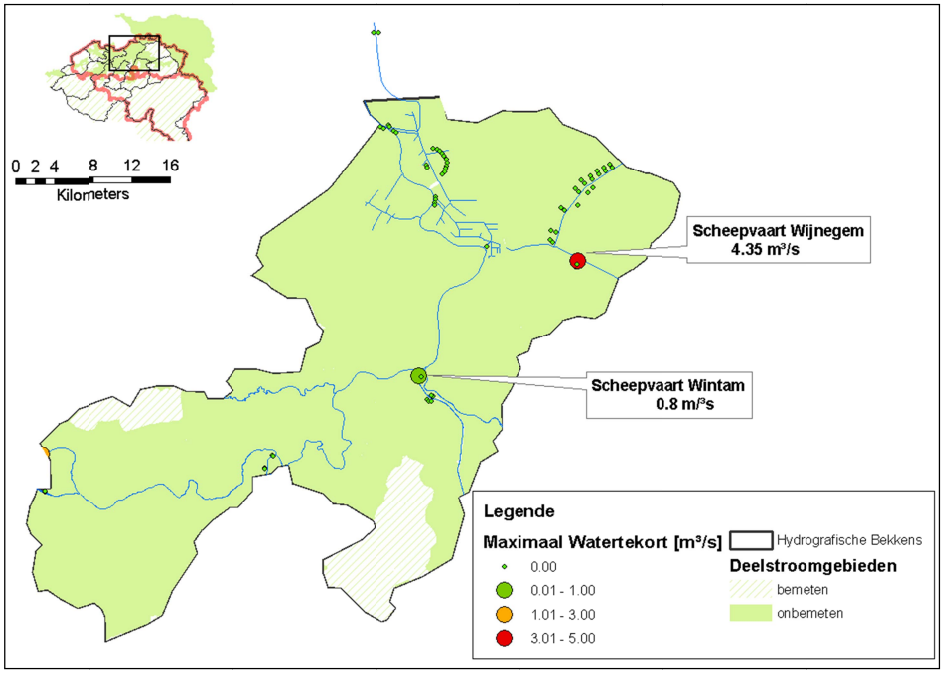
Leiebekken

Figuur 35 toont het Leiebekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de rivieren en kanalen in dit bekken. Binnen dit bekken kennen enkel de sluizen van Cuinchy en Don op de verbinding Schelde-Duinkerke tekorten. Deze kwamen slechts een aantal keren voor in de zomers van '71, '73,'76,' 78 en '90. Het tekort bedroeg telkens het gevraagde debiet, respectievelijk 0,7 en 1,05 m³/s.

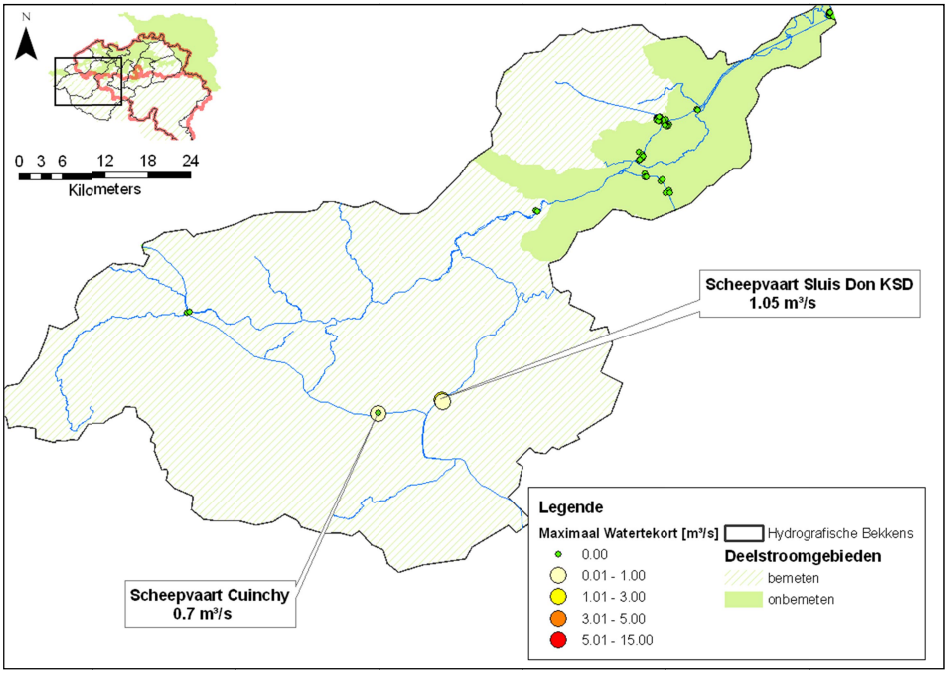


Figuur 33 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bekken van de Gentse Kanalen (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 34 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Benedenscheldebekken(2001-2009).



Figuur 35 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Leiebekken (1967-2009).

Bovenscheldebekken

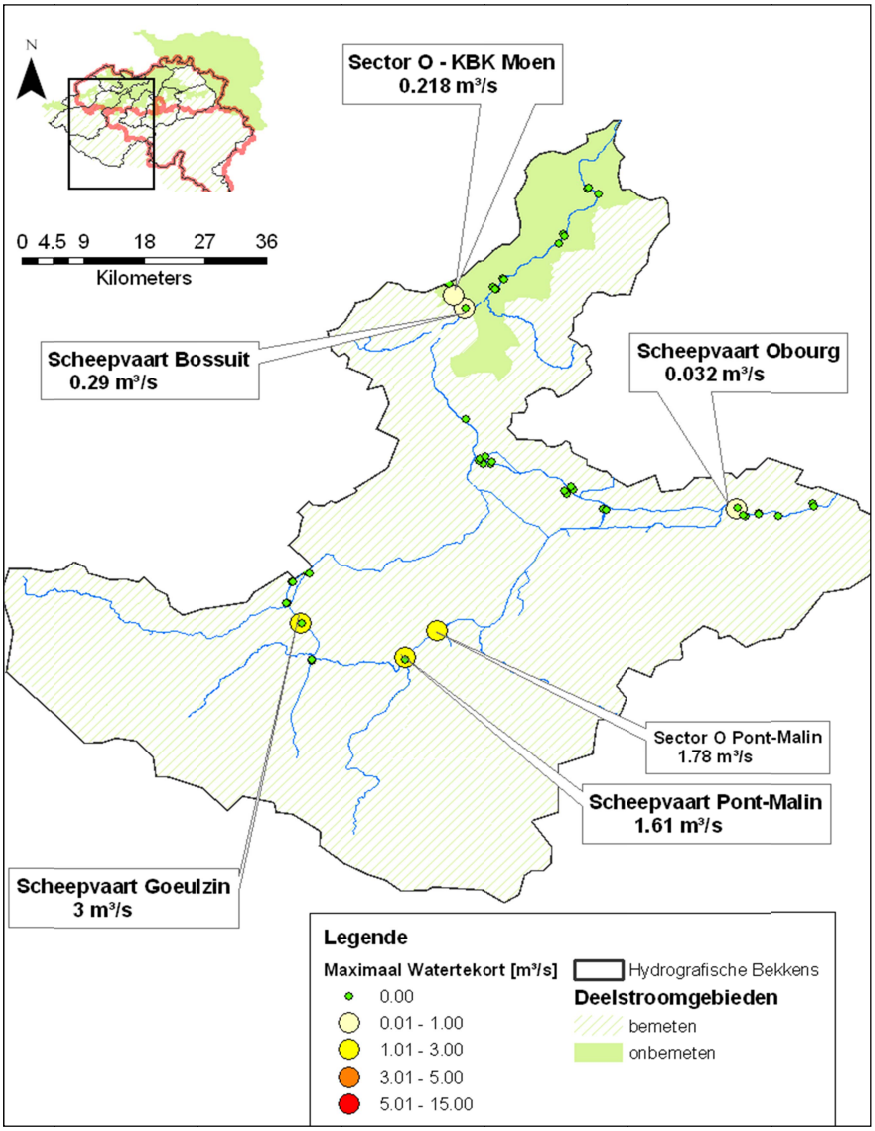
Vrijwel elke zomer is de aanvoer naar het eerste kanaalpand van de kanalenverbinding tussen de Schelde en Duinkerke ontoereikend waardoor er onvoldoende water is voor de scheepvaart in Goelzin en Pont-Malin.

De tekorten in het kanaal Bossuit-Kortrijk zijn te wijten aan de tijdstap (1 dag) en het relatief hoge pompdebiet en het relatief kleine volume van het tweede pand (Moen-Zwevegem).

Door onttrekkingen uit dit tweede pand zakt het peil in 1 tijdstap onder het tweede aanslagpeil, waardoor er in Moen met 2 pompen wordt gepompt. Het grote volume dat wordt opgepompt uit het eerste pand, moet ook uit de Schelde met 2 pompen gepompt worden om het eerste kanaalpand (Bossuit-Moen) op peil te houden.
Het grote pompvolume en de grote tijdstap leiden ertoe dat er te veel wordt opgepompt en dat er de daaropvolgende tijdstap het te veel aan water wordt geloosd in het lager gelegen pand (1e kanaalpand en de Bovenschelde).
Elke 13 dagen wordt vanuit het 3e kanaalpand een extra volume gevraagd uit het 2e pand omdat het peil er te hard is gezakt. Door de grote tijdstap kunnen de pompen hier niet onmiddellijk op reageren waardoor het peil in het 1e kanaalpand te hard zakt en er een beperking is van de gebruikers.

Indien er met een kleinere tijdstap zou zijn, zou het peil geleidelijk zakken waardoor er met 1 pomp gepompt kan worden en kan er sneller gereageerd worden op extra watervragen.

Figuur 36 toont de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs kanalen en rivieren in het Bovenscheldebekken.



Figuur 36 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Bovenscheldebekken (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Denderbekken

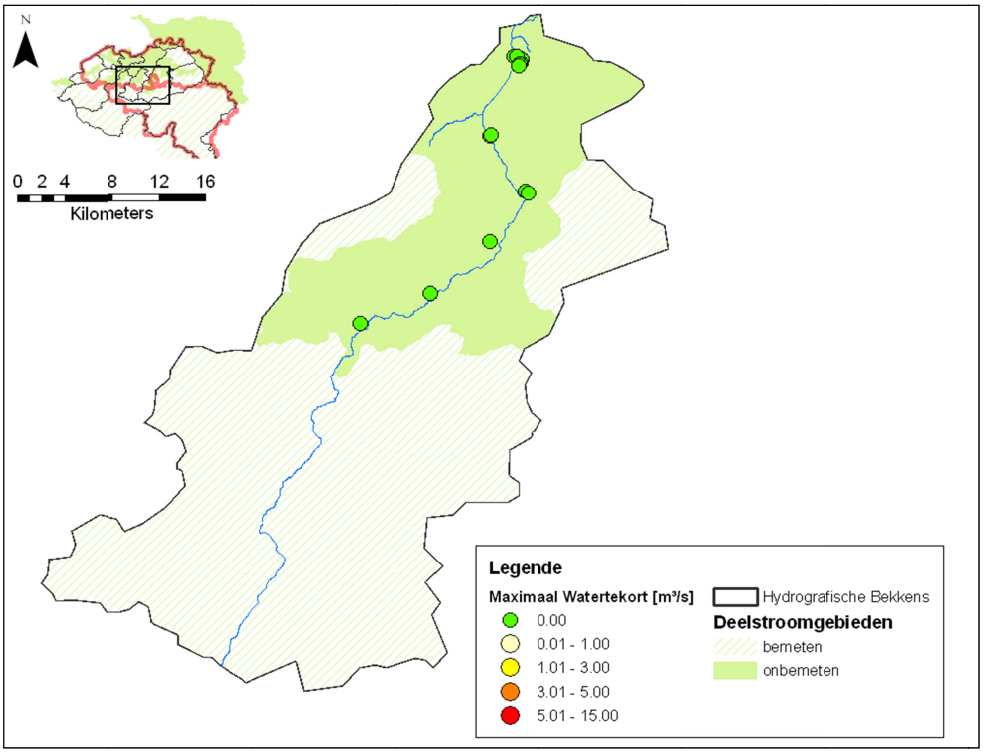
Figuur 37 toont het Denderbekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de Dender. Geen enkele van de gebruikers in dit bekken heeft in de periode 1967-2009 te maken met een tekort. Bijgevolg wordt niet verder ingegaan op de resultaten van het waterallocatiemodel voor deze gebruikers.

Dijle- en Zennebekken

Figuur 38 toont een overzicht van de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de rivieren en kanalen in het Dijle- en Zennebekken. Geen enkele van de gebruikers langs de Zenne heeft in de periode 1967-2009 te maken met een tekort. Ook de gebruikers van de Dijle hebben niet te maken met watertekorten. Bijgevolg wordt niet verder ingegaan op de resultaten van het waterallocatiemodel voor deze gebruikers. Voor de gebruikers langs het kanaal Leuven – Dijle treden er wel regelmatig tekorten op. Zoals beschreven in paragraaf 5.2.1 zijn deze het gevolg van te lage afvoeren op de Dijle, welke ervoor zorgen dat er een verminderde voeding is van het Kanaal Leuven – Dijle. De watervraag voor voeding van dit kanaal bedraagt ongeveer 2 m³/s, en hieraan wordt niet steeds voldaan. Gezien dit louter het gevolg is van de te laag gemodelleerde hydrologische input, wordt ook hier niet in detail op ingegaan.

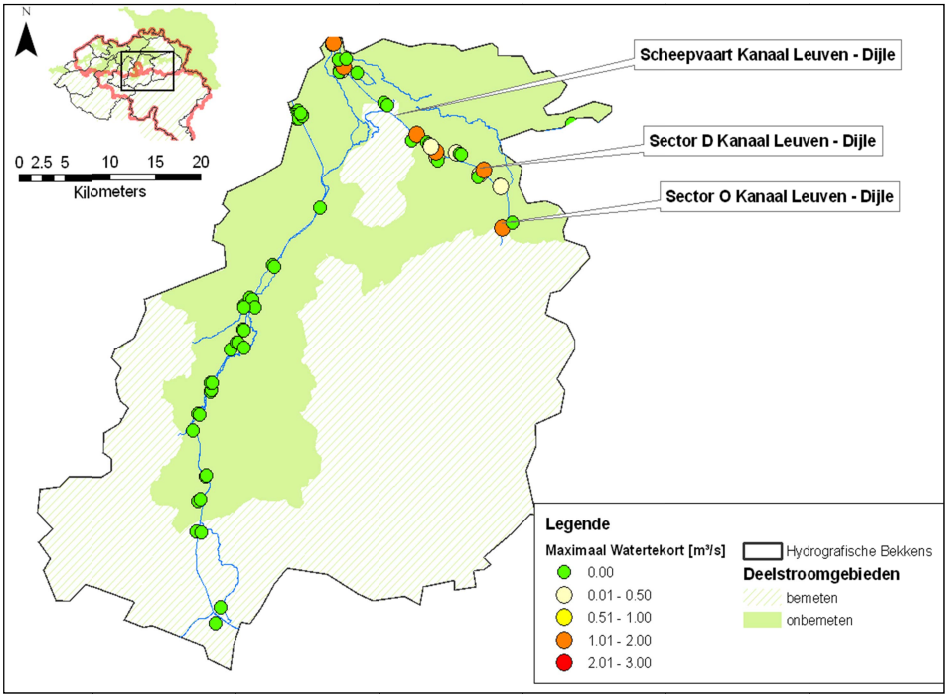
Demerbekken

Figuur 39 toont het Demerbekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de rivieren en kanalen in het Demerbekken. Het betreft hier de gebruikers langs het opwaarts gedeelte van het Albertkanaal en langs de Demer. Geen enkele van de gebruikers in dit bekken heeft in de periode 1967-2009 te maken met een tekort. Bijgevolg wordt niet verder ingegaan op de resultaten van het waterallocatiemodel voor deze gebruikers.

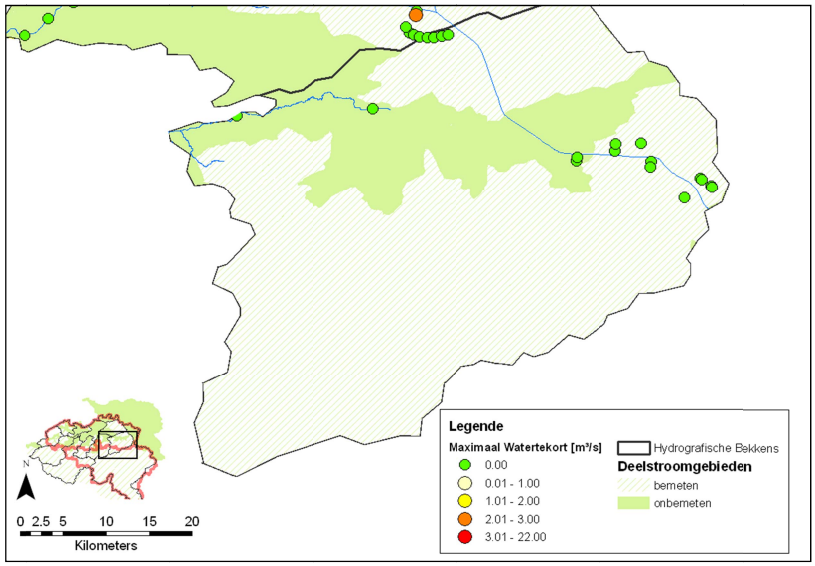


Figuur 37 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Denderbekken (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 38 –Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Dijle- en Zennebekken (1967-2009).



Figuur 39 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Demerbekken (1967-2009).

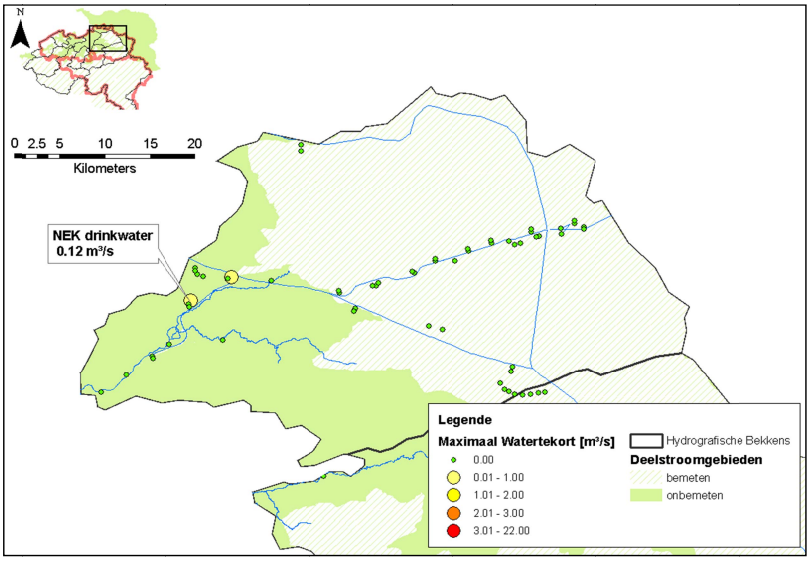
Netebekken

Figuur 40 toont het Netebekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de rivieren en kanalen in dit bekken. Zoals eerder reeds vermeld, is voor de voeding van de Zuid-Willemsvaart en Albertkanaal geïmplementeerd aan de hand van een meetreeks. Door het feit dat deze metingen voor Zuid-Willemsvaart (Smeermaas) pas in 1979 beginnen, en voor Albertkanaal (Kanne) pas in 2001, zijn de resultaten van het watergebruik vóór deze perioden onbetrouwbaar, aangezien de watervraag van het eerste in het model ingevoerde jaar herhaald wordt. De gesimuleerde watertekorten langs het Albertkanaal dateren van voor 2001. Bijgevolg wordt hier verder geen belang aan gehecht.

