

**AFSTEMMEN EFFLUENTEISEN RWZI MET KRW-
DOELEN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER
FASE 1 MODELMATIGE AANPAK**

HOOGHEEMRAADSCHAP DE STICHTSE RIJNLANDEN

20 november 2014
078155777:A - Definitief
C01041.000110.0100



Inhoud

1	Samenvatting	4
2	Inleiding	8
2.1	Beschrijving van het project	8
2.2	Doel	9
2.3	Afbakening	9
2.4	Leeswijzer	9
3	Werkwijze	10
3.1	Werkwijze algemeen	10
3.2	Werkwijze met SOBEK-model	11
3.2.1	Gebbruiksklaar maken SOBEK-model	11
3.2.2	Beperkingen en onzekerheden van het SOBEK-model	11
3.2.3	Werkwijze fractiesommen	11
3.2.4	Werkwijze verblijftijdanalyse	14
3.2.5	Werkwijze conservatieve stoffenbalansen	14
3.2.6	Werkwijze terugrekenen concentratie effluent	15
4	Inventarisatie	17
4.1	Globale beschrijving hoofdwatersysteem HDSR	17
4.1.1	Waterafvoer	17
4.1.2	Wateraanvoer	18
4.1.3	Waterlichamen	20
4.1.4	RWZI's	20
4.2	Waterkwantiteit	22
4.3	Waterkwaliteit	23
5	Resultaten berekeningen	26
5.1	Resultaten per waterlichaam	26
5.2	Biltse Grift	27
5.2.1	Resultaten waterkwantiteit	27
5.2.2	Resultaten waterkwaliteit	28
5.3	Binnenstad Utrecht	33
5.3.1	Resultaten waterkwantiteit	33
5.3.2	Resultaten waterkwaliteit	34
5.4	Gekanaliseerde Hollandsche IJssel	37
5.4.1	Resultaten waterkwantiteit	37
5.4.2	Resultaten waterkwaliteit	38
5.5	Grecht	46
5.5.1	Resultaten waterkwantiteit	46
5.5.2	Resultaten waterkwaliteit	46
5.6	Kromme Rijn	50
5.6.1	Resultaten waterkwantiteit	50
5.6.2	Resultaten waterkwaliteit	50

5.7	Langbroekerwetering.....	55
5.7.1	Resultaten waterkwantiteit.....	55
5.7.2	Resultaten waterkwaliteit.....	55
5.8	Lange Linschoten.....	59
5.8.1	Resultaten waterkwantiteit.....	59
5.8.2	Resultaten waterkwaliteit.....	59
5.9	Leidsche Rijn.....	63
5.9.1	Resultaten waterkwantiteit.....	63
5.9.2	Resultaten waterkwaliteit.....	63
5.10	Merwedekanaal.....	69
5.10.1	Resultaten waterkwantiteit.....	69
5.10.2	Resultaten waterkwaliteit.....	70
5.11	Montfoortse Vaart.....	74
5.11.1	Resultaten waterkwantiteit.....	74
5.11.2	Resultaten waterkwaliteit.....	74
5.12	Oude Rijn.....	77
5.12.1	Resultaten waterkwantiteit.....	77
5.12.2	Resultaten waterkwaliteit.....	77
5.13	Wierickes.....	83
5.13.1	Resultaten waterkwantiteit.....	83
5.13.2	Resultaten waterkwaliteit.....	83
5.14	Totaal.....	87
6	Conclusies en aanbevelingen	94
6.1	Conclusies.....	94
6.1.1	Waterlichamen.....	94
6.1.2	RWZI's.....	95
6.2	Aanbevelingen.....	96
Bijlage 1	Overzichtstekening.....	100
Bijlage 2	Toetsing KRW-norm.....	102
Bijlage 3	Aanpassingen SOBEK-model	103
Bijlage 3.1	Aanpassing meetreeksen.....	103
Bijlage 3.2	Weerstand	103
Bijlage 3.3	Neerslag en verdamping.....	103
Bijlage 3.4	Sifon ARK.....	104
Bijlage 3.5	Noordergemaal.....	105
Bijlage 3.6	Inlaat Vreeswijk.....	108
Bijlage 3.7	Montfoort Sluis, Montfoortse Vaart.....	109
Bijlage 3.8	Sluis Oudewater, Lange Linschoten	110
Bijlage 3.9	Goejanverwelle sluis.....	114
Bijlage 3.10	Hekendorp inlaat	115
Bijlage 3.11	Vlist aansluiting.....	117
Bijlage 3.12	Waaiersluis.....	118
Bijlage 3.13	Aanvoerder	122
Bijlage 3.14	Haanwijkersluis.....	124
Bijlage 3.15	Sluis Bodegraven.....	127

Bijlage 3.16	Grecht, Woerdense Verlaat sluis	129
Bijlage 3.17	Caspargouw	131
Bijlage 3.18	Inlaat bij Wijk bij Duurstede	134
Bijlage 3.19	Stuw Cothen.....	135
Bijlage 3.20	Stuw Werkhoven.....	137
Bijlage 3.21	Sluis Oog in Al.....	139
Bijlage 3.22	Weerdsluis.....	142
Bijlage 3.23	Westriool	143
Bijlage 3.24	Langbroekerwetering	145
Bijlage 3.25	Biltse Grift	146
Bijlage 3.26	Hakswetering.....	147
Bijlage 3.27	Schut- en lekverliezen overige sluizen	149
Bijlage 3.28	Kanaleneiland	149
Bijlage 4	Modelbeperkingen en onzekerheden	150
Bijlage 5	Literatuurlijst	151
Colofon.....	152

1

Samenvatting

In het beheergebied van de Stichtse Rijnlanden voldoen nog niet alle waterlichamen aan de KRW-normen voor totaal-Totaal-N en totaal-Totaal-P. Om uiteindelijk in 2027 aan de KRW-doelen te voldoen heeft het waterschap een opgave om het “nutriëntengat” te dichten. In dit project is onderzocht in hoeverre verbetering van de effluentkwaliteit van de RWZI's, die lozen op de wateren in het beheersgebied kan bijdragen aan het halen van de doelen. Hiertoe is onderzocht:

- wat het aandeel is van de RWZI's in vergelijking met andere bronnen aan de concentraties stikstof en fosfaat;
- of reductie van de belasting uit de zuiveringen leidt tot het halen van het KRW doelen en zo ja hoeveel de kwaliteit van het effluent moet worden verbeterd.

De resultaten van deze studie leveren input voor het stellen van effluenteisen en past in het beleid waarin een omslag wordt gemaakt van emissiegericht naar effectgericht denken. Voor RWZI's gelden volgens het Activiteitenbesluit generieke emissiewaarden voor het effluent, maar aanvullend hierop kunnen maatwerkvoorschriften worden vastgesteld, indien dat nodig is om de waterkwaliteitsdoelstellingen te halen.

De resultaten van deze studie kunnen ook worden gebruikt voor het maken van een afweging voor het doelmatig inzetten van het beschikbaar budget voor het behalen van de KRW doelen en op termijn worden gebruikt voor het opstellen van investeringsprogramma's voor de RWZI's.

Werkwijze

Voor het uitvoeren van de studie is gebruik gemaakt van bestaande informatie, kennis en instrumenten van het Hoogheemraadschap. Het bestaande hydrologische SOBEK model, gebruikt voor NBW toetsing, is geschikt gemaakt voor het toepassen voor jaar rond berekeningen, waarbij gebruik gemaakt is van de gebiedskennis van de beheerders en hydrologen van het Hoogheemraadschap. De door het hoogheemraadschap in het kader van de polderanalyses opgestelde water- en stofbalansen zijn gebruikt als invoer voor de berekeningen.

Met behulp van het model is een analyse gemaakt van de verspreiding van het effluent van de RWZI's in het watersysteem. Met behulp hiervan is inzicht verkregen in het verloop in de tijd van het aandeel effluent op alle plaatsen in het watersysteem. Dit geldt ook voor de andere belangrijke bronnen (inlaat en landbouw). Op basis hiervan kan worden bepaald wat het aandeel van de lozingen van de RWZI's is in de concentratie op een bepaald punt in het watersysteem.

Resultaten

Het merendeel van de waterlichamen voldoet voor Totaal-N aan de KRW-norm. Alleen in de Biltse Grift en de Kromme Rijn voldoet de N-norm in 2012 nog niet. De berekeningen voor de Biltse Grift laten zien dat een reductie van 40 % nodig is om aan de norm te voldoen.

De Totaal-N concentratie op de Kromme Rijn vertoont een dalende trend. In 2013 is de norm Totaal-N voor dit waterlichaam voor het eerst gehaald.

Voor fosfaat is de situatie compleet anders. Het Totaal-P-gehalte voldoet in het merendeel van de boezemwaterlichamen **niet** aan de KRW-normen. Alleen het Merwedekanaal, de Montfoortse Vaart en Binnenstad Utrecht voldoen de laatste jaren aan de KRW-normen. Sinds 2007 voldoet de Leidsche Rijn ook aan de normen. Alleen in 2012 is een overschrijding van de norm geweest door één meting met een hogere concentratie Totaal-P. In 2013 voldeed de Leidsche Rijn aan de KRW-normen. Echter, het KRW-monsterpunt ligt stroomopwaarts van het lozingspunt van de RWZI bij een aanvoersituatie. Het model laat zien dat het effluent stroomafwaarts wel voor concentraties boven de KRW-norm kan zorgen. De Totaal-P concentratie op de Biltse Grift en Langbroekerwetering vertoont een dalende trend. In 2013 is de norm Totaal-P voor deze waterlichamen voor het eerst gehaald. Het is dan ook de vraag of op termijn investeringen in de RWZI's die op deze waterlichamen lozen nodig zijn om aan de Totaal-P normen te voldoen.

Samengevat voldoen in 2012 het Merwedekanaal, Binnenstad Utrecht en Montfoortsevaart voor zowel de KRW-norm voor N-totaal als voor P-totaal. Door de dalende trends en de optimalisatie van de zuivering van Driebergen voldoet de Langbroekerwetering in 2013 ook aan beide normen

Voor de andere waterlichamen kan onderscheid gemaakt worden in twee categorieën:

1. Waterlichamen die niet voldoen aan de KRW norm en waar verbetering van de effluentkwaliteit alleen niet leidt tot het halen van het KRW doel. Dit geldt voor:

- GHIJ.
- Grecht.
- Lange Linschoten.
- Wierickes.

Voor deze waterlichamen geldt dat het de belasting uit andere bronnen zo dominant is, dat verbetering van de effluentkwaliteit niet zal leiden tot het halen van de doelen. Maatregelen om de belasting uit de andere bronnen te reduceren zijn voor deze waterlichamen altijd noodzakelijk.

2. Waterlichamen die niet voldoen aan de KRW normen, maar door verbetering van de effluentkwaliteit in theorie wel kunnen voldoen aan de KRW norm. Dit geldt voor:

- Biltse Grift;
- Kromme Rijn;
- Leidsche Rijn;
- Oude Rijn.

Voor deze waterlichamen geldt dat de bijdrage van het effluent aan het fosfaatgehalte aanzienlijk is. Om volledig aan de norm te voldoen dient de fosfaatconcentratie in het effluent aanzienlijk worden verlaagd (65-95%). Ook hier geldt dat ook andere bronnen een belangrijke bijdrage leveren aan de fosfaatgehalten. In de huidige situatie is alleen het verbeteren van het effluent geen kosteneffectieve maatregel, maar draagt wel bij aan het bereiken van de doelen. Ook voor deze waterlichamen zijn maatregelen om de andere bronnen te reduceren noodzakelijk.

Voor de RWZI's betekent dit het volgende:

RWZI De Bilt en Zeist

Met een gezamenlijke verbetering van circa 40% van de zuivering van de RWZI's De Bilt en Zeist kan de KRW-norm voor Totaal-N voor de Biltse Grift gehaald worden op basis van de modelresultaten van 2012. De Biltse Grift wordt nauwelijks belast door andere bronnen in het gebied. Met een gezamenlijke verbetering van circa 65% van de zuivering van de RWZI's De Bilt en Zeist kan de KRW-norm voor Totaal-P voor de Biltse Grift gehaald worden op basis van de modelresultaten van 2012. Ook in het

benedenstroomse deel van de Kromme Rijn, zal dit tot verbetering van de waterkwaliteit leiden, maar niet voldoende om daar onder de KRW-norm (0,11 mg/l) voor fosfaat te komen. Echter in 2013 is de fosfaatkwaliteit voor de Biltse Grift voor het eerst gehaald en lijkt verder aanscherping van de lozingsnorm voor fosfaat niet nodig.

RWZI Bunnik

Het inlaatwater vanuit de Neder-Rijn heeft een belangrijke bijdrage in de waterkwaliteit van de Kromme Rijn. Aangezien het inlaatwater regelmatig boven de KRW-norm voor Totaal-P zit, is alleen verbetering van het effluent niet voldoende om hier aan de KRW-norm te voldoen.

RWZI Driebergen

Het reduceren van het Totaal-P met 95% vanuit het effluent kan de Langbroekerwetering onder de KRW-norm brengen op basis van de modelresultaten van 2012. In 2013 is de biologische fosfaatverwijdering van deze RWZI geoptimaliseerd, waardoor de norm voor totaal-P in 2013 wordt voldaan. De verbetering van het zuiveringsrendement heeft invloed op de waterkwaliteit van de benedenstroom van de Kromme Rijn. Dit zal als enige maatregel naar verwachting niet voldoende zijn om de waterkwaliteit op de Kromme Rijn onder de KRW-norm 2015 te krijgen.

RWZI De Meern

De in 2014 doorgevoerde verbetering van de zuivering van RWZI De Meern (de-fosfatering) zal tot verbetering van de waterkwaliteit van de Leidsche Rijn leiden en in de zomer van de Oude Rijn. De aanpassing aan de RWZI De Meern zal naar verwachting niet voldoende zijn om de waterkwaliteit op de Oude Rijn aan de KRW-norm voor Totaal-P te laten voldoen.

RWZI Woerden

Volgens de berekeningen moet het zuiveringsrendement van De Meern en Woerden voor Totaal-P dusdanig worden verbeterd (circa 90% extra verwijdering van fosfaat ten opzichte van 2012), dat dit waarschijnlijk niet haalbaar is. Met de installatie van een de-fosfatering bij RWZI De Meern wordt een verbetering verwacht van de waterkwaliteit in de Oude Rijn. En verdere verbetering van de zuivering van Woerden kan veel bijdrage aan de waterkwaliteit van de Oude Rijn, maar ook andere maatregelen (landbouw) zijn naar verwachting noodzakelijk. Voor stikstof voldoet de Oude Rijn aan de KRW-norm. Hiervoor hoeft de zuivering van het effluent niet te worden verbeterd.

RWZI Montfoort, Oude Water en Haastrecht

Voor de GHJ, Wierickes en Lange Linschoten is het alleen verbeteren van het zuiveringsrendement van deze RWZI's niet voldoende om de waterkwaliteit onder de KRW-normen te krijgen. Ook hier zal de belasting vanuit de landbouw omlaag moeten.

Conclusies

- Deze studie levert waardevol inzicht in de bijdrage van het effluent van de RWZI's aan de gehalten van stikstof en fosfaat in het watersysteem en in de verspreiding van het effluent over het watersysteem.
- Voor stikstof is een verbetering van de effluentkwaliteit noodzakelijk om de Biltse Grift aan de norm te laten voldoen.
- Voor de andere RWZI's is voor stikstof een verbetering van de effluentkwaliteit niet noodzakelijk. Alleen de Kromme Rijn en Biltse Grift voldoen niet aan de norm. De stikstofgehalten in de Kromme Rijn laten echter een dalende trend zien. Verwacht mag worden dat de KRW doelen worden gehaald en dat aanvullende maatregelen niet nodig zijn.

- Voor P zijn wel aanvullende maatregelen nodig. Voor de meeste waterlichamen wordt het KRW doel niet gehaald. In de meeste gevallen is het doelgat te groot om dit alleen op te lossen met een verbetering van het zuiveringsrendement van de RWZI's. Aanvullende maatregelen op de andere bronnen zoals de fracties bodem (landbouw) en inlaatwater zijn in deze gevallen dan ook noodzakelijk.

Aanbevelingen

De hierboven gepresenteerde conclusie gelden voor de huidige situatie, gegeven de huidige belasting uit de andere bronnen. Voor het maken van een verantwoord lange termijn investeringsplan is het van belang ook toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot de andere bronnen in beschouwing te nemen. Dit vraagt:

- inzicht de ontwikkeling van de kwaliteit van het inlaat water;
- inzicht in het effect van het generieke mestbeleid en gebiedsgerichte aanpak van nutriënten;
- de ontwikkeling van trends in waterkwaliteit in de waterlichamen.

Aanbevolen wordt bij het opstellen van een lange termijn plan een aantal scenario's door te rekenen, waarbij met deze ontwikkelingen rekening wordt gehouden.

In deze studie is met name aandacht besteedt aan het verbeteren van het zuiveringsrendement voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Aanbevolen wordt om bij een vervolgstudie ook maatregelen bij andere bronnen te onderzoeken, zo is de fractie bodem (landbouw) in veel waterlichamen ook een belangrijke post.

Een andere mogelijkheid is het onderzoeken of een slimmere sturing in de waterkwantiteit de waterkwaliteit in bepaalde waterlichamen kan verbeteren. Onderzocht kan worden wat de mogelijkheden zijn om het boezemsysteem meer te doorspoelen met het "schonere" externe inlaatwater waardoor de nutriëntrijke stromingen sneller kunnen worden afgevoerd.

Modelinstrumentarium.

Bij systemen met een lange verblijftijd (procesgestuurde systemen) neemt de invloed van processen toe. Vooral de waterbodem kan een flinke bijdrage leveren aan de belasting van het systeem. Het is aan te bevelen dit soort processen mee te nemen in een verbetering van het model. Stoffen zoals ammonium die niet geschikt zijn om conservatief te berekenen, kunnen op deze manier ook in het model worden opgenomen en worden berekend. Het model is ook geschikt om nieuwe ingrepen in het systeem kwantitatief en kwalitatief door te rekenen. Bij het aanleggen van nieuwe kunstwerken en watergangen aangrenzend op de boezem of bijvoorbeeld de verbetering van de RWZI Utrecht, is het aan te bevelen het model te gebruiken.

2 Inleiding

2.1 BESCHRIJVING VAN HET PROJECT

In het beheergebied van de Stichtse Rijnlanden voldoen nog niet alle waterlichamen aan de KRW-normen voor Totaal-N en Totaal-P. Om uiteindelijk in 2027 aan de KRW-doelen te voldoen heeft het waterschap een opgave om het “nutriëntengat” te dichten. In dit project is een watersysteemanalyse uitgevoerd, waarbij een water- en stoffenbalans is opgesteld van het boezemsysteem om inzicht te krijgen in de herkomst en omvang van de verschillende nutriëntenbronnen. Inzicht in het aandeel van de bronnen (RWZI, landbouw, inlaatwater etc.) van probleemstoffen (totaal-N, totaal-P) die het waterlichaam belasten, maakt het mogelijk betere keuzes te maken voor het treffen van kosten-effectieve maatregelen om emissies te reduceren. In Tabel 1 zijn de zomergemiddelde concentraties uit 2012 weergegeven die getoetst zijn aan de normen voor het zomergemiddelde (ZGM).

Naam rwzi	Naam watergang	beheerder	KRW-norm N	KRW-norm P	Toest. Ntot* Toetst. Ptot* NH4*			JG Lozing (mg/l)**		Lozingseis (mg/l)	
			(ZGM (mg/l))	(ZGM (mg/l))	(ZGM (mg/l))	(ZGM (mg/l))	JGM/MAC	N	P	N	P
Breukelen	ARK	(RWS)	3,8	0,25				7,2	0,28	10	2
Bunnik	Kromme Rijn	(HDSR)	4***	0,14****	2,3	0,16		5,6	0,29	10	2
De Bilt	Bitsche Grift	(HDSR)	2,8	0,15	5	0,27		3,7	0,26	10	1
De Meern	Leidsche Rijn	(HDSR)	3,8	0,25	2,8	0,38		10,1	2,20	10	2
Driebergen	Langbroekerwet.	(HDSR)	2,4	0,22	2,3	0,54		3,2	0,68	10	1
Houten	ARK	(RWS)	3,8	0,25				3,2	0,67	10	2
Leidsche Rijn	ARK	(RWS)	3,8	0,25				7,8	1,90	10	2
Lopik	Lek	(RWS)	2,5	0,14				3,8	0,26	10	2
Maarssenbroek	ARK	(RWS)	3,8	0,25				2,9	4,46	10	2
Monfoort	Hollandse IJssel	(HDSR)	3,8	0,25	2,9	0,35		6,0	1,25	10	2
Nieuwegein	Lek	(RWS)	2,5	0,14				7,9	1,69	10	1
Oudewater	Hollandse IJssel	(HDSR)	3,8	0,25	2,9	0,35		3,3	0,48	10	2
Rhenen	Nederrijn	(RWS)	2,5	0,14				6,6	0,93	10	2
Utrecht	Vecht	(AGV)	3,8	0,25				7,1	0,61	10	1
Wijk bij Duurst.	ARK	(RWS)	3,8	0,25				7,1	0,43	10	2
Woerden	Oude Rijn	(HDSR)	3,8	0,25	2,6	0,28		7,1	1,29	10	2
Zeist	Bitsche Grift	(HDSR)	2,8	0,15	5	0,27		10,2	0,87	10	2

* op basis van gegevens 2012
 ** op basis van gegevens 2012
 *** vanaf 2015 is de norm 2,3 mg/l
 ****vanaf 2015 is de norm 0,11 mg/l

Tabel 1: Zomergemiddelde concentraties 2012 vergeleken met normen

De rioolwaterzuiveringen (RWZI's) moeten volgens het activiteitenbesluit voldoen aan een landelijke minimumeis voor effluent (10 mg/l N en 1 mg/l P). Aanvullend hierop kunnen maatwerkvoorschriften worden vastgesteld, indien dat nodig is om de waterkwaliteitsdoelstellingen te halen. Voor de ontvangende oppervlaktewateren zijn in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) specifieke ecologische doelen opgesteld per waterlichaam (zie Tabel 1). De watersysteemanalyse van de boezem maakt het mogelijk om te onderzoeken of deze waterlichaam-specifieke doelen door te vertalen zijn naar specifieke lozingseisen per RWZI, afhankelijk van het waterlichaam waar het op loost. Hiervoor is het noodzakelijk om inzicht te verwerven in het aandeel van de bronnen van probleemstoffen die het waterlichaam belasten. Op basis van het inzicht kunnen verschillende brongerichte maatregelen worden beoordeeld op kosten en effectiviteit. Maatregelen op de RWZI's kunnen zo beter afgewogen worden tegen overige maatregelen.

2.2 DOEL

Het doel van het project is om met hulp van bovenstaande analyse de RWZI's die lozen op het watersysteem van HDSR met elkaar te vergelijken en hieruit bruikbare input te genereren voor:

- Het doelmatig inzetten van het beschikbare budget voor het behalen van de KRW-doelen
- Het opstellen van een investeringsprogramma voor de RWZI's
- Het bepalen van het aandeel van de RWZI's en andere bronnen aan de bijdrage van de probleemstoffen Totaal-N en Totaal-P op het watersysteem van HDSR
- Het door vertalen van de KRW-normen naar de effluenteisen van de RWZI's die lozen op het watersysteem van HDSR.

2.3 AFBAKENING

De studie is als volgt afgebakend:

- Het oppervlaktewatermodel is een SOBEK-model van de boezem inclusief de primaire watergangen (KRW-waterlichamen) waarop RWZI's lozen van De Bilt, Zeist en Driebergen.
- In totaal lozen acht RWZI's op het watersysteem van HDSR. De lozing van RWZI's op rijkswateren en de RWZI Utrecht op de Vecht (is in beheer bij het waterschap Amstel Gooi en Vecht) is buiten de studie gebleven.
- Alleen de probleemstoffen Totaal-N, en Totaal-P zijn bij deze studie beschouwd. Ook andere stoffen in het effluent zoals bijvoorbeeld ammonium, zware metalen, pesticiden en medicijnresten kunnen door het effluent verhoogd voorkomen in het oppervlaktewater. Deze studie is daar niet op gericht.

2.4 LEESWIJZER

De opbouw van deze rapportage is als volgt:

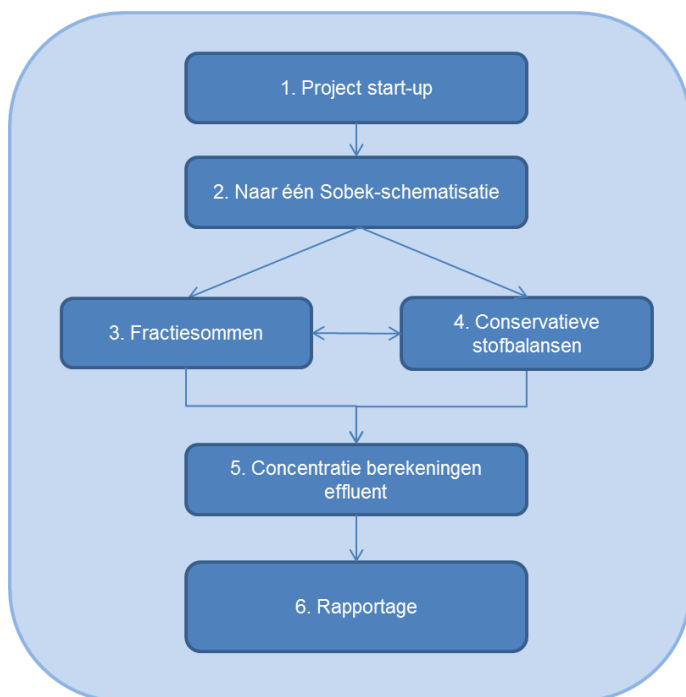
- Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de werkwijze. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de studie is uitgevoerd, welke keuzes er zijn gemaakt en welke beperkingen en onzekerheden bij deze aanpak een rol spelen.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de inventarisatie. In dit hoofdstuk staat beschreven hoe het hoofdwatersysteem van HDSR jaarrond functioneert met water aan en afvoer. Tevens wordt ingegaan op de RWZI's, de waterlichamen, welke RWZI's een rol spelen voor het hoofdwatersysteem van HDSR, de waterkwantiteit en -kwaliteit.
- Hoofdstuk 5 richt zich de resultaten van de inventarisatie en modelleringen. Per waterlichaam wordt de waterkwantiteit en waterkwaliteit besproken en in welke mate de gemodelleerde resultaten overeenkomen met de gemeten gegevens. Bij ieder waterlichaam wordt de paragraaf afgesloten met de conclusies of het waterlichaam al dan niet voldoet aan de KRW-noemen voor Totaal-N en Totaal-P. Het hoofdstuk eindigt met een paragraaf waarin een totaal overzicht wordt gegeven van hoe de meetpunten zich qua waterkwaliteit (gemeten en berekend) verhouden ten opzichte van de KRW-normen voor Totaal-N en Totaal-P.
- Hoofdstuk 6 geeft de conclusies en aanbevelingen uit deze studie weer.

3

Werkwijze

3.1 WERKWIJZE ALGEMEEN

Om de modelmatige aanpak (fase 1) van het project gestructureerd vorm te geven, zijn de uitgevoerde activiteiten samengevat in de stappen zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Samenvatting van de uitgevoerde werkstappen

Na de start-up zijn de twee SOBEK-modellen van HDSR (oost en west HDSR) samengevoegd tot één boezemmodel. Vervolgens is het model hydrologisch kloppend gemaakt met de werkelijkheid. Nadat de kwantiteitsberekening voldoende op orde was, is begonnen met (kwantitatieve) fractiesomberekeningen (stap 3) en parallel daar aan de conservatieve stofbalansberekeningen (stap 4). In stap 5 is geanalyseerd aan welke normen het effluent zou moeten voldoen om aan de KRW-normen te voldoen. In de laatste stap zijn per waterlichaam alle resultaten opgenomen en besproken.

Tijdens het project is regelmatig terugkoppeling geweest met de beheerders van HDSR. De waarde van modelmatig berekeningen is namelijk gering wanneer deze niet in de praktijk herkend worden. Tijdens deze beheerdersoordelen zijn gebruikte uitgangspunten en berekende resultaten besproken en nagegaan of de resultaten ook in de praktijk voorkomen. Aan de hand van de inbreng van de beheerders is het model aangepast en verbeterd.

In de volgende paragraaf wordt de werkwijze met het SOBEK-model besproken. Vervolgens worden in de volgende hoofdstukken per stap de activiteiten en resultaten besproken.

3.2 WERKWIJZE MET SOBEK-MODEL

3.2.1 GEBRUIKSKLAAR MAKEN SOBEK-MODEL

In deze stap zijn de twee SOBEK-modellen samengevoegd en is het model aangepast voor jaarrond-berekeningen. Uit de modellen zijn de niet relevante primaire watergangen verwijderd en zijn de twee SOBEK-modellen van het hoofdwatersysteem van HDSR-modellen (oost en west) met elkaar met het sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) verbonden. Vervolgens zijn de afvoergebieden vervangen door knopen waarin de aan- en afvoersituatie van de afvoergebieden is geschematiseerd. Voor de aan- en afvoergegevens van de afvoergebieden is gebruik gemaakt van de waterbalansen die het waterschap per afvoergebied heeft opgesteld. Voor de indeling in de verschillende posten die hierbij is gebruikt wordt verwezen naar paragraaf 4.2: Waterkwantiteit en paragraaf 4.3: Waterkwaliteit.

Met de meetgegevens en informatie van de beheerders is er voor gezorgd dat het model jaarrond berekeningen kan maken. Hiervoor zijn diverse aanpassingen aan het model doorgevoerd (zie Bijlage 3). Het model moet stabiel zijn en realistische evenwichtswaterstanden berekenen. Dit is gedaan door berekeningen uit te voeren met een maatgevende afvoergebeurtenis en een droge periode van een maand. Tevens is getest hoe het model reageert wanneer in historische situaties wordt overgegaan van een droge periode naar een natte periode en vice versa. Bij de test is de aandacht uitgegaan naar de waterbewegingen en verdeling waarbij ook de stroomsnelheden in het systeem, het verhang over het watersysteem als geheel en het verval over individuele kunstwerken is gecontroleerd.

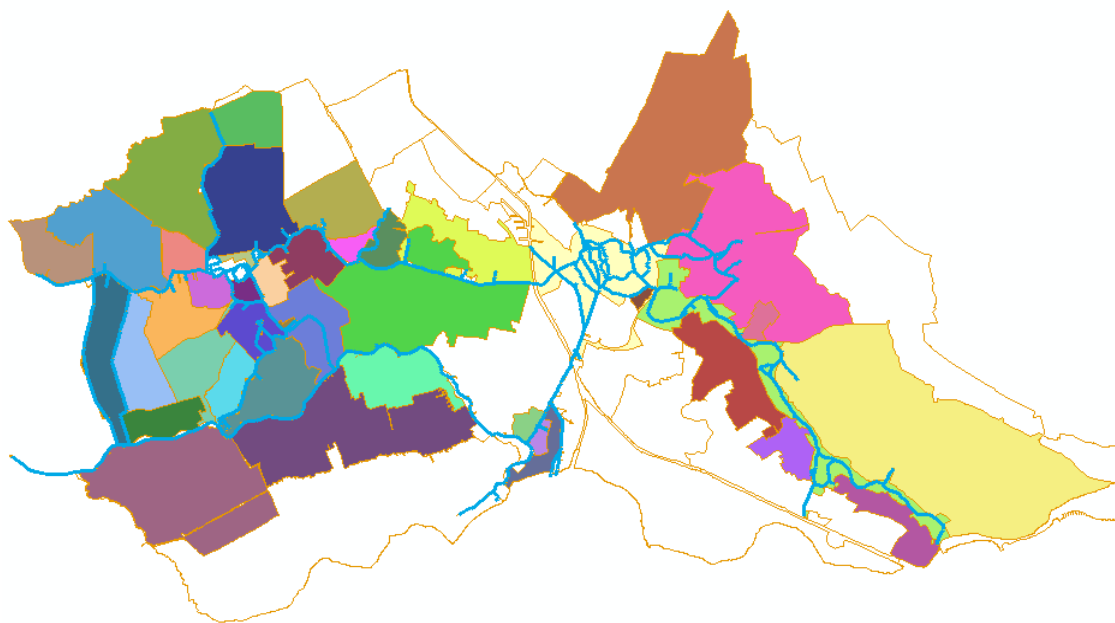
3.2.2 BEPERKINGEN EN ONZEKERHEDEN VAN HET SOBEK-MODEL

Het werken met modellen heeft altijd beperkingen en onzekerheden. Voor dit project zijn deze samengevat in Bijlage 4: Modelbeperkingen en onzekerheden.

Ondanks de beperkingen en onzekerheden geven de resultaten van het model in deze fase voldoende vertrouwen om de waterkwaliteit in een groot deel van het hoofdwatersysteem van HDSR te simuleren en hier conclusies aan te verbinden

3.2.3 WERKWIJZE FRACTIESOMMEN

SOBEK kan tijdens de berekeningen bijhouden waar het water op een bepaalde locatie vandaan is gekomen. Voor dit project is in eerste instantie gewerkt met geolabels. De herkomst van water is gelabeld naar de locatie waar het water vandaan komt. Met het ontwikkelde model zijn door het toekennen van geografische labels op basis van de afvoergebieden en beperkte bronlabels (effluent, externe inlaat vanuit het landelijke hoofdwatersysteem) de herkomstlocaties van het water berekend voor de jaren 2005 tot en met 2012. De afvoergebieden die afwateren op de boezem van HDSR zijn weergegeven in Figuur 2.



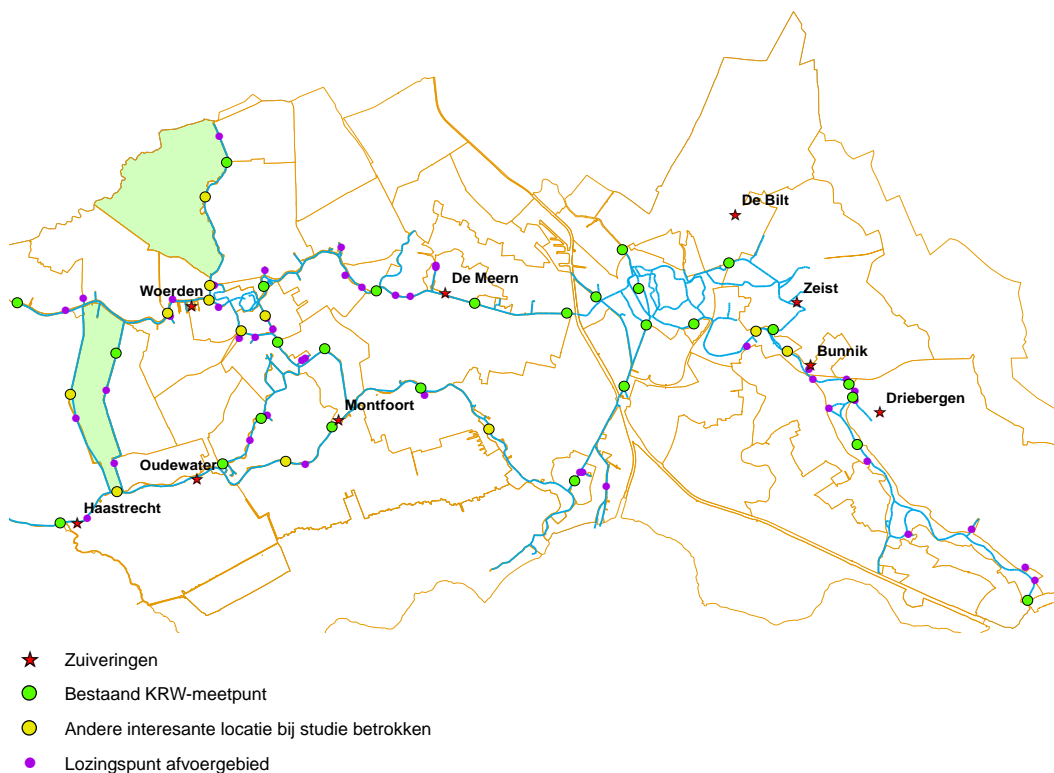
Figuur 2: Afvoergebieden die afwateren op de boezem van HDSR

Naast de geografische herkomst, is voor de stoffen Totaal-N en Totaal-P gerekend met de bronherkomst: bodem, interne inlaten, externe inlaten, effluent, boezem en overig (zie paragraaf 4.3: Waterkwaliteit).

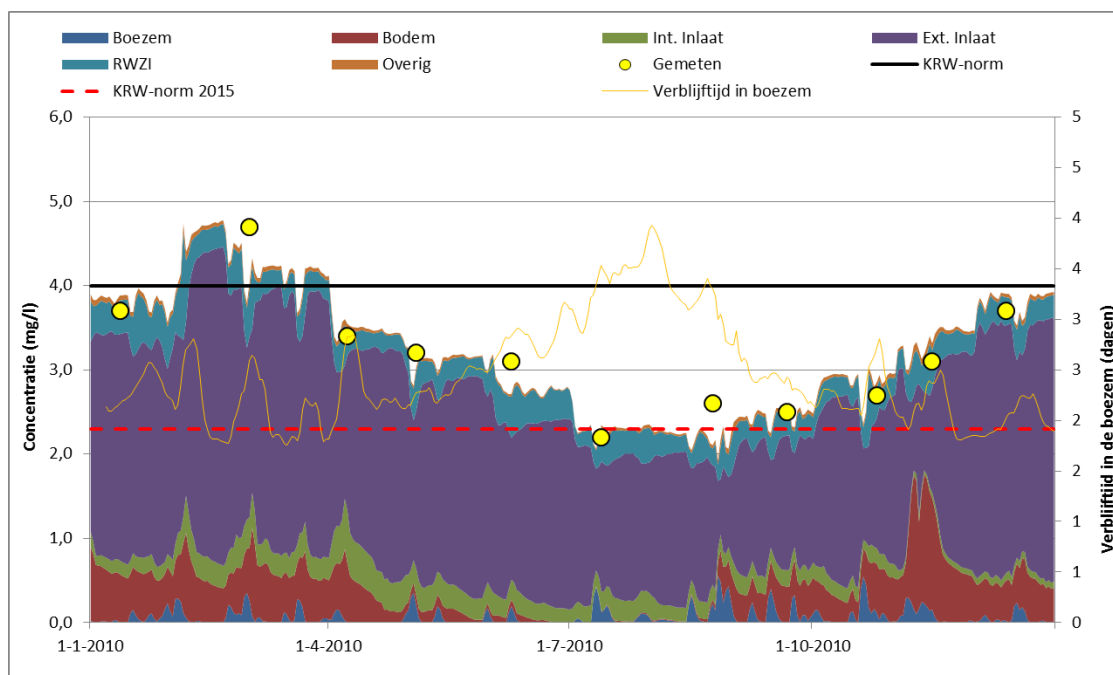
De verdeling van de fracties is berekend over de periode 2005-2012.

Om een representatief beeld te krijgen van de waterkwaliteit in de boezem zijn enkele meetpunten geselecteerd van de basismetpunten (KRW-metpunten) in de boezem, aangevuld met enkele punten (zonder waterkwaliteitsmonitoring) op andere interessante locaties (zie Figuur 3). De resultaten van de fractiesommen worden gebruikt om het gemeten verloop van de waterkwaliteit te verklaren en of de verbanden logisch zijn. De resultaten van de kwaliteitsberekeningen met bronherkomst worden gebruikt om de waterkwaliteit van de berekende jaren te simuleren en de herkomst van de stoffen (zowel bron als locatie) in de tijd te verklaren. Als de resultaten de waterkwaliteit goed kunnen verklaren, geeft dat vertrouwen in het model en in de aanpak.

Een voorbeeld van een grafiek waarin de gemeten en berekende waterkwaliteit worden weergegeven, wordt in Figuur 4 gegeven. Het figuur is het resultaat van de conservatieve stofberekeningen van het aangepaste model. Het betreft een meetpunt a01 in de Kromme Rijn nabij Galgenwaard. In het figuur is zichtbaar dat de gemodelleerde concentratie goed overeenkomt met de gemeten gegevens (gele stippen). Voor deze locatie en stof geeft het model vertrouwen dat de resultaten en aanpak goed zijn. Een verdere uitleg wat er in de grafieken staan en hoe de grafieken gelezen kunnen worden, wordt beschreven in paragraaf 5.1.



Figuur 3: Locatie KRW-meetpunten en andere interessante locaties, locaties van de RWZI's en de lozingspunten van de afvoergebieden



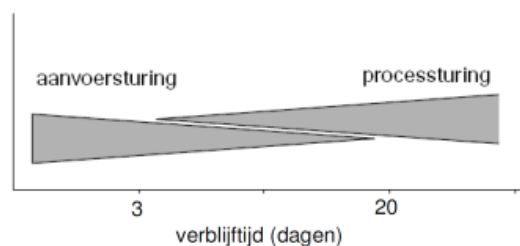
Figuur 4: Voorbeeld van een grafiek met berekende en gemeten resultaten voor Totaal-N bij meetpunt a01 in de Kromme Rijn nabij Galgenwaard

Voor de berekeningsresultaten van de analyses is een interactieve Excelsheet opgesteld met daarin de berekende concentraties en herkomst van de stoffen in de tijd op de KRW-meetpunten en enkele andere interessante locaties.

3.2.4 WERKWIJZE VERBLIJFTIJDANALYSE

Naast het berekenen van fractiesommen, ondersteunt SOBEK de mogelijkheid voor het berekenen van de verblijftijd van het water in de boezem. Dit wordt gedaan door per waterbron 2 tracers toe te voegen. De eerste tracer is een niet afbreekbare tracer (conservatief), waardoor de oorsprong van het water gevolgd kan worden. De tweede tracer is een afbreekbare tracer (decayable) met een vaste afbraaksnelheid. Door de concentratie van deze twee tracers te combineren kan een indicatie van de gemiddelde leeftijd van het water in de boezem berekend worden.

De nutriëntenconcentratie op een bepaald punt in de boezem, wordt bepaald door de belasting, door chemische en biologische processen, maar ook door het transport van stoffen. Ook het effect van verhoogde concentraties aan N en P hangt af van het transport. In goed doorspoelde systemen (met een verblijftijd < ca. 14 dagen) is het transport veelal dominant. Terwijl in stagnante systemen de processen belangrijker zijn (zie Figuur 5). De processen zijn onder andere afhankelijk van de temperatuur en spelen dan ook vooral in de zomermaanden een belangrijke rol. Als de verblijftijd van het systeem langer is dan drie weken wordt gesproken van een procesgestuurd systeem. Vooral de nalevering vanuit de waterbodem kan in de zomermaanden een grote bijdrage leveren in procesgestuurde systemen.



Figuur 5: Het optreden van aanvoersturing of processturing is afhankelijk van de verblijftijd (afbeelding gebaseerd op Baranyi et al, 2002)

Het is daarom belangrijk in het kader van dit project te kijken naar de verblijftijden in de verschillende waterlichamen. In slecht doorspoelde delen waar de verblijftijden langer worden en dus processen meer bepalend worden voor de waterkwaliteit, zal de voorspellende waarde van het conservatieve stoffenmodel beperkt zijn.

3.2.5 WERKWIJZE CONSERVATIEVE STOFFENBALANSEN

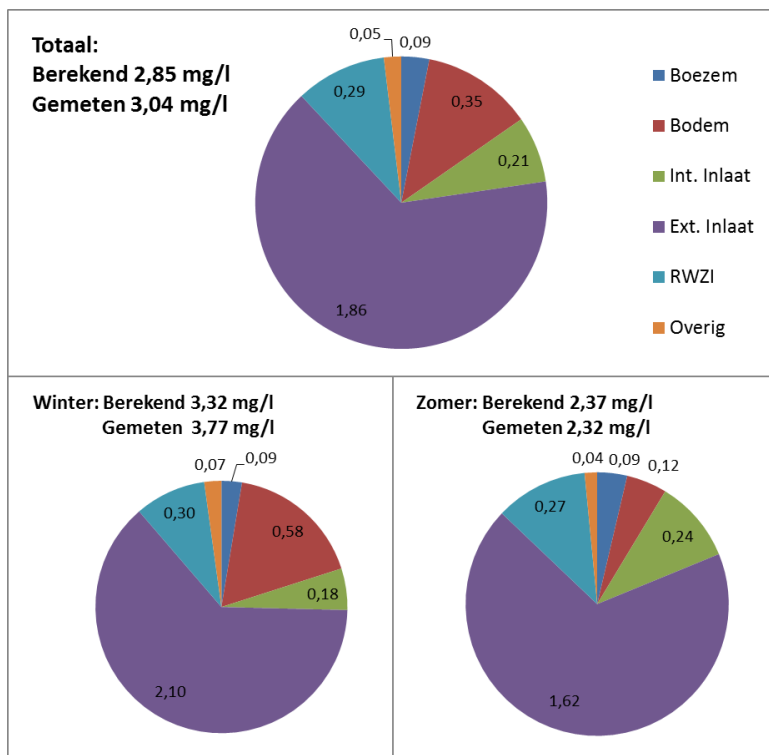
Nadat het model hydrologisch is geverifieerd en doorgerekend, zijn de concentraties aan P en N op de lozingspunten van de afvoergebieden, de externe inlaten, de RWZI's en het boezemland gezet. Voor het kwantificeren van de vrachten uit de afvoergebieden is gebruik gemaakt van de gegevens van de analyses die HDSR heeft gedaan van de afvoergebieden. De berekende concentraties zijn met een interactieve tool vergeleken met de gemeten concentraties en aan een doel gerelateerde norm (KRW-norm). Als de resultaten vergelijkbaar zijn met de gemeten concentraties, geeft dat vertrouwen in het model en in de aanpak. Grote afwijkingen met de gemeten concentratie kunnen wijzen op een verkeerde inschatting van de waterkwaliteit vanuit de afvoergebieden of de waterbalanstermen. Ook is het mogelijk dat de waterbalans nog niet klopt. Uiteindelijk resulteert deze fase in een beter begrijpen van het kwantiteitsmodel en een soort validatie/kalibratie van de waterkwaliteit van de verschillende bronnen en herkomst. Daarnaast is er inzicht in de relatieve bijdrage van het effluent.

De resultaten worden op twee manieren gepresenteerd:

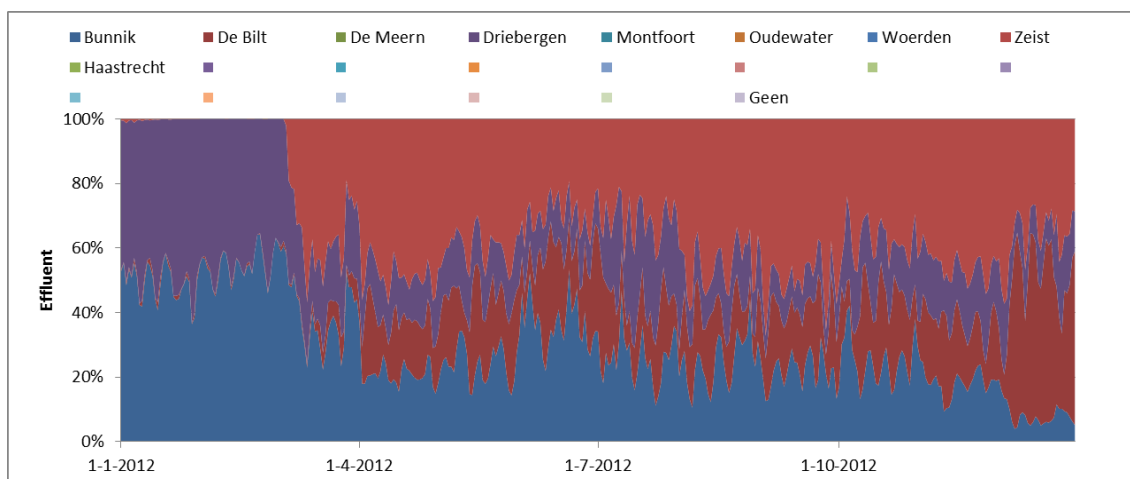
- Taartdiagrammen per meetpunt met de herkomst van de berekende concentratie, voor N en P. Deze diagrammen zijn opgesteld voor het gehele jaar, zomer en winter halfjaar.

- Een grafiek waarbij de herkomst van een bron in de tijd is weergegeven.

Voorbeelden van de grafieken zijn opgenomen in Figuur 6 en Figuur 7. Met de resultaten uit de tool is per waterlichaam een inschatting gemaakt in hoeverre de zuivering van de RWZI's verbeterd moet worden.



Figuur 6: Voorbeeld van een taartdiagram met de bron van de concentratie Totaal-N bij meetpunt a01 in de Kromme Rijn nabij Galgenwaard



Figuur 7: Voorbeeld van herkomst Totaal-N uit de bron effluent op de locatie bij meetpunt a01 in de Kromme Rijn nabij Galgenwaard

3.2.6 WERKWIJZE TERUGREKENEN CONCENTRATIE EFFLUENT

In deze stap wordt teruggerekend wat de verbetering van de zuivering moet zijn om onder de KRW-norm te komen. Deze terugrekening is alleen uitgevoerd in waterlichamen waar het effluent meer dan 10%

bijdraagt aan de concentratie aan Totaal-N of Totaal-P. In diverse gevallen kan met alleen het verbeteren van de zuivering van de RWZI's niet de KRW-norm worden gehaald. Dan staat de waterkwaliteit van het waterlichaam onder invloed van andere belangrijke bronnen. Alternatief is vervolgens berekend in hoeverre de zuivering van de RWZI verbeterd moet worden om in het zomer-halfjaar aan de KRW-norm te voldoen.

4 Inventarisatie

4.1 GLOBALE BESCHRIJVING HOOFDWATERSYSTEEM HDSR

De waterhuishouding in het beheergebied van De Stichtse Rijnlanden valt onder te verdelen in een detailwatersysteem en een hoofdwatersysteem:

- Het detailwatersysteem is van belang voor de wateraanvoer en -afvoer binnen polders en deelgebieden.
- Het hoofdwatersysteem is van belang voor de wateraanvoer en -afvoer van en naar de diverse deelgebieden. Dit systeem fungeert deels als boezem.

Het hoofdwatersysteem met de voor deze studie relevant primaire watergangen is in Bijlage 1 weergegeven. In de onderstaande paragrafen wordt ingegaan op het boezemwatersysteem, de waterafvoer en -inlaatpunten en de ligging van de RWZI. De oostelijk en westelijk van het Amsterdam-Rijnkanaal gelegen wateren van het hoofdwatersysteem staan met elkaar in verbinding via een (afsluitbare) sifon. Deze bevindt zich onder het Amsterdam-Rijnkanaal ter hoogte van het Merwedekanaal bij de Zuidersluis.

4.1.1 WATERAFVOER

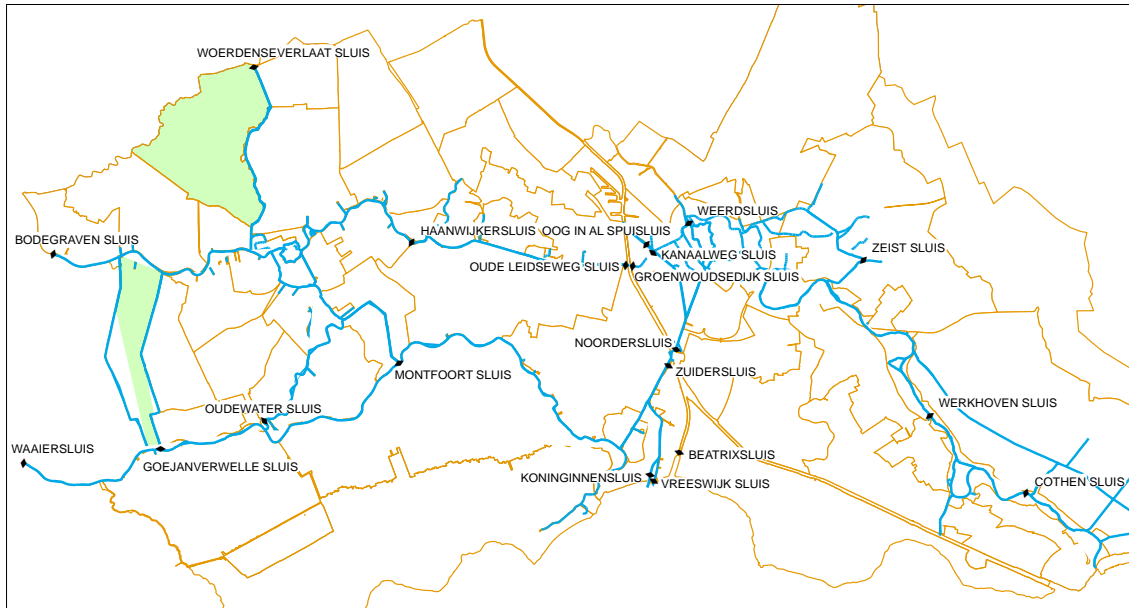
De water af- en aanvoer zijn weergegeven in Figuur 9.

De afvoer van water uit het hoofdwatersysteem vindt plaats op vijf locaties:

- Via de Kromme Rijn en het stadswater van Utrecht naar het Amsterdam-Rijnkanaal (sluis Oog in Al).
- Via de Gekanaliseerde Hollandse IJssel naar de Hollandse IJssel (via de Waaiersluis in Gouda).
- Via de Leidsche Rijn naar het Amsterdam-Rijnkanaal.
- Via de Oude Rijn naar de Boezem van Rijnland (sluis Bodegraven).
- Via de Weerdsluis naar de Vecht (beheergebied Amstel, Gooi en Vecht).

Bij extreme neerslag is waterafvoer ook mogelijk via de Caspargouwsewetering (water van de Kromme Rijn).

Naast deze reguliere afvoerpunten, gaat er water het gebied uit via sluizen door schut- en lekverliezen. De sluizen in het beheergebied van HDSR staan weergegeven in Figuur 8.



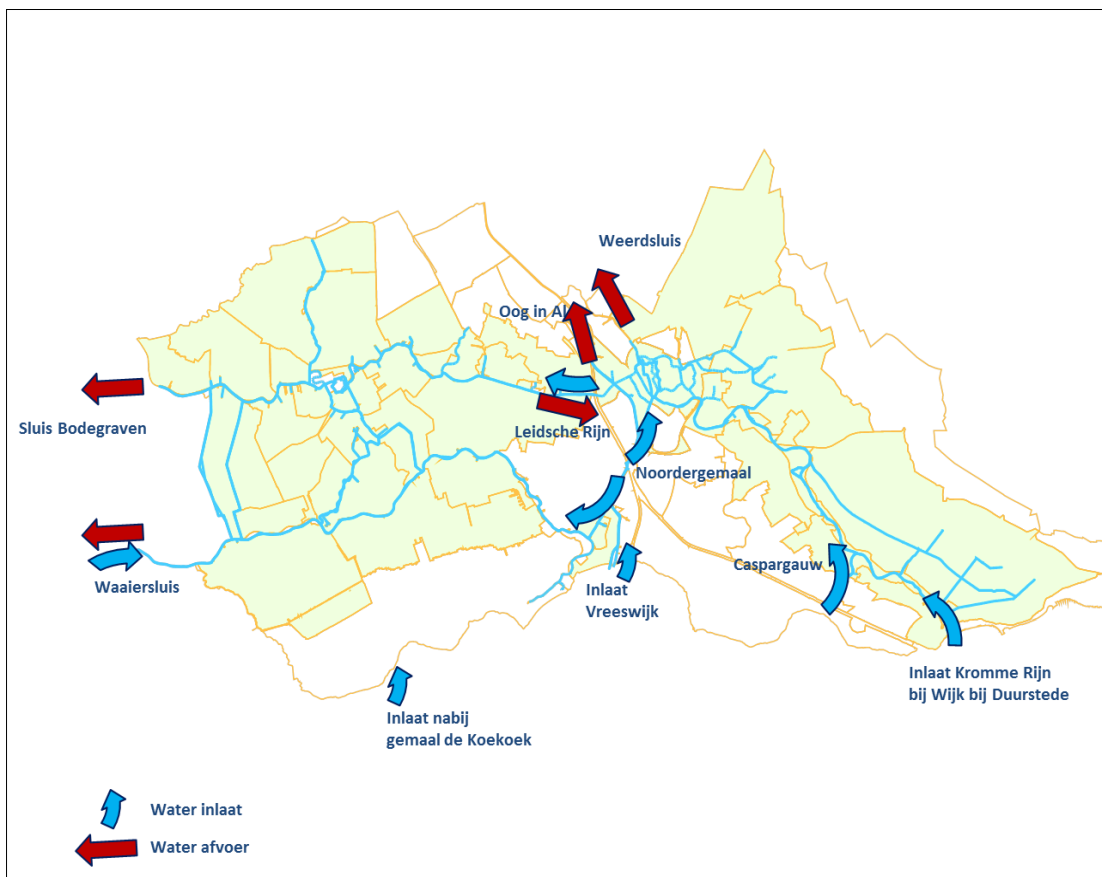
Figuur 8: Sluizen in het hoofdsysteem van HDSR

4.1.2 WATERAANVOER

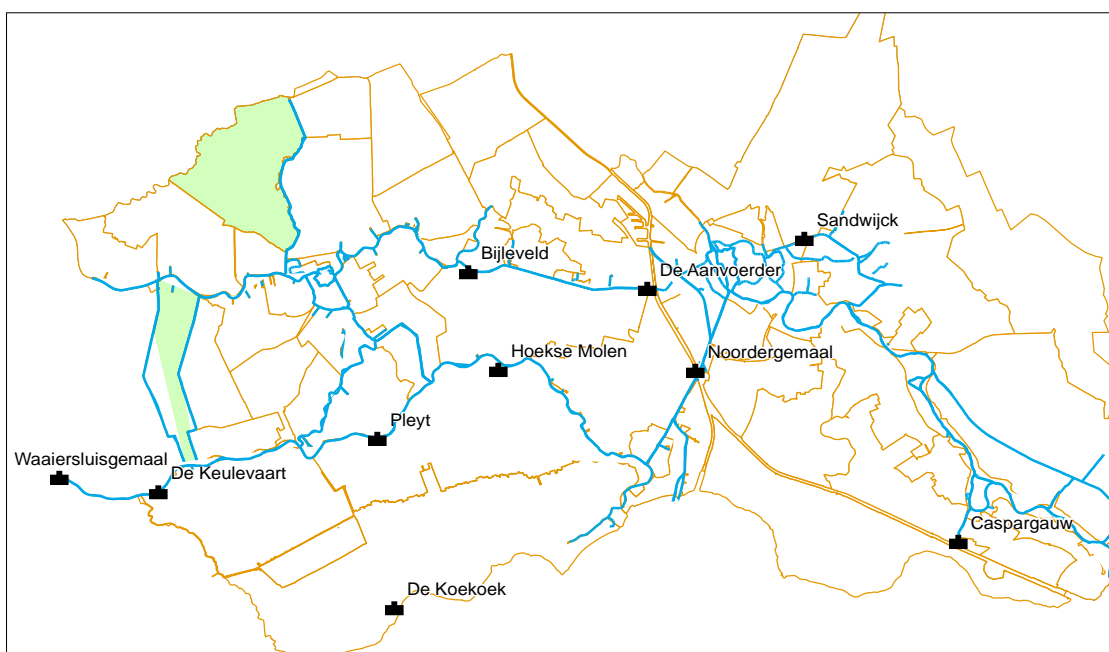
De aanvoer van water vindt plaats:

- Vanuit de Nederrijn naar de Kromme Rijn via de inlaat bij Wijk bij Duurstede.
- Vanuit de Lek via de Oude Sluis in Vreeswijk naar het Merwedekanaal.
- Via de Waaiersluis bij Gouda naar de Gekanaliseerde Hollandse IJssel.
- Vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal via het Noordergemaal naar het Merwedekanaal.
- Vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal via de Leidsche Rijn en de Haanwijkersluis naar de Oude Rijn.
- Vanuit de Lek via inlaat nabij gemaal de Koekoek.
- Vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal naar de Kromme Rijn via gemaal Caspargauw.

De aanvoer vindt onder normale omstandigheden plaats onder vrij verval. Bij een watertekort kunnen het Noordergemaal, gemaal Caspargauw en gemaal de Aanvoerder worden ingezet (zie Figuur 10 voor de voor deze studie ter zake doende gemalen).



Figuur 9: Afvoer en inlaat van water in het hoofwatersysteem van HDSR



Figuur 10: De voor deze studie ter zake doende gemalen

4.1.3 WATERLICHAMEN

Waterlichamen zijn de ruimtelijke eenheden (zoals beken, meren, kanalen en grondwatersystemen) waarvoor op basis van de Kaderrichtlijn Water doelstellingen worden geformuleerd, maatregelen worden opgenomen in uitvoeringsprogramma's en de monitoring plaatsvindt.

De waterlichamen in het beheergebied van HDSR zijn de hoofdwatergangen in haar watersysteem.

De volgende waterlichamen worden beschouwd in het kader van deze studie:

1	NL14_01	Langbroekerwetering
2	NL14_02	Kromme Rijn
3	NL14_05	Biltse Grift
4	NL14_07	Merwedekanaal
5	NL14_08	Binnenstad Utrecht
6	NL14_10	Hollandsche IJssel
7	NL14_16	Leidsche Rijn
8	NL14_22	Wiericke's
9	NL14_24	Lange Linschoten
10	NL14_25	Montfoortse Vaart
11	NL14_27	Oude Rijn
12	NL14_29	Grecht

Deze waterlichamen zijn weergegeven in Figuur 11.

De toetsing aan de KRW vindt onder andere plaats op het zomerhalfjaargemiddelde voor Totaal-N en Totaal-P. Deze toetsing vindt in deze rapportage ook plaats voor zowel de gemeten als de berekende concentraties. De toetsing wordt uitgevoerd op de monitoringsmeetpunten en andere interessante locaties (zie Figuur 3). In Bijlage 2 is een tabel opgenomen met de toetsing van de zomergemiddelde concentratie van totaal-P en totaal-N aan de KRW-normen voor de jaren 2006 tot en met 2013.

Als de KRW-normen in een waterlichaam niet gehaald worden, wordt gekeken welke bronnen significant zijn. Een bron is in KRW-termen significant als het aandeel van de bron 10% of meer is van de totale belasting in de mengzone (afleiden ecologische Totaal-N en Totaal-P effluenteisen voor RWZI's, STOWA 2013).

4.1.4 RWZI'S

In het beheergebied van HDSR zijn 18 RWZI's aanwezig, waarvan 17 in beheer zijn van HDSR en één in beheer is bij het Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard (Haastrecht). Van deze RWZI's zijn alleen de zuiveringen die op de boezem of primaire watergangen van HDSR lozen van belang voor deze studie, omdat HDSR de vergunningverlenende instantie is. In onderstaande tabel zijn de 9 zuiveringen opgesomd met het KRW-waterlichaam (zie paragraaf 4.1.3) waarop ze lozen. Deze zijn ook weergegeven in Figuur 11 en Bijlage 1.

Naam RWZI	Naam KRW-waterlichaam
Bunnik	Kromme Rijn
De Bilt	Biltse Grift
De Meern	Leidsche Rijn
Driebergen	Langbroekerwetering
Montfoort	Gekanaliseerde Hollandsche IJssel
Oudewater	Gekanaliseerde Hollandsche IJssel
Woerden	Oude Rijn
Zeist	Biltse Grift
Haastrecht	Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

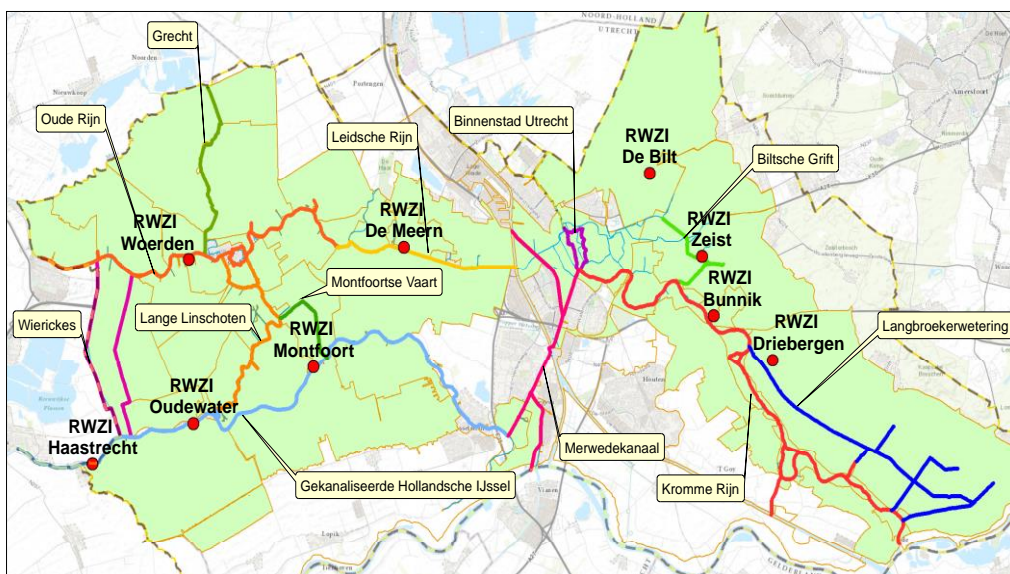
Tabel 2: Voor deze studie ter zake doende RWZI's en het ontvangende waterlichaam

De zuivering van Utrecht loost op de Vecht. De vergunningverlenende instantie voor de Vecht is AGV, derhalve is deze zuivering niet in de studie betrokken.

In de afgelopen jaren zijn de zuiveringen verbeterd. In Tabel 3 zijn de aanpassingen weergegeven.

RWZI	Jaar	Aanpassing	Beoogde effect
Woerden	2010	Nabezinktank / optimalisatie N/P verwijdering	N/P-reductie/onopgeloste bestanddelen
Zeist	2010	Zandfilter	N/P-reductie
De Bilt	2009	Zandfilter	N/P-reductie
Bunnik	2010	Optimalisatie N/P verwijdering	N/P reductie
Montfoort	2009	Verbetering recirculatie	N-reductie
De Meern	2014	Chemicaliëndosering	P-reductie
Driebergen	2013	Optimalisatie biologische P-verwijdering	P-reductie

Tabel 3: Aanpassingen RWZI's op "eigen water" na 2007



Figuur 11: Ligging zuiveringen en voor de studie relevante waterlichamen (zie bijlage 1 voor grotere tekening)

4.2 WATERKWANTITEIT

Op diverse locaties in het watersysteem worden door HDSR metingen gedaan. Het waterpeil wordt vaak voor en achter belangrijke kunstwerken bepaald. De debieten worden op verschillende manieren bepaald. Doormiddel van debietmetingen met een akoestische debietmeter, bij gemalen op basis van draaiuren en capaciteit of bijvoorbeeld bij stuwen en inlaten doormiddel van berekeningen gebaseerd op waterpeil stuwhoogte of de grote van de inlaat opening. In het algemeen worden de debieten van akoestische debietmeters meer vertrouwd dan de berekende debieten op basis van de gemonitorde peilen en klep/stuwstanden.

De afvoer uit de afvoergebieden is berekend door HDSR in afvoergebied-analyses. In deze analyses is het afvoerdebit bepaald op basis van de poldergemalen of stuwstanden.

Hierbij is er voor gekozen om het debiet te verdelen over vijf bronnen:

1. Inlaatwater naar het afvoergebied toe.
2. Af- en uitspoeling Bodemwater, water vanuit het freatische grondwater. Drainage vanuit de landbouw hoort ook onder deze post.
3. Neerslag op open water.
4. Kwel vanuit eerste watervoerende pakket.
5. Overstort.

Voor de bepaling van het lozingsdebit vanuit de afvoergebieden is bij deze analyses een snelle overgang van zomer- naar winterpeil en vice versa gebruikt. Dit geeft in deze overgangsperioden verschillen met modelresultaten en de praktijk (zie tekstblok "Instellen zomer- en winterpeil").

Naast de gegevens uit de afvoergebieden is gebruik gemaakt van

- de effluentgegevens (bron: meetgegevens HDSR).
- de neerslag op de boezemland en -water (Binnenstad Utrecht, Woerden en gebied direct grenzend aan de Kromme Rijn. Voor de werkwijze: zie Bijlage 3.3).
- externe inlaat gegevens (bron: data RWS).

Alle relevante meetgegevens in het hoofdsysteem zijn per meetpunt opgenomen in Bijlage 2.

Vanwege droogte in 2011 zijn de kleinschalige water aanvoervoorzieningen (KWA) toegepast. Tijdens deze periode wordt vanuit het Amsterdam Rijnkanaal en de Lek water doorgevoerd via de sluis bij Bodegraven naar Rijnland. Vanwege deze doorvoer functioneert het watersysteem van HDSR in deze periode anders dan in reguliere droge perioden. In deze studie is er voor gekozen om het functioneren van de KWA niet volledig in het model te verwerken. Dit heeft met name invloed op de berekende debieten in 2011 in het westen van HDSR.

Instellen zomer- en winterpeil; verschil tussen modelresultaten en praktijk

In grote delen van het beheergebied worden zomer- en winterpeilen gehanteerd. De zomerpeilen zijn hoger dan de winterpeilen, om de gewassen van voldoende water te voorzien. De winterpeilen zijn relatief laag om extra berging in open water beschikbaar te hebben voor het opvangen van overtollige neerslag.

In de modelberekeningen is de overgang van winter- naar zomerpeil in alle gebieden veelal tegelijk op in april of begin mei. De overgang van zomer- naar winterpeil is eveneens veelal gelijk in oktober of begin november. Dit zorgt ervoor dat er op de overgang van winter- naar zomerpeil overal tegelijk een peilopzet plaatsvindt, waardoor er ineens veel water vanuit de boezem wordt ingelaten, zeker als er op dat moment geen of weinig neerslagoverschot is. Dit leidt in de berekeningen soms tot overdreven stromingssituaties in de boezem als gevolg van de grote inlaathoeveelheden.

Omgekeerd treedt er bij de overgang van zomer- naar winterpeil een peilverlaging op, waardoor ineens veel water uit de polders naar de boezem wordt afgevoerd.

In de praktijk gaat de overgang tussen zomer en winterpeil en vice versa meer geleidelijk, met maximaal circa 5 cm per dag. Hierbij wordt nadrukkelijk rekening gehouden met de weersomstandigheden in de voorafgaande periode en de voorspellingen voor de komende dagen. Hierdoor kan de overgang in de praktijk meerdere dagen tot weken in beslag nemen. Ook het moment van omschakelen kan hierdoor variëren van jaar tot jaar en van gebied tot gebied. Als bijvoorbeeld in september de situatie behoorlijk nat is, en er wordt ook nog neerslag voorspeld, kan er besloten worden om alvast over te gaan op winterpeil om zo te natte omstandigheden en wateroverlast te voorkomen. Dit betekent dat de inlaathoeveelheden bij de overgang naar zomerpeil veel minder zijn dan in de modelberekeningen, en ook over een langere periode worden verspreid. Hetzelfde geldt voor de afvoerhoeveelheden bij de overgang naar winterpeil.

4.3 WATERKWALITEIT

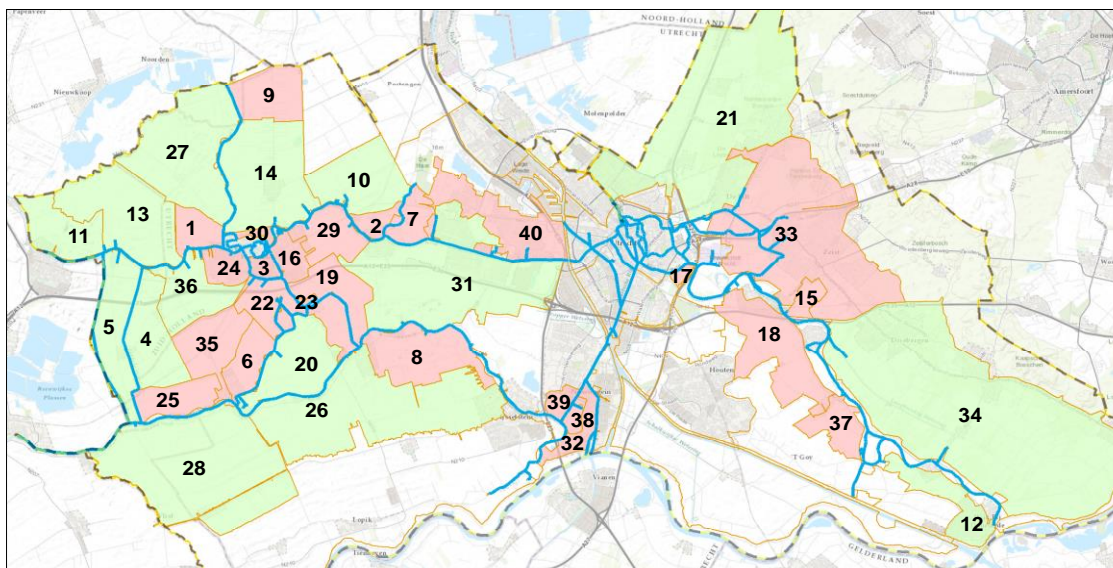
Voor een groot aantal afvoergebieden heeft HDSR naast een waterbalans een stoffenbalans opgesteld. In deze stoffenbalansen wordt berekend hoeveel nutriënten het gebied in- en uitgaan. De posten waarin bij de stoffenbalansen onderscheid wordt gemaakt zijn:

- Interne inlaat (bron: polderanalyses HDSR).
- Bodem (bron: polderanalyses HDSR).
- Neerslag (bron: polderanalyses HDSR).
- Kwel/wegzijing (bron: polderanalyses HDSR).
- Overstort (bron: polderanalyses HDSR).
- Denitrificatie (bron: polderanalyses HDSR).
- Nalevering waterbodem (bron: polderanalyses HDSR).
- Erf afspoeling (bron: polderanalyses HDSR).

Voor deze studie zijn de lozingsgegevens per afvoergebied gebruikt. De lozingsgegevens zijn in drie categorieën ingedeeld:

1. Interne inlaat: is de fractie water vanuit het hoofdwatersysteem van HDSR dat oorspronkelijk in het gebied is ingelaten.
2. Bodem: is de fractie vanuit drainage, is bij landbouwgebieden de fractie waarin de nutriënten van bemesting en uitspoeling in zitten.
3. Overig: Dit is de fractie waarin de overige fracties zijn gebundeld. Dit zijn dus neerslag, kwel, overstort en de vrachten vanuit nalevering en erfafspoeling.

Omdat niet voor alle afvoergebieden een stoffenbalans is opgesteld, zijn er voor de andere gebieden de kwalitatieve gegevens gebruikt van vergelijkbare gebieden. In onderstaande Figuur 12 staan in groen aangegeven welke gebieden zijn berekend en in rood de gebieden waarvoor vervangende kwalitatieve waarden zijn gebruikt. In Tabel 4 is aangegeven voor welk gebied op aangegeven van het Hoogheemraadschap welke vervangende waarden zijn gebruikt.



Figuur 12: Afvoergebieden lozend op de boezem waarvoor een stoffenbalans is berekend (groen). Nummers corresponderen met de nummers in tabel 4.

De stofbalansen van de afvoergebieden zijn opgesteld voor de periode 2007 tot en met 2011. Voor de jaren 2005, 2006 en 2012 zijn gemiddelde waarden van de wel berekende jaren genomen. Dit kan invloed hebben op de voorspellende waarde van het model. Bepaalde gebeurtenissen die de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden (hevige neerslag, droogte, etc.) in de jaren 2005, 2006 en 2012 komen hierdoor niet terug in de berekende vrachten (maar wel in de debieten).

Naast de posten uit de stoffenbalansen van HDSR zijn bij de conservatieve berekeningen de volgende posten onderscheiden:

- Neerslag op boezem (Voor de werkwijze: zie Bijlage 3.3).
- Effluent per RWZI (bron: HDSR).
- Externe inlaat per rivier/kanaal (Lek, Neder-Rijn, ARK, Hollandsche IJssel. Bron: RWS).

Nr	Naam afvoergebied	Stoffenbalans berekend	vervangend
1	Rietveld	nee	Meije Polder
2	Oudeland en Indijk	nee	Gerverscop
3	Middelland	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
4	Westeinde van Waarder	ja	
5	Lange Weide	ja	
6	Noord-linschoten	nee	Snelrewaard
7	Harmelerwaard	nee	Bijleveld West
8	De Hoekse Molen	nee	Snelrewaard
9	Oud Kamerik	nee	Zegveld
10	Gerverscop	ja	
11	Noordzijdepolder	ja	
12	Wijk bij Duurstede en Ossenwaard	ja	
13	Meije Polder	ja	
14	Kamerik-Teylingens	ja	
15	Blikkenburg	nee	Langbroekerwetering/Amerongen
16	Snel en Polanen	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
17	Maarschalkerweerd	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
18	Tureluur	nee	Wijk bij Duurstede en Ossenwaard
19	Rapijnen	nee	Snelrewaard
20	Snelrewaard	ja	
21	Maartensdijk	ja	
22	Wulverhorst	nee	Snelrewaard
23	Overvliet	nee	Snelrewaard
24	Molenvliet	nee	Snelrewaard
25	Hekendorp	nee	Westeinde van Waarder
26	De Pleyt	ja	
27	Zegveld	ja	
28	De Keulevaart	ja	
29	Breeveld en Haanwijk	nee	Bijleveld West
30	Gravensloot	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
31	Bijleveld West	ja	
32	Fokkesteeg/Hoog-Zandveld	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
33	Zeist e.o.	nee	Maartensdijk
34	Langbroekerwetering/Amerongen	ja	
35	Papekop	nee	Westeinde van Waarder
36	Barwoutswaarder	ja	
37	Lubbersloot	nee	Wijk bij Duurstede en Ossenwaard
38	Oudegein	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht
39	Doorslag	nee	Galecop
40	Vinex Leidsche Rijn	nee	Wulven/Zuid-Oost Utrecht

Tabel 4: Afvoergebieden waarvan de stoffenbalans is berekend en de gebruikte vervangende gegevens in het geval de stoffenbalans voor het gebied niet is berekend (nummers corresponderen met gebieden op de kaart)

5

Resultaten berekeningen

5.1 RESULTATEN PER WATERLICHAAM

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de berekeningen per waterlichaam besproken. De interactieve tool die bij dit rapport is geleverd, geeft de mogelijkheid om per meetpunt, per stof en per jaar te analyseren hoe de gemeten waardes zich verhouden met de berekende resultaten. Daarnaast geeft de tool de mogelijkheid de herkomst van de nutriënten te traceren. Om de omvang van deze rapportage beperkt te houden worden de resultaten beperkt gepresenteerd en wordt met name ingegaan op de nutriënten die uit de RWZI's komen. De tool geeft echter veel meer mogelijkheden om nadere analyses te maken in herkomst van inlaatwater, drainage water en overige bronnen.

De resultaten worden gepresenteerd in verschillende grafieken vanuit het 'dashboard' van de interactieve tool. In het dashboard worden in de eerste grafiek links boven van een gekozen jaar (2005 tot en met 2012) en locatie (meetpunt in waterlichaam) de volgende zaken weergegeven:

- Gemeten concentratie van de gekozen stof (Totaal-P of Totaal-N).
- Berekende gemiddelde verblijftijd (lopend gemiddelde van 1 week) van het water ter plaatst van het gekozen meetpunt.
- Berekende concentratie van gekozen stof.
- Herkomst van concentratie gekozen stof (Bodem, externe inlaat, interne inlaat RWZI, boezem en overig).
- KRW normen (huidig en vanaf 2015).

De berekende verblijftijd geeft een indicatie in hoeverre het model geschikt is voor voorspellingen van de concentraties op de gekozen locatie (zie paragraaf 3.2). In het algemeen wordt een vuistregel van 14 dagen gehanteerd. Als de verblijftijd langer wordt dan 14 dagen, gaat de voorspellende waarde van het model achteruit en kunnen de gemodelleerde waarden minder met de gemeten waarden overeenkomen.

In de drie taartdiagrammen rechtsboven wordt het totaal gemiddelde en het winter- en zomergemiddelde van de gekozen stof op de gekozen meetlocatie weergegeven. De taartdiagrammen zelf zijn van de berekende concentraties. Bij de grafiek is zowel het gemiddelde van de berekening als van de meetgegevens weergegeven.

De onderste twee grafieken geven een uitsplitsing van de geselecteerde bron naar herkomst. In deze rapportage is dat in veel gevallen het effluent. Als de bron op een bepaald moment niet aanwezig is in het water wordt dit met grijs aangegeven met als label 'geen'.

Omdat er in 2009 en 2010 meerdere RWZI's zijn verbeterd en in 2011 vanwege de droogte de KWA heeft aangestaan en daardoor de waterkwaliteit minder goed is gemodelleerd, is er in de meeste gevallen voor

gekozen het jaar 2012 bij de bespreking van de resultaten te presenteren. De resultaten van 2012 zijn het meest representatief voor de situatie van nu (2014).

5.2 BILTSE GRIFT

5.2.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De stroming op de Biltse Grift en Hakswetering wordt beïnvloed door het effluent vanuit de RWZI Zeist, gemaal Sandwijck en lozingsen vanuit afvoergebied Zeist e.o. Het water stroomt vanuit de Biltse Grift naar de Hakswetering waar het water over de stuw naar de Kromme Rijn gaat.

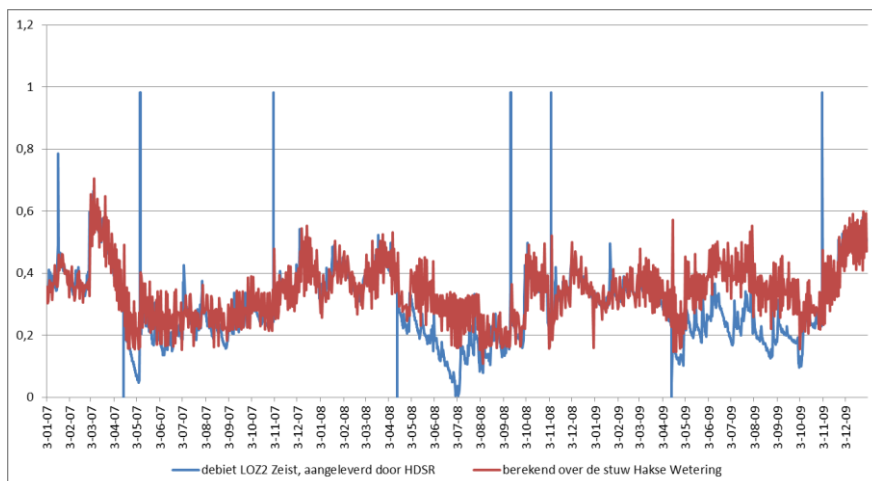
De gemiddelde verblijftijd van het water varieert in het algemeen tussen de drie en acht dagen.

De Biltse Grift met de Hakswetering zijn geen onderdeel van het boezemsysteem. Hierdoor zijn in het model voor het afvoergebied Zeist e.o. aanpassingen op de lozingsgegevens van het lozingspunt Zeist_2 gemaakt. Het debiet over de stuw van de Hakswetering naar de Kromme Rijn volgt redelijk het gemeten debiet. Voor de periode 2007 tot en met 2009 is in Figuur 13 het verschil aangegeven. Uit het figuur wordt duidelijk dat in de zomer meer water over de stuw wordt berekend dan door HDSR is aangegeven. Dit zou kunnen als in deze periode water uit het onttrekkingspunt 2 Zeist niet alleen naar lozingspunt 2 gaat, maar ook naar lozingspunt 1. Het verschil is echter klein en hierdoor heeft het model voldoende voorspellende waarde voor het doel van dit project.

De berekende waterkwantiteit in de Biltse Grift benadert het door HDSR opgegeven debiet. Omdat voor dit gebied aanpassingen in de modelering zijn uitgevoerd en de aangeleverde gegevens zijn doorgevoerd, is niet bekend of de verdeling van de vrachten per bron kloppen met de werkelijkheid. Dit komt onder andere door wegzijging in het gebied. De kwaliteitsberekening geeft inzicht of op de manier zoals nu de kwantiteit in het model is gestopt de kwaliteit van de Biltse Grift goed kan berekenen.

Door het jaar heen bestaat het water uit de Biltse Grift voor het grootste deel uit water uit de RWZI's van De Bilt en Zeist. Hierdoor kan dit waterlichaam als een effluentsloot worden gezien.