Wat het tekort voor de drinkwatersector in het Netekanaal betreft, is eerder vermeld dat deze het gevolg zijn van een te laag geïmplementeerd voedingsdebiet vanuit de omloopriolen naar het Netekanaal.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Het peil van pand 6 in het Albertkanaal zakt gedurende de gehele simulatieperiode nooit onder de 8,70 m TAW. Gezien dit het peil is waaronder de voeding van het Netekanaal wordt beperkt, doet zich geen effectief tekort voor de gebruikers van het Netekanaal.

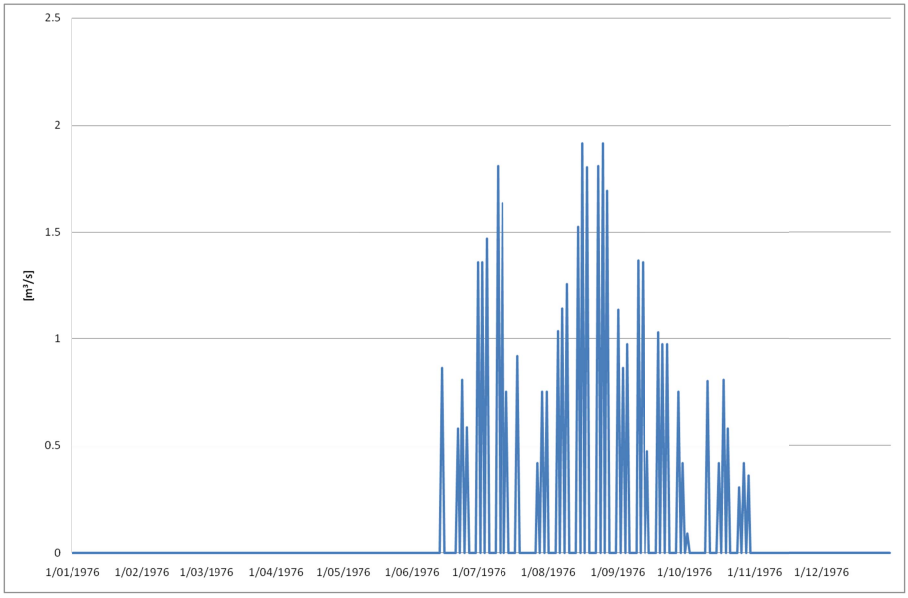


Figuur 40 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Netebekken (2001-2009).

Maasbekken

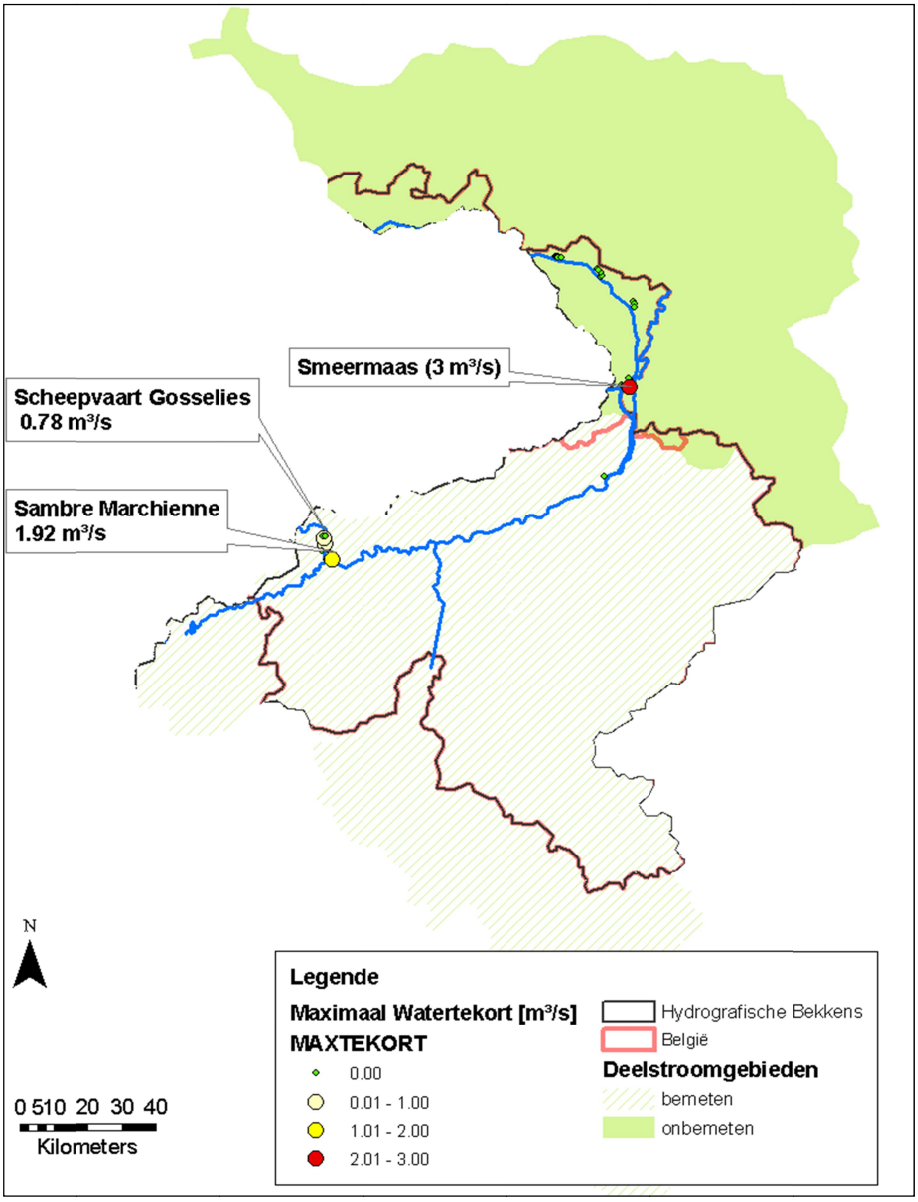
Figuur 42 toont het Maasbekken met de maximaal gesimuleerde tekorten voor de gebruikers langs de rivieren en kanalen in dit bekken.

De tekorten afwaarts de aftakking naar het Albertkanaal dateren van voor de periode vanaf waar metingen beschikbaar zijn en zijn zoals eerder vermeld niet betrouwbaar. Te Marchienne in Wallonië, wordt water uit de Samber gepompt als het peil in het eerste pand van Kanaal Brussel-Charleroi onder een drempelpeil (106.45 mTAW) zakt. Voor deze pomp als gebruiker treedt af en toe een tekort op, waarvan het maximale tekort 1,92 m³/s bedraagt. Dit doet zich voor in de zomer van 1976 (zie Figuur 41).



Figuur 41 – Gesimuleerd watertekort te Marchienne, voor de voeding van Kanaal Brussel-Charleroi

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 42 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers in het Maasbekken (2001-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De hoofddoelstelling van de studie is bereikt: de ontwikkeling van een regionaal model dat rekening houdt met het grootste deel van het watergebruik en wateraanbod van de bevaarbare rivieren en kanalen in het Scheldestroomgebied. De resultaten uit de vorige deelopdrachten zijn gebundeld en in dit regionaal waterallocatiemodel geïmplementeerd.

Gezien de complexiteit van het systeem en de interactie met aanpalende bekkens in Wallonië en Noord-Frankrijk is de focus van het waterallocatiemodel uitgebreid tot het ganse Scheldestroomgebied. Het gemodelleerde gebied betreft zo niet enkel de bevaarbare rivieren en kanalen binnen het Scheldestroomgebied, maar ook de kanalen die het Scheldestroomgebied met aanpalende stroomgebieden verbinden als ook een aantal rivieren uit deze aanpalende bekkens. De bekkens van de onbevaarbare waterlopen worden gemodelleerd door hydrologische modellen. Dit betekent dat grondwater en het oppervlaktewatergebruik langs deze rivieren via deze modellen impliciet in het allocatiemodel mee geïntegreerd zijn.

Uit de validatie van het model blijkt dat het goed in staat is de huidige situatie van de bevaarbare waterlopen in het Scheldebekken te simuleren. Zeker wanneer men rekening houdt met de regionale schaal van het model, de onzekerheid van sommige invoerinformatie, de betrouwbaarheid van de metingen bij lage afvoeren en het belang van de droge periodes. Het regionale waterallocatiemodel laat toe de huidige situatie in het studiegebied te simuleren en is geschikt voor de evaluatie van maatregelen of scenario's op regionale schaal.

Uit de vergelijking van het wateraanbod van 1967 tot 2009 met de huidige watervraag blijkt dat er voor de meeste gebruikers aan de waterbehoefte voldaan kan worden. Langs een aantal economisch belangrijke waterwegen komen er wel tijdelijk tekorten voor. Die periodes met watertekort zijn eerder beperkt zowel in duur (gemiddeld minder dan 6 dagen en de meeste minder dan 10 dagen) als in hoeveelheid (voor het merendeel van de gebruikers is het maximaal gesimuleerde tekort niet groter dan 3 m³/s).

In het kanaal Gent-Terneuzen heerst er wel regelmatig een watertekort, voornamelijk voor het bestrijden van zoutwaterindringing in Terneuzen. Het begrip watertekort voor dit gebied is verbonden aan de al of niet beschikbaarheid van het minimale debiet van 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden zoals opgelegd is in het verdrag met Nederland over het kanaal Gent-Terneuzen

Over de ganse periode van meer dan 40 jaar zijn er 37 periodes met een debiet lager dan 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden, meer bepaald gemiddeld 1,5 m³/s minder, en een gemiddeld maximum tekort van 6,5 m³/s. De gemiddelde duur van deze perioden is 48 dagen, met een maximum van 212 dagen in 1976, wat overeenkomt met een terugkeerperiode van 86 jaar.

Rekening houdend met het totale beschikbare debiet en met de huidige watervraag, wordt over de ganse periode van meer dan 40 jaar een gemiddeld debiet van 24 m³/s richting Terneuzen gestuurd. Hoewel tijdens de zomermaanden de minimale hoeveelheid zoet voedingswater niet geleverd wordt, worden tijdens wintermaanden voldoende hoge debieten afgevoerd zodat het zoutgehalte in het kanaal beperkt blijft(gemiddeld 2,42 g/l chloride in het controlepunt) en er dus geen geleidelijke verzilting van het kanaal is. (Vanderkimpen et al. 2012)

6.2 Aanbevelingen

- Het systeem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen valideren op basis van nieuwe metingen.
- Er dient verder onderzocht te worden wat de onzekerheid is van debietmetingen bij lage afvoeren en hoe die, indien nodig beperkt kunnen worden.
- Verbetering van de software om de rekentijd te versnellen.
- Het bijsturen van de allocatieregels op basis van inzichten en ervaring van de beheerders. Dit zal leiden tot een realistischer en gedifferentieerde allocatie.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

- In samenspraak met de sectoren het watergebruik doorlichten en waar nodig bijsturen en verfijnen.
- Het aanpassen van de debieten van de omloopriolen naar het Netekanaal conform de meest recente gegevens.
- Gezien er gerekend wordt met een tijdstap van 1 dag, zakt omwille van het in werking treden van pompen voor sommige panden langs het Kanaal Duinkerke-Schelde het peil op 1 dag onder het streefpeil, terwijl het de volgende tijdstap opnieuw zijn streefpeil bereikt. Er kan overwogen worden om de pompdebieten aan te passen, opdat het peil langs deze panden niet onnodig zakt.
- Nagaan of het expliciet implementeren van het watergebruik langs onbevaarbare waterlopen bijdraagt tot een verbetering van de modelresultaten.
- Na verfijning van het model (in samenspraak met de waterbeheerders en watergebruikers) moeten verschillende klimaatveranderingsscenario's doorgerekend worden.
- Noodzaak van een ecologische minimum afvoer nagaan.

Tenslotte kunnen ook sommige meer algemene aanbevelingen geformuleerd worden:

- Tot nu toe is het waterbeheer in Vlaanderen voornamelijk gebaseerd op waterstanden en doelgericht naar hoge afvoeren. Voor het beheer van lage afvoeren is het nodig om een systeem te ontwikkelen gebaseerd op debieten en in het bijzonder lage debieten.
- De criteria voor de zoutbestrijding in het kanaal Gent Terneuzen moet verder bestudeerd worden.
- Naar analogie met de verkennende simulaties in het Kanaal Gent-Terneuzen, moet de zoutintrusie in de andere kanalen die met de zee verbonden zijn (Boudewijnkanaal, Afleidingskanaal van de Leie, Kanaal Brugge-Oostende) bestudeerd worden.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

7 Referentielijst

Baetens J.; Peeters P.; Van Eerdenbrugh K.; Mostaert F. (2006). Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen: Opmaak van een modelinstrumentarium voor de ontwikkeling van laagwaterstrategieën. WL Rapporten, 724_02. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

De Boeck K.; Pereira F.; Van Eerdenbrugh K.; Mostaert F. (2012). Modellering van waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën: Deelrapport 3 - Analyse van het huidige wateraanbod. Versie 3_0. WL Rapporten, 724_04. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

IMDC (2009). Haalbaarheidsstudie Seine-Schelde West, Verkennend onderzoek over de waterbeschikbaarheid en verzilting aspecten.

Michielsen S.; Peeters P.; Van Eerdenbrugh K.; Mostaert F. (2006). Watersysteem van de Bovenschelde, Leie en afwaterende kanalen: Opmaak van een modelinstrumentarium voor de evaluatie van laagwaterscenario's. WL Rapporten, 724_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Michielsen, S.; Pereira, F.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2012). Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 1 - Inventarisatie. Versie 3_0. WL Rapporten, 724_04. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Michielsen S.; Pereira F.; Van Eerdenbrugh K.; Mostaert F. (2012). Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 2 - Analyse van het huidige watergebruik. Versie 3_0. WL Rapporten, 724_04. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Vanderkimpen, P.; Pereira, F.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2012). Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en - allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 5 - Zoutintrusie kanaal Gent-Terneuzen. Versie 4_0. WL Rapporten, 724_04. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

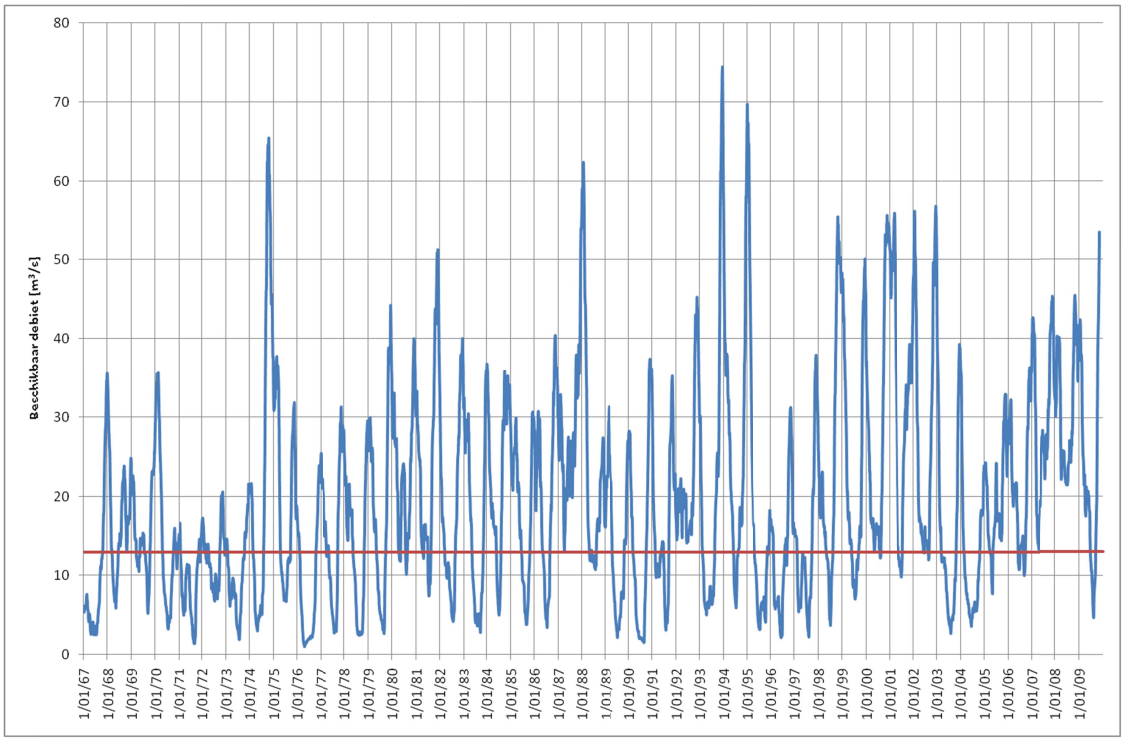
8 Tabellen

Tabel 4 – De lengte van de tekorten gesimuleerd tussen 1967 en 2009.