De waterbalans van afvoergebied Zeist e.o. is moeilijk sluitend te krijgen. Dit komt doordat er veel kwel en wegzijging in het gebied is die moeilijk te kwantificeren is. Bovendien is het niet duidelijk hoe het water precies verdeeld is over de verschillende in en uitlaatpunten. Een niet sluitende waterbalans kan grote gevolgen hebben voor het kwantificeren van de vrachten in de stoffenbalans. Het is daarom aan te bevelen om een sluitende waterbalans op te stellen waarbij in de sheet van HDSR van het afvoergebied Zeist e.o. verder wordt gekeken naar de verdeling van de vrachten van de verschillende punten en de wegzijging op de verschillende lozingspunten. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met de RWZI's De Bilt en Zeist. Hiervoor is een verdere uitsplitsing van het afvoergebied Zeist e.o. gewenst.



Figuur 13: Berekende en door HDSR bepaalde debiet over de stuw bij de Hakswetering

5.2.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Biltse Grift wordt als matig beoordeeld. Zowel het totaal-N en totaal-P voldoen niet aan de KRW-normen. Echter, in 2013 voldoet de Biltse Grift voor het eerst aan de P-norm.

De Biltse Grift staat onder invloed van twee RWZI's. Gemaal Sandwijk houdt het waterlichaam op peil. Het gemaal is naast het lozingspunt van de effluentsloot van RWZI De Bilt gesitueerd. Hierdoor bestaat een belangrijk deel van het water dat gemaal Sandwijk de Biltse Grift op pompt uit effluent van de RWZI De Bilt. Het resterende deel wordt afgevoerd via het stedelijke watersysteem van de gemeenten Utrecht. RWZI Zeist loost rechtstreeks op de Biltse Grift.

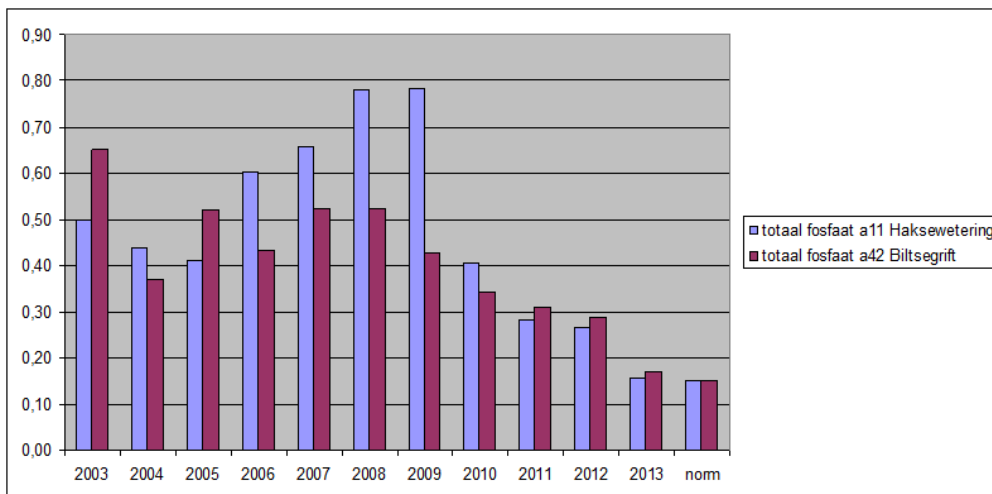
De waterkwaliteit van de Biltse Grift heeft een behoorlijke ontwikkeling door gemaakt. De verbeteringen aan de zuiveringen De Bilt en Zeist spelen daarbij een belangrijke rol. In Figuur 14 en Figuur 15 is de dalende trend zichtbaar. Het aanpassen van de RWZI's van Zeist en van De Bilt is opgenomen als KRW-maatregel in het eerste stroomgebiedsbeheersplan. In Tabel 5 zijn de N- en P-vrachten weergegeven van de jaren voor en na de aanpassing van de zuivering.

Nr.	Naam RWZI	Jaar van verbouwing	Vrachten	2006	2007	2008	2009	2010	2011
				3	De Bilt	2009	N-totaal 12	228 15	237 19
17	Zeist	2008	N-totaal 13	156 17	167 17	148 20	153 21	99 11	127 13

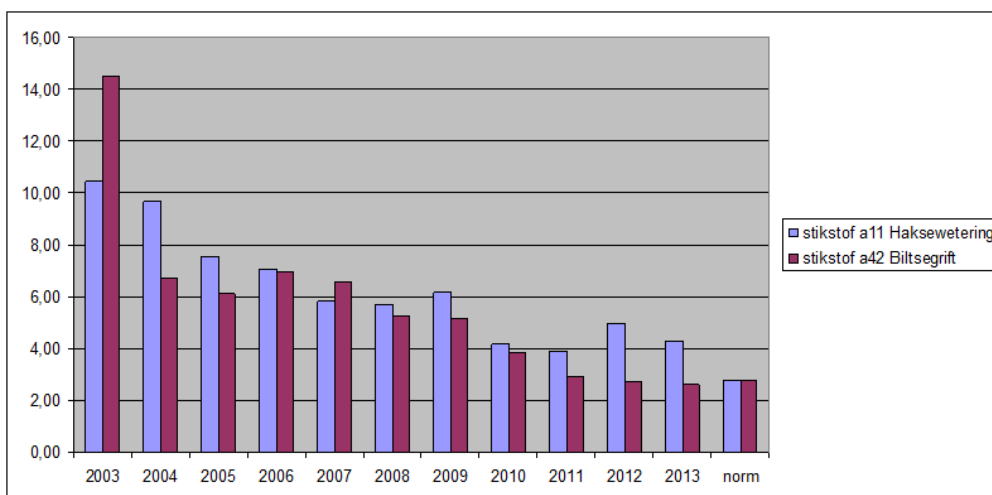
Tabel 5: N- en P-vrachten van de RWZI's van De Bilt en Zeist voor en na de verbouwing (in tonnen).

De RWZI van De Bilt laat een grote afname zien van de N- en P-vracht na aanpassing van de RWZI in 2009. Voor de RWZI van Zeist is de reductie van de vracht minder duidelijk voor zowel Totaal-N als Totaal-P. Blijkbaar werkt de zandfilter nog niet goed. Na een optimalisatie in 2012 scoort de RWZI "zeer goed". Met deze maatregelen neemt de belasting van nutriënten op de Biltse Grift en de verder stroomafwaarts gelegen watergangen behoorlijk af. In 2013 voldoet de Biltse Grift voor het eerst aan de P-norm.

Omdat 2013 niet in deze studie is meegerekend, moet opgepast worden met conclusies trekken op basis van de berekeningen. De trend in de verbetering lijkt namelijk door te zetten.



Figuur 14: Trend in de concentratie Totaal-P (mg/l) in de Biltse Grift en Hakswetering



Figuur 15: Trend in de concentratie N (mg/l) in de Biltse Grift en Hakswetering

Resultaten

De berekeningsresultaten volgen de gemeten resultaten redelijk tot goed. Voor Totaal-N is de overeenkomst tussen de gemeten en berekende concentraties groter. In de resultaten is door de jaren heen duidelijk een verbetering van de waterkwaliteit zichtbaar. De berekeningsresultaten van 2012 fitten minder goed dan voorgaande jaren. Mogelijk komt dit doordat voor dit jaar de gemiddelde concentraties zijn gebruikt van 2007 tot en met 2011. Uit de figuur blijkt dat de RWZI Zeist in de winter van 2011/2012 stil heeft gelegen.

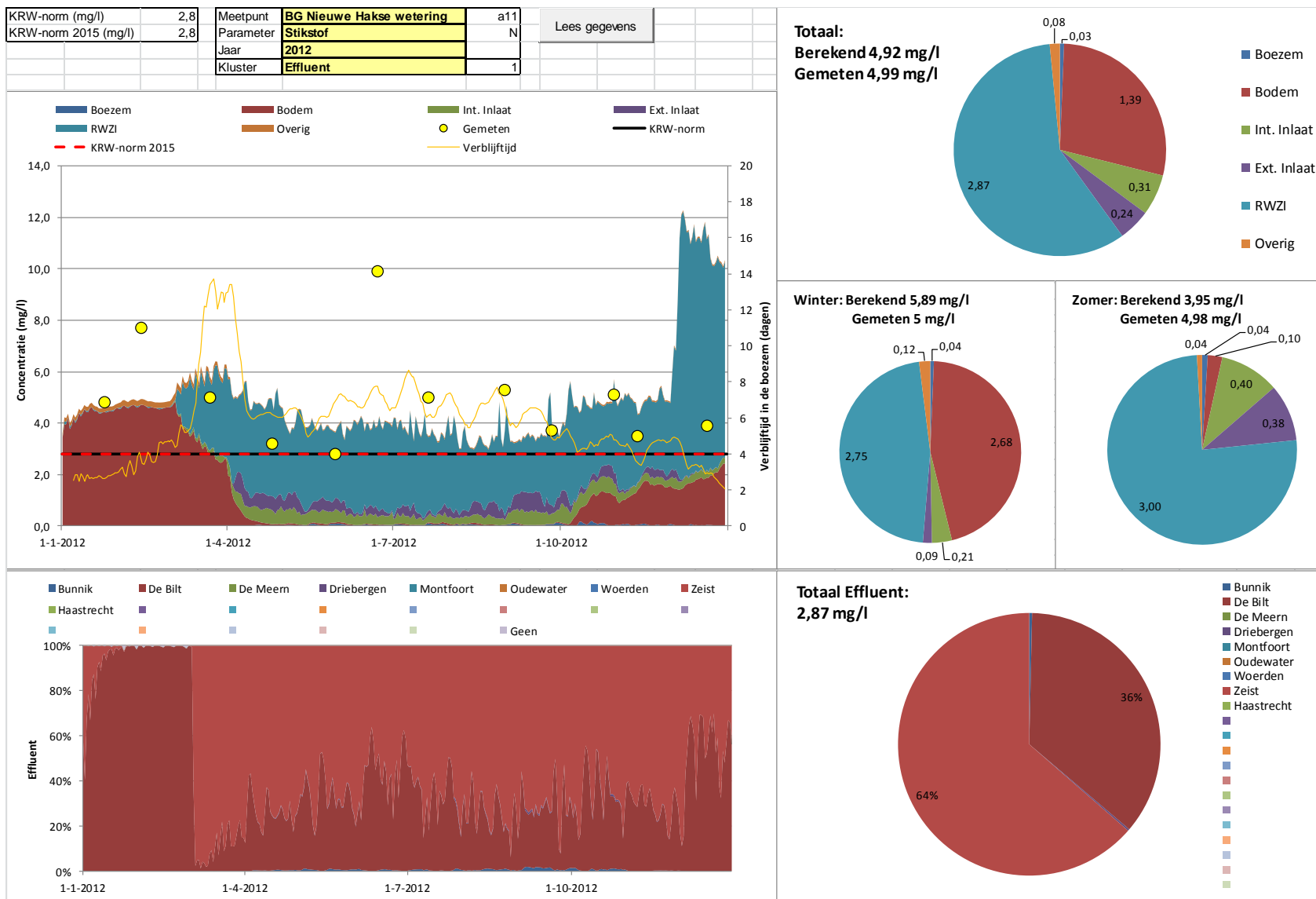
De gemiddelde concentraties van de gemeten waarden worden voor de zomer beïnvloed door de meting in juni. Zowel bij Totaal-P als Totaal-N is een verhoogde waarde gemeten.

Op de Hakswetering is het aandeel van het effluent op de totale belasting 76% en 75% voor respectievelijk Totaal-N en Totaal-P in de zomer.

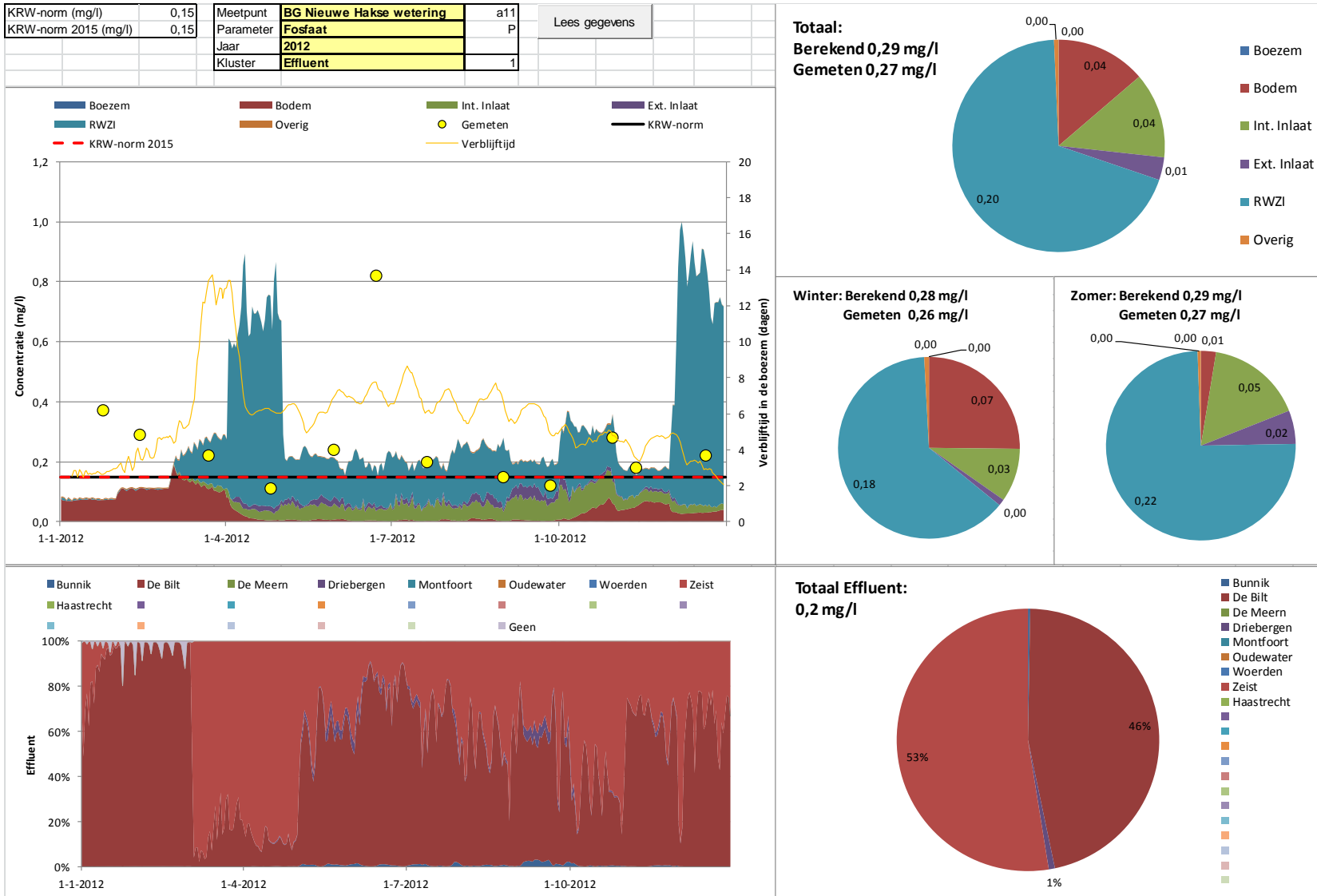
Van de totale N-belasting uit de RWZI is circa een derde afkomstig uit de RWZI van De Bilt en twee derde uit de RWZI van Zeist (zie figuur 16).

Conclusies

De waterkwaliteit in de Biltse Grift is de laatste jaren aanzienlijk verbeterd door aanpassingen aan de RWZI's De Bilt en Zeist in 2008 en 2009. Uit de berekeningen en metingen blijkt dat de waterkwaliteit dusdanig is verbeterd dat vanaf 2013 voor Totaal-P de waterkwaliteit rond de KRW-norm fluctueert. Voor Totaal-N zitten de concentraties nog boven de norm rond de 4 mg/l. Verbetering van het oppervlaktewater kan op deze locatie alleen met maatregelen die verband houden met het effluent. Dit kan door verbetering van de waterkwaliteit van het effluent of door minder effluent op het waterlichaam te lozen. De berekeningen voor de Biltse Grift laten zien dat een reductie van 40 % nodig is om aan de N-norm te voldoen. Aangezien twee derde van de vracht van de RWZI van Zeist afkomstig is, lijkt een optimalisatie bij deze RWZI het meest doelmatig. Het water bij het lozingspunt van RWZI De Bilt (monsterpunt a42) voldoet al aan de KRW-norm.



Figuur 16: Meetpunt a11, Hakswetering Totaal-N voor 2012



Figuur 17: Meetpunt a11, Hakswetering Totaal-P voor 2012

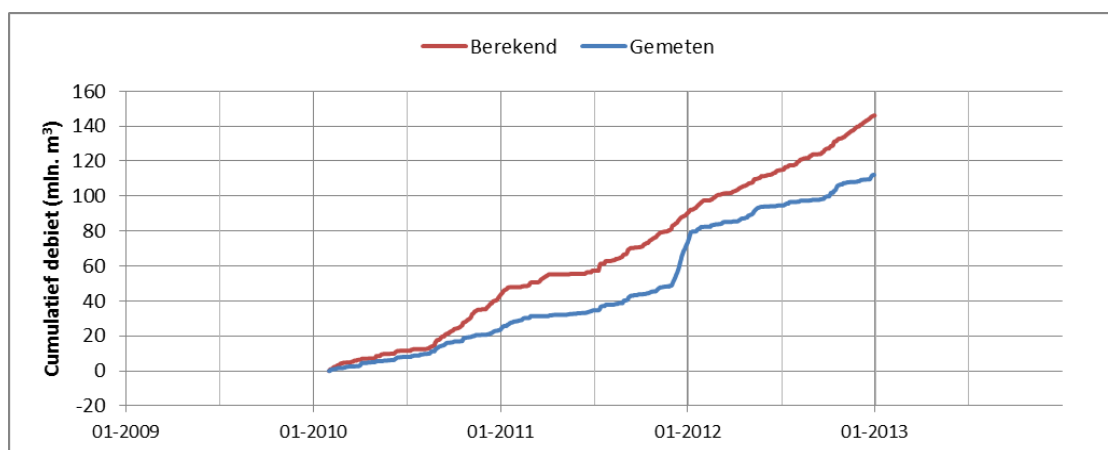
5.3 BINNENSTAD UTRECHT

5.3.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De waterkwantiteit in de binnenstad van Utrecht wordt door diverse factoren bepaald. De uitgaande stromingen worden bepaald door de sluis bij Oog in Al, de Weerdsluis, het Westriool en stroming richting de Doorslag. Water wordt aangevoerd vanuit de Kromme Rijn, en de Vaartse Rijn, via het Merwede Kanaal. Daarnaast staat het debiet en de stroming in mindere mate onder invloed van het effluent van zuivering De Bilt (dat via het stedelijke watersysteem van de stad Utrecht naar de Vecht wordt doorgevoerd) en het gemaal Sandwijck, dat water nabij het uitlaatpunt van de effluentsloot van de RWZI De Bilt de Biltse Grift op pompt richting Zeist, waar het weer via de stuw in de Hakswetering op de Kromme Rijn terecht komt.

De gemiddelde verblijftijd van het boezemwater is kort. Door de stroming van de Kromme Rijn is de verblijftijd maar 3 tot 4 dagen.

De gemonitorde debieten van de Weerdsluis en het Westriool zijn in het model opgedrukt. Oog in Al wordt met diverse sturingsregels gestuurd (zie Bijlage 3.21). Voor Oog in Al is een beperkte gemonitorde reeks aanwezig. Uit recente meetgegevens van HDSR blijkt dat de gemonitorde debieten bij Oog in Al in het verleden te laag zijn berekend. In het model is daarom naar een hoger berekend debiet gestreefd. Het peil wordt in het model bij Oog in Al circa 3 centimeters hoger gehouden dan in de gemonitorde gegevens. Uit verkennende berekeningen blijkt dat als hier het peil in het model lager wordt gezet, meer water naar Oog in Al gaat en dat er bij de Waaiersluis meer water moet worden ingelaten. Uit de debietgegevens bij de Doorslag, blijkt dat in het model nog te veel water richting Utrecht gaat. Tevens blijkt dat bij Amelisweerd minder water wordt berekend dan is gemonitord (zie hoofdstuk 5.6). Dit kan op momenten de berekende waterkwaliteit beïnvloeden. Aanbevolen wordt om de waterbalans tussen oost en west HDSR beter gemodelleerd te krijgen door meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten bij Oog in Al, de schut- en lekverliezen bij de sluizen en door de waterbalans van de Kromme Rijn kloppend te krijgen.



Figuur 18: berekend en gemeten debiet bij Oog in Al

5.3.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Binnenstad Utrecht wordt als goed beoordeeld. Zowel het totaal-N en totaal-P voldoen sinds 2011 aan de KRW-normen.

De waterkwaliteit van de binnenstad Utrecht wordt beïnvloed door veel factoren. Zo zijn er de RWZI's De Bilt, Zeist, Bunnik, en Driebergen. Maar ook de westelijke RWZI's kunnen invloed hebben door doorvoer van water door het sifon onder het Amsterdam Rijnkanaal, via het Merwede Kanaal en de Vaartse Rijn. De grachten worden sterk doorspoeld met water vanuit de Neder-Rijn die via de Kromme Rijn wordt aangevoerd en weer via de Weerdsluis wordt doorgevoerd naar de Vecht.

Het effluent vanuit de RWZI De Bilt beïnvloedt de waterkwaliteit in de binnenstad via twee routes:

4. Vanuit de effluentsloot direct naar het westen toe via het stedelijke watersysteem van de stad Utrecht naar de Vecht.
5. Via gemaal Sandwijck, waar het effluent de Biltse Grift op wordt gepompt en bij de stuw van de Hakswetering samen met het effluent van RWZI Zeist op de Kromme Rijn uit komt.

Resultaten

Ondanks dat er een afwijking in het berekende debiet zit dat vanuit de Kromme Rijn en vanuit de Doorslag komt, worden de concentraties redelijk goed berekend. Zichtbaar is dat door de jaren heen de water kwaliteit van het oppervlaktewater in de binnenstad van Utrecht steeds iets verbeterd. Vanaf 2011 voldoet het zomergemiddelde aan de KRW norm bij de Bakkerbrug. Bij de Rode brug bij de Vecht is door een uitschieter in de meetreeks het gemeten zomergemiddelde net iets te hoog.

Uit de figuur blijkt dat de RWZI Zeist in de winter van 2011/2012 stil heeft gelegen.

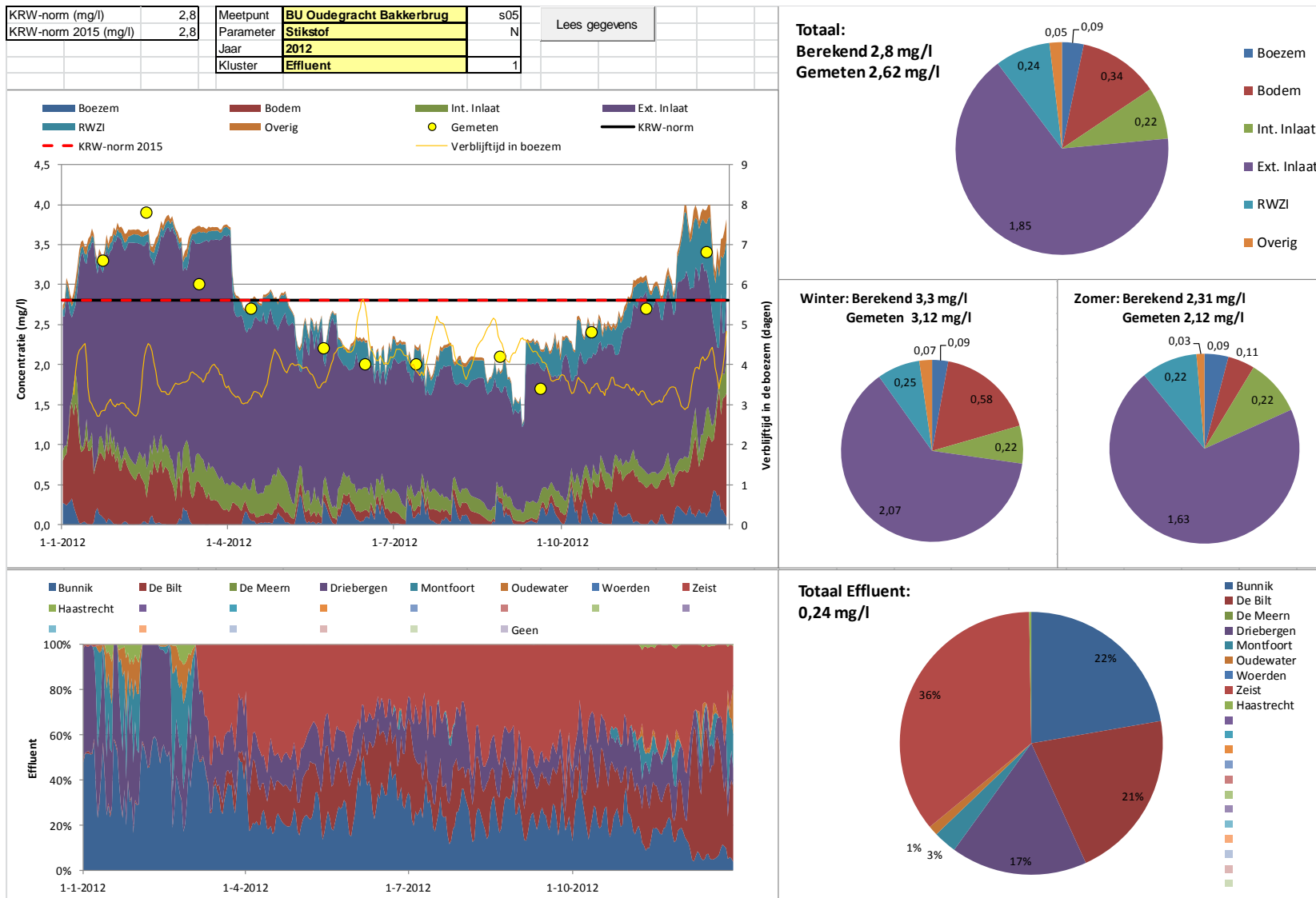
Uit de herkomst grafieken blijkt dat de herkomst van het effluent een cocktail is. De vier oostelijke RWZI's hebben de meeste invloed (>95%) op de waterkwaliteit. De invloed van westelijke RWZI's (Montfoort en Oude Water) is erg beperkt.

Naast de RWZI's en het externe inlaatwater wordt de kwaliteit beïnvloed door de fractie bodem. Deze fractie komt met name uit het afvoergebied Langbroekerwetering. Uit de analyse van de resultaten van de Langbroekerwetering blijkt dat de concentratie van deze fractie mogelijk te hoog is ingeschat (zie paragraaf 5.7).

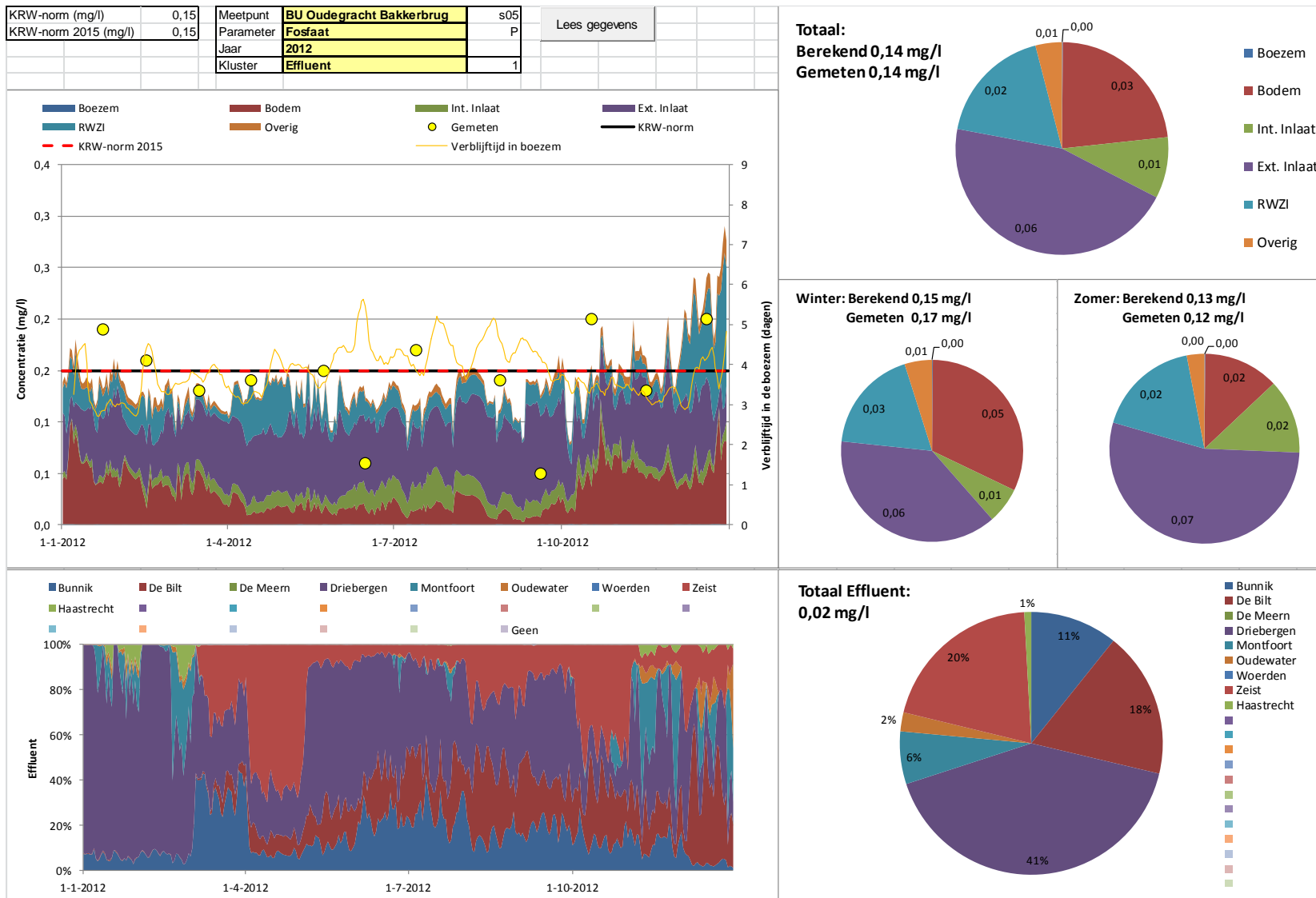
Op meetpunt Oudegracht Bakkerbrug is het aandeel van het effluent in de zomer voor Totaal-N rond de 10% en voor Totaal-P 18% van de totale belasting.

Conclusies

Door de waterbewegingen door het sifon onder het ARK staat de binnenstad van Utrecht niet alleen onder invloed van de oostelijke RWZI's. De waterkwaliteit in de binnenstad van Utrecht is de laatste jaren verbeterd door aanpassingen aan de RWZI's Bunnik, De Bilt en Zeist. Uit de berekeningen en metingen blijkt dat de gemiddelde waterkwaliteit dusdanig is verbeterd dat vanaf 2011 voor Totaal-P en Totaal-N de gemiddelde waterkwaliteit in de zomer onder de KRW-norm zit.



Figuur 19: Meetpunt S05, Oude Gracht Bakkerbrug, Totaal-N voor 2012



Figuur 20: Meetpunt S05, Oude Gracht Bakkerbrug, Totaal-P voor 2012

5.4 GEKANALISEERDE HOLLANDSCHE IJSSEL

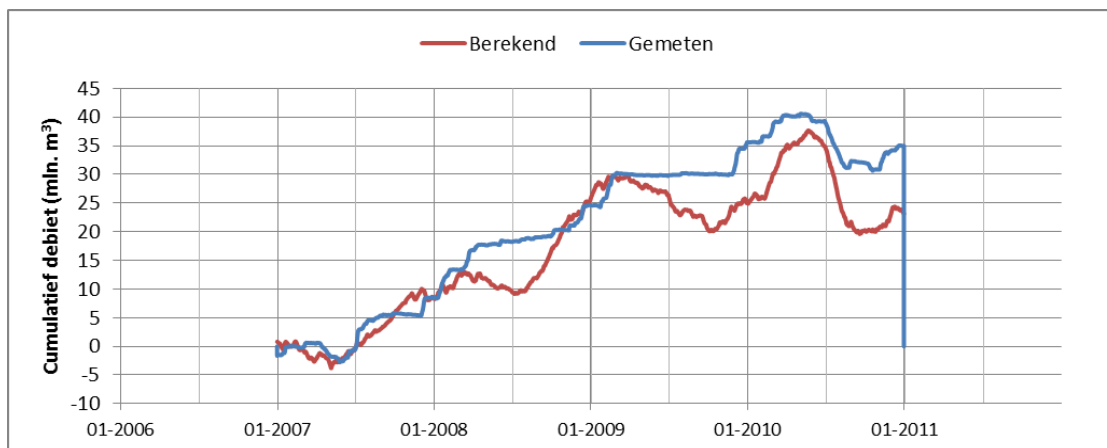
5.4.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De hydrologie van de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel (GHIJ) is complex en wordt door diverse factoren bepaald. Water komt binnen via inlaat Vreeswijk, Noordergemaal, de Waaiersluis bij Gouda en diverse lozingspunten vanuit de afvoergebieden. Belangrijk zijn de afvoergebieden uit de Lopikerwaard. Dit zijn de afvoergebieden De Keulevaart, Pleyt en Hoekse Molen. Afhankelijk van de hoeveelheid neerslag en het inlaatregime kan het water in de GHIJ zowel in westelijke als in oostelijke richting stromen. Bij water afvoer wordt zoveel mogelijk bij de Waaiersluis naar de Hollandsche IJssel geloosd. Deze afvoer is afhankelijk van het getij in de Hollandsche IJssel. Als de afvoer naar de Hollandsche IJssel te beperkt is en in het oostelijke deel van de GHIJ het water te hoog komt te staan, wordt bij Oog in Al meer water geloosd. Hierdoor ontstaat in de stroming op de GHIJ een omslag punt. Het oostelijke deel watert af via het sifon onder het ARK naar Oog in Al. Het westelijk deel loost op de Hollandsche IJssel. Bij water inlaten kunnen ook verschillende stromingen ontstaan. Normaal wordt ingelaten bij Vreeswijk en zal het water voornamelijk naar het westen stromen. Als Vreeswijk door droogte en lage rivierstanden niet voldoende kan inlaten, kan ook water bij het Noordergemaal en Waaiersluis worden ingelaten. Tevens wordt water uitgemalen bij de gemalen vanuit de Lopikerwaard (Keulevaart, De Pleyt en Hoekse Molen). Bij droogte wordt water door de Lopikerwaard doorgevoerd vanuit de inlaat nabij gemaal De Koekoek naar gemaal Keulevaart die het water op de GHIJ pompt. Verder kan als het water in Utrecht hoger staat dan op de GHIJ water vanuit de Kromme Rijn via de Vaartse Rijn en Merwede kanaal door het sifon onder het ARK naar de GHIJ stromen. Bij droogte wordt ook water doorgevoerd vanuit de GHIJ naar de Wierickes en Lange Linschoten. Door al deze factoren kunnen in de GHIJ bij water aanvoer stromingen beide kanten op ontstaan. Afhankelijk van de onttrekkingen en aanvoerpunten komen over het traject van de GHIJ omslagpunten in de stroming voor.

De gemiddelde verblijftijd van het water in de boezem varieert in de GHIJ tussen de 5 en 15 dagen.

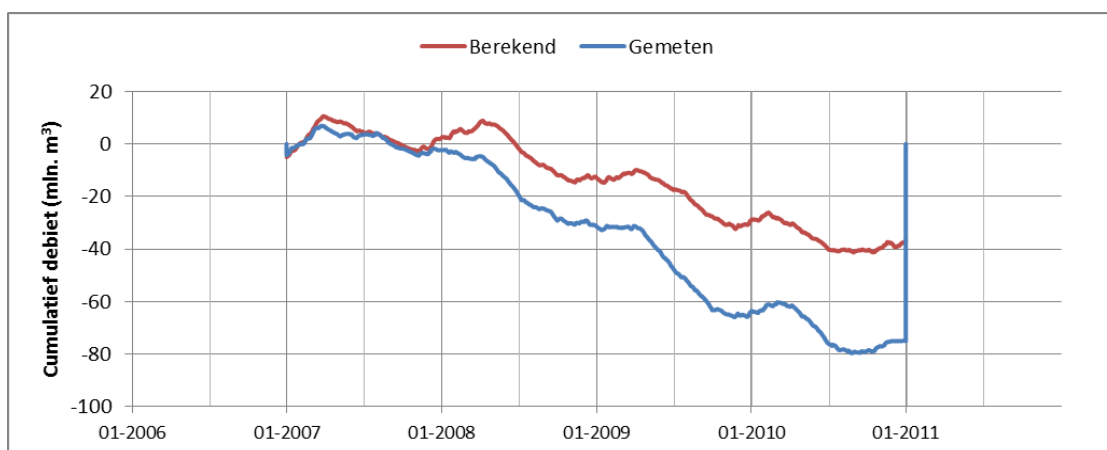
In het model is het peil bij de Waaiersluis opgedrukt. Bij de Doorslag wordt niet gestuurd. De stromingen worden op de Doorslag en Merwedekanaal veroorzaakt door sturing van andere kunstwerken zoals de Waaiersluis, Oog in Al en de Weerdsuis.

Het berekende debiet bij meetpunt Gouda (nabij de Waaiersluis) volgt redelijk het gemonitorde debiet. Alleen in de zomer wordt in het model meer water ingelaten dan uit de gemonitorde gegevens blijkt. Mogelijk komt dit door het verschil in berekend en gemeten debiet op de Kromme Rijn (zie paragraaf 5.7).



Figuur 21: berekend en gemeten debiet bij Gouda

Bij meetpunt Doorslag blijkt dat er nog te veel water richting Utrecht gaat. Het bij Vreeswijk en Noordergemaal ingelaten water gaat volgens de gemonitorde gegevens meer richting de GHIJ.



Figuur 22: Berekend en gemeten debiet bij de Doorslag

5.4.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de GHIJ wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P als matig. Het totaal-N gehalte voldoet met uitzondering van 2011 aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

De waterkwaliteit van de GHIJ wordt door diverse factoren bepaald. Belangrijke factoren zijn het externe inlaatwater vanuit de Hollandsche IJssel en de Lek, de lozingen uit de Lopikerwaard en de drie RWZI's (Haastrecht, Montfoort en Oudewater) die rechtstreeks lozen op de GHIJ.

Resultaten

Het model voorspelt de concentratie voor Totaal-N goed. In het Totaal-P zitten regelmatig afwijkingen tussen de berekende en de gemeten concentratie. Het oostelijke deel van de GHIJ staat onder invloed van andere bronnen dan het westelijke. In het westelijk deel, waar de invloed van het water vanuit afvoergebied Keulevaart en externe aanvoer Hollandsche IJssel groter is dan in het oosten, is de waterkwaliteit minder. Dit is zichtbaar in de gemeten en berekende concentraties.

Bij meetpunt Achthoven (bij Hoekse Molen, meetpunt d14) voldoet de gemiddelde waterkwaliteit zowel in de zomer als in de winter aan de KRW norm voor Totaal-N en Totaal-P. Bij meetpunt GHIJ Haastrecht (meetpunt e33) voldoet de waterkwaliteit voor Totaal-N alleen in de zomer aan de KRW-norm. Voor Totaal-P is de gemiddelde concentratie zowel in de zomer als in de winter te hoog.

Opvallend is dat op de meetpunten in de meeste jaren de concentraties in de winter hoger liggen dan in de zomer (zowel berekend als gemeten). Uit de analyse blijkt dat er in de winter meer nutriëntenrijk water vanuit de Lopikerwaard wordt gepompt en hierdoor de waterkwaliteit sterk wordt beïnvloed. Door het neerslagoverschot in de winter vindt er veel af- en uitspoeling plaats vanuit de percelen in de polders die vervolgens op de boezem wordt geloosd. Ook de waterkwaliteit van het externe inlaatwater is in de winter van mindere kwaliteit (met name Totaal-N). Dat de waterkwaliteit in het westen van mindere kwaliteit is dan in het oosten, lijkt te worden veroorzaakt door de nutriënten vanuit de Hollandsche IJssel (56% van totale concentratie in de zomer voor Totaal-N en 27% voor Totaal-P) en vanuit afvoergebied Keulevaart (zie Figuur 28 en Figuur 29. 33% van totale concentratie in de zomer voor Totaal-N en 56% voor Totaal-P).

Uit de berekeningen blijkt dat de invloed van het effluent op de waterkwaliteit in de GHIJ bij meetpunt Haastrecht beperkt is (<10%). Bij andere meetpunten in de GHIJ is deze invloed hoger, tussen de 4 en 22% en voor Totaal-P tussen de 7 en 36%.