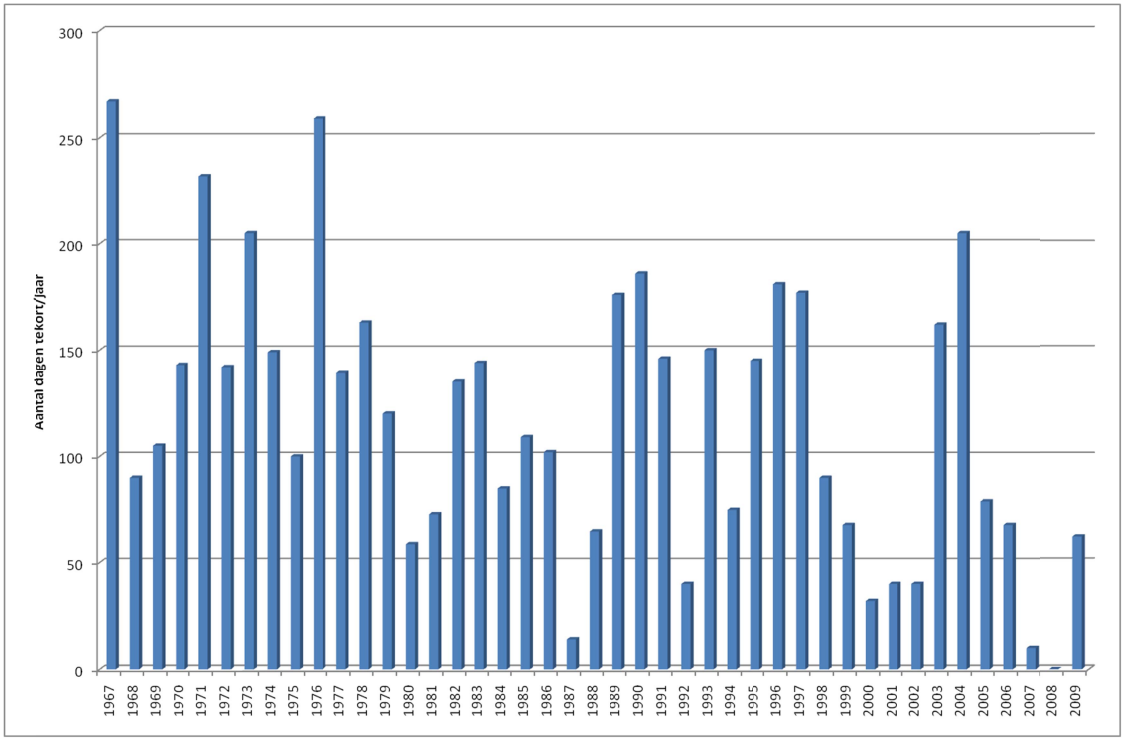
Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	30	Aantal periodes	Maximum [d]
1967	1	7	6	1	3	6	3	1	8	8	1	3	8	12	1	1											**16**	**12**
1968	1	1	1	1	1	1																					**6**	**1**
1969	1	1	1	1	1	1	1	1																			**8**	**1**
1970	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	9												**15**	**9**
1971	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	6	21												**15**	**21**
1972	1	1	2	1	1	1	1	1																			**8**	**2**
1973	1	1	49	1																							**4**	**49**
1974	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1											**16**	**2**
1975	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									**18**	**1**
1976	1	2	130	5	8																						**5**	**130**
1977	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2													**14**	**2**
1978	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	11	2	23										**17**	**23**
1979	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8															**12**	**8**
1980	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															**12**	**1**
1981	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1													**14**	**2**
1982	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1											**16**	**3**
1983	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	10	13	1	1									**18**	**13**
1984	1	2	7	6	1	1																					**6**	**7**
1985	1	1	2	2	2	1																					**6**	**2**
1986	1	1	2	1	1	2	2	1	2	6	1	1	1	1													**14**	**6**
1987	1	1	1	1	1	1	1																				**7**	**1**
1988	1	1	1	2	2	2																					**6**	**2**
1989	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3	21	1	3														**13**	**21**
1990	2	78	29																								**3**	**78**
1991	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1																**11**	**2**

Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	30	Aantal periodes	Maximum [d]
1992	1	1	1	1	2	1	1																				**7**	**2**
1993	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1														**13**	**2**
1994	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1														**13**	**2**
1995	1	1	1	1	1	1	1	2	2	13	1																**11**	**13**
1996	1	36	1	2	1	2	2	1																			**8**	**36**
1997	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	15											**16**	**15**
1998	2	1	1	2	1	2	2	12	1	3																	**10**	**12**
1999	1	2	2	1	2	1	1																				**7**	**2**
2000		1	1	1																							**3**	**1**
2001	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1											**16**	**2**
2002	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1																**11**	**2**
2003	1	1	1	2	2	1	1	2	3	3	2	9															**12**	**9**
2004	1	1	13																								**3**	**13**
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															**12**	**1**
2006	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1												**15**	**2**
2007	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1													**14**	**2**
2008	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		**25**	**2**
2009	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1								**19**	**2**

9 Figuren

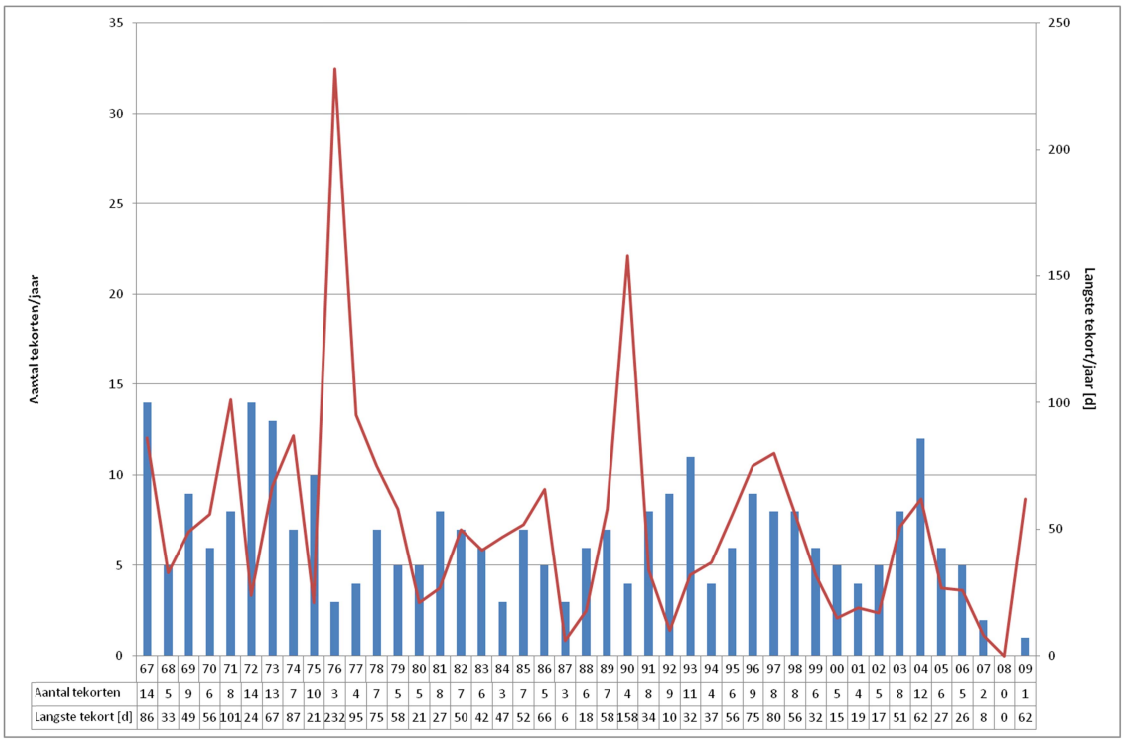


Figuur 43 – Verloop van het beschikbare spuidebiet doorheen de gesimuleerde periode ’67-’09.



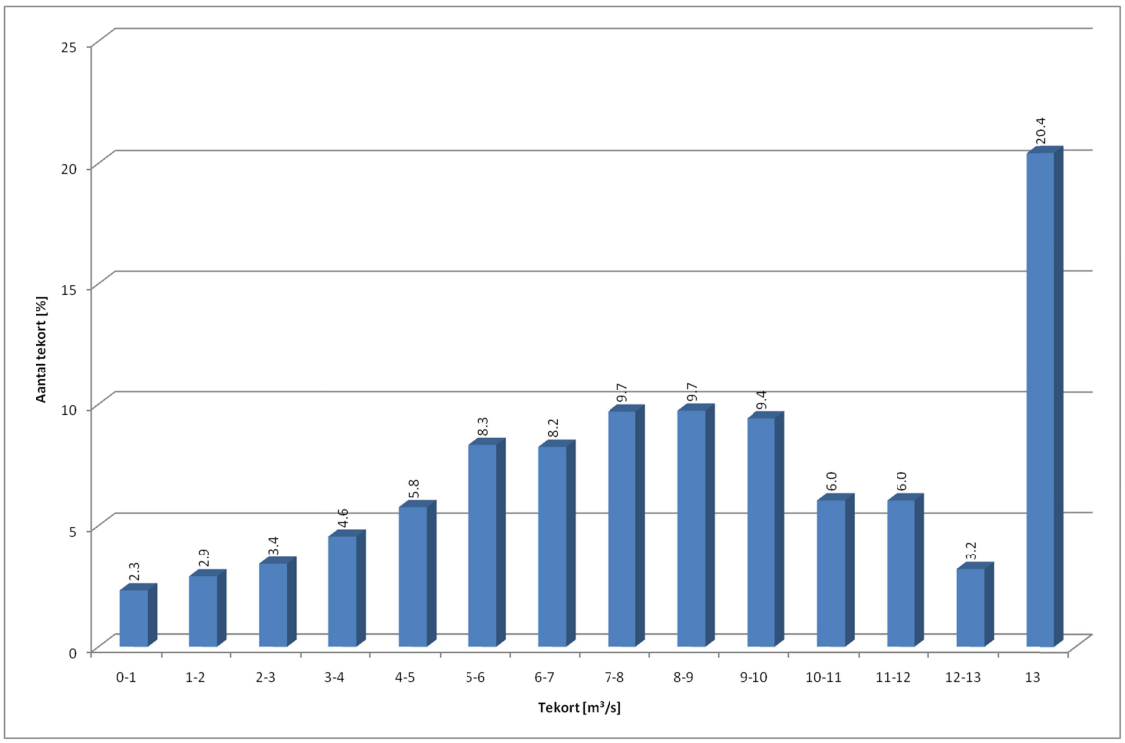
Figuur 44 – Aantal dagen per jaar dat er zich een spuitekort voordoet.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



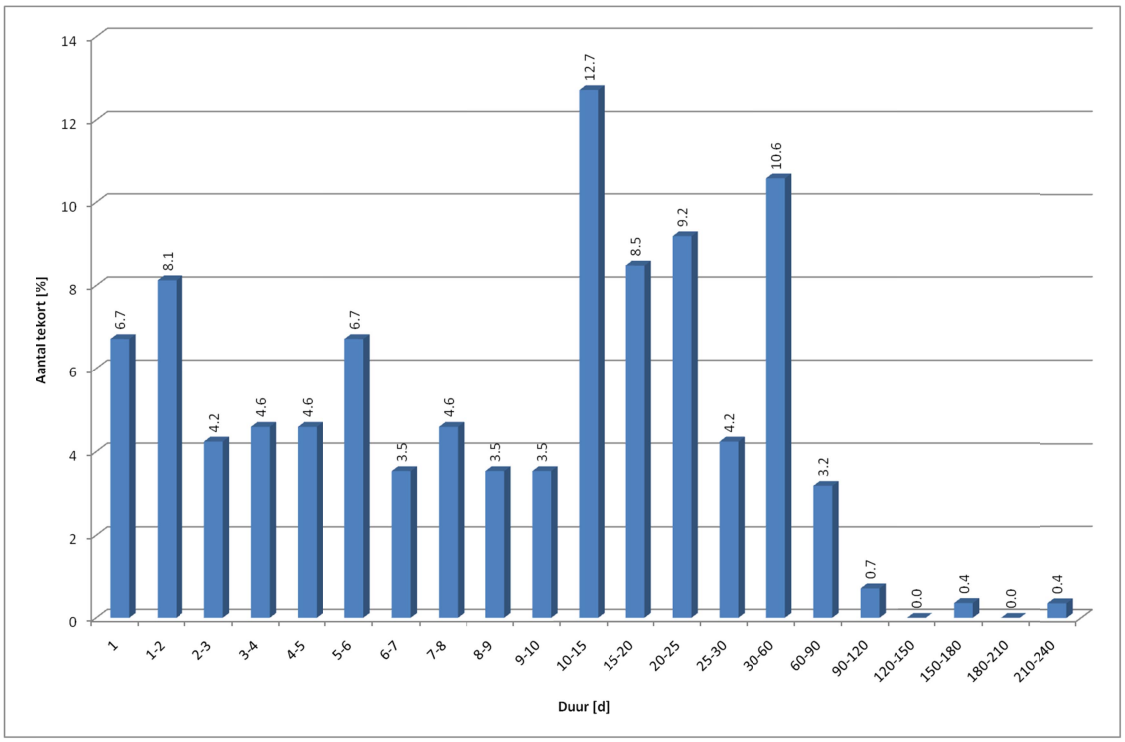
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Aantal tekorten	14	5	9	6	8	14	13	7	10	3	4	7	5	5	8	7	6	3	7	5	3	6	7	4	8	9	11	4	6	9	8	8	6	5	4	5	8	12	6	5	2	0	1
Langste tekort [d]	86	33	49	56	101	24	67	87	21	232	95	75	58	21	27	50	42	47	52	66	6	18	58	158	34	10	32	37	56	75	80	56	32	15	19	17	51	62	27	26	8	0	62

Figuur 45 – Aantal en langste spuitekorten per jaar.

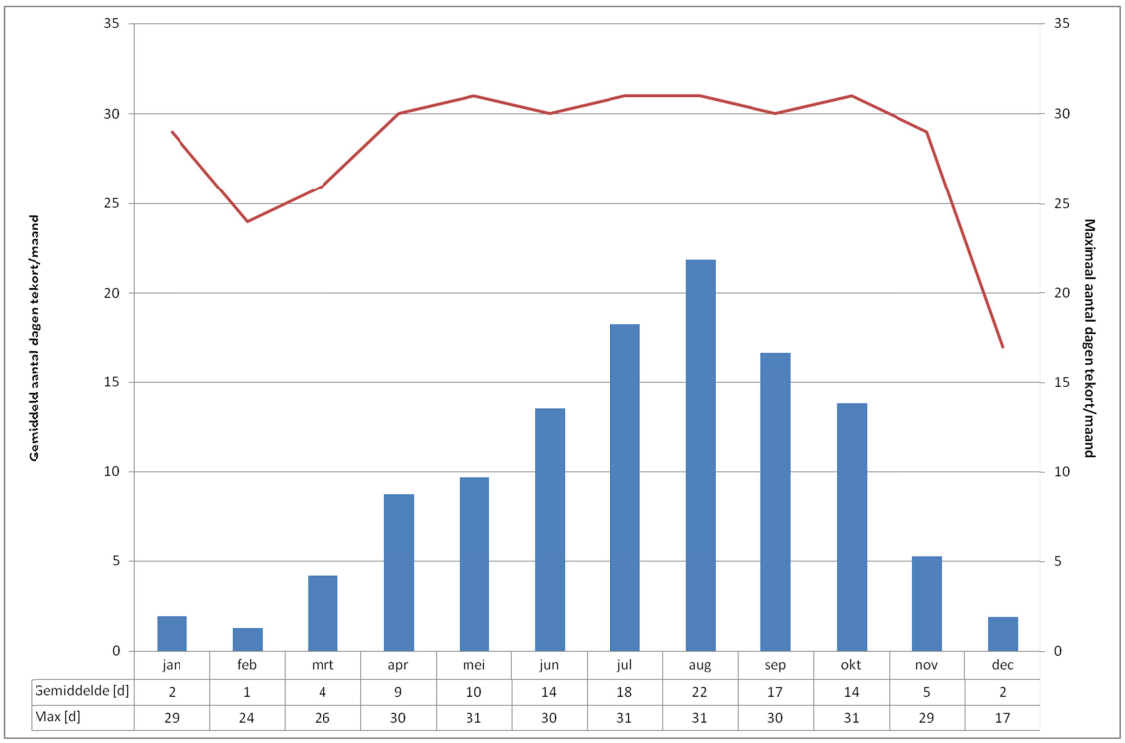


Figuur 46 – Histogram van het aantal spuitekorten.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



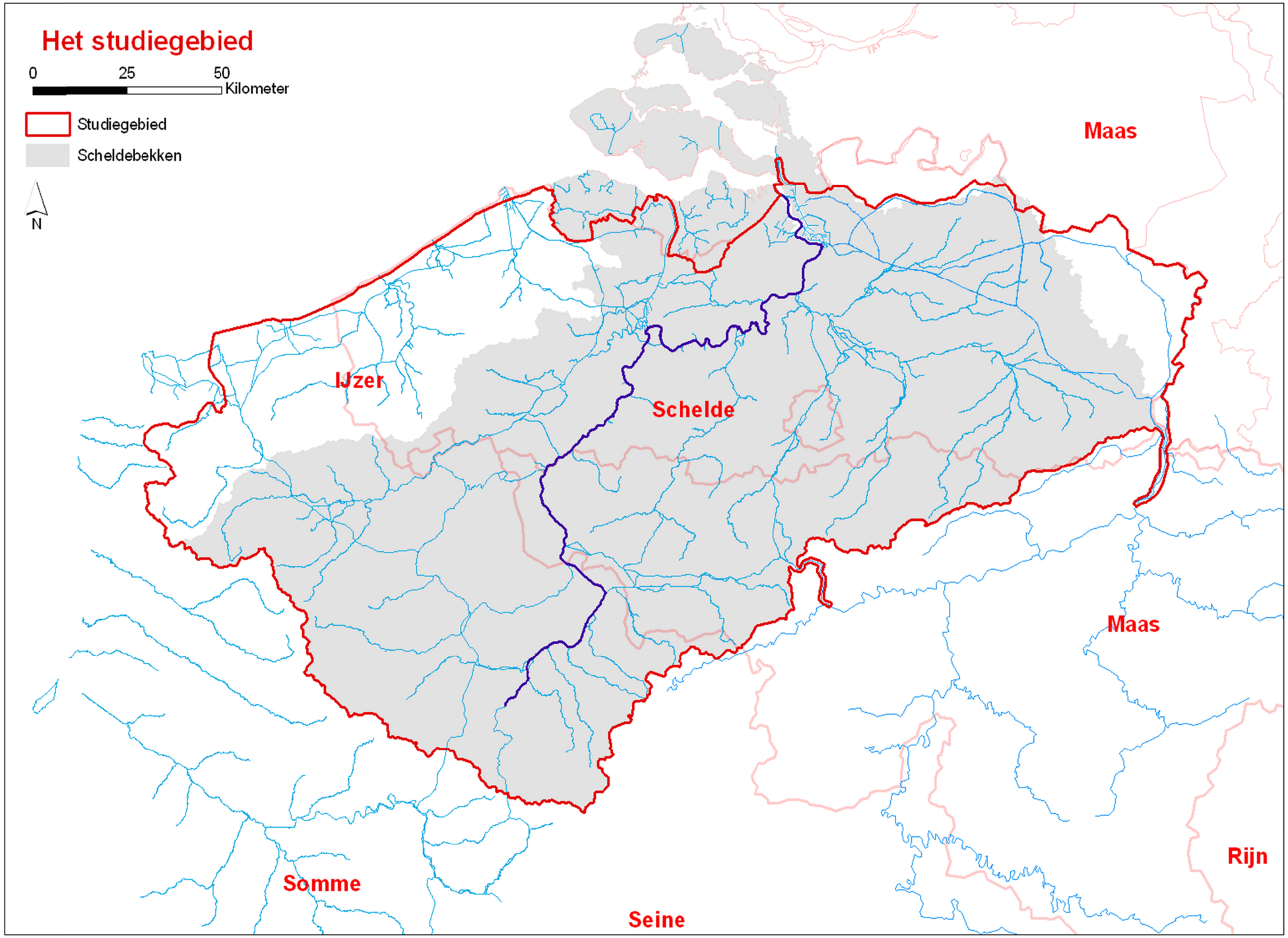
Figuur 47 – Histogram van de duur van de spuitekorten.



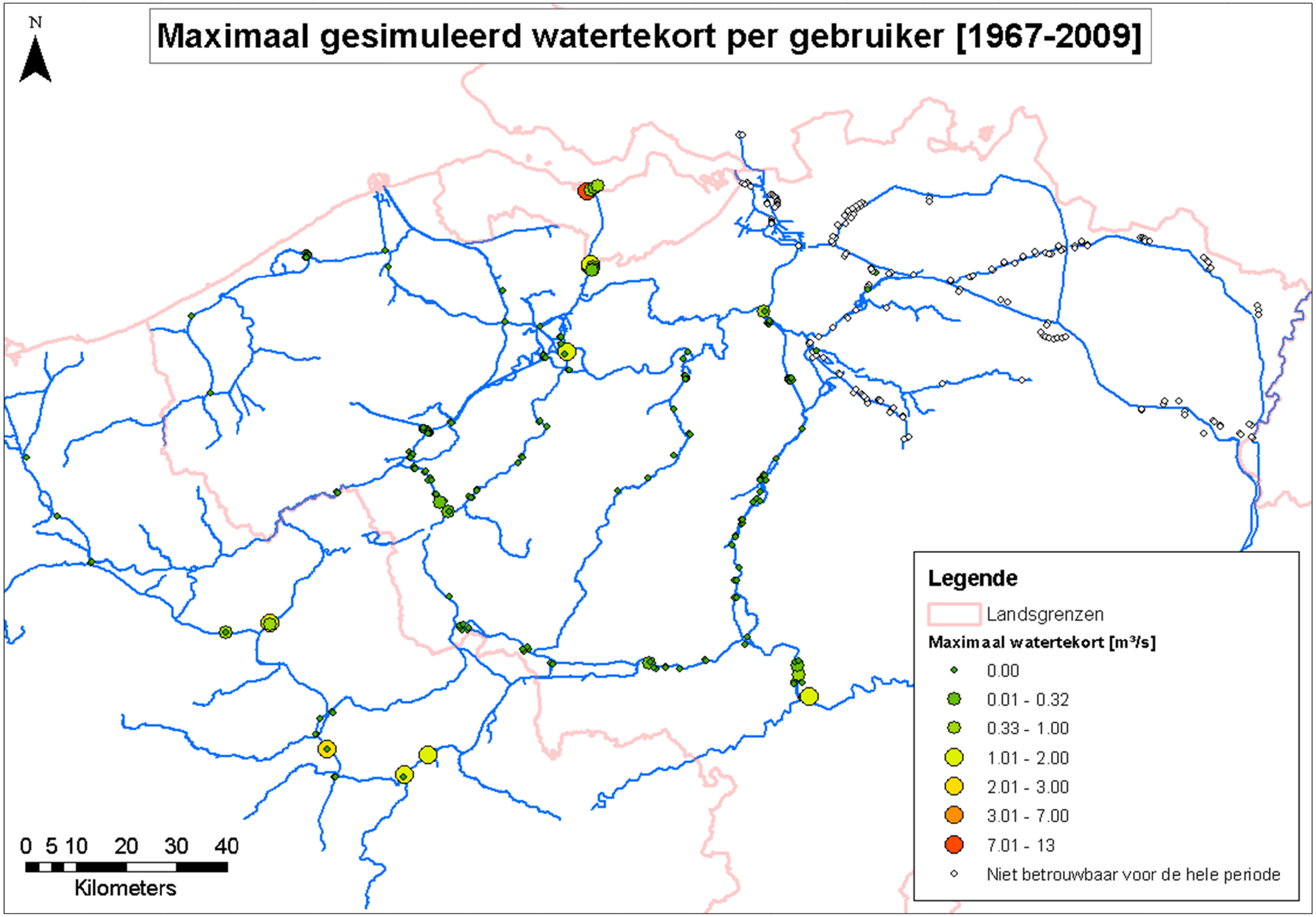
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gemiddelde [d]	2	1	4	9	10	14	18	22	17	14	5	2
Max [d]	29	24	26	30	31	30	31	31	30	31	29	17

Figuur 48 – Gemiddeld en maximum aantal dagen per maand dat er een spuitekort heerst.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

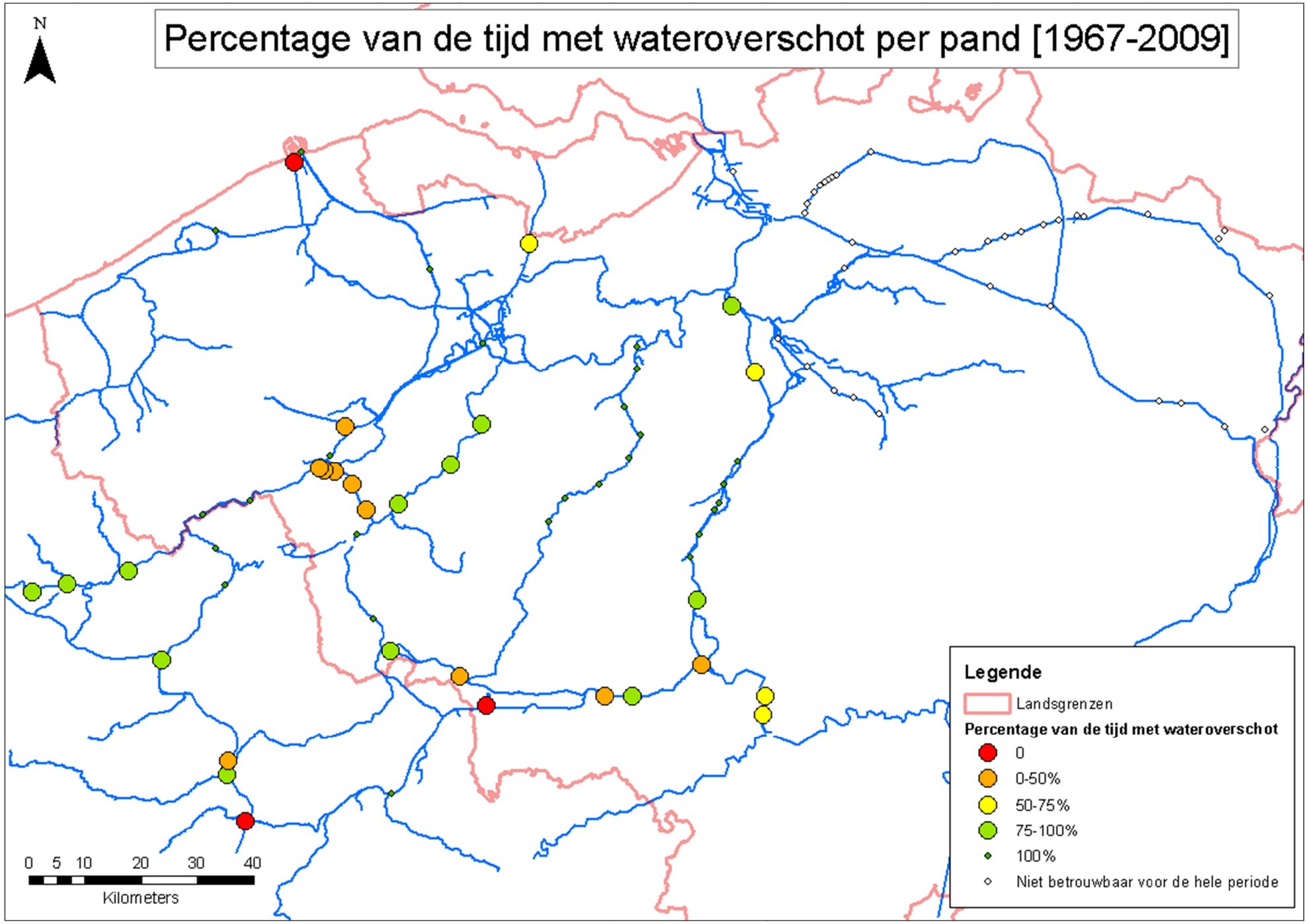


Figuur 49 – Het studiegebied



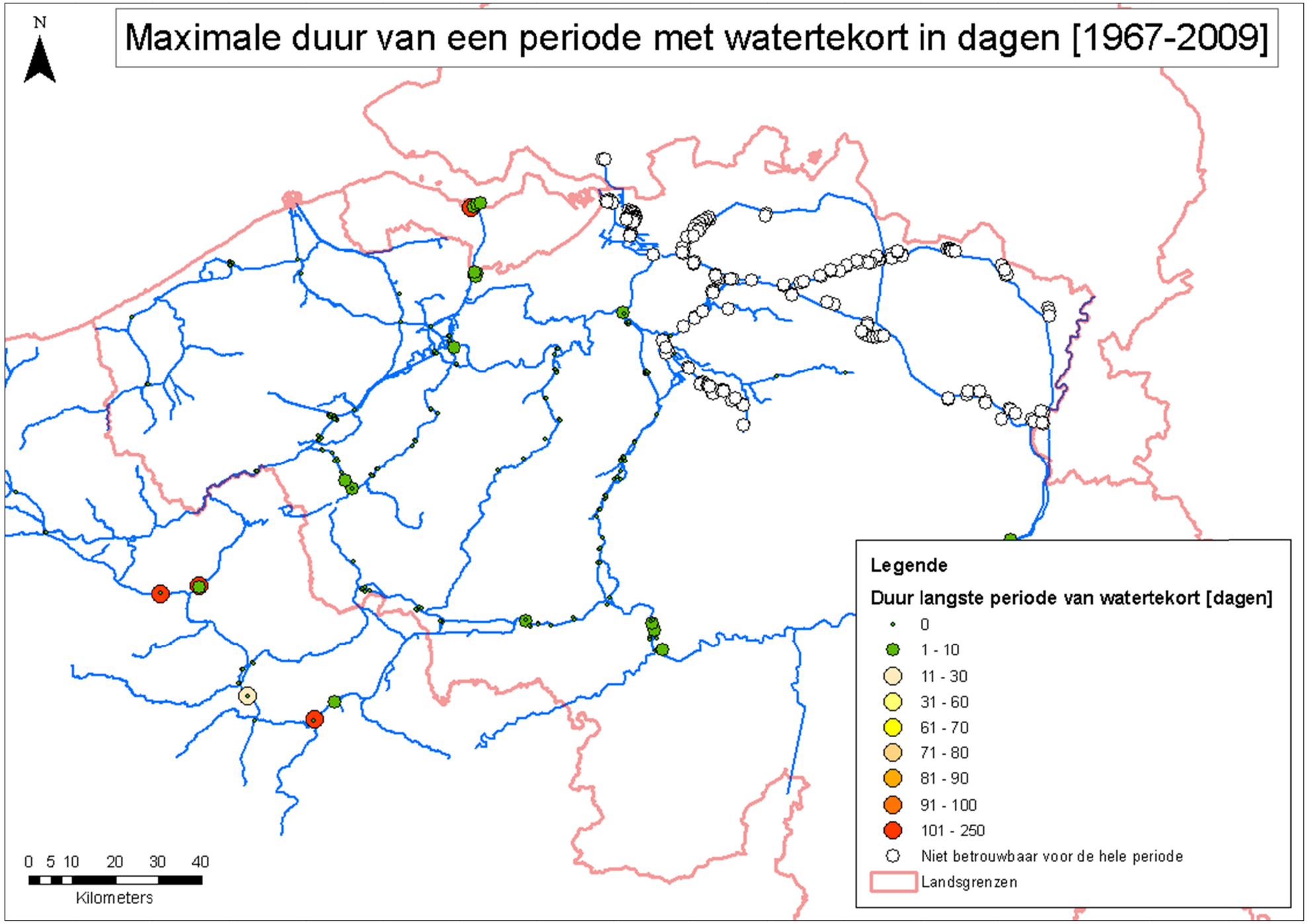
Figuur 50 – Maximaal gesimuleerd watertekort voor de gebruikers uit alle sectoren (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



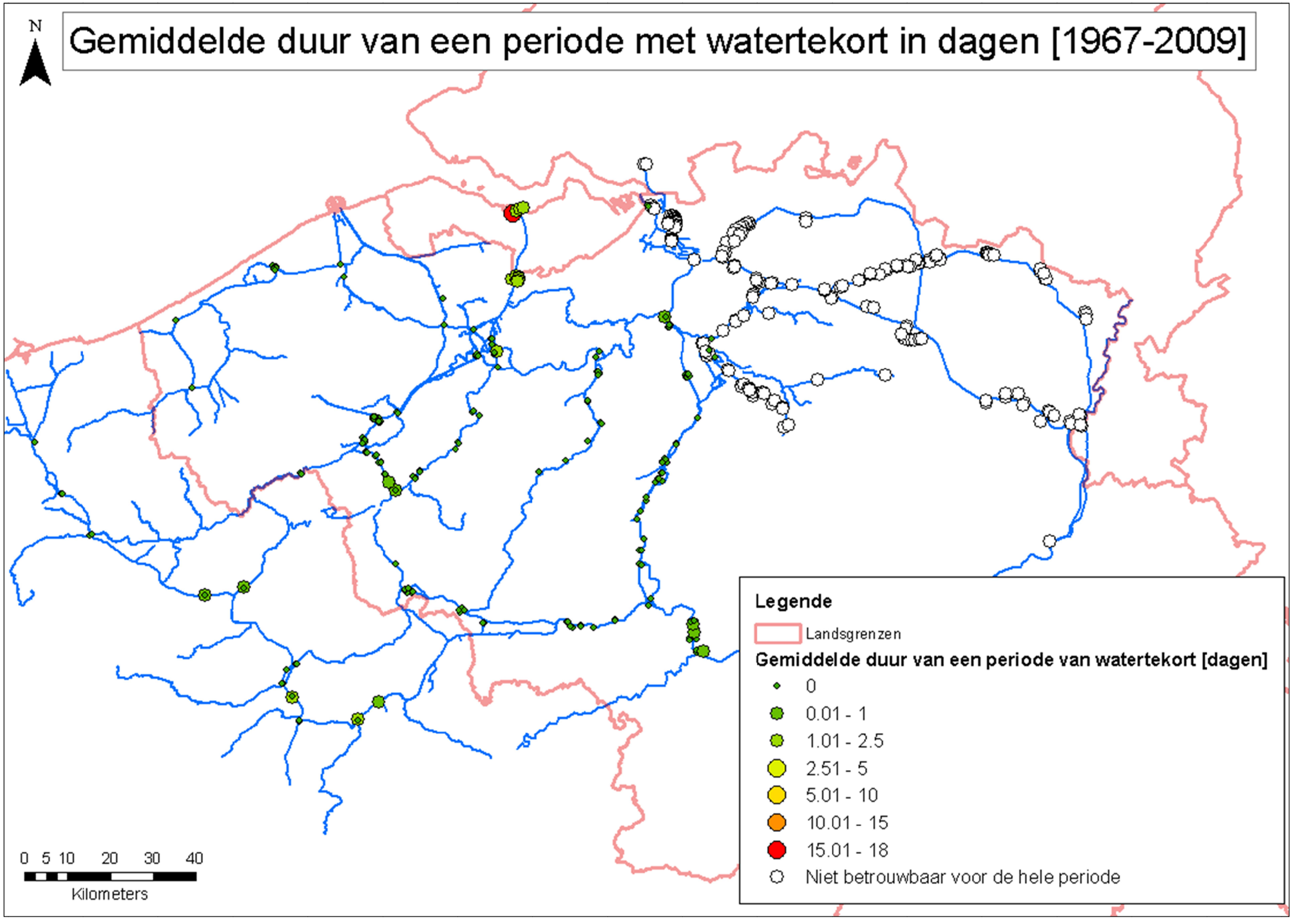
Figuur 51 – Percentage van de tijd waarin wateroverschot optreedt per pand (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

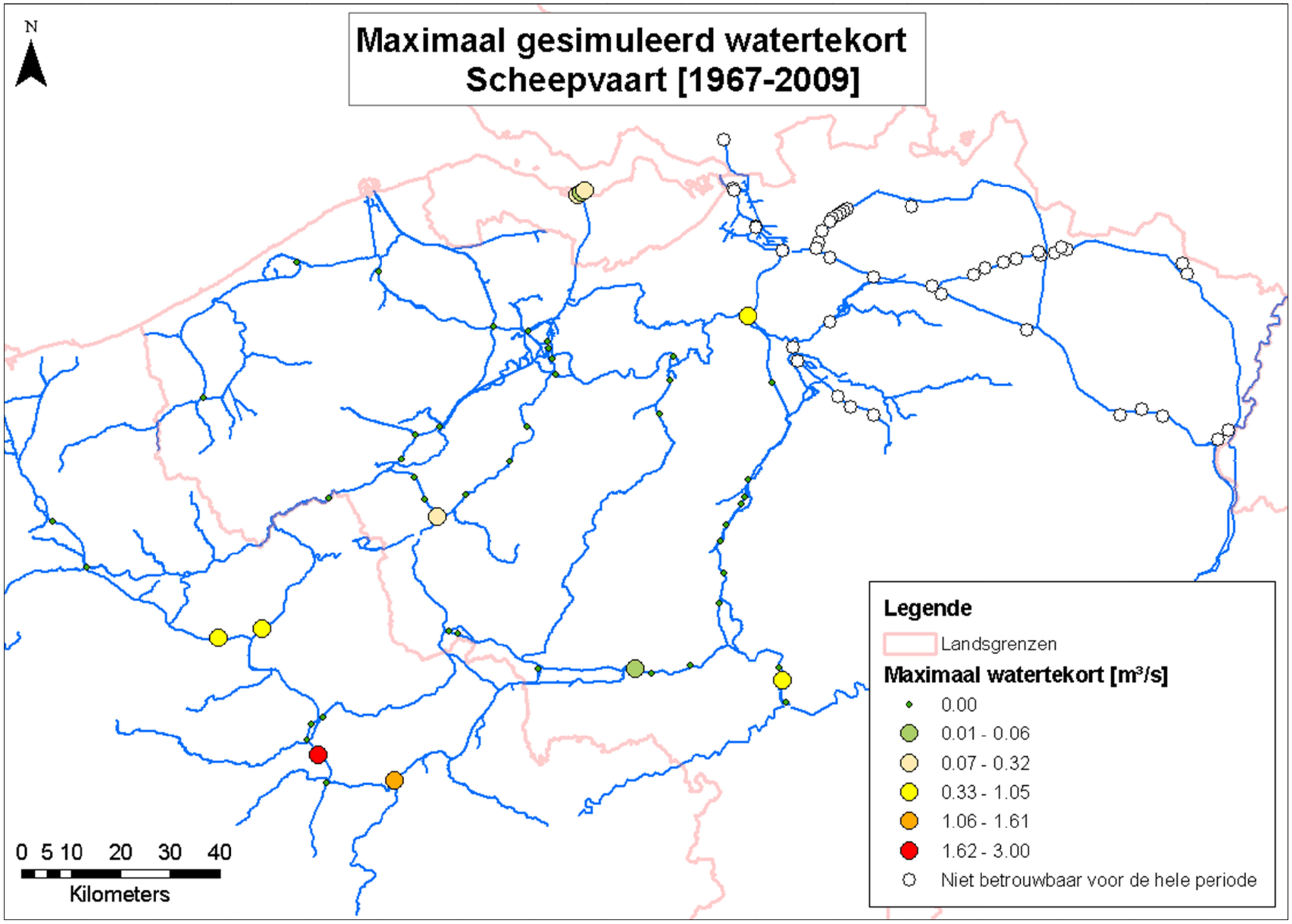


Figuur 52 – Maximale duur van een periode met watertekort (1967-2009).

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 53 – Gemiddelde duur van een periode met watertekort (1967-2009).



Figuur 54 – Maximaal watertekort [m³/s] voor de scheepvaart (1967-2009).

Bijlagen

Bijlage 1. Evaluatie software Mike Basin
Bijlage 2. Effect van een grotere tijdstap
Bijlage 3. Gevoeligheidsanalyse – Impact van neerslag
Bijlage 4. Gevoeligheidsanalyse – Impact van allocatieregels

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bijlage 1: Evaluatie software Mike Basin

Modellering watersysteem in en rond Gent

Afwaarts de stuwen van St.-Baafs-Vijve op de Leie en Asper op de Schelde vormt zich een uitgebreid kruispunt van kanalen rond Gent waarop hetzelfde streefpeil wordt gehanteerd: het Groot Pand. Om na te gaan of Mike Basin de geschikte software is voor het opbouwen van een waterallocatiemodel van het Scheldestroomgebied, werd bij wijze van testcase eerst nagegaan of het complexe systeem rond Gent met behulp van deze software gemodelleerd kan worden.