In de toekomst komt er een lozingspunt bij van het gemaal Waardsedijk (2,5 m³/s). Hierdoor komt er meer water vanuit de landbouw in de GHIJ dan nu het geval is. De mogelijke locaties zijn weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23: Mogelijke locaties voor gemaal Waardsedijk

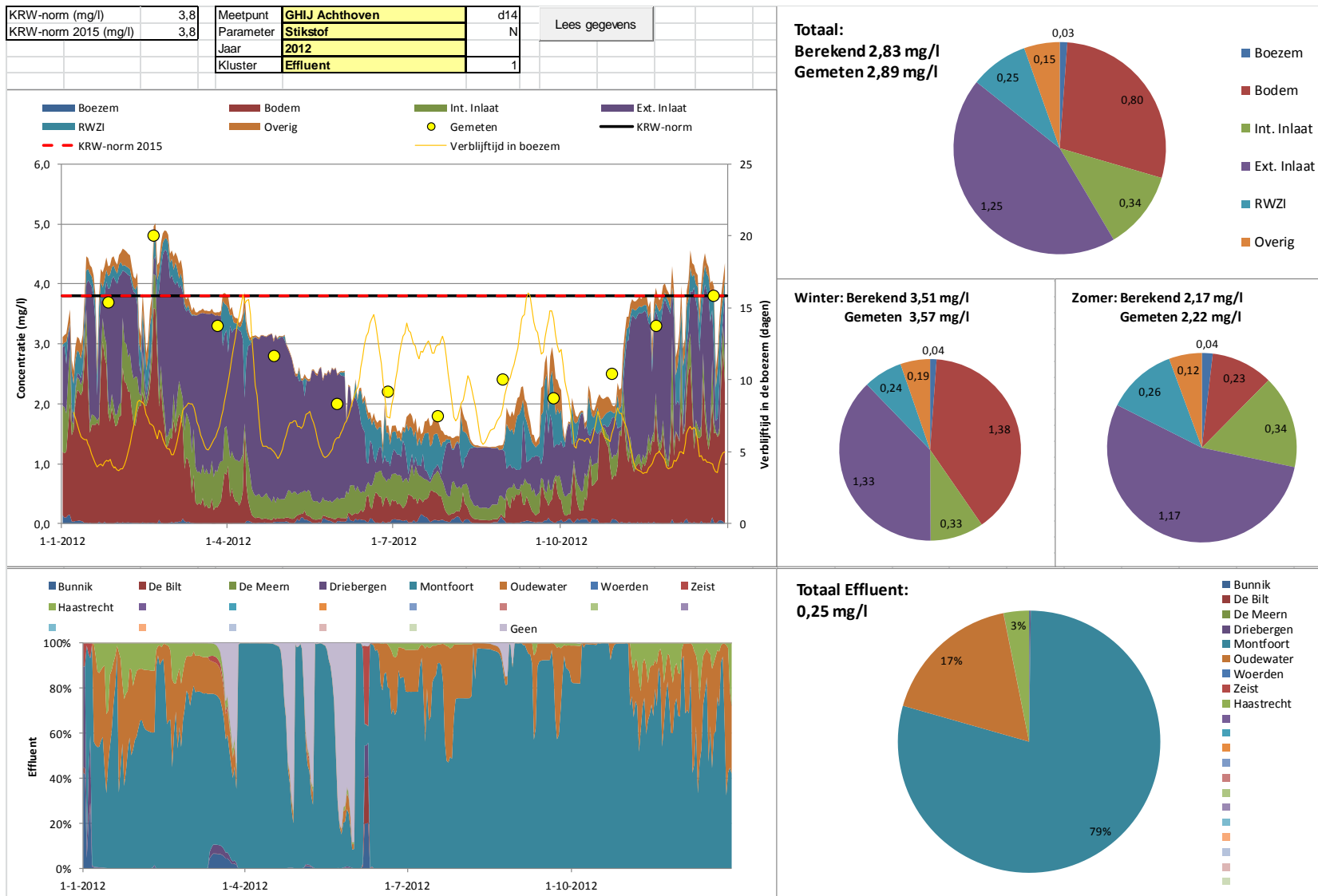
Conclusies

In het oostelijke deel van de GHIJ voldoet de gemiddelde waterkwaliteit zowel in de zomer als in de winter aan de KRW-normen. In het westelijk deel, waar de invloed van het water vanuit afvoergebied Keulevaart en externe aanvoer Hollandsche IJssel groter is dan in het oosten, is de waterkwaliteit minder. In het westen van de GHIJ voldoet alleen het Totaal-N gehalte in de zomer aan de KRW norm. De invloed van het effluent op de waterkwaliteit in het westen waar het KRW-meetpunt Haastrecht zit, is minder dan

10%. In het oosten loopt deze invloed voor Totaal-P van uit effluent op tot circa 35%. Echter hier voldoet het water aan de KRW-normen. Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit van de GHIJ moeten derhalve in eerste instantie niet worden gezocht in verbetering van de zuivering van de RWZI's. Met name de afvoergebieden en het externe inlaatwater vanuit de Hollandsche IJssel zijn bepalend voor de waterkwaliteit van het westelijke deel van de GHIJ in de zomer.

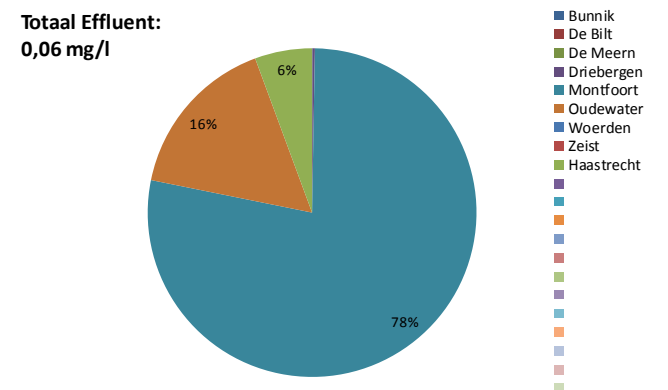
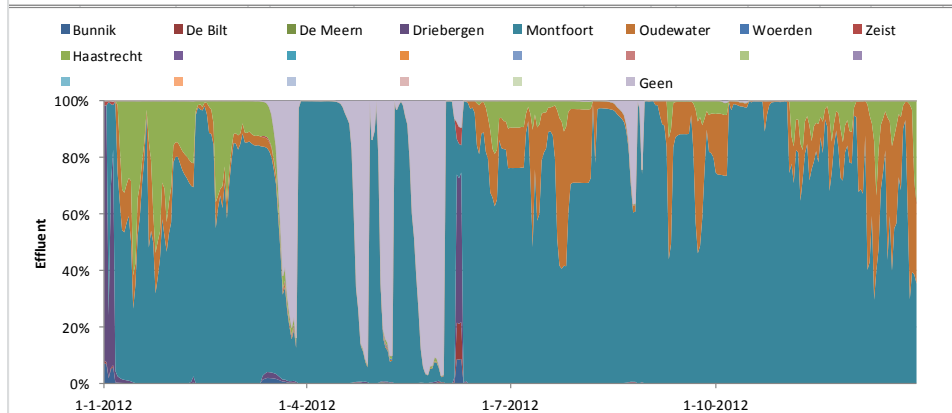
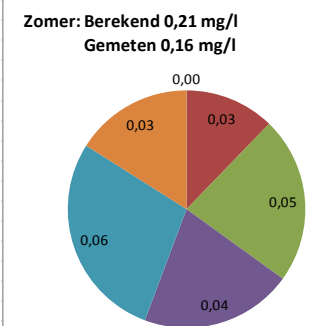
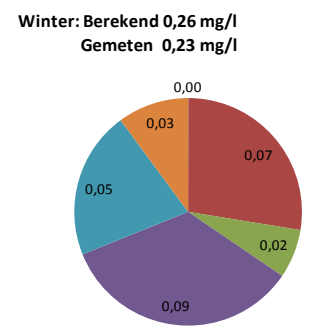
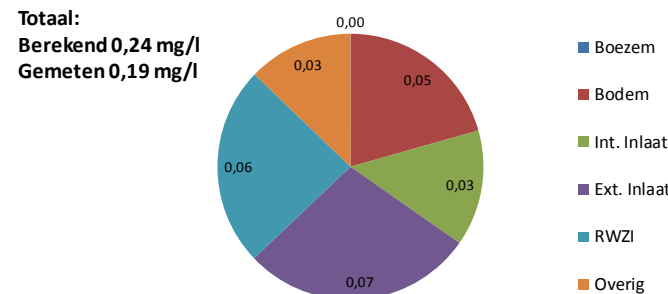
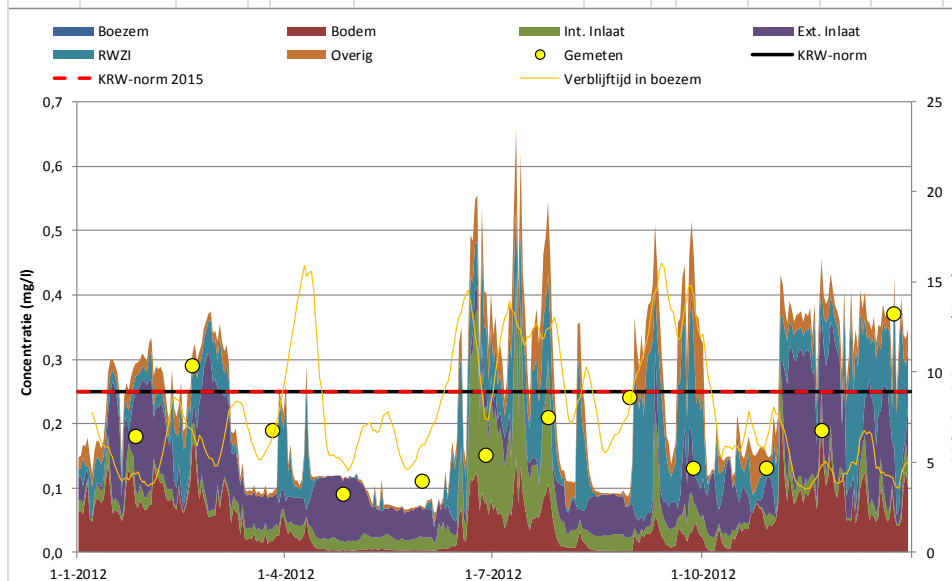
Aanbevolen wordt onderzoek uit te voeren naar de te verwachten afvoer en waterkwaliteit uit het toekomstige gemaal Waardsedijk om na te gaan of de waterkwaliteit van de GHIJ door de afvoer van het gemaal verbeterd of verslechterd.

Mogelijk zijn er kwaliteitsverbeteringen mogelijk met een ander afvoer- of doorspoelregime. Het is aan te bevelen om het model met enkele varianten door te rekenen met verschillende afvoer- en doorspoelregimes teneinde meer inzicht te krijgen wat het effect van deze maatregelen op de waterkwaliteit is.

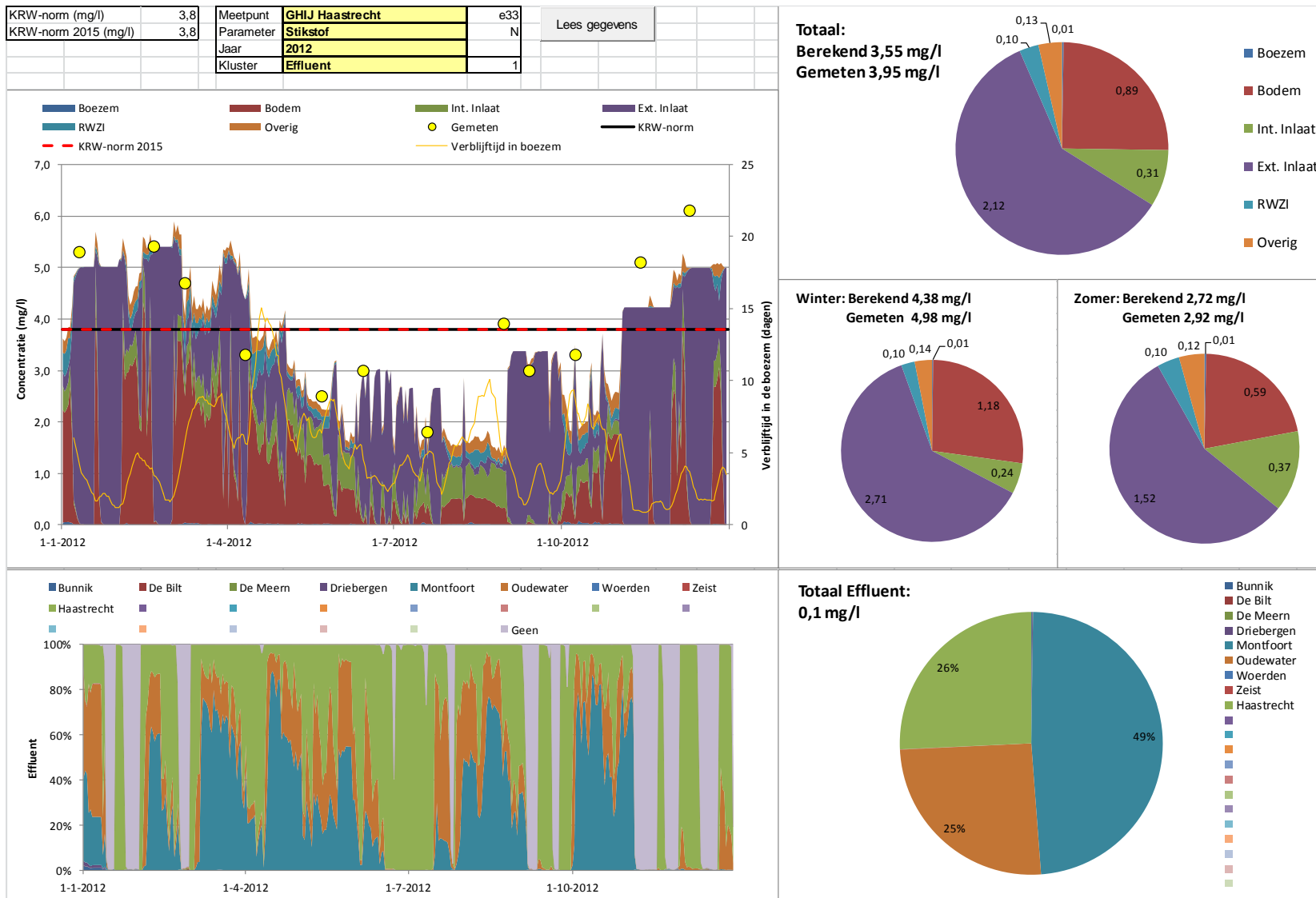


Figuur 24: Meetpunt d14, GHIJ Achthoven, Totaal-N voor 2012

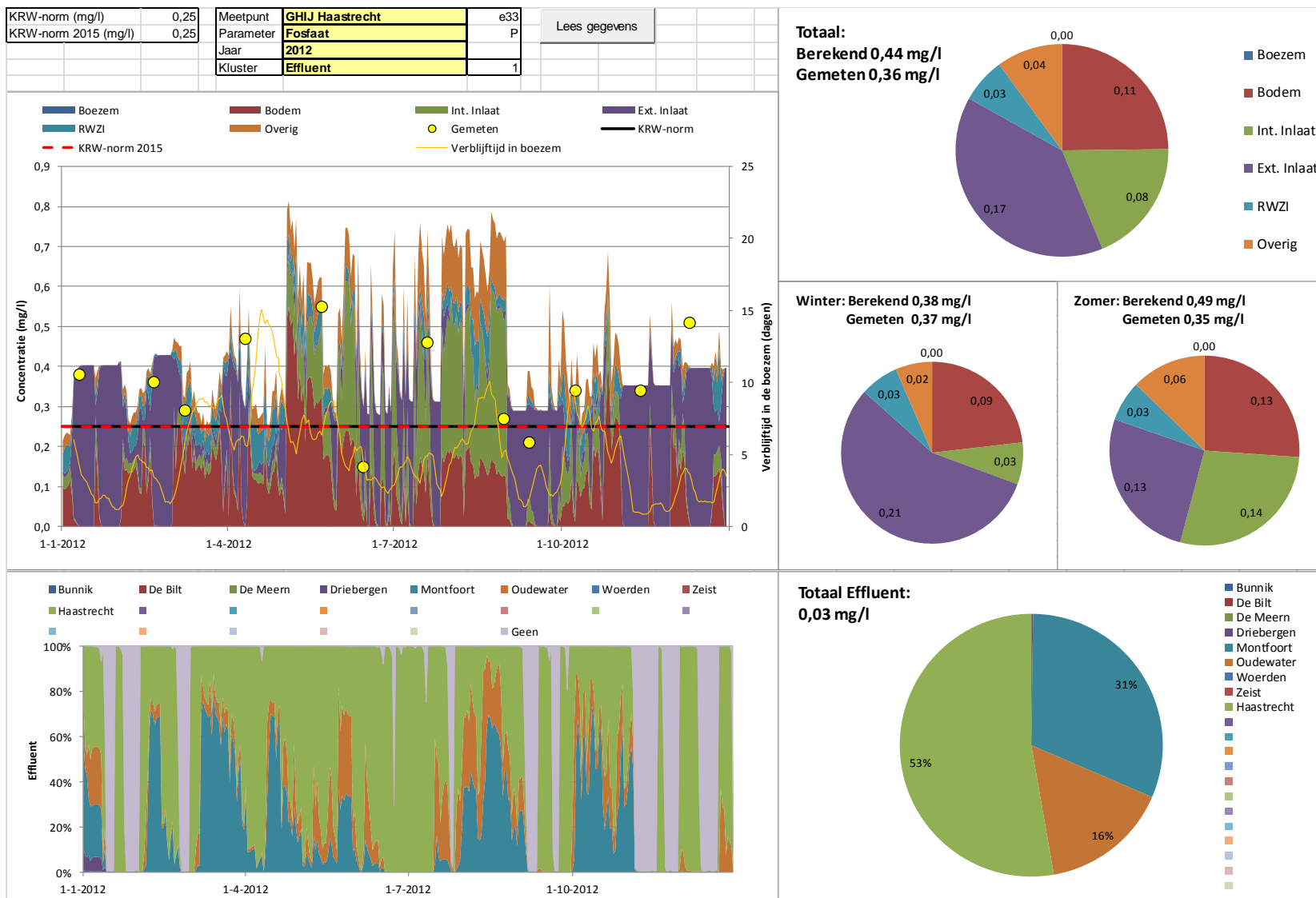
KRW-norm (mg/l)	0,25	Meetpunt	GHIJ Achthoven	d14	Lees gegevens
KRW-norm 2015 (mg/l)	0,25	Parameter	Fosfaat	P	
		Jaar	2012		
		Kluster	Effluent	1	



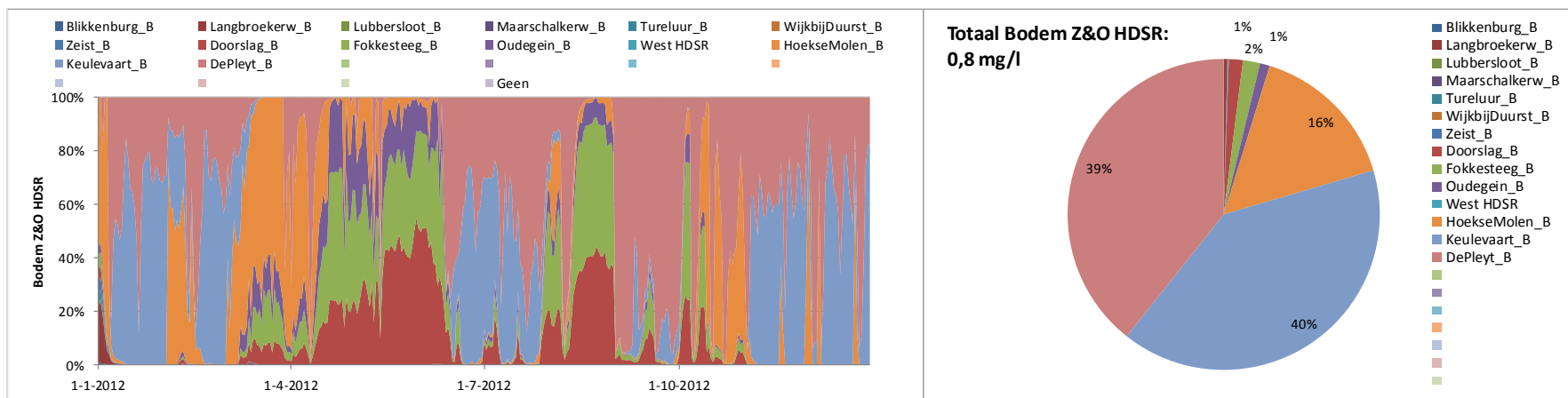
Figuur 25: Meetpunt d14, GHIJ Achthoven, Totaal-P voor 2012



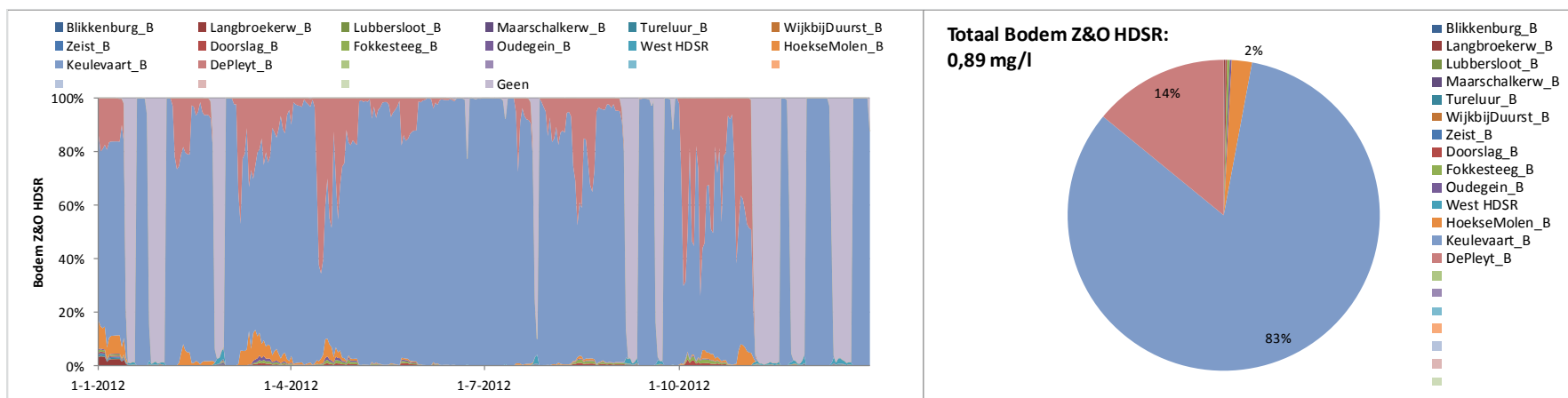
Figuur 26: Meetpunt e33, GHIJ Haastrecht, Totaal-N voor 2012



Figuur 27: Meetpunt e33, GHJ Haastrecht, Totaal-P voor 2012



Figuur 28: Meetpunt d14, GHJ Achthoven, herkomst Totaal-N uit bron bodem voor 2012



Figuur 29: Meetpunt e33, GHJ Haastrecht, herkomst Totaal-N uit bron bodem voor 2012

5.5 GRECHT

5.5.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De Grecht is een doodlopende watergang die gevoed wordt vanuit de Oude Rijn. In het noorden op de grens met Amstel Gooi en Vecht (AGV) is de sluis Woerdense Verlaat gesitueerd. In het model is hier geen schut- en lekverlies opgenomen. Omdat het water bij AGV hoger staat dan bij HDSR, zou hier in de praktijk een schut- en lekstroom naar binnen kunnen zijn. De stroming op de Grecht wordt bepaald door de onttrekkings- en lozingspunten langs de Grecht. Op de Grecht loost geen RWZI.

De verblijftijd in de boezem, die het model berekend, fluctueert in de Grecht van 5 dagen in de winter tot 50 dagen in de zomer. Door de lange verblijftijd is het model minder geschikt om voorspellingen te doen van de waterkwaliteit.

5.5.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Grecht wordt sinds 2012 voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P als matig. Het totaal-N gehalte voldoet met uitzondering van 2007 aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

De waterkwaliteit van de Grecht wordt met name beïnvloed door de lozingen vanuit de afvoergebieden Oud Kamerik, Kamerik Teylingens en Zegveld. Het water is slecht doorstroomd, waardoor processen een grote invloed hebben op de waterkwaliteit.

Resultaten

Het model berekent echter hogere gehalten aan Totaal-N en Totaal-P dan is gemeten. Dit suggereert dat er mogelijk meer stroming in de praktijk op de Grecht aanwezig is, dan nu vanuit wordt gegaan.

In de modelresultaten ontstaat er met name rond de wisseling van zomer naar winterpeil en vice versa een verandering in de samenstelling van de waterkwaliteit

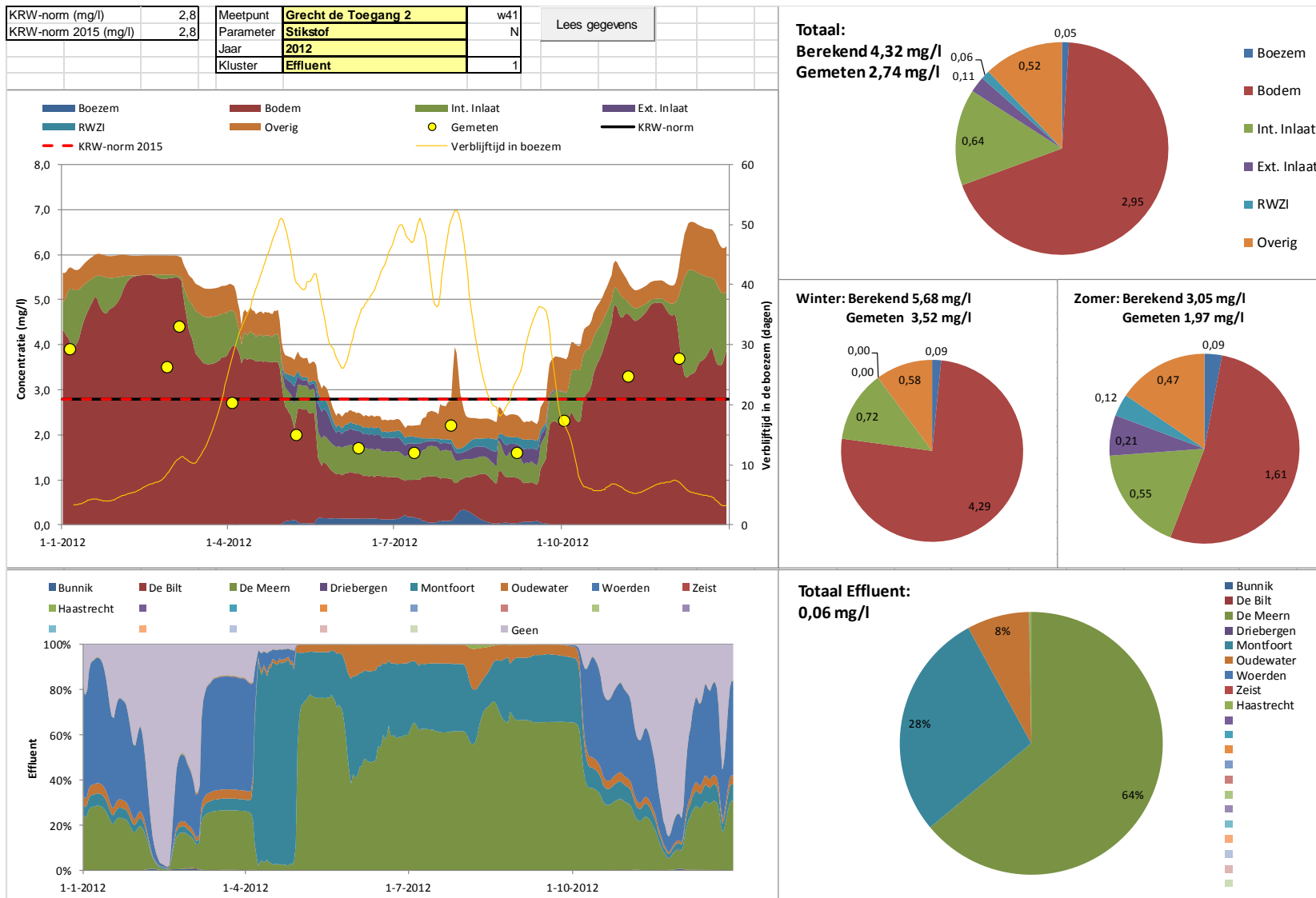
Voor Totaal-N voldoet het zomergemiddelde van de Grecht aan De KRW-norm. In 2011 voldoet het gemiddelde gehalte aan Totaal-P in de zomer aan de KRW-norm, in 2012 niet.

Uit de berekening blijkt dat de Grecht onder invloed zou kunnen staan van effluent. Dit effluent wordt in het model vanuit de Oude Rijn getrokken bij de overgang van winter- naar zomerpeil (zie tekstblok 'Instellen zomer en winterpeil' op blz. 23). Aangezien de overgang in de werkelijkheid niet zo abrupt gebeurt zoals in het model, wordt verwacht dat het effluent weinig tot geen invloed heeft op de waterkwaliteit van de Grecht (<10%). Uit de berekende gegevens blijkt dat over het gehele jaar gezien dat bij meetpunt w41 (De Grecht toegang 2) het overgrote deel (circa 85% zowel bij stikstof als fosfaat) van de fractie bodem uit het afvoergebied Oud Kamerik komt. In de zomer treedt hier volgend de berekeningen een verschuiving in. Dit komt door het naar binnen trekken van water tijdens de overgang van winter naar zomerpeil. Bij het inlaatpunt voor afvoergebied Rietveld (in het zuidelijke deel van de Grecht) bepaald de afvoer vanuit afvoergebied Zegveld voor Totaal-P meer dan 55% van de fractie bodem en voor stikstof 35%. Ook op dit punt is een duidelijke overgang zichtbaar in de overgang van winter naar zomerpeil en vice versa.

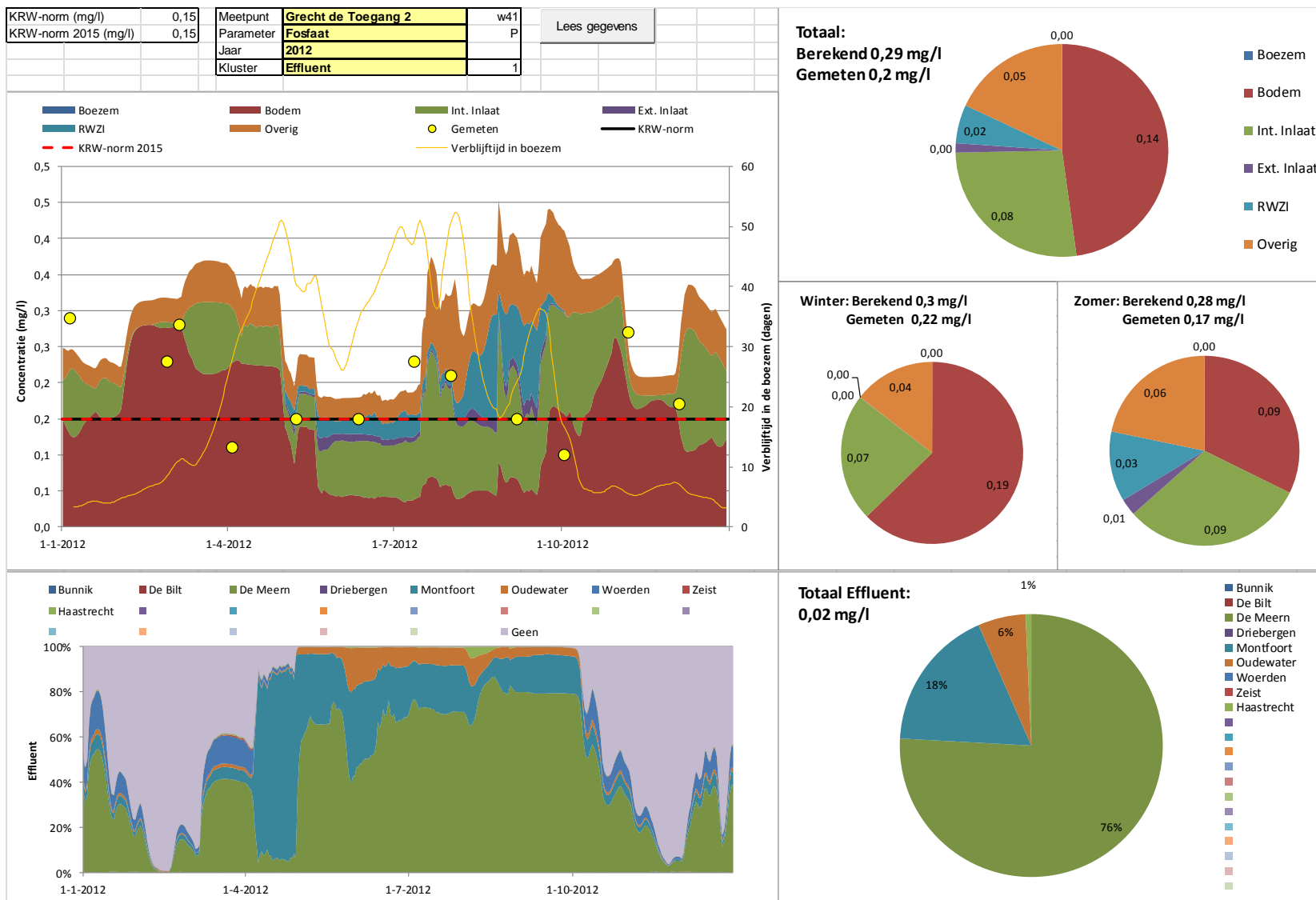
Als de overgang naar zomerpeil beter in het model wordt opgenomen, zal de voorspellende waarde van het model beter worden.

Conclusies

Het water in de Grecht heeft een lange verblijftijd in de boezem. Daarom is het model minder geschikt om voorspellingen te doen over de waterkwaliteit. Verwacht wordt dat de invloed van het effluent op de waterkwaliteit van de Grecht beperkt en verwaarloosbaar is. De afvoergebieden die lozen op de Grecht vormen hier de grootste bron. Bij de meetgegevens van 2012 voldoet de Grecht voor Totaal-N aan de KRW-norm. Voor Totaal-P niet.



Figuur 30: Meetpunt w41, Grecht de Toegang 2, Totaal-N voor 2012



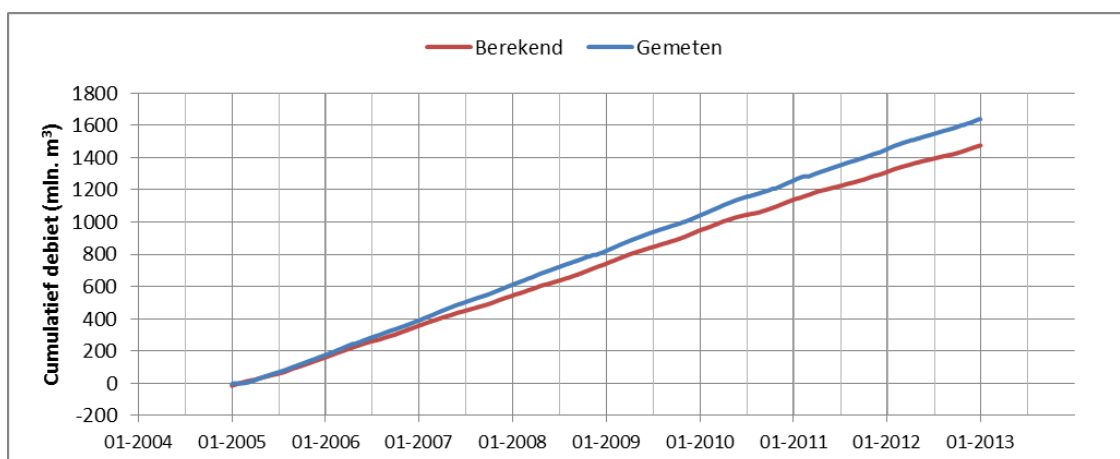
Figuur 31: Meetpunt w41, Grecht de Toegang 2, Totaal-P voor 2012

5.6 KROMME RIJN

5.6.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De stroming door de Kromme Rijn wordt gereguleerd door de inlaat bij Wijk bij Duurstede. In droge tijden als de rivierstand te laag staat, wordt water ingelaten vanuit het ARK met gemaal Caspargauw. Vanwege de doorstroming van de Kromme Rijn is de verblijftijd van het boezemwater kort. De berekende gemiddelde verblijftijd van het water in de boezem varieert in de Kromme Rijn tussen de 2 en 4 dagen.

In de Kromme Rijn liggen verschillende stuwen waarvoor het debiet wordt gemonitord. Op het eind van de Oude Rijn bij Galgenwaard wordt het debiet gemeten met een akoestische debietmeter. Uit het vergelijk tussen de berekeningsresultaten van het model en de akoestische debietmeter (adm), blijkt dat in het model circa 25 miljoen m³ per jaar (gemiddeld circa 0,7 m³/s) te weinig door het einde van de Kromme Rijn stroomt. Dit heeft invloed op de rest van de waterbalans in de boezem van HDSR. In het kader van dit project was er geen mogelijkheid om de waterbalans van de Kromme Rijn beter kloppend te krijgen. Langs de Kromme Rijn zitten geen sluizen die met schut- en of lekverliezen het tekort aan water kunnen aanvullen. Voor deze studie wordt de waterbalans van de Kromme Rijn voldoende geacht om inzicht te krijgen in de herkomst van water en nutriënten. Het tekort aan water dient hierdoor ergens anders in het model te worden ingelaten om op andere punten in de boezem de debieten te laten kloppen. Het tekort aan water in het model in de Kromme Rijn heeft daardoor waarschijnlijk zelfs invloed op de hoeveelheid water dat in het model bij de Waaiersluis wordt ingelaten en door de Doorslag naar Utrecht wordt gevoerd. Aanbevolen wordt om de waterbalans van de Kromme Rijn nader te onderzoeken teneinde het debiet dat bij Galgenwaard door de Kromme Rijn stroomt in het boezemmodel beter te benaderen.



Figuur 32: Berekend en gemeten debiet bij Galgenwaard

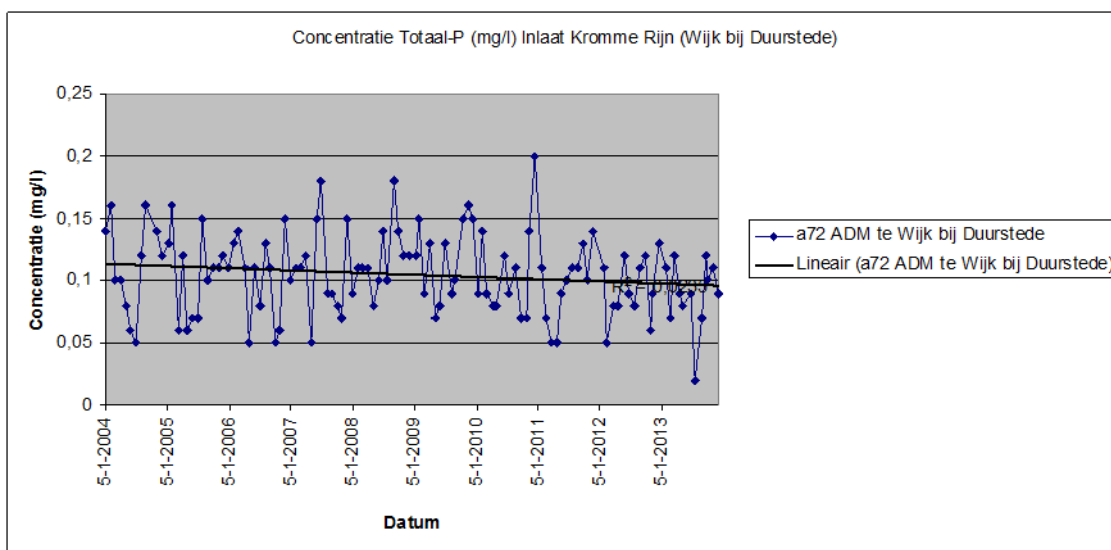
5.6.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

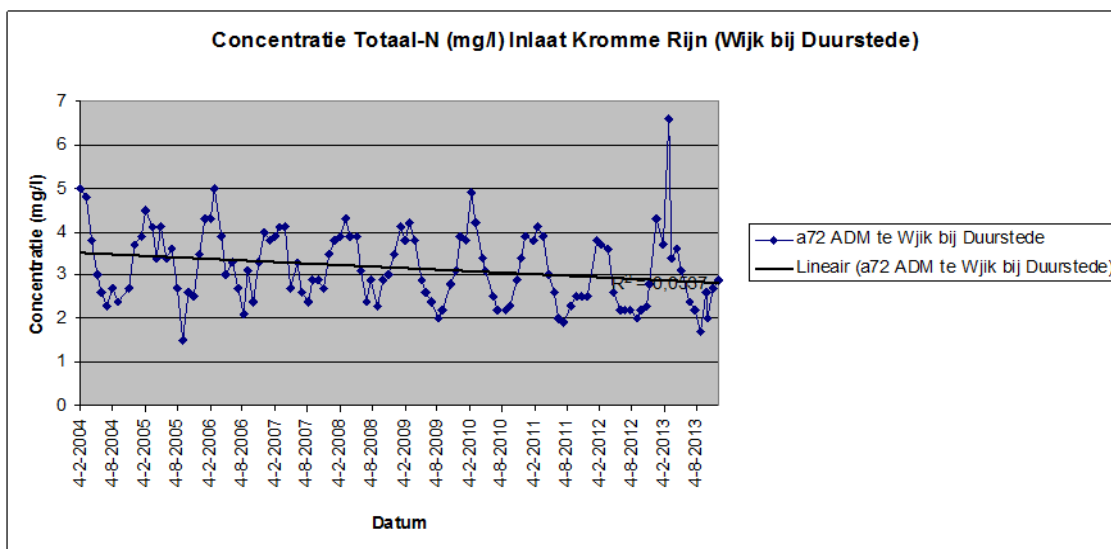
De waterkwaliteit van de Kromme schommelt sinds 2012 voor totaal-N rond de KRW-norm. Voor totaal-P wordt de Kromme Rijn als matig beoordeeld. Het totaal-N gehalte voldeed in 2012 en 2013 aan de KRW-norm, de overige jaren niet. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

In de loop der jaren is de kwaliteit van het inlaatwater steeds beter geworden voor zowel stikstof als fosfaat (zie Figuur 33 en Figuur 34). Ook het zuiveringsrendement van de RWZI's is de laatste jaren verbeterd waardoor effluent van betere kwaliteit op de Kromme Rijn wordt geloosd. Door de sterke doorstroming van de Kromme Rijn wordt de waterkwaliteit sterk bepaald door de kwaliteit van het inlaatwater. De verblijftijd van het water in de Kromme Rijn is kort.

De nutriënten normen voor een "goede toestand" voor het R6 type langzaam stromend riviertje op zand/klei (waar de Kromme Rijn onder valt) verandert in 2015. De normen waren 4,0 mg/l voor totaal-N en 0,14 mg/l voor totaal-P. Op basis van nieuwe maatlatten en referenties voor natuurlijke watertypen zijn de normen vanaf 2015 aangescherpt naar 2,3 mg/ voor totaal-N en 0,11 mg/l voor totaal-P (STOWA 2012).



Figuur 33: Concentratie verloop voor Totaal-P bij de inlaat bij Wijk bij Duurstede met neergaande trendlijn



Figuur 34: Concentratie verloop voor Totaal-N bij de inlaat bij Wijk bij Duurstede met neergaande trendlijn

Resultaten

De waterkwaliteit voor Totaal-N wordt door het model goed gesimuleerd. Voor Totaal-P zijn er meer afwijkingen. Dit komt deels door de grilligheid in de meetresultaten. De berekende concentraties vallen wel in de range van de gemeten concentraties.