Aan de hand van dit model moet duidelijk worden of Mike Basin in staat is om, zonder extra programmering, een watersysteem te modelleren dat niet op debiet wordt gestuurd maar op waterpeil. Hiertoe dient de implementatie van een aantal zaken onderzocht te worden:

- Compartimentering van rivier- en kanaalpanden
- Sluizen
- Stuwen
- Pompen
- Peilbeheer
- Afleidingen
- Waterstroming in 2 richtingen
- Afwaartse watervraag

Hierna wordt kort beschreven hoe deze verschillende facetten in het waterallocatiemodel zijn geïmplementeerd.

Compartimentering

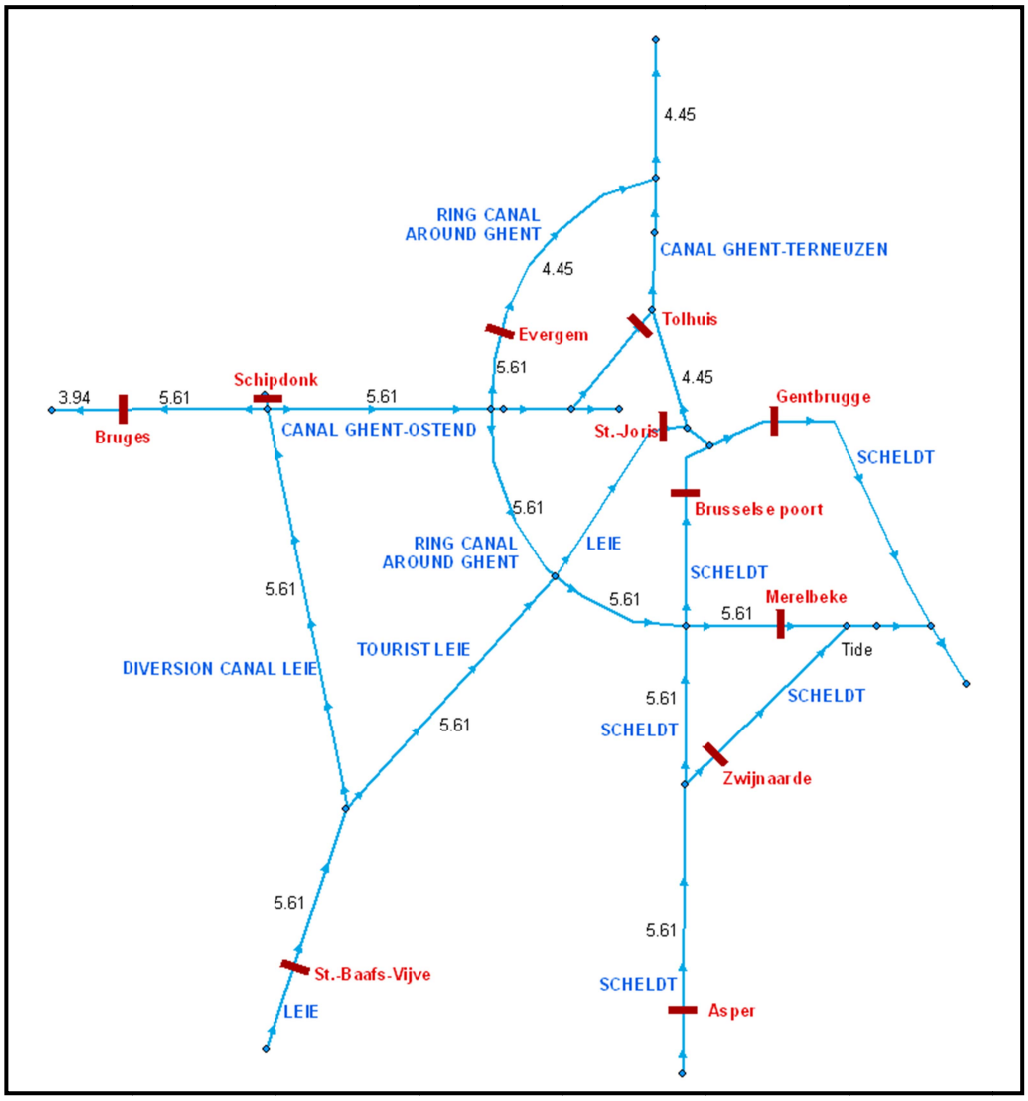
Het rivieren- en kanalennetwerk bestaat uit meerdere compartimenten of panden die gescheiden worden door sluizen en stuwen. Er zijn panden, zoals het Groot Pand, die complex zijn en uit verschillende rivieren en kanalen bestaan, maar niet worden onderbroken door een structuur. Tijdens droge periodes gedragen ze zich met name als één geheel en bijgevolg kunnen ze ook door één enkele reservoir-eenheid gemodelleerd worden. Het juiste stromingspatroon binnen eenzelfde pand is van minder belang.

Elk pand kan in Mike Basin door een *rule curve reservoir* worden voorgesteld. De hoogte-volume-oppervlakte tabel wordt afgeleid uit topografische metingen of ontwerptekeningen. Bij het ontbreken van deze kennis kan het pand/ reservoir benaderd worden door een balk die de bovenste meters van een pand beschrijft, met rechte oevers en een bodempeil dat onder een minimumpeil ligt (5 meter onder het streefpeil).

Andere parameters kunnen als volgt gedefinieerd worden:

- *Bottom level* = het werkelijke bodempeil. Wanneer dat niet gekend is, wordt dit gelijkgesteld aan een peil van 5 meter onder het streefpeil.
- *Top of dead storage* = het werkelijke bodempeil of streefpeil – 5m. Op deze manier is al het water beschikbaar voor gebruik.
- *Dam crest level* = het maximum waterpeil of het peil waarboven water overstroomt uit het pand.
- *Flood control level* = streefpeil dat in het pand wordt gehanteerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 55 – Schets van de waterverdeling binnen het “Groot Pand”.

Sluizen

Sluizen maken het mogelijk om schepen van een hoger gelegen pand naar een lager gelegen te brengen. Hierbij wordt ook een hoeveelheid water mee versast. Dit volume wordt bepaald door de scheepvaartintensiteit, operationele procedures en lekken. Het watergebruik door de scheepvaart aan de sluizen is bepaald in Deelopdracht 2.

Tijdens wassen kunnen sommige sluizen geopend worden om het teveel aan water op een snelle manier te evacueren. Deze beheersmaatregel dient niet afzonderlijk gemodelleerd te worden omdat het impliciet in het gedrag van de stuwwerking opgenomen kan worden.

Elke sluis kan als een watergebruiker voorgesteld worden die water uit het opwaartse pand/reservoir onttrekt en dat in het afwaartse loost. De watervraag kan variëren als functie van de tijd (tijdreeks) en kan beperkt worden in functie van de waterbeschikbaarheid (*water level based rule curve* van het reservoir). De *return flow* moet vastgelegd worden in een regel (*return flow rule*) waarin de fractie van het onttrokken water gelijkgesteld is aan 1, wat betekent dat al het door de scheepvaart onttrokken water in het afwaartse pand wordt geloosd.

Stuwen

Er zijn 2 type stuwen: kleine stuwen zoals b.v de Tolhuis & Brusselse poort, stuwen waarover steeds

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

water stroomt om een zekere doorstroming te garanderen en grote stuwen waarover het debiet afhankelijk van de afvoer opwaarts varieert.

Elke kleine stuw wordt gemodelleerd als een gebruiker waarvan water uit het opwaartse pand wordt onttrokken en volledig in het afwaartse wordt geloosd.

De grote stuwen gedragen zich als de overstorten van een reservoir. Als het *flood control level* van een reservoir gelijk gesteld wordt aan het streefpeil van het pand dat het voorstelt dan zal al het water dat zich boven dit niveau bevindt overstorten naar het lager gelegen reservoir.

Elk reservoir is slechts uitgerust met een enkele uitlaat wat voor de meeste rivier- en kanaalpanden geen probleem vormt. Het Groot Pand, daarentegen, heeft afwaarts 5 grote stuwen die het waterpeil controleren. Daarom is er nood aan een extra component nodig om het wateroverschot te verdelen over de verschillende kanalen en rivieren.

Pompen

In de zomer kan er in Gentbrugge water in de oude getijdearm van de Schelde gepompt worden. De pomp kan als gebruiker voorgesteld worden die water uit de Schelde (die hier hetzelfde peil heeft als het kanaal Gent-Terneuzen) onttrekt en het afwaarts in het getijdegedeelte terug loost.

Waterpeilbeheer

De grote stuwen zorgen voor het handhaven van het streefpeil in de rivier- en kanaalpanden. Tijdens wasperiodes zal het waterpeil tijdelijk boven het streefpeil stijgen door de beperkte capaciteit van de stuw (en in sommige gevallen de sluis). Wanneer het droog is en de watervraag uit het pand groter is dan het aanbod kan het peil onder het streefpeil zakken.

Wanneer een pand door een reservoir wordt voorgesteld met een *flood control level* dat gelijk gesteld is aan het streefpeil dan zal tijdens een storm al het water boven dat streefpeil overstorten zonder rekening te houden met de hoeveelheid dat werkelijk oor de stuw kan worden afgevoerd. Theoretisch kan dit verbeterd worden door een *spillway capacity curve* te definiëren. Nu zal het waterpeil stijgen wanneer de capaciteit van het afvoerkanaal overschreden wordt. De pogingen die zijn ondernomen om deze aanpak te implementeren zijn niet geslaagd. Het volume van de reservoirs/panden zijn te klein in verhouding tot het volume dat er tijdens een was wordt aangevoerd. Dit leidt tot grote fluctuaties in het reservoirpeil. Enkel wanneer de rekentijdstap tot 1 minuut beperkt wordt (i.p.v. 1 dag) kunnen er realistische resultaten bekomen worden. Omdat dit proces van weinig belang is in een model dat zich richt op het simuleren van droge periodes is er niet verder op deze procedure ingegaan.

Het waterpeil in droge periodes zal afhangen van de maatregelen die genomen worden om het waterverbruik te beperken. Deze maatregelen kunnen in de *reservoir rule curves* worden opgenomen. De regels kunnen zo gedefinieerd worden dat er geen reductie is boven het streefpeil en dat de watervraag geleidelijk tot niets wordt beperkt bij een minimum waterpeil.

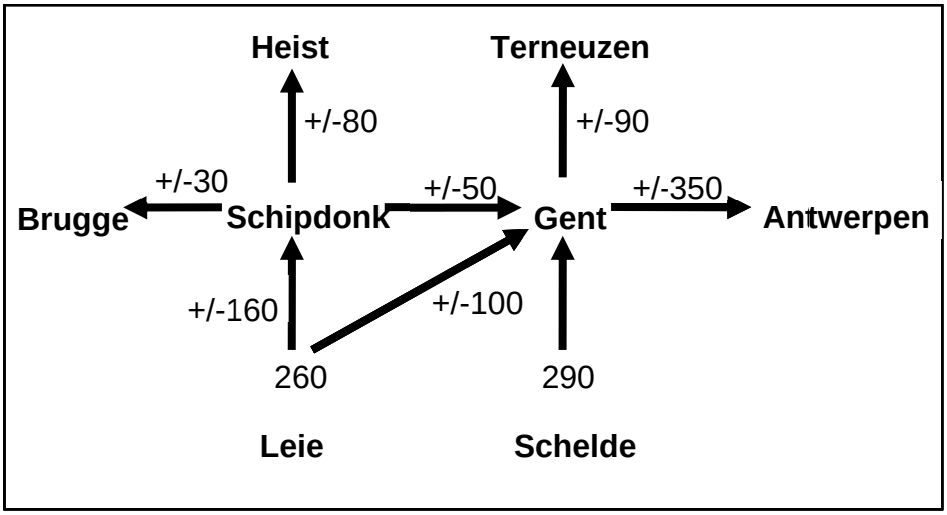
Afleidingen

In Deinze verdeelt de het debiet in de Leie zich over de rivier zelf en het Afleidingskanaal van de Leie. De verdeelsleutel kan afgeleid worden van metingen en resultaten van hydrodynamische modelleringen.

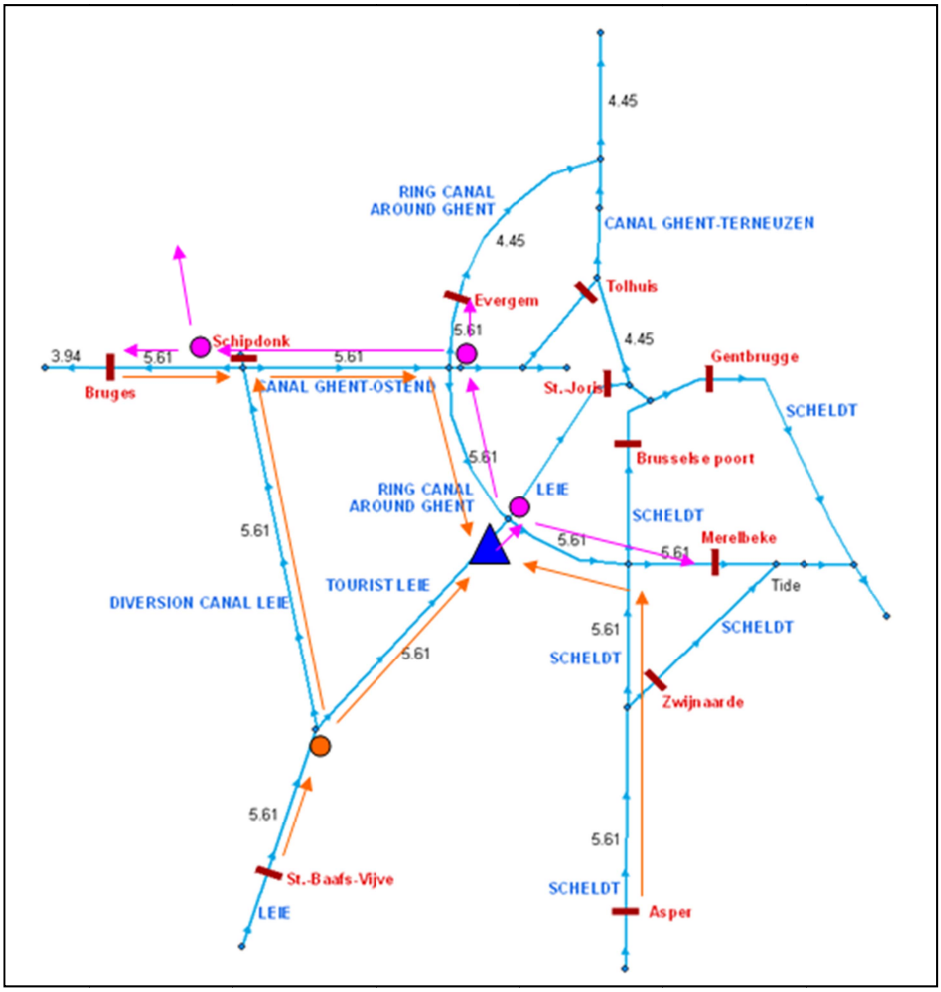
Afleidingen worden voorgesteld door de speciaal daarvoor voorziene *bifurcation node* waarin de waterverdeling wordt bepaald door *bifurcation curves'* Deze bestaan uit tabellen waarin het deel dat wordt afgeleid wordt bepaald aan de hand van het totale debiet dat naar deze knoop toestroomt.

Als het Groot Pand door een enkel waterreservoir wordt voorgesteld, dan moet het overgestorte water over 5 stuwen verdeeld worden. Dit gebeurt door drie *bifurcation nodes*. Eén om het water dat via de stuwen in Zwijnaarde en Merelbeke naar de Zeeschelde stroomt af te scheiden, een tweede om het water richting het kanaal Gent-Terneuzen af te voeren over de stuw in Evergem en een derde om het water te verdelen tussen het noordelijk deel van het Afleidingskanaal van de Leie via de stuw in Schipdonk en het kanaal Gent-Oostende via de stuw in Brugge. Volgende figuur toont de locatie van deze knopen.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 56 – Waterbeheer tijdens de was van januari 2003.



Figuur 57 – Conceptueel model van het Groot Pand
(driehoek = reservoir, cirkel = *bifurcation node*, oranje = *inflow*, roos = *outflow*)

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Waterstroming in 2 richtingen

Afhankelijk van de watervraag en het aanbod kan het water in een aantal trajecten in beide richtingen stromen. In Mike Basin kan dit niet gemodelleerd worden. Daarom moeten er twee parallelle takken ingevoerd worden, één voor elke stroomrichting. In het geval van het Groot Pand zal er een tak dienen om het reservoir te vullen en één als afvoer. Zie ook de vorige figuur.

Deze toe- en afvoertakken zijn enkel gebruikt voor de aantrekkelijkheid van de visualisatie. Al de gebruikers onttrekken immers uit het reservoir wat garandeert dat al het water voor al de gebruikers beschikbaar is ongeacht in welk deelpand ze zich bevinden. Voor het specifieke geval van het Groot Pand impliceert dit ook dat de juiste waterverdeling in Deinze niet meer relevant is.

Afwaartse watervraag

Het kanaal Gent-Terneuzen moet bevoorraadt worden met minstens 13 m³/s (gemiddeld over 2 maanden). Een beperkt deel hiervan (1 m³/s) wordt via de kleine stuwen in het centrum van Gent aangevoerd. Het volume dat via de sluis versast wordt, wordt geraamd op 2 m³/s. Het saldo (10 m³/s) wordt via de stuw van Evergem aangevoerd, als het beschikbaar is.

Een logische oplossing zou zijn om de waterbevoorrading te voorzien van een uitvoertak uit het reservoir dat het Groot Pand voorstelt. Door de *bifurcation rules* te manipuleren kan je het beperkte debiet dat het reservoir verlaat volledig afvoeren richting het kanaal Gent-Terneuzen. Het nadeel van deze benadering is dat de gebruikers van het Groot Pand, die uit het reservoir water onttrekken, een hogere prioriteit hebben dan het kanaal Gent-Terneuzen. In realiteit zullen de gebruikers eerder beperkt worden dan dat afvoer naar het kanaal Gent-Terneuzen zal worden beperkt. Door de vraag door het kanaal als een gebruiker voor te stellen kan het water uit het reservoir onttrokken worden en rechtstreeks in het kanaal lozen. Op deze manier kan de modelleur eenvoudig de prioriteiten zelf regelen.

Conclusie

De waterverdeling in het complexe netwerk van rivieren en kanalen in de buurt van Gent kan gemodelleerd worden gebruik makend van het softwarepakket Mike Basin. Er is geen nood voor een aanvullende programmering om de huidige distributie te berekenen.

De voorgestelde benadering is in staat de waterverdeling tijdens droge periodes te simuleren. De verdeling tijdens wassen kan echter slechts benaderd worden. Aangezien het model de intentie heeft de waterbeschikbaarheid en –allocatie tijdens droge periodes te bestuderen, wordt dit niet als een probleem beschouwd.

Knelpunten van de software

Zoals eerder vermeld kent de software een aantal knelpunten. Naast de complicaties die optreden bij het uitvoeren van langdurige simulaties met het regionale model, dienden een aantal zaken op een niet triviale manier geïmplementeerd te worden. Hieronder wordt ter informatie gekaderd hoe pompen in het model geïmplementeerd zijn.

Implementatie van pompen

Tijdens het ontwikkelen van het regionale model bleek dat Mike Basin niet kan omgaan met gebruikers die water uit een reservoir onttrekken en het in datzelfde of een opwaarts gelegen reservoir of knoop weer lozen. Het gaat b.v. om elektriciteitscentrales die water onttrekken en weer lozen of pompen die water van een lager gelegen pand naar een hoger gelegen pand pompen.

Het probleem is dat de prioriteiten en *rule curves* van een gebruiker die water uit een reservoir onttrekt toegekend worden vanuit datzelfde reservoir en niet vanuit een ander reservoir. Dat lijkt logisch, maar pompen worden zo geregeld dat ze aanslaan wanneer het peil in het hoogste pand onder een bepaalde drempel zakt. Op dat moment wordt er water uit het lager gelegen pand gepompt tot in het opwaartse pand het streefpeil bereikt wordt. In Mike Basin worden de *rule curves* voor de pomp vastgelegd in het reservoir van waaruit het water gepompt wordt en niet in het hoogste pand dat in realiteit de werking van de pomp bepaalt.

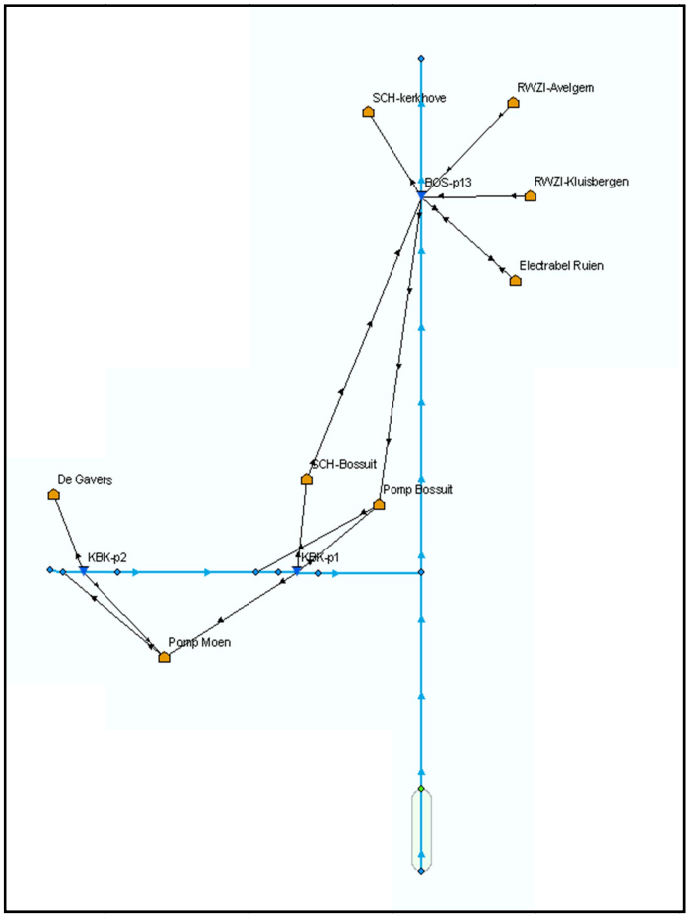
In een eenvoudig model dat de voeding van het kanaal Bossuit-Kortrijk beschrijft, is getest wat de beste oplossing zou kunnen zijn om dit met de bestaande modelbouwstenen op te lossen. Het kanaal wordt in twee trappen gevoed: water wordt uit de Schelde opgepompt naar het pand Bossuit-Moen vervolgens kan het in Moen ook naar het pand Zwevegem-Moen worden opgepompt. Langs het kanaal liggen een aantal industriële gebruikers en een drinkwatermaatschappij die water uit het kanaal verbruiken. Samen met de scheepvaart zorgen deze gebruikers dat het peil zakt waardoor er dus water uit de Schelde moet worden aangevoerd. Ook langs de Schelde bevinden zich een aantal watergebruikers, O.a. de elektriciteitscentrale van Ruien die koelwater onttrekt en weer loost in hetzelfde pand.

Met behulp van de bestaande bouwstenen is getracht om de realiteit in Mike Basin na te bootsen zonder van macro's gebruik te maken.

Uit de 2 panden onttrekken

Het eerste idee bestond erin om water uit het hoogste reservoir (KBK-p2 in geval van Pomp Moen en KBK-p1 in het geval van Pomp Bossuit) te onttrekken en volledig terug te lozen in (of opwaarts) hetzelfde reservoir tot het waterpeil onder het aanslagpeil van de pomp daalt door het waterverbruik in het pand. Op dat moment valt de onttrekking uit dit reservoir stil. De pomp onttrekt vanaf dan water uit zijn 2^{e} bron, nl. het lager gelegen pand waaruit in werkelijkheid het water ook uit onttrokken wordt.

Bij het uitvoeren van het model verscheen de foutmelding dat er cycli in het model zitten. Dit probleem werd aan de DHI ondersteuning voorgelegd en die bevestigde dat. Door water uit een reservoir te onttrekken en het in hetzelfde punt of opwaarts van dat punt terug te lozen creëer je een kring en daarmee kan Mike Basin niet werken. Er zal een andere methode moeten gezocht worden.



Figuur 58 – Modellering voeding KBK: uit 2 panden onttrekken.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Negatief debiet

De tweede test ging uit van het idee om een negatief debiet te onttrekken uit het hoogste pand en dat te lozen in het laagste. De pomp zou aanslaan op het moment dat het waterpeil in het hoogste pand onder een bepaalde drempel kwam. De capaciteit van de pomp werd verder opgedreven met een dalend waterpeil. Hoe lager het peil in KBK-p1 hoe hoger de fractie van het negatieve debiet dat er uit dat pand wordt onttrokken. In werkelijkheid zou er dus meer water gepompt worden bij een afnemend debiet.

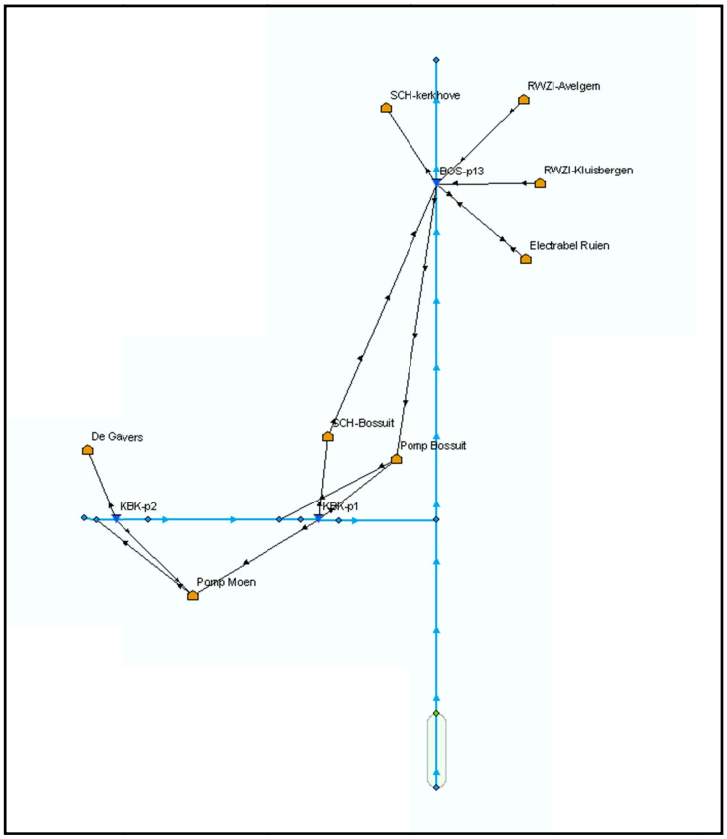
Tabel 5 –*Rule curve* van de pomp in Bossuit (streefpeil = 20,75m)

Waterpeil	Fractie van de onttrekking
20,7	0,0
20,6	0,1
20,5	0,5
20,4	1,0

Nu loopt het model wel, maar uit de resultaten blijkt:

- Het negatieve debiet is gelijkgesteld aan 0 m³/s.
- De fracties van de onttrekking zijn door Mike Basin zo aangepast dat ze afnemen bij een afnemend peil. Mike Basin gaf hierover geen enkele melding

Blijkbaar kan er wel met negatieve debieten gewerkt worden, maar dan is de juistheid van de resultaten niet gegarandeerd. De fractie zal steeds afnemen met een afnemend peil, omdat men logischerwijs niet inziet waarom het nodig zou zijn.



Figuur 59 – Modellering voeding KBK: negatief debiet.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Waterverbruik of netto-watergebruik

Een derde mogelijkheid is om de tijdreeksen van de gebruikers die zowel water onttrekken als lozen te vervangen door een enkele onttrekking die het werkelijke verbruik (onttrekking-lozing) onttrekt. Dit kan echter een vertekend beeld geven. B.v. in panden waar veel koelwater wordt gebruikt. Stel een rivier voert 8 m³/s water aan in een droge periode. Er wordt 10 m³/s water onttrokken voor een elektriciteitscentrale waarvan 9,9 m³/s wordt geloosd (verbruik van 0,1 m³/s). Als je enkel het verbruik zou onttrekken zal er geen probleem zijn. Maar in feite is dat er wel, omdat er slechts 8 m³/s wordt aangevoerd waar 10 m³/s nodig is.

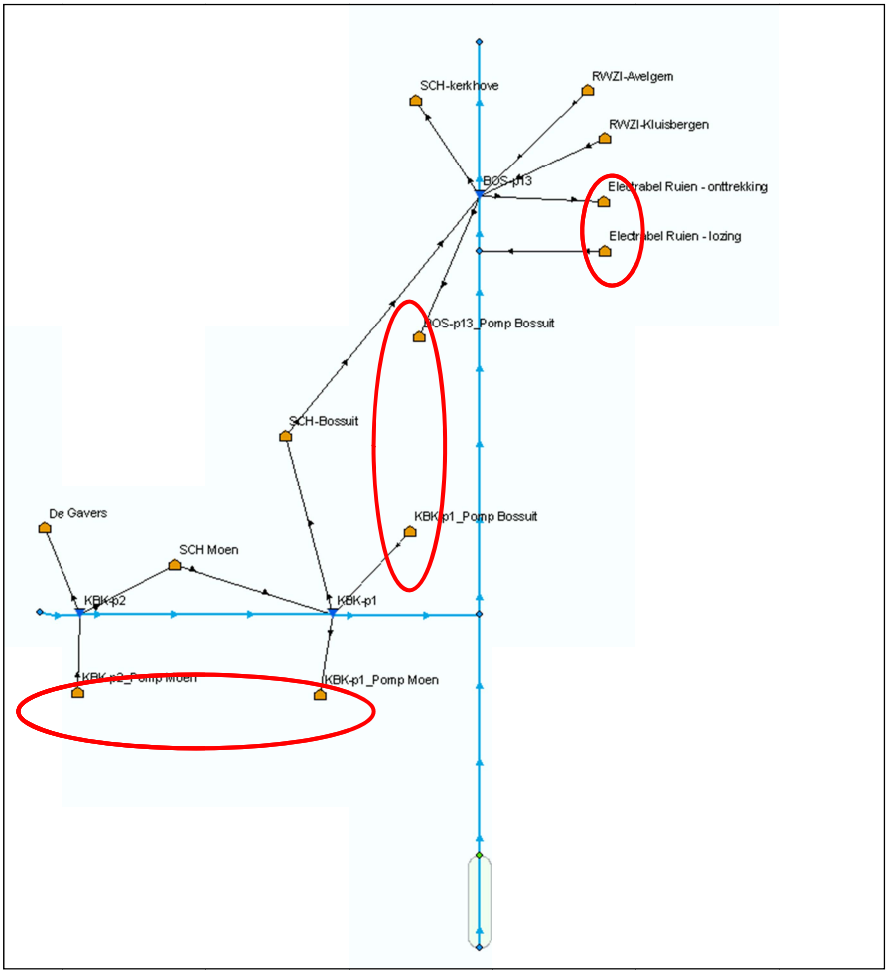
Macro

Op voorstel van de DHI ondersteuning zal de pompwerking d.m.v. een macro gemodelleerd worden. Met een macro laat men het model lopen, maar kunnen elke tijdstap nog enkele bewerkingen worden gedaan en weggeschreven zodat hiermee in de volgende tijdstap rekening wordt gehouden.

Hetzelfde testmodel is gebruikt om de pompwerking d.m.v. een macro te testen. De pompen, net als Electrabel Ruien, worden beschreven door 2 gebruikers: een onttrekker en een lozer. Voor de pompen wordt de watervraag van elke gebruiker (onttrekkende en lozende) gelijkgesteld aan de maximale pompcapaciteit.

De watervraag van de onttrekkende gebruiker van Electrabel Ruien is gelijk aan het gemeten onttrokken debiet. De watervraag van de lozende gebruiker van Electrabel Ruien is gelijk aan het gemeten lozingsdebiet. Voor al de lozende gebruikers is de return *flow fraction* gelijk gesteld aan 1. Voor dit type van watergebruiker, waarvan de onttrekking en lozing stationair wordt beschouwd, is geen extra programmering nodig. Het volstaat ze te splitsen in een onttrekkende en lozende gebruiker.

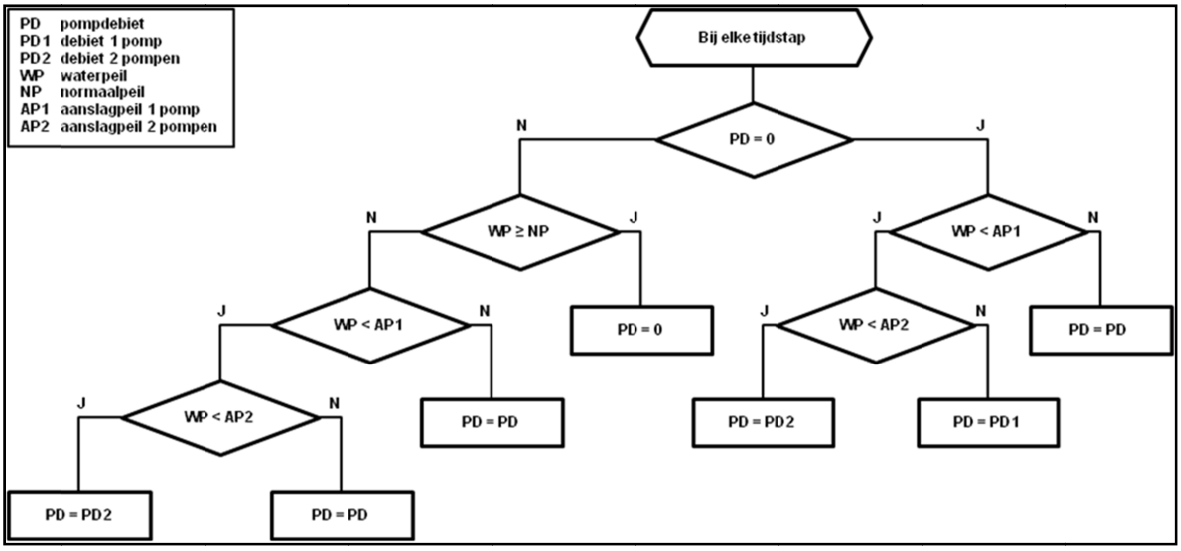
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 60 – Modellering voeding KBK: configuratie voor macro.

De pompwerking aan de sluizen van Bossuit en Moen is afhankelijk van het waterpeil in het hoger gelegen pand. Daarom is de watervraag van de pompen variabel in de tijd en moet tijdens elke tijdstap de waterbehoefte berekend worden. Dit gebeurt aan de hand van een macro dat volgens het volgende schema is opgebouwd. Beide pompinstallaties hebben 2 aanslagpeilen. Wanneer het peil onder het 1^{e} aanslagpeil daalt slaat de eerste aan tot het normaalpeil bereikt wordt. Indien het peil verder zakt tot onder het 2^{e} aanslagpeil schakelt de 2^{e} pomp bij in en pompen ze beide tot het peil het normaalpeil weer heeft bereikt.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 61 – Schema van de pompwerking voor de voeding van het kanaal Bossuit-Kortrijk

Conclusie

Waar aanvankelijk op gehoopt werd – een regionaal model enkel opgebouwd uit de beschikbare bouwstenen zonder extra programmering – blijkt toch onmogelijk. Omdat Mike Basin niet met stromen om kan die 2 keer dezelfde knoop passeren, en zo dus cycli veroorzaken, moeten de gebruikers die dit veroorzaken (zoals elektriciteitscentrales, pompinstallaties die geschut water weer oppompen, …) als 2 fictieve gebruikers gemodelleerd worden: een gebruiker die water onttrekt en een gebruiker die hetzelfde volume weer loost.

Wanneer het te onttrekken volume afhankelijk is van een andere factor, zoals het waterpeil in een ander pand of het saldo van het inkomende en uitgaande debiet in een pand, zal dat debiet met behulp van een macro elke tijdstap berekend moeten worden.

Deze aanpak zoals die voor dit testmodel is opgesteld wordt toegepast in het regionale allocatiemodel. Dit resulteert in een macro die elke tijdstap de pompwerking berekent aan al de sluizen waar er zich een pompinstallatie bevindt. Ook sluizen waar er water wordt doorgevoerd ten behoeve van het peilbeheer afwaarts zoals o.a. in Zwevegem (kanaal Bossuit-Kortrijk) en Goeulzin & Cuinchy (Kanaal Schelde-Duinkerke) worden op een gelijkaardige manier gemodelleerd.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bijlage 2: Effect van grotere tijdstap

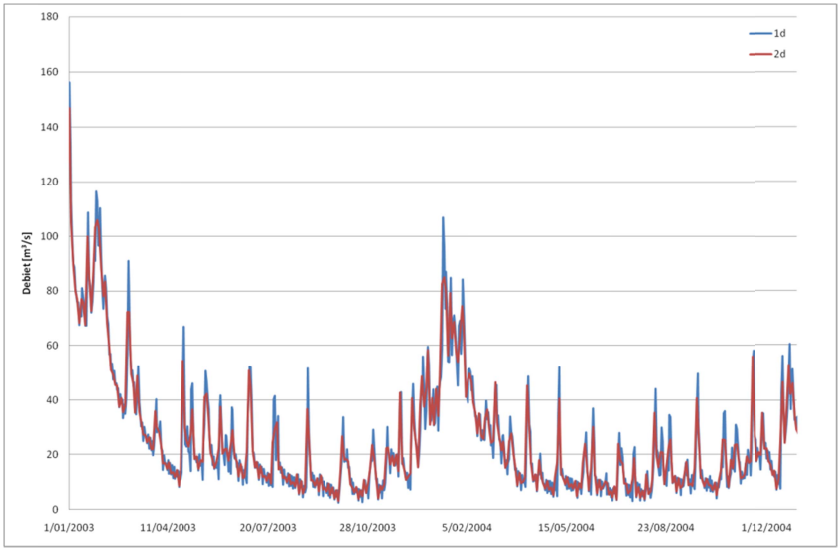
Idealiter werkt het model met een tijdstap van een dag. Wassen en gedetailleerdere (waterkwaliteits)processen waarvoor een fijnere tijdstap wenselijk is, zijn voor deze studie niet relevant. Evenmin is het nodig om een veel grotere tijdstap te nemen, omdat zo een aantal zaken aan het oog zouden kunnen ontspringen zoals b.v. het exacte moment waarop een gebruiker in watersnood komt.

Maar, omdat door het gebruik van macro's het niet mogelijk is om de output te beperken tot de relevante tijdreeksen worden de outputbestanden te groot om weggeschreven te worden. Om langere periodes te simuleren wordt daarom nagegaan wat het effect is van grotere tijdstappen op de modelresultaten.