Door de tijd is de waterverbetering van het inlaatwater en het effluent zichtbaar. Het gemiddelde Totaal-N gehalte voldoet vanaf 2005 al aan de oude KRW-norm van 4 mg/l. In 2012 zit het gemiddelde zomergehalte nog net iets boven de nieuwe KRW-norm van 2,3 mg/l. Een wat hogere meting in augustus 2012 zorgt ervoor dat het zomergemiddelde te hoog uitvalt (2,32 mg/l versus de norm van 2,30 mg/l). Maar ook bij het berekende gemiddelde is het gehalte net te hoog. Bij Totaal-P wordt zowel de oude als nieuwe KRW-norm nog in 2012 overschreden. Het aandeel Totaal-P uit effluent is hierbij ongeveer 20%. De invloed van de drie oostelijke RWZI's blijkt uit de berekeningen per jaar te verschillen. In 2012 heeft Driebergen het grootste aandeel van 45%. Dit wordt veroorzaakt doordat RWZI Zeist volgens de monitoringsgegevens in de winter van 2011/2012 niet heeft geloosd. In andere jaren hebben de RWZI's Bunnik, Driebergen, Zeist en de Bilt per jaar een verschillende invloed.

Bij meetpunt Galgenwaard is het aandeel van het effluent in de zomer voor Totaal-N rond de 11% voor stikstof en voor Totaal-P 19% van de totale belasting.

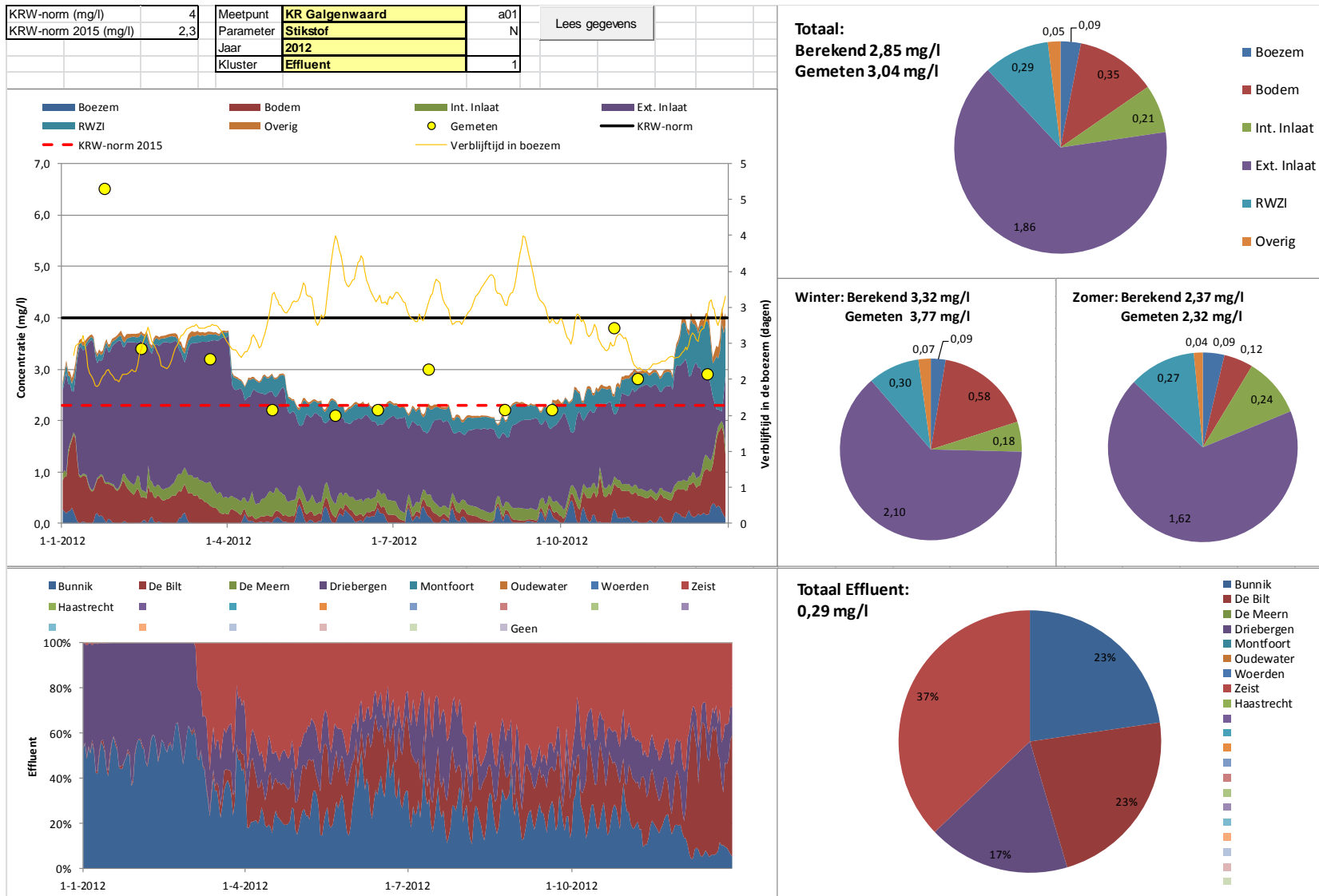
Uit de berekeningsresultaten blijkt, dat als het effluent geen Totaal-N en Totaal-P zou bevatten (verbetering van de huidige zuivering van respectievelijk 25% en 85%), het water in de Kromme Rijn op meetpunt Galgenwaard aan de KRW-norm kan voldoen. Bij meetpunt Bunnik zou dan nog steeds niet aan de nieuwe KRW-norm worden voldaan. Hiervoor zou meer doorspoelt moeten worden of de kwaliteit van het water vanuit de afvoergebieden verbeterd.

De zomergemiddelde stikstofconcentratie van het inlaatwater bij monsterpunt a72 bij Wijk bij Duurstede ligt rond de KRW-norm van 2,3 mg/l (2011: 2,4 (mg/l), 2012: 2,2 (mg/l) en 2013: 2,6 (mg/l)). De zomergemiddelde fosfaatconcentratie van het inlaatwater bij monsterpunt a72 bij Wijk bij Duurstede ligt de laatste jaren beneden de KRW-norm van 0,11 mg/l (2011: 0,1 (mg/l), 2012: 0,1 (mg/l) en 2013: 0,08 (mg/l)). Voor beide stoffen lijkt doorspoeling met extern inlaatwater uit de Neder Rijn daarom vooral voor fosfaat een goede maatregel (zie Figuur 33). De concentraties van beide stoffen zijn de laatste jaren afgenomen en deze trend lijkt zich door te zetten. In 2013 voldoet de Kromme Rijn voor het eerst aan de P-norm.

Naast de RWZI's en het externe inlaatwater wordt de kwaliteit beïnvloed door de fractie bodem. Deze fractie komt met name uit het afvoergebied Langbroekerwetering. Uit de analyse van de resultaten van de Langbroekerwetering blijkt dat de concentratie van deze fractie mogelijk te hoog is ingeschat (zie paragraaf 5.7)

Conclusies

Het water in de Kromme Rijn heeft een korte verblijftijd in de boezem. Hierdoor is de kwaliteit van het inlaatwater uit de Neder-Rijn sterk bepalend voor de kwaliteit van de Kromme Rijn. De stikstof concentraties van het inlaatwater uit de Neder-Rijn schommelen de laatste jaren rond de norm. De fosfaat concentraties liggen de laatste jaren beneden de norm. Voor stikstof voldoet de kwaliteit in de zomer nog niet aan de nieuwe KRW-norm (meetpunt Galgenwaard). Voor fosfaat worden de oude en nieuwe KRW-norm niet gehaald (meetpunt Galgenwaard). Echter, in 2013 voldoet de Kromme Rijn voor het eerst aan de KRW-norm. Dit betekent dat de kwaliteit stroomafwaarts slechter wordt. De belangrijkste bronnen zijn de RWZI's en de post bodem (landbouw) uit de afvoergebieden. Van de RWZI's vormt in 2012 de RWZI van Zeist de grootste bijdrage (37%) voor stikstof en voor fosfaat is dit de RWZI van Driebergen (46%). Alleen het rendement van de zuiveringen verbeteren, zal niet voldoende zijn om de waterkwaliteit hier aan de KRW-normen te laten voldoen. Aanvullende maatregelen in de landbouw blijven nodig om de kwaliteit te verbeteren. De kwaliteit van het inlaatwater lijkt nog steeds te verbeteren. Nog meer doorspoelen met extern inlaatwater zal vooral voor fosfaat een positief effect hebben.



Figuur 35: Meetpunt a01, Kromme Rijn Galgenwaard, Totaal-N voor 2012



Figuur 36: Meetpunt a01, Kromme Rijn Galgenwaard, Totaal-P voor 2012

5.7 LANGBROEKERWETERING

5.7.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De Langbroekerwetering behoort zelf niet tot de boezem van HDSR. Om toch de waterkwaliteit en het effect van de RWZI Driebergen op de waterkwaliteit te onderzoeken zijn in het model keuzes gemaakt om op een vereenvoudigde manier het systeem van de Langbroekerwetering met de beschikbare gegevens te modeleren (zie Bijlage 3.24).

Het debiet over de Langbroekerwetering wordt bepaald door de afvoer vanuit de afvoergebieden en de lozing van RWZI Driebergen.

De resultaten van de verblijftijd zijn voor deze locatie niet erg bruikbaar omdat de Langbroekerwetering zelf niet tot de boezem behoort. Het model berekent op deze locatie nu een korte verblijftijd, maar in de praktijk zal dat langer zijn dan de enkele dagen die nu berekend worden.

In het model gaat evenveel water over de stuw als gemonitord. Uit de analyse van de debieten blijkt dat er in de zomer momenten zijn dat er minder water over de stuw gaat dan de RWZI op de Langbroekerwetering loost. Op deze momenten kan effluent in beperkte mate bovenstrooms van het lozingspunt terecht komen en daar de waterkwaliteit beïnvloeden.

5.7.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Langbroekerwetering wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P afwisselend als ontoereikend (2006, 2007, 2009 en 2012), matig (2008, 2010 en 2011) en goed (alleen 2013). Het totaal-N gehalte voldoet sinds 2006 aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm. De zuivering bij Driebergen functioneerde hevige regenval niet goed. Dan werden er hoge fosfaatpieken gemeten in het effluent. In 2013 is de zuivering geoptimaliseerd en zijn geen hoge pieken meer gemeten in het effluent. In 2013 voldoet de Langbroekerwetering voor het eerst aan zowel de Totaal-N als de totaal -P normen voor de KRW.

De waterkwaliteit op de Langbroekerwetering wordt bepaald door de waterkwaliteit vanuit de afvoergebieden en het effluent van RWZI Driebergen.

Resultaten

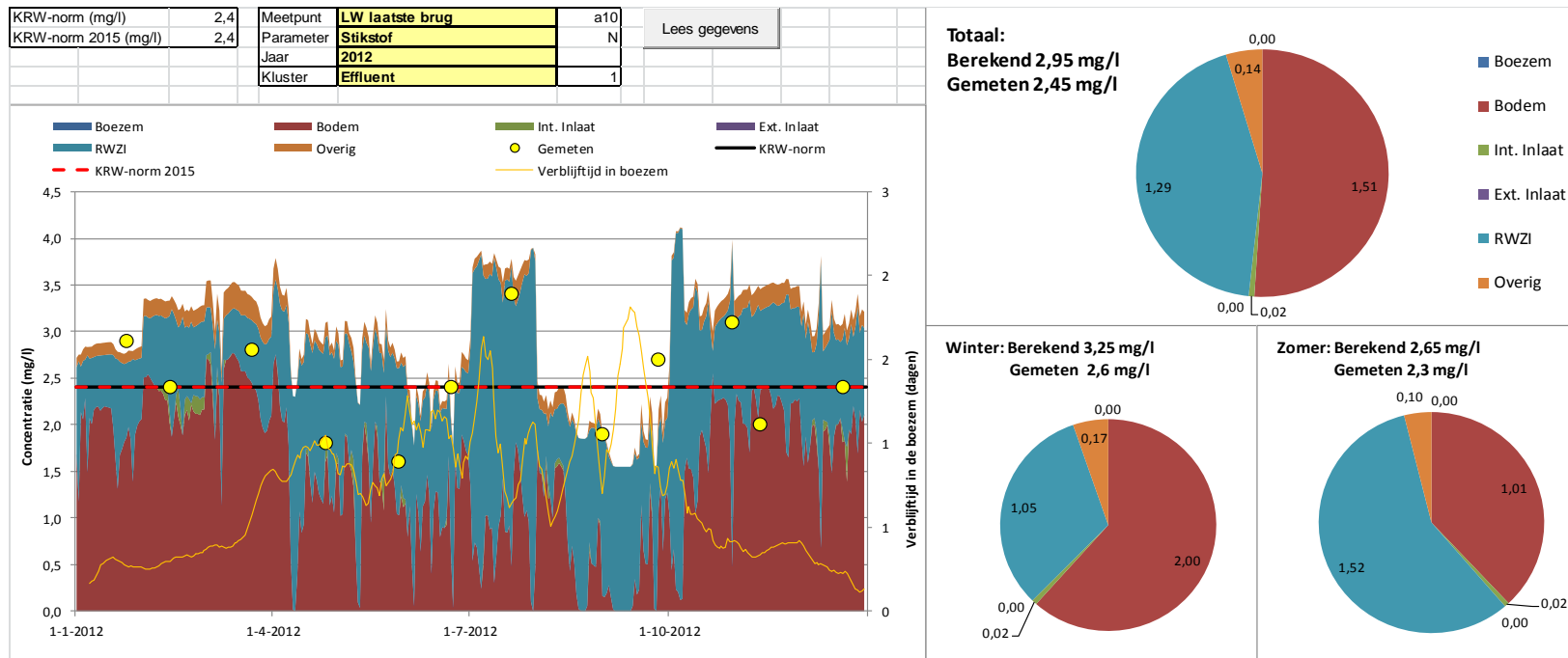
De modelresultaten fitten niet goed met de gemonitorde gegevens. Wel vallen de berekende resultaten binnen de range van de gemonitorde gegevens, maar gemiddeld hoger. Het lijkt er op dat de concentratie aan N en P die aan de fractie bodem vanuit afvoergebied Langbroekerwetering komt een te hoge concentratie mee heeft gekregen. Geadviseerd wordt om de stoffenbalans van het afvoergebied Langbroekerwetering met de gegevens van dit onderzoek nader te onderzoeken om tot een betere stoffenbalans voor dit gebied te komen.

Uit de meetresultaten blijkt dat het zomergemiddelde voor Totaal-N net aan de KRW-norm voldoet. Het Totaal-P gehalte ligt nog te hoog.

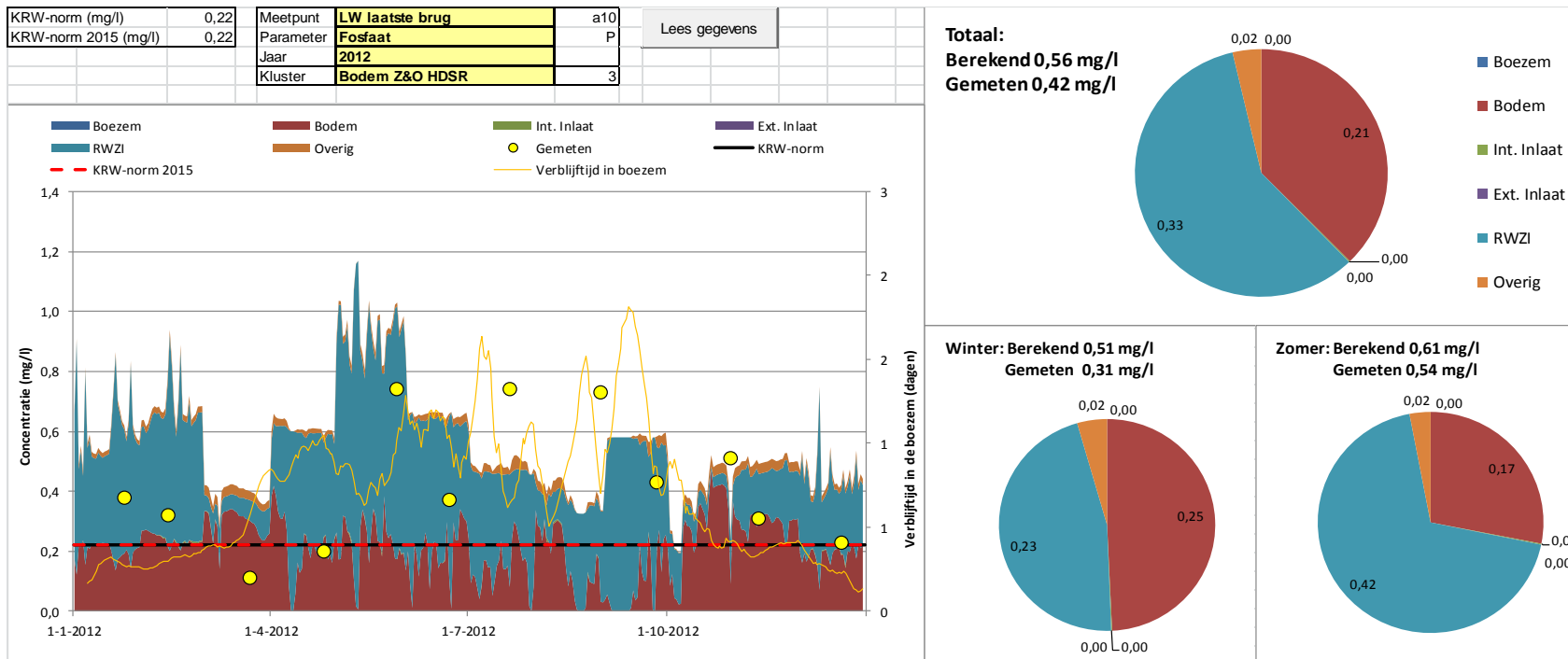
Op meetpunt Laatste Brug in de Langbroekerwetering is het aandeel van het effluent in de zomer voor Totaal-N 57% en voor Totaal-P 69% van de totale belasting. De RWZI van Driebergen functioneerde niet goed bij hevige regenval en is daarom in 2013 geoptimaliseerd (biologische P-verwijdering). In 2013 voldeed de Langbroekerwetering voor het eerst aan de P-norm.

Conclusies

De stoffenbalans voor de Langbroekerwetering lijkt niet kloppend. Aanbevolen wordt om met de resultaten van dit onderzoek de stoffenbalans voor het afvoergebied beter te krijgen. Onafhankelijk van de modelresultaten wordt geconcludeerd dat de KRW-norm voor Totaal-N in de zomer wordt gehaald. Voor Totaal-P wordt de KRW-norm in 2013 voor het eerst gehaald. Belangrijkste factoren zijn volgens de berekeningen het effluent van RWZI Driebergen en de fractie bodem uit het afvoergebied Langbroekerwetering. De kwaliteit van het effluent is de laatste jaren verbeterd (optimalisatie biologische P-verwijdering) met als resultaat de Langbroekerwetering in 2013 aan de KRW-normen voor totaal-P en Totaal-N voldoet. Monitoring moet uitwijzen of dit in de toekomst zo blijft en de aanpassingen aan RWZI Driebergen voldoende zijn geweest.



Figuur 37: Meetpunt a10, Langbroekerwetering, Laatste brug, Totaal-N voor 2012



Figuur 38: Meetpunt a10, Langbroekerwetering, Laatste brug, Totaal-P voor 2012

5.8 LANGE LINSCHOTEN

5.8.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De doorstroming van de Lange Linschoten wordt bepaald door de inlaat bij de sluis bij Oudewater, de lek- en schutverliezen van deze sluis en enkele afvoergebieden die lozen op de Lange Linschoten. De inlaat bij Oudewater wordt gemonitord. Dit vindt plaats op basis van een berekening waarin de schuifstand en boven en benedenstrooms peil een rol spelen. De beheerders hebben aangegeven dat ze het op deze manier gemonitorde debiet niet vertrouwen. Daarnaast is het onbekend hoe groot de lek- en schutverliezen van de sluis bij Oudewater zijn. Hierdoor is het moeilijk een inschatting te maken hoe groot het werkelijke debiet jaar rond door de Lange Linschoten is.

De verblijftijd van het water in de boezem ter hoogte van Brug huisnummer 36, wordt berekend tussen de 5 tot 15 dagen.

Op basis van iteratieve berekeningen (kwantiteit en kwaliteit) en waterbalansen bij de Waaiersluis, Haanwijkersluis en de sluis bij Bodegraven is geprobeerd in het model een debiet te creëren die de waterkwaliteit in de Lange Linschoten redelijk benadert. Hierbij is een lek- en schutverlies over de sluis gezet van circa 0,2 m³/s. Het model (gestuurd op benedenstrooms peil) laat echter op andere momenten water binnen dan uit de gemonitorde gegevens blijkt.

Aanbevolen wordt metingen aan de inlaat en sluis bij Oudewater uit te voeren om een betere onderbouwing van de inlaat en de lek- en schutverliezen van de sluis te verkrijgen en daarmee het totale debiet door de Lange Linschoten.

5.8.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Lange Linschoten wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P als matig met een uitschieter in 2012 als ontoereikend. Het totaal-N gehalte voldoet aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

De waterkwaliteit wordt bepaald door het inlaatwater vanuit de GHIJ en de lozing vanuit de afvoergebieden. Daarnaast kan de verblijftijd een rol spelen. De Lange Linschoten is niet sterk doorstroomd. De inlaat vanuit de GHIJ staat onder invloed van effluent vanuit RWZI's Montfoort, Oudewater en Haastrecht. Omdat er nog veel onzekerheden zijn over het debiet door de Lange Linschoten, hebben de berekeningsresultaten geen goede voorspellende waarde.

Resultaten

Door het opleggen van de lek- en schutverliezen komen de moderesultaten voor Totaal-N redelijk overeen met de gemeten concentraties. De Totaal-P concentraties komen minder goed overeen. De range in de berekende concentratie komt wel overeen met de gemeten concentratie. Een verdergaand iteratief proces waarbij in het model diverse debietstromingen over de Lange Linschoten worden doorgerekend, kan de modelresultaten verbeteren.

Volgens de berekeningen is de fractie vanuit de RWZI's in de zomer zowel voor Totaal-N als voor Totaal-P meer dan 10% (respectievelijk 13% en 21%).

Het zomergemiddelde aan Totaal-N voldoet aan de KRW-normen, voor Totaal-P is het gehalte te hoog (in 2012 0,4 mg/l versus 0,15 mg/l de norm).

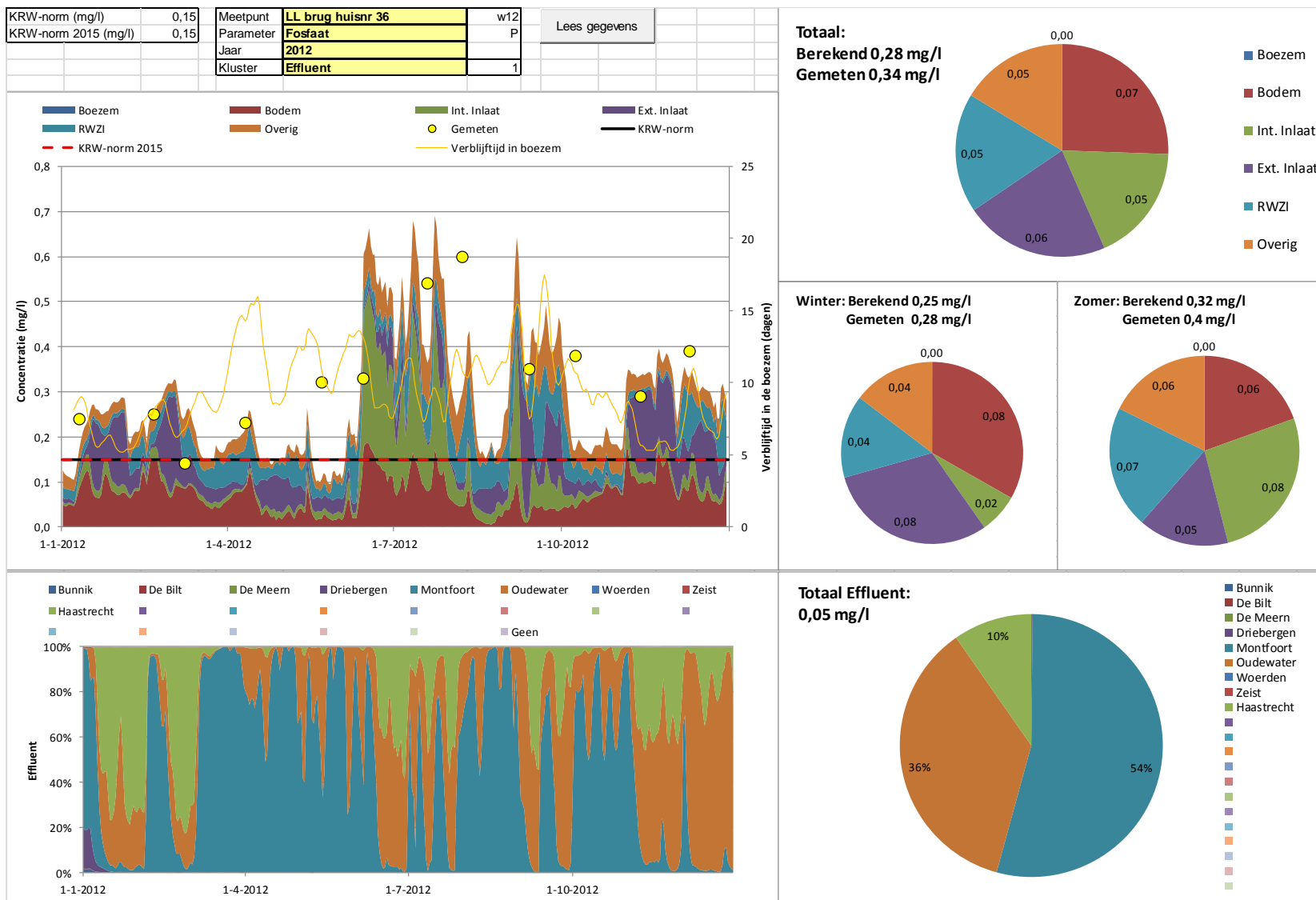
Conclusies

Het debiet door de Lange Linschoten is moeilijk te bepalen. Het model (gestuurd op bovenstrooms peil) laat op andere momenten water binnen dan uit de gemonitorde gegevens blijkt. Hierdoor zijn de kwaliteitsberekeningen voor de Lange Linschoten niet volledig betrouwbaar. Uit de berekeningen blijkt wel dat de waterkwaliteit onder sterke invloed staat van het inlaatwater vanuit de GHIJ. Op bepaalde momenten dat water vanuit de GHIJ wordt ingelaten en de concentratie aan Totaal-P stijgt, bevat het water relatief veel water vanuit de afvoergebieden met name uit de Lopikerwaard, waarbij het water uit het afvoergebied De Keulevaart de belangrijkste bron is. Meer dan de helft van de concentratie Totaal-P in de Lange Linschoten wordt bepaald door water vanuit de Keulevaart. Dit veroorzaakt pieken in de berekende concentratie Totaal-P. Vergelijkbare pieken, maar op andere momenten, worden in de meetgegevens gezien. Dezelfde pieken worden ook voor Totaal-P in de GHIJ berekend en gemeten. Dit suggereert dat het proces van inlaten van water vanuit de GHIJ grote invloed kan hebben op de waterkwaliteit in de Lange Linschoten. Bij Totaal-N lijken andere processen de waterkwaliteit te bepalen. In de GHIJ verbetert de waterkwaliteit in de zomer. Dit is ook zichtbaar in de Lange Linschoten.

Volgens de berekeningen wordt de waterkwaliteit in de Lange Linschoten voor meer dan 10% bepaald door het effluent. Door het inlaatwater vanuit de GHIJ te verbeteren, zal ook de waterkwaliteit in de Lange Linschoten verbeteren. Het verbeteren van het zuiveringsrendement van de RWZI's Montfoort, Oudewater en Haastrecht kan de waterkwaliteit verbeteren. Dit zal echter zonder andere maatregelen naar verwachting niet voldoende zijn om aan de KRW-normen voor Totaal-P te voldoen.



Figuur 39: Meetpunt w12, Lange Linschoten, brug huisnr. 36, Totaal-N voor 2012



Figuur 40: Meetpunt w12, Lange Linschoten, brug huisnr. 36, Totaal-P voor 2012

5.9 LEIDSCHER RIJN

5.9.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

Het debiet in de Leidsche Rijn wordt bepaald door de Haanwijkersluis, de afvoergebieden op de Leidsche Rijn, RWZI De Meern en het peil op het ARK. In de winter en bij neerslag afvoer watert de Leidsche Rijn af naar het ARK. In de zomer wordt de Oude Rijn op peil gehouden door water vanuit de Leidsche Rijn via de Haanwijkersluis naar de Oude Rijn te sturen. Hierdoor is de stroomrichting van de Leidsche Rijn in de zomer voornamelijk naar het westen gericht en in de winter naar het oosten.

De verblijftijd van het water in de boezem varieert bij meetpunt De Meern tussen de 2 en 11 dagen.

Het debiet op de Leidsche Rijn wordt niet gemonitord. Het debiet over de Haanwijkersluis wordt vanaf 2012 gemonitord. De lek- en schutverliezen over de sluis worden bij deze meting niet meegenomen. Het is daarom lastig het debiet dat een model berekent te kalibreren. Op basis van de beperkte gemonitorde gegevens van Haanwijkersluis, de gegevens van de akoestische debietmeter bij Bodegraven en de waterkwaliteitsgegevens is iteratief gezocht naar een debiet die de waterkwaliteit redelijk benaderd. Hierbij is een lek- en schutverlies over de Haanwijkersluis gezet van 0,6 m³/s in de zomer (meer schuttingen) en 0,1 m³/s in de winter. Aanbevolen wordt nader te onderzoeken hoe groot het werkelijke debiet over de Haanwijkersluis is en niet alleen het gemonitorde debiet voor de inlaat naar de Oude Rijn.

Tijdens het project is extra aandacht besteed aan het functioneren van gemaal Bijleveld. De geleverde gemonitorde gegevens kwamen niet overeen met voor een ander project geleverde gegevens. Opvallend hierbij is dat het gemaal eigenlijk maar drie standen heeft (uit: 0 m³/s, één turbine: 2,33 m³/s of twee turbines: 4,66 m³/s). In de nu gebruikte gemonitorde gegevens zijn deze drie stadia niet terug te vinden, maar ligt het debiet lager dan de eerder aangeleverde gegevens. Mogelijk dat er een afwijking zit in het nu opgelegde debiet van gemaal Bijleveld en de werkelijkheid. Aanbevolen wordt nader onderzoek uit te voeren naar het potentiële en geleverde debiet van gemaal Bijleveld.

5.9.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Leidsche Rijn wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P afwisselend als goed en matig. Het totaal-N gehalte voldoet met uitzondering aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet meestal aan de KRW-norm op 2006 en 2012 na.

De waterkwaliteit in de Leidsche Rijn wordt sterk bepaald door het inlaatwater vanuit het ARK en het effluent uit RWZI De Meern. In de winter stroomt het water naar het oosten het ARK op. In de zomer stroomt het water door de doorvoer van water vanuit de Leidsche Rijn naar de Oude Rijn. Hierdoor wordt water vanuit het ARK de Leidsche Rijn op getrokken.

In 2013 is bij de RWZI De Meern een de-fosfatering geplaatst. Het effect hiervan is in de berekeningen die tot 2012 lopen nog niet zichtbaar.

Het water uit afvoergebied Bijleveld is van zeer goede kwaliteit.

Resultaten

De waterkwaliteit in de Leidsche Rijn wordt redelijk gemodelleerd. In de modelresultaten is het verschil in zomer en winter goed zichtbaar zowel in de meet- als in de berekeningsresultaten. Van voor 2011 zijn er geen meetgegevens bij De Meern (meetpunt d02) beschikbaar. Het meetpunt bij gemaal De Aanvoerder (meetpunt d32) geeft vergelijkbare overeenkomsten tussen de meetgegevens en de berekende resultaten als bij De Meern.

Volgens de berekeningen bestaat het water in de Leidsche Rijn ten oosten van het lozingspunt van RWZI De Meern in de zomer voornamelijk uit water vanuit het ARK. Dit betekent dat in de zomer al het effluent vanuit RWZI De Meern naar de Oude Rijn wordt doorgevoerd. Uit de modelresultaten van het meetpunt Harmelen is dit ook zichtbaar. Hier zijn echter geen gemeten concentraties van om dit proces te verifiëren.

In de winter wordt de waterkwaliteit ten oosten van RWZI De Meern bepaald door het effluent en de fractie bodem uit de afvoergebieden Bijleveld West en in mindere mate Harmelerwaard. Ten westen van de RWZI wordt de waterkwaliteit volledig bepaald door de afvoer vanuit Bijleveld West en in mindere mate Harmelerwaard. De waterkwaliteit is dan zeer goed.

De gemiddelde concentratie aan Totaal-N in de zomer voldoet bij meetpunt De Meern voor zowel het gemeten als het berekende gehalte aan de KRW-norm. Voor Totaal-P voldoet de berekende concentratie wel aan de KRW-norm maar het gemeten gehalte niet. Dit wordt veroorzaakt door een uitschieter in de meetreeks in juli. Door de plaatsing van een de-fosfatering bij RWZI De Meern is de verwachting dat het Totaal-P gehalte in de Leidsche Rijn lager wordt en voldoet aan de KRW-norm.

Bij Harmelen zijn alleen meetgegevens van 2008 beschikbaar. De gemeten concentratie komt voor Totaal-P in de zomer gemiddeld niet boven KRW-norm. Berekend komt de concentratie wel hoger dan de KRW-norm. Enkele individuele metingen liggen wel boven de norm. De berekening laat zien dat de concentratie in pieken verloopt. Er zouden meer gegevens beschikbaar moeten zijn om te concluderen of de Leidsche Rijn bij de Haanwijkersluis bij Harmelen aan de KRW-norm voldoet. Door de de-fosfatering bij De Meern is de verwachting dat de waterkwaliteit voor Totaal-P verbetert. Dit heeft ook gevolgen voor de kwaliteit van de Oude Rijn.

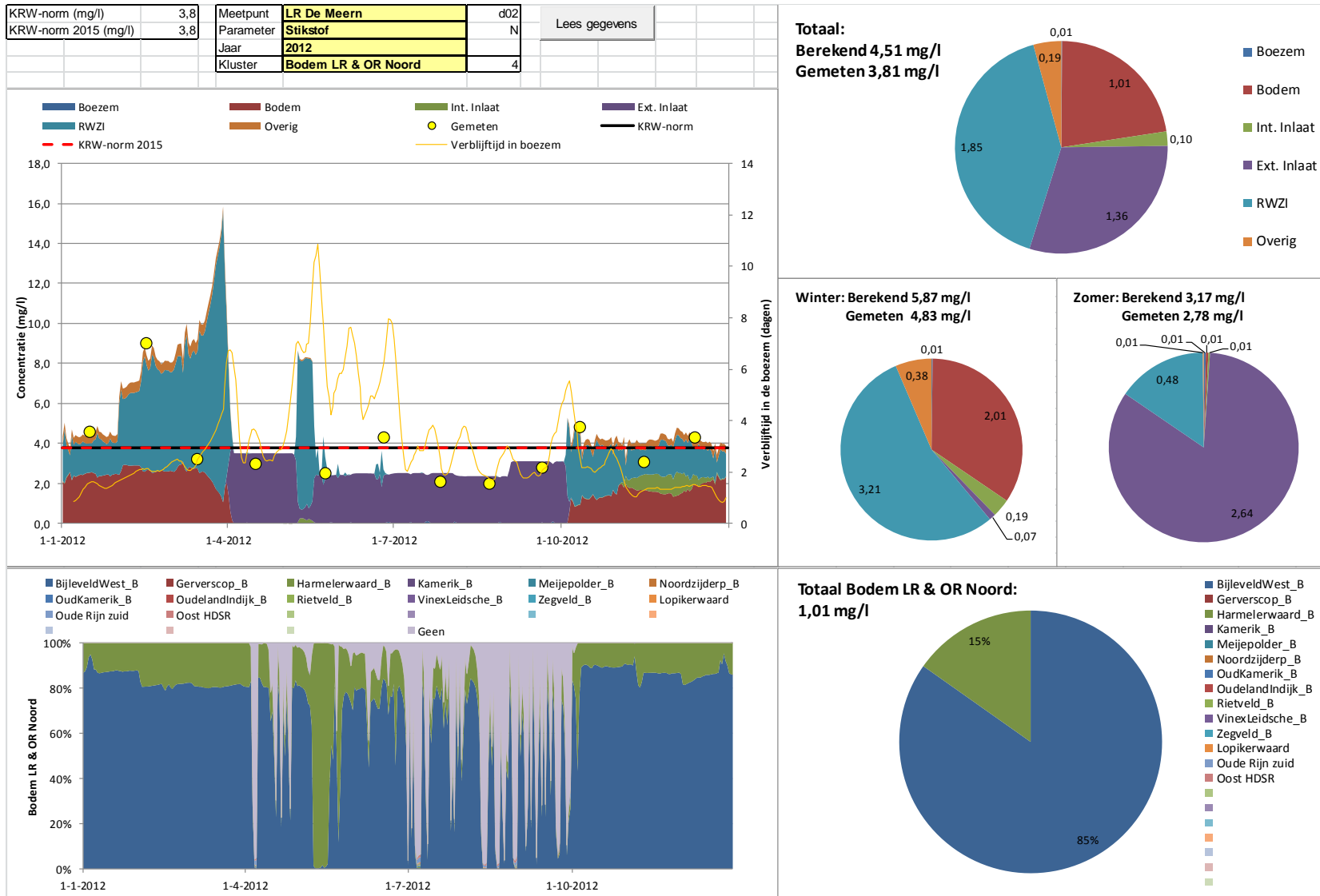
Op meetpunt De Meern is het aandeel van het effluent in de zomer voor Totaal-N rond de 15% en voor Totaal-P 52% van de totale belasting.

Conclusies

De waterkwaliteit in de Leidsche Rijn wordt bepaald door de stromingsrichting. In de zomer als het water richting de Oude Rijn gaat, voldoet het oostelijke deel van de Leidsche Rijn in de zomer aan de KRW. In de winter, als de stroming richting het ARK gaat, wordt de waterkwaliteit door het effluent bepaald en komt het gehalte boven de KRW-norm.

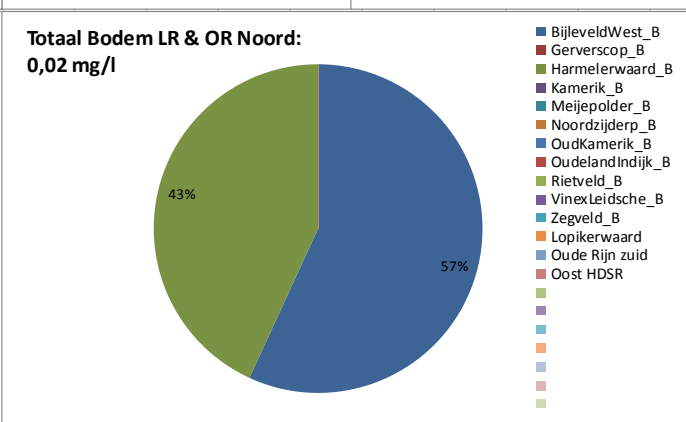
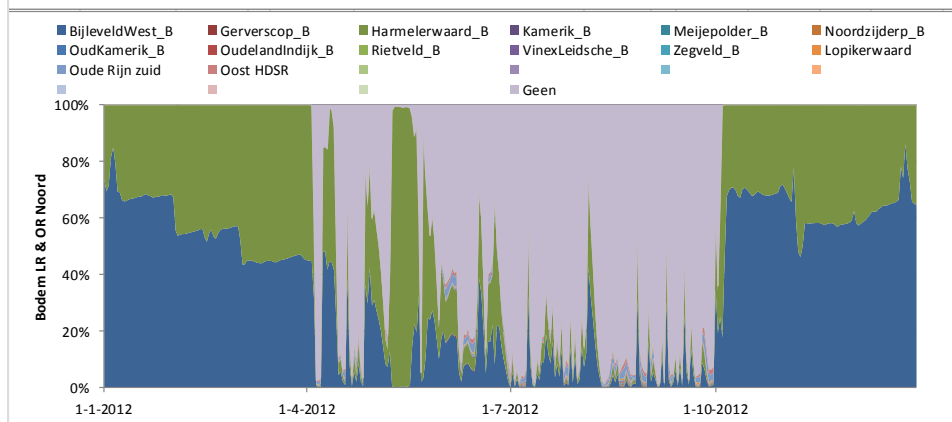
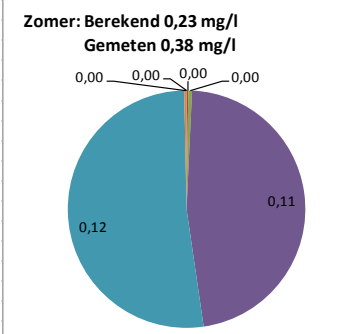
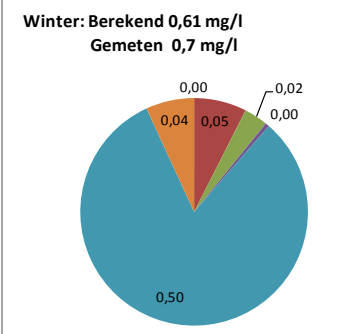
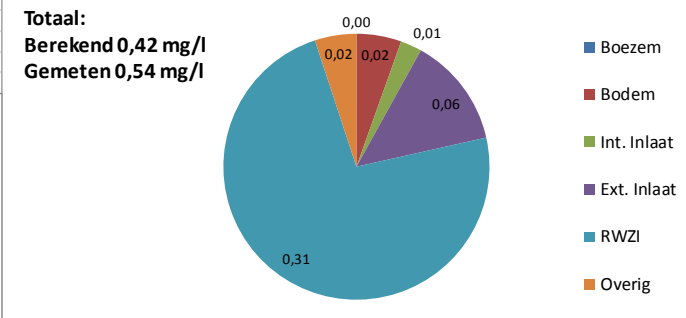
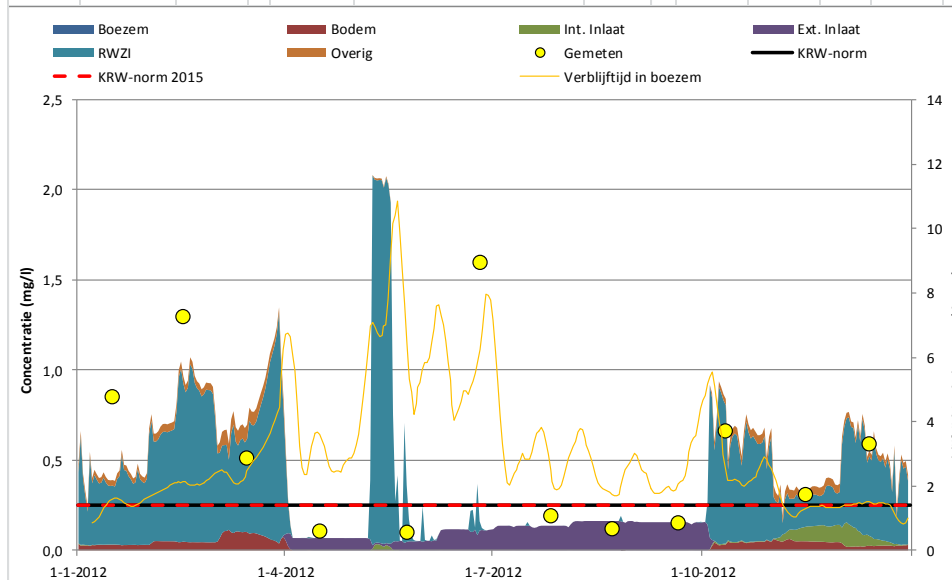
Voor het deel van de Leidsche Rijn ten westen van de RWZI De Meern zijn beperkt meetgegevens aanwezig en zijn de modelresultaten minder betrouwbaar. Uit de modelresultaten blijkt dat dit deel van de Leidsche Rijn in de zomer mogelijk niet aan de KRW-norm voldoet voor totaal-P.