2 Dagen

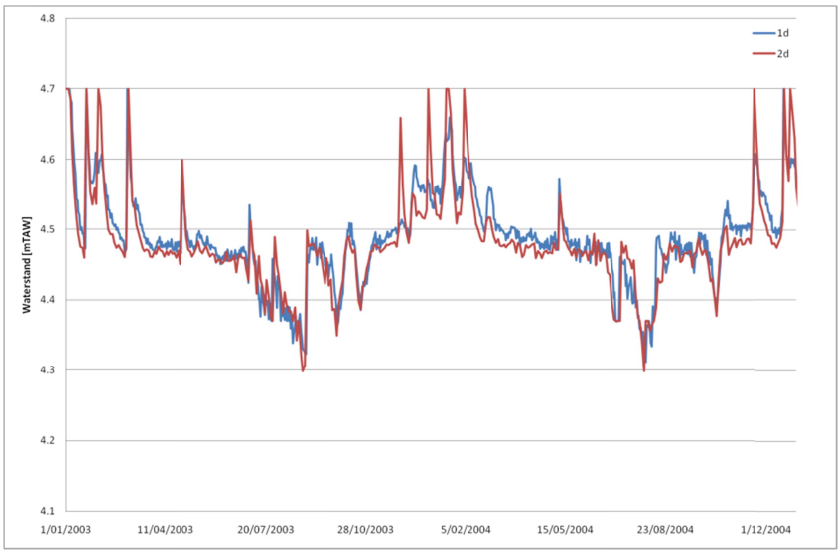
Een simulatie met een tijdstap van 2 dagen zorgt voor bijna een halvering van het outputbestand. Hierdoor is het mogelijk om simulaties van 40 jaar uit te voeren. De invloed op de resultaten zijn beperkt. Voor de berekening van het debiet is er nauwelijks een verschil te merken (Figuur 62).

Ook wat betreft de berekening van de waterstand in het kanaal Gent-Terneuzen is er ten opzichte van een simulatie obv een tijdstap van 1 dag nauwelijks een verschil. Het betreft een afwijking van slechts enkele centimeters. (Figuur 63)



Figuur 62 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 2 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

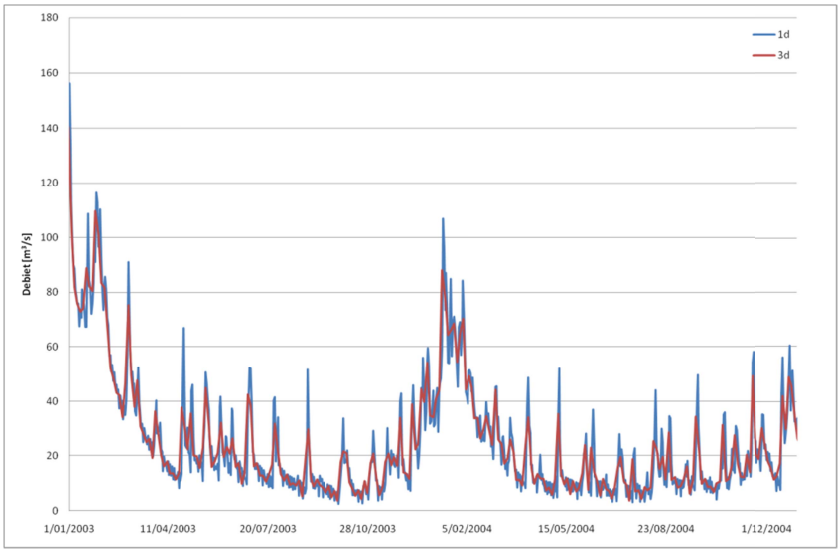


Figuur 63– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 2 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen.

3 Dagen

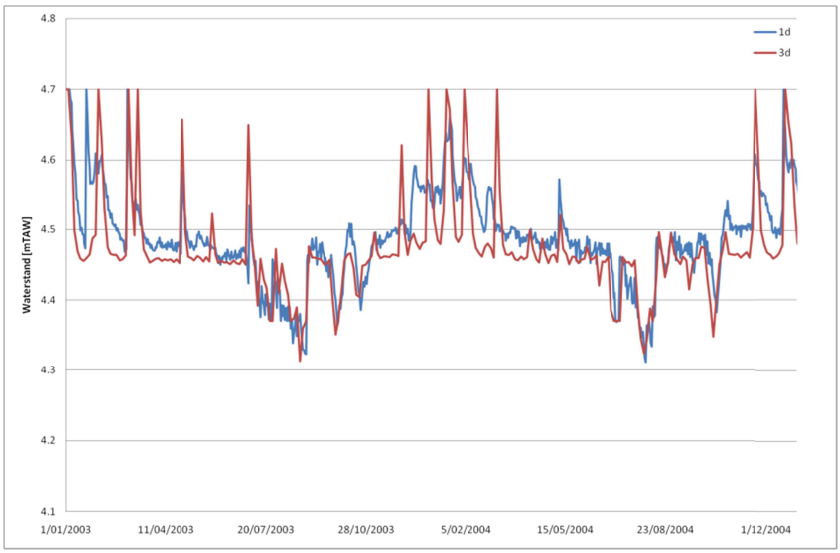
Voor debietberekeningen kan een simulatie met een tijdstap van 3 dagen nog als alternatief gelden voor een simulatie met een tijdstap van 1 of 2 dagen. De berekening zijn sneller en vragen minder geheugen om te worden weggeschreven.

De impact op de waterstandsberekeningen begint echter groot te worden. In stabiele en droge periodes is het verschil met kortere tijdstappen nog beperkt. Wanneer er meer water toestroomt vertonen de resultaten een grilliger verloop.



Figuur 64 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 3 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

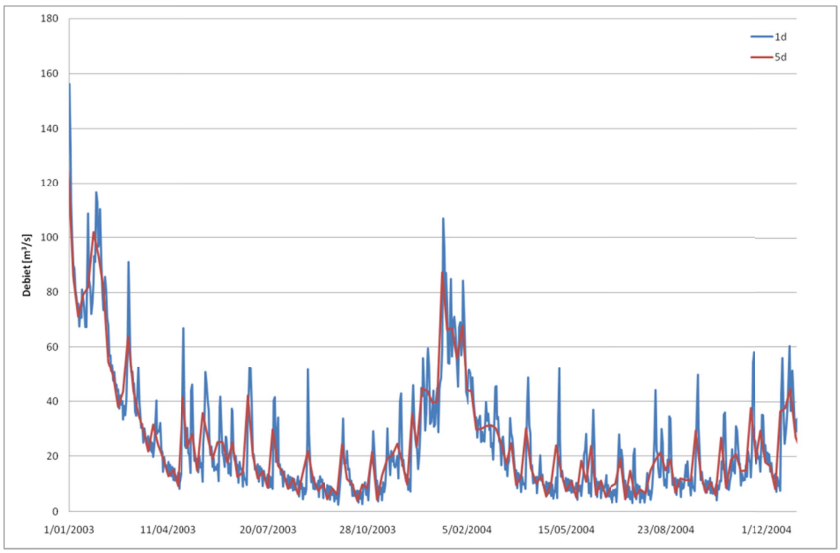


Figuur 65– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 3 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen.

5 Dagen

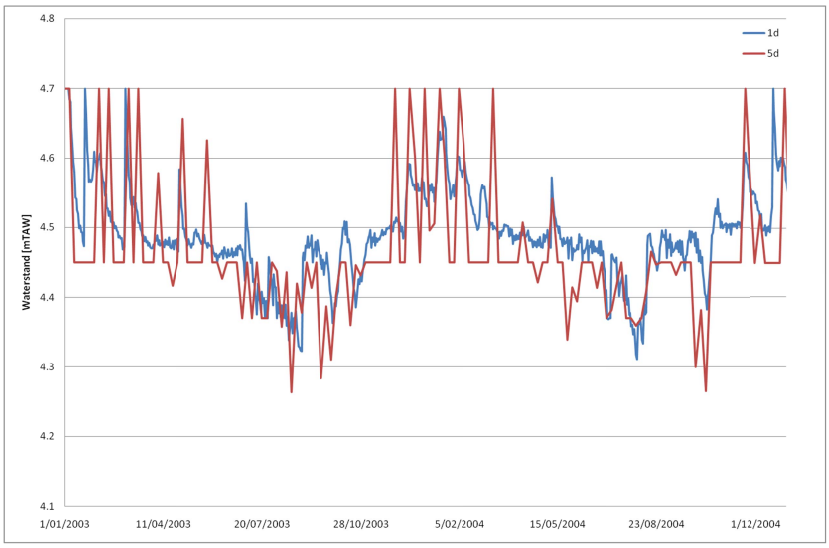
Wanneer men de debietberekeningen van een simulatie met een 5 daagse tijdstap vergelijkt met die met een tijdstap van 1 dag merkt men nog dezelfde trend. Ook de grootteorde van het debiet is gelijk. Maar wanneer enkel de droge periodes beschouwd worden blijkt duidelijk dat deze korter zijn. De invloed van de hogere afvoeren speelt zijn rol waardoor de pieken breder worden. Ze beginnen eerder dan bij simulatie met een tijdstap van 1 dag. (Figuur 66)

De resultaten voor de waterstand in het kanaal Gent-Terneuzen zijn niet goed. De berekende peilen komen enkel nog overeen met de ingestelde karakteristieke peilen van het reservoir. (Figuur 67)



Figuur 66 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 5 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde.

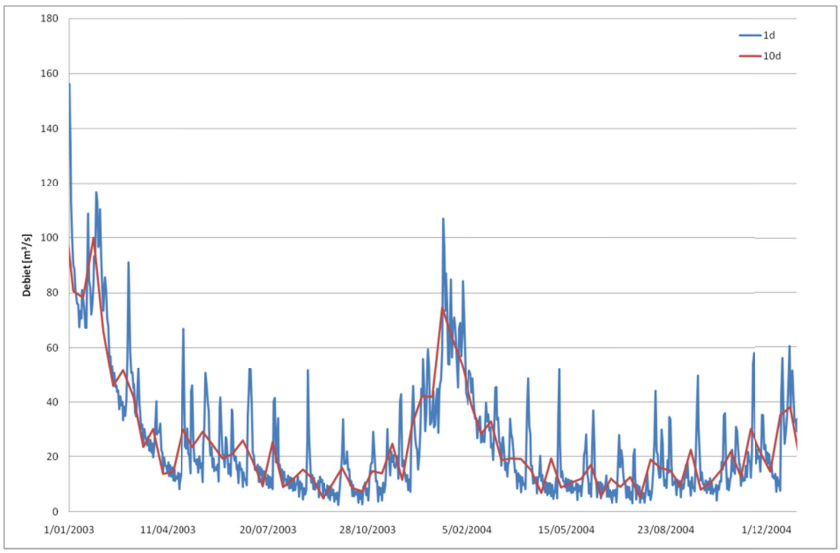
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 67– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 5 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen.

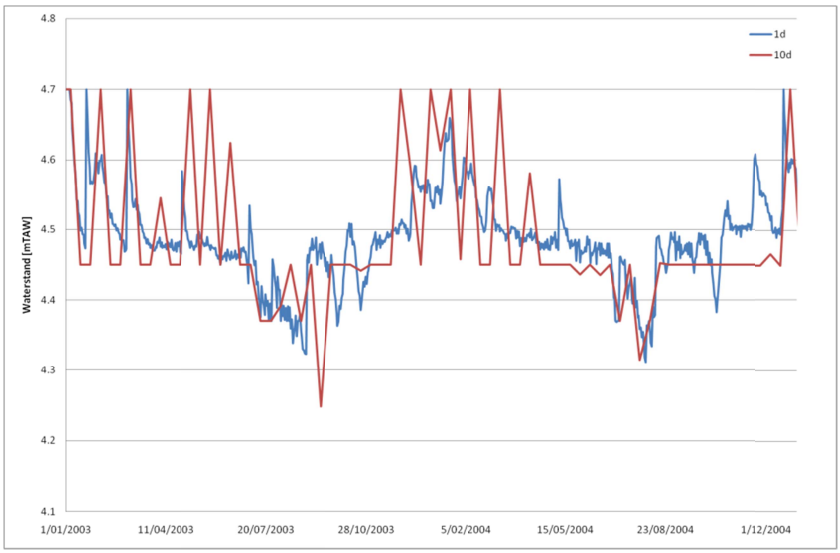
10 Dagen

Simulaties met een tijdstap van 10 dagen zijn niet meer geschikt om enigszins juiste resultaten te bekomen. Door de grote tijdstap worden het debiet en de waterstand te hard uitgemiddeld waardoor de interessantste en droogste periodes gemist worden.



Figuur 68 – Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 10 dagen. De grafiek toont het debiet berekend in Bossuit in het pand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

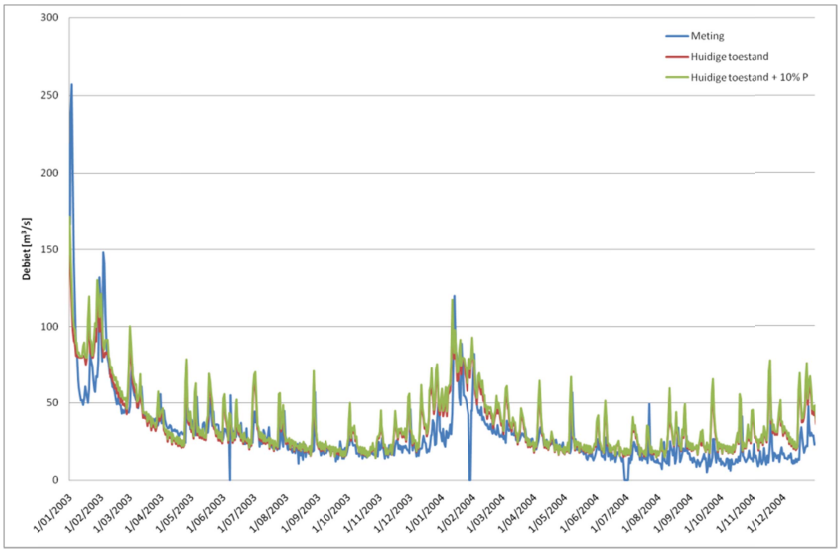


Figuur 69– Vergelijking tussen de resultaten van een simulatie van de huidige toestand met een tijdstap van 1 dag en 10 dagen. De grafiek toont de waterstand berekend in het kanaal Gent-Terneuzen.

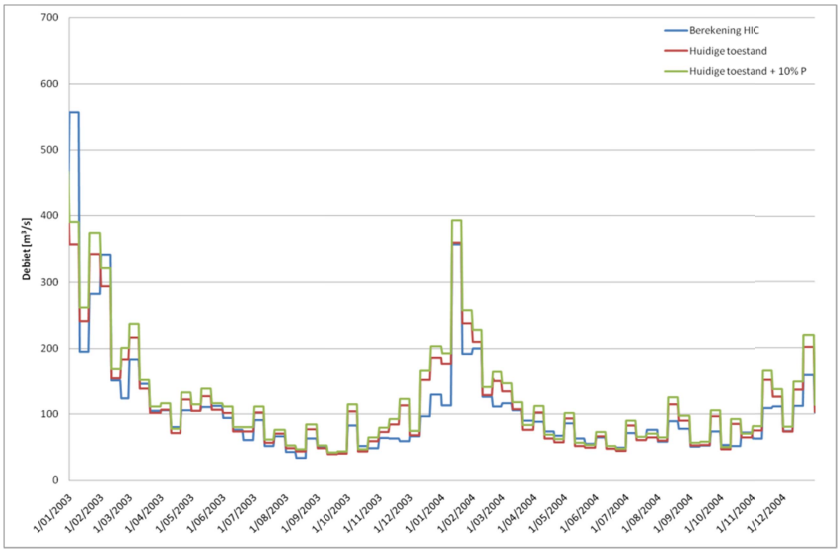
FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Bijlage 3: Gevoeligheidsanalyse – Impact van neerslag

De impact van een globale verhoging van de neerslag met 10% is zeer beperkt. Het debiet in de rivieren en kanalen neemt slechts weinig toe, ook aan de waterstand in het kanaal Gent-Terneuzen verandert er weinig. (Figuur 70 t/m Figuur 73).

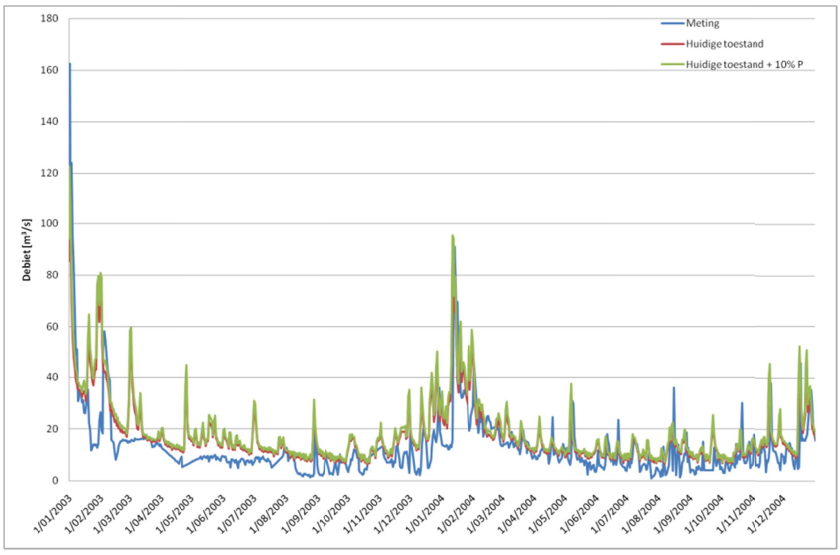


Figuur 70 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Bossuit, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005.

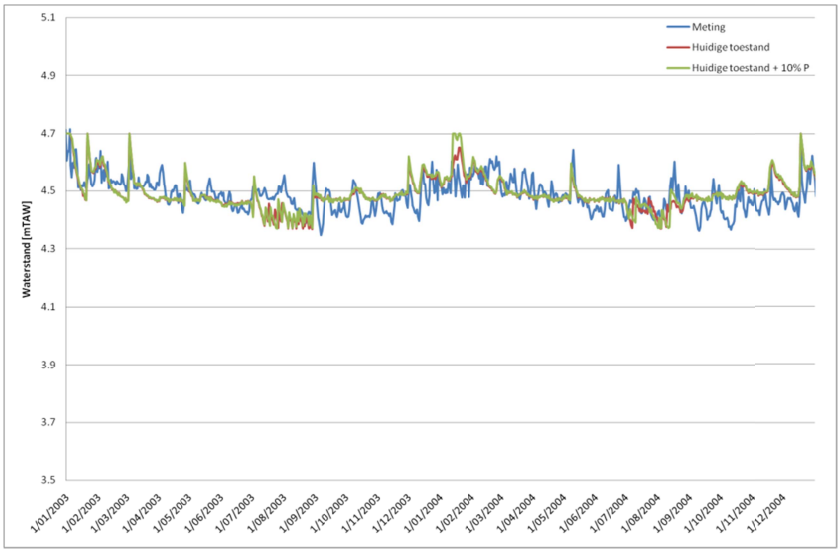


Figuur 71 – Vergelijking tussen de door het HIC berekende debieten in Schelle, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 72 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Evergem, de modelresultaten van de huidige toestand en een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005.



Figuur 73 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen in Wondelgem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de neerslag met 10% bij een modellering tussen 2001 & 2005.

Ook op het watergebruik heeft dit nauwelijks een invloed. Tabel 2 toont voor het kanaal Gent-Terneuzen de beschikbaarheid aan water om aan de watervraag te voldoen enerzijds en anderzijds het aantal dagen dat er een overschot is in het pand. Het kan immers zijn dat er aan de vraag wordt voldaan zonder dat er een overschot is, de allocatiepeilen liggen immers lager dan het kruinpeil. Tijdens deze dagen zakt het waterpeil. Deze berekening is zowel voor de huidige situatie als bij een toename van de neerslag met 10% berekend.
De waterbeschikbaarheid wordt uitgedrukt in de verhouding tussen het totale onttrokken volume en de totale watervraag. Als deze 100% is, betekent dat er aan de watervraag voldaan kan worden. Een lager percentage betekent dat het onttrokken volume minder is dan wat door de gebruikers gewenst is.
Ook de overschot, het teveel aan water, wordt uitgedrukt ten opzichte van de watervraag. Dit geeft een beeld van de hoeveelheid water er te veel was ten opzichte van de totale watervraag uit dat pand.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Hieruit blijkt dat tussen 2001 en 2005 er jaarlijks slechts op maximaal 5 dagen een watertekort optreedt, wanneer de neerslag met 10% zou toenemen. In tegenstelling tot wat men zou verwachten leidt een toename in de neerslag in 2001 en 2004 tot een stijging van het aantal dagen waarop een tekort optreedt. Dit is te verklaren door het watergebruik dat gebruikt wordt om de zoutindringing in Terneuzen tegen te gaan, dat wordt berekend als functie van het toestromende debiet in Evergem[5]. Als er meer water toestroomt zal er ook meer weggaan langs deze gebruiker. In bepaalde dagen kan dat leiden tot een watertekort bij een andere gebruiker met een lagere prioriteit.

Ook in het aantal dagen dat er geen overschot is, is er weinig verandering door de toename van de neerslag. In de andere klassen is echter wel meer verandering zo zijn er in 2005 11 dagen minder in de klasse 0-5% en een toename van 6 dagen in de klassen 5-10% en 10-25%.

Tabel 7 tot Tabel 9 tonen hetzelfde voor een aantal andere panden. Ze tonen echter helemaal geen verandering ten opzichte van de huidige toestand wat betreft de verhouding watergebruik/waterbehoefte. Wat de andere verhouding betreft is er een verschuiving naar een de klassen waar er verhoudingsgewijs meer overschot is.

[5] In de eerste versie van het regionale allocatiemodel werd de watervraag voor het spuien zo bepaald. Dit is echter veranderd naar een vaste vraag van 13 m³/s. De werkelijke vraag wordt zo minder nauwkeurig berekend, de gesimuleerde tekorten zijn daarentegen wel realistischer. Deze model-technische ingreep heeft echter geen invloed op de resultaten van deze en de volgende gevoeligheidsanalyse.

Tabel 6 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaal Gent-Terneuzen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%.

		Waterbeschikbaarheid (Watergebruik/watervraag)							**Wateroverschot (Overschot/watervraag)**							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	362	2	0	0	0	0	0	70	132	107	46	2	0	2	5
	2002	364	1	0	0	0	0	0	54	132	121	47	6	0	0	5
	2003	359	6	0	0	0	0	0	56	202	80	23	2	0	1	1
	2004	364	1	1	0	0	0	0	42	178	108	36	1	1	0	0
	2005	360	5	0	0	0	0	0	42	192	103	21	3	0	2	2
Huidige toestand + 10% neerslag	**2001**	360	4	0	0	0	0	0	69	127	110	48	2	0	1	7
	2002	365	0	0	0	0	0	0	53	127	128	45	7	0	0	5
	2003	360	4	1	0	0	0	0	60	198	80	23	2	0	1	1
	2004	362	4	0	0	0	0	0	38	178	107	40	1	0	1	1
	2005	360	5	0	0	0	0	0	41	181	109	27	2	1	0	4
Verschil	**2001**	-2	2	0	0	0	0	0	-1	-5	3	2	0	0	-1	2
	2002	1	-1	0	0	0	0	0	-1	-5	7	-2	1	0	0	0
	2003	1	-2	1	0	0	0	0	4	-4	0	0	0	0	0	0
	2004	-1	3	-1	0	0	0	0	-4	0	-1	4	0	-1	1	1
	2005	0	0	0	0	0	0	0	-1	-11	6	6	-1	1	-2	2

Tabel 7 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Olen-Wijnegem van het Albertkanaal voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%.

		Waterbeschikbaarheid (Watergebruik/watervraag)							**Wateroverschot (Overschot/watervraag)**							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	139	10	14	34	80	71	16	0
	2002	362	2	1	0	0	0	0	126	4	7	36	99	79	14	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	136	15	9	43	80	67	15	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	106	8	9	38	116	73	15	1
	2005	365	0	0	0	0	0	0	109	9	9	36	99	87	15	1
Huidige toestand + 10% neerslag	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	132	12	14	34	80	75	16	1
	2002	362	2	1	0	0	0	0	122	7	5	36	97	80	18	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	135	14	10	38	82	71	15	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	106	7	6	39	117	75	144	2
	2005	365	0	0	0	0	0	0	105	12	9	35	98	86	18	2
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	0	0	0	4	0	1
	2002	0	0	0	0	0	0	0	-4	3	-2	0	-2	1	4	0
	2003	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	-5	2	4	0	0
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-3	1	1	2	-1	1
	2005	0	0	0	0	0	0	0	-4	3	0	-1	-1	-1	3	1

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tabel 8 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%.

		Waterbeschikbaarheid (Watergebruik/watervraag)							**Wateroverschot (Overschot/watervraag)**							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	356
	2002	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	354
	2003	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	79	260
	2004	366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	105	213
	2005	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	23	33	307
Huidige toestand + 10% neerslag	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	360
	2002	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	356
	2003	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	63	281
	2004	366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	95	235
	2005	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17	32	315
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	4
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	2
	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-16	21
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	-10	22
	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-6	-1	8

Tabel 9 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in de haven van Antwerpen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de neerslag met 10%.

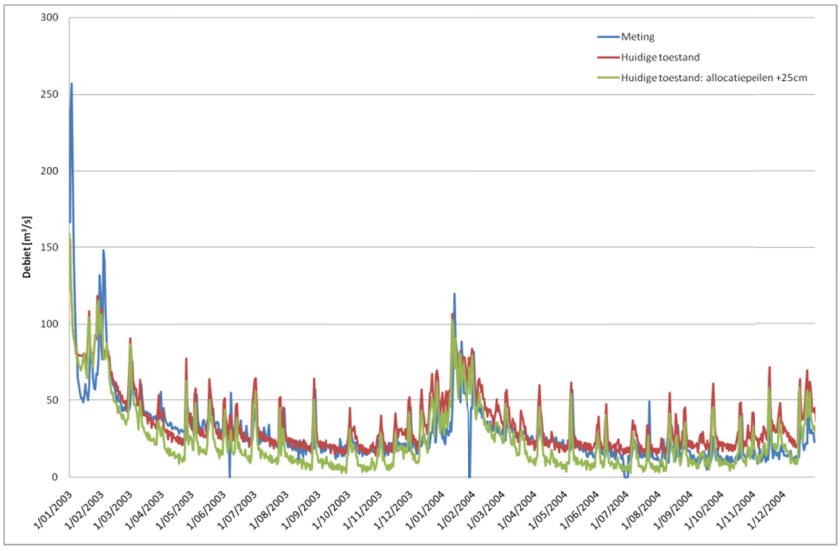
		Waterbeschikbaarheid (Watergebruik/watervraag)							**Wateroverschot (Overschot/watervraag)**							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	203	42	54	65	0	0	0	0
	2002	365	0	0	0	0	0	0	176	48	71	70	0	0	0	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	217	43	46	59	0	0	0	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	176	42	78	70	0	0	0	0
	2005	365	0	0	0	0	0	0	170	47	64	84	0	0	0	0
Huidige toestand + 10% neerslag	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	198	42	53	71	0	0	0	0
	2002	365	0	0	0	0	0	0	170	46	73	76	0	0	0	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	214	35	55	61	0	0	0	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	171	46	73	76	0	0	0	0
	2005	365	0	0	0	0	0	0	168	45	66	86	0	0	0	0
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	-1	6	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0	0	-6	-2	2	6	0	0	0	0
	2003	0	0	0	0	0	0	0	-3	-8	9	2	0	0	0	0
	2004	0	0	0	0	0	0	0	-5	4	-5	6	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0	0	-2	-2	2	2	0	0	0	0

Bijlage 4: Gevoeligheidsanalyse – Impact van allocatieregels

Onder allocatieregels worden de regels verstaan, die aangeven vanaf welk peil een bepaalde gebruiker in zijn watergebruik beperkt wordt. Voor het waterallocatiemodel is aangenomen dat de scheepvaart als gebruiker beperkt wordt, vanaf een peil van 0,50 m onder het streefpeil. Voor de andere gebruikers werd verondersteld dat ze beperkt worden vanaf een peil van 1,00 m onder het streefpeil. Om de invloed te testen van deze aanname, worden deze aangenomen peilen waaronder er geen watergebruik mogelijk is met 0,25 m verhoogd. De scheepvaart kan geen gebruik meer maken van de sluizen bij een peil lager dan 0,25 m onder het streefpeil, voor de overige gebruikers ligt de drempel bij 0,75 m onder streefpeil.

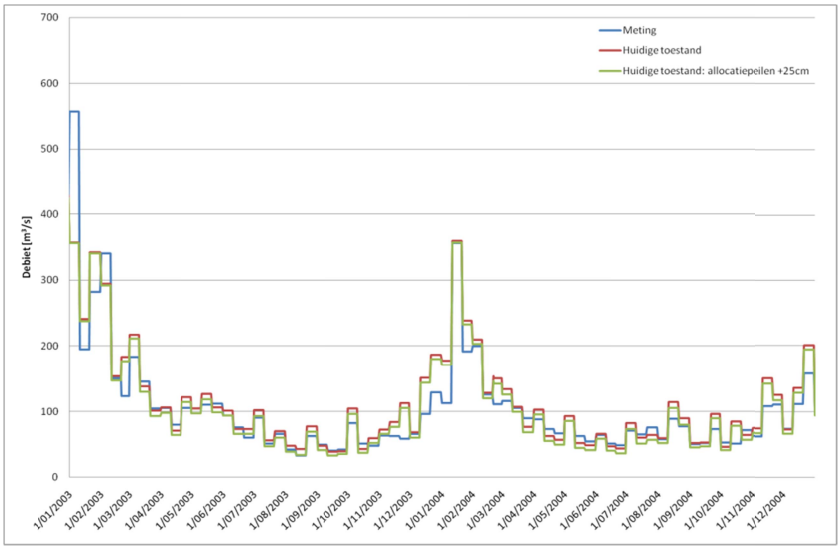
De impact van deze ingreep is aanzienlijk. Tabel 10 tot Tabel 13tonen de resultaten. Door de drempelpeilen te verhogen ontstaat er een kleiner volume waaruit de watergebruikers water uit kunnen onttrekken. Dat verklaart waarom er grotere tekorten zijn bij de gebruikers. Omdat het peil niet meer zo diep zakt, is het kanaalpand ook vlugger aangevuld en zal er ook meer overschot zijn. Dat verklaart het op eerste zicht tegenstrijdige beeld dat je krijgt als je naar onderstaande tabellen kijkt.

De impact blijkt ook uit volgende figuren.

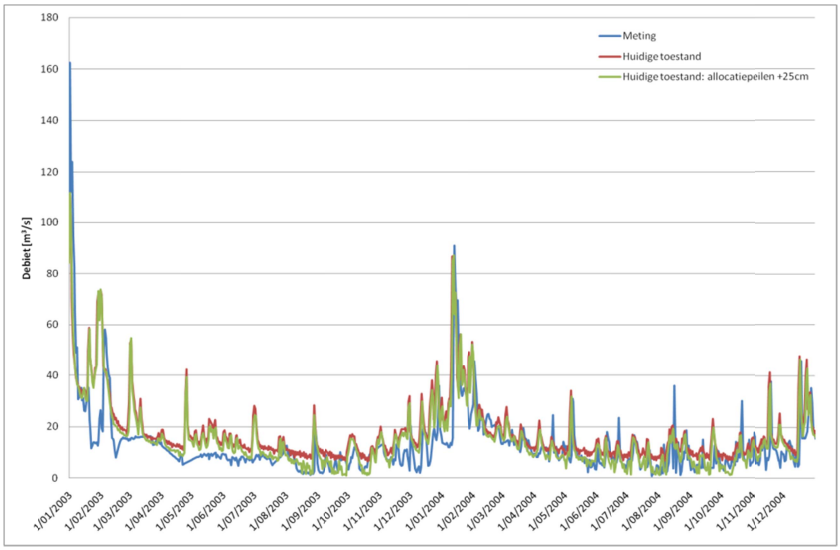


Figuur 74 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Bossuit, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

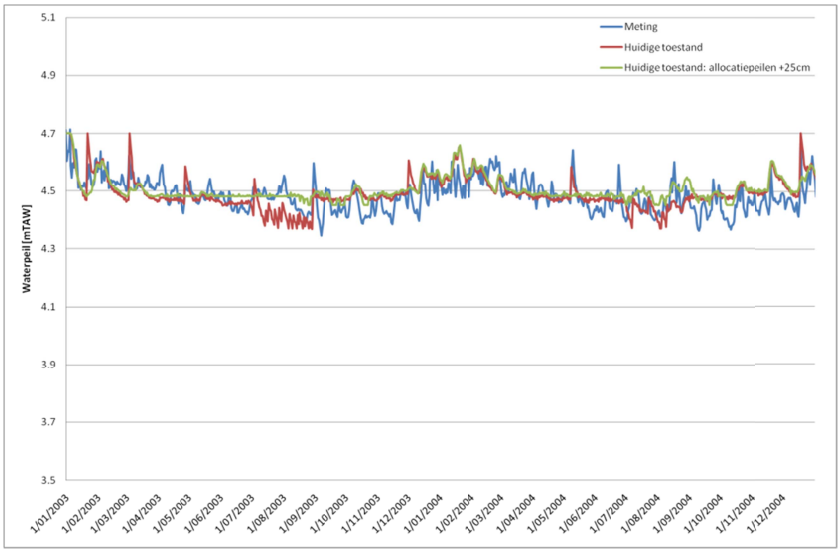


Figuur 75 – Vergelijking tussen de door het HIC berekende debieten in Schelle, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005.



Figuur 76 – Vergelijking tussen de debietmeetreeks van Evergem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Figuur 77 – Vergelijking tussen de waterstandmetingen in Wondelgem, de modelresultaten van de huidige toestand en bij een verhoging van de allocatiepeilen met 25cm bij een modellering tussen 2001 & 2005.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tabel 10 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaal Gent-Terneuzen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm.

		Watergebruik/watervraag							Overstort/watervraag							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	362	2	0	0	0	0	0	70	132	107	46	2	0	2	5
	2002	364	1	0	0	0	0	0	54	132	121	47	6	0	0	5
	2003	359	6	0	0	0	0	0	56	202	80	23	2	0	1	1
	2004	364	1	1	0	0	0	0	42	178	108	36	1	1	0	0
	2005	360	5	0	0	0	0	0	42	192	103	21	3	0	2	2
Huidige toestand + 25cm drempelpeil	**2001**	214	82	60	8	0	0	0	0	213	108	43	0	0	0	0
	2002	223	89	51	2	0	0	0	0	174	148	41	2	0	0	0
	2003	212	72	61	20	0	0	0	17	204	123	21	0	0	0	0
	2004	257	33	59	17	0	0	0	12	87	208	59	0	0	0	0
	2005	196	101	59	9	0	0	0	7	212	120	26	0	0	0	0
Verschil	**2001**	-148	80	60	8	0	0	0	-70	81	1	-3	-2	0	-2	-5
	2002	-141	88	51	2	0	0	0	-54	42	27	-6	-4	0	0	-5
	2003	-147	66	61	20	0	0	0	-39	2	43	-2	-2	0	-1	-1
	2004	-107	32	58	17	0	0	0	-30	-91	100	23	-1	-1	0	0
	2005	-164	96	59	9	0	0	0	-35	20	17	5	-3	0	-2	-2

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tabel 11 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Olen-Wijnegem van het Albertkanaal voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm.

		Watergebruik/watervraag							Overstort/watervraag							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	139	10	14	34	80	71	16	0
	2002	362	2	1	0	0	0	0	126	4	7	36	99	79	14	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	136	15	9	43	80	67	15	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	106	8	9	38	116	73	15	1
	2005	365	0	0	0	0	0	0	109	9	9	36	99	87	15	1
Huidige toestand + 25cm drempelpeil	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	87	5	6	43	92	112	19	0
	2002	364	0	1	0	0	0	0	85	9	8	26	114	103	19	1
	2003	365	0	0	0	0	0	0	89	5	5	38	109	97	21	1
	2004	366	0	0	0	0	0	0	68	5	15	24	147	96	11	0
	2005	365	0	0	0	0	0	0	68	5	9	24	105	129	23	2
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	-52	-5	-8	9	12	41	3	0
	2002	2	-2	0	0	0	0	0	-41	5	1	-10	15	24	5	1
	2003	0	0	0	0	0	0	0	-47	-10	-4	-5	29	30	6	1
	2004	0	0	0	0	0	0	0	-38	-3	6	-14	31	23	-4	-1
	2005	0	0	0	0	0	0	0	-41	-4	0	-12	6	42	8	1

Tabel 12 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in het kanaalpand Hérinnes-Kerkhove van de Bovenschelde voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm.

		Watergebruik/watervraag							Overstort/watervraag							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	356
	2002	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	354
	2003	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	79	260
	2004	366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	105	213
	2005	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	23	33	307
Huidige toestand + 25cm drempelpeil	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	21	25	312
	2002	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	23	46	287
	2003	365	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20	72	77	41	153
	2004	366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	120	55	39	122
	2005	365	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	31	44	55	210
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	21	17	-44
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	21	37	-67
	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20	72	51	-38	-107
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	120	7	-66	-91
	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	29	21	22	-97

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Tabel 13 – Het aantal dagen dat aan de watervraag in de haven van Antwerpen voldaan wordt en het aantal dagen dat er overschot is. Vergelijking met een verhoging van de prioriteringsregels met 25 cm.

		Watergebruik/watervraag							Overstort/watervraag							
		100%	**100-95%**	**95-90%**	**90-75%**	**75-50%**	**50-25%**	**25-0%**	**0%**	**0-5%**	**5-10%**	**10-25%**	**25-50%**	**50-75%**	**75-100%**	**>100%**
Huidige toestand	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	203	42	54	65	0	0	0	0
	2002	365	0	0	0	0	0	0	176	48	71	70	0	0	0	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	217	43	46	59	0	0	0	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	176	42	78	70	0	0	0	0
	2005	365	0	0	0	0	0	0	170	47	64	84	0	0	0	0
Huidige toestand + 25cm drempelpeil	**2001**	364	0	0	0	0	0	0	205	38	55	66	0	0	0	0
	2002	365	0	0	0	0	0	0	176	47	72	70	0	0	0	0
	2003	365	0	0	0	0	0	0	218	39	52	56	0	0	0	0
	2004	366	0	0	0	0	0	0	177	41	78	70	0	0	0	0
	2005	365	0	0	0	0	0	0	168	47	65	85	0	0	0	0
Verschil	**2001**	0	0	0	0	0	0	0	2	-4	1	1	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
	2003	0	0	0	0	0	0	0	1	-4	6	-3	0	0	0	0
	2004	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	1	1	0	0	0	0

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be