Aanbevolen wordt het monitoringsmeetpunt d03 bij Harmelen weer in gebruik te nemen om de waterkwaliteit van de doorvoer naar de Oude Rijn beter te monitoren en aan te tonen dat de Leidsche Rijn hier ook aan de KRW-norm voldoet.

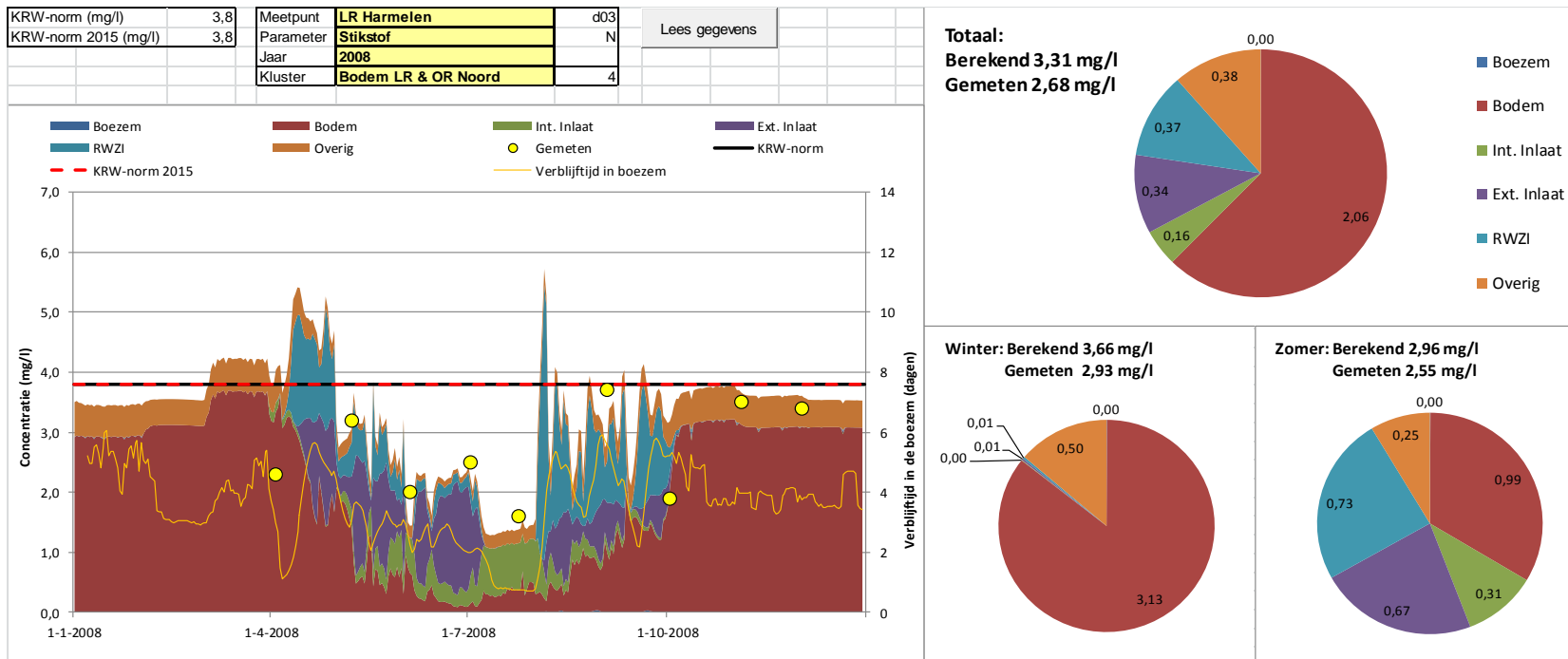


Figuur 41: Meetpunt d02, Leidsche Rijn, De Meern, Totaal-N voor 2012

KRW-norm (mg/l)	0,25	Meetpunt	LR De Meern	d02	Lees gegevens
KRW-norm 2015 (mg/l)	0,25	Parameter	Fosfaat	P	
		Jaar	2012		
		Kluster	Bodem LR & OR Noord	4	

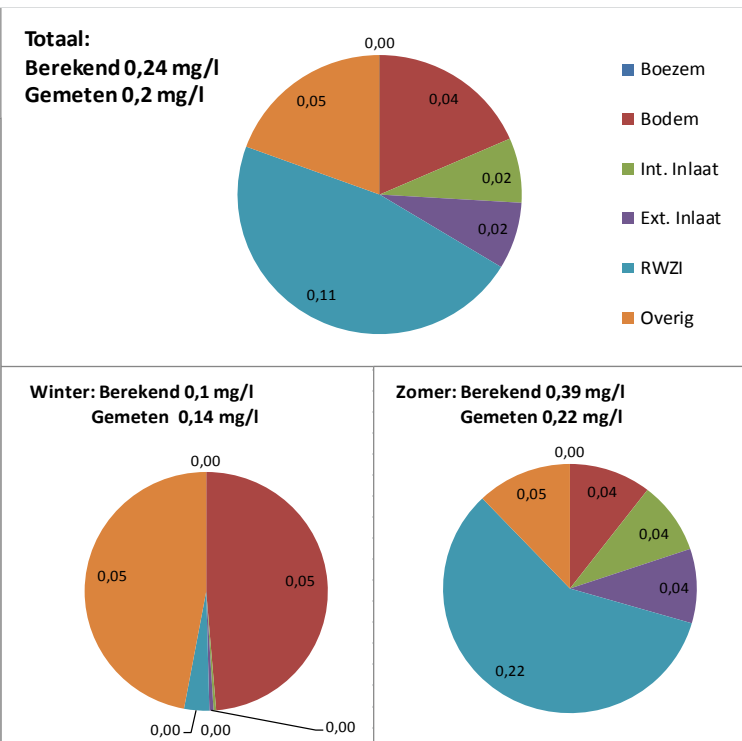
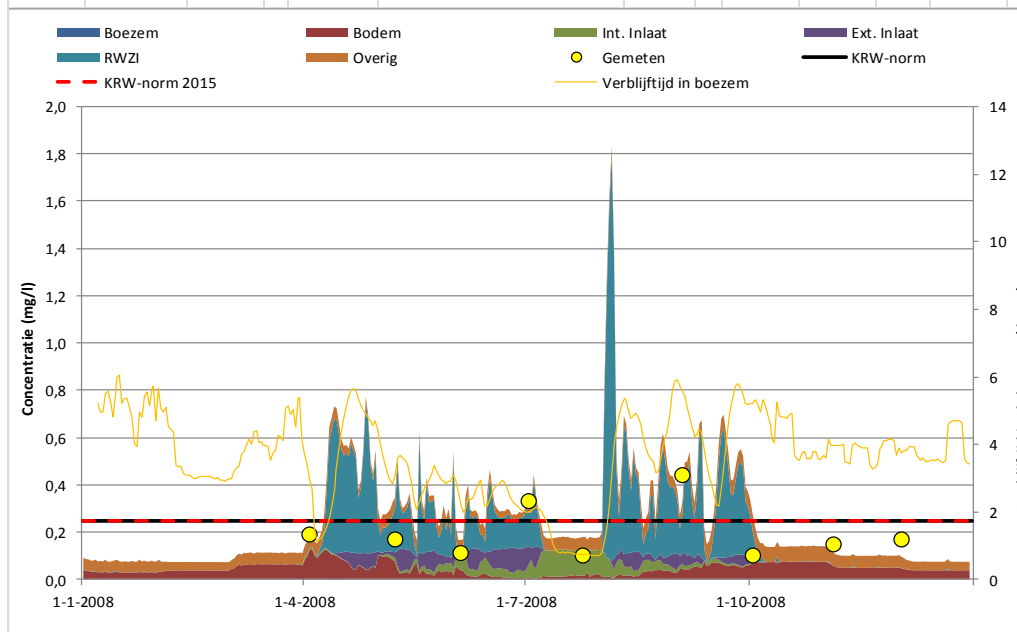


Figuur 42: Meetpunt d02, Leidsche Rijn, De Meern, Totaal-P voor 2012



Figuur 43: Meetpunt d03, Leidsche Rijn, Harmelen, Totaal-N voor 2008

KRW-norm (mg/l)	0,25	Meetpunt	LR Harmelen	d03	Lees gegevens
KRW-norm 2015 (mg/l)	0,25	Parameter	Fosfaat	P	
		Jaar	2008		
		Kluster	Bodem LR & OR Noord	4	



Figuur 44: Meetpunt d03, Leidsche Rijn, Harmelen, Totaal-P voor 2008

5.10 MERWEDEKANAAL

5.10.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

Bij het waterlichaam Merwedekanaal behoren ook de Doorslag en de Vaartsche Rijn. Het debiet op deze watergangen wordt door veel processen zowel ten oosten als ten westen van het ARK bepaald.

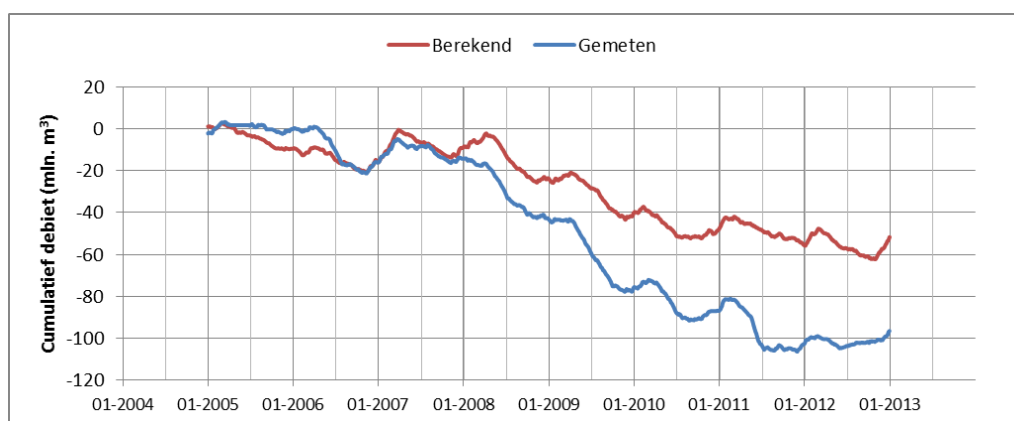
Het externe inlaatwater op meetpunt Vaartsche Rijn komt vanuit de Lek via de inlaat bij Vreeswijk, vanuit de Neder-Rijn via de Kromme Rijn en in mindere mate vanuit de Hollandsche IJssel.

Onder normale omstandigheden wordt water afgevoerd bij de Waaiersluis, de Weertsluis en Oog in Al en is de stromingsrichting overwegend in oostelijke richting. Als er niet voldoende geloosd kan worden, bijvoorbeeld bij hevige neerslag, gaat Oog in Al meer spuien. Bij drogere omstandigheden kan er water bij de Waaiersluis, Vreeswijk, Noordergemaal worden ingelaten. De debieten die worden ingelaten op deze punten zijn afhankelijk van de rivierstanden en bij Waaiersluis bij droogte ook het zoutgehalte.

De gemiddelde verblijftijd van het boezemwater varieert op meetpunt Vaartsche Rijn tussen de 4 tot 7 dagen.

Bij het Waterlichaam Binnenstad Utrecht is al beschreven wat de invloed is van Oog in Al en hoe dit lozingspunt in het model functioneert. Uit de debietgegevens bij de Doorslag, blijkt dat in het model nog te veel water richting Utrecht gaat (zie Figuur 45). Tevens blijkt dat bij Amelisweerd minder water wordt berekend dan is gemonitord (zie hoofdstuk 5.6). Dit kan op momenten de berekende waterkwaliteit in het waterlichaam beïnvloeden.

Vanwege de complexe sturingen is het lastig de debietstromingen op het Merwedekanaal goed te modeleren. In het model leidt een tekort aan water aan de oostkant van het ARK tot te veel water inlaten bij de Waaiersluis wat in het echt niet zo veel gebeurt. Dit leidt in de berekeningen tot een afwijking in de berekende debieten in de Doorslag en Merwedekanaal ten opzichte van het gemeten debiet.



Figuur 45: Berekend en gemeten debiet in de Doorslag

Net als bij het waterlichaam Binnenstad Utrecht wordt aanbevolen om de waterbalans tussen oost en west HDSR beter gemodelleerd te krijgen door meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten bij Oog in Al, de schut- en lekverliezen bij de sluizen en door de waterbalans van de Kromme Rijn kloppend te krijgen.

5.10.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de GHIJ wordt voor totaal-N en totaal-P als goed beoordeeld. Zowel totaal-N als totaal-P voldoen sinds 2008 aan de KRW-normen.

De waterkwaliteit van het waterlichaam Merwedekanaal wordt beïnvloed door veel factoren. Vanwege de variabele stroming die zowel naar het oosten als naar het westen kan stromen, kunnen bronnen in het oosten invloed hebben op de waterkwaliteit ten westen van het ARK en vice versa. Omdat bij inlaat Vreeswijk veel water wordt ingelaten, heeft de stroom vanuit de Lek een grote invloed op de waterkwaliteit. Verder spelen de RWZI's De Bilt, Zeist, Bunnik, en Driebergen vanuit het oosten een rol, maar ook de westelijke RWZI's hebben invloed op de waterkwaliteit door doorvoer van water door het sifon onder het Amsterdam Rijnkanaal, via het Merwede Kanaal en de Vaartsche Rijn. Op dit waterlichaam lozen de afvoergebieden Doorslag, Oudegein en Fokkesteg/Hoog Zandveld. Deze dragen nauwelijks bij aan de belasting van het systeem.

Resultaten

De kwaliteit van het externe inlaatwater bepaalt in sterke mate de kwaliteit van het waterlichaam Merwedekanaal, vanwege de korte verblijftijden in het systeem. Op meetpunt Vaartsche Rijn is het aandeel van het effluent in de zomer voor stikstof rond de 7% en voor fosfaat 14% van de totale belasting. Het effluent bestaat uit een cocktail van effluent vanuit 7 RWZI's. De grootste inbreng in 2012 voor stikstof komt vanuit RWZI Zeist en voor fosfaat uit Montfoort en Driebergen. Naast de RWZI's en het externe inlaatwater wordt de kwaliteit beïnvloed door de fracties bodem en interne inlaat voornamelijk uit de afvoergebieden Langbroekerwetering en Keulenvaart en in mindere mate Hoekse Molen en De Pleyt. Deze fracties komen ook van zowel oost als west HDSR (zie Figuur 48) en dragen niet meer dan 15 procent bij aan de totale belasting. Het externe inlaatwater op meetpunt Vaartsche Rijn komt vanuit de Lek via de inlaat bij Vreeswijk, vanuit de Neder-Rijn via de Kromme Rijn en in mindere mate vanuit de Hollandsche IJssel. Het effluent bestaat uit een cocktail van effluent vanuit 7 RWZI's. Door de jaren heen is de verhouding vergelijkbaar. De grootste inbreng in 2012 voor Totaal-N komt vanuit RWZI Zeist en voor Totaal-P uit Montfoort en Driebergen.

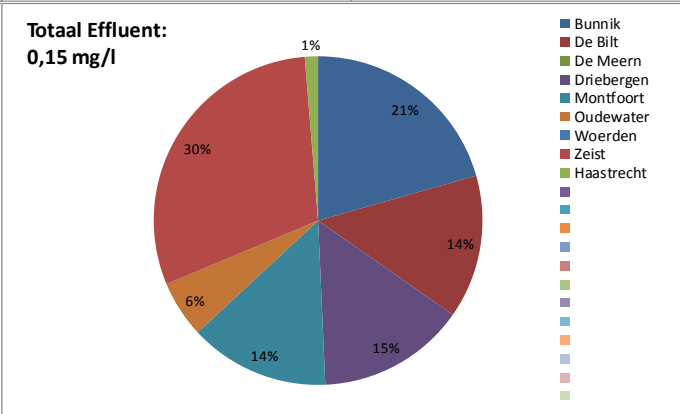
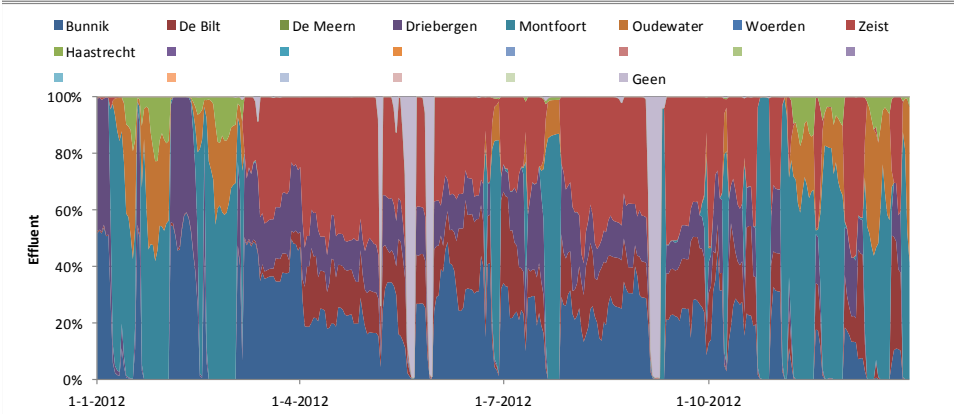
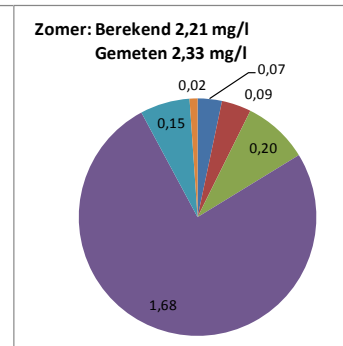
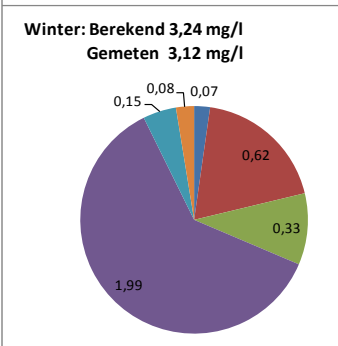
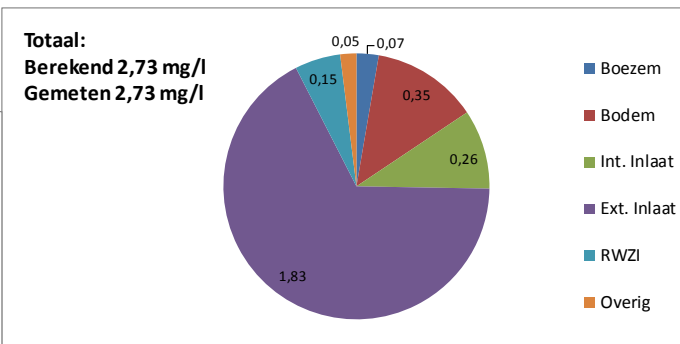
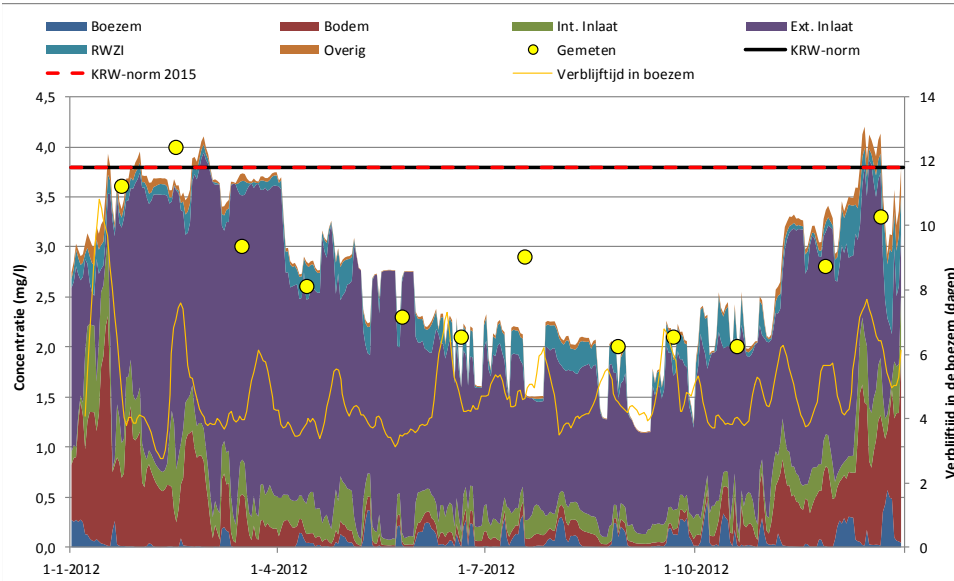
Ondanks dat er een afwijking in het berekende debiet zit vanuit de Doorslag, worden de concentraties voor Totaal-N goed berekend. Voor Totaal-P is er regelmatig een afwijking in de berekening zichtbaar ten opzichte van de meetgegevens. Mogelijk komt deze afwijking doordat het debiet in de werkelijkheid anders is dan berekend. Naast de RWZI's en het externe inlaatwater wordt de kwaliteit beïnvloed door de fracties bodem en interne inlaat. Deze fracties komen ook van zowel oost als west HDSR (zie Figuur 48). Op meetpunt Vaartsche Rijn is het aandeel van het effluent in de zomer voor Totaal-N rond de 7% en voor Totaal-P 14% van de totale belasting.

Conclusies

Door de waterbewegingen door het sifon onder het ARK staat het waterlichaam Merwedekanaal onder invloed van bronnen van zowel ten oosten als ten westen van het ARK. Het systeem is sterk verblijftijd gestuurd, waardoor de kwaliteit van het externe inlaatwater grote invloed heeft op de kwaliteit in het Merwedekanaal. Uit de analyse blijkt dan ook dat als naar bron en herkomst wordt gekeken, geen enkele bron er uit schiet. Door de doorvoerfunctie van extern inlaat water en de relatief grote afstand tot de RWZI's is het water in het Merwedekanaal relatief schoon. Het KRW-meetpunt Vaartsche Rijn voldoet daardoor voor zowel de gemonitorde als de berekende waarden aan de KRW-normen voor Totaal-P en Totaal-N.



Meetpunt	MK Vaartsche Rijn te Utrecht	e01	Lees gegevens	
Parameter	Stikstof	N		
Jaar	2012			
Kluster	Effluent	1		
			KRW-norm (mg/l)	3,8
			KRW-norm 2015 (mg/l)	3,8

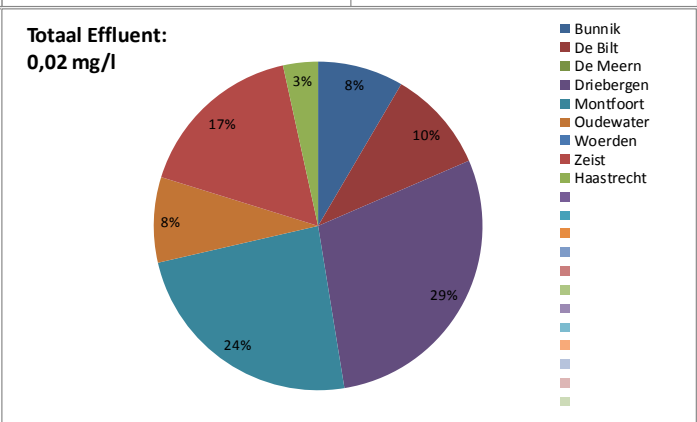
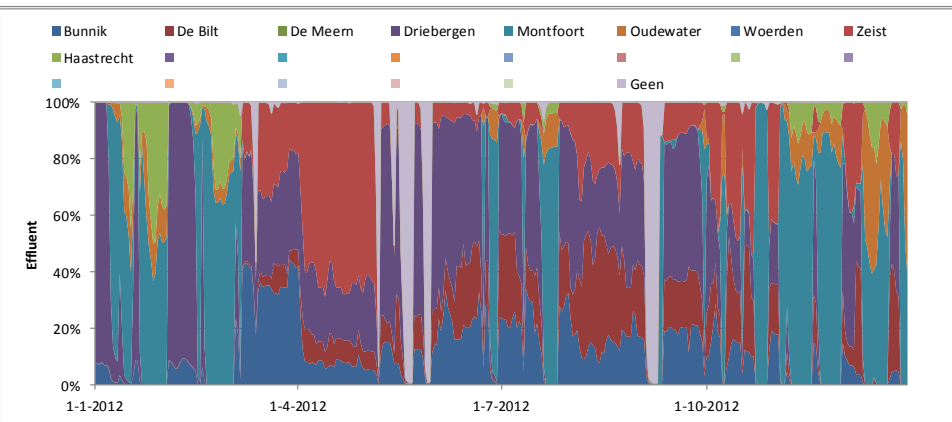
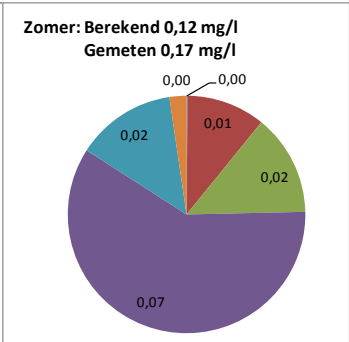
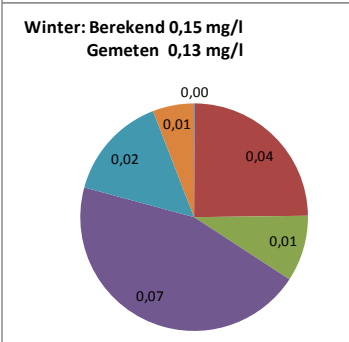
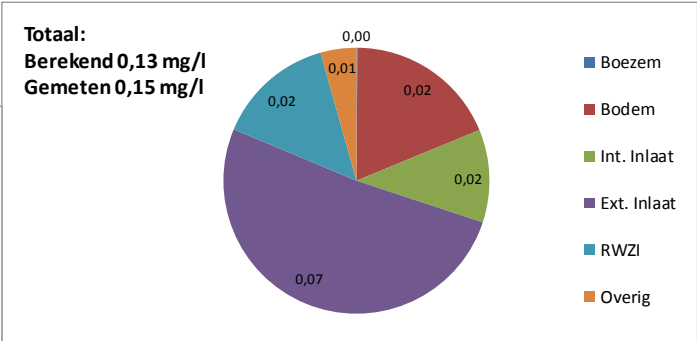
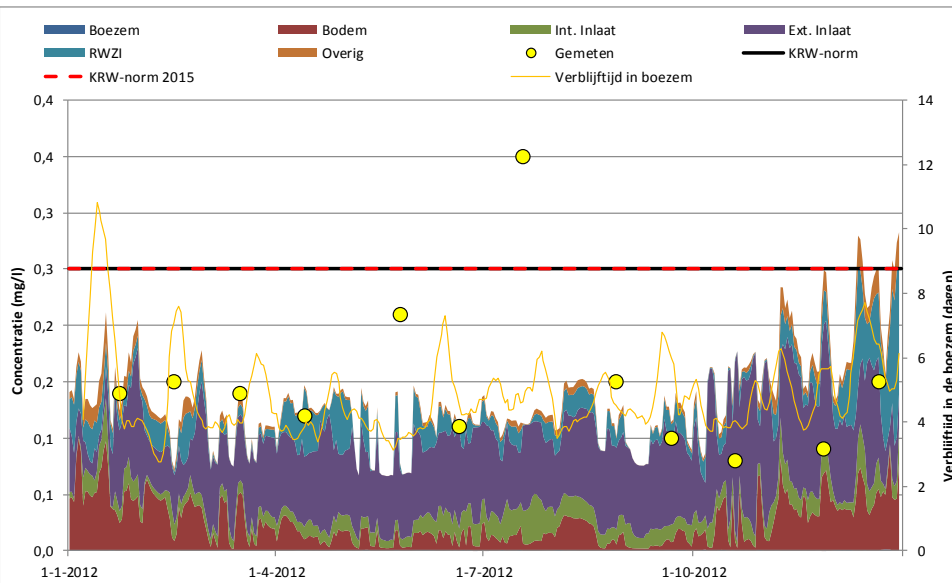


Figuur 46: Meetpunt e01, Vaartsche Rijn, Totaal-N voor 2012

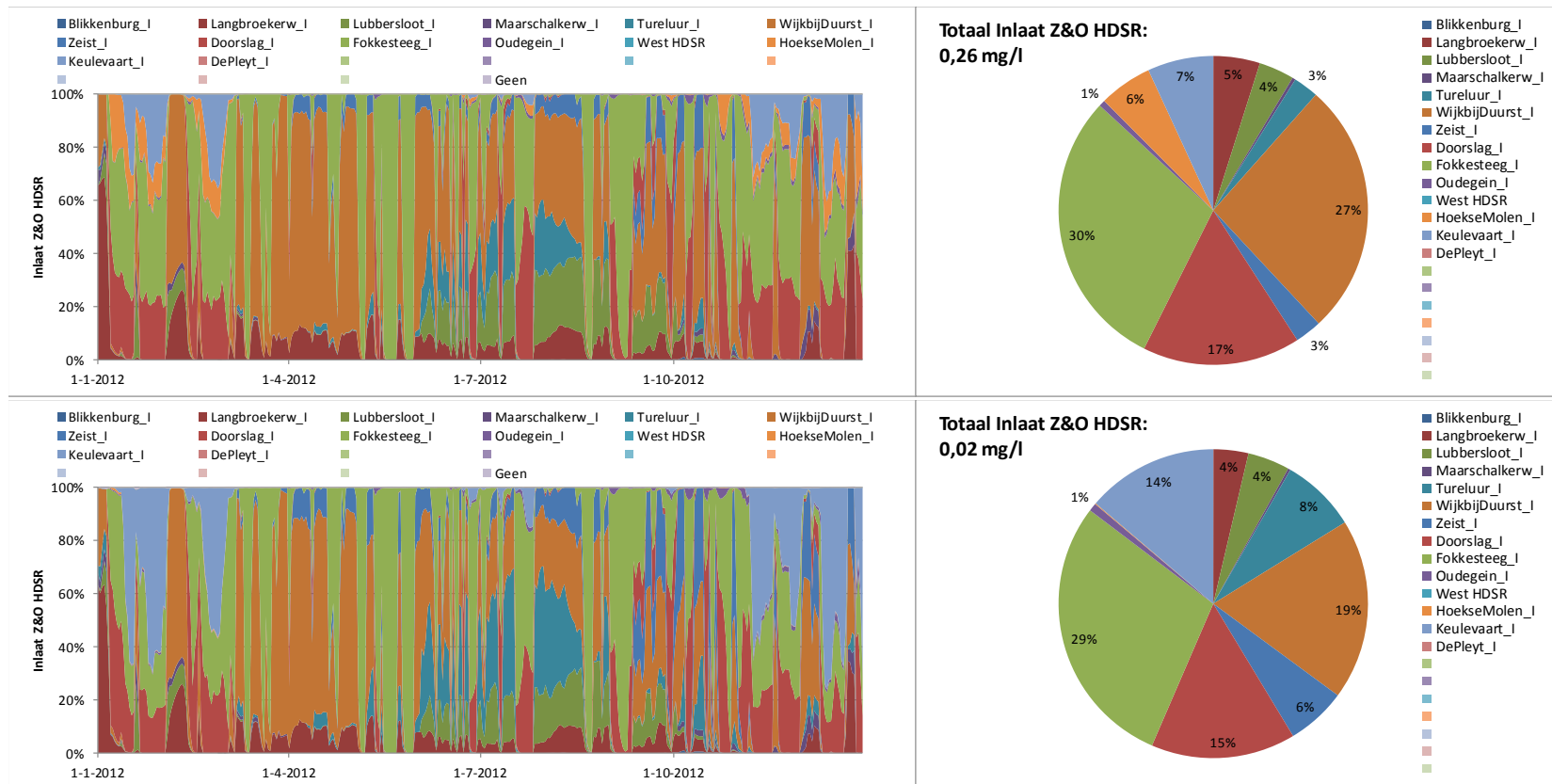


Meetpunt	MK Vaartsche Rijn te Utrecht	e01
Parameter	Fosfaat	P
Jaar	2012	
Kluster	Effluent	1

Lees gegevens	
KRW-norm (mg/l)	0,25
KRW-norm 2015 (mg/l)	0,25



Figuur 47: Meetpunt e01, Vaartsche Rijn, Totaal-P voor 2012



Figuur 48: Herkomst van bron interne inlaat voor Totaal-N (bovenste figuur) en Totaal-P (onderste figuur)

5.11 MONTFOORTSE VAART

5.11.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De Montfoortse Vaart is een waterlichaam met weinig doorstroming. De verblijftijd van het water is lang. De sluis bij Montfoort wordt gesloten gehouden, waardoor er geen invloed is vanuit de GHIJ.

Voor de kalibratie van het debiet door de Montfoortse Vaart zijn geen meetgegevens. In het model ontstaat in de Vaart alleen stroming door neerslag en bij de overgang van winter- naar zomerpeil en vice versa. Het water dat nodig is om het afvoergebied Rapijnen op zomerpeil te krijgen wordt uit de Montfoortse Vaart en uit de GHIJ onttrokken. Het deel dat uit de Montfoortse Vaart wordt onttrokken, wordt vanuit de Lange Linschoten aangevuld. Op de Montfoortse Vaart wordt geen water afgevoerd vanuit de afvoergebieden.

5.11.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De Montfoortse Vaart is het boezemwaterlichaam met de beste waterkwaliteit in het beheergebied van de Stichtse Rijnlanden. De KRW-normen voor N en P worden hier ruimschoots gehaald. Door de geïsoleerde ligging van het waterlichaam is er nauwelijks beïnvloeding van het systeem met gebiedsvreemd water van slechtere kwaliteit. De waterkwaliteit in de Montfoortsevaart wordt met name bepaald door gebiedseigen processen. Vanwege de hoge verblijftijd is de waterkwaliteit sterk proces gestuurd. De processen hebben hier blijkbaar geen negatieve invloed op de waterkwaliteit. Nalevering vanuit de waterbodem speelt hier nauwelijks. De enige invloed die gebiedsvreemd water de Vaart optrekt, wordt veroorzaakt door de onttrekking van afvoergebied Rapijnen. Bij de overgang van winter- naar zomerpeil onttrekt dit punt water uit de Montfoortse Vaart, waardoor water vanuit de Lange Linschoten naar binnen wordt getrokken.

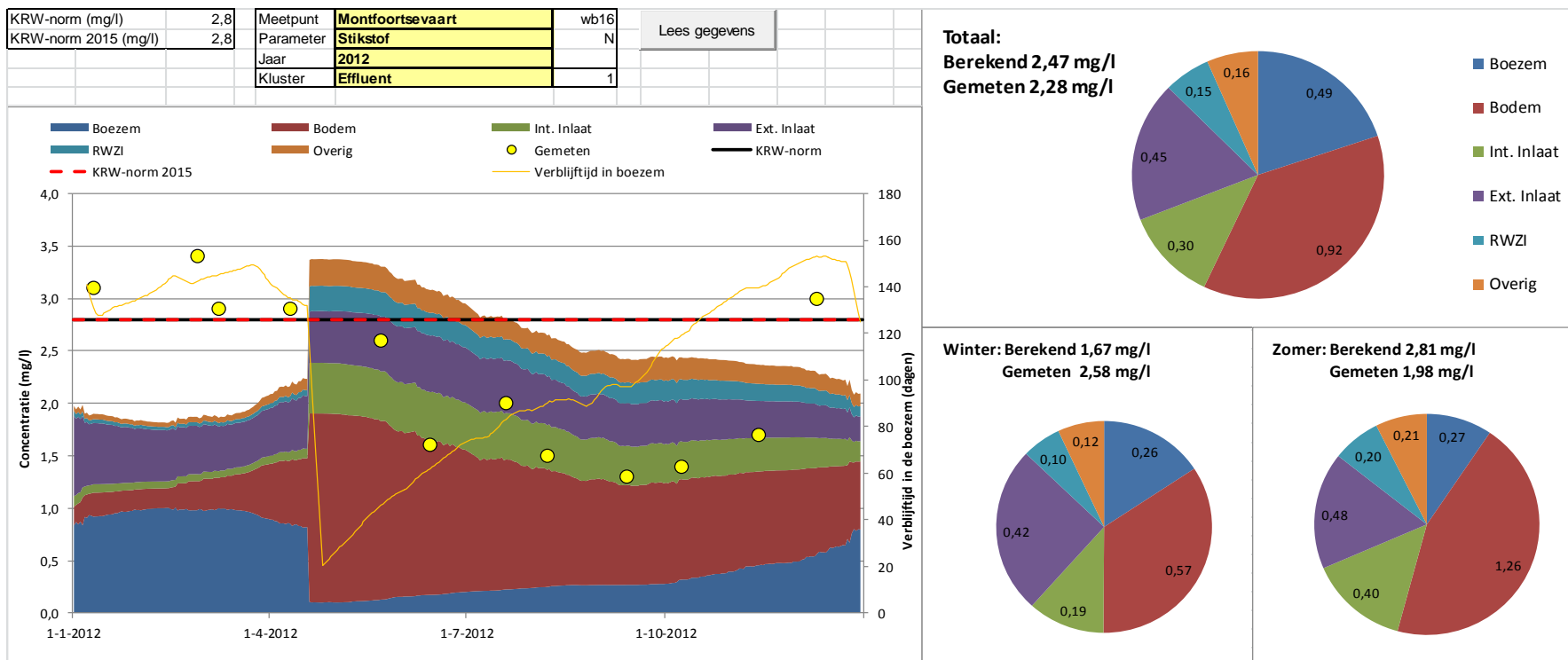
Resultaten

Doordat de verblijftijd in de Montfoortse Vaart lang is (varieert volgens het model tussen de 20 en 150 dagen) is het model niet geschikt om betrouwbare voorspellingen te doen van de waterkwaliteit. De abrupte omslag van winter- naar zomerpeil, is zichtbaar in de grafieken door de snelle omslag half april. In de werkelijkheid zal dit niet zo snel gaan en zal de waterkwaliteit niet een dergelijk snelle omslag maken. Incidenteel zijn er bij de meetgegevens voor Totaal-P hogere waardes gemeten. Mogelijk worden deze gehalten veroorzaakt door het naar binnentrekken van water uit de Lange Linschoten.

Op basis van de meetgegevens voldoet de Montfoortse Vaart in de zomer aan de KRW-normen.

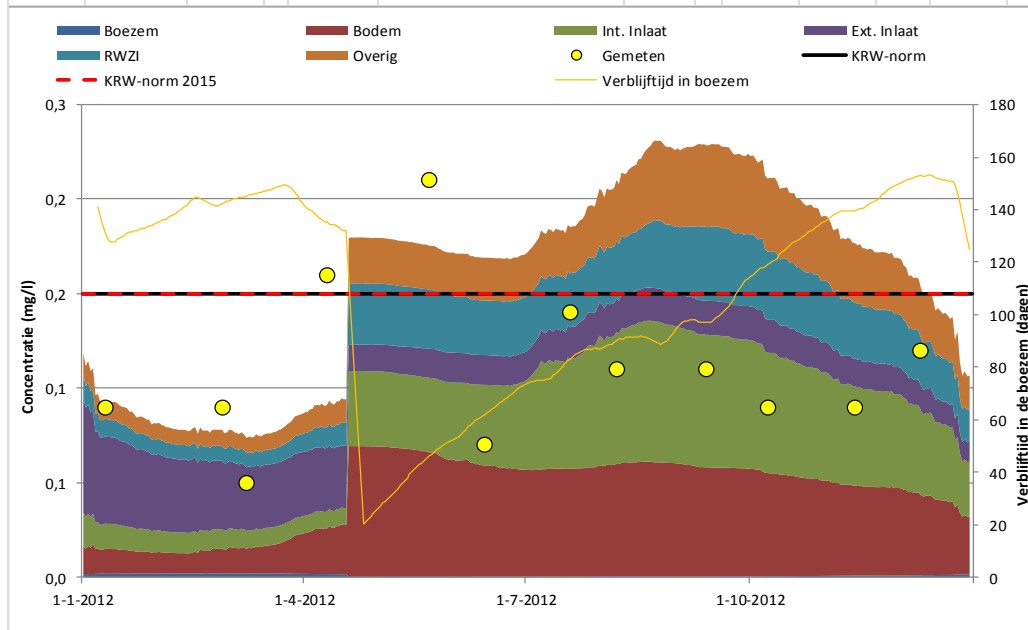
Conclusies

De Montfoortse Vaart voldoet aan de KRW-normen. Omdat het water in de Montfoortse Vaart een lange verblijftijd heeft, is het model, dat conservatief rekent, niet geschikt om voorspellingen te doen voor de waterkwaliteit. Het waterlichaam blijven isoleren lijkt de beste maatregel om de goede waterkwaliteit in dit waterlichaam te behouden.

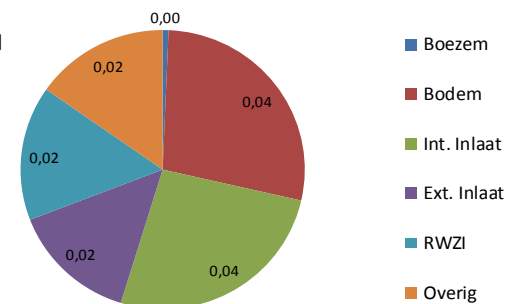


Figuur 49: Meetpunt wb16, Montfoortse Vaart, Totaal-N voor 2012

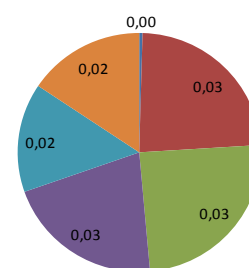
KRW-norm (mg/l)	0,15	Meetpunt	Montfoortsevaart	wb16	Lees gegevens
KRW-norm 2015 (mg/l)	0,15	Parameter	Fosfaat	P	
		Jaar	2012		
		Kluster	Effluent	1	



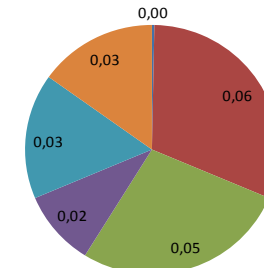
Totaal:
Berekend 0,16 mg/l
Gemeten 0,11 mg/l



Winter: Berekend 0,13 mg/l
Gemeten 0,09 mg/l



Zomer: Berekend 0,18 mg/l
Gemeten 0,13 mg/l



Figuur 50: Meetpunt wb16, Montfoortse Vaart, Totaal-P voor 2012

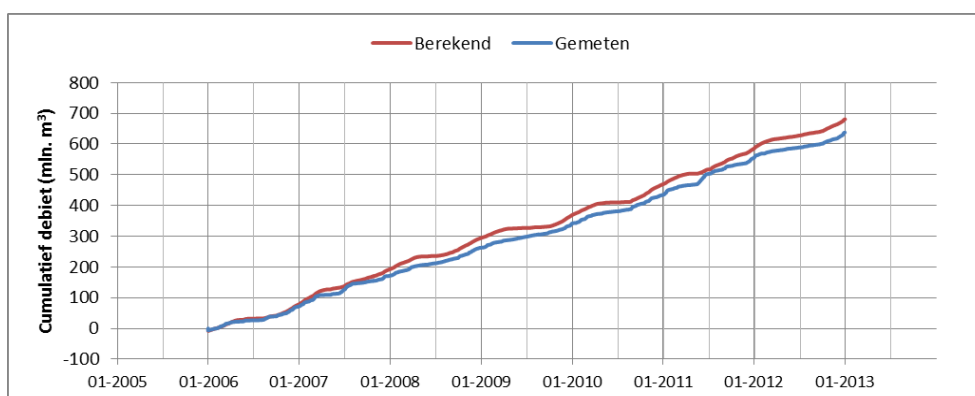
5.12 OUDE RIJN

5.12.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

De afvoer van de Oude Rijn gaat via de sluis bij Bodegraven naar het Hoogheemraadschap van Rijnland. Bij droogte wordt het debiet op de Oude Rijn bepaald door de aanvoer van water vanuit de Haanwijkersluis en de doorvoer van water vanuit de Lange Linschoten. Beide aanvoerstromen zijn peilgestuurd, waarbij volgens de berekeningen meer water via de Haanwijkersluis wordt doorgevoerd dan over de Lange Linschoten. Tijdens KWA-situaties wordt ook water via de Wierickes naar de Oude Rijn gevoerd. Tijdens het zomerseizoen voorziet de Oude Rijn de Grecht van inlaatwater.

De doorstroming door de Oude Rijn is beperkt. Hierdoor lopen de verblijftijden in de boezem in de zomer op tot rond de 15 dagen.

In het model wordt de afvoer van de Oude Rijn op peil gestuurd bij Bodegraven. Het berekende debiet ligt iets hoger dan het gemeten debiet.



Figuur 51: gemeten en berekend debiet bij de sluis bij Bodegraven

De lek- en schutverliezen bij diverse sluizen in het beheergebied van HDSR zijn niet goed bekend. Daarom zijn de debietstromen door de Wierickes, de Lange Linschoten en Haanwijkersluis ingeschat en hoeft de verdeling van de debieten zoals ze nu zijn berekend, niet te kloppen met de werkelijkheid.

5.12.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

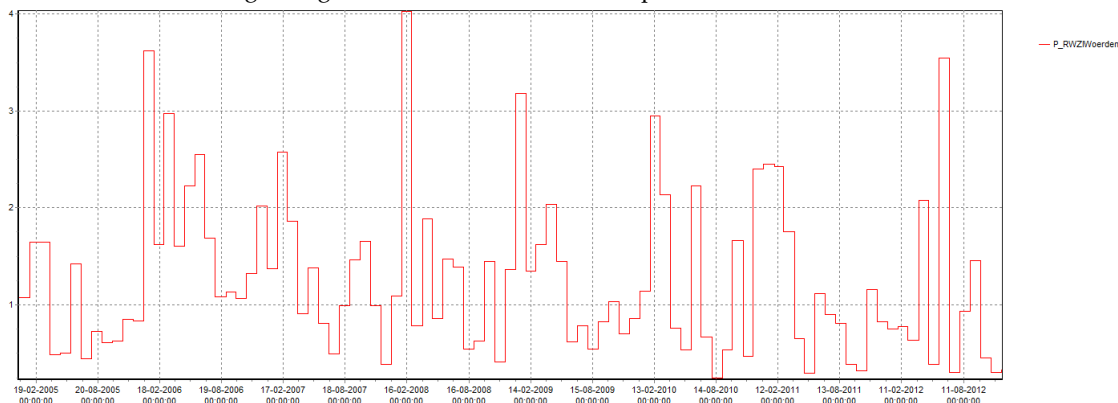
De waterkwaliteit van de Oude Rijn wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P als matig. Het totaal-N gehalte voldoet aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

Zoals bij het debiet, wordt de waterkwaliteit op de Oude Rijn beïnvloed door verschillende stromingen met verschillende herkomst en waterkwaliteit. Doordat de debieten die de Oude Rijn voeden niet goed bekend zijn, is het lastig een goede waterkwaliteit te modeleren.

De waterkwaliteit van de Oude Rijn wordt beïnvloed door de diverse afvoergebieden die op de oude Rijn uitkomen. Zo hebben de afvoergebieden uit het zuiden invloed zoals de afvoergebieden in de Lopikerwaard en ten zuiden van de Oude Rijn invloed via de Wierickes en de Lange Linschoten, uit het Noorden via de Grecht en ten oosten via de doorvoer vanuit Haanwijkersluis.

Tevens lost de RWZI Woerden op de Oude Rijn en is er door de doorvoer via de Haanwijkersluis een redelijke invloed van de RWZI De Meern in de zomer te verwachten.

Het effluent vanuit de RWZI Woerden heeft regelmatig hoge waarden voor Totaal-P (zie Figuur 52). Stroomafwaarts richting Bodegraven heeft dit veel invloed op de waterkwaliteit.



Figuur 52: concentratie verloop Totaal-P in effluent RWZI Woerden

Resultaten

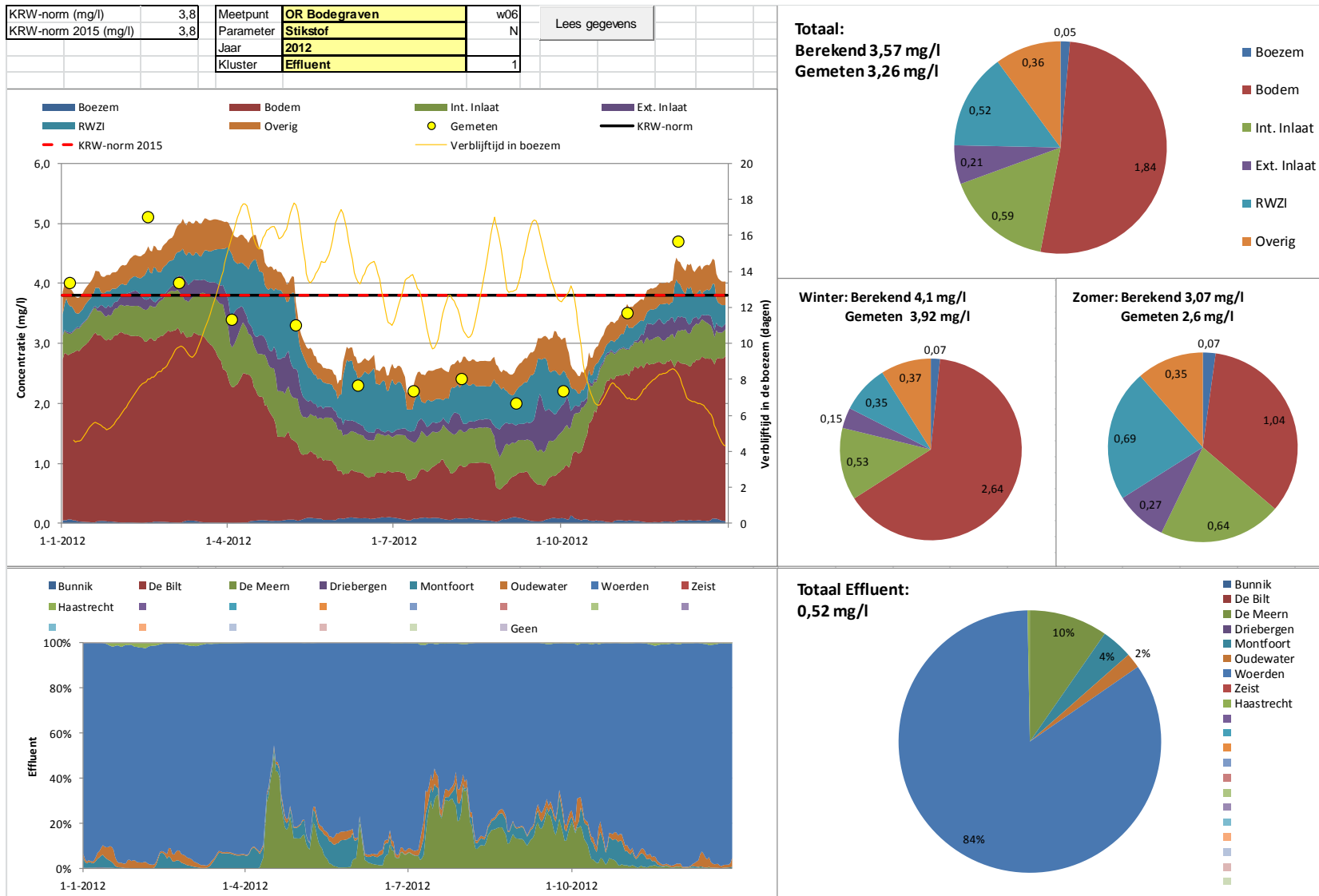
De berekeningsresultaten voor Totaal-N volgen redelijk de gemeten waarden. In het algemeen liggen de berekende waarden iets hoger. Voor Totaal-P is de afwijking groter. De berekende waarden volgen wel de trend in de gemeten waarden, maar liggen in het algemeen een stuk hoger. Door meer kennis over de stromingen vanuit de Wierickes, Lange Linschoten en Haanwijkersluis kunnen de modelresultaten verbeterd worden. Ook een verdergaand iteratief proces waarbij in het model diverse aanvoerende debietstromingen worden doorgerekend, kan de modelresultaten verbeteren.

De af- en uitspoeling (bodem) vanuit de afvoergebieden is voor stikstof de belangrijkste bron die de Oude Rijn belast. In de zomer is dit voor stikstof circa een derde van de totale belasting.

Conclusies

Bij de gemeten concentraties voldoet de Oude Rijn bij Woerden aan de KRW-normen. Bij Bodegraven is het Totaal-P gehalte te hoog. Volgens de berekeningen wordt dit met name veroorzaakt door het effluent van RWZI Woerden en het inlaatwater vanuit diverse afvoergebieden.

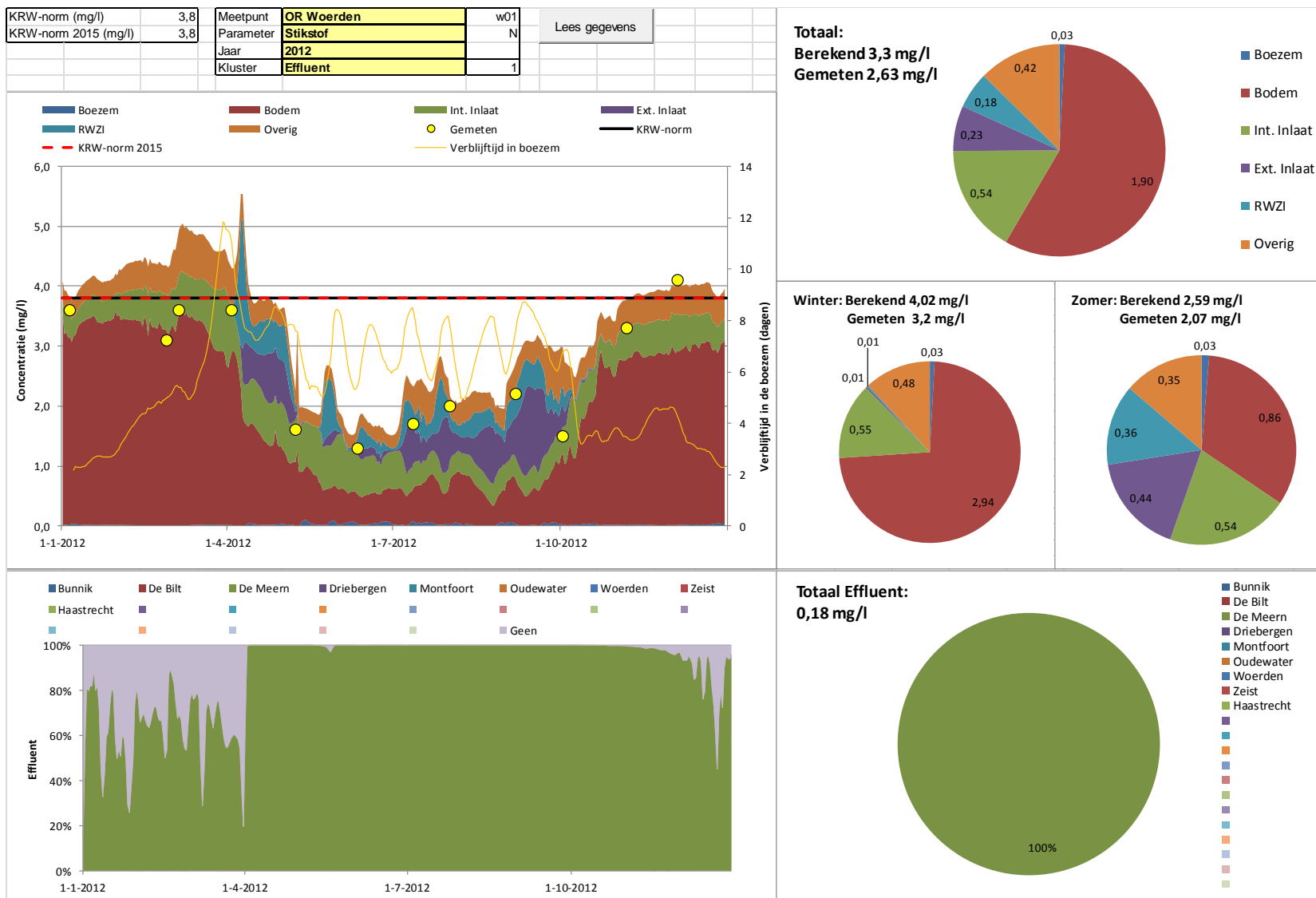
Het verder verbeteren van het zuiveringsrendement voor Totaal-P van de RWZI Woerden zal de waterkwaliteit kunnen verbeteren tot onder de KRW-norm voor Totaal-P. Het Totaal-P gehalte in het effluent ligt regelmatig ver boven de KRW-norm van 0,25 mg/l.



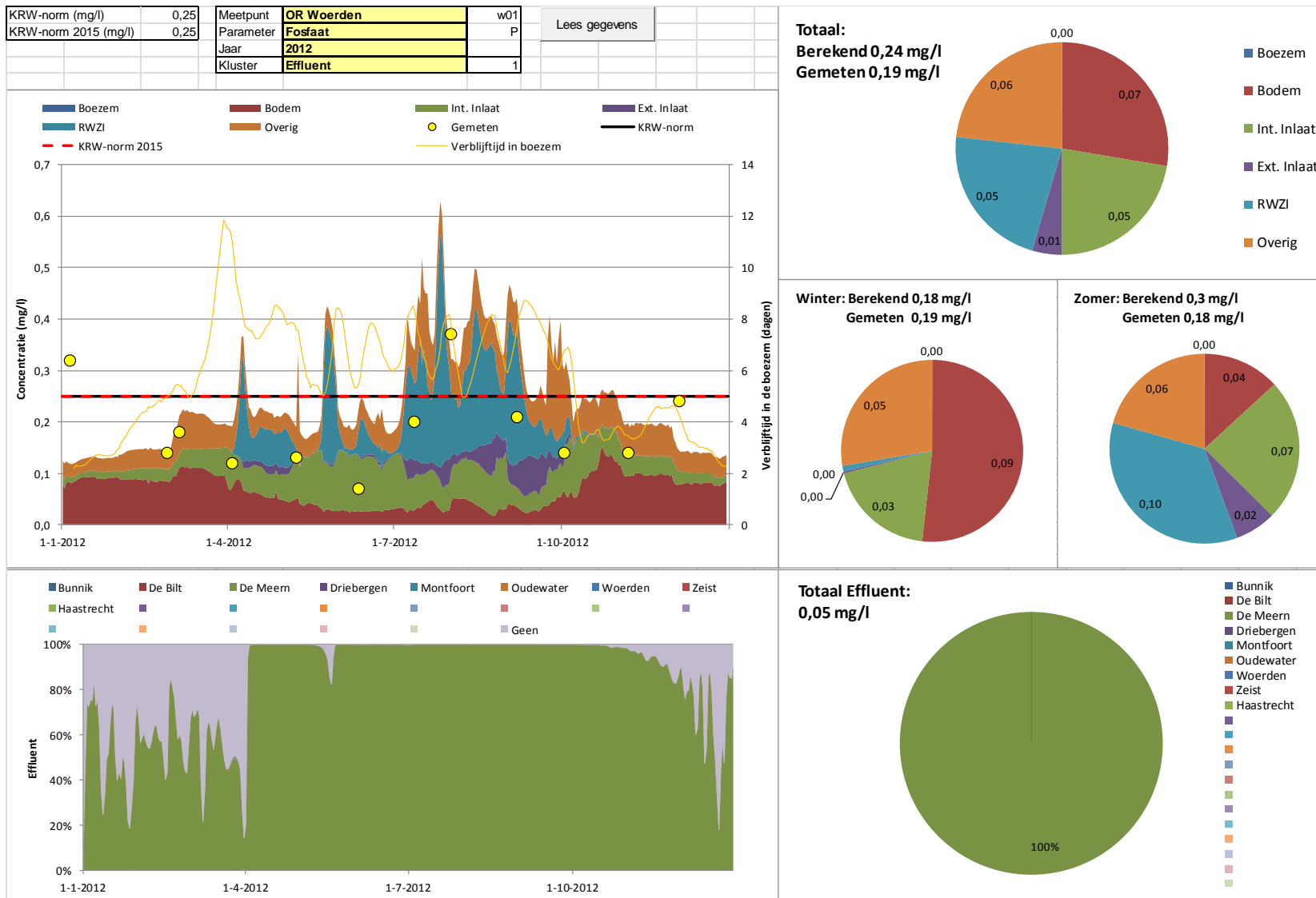
Figuur 53: Meetpunt w06, Oude Rijn, Bodegraven, Totaal-N voor 2012



Figuur 54: Meetpunt w06, Oude Rijn, Bodegraven, Totaal-P voor 2012



Figuur 55: Meetpunt w01, Oude Rijn, Woerden, Totaal-N voor 2012



Figuur 56: Meetpunt w01, Oude Rijn, Woerden, Totaal-P voor 2012

5.13 WIERICKES

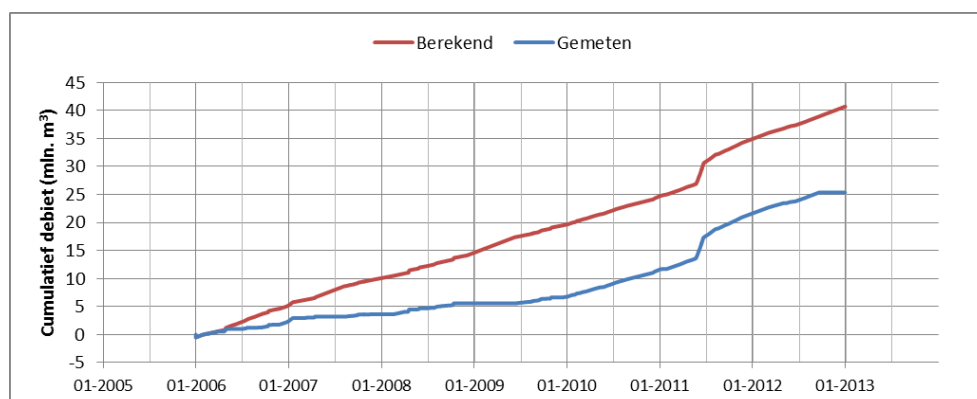
5.13.1 RESULTATEN WATERKWANTITEIT

Het debiet op de Wierickes wordt bepaald voor de Enkele Wiericke door de inlaat vanuit Hekendorp en bij de Dubbele Wiericke door de inlaat en schut- en lekverliezen bij de Goejanverwellesluis. In droge periodes kan de stroming richting de Oude Rijn in het noordelijk deel van de Wierickes omdraaien. Door de watervraag vanuit de polders wordt dan water aangevoerd vanuit de Oude Rijn.

De verblijftijd van het water in de Dubbele Wiericke varieert tussen de 7 en 20 dagen. In de zomer is de verblijftijd langer (rond de 15 dagen).

De inlaat bij Hekendorp wordt alleen in de zomer gebruikt om water aan te voeren vanuit de GHIJ. De meetreeks van deze locatie is beperkt en start halverwege 2010. Volgens de beheerders staat de inlaat meestal dicht. Daarom is in het model alleen het gemeten debiet vanaf 2010 op de Enkele Wiericke gezet.

De doorvoer bij de Goejanverwellesluis wordt gemonitord. De beheerders geven aan dat ze het gemonitord debiet niet vertrouwen. Ze verwachten dat er meer water wordt doorgevoerd dan is gemonitord. De lek- en schutverliezen worden niet mee gerekend bij de monitoring. In het model is er daarom naar gestreefd een iets groter debiet door de Goejanverwelle sluis dan is gemonitord.



Figuur 57: gemonitord en gemeten debiet door de Goejanverwellesluis

Aanbevolen wordt debietmetingen in de Wierickes uit te voeren teneinde meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten en om hiermee ook een betere inschatting te maken van de lek- en schutverliezen.

5.13.2 RESULTATEN WATERKWALITEIT

Algemeen

De waterkwaliteit van de Wierickes wordt voor totaal-N als goed beoordeeld en voor totaal-P als matig. Het totaal-N gehalte voldoet aan de KRW-normen. Het totaal-P gehalte voldoet niet aan de KRW-norm.

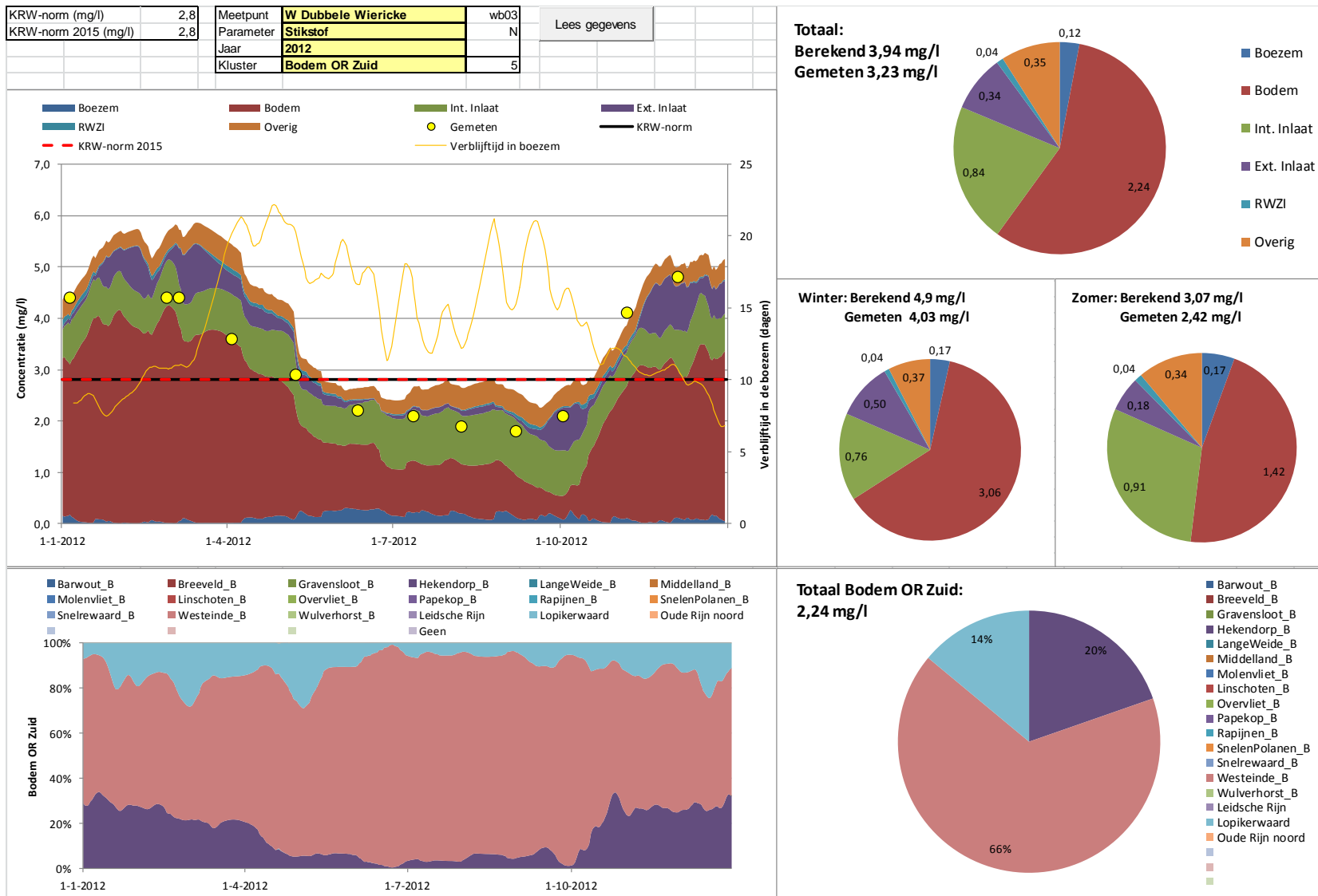
De waterkwaliteit in de Wierickes wordt met name beïnvloed door het ingelaten water vanuit de GHIJ en de afvoer van de afvoergebieden.

Resultaten

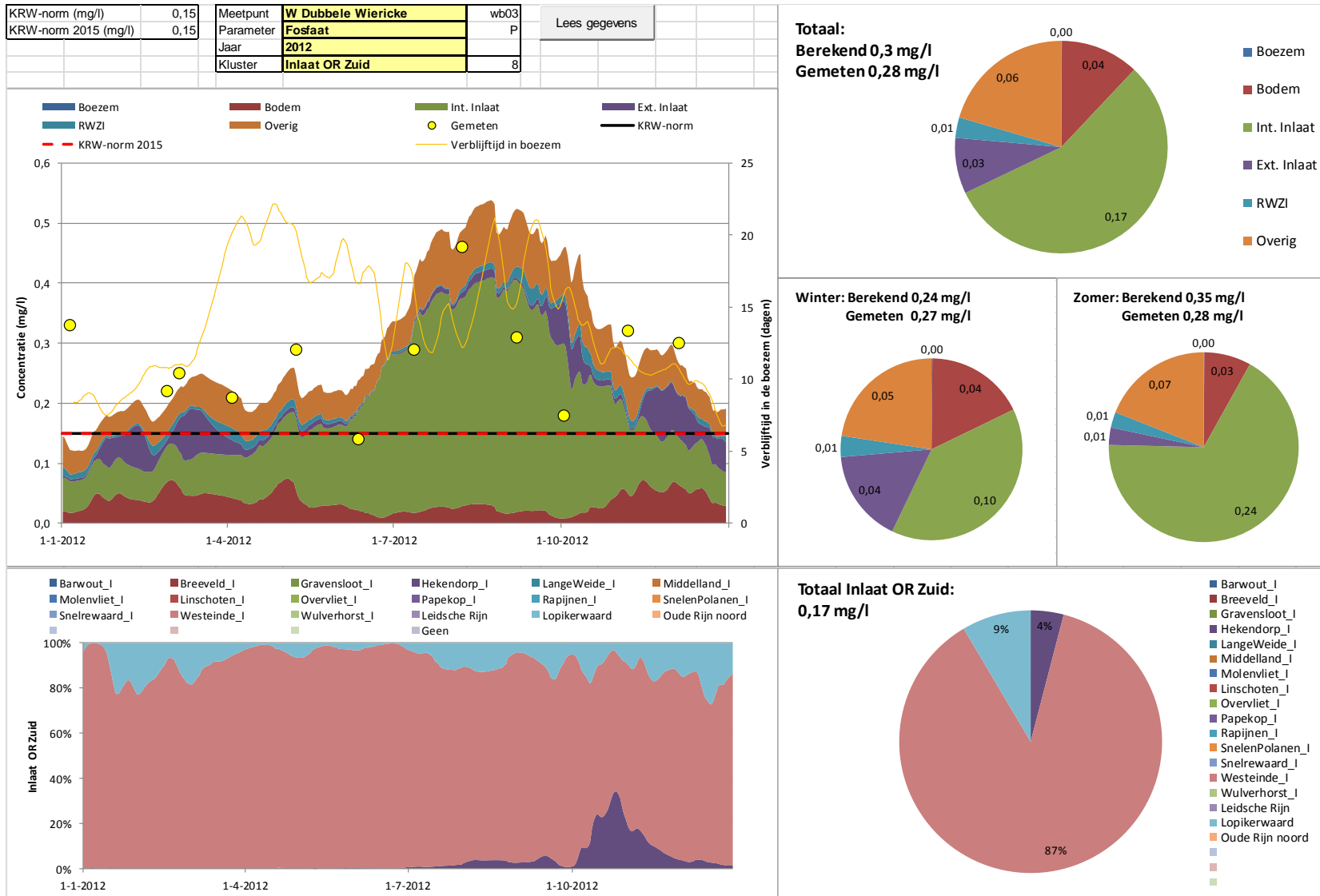
In de Enkele Wiericke wordt de waterkwaliteit alleen bij het inlaatpunt gemonitord. Dit komt overeen met de waterkwaliteit in de GHJ. In de Dubbele Wiericke wordt in het noordelijke deel gemonitord. De berekeningsresultaten voor de Dubbele Wiericke voor Totaal-N volgen redelijk de gemeten waarden. In het algemeen liggen de berekende waarden iets hoger. Voor Totaal-P is de afwijking groter, maar zit er ook meer spreiding in de waarnemingen. De berekende waarden volgen wel de trend in de gemeten waarden, maar liggen in het algemeen hoger.

Conclusies

De waterkwaliteit in de Enkele Wiericke wordt niet gemonitord. Volgens de berekeningsresultaten voldoet de Enkele Wiericke zowel voor Totaal-P als voor Totaal-N niet aan de KRW-norm. Aangezien het model Totaal-N in het algemeen iets te hoog berekend, kan in de praktijk de Enkele Wiericke voor Totaal-N mogelijk wel voldoen. Het effluent heeft geen invloed op de waterkwaliteit van de Enkele Wiericke. De waterkwaliteit op de Dubbele Wiericke in de zomer voldoet volgens de metingen voor Totaal-N wel en voor Totaal-P niet aan de KRW-norm. Op de Dubbele Wiericke is een geringe invloed van effluent op de waterkwaliteit. Uit de berekeningen blijkt dat bij Totaal-N de fractie bodem (landbouw) en inlaat bepalend zijn voor de kwaliteit. Bij Totaal-N komt in de zomer het overgrote deel van de bodem- en inlaatfractie uit het afvoergebied Westeinde. Bij Totaal-P geldt dit ook voor de inlaatfractie. De bodemfractie draagt bij Totaal-P volgens de berekeningen veel minder bij.



Figuur 58: Meetpunt wb03, Dubbele Wiericke, Totaal-N voor 2012



Figuur 59: Meetpunt wb03, Dubbele Wiericke, Totaal-P voor 2012

5.14 TOTAAL

In Tabel 6 en Tabel 7 is een overzicht gegeven van de gemiddelde gemeten en berekende concentraties voor respectievelijk Totaal-N en Totaal-P. Hierbij is onderscheid gemaakt in zomer-, winter- en totaalconcentraties. Tevens wordt in de tabellen de bijdrage van het effluent op de totale belasting van het betreffende waterlichaam weergegeven. In de laatste kolom is aangegeven in hoeverre de zuivering van de RWZI zou moeten verbeteren om tot onder de KRW-norm van 2015 te komen (om het doelgat te dichten). In enkele gevallen is de bijdrage van het effluent te groot om onder de norm te komen. Dan hebben andere bronnen een belangrijkere rol in de waterkwaliteit van het betreffende waterlichaam.

In de Figuur 60 en Figuur 61 is voor het oostelijke en westelijke deel van HDSR per meetpunt de inbreng van effluent in de Totaal-P concentratie weergegeven. Een rode lijn geeft het 10% criterium aan. Een lozing in KRW-termen is significant als het aandeel van de bron 10% of meer is van de totale belasting in de mengzone. Dit is alleen relevant als de normen voor het betreffende waterlichaam niet gehaald worden. In deze figuren is het verloop van het aandeel Totaal-P uit het effluent in de totale concentratie in de tijd zichtbaar. In Figuur 62 is het aandeel Totaal-P uit het effluent op het zomergemiddelde Totaal-P weergegeven. In dit figuur is zichtbaar hoe het aandeel Totaal-P zich in het zomerhalfjaar over de boezem verspreid.

Totaal-N

Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat het merendeel van de waterlichamen in de zomer voor Totaal-N voldoen aan de KRW-norm. Alleen bij de Biltse Grift voldoet de N-norm in 2012 nog niet. Met een gezamenlijke verbetering van circa 40% van de zuivering van de RWZI's De Bilt en Zeist kan de KRW-norm voor Totaal-N voor de Biltse Grift gehaald worden. Bij meetpunt Galgenwaard op de Kromme Rijn voldoet het Totaal-N niet aan de KRW-norm. In deze studie zijn de berekende concentraties getoetst aan de nieuwe aangescherpte norm die vanaf 2015 geldt. Op de Kromme Rijn bij Galgenwaard wordt de norm net niet gehaald. Een wat hogere meting in augustus 2012 zorgt ervoor dat het zomergemiddelde te hoog uitvalt (2,32 mg/l versus de norm van 2,30 mg/l). Maar ook bij het berekende gemiddelde is het gehalte net te hoog. Volgens de berekeningen dient het gemiddelde zuivering voor Totaal-N van de oostelijke vier RWZI's met 25% te verbeteren ten opzichte van de zuivering in 2012. Het aandeel vanuit de RWZI Zeist is het grootst. Echter in 2013 zijn voor dit waterlichaam de N-normen voor het eerst gehaald.

Totaal-P

Het Totaal-P geeft bij meer waterlichamen problemen met de KRW-normen dan het Totaal-N. Alleen alle meetpunten in het Merwedekanaal en de Montfoortse Vaart voldoen aan de KRW-normen voor Totaal-P. Bij de Biltse Grift, Grecht, Lange Linschoten, Langbroekerwetering en de Wierickes, voldoen geen van de meetpunten aan de KRW-normen 2015 voor Totaal-P. Bij de overige waterlichamen zijn zomergemiddelden gemeten zowel boven als onder de KRW-norm.

In de meeste gevallen is het doelgat te groot om dit alleen op te lossen met een verbetering van het zuiveringsrendement van de RWZI's. Dat komt omdat de vracht die het effluent bijdraagt aan de totale concentratie te klein is om het doelgat te dichten (dus als de zuivering effluent zonder Totaal-P loost, blijft de KRW-norm overschreden worden), of dat het zuiveringsrendement onrealistisch verhoogd moet worden om het doelgat te kunnen dichten. Aanvullende maatregelen op de andere bronnen zoals de fracties bodem (landbouw) en inlaatwater zijn in deze gevallen dan ook noodzakelijk. Bij de Kromme Rijn is de fractie inlaat water ook bepalend. Het water uit de Neder-Rijn overschrijdt regelmatig de KRW-norm voor Totaal-P. De KRW norm voor fosfaat wordt voor dit waterlichaam in 2015 aangescherpt van 0.14 naar

0.11 mg/l. Echter, de kwaliteit van het water in de Neder-Rijn verbetert nog steeds (zie Figuur 33).
Mogelijk dat deze in de toekomst wel voldoet

Een andere manier om de nutriëntenbelasting te verlagen is het doorspoelen van het systeem met schoner water. Onderzocht kan worden of een slimmere sturing in de waterkwantiteit de waterkwaliteit in bepaalde waterlichamen kan verbeteren. Onderzocht kan worden of het externe inlaatwater van goede kwaliteit langer in het boezemsysteem vast kan worden gehouden en de nutriëntrijke stromingen sneller kunnen worden afgevoerd door in de zomer een slimmer inlaat- en afvoerregime te volgen.

Waterlichaam	naam meetpunt	code meetpunt	stikstof	gemeten 2012			berekend 2012			invloed effluent totaal	invloed effluent zomer	invloed effluent winter	verbeteren concentratie huidige effluent om KRW-norm in zomer te halen*
				KRW-norm 2015	totaal	zomer	winter	totaal	zomer				
Biltse Grift	BG Biltsegrift gemaal Sandwijk	a42	2,8	2,74	2,30	3,18	4,43	2,78	6,10	85%	66%	94%	-
Biltse Grift	BG Nieuwe Hakse wetering	a11	2,8	4,99	4,98	5,00	4,92	3,95	5,89	58%	76%	47%	40%
Binnenstad Utrecht	BU Oudegracht Bakkerbrug	s05	2,8	2,62	2,12	3,12	2,80	2,31	3,30	8%	10%	8%	-
Binnenstad Utrecht	BU Vecht Rode brug te Utrecht	s21	2,8	2,79	2,53	3,05	2,81	2,32	3,29	9%	10%	9%	-
GHIJ	GHIJ Achthoven	d14	3,8	2,89	2,22	3,57	2,83	2,17	3,51	9%	12%	7%	-
GHIJ	GHIJ Haastrecht	e33	3,8	3,95	2,92	4,98	3,55	2,72	4,38	3%	4%	2%	-
GHIJ	GHIJ inlaat Voormolen camping	Voormolen	3,8				2,75	2,08	3,43	5%	6%	5%	-
GHIJ	GHIJ Montfoort	d12	3,8	2,23	2,33	4,13	2,89	2,33	3,46	14%	22%	9%	-
GHIJ	GHIJ tussen Enkele en Dubbele Wiericke	EDW	3,8				3,34	2,46	4,22	5%	8%	4%	-
GHIJ	GHIJ Tussen rwzi Montfoort en Oudewater	MO	3,8				3,01	2,22	3,81	10%	17%	7%	-
Grecht	Grecht de Toegang 2	w41	2,8	2,74	1,97	3,52	4,32	3,05	5,68	1%	2%	0%	*
Grecht	Grecht Inlaat Zegveld	Zegveld	2,8				2,56	2,91	2,34	3%	6%	6%	*
Grecht	Grecht thv ONT Rietveld	Rietveld	2,8				2,44	2,65	2,27	5%	9%	0%	*
Kromme Rijn	KR ADM te Wijk bij Duurstede	a72	2,3	2,83	2,23	3,42	2,80	2,24	3,35	0%	0%	0%	-
Kromme Rijn	KR brug Beverweert	a04	2,3	2,74	2,20	3,28	2,73	2,26	3,20	0%	0%	0%	-
Kromme Rijn	KR brug Odijk	a87	2,3	2,64	2,25	3,30	2,73	2,27	3,19	2%	2%	2%	-
Kromme Rijn	KR Galgenwaard	a01	2,3	3,04	2,32	3,77	2,85	2,37	3,32	10%	11%	9%	25%
Kromme Rijn	KR stroomafwaarts van Biltse Grift	BG	2,3				2,89	2,39	3,39	11%	12%	10%	30%
Kromme Rijn	KR stroomafwaarts van rwzi Bunnik	Bunnik	2,3				2,76	2,30	3,22	5%	5%	4%	-
Lange Linschoten	Lange Linschoten	w38	2,8				3,43	2,98	3,90	4%	6%	12%	*
Lange Linschoten	LL Bijzerwetering	Bijzer	2,8				3,30	2,73	3,89	3%	5%	2%	-
Lange Linschoten	LL brug huisnr 36	w12	2,8	3,13	2,18	4,07	3,00	2,30	3,69	8%	13%	5%	-
Lange Linschoten	LL Inlaat Oudewater bij de sluis	w26	2,8	3,40	2,33	4,47	3,10	2,29	3,91	10%	15%	7%	-
Lange Linschoten	LL Kromwijkerwetering	Kromwijk	2,8				3,53	2,79	4,30	3%	5%	1%	-
Leidsche Rijn	LR De Meern	d02	3,8	3,81	2,78	4,83	4,51	3,17	5,87	41%	15%	55%	-
Leidsche Rijn	LR gemaal de Aanvoerder	d32	3,8	3,79	2,45	5,13	4,10	2,75	5,44	33%	0%	50%	-
Leidsche Rijn	LR Harmelen	d03	3,8				3,21	2,85	3,57	10%	22%	0%	-
Langbroekerwetering	LW laatste brug	a10	2,4	2,45	2,30	2,60	2,95	2,65	3,25	44%	57%	32%	20%
Merwedekanaal	MK Brug noord Noordergemaal	s24	3,8	2,62	2,10	3,13	2,62	2,00	3,23	2%	1%	3%	-
Merwedekanaal	MK Doorslag	e04	3,8	2,63	1,80	3,05	2,64	1,95	3,33	4%	2%	5%	-
Merwedekanaal	MK Oog in Al Kanaalweg te Utrecht	s18	3,8	2,53	2,02	3,14	2,68	2,14	3,22	4%	4%	3%	-
Merwedekanaal	MK Vaartsche Rijn te Utrecht	e01	3,8	2,73	2,33	3,12	2,73	2,21	3,24	6%	7%	5%	-
Montvoortse Vaart	Montfoortsevaart	wb16	2,8	2,28	1,98	2,58							***
Oude Rijn	OR Bodegraven	w06	3,8	3,26	2,60	3,92	3,57	3,07	4,10	15%	23%	9%	-
Oude Rijn	OR Inlaat Barnwoutswaarder	Barnwouts	3,8				3,44	3,03	3,86	20%	30%	13%	-
Oude Rijn	OR thv Grecht	ORG	3,8				3,08	2,66	3,52	4%	9%	5%	-
Oude Rijn	OR Woerden	w01	3,8	2,63	2,07	3,20	3,30	2,59	4,02	6%	14%	0%	-
Wierickes	W Dubbele Wiericke	wb03	2,8	3,23	2,42	4,30	3,94	3,07	4,90	1%	1%	1%	*
Wierickes	W Enkele Wiericke	EW	2,8				3,84	2,99	4,69	0%	0%	0%	*

* alleen bij meer dan 10% bijdrage effluent aan waterkwaliteit in zomer

** verbetering aan zuiveringsrendement leidt volgens berekening niet tot waterkwaliteit die voldoet aan KRW-norm

*** model voldoet niet om waterkwaliteit op deze locatie te voorspellen

Tabel 6: Samenvatting van de gemiddelde gemeten en berekende concentraties voor Totaal-N en de bijdrage van het effluent hierin

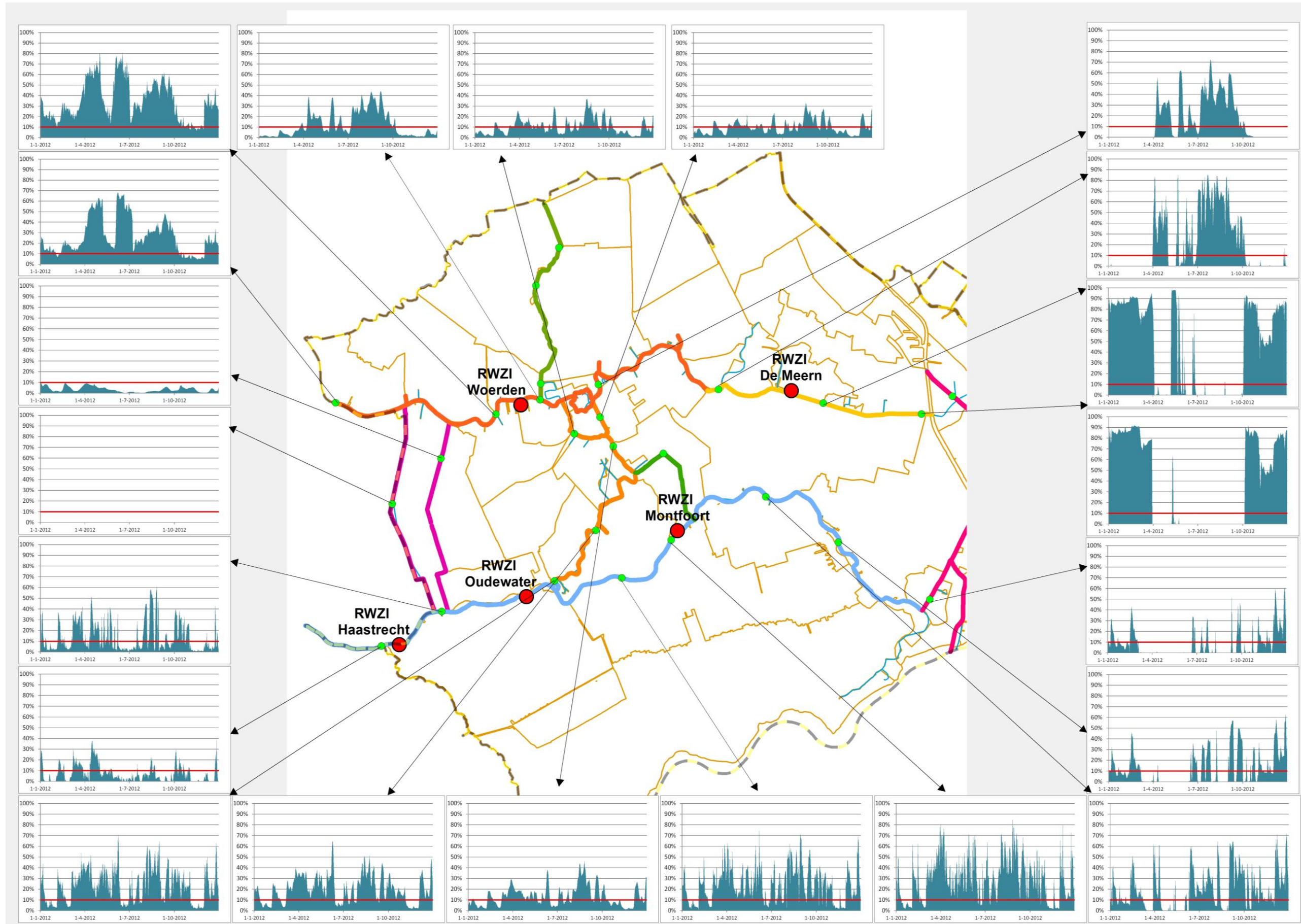
Waterlichaam	naam meetpunt	code meetpunt	KRW-norm 2015	Fosfaat gemeten 2012			berekend 2012			invloed effluent totaal	invloed effluent zomer	invloed effluent winter	verbeteren concentratie huidige effluent om KRW-norm in zomer te halen*
				totaal	zomer	winter	totaal	zomer	winter				
Biltse Grift	BG Biltsegrift gemaal Sandwijk	a42	0,15	0,29	0,24	0,33	0,38	0,22	0,54	91%	78%	97%	40%
Biltse Grift	BG Nieuwe Hakse wetering	a11	0,15	0,27	0,27	0,26	0,29	0,29	0,28	69%	75%	63%	65%
Binnenstad Utrecht	BU Oudegracht Bakkerbrug	s05	0,15	0,14	0,12	0,17	0,14	0,13	0,15	18%	18%	18%	-
Binnenstad Utrecht	BU Vecht Rode brug te Utrecht	s21	0,15	0,14	0,16	0,12	0,14	0,13	0,15	19%	18%	20%	-
GHIJ	GHIJ Achthoven	d14	0,25	0,19	0,16	0,23	0,24	0,21	0,26	24%	28%	21%	-
GHIJ	GHIJ Haastrecht	e33	0,25	0,36	0,35	0,37	0,44	0,49	0,38	7%	7%	7%	*
GHIJ	GHIJ inlaat Voormolen camping	Voormolen	0,25				0,19	0,15	0,24	18%	19%	17%	-
GHIJ	GHIJ Montfoort	d12	0,25	0,27	0,21	0,33	0,28	0,30	0,26	31%	36%	24%	50%
GHIJ	GHIJ tussen Enkele en Dubbele Wiericke	EDW	0,25				0,41	0,48	0,34	10%	10%	10%	**
GHIJ	GHIJ Tussen rwzi Montfoort en Oudewater	MO	0,25				0,30	0,30	0,30	22%	26%	18%	60%
Grecht	Grecht de Toegang 2	w41	0,15	0,20	0,17	0,22	0,29	0,28	0,30	2%	5%	0%	*
Grecht	Grecht Inlaat Zegveld	Zegveld	0,15				0,23	0,26	0,21	11%	19%	1%	**
Grecht	Grecht thv ONT Rietveld	Rietveld	0,15				0,23	0,27	0,19	14%	23%	2%	**
Kromme Rijn	KR ADM te Wijk bij Duurstede	a72	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08	0%	0%	0%	-
Kromme Rijn	KR brug Beverweert	a04	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0%	0%	0%	-
Kromme Rijn	KR brug Odijk	a87	0,11	0,16	0,17	0,16	0,14	0,13	0,14	11%	10%	13%	**
Kromme Rijn	KR Galgenwaard	a01	0,11	0,17	0,16	0,17	0,14	0,14	0,15	20%	19%	20%	85%
Kromme Rijn	KR stroomafwaarts van Biltse Grift	BG	0,11				0,15	0,14	0,15	21%	20%	21%	90%
Kromme Rijn	KR stroomafwaarts van rwzi Bunnik	Bunnik	0,11				0,14	0,13	0,14	13%	13%	14%	**
Lange Linschoten	Lange Linschoten	w38	0,15				0,22	0,27	0,17	14%	16%	10%	**
Lange Linschoten	LL Bijzerwetering	Bijzer	0,15				0,20	0,25	0,16	10%	12%	8%	**
Lange Linschoten	LL brug huisnr 36	w12	0,15	0,34	0,40	0,28	0,28	0,32	0,25	18%	21%	15%	**
Lange Linschoten	LL Inlaat Oudewater bij de sluis	w26	0,15	0,28	0,28	0,27	0,32	0,34	0,31	20%	23%	17%	**
Lange Linschoten	LL Kromwijkerwetering	Kromwijk	0,15				0,20	0,25	0,14	11%	13%	8%	**
Leidsche Rijn	LR De Meern	d02	0,25	0,54	0,38	0,70	0,42	0,23	0,61	73%	52%	82%	-
Leidsche Rijn	LR gemaal de Aanvoerder	d32	0,25	0,34	0,12	0,56	0,34	0,12	0,57	66%	1%	80%	-
Leidsche Rijn	LR Harmelen	d03	0,25				0,22	0,34	0,10	43%	55%	2%	50%
Langbroekerwetering	LW laatste brug	a10	0,22	0,42	0,54	0,31	0,56	0,61	0,51	59%	69%	46%	95%
Merwedekanaal	MK Brug noord Noordergemaal	s24	0,25	0,11	0,09	0,12	0,13	0,10	0,15	8%	2%	12%	-
Merwedekanaal	MK Doorslag	e04	0,25	0,12	0,09	0,15	0,17	0,11	0,22	13%	7%	16%	-
Merwedekanaal	MK Oog in Al Kanaalweg te Utrecht	s18	0,25	0,08	0,08	0,08	0,13	0,11	0,15	11%	8%	12%	-
Merwedekanaal	MK Vaartsche Rijn te Utrecht	e01	0,25	0,15	0,17	0,13	0,13	0,12	0,15	14%	14%	15%	-
Montvoortse Vaart	Montfoortsevaart	wb16	0,15	0,11	0,13	0,09							***
Oude Rijn	OR Bodegraven	w06	0,25	0,27	0,28	0,25	0,32	0,40	0,23	31%	41%	14%	90%
Oude Rijn	OR Inlaat Barnwoutswaarder	Barnwouts	0,25				0,31	0,41	0,20	42%	52%	22%	75%
Oude Rijn	OR thv Grecht	ORG	0,25				0,22	0,27	0,17	16%	23%	4%	25%
Oude Rijn	OR Woerden	w01	0,25	0,19	0,18	0,19	0,24	0,30	0,18	22%	35%	28%	40%
Wierickes	W Dubbele Wiericke	wb03	0,15	0,28	0,28	0,27	0,30	0,35	0,24	3%	3%	4%	*
Wierickes	W Enkele Wiericke	EW	0,15				0,46	0,58	0,34	0%	0%	0%	*

* alleen bij meer dan 10% bijdrage effluent aan waterkwaliteit in zomer

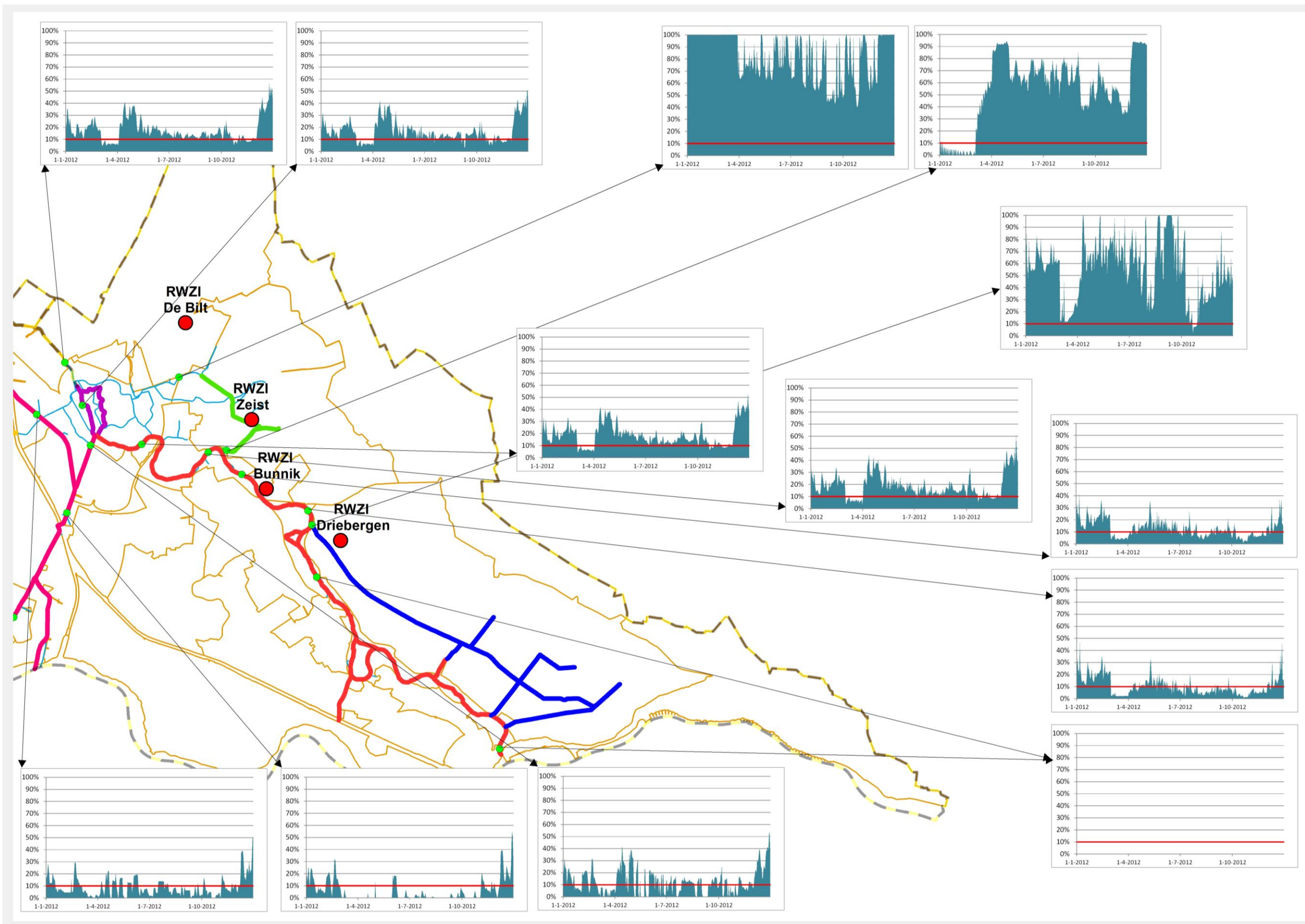
** verbetering aan zuiveringsrendement leidt volgens berekening niet tot waterkwaliteit die voldoet aan KRW-norm

*** model voldoet niet om waterkwaliteit op deze locatie te voorspellen

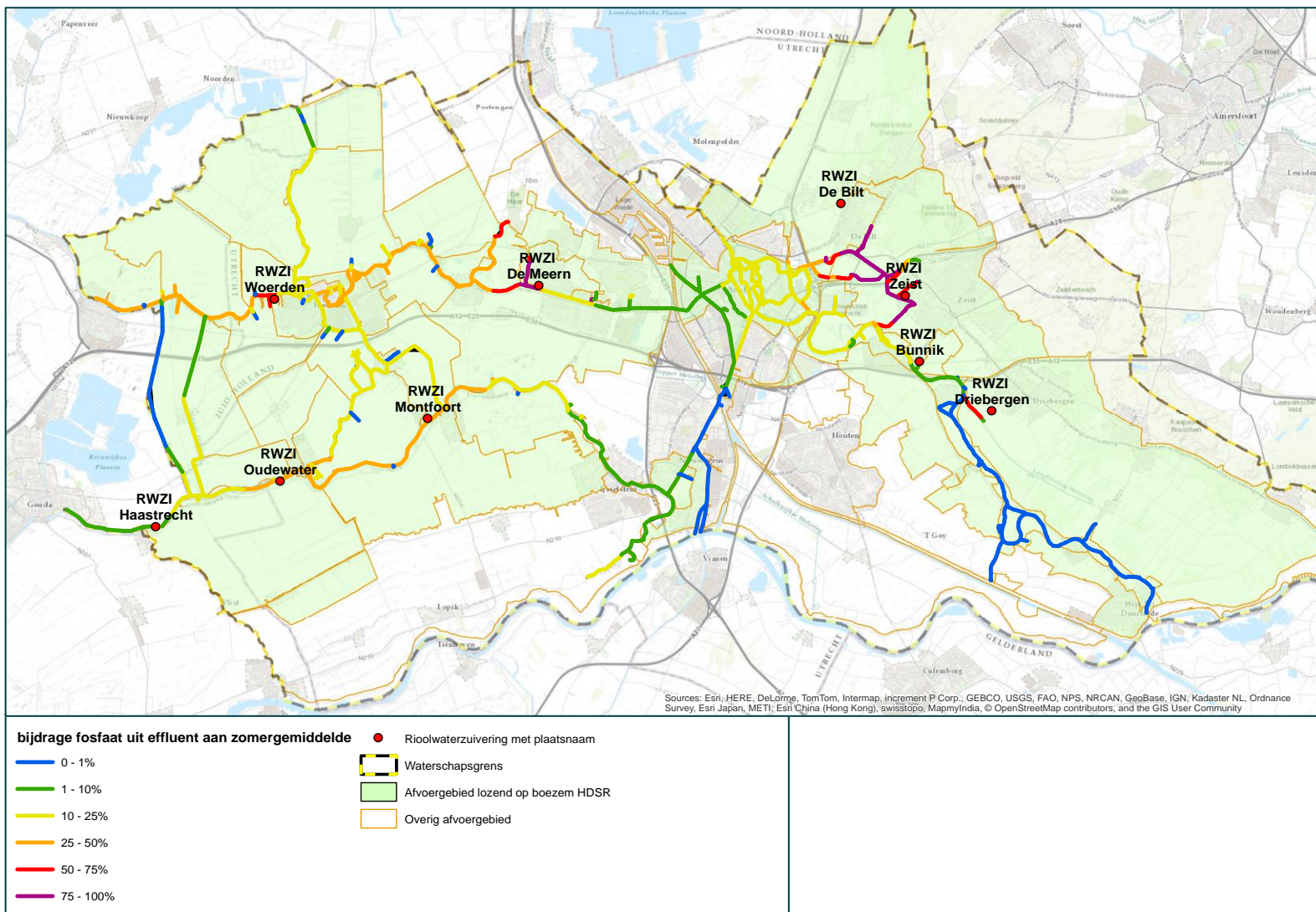
Tabel 7: Samenvatting van de gemiddelde gemeten en berekende concentraties voor Totaal-P en de bijdrage van het effluent hierin



Figuur 60: Aandeel Totaal-P uit effluent in totale concentratie Totaal-P in west HDSR



Figuur 61: Aandeel Totaal-P uit effluent in totale concentratie Totaal-P in oost HDSR



Figuur 62: Aandeel Totaal-P uit effluent in totale concentratie Totaal-P zomerhalfjaargemiddelde

6

Conclusies en aanbevelingen

6.1 CONCLUSIES

Dit onderzoek betreft het ontwikkelen van inhoudelijk bouwstenen om vervolgens het afwegen van maatregelen, beleidsontwikkeling en opstellen van het RWZI investeringsprogramma te kunnen uitvoeren. Het doel van het onderzoek is:

- Het bepalen van het aandeel van de RWZI's en andere bronnen aan de bijdrage van de probleemstoffen Totaal-N en Totaal-P op het watersysteem van HDSR.
- Het door vertalen van de KRW-normen naar de effluenteisen van de RWZI's die lozen op het watersysteem van HDSR.

6.1.1 WATERLICHAMEN

Betreft de waterlichamen blijkt uit het onderzoek het volgende:

Het merendeel van de waterlichamen voldoet voor Totaal-N aan de KRW-norm. Alleen in de Biltse Grift en de Kromme Rijn voldoet de N-norm in 2012 nog niet. De berekeningen voor de Biltse Grift laten zien dat een reductie van 40 % nodig is om aan de norm te voldoen. De Totaal-N concentratie op de Kromme Rijn vertoont een dalende trend. In 2013 is de norm Totaal-N voor dit waterlichaam voor het eerst gehaald.

Voor fosfaat is de situatie compleet anders. Het Totaal-P-gehalte voldoet in het merendeel van de boezemwaterlichamen **niet** aan de KRW-normen. Alleen het Merwedekanaal, de Montfoortse Vaart en Binnenstad Utrecht voldoen de laatste jaren aan de KRW-normen. Sinds 2007 voldoet de Leidsche Rijn ook aan de normen. Alleen in 2012 is een overschrijding van de norm geweest door één meting met een hogere concentratie Totaal-P. In 2013 voldeed de Leidsche Rijn aan de KRW-normen. Echter, het KRW-monsterpunt ligt stroomopwaarts van het lozingspunt van de RWZI bij een aanvoersituatie. Het model laat zien dat het effluent stroomafwaarts wel voor concentraties boven de KRW-norm kan zorgen. De Totaal-P concentratie op de Biltse Grift en Langbroekerwetering vertoont een dalende trend. In 2013 is de norm Totaal-P voor deze waterlichamen voor het eerst gehaald. Het is dan ook de vraag of op termijn investeringen in de RWZI's die op deze waterlichamen lozen nodig zijn om aan de Totaal-P normen te voldoen.

Samengevat voldoen in 2012 het Merwedekanaal, Binnenstad Utrecht en Montfoortsevaart voor zowel de KRW-norm voor N-totaal als voor P-totaal. Door de dalende trends en de optimalisatie van de zuivering van Driebergen voldoet de Langbroekerwetering in 2013 ook aan beide normen

Voor de andere waterlichamen kan onderscheid gemaakt worden in twee categorieën:

1. Waterlichamen die niet voldoen aan de KRW norm en waar verbetering van de effluent kwaliteit alleen niet leidt tot het halen van het KRW doel. Dit geldt voor:
 - GHIJ.
 - Grecht.
 - Lange Linschoten.
 - Wierickes.

Voor deze waterlichamen geldt dat het de belasting uit andere bronnen zo dominant is, dat verbetering van de effluentkwaliteit niet zal leiden tot het halen van de doelen. Maatregelen om de belasting uit de andere bronnen te reduceren zijn voor deze waterlichamen altijd noodzakelijk.

2. Waterlichamen die niet voldoen aan de KRW normen, maar door verbetering van de effluentkwaliteit in theorie wel kunnen voldoen aan de KRW norm. Dit geldt voor:
 - Biltse Grift.
 - Leidsche Rijn.
 - Kromme Rijn.
 - Oude Rijn.

Voor deze waterlichamen geldt dat de bijdrage van het effluent aan het fosfaatgehalte aanzienlijk is. Om volledig aan de norm te voldoen dient de fosfaatconcentratie in het effluent aanzienlijk worden verlaagd (65-95%). Ook hier geldt dat ook andere bronnen een belangrijke bijdrage leveren aan de fosfaatgehalten. In de huidige situatie is alleen het verbeteren van het effluent geen kosteneffectieve maatregel, maar draagt wel bij aan het bereiken van de doelen. Ook voor deze waterlichamen zijn maatregelen om de andere bronnen te reduceren noodzakelijk.

6.1.2 RWZI'S

Voor de RWZI's betekent dit het volgende:

RWZI De Bilt en Zeist

Met een gezamenlijke verbetering van circa 40% van de zuivering van de RWZI's De Bilt en Zeist kan de KRW-norm voor Totaal-N voor de Biltse Grift gehaald worden op basis van de modelresultaten van 2012. De Biltse Grift wordt nauwelijks belast door andere bronnen in het gebied. Met een gezamenlijke verbetering van circa 65% van de zuivering van de RWZI's De Bilt en Zeist kan de KRW-norm voor Totaal-P voor de Biltse Grift gehaald worden op basis van de modelresultaten van 2012. Ook in het benedenstroomse deel van de Kromme Rijn, zal dit tot verbetering van de waterkwaliteit leiden, maar niet voldoende om daar onder de KRW-norm (0,11 mg/l) voor fosfaat te komen. Echter in 2013 is de fosfaatsnorm voor de Biltse Grift voor het eerst gehaald en lijkt verder aanscherping van de lozingsnorm voor fosfaat niet nodig.

RWZI Bunnik

Het inlaatwater vanuit de Neder-Rijn heeft een belangrijke bijdrage in de waterkwaliteit van de Kromme Rijn. Aangezien het inlaatwater regelmatig boven de KRW-norm voor Totaal-P zit, is alleen verbetering van het effluent niet voldoende om hier aan de KRW-norm te voldoen.

RWZI Driebergen

Het reduceren van het Totaal-P met 95% vanuit het effluent kan de Langbroekerwetering onder de KRW-norm brengen op basis van de modelresultaten van 2012. In 2013 is de biologische fosfaatverwijdering van deze RWZI geoptimaliseerd, waardoor de norm voor totaal-P in 2013 voldoet. De verbetering van het zuiveringsrendement heeft invloed op de waterkwaliteit van de benedenstroom van de Kromme Rijn. Dit zal als enige maatregel naar verwachting niet voldoende zijn om de waterkwaliteit op de Kromme Rijn onder de KRW-norm 2015 te krijgen.

RWZI De Meern

De in 2014 doorgevoerde verbetering van de zuivering van RWZI De Meern (de-fosfatering) zal tot verbetering van de waterkwaliteit van de Leidsche Rijn leiden en in de zomer van de Oude Rijn. De aanpassing aan de RWZI De Meern zal naar verwachting niet voldoende zijn om de waterkwaliteit op de Oude Rijn aan de KRW-norm voor Totaal-P te laten voldoen.

RWZI Woerden

Volgens de berekeningen moet het zuiveringsrendement van De Meern en Woerden voor Totaal-P dusdanig worden verbeterd (circa 90% extra verwijdering van fosfaat ten opzichte van 2012), dat dit waarschijnlijk niet haalbaar is. Met de installatie van een de-fosfatering bij RWZI De Meern wordt een verbetering verwacht van de waterkwaliteit in de Oude Rijn. En verdere verbetering van de zuivering van Woerden kan veel bijdrage aan de waterkwaliteit van de Oude Rijn, maar ook andere maatregelen (landbouw) zijn naar verwachting noodzakelijk. Voor stikstof voldoet de Oude Rijn aan de KRW-norm. Hiervoor hoeft de zuivering van het effluent niet te worden verbeterd.

RWZI Montfoort, Oude Water en Haastrecht

Voor de GHJ, Wierickes en Lange Linschoten is het alleen verbeteren van het zuiveringsrendement van deze RWZI's niet voldoende om de waterkwaliteit onder de KRW-normen te krijgen. Ook hier zal de belasting vanuit de landbouw omlaag moeten.

Conclusies

- Deze studie levert waardevol inzicht in de bijdrage van het effluent van de RWZI's aan de gehalten van stikstof en fosfaat in het watersysteem en in de verspreiding van het effluent over het watersysteem.
- Voor stikstof is een verbetering van de effluentkwaliteit noodzakelijk om de Biltse Grift aan de norm te laten voldoen.
- Voor de andere RWZI's is voor stikstof een verbetering van de effluentkwaliteit niet noodzakelijk. Alleen de Kromme Rijn en Biltse Grift voldoen niet aan de norm. De stikstofgehalten in de Kromme Rijn laten echter een dalende trend zien. Verwacht mag worden dat de KRW doelen worden gehaald en dat aanvullende maatregelen niet nodig zijn.
- Voor P zijn wel aanvullende maatregelen nodig. Voor de meeste waterlichamen wordt het KRW doel niet gehaald. In de meeste gevallen is het doelgat te groot om dit alleen op te lossen met een verbetering van het zuiveringsrendement van de RWZI's. Aanvullende maatregelen op de andere bronnen zoals de fracties bodem (landbouw) en inlaatwater zijn in deze gevallen dan ook noodzakelijk.

6.2 AANBEVELINGEN

In deze paragraaf worden eerst de algemene aanbevelingen gegeven en vervolgens wordt per waterlichaam specifiek aangegeven welk onderzoek wordt aanbevolen.

Algemeen

Een voorwaarde voor een goede stoffenbalans is een goede waterbalans. In het model zijn verschillende aannames gemaakt om de waterbalans sluitend te krijgen.

Het debiet in het boezemmodel wordt nog niet overal goed gemodelleerd. Hierdoor kunnen de voorspellingen van het model in de waterkwaliteit afwijken met de werkelijkheid.

Belangrijke conclusie tijdens de werkzaamheden was de leemte in kennis over de debieten bij sluizen, de schut- en lekverliezen. In de zomer kunnen dit belangrijke stromingen zijn die de waterkwaliteit sterk

kunnen beïnvloeden. Aanbevolen wordt om de debietstroom door alle sluizen beter in te schatten, door het bepalen van het lekverlies. Tevens kan door het monitoren van de schutbewegingen door de sluizen per sluis een inschatting worden gemaakt van het schutverlies door het jaar heen.

Alleen de nutriënten stikstof en fosfaat zijn bij deze studie beschouwd. Ook andere stoffen in het effluent zoals bijvoorbeeld zware metalen, pesticiden en medicijnresten kunnen door het effluent verhoogd voorkomen in het oppervlaktewater. Deze stoffen worden echter niet normoverschrijdend in de boezem aangetroffen en zijn daarom niet meegenomen in deze studie. Een stof die wel vaak normoverschrijdend in de boezem wordt aangetroffen is ammonium. De RWZI's vormen naar verwachting een significante bron. Aanbevolen wordt bij een vervolgstudie aandacht te besteden aan ammonium.

In deze studie is met name aandacht besteed aan het verbeteren van het zuiveringsrendement voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Aanbevolen wordt om bij een vervolgstudie ook maatregelen bij andere bronnen te onderzoeken, zo is de fractie bodem (landbouw) in veel waterlichamen ook een belangrijke post. Een andere mogelijkheid is het onderzoeken of een slimmere sturing in de waterkwaliteit de waterkwaliteit in bepaalde waterlichamen kan verbeteren. Onderzocht kan worden wat de mogelijkheden zijn om het boezemsysteem meer te doorspoelen met het "schonere" externe inlaatwater waardoor de nutriëntrijke stromingen sneller kunnen worden afgevoerd door in de zomer een slimmer inlaat- en afvoerregime te volgen. Tevens kan onderzocht worden in hoeverre met meer inlaatwater (als symptoombestrijding) in de zomer de waterkwaliteit kan verbeteren.

De kritische belasting is de belasting aan nutriënten waarbij een helder plantenrijke watersysteem omslaat naar een troebel systeem met algen- en of kroosdominantie. Door de kritische belasting met de actuele belasting te vergelijken, wordt inzicht verkregen in hoeverre de belasting (bronnen: RWZI, landbouw etc.) omlaag moet om een helder plantenrijk ecosysteem te krijgen. Met het model en de resultaten van deze studie is het eenvoudig om de kritische belastingen te bepalen van de waterlichamen.

Bij systemen met een lange verblijftijd (procesgestuurde systemen) neemt de invloed van processen toe. Vooral de waterbodem kan een flinke bijdrage leveren aan de belasting van het systeem. Het is aan te bevelen dit soort processen mee te nemen in een verbetering van het model. Stoffen zoals ammonium die niet geschikt zijn om conservatief te berekenen, kunnen op deze manier ook in het model worden opgenomen en worden berekend. Het model is ook geschikt om nieuwe ingrepen in het systeem kwantitatief en kwalitatief door te rekenen. Bij het aanleggen van nieuwe kunstwerken en watergangen aangrenzend op de boezem of bijvoorbeeld de verbetering van de RWZI Utrecht, is het aan te bevelen het model te gebruiken.

Biltse Grift

Aanbevolen wordt om in een vervolgfase het gebied Zeist beter in het model op te nemen. Als eerste moet er een sluitende waterbalans worden opgesteld van dit afvoergebied. In de huidige waterbalans zijn de posten kwel en wegzijging onvoldoende meegenomen. Tevens is niet bekend hoeveel water het systeem verlaat via de verschillende uitlaatpunten. In de sheet van HDSR van het afvoergebied Zeist e.o. moet verder wordt gekeken naar de verdeling van de vrachten van de verschillende posten en de wegzijging op de verschillende lozingspunten. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met het effluent vanuit de RWZI's De Bilt en Zeist. Hiervoor is een verdere uitsplitsing van het afvoergebied Zeist e.o. gewenst. Het is aan te bevelen om te onderzoeken of er mogelijkheden zijn om het rioolwater van De Bilt af te voeren naar de nieuw te bouwen RWZI van Utrecht.

Binnenstad Utrecht

De verschillende aannames in het model hebben invloed op de waterbalans van de binnenstad Utrecht. Aanbevolen wordt om de waterbalans tussen oost en west HDSR beter gemodelleerd te krijgen door meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten bij Oog in Al, de schut- en lekverliezen bij de sluizen en door de waterbalans van de Kromme Rijn kloppend te krijgen.

GHIJ

Aanbevolen wordt om de waterbalans tussen oost en west HDSR beter gemodelleerd te krijgen door meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten bij de Waaiersluis, de schut- en lekverliezen bij de sluizen en door de waterbalans van de Kromme Rijn kloppend te krijgen. Aanbevolen wordt om het model te gebruiken om de effecten te voorspellen op de waterkwaliteit bij verschillende inlaatregimes. Hier valt mogelijk nog kwaliteitswinst te halen. Het model is ook geschikt om nieuwe ingrepen in het systeem kwantitatief en kwalitatief door te rekenen. Aanbevolen wordt onderzoek uit te voeren naar de effecten van het toekomstige gemaal Waardsedijk om na te gaan of de waterkwaliteit van de GHIJ door de afvoer van het gemaal verbeterd of verslechterd.

Kromme Rijn

Aanbevolen wordt om de waterbalans van de Kromme Rijn nader te onderzoeken teneinde het debiet dat bij Galgenwaard door de Kromme Rijn stroomt in het boezemmodel beter te benaderen.

Langbroekerwetering

Vooraf het aandeel van de bron bodem (landbouw) lijkt uit dit afvoergebied overschat. Geadviseerd wordt om de stoffenbalans van het afvoergebied Langbroekerwetering met de gegevens van dit onderzoek nader te onderzoeken om tot een betere stoffenbalans voor dit gebied te komen. In droge perioden kan de waterstand in de Langbroekerwetering uitzakken tot beneden de stuw. Hierdoor kan de pluim van de RWZI zich stroomopwaarts bewegen. Het is aan te bevelen om te onderzoeken of er in droge perioden altijd mogelijkheden zijn om het systeem te doorspoelen.

Lange Linschoten

Aanbevolen wordt metingen aan de inlaat en sluis bij Oudewater uit te voeren om een betere onderbouwing van de inlaat en de lek- en schutverliezen van de sluis te verkrijgen en daarmee het totale debiet door de Lange Linschoten. Een verdergaand iteratief proces waarbij in het model diverse debietstromingen over de Lange Linschoten worden doorgerekend, kan de modelresultaten verbeteren.

Leidsche Rijn

Aanbevolen wordt nader te onderzoeken hoe groot het werkelijke debiet over de Haanwijkersluis inclusief lek- en schutverliezen is en niet alleen het gemonitorde debiet voor de inlaat naar de Oude Rijn. Een controle van het debiet van gemaal Bijleveld wordt aanbevolen. Bij het opzetten van de modelstudie, ontstonden grote twijfels over de uitgeslagen debieten vanuit afvoergebied Bijleveld. Vanuit verschillende databronnen werden verschillende debieten geleverd die soms een factor 2 uit elkaar liggen. Dit kan grote gevolgen hebben voor de verhouding van de verschillend bronnen en de waterkwaliteit op met name de Leidsche Rijn en in mindere mate de Oude Rijn.

Merwede Kanaal

Aanbevolen wordt om de waterbalans tussen oost en west HDSR beter gemodelleerd te krijgen door meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten bij Oog in Al, de waaiersluis, de schut- en lekverliezen bij de sluizen en door de waterbalans van de Kromme Rijn kloppend te krijgen.

Oude Rijn

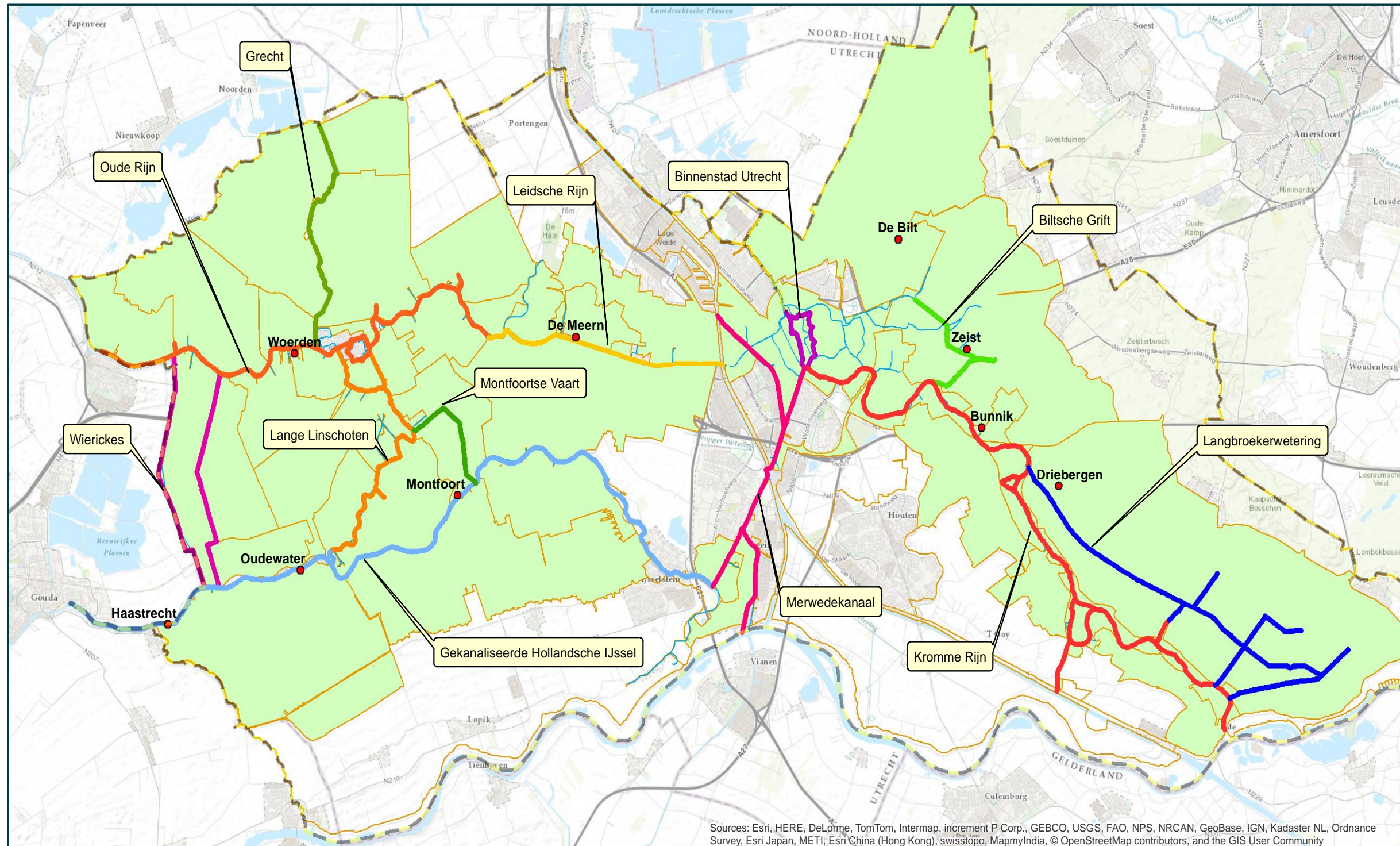
Door meer kennis over de stromingen vanuit de Wierickes, Lange Linschoten en Haanwijkersluis kunnen de modelresultaten verbeterd worden. Ook een verdergaand iteratief proces waarbij in het model diverse aanvoerende debietstromingen worden doorgerekend, kan de modelresultaten verbeteren.

Wierickes

Aanbevolen wordt debietmetingen in de Wierickes uit te voeren teneinde meer inzicht te krijgen in de werkelijke debieten en om hiermee ook een betere inschatting te maken van de lek- en schutverliezen.

Bijlage 1

Overzichtstekening



Sources: Esri, HERE, DeLorme, TomTom, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Legenda

-  KRW Waterlichaam (diverse kleuren)
-  Overig afvoergebied
-  Afvoergebied lozend op boezem HDSR
-  Waterschapsgrens
-  Rioolwaterzuivering met plaatsnaam



AFSTEMMEN EFFLUENTEISEN RWZI MET KRW-DOELLEN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER

Overzichtstekening
 Auteur: A.K. Bladnr: 1 van 1
 Datum: 28-07-2014
 Opdrachtgever: HDSR

0 1 2 3 4 Kilometers



Infrastructuur, milieu, gebouwen

Bijlage 2 Toetsing KRW-norm

Toetsing van de zomergemiddelde concentraties aan de KRW-norm voor Totaal-P en Totaal-N voor de jaren 2006 t/m 2013.

Nr.	Waterlichaam	Parameter	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Doel (GEP)
1	Langbroekerwetering	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,62	0,63	0,26	0,52	0,28	0,41	0,54	0,20	0,22
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,20	2,18	1,63	2,12	1,50	2,30	2,30	1,97	2,4
2	Kromme Rijn	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,16	0,34	0,18	0,24	0,16	0,16	0,16	0,12	0,11
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,62	3,48	2,70	2,62	2,80	2,50	2,32	2,27	2,3
3	Biltse Grift	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,63	0,60	0,94	0,72	0,32	0,29	0,27	0,13	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	5,65	5,20	5,13	4,58	3,70	3,40	5,00	4,27	2,8
4	Merwedekanaal	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,17	0,30	0,18	0,17	0,18	0,16	0,17	0,10	0,25
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	4,00	3,08	2,72	2,52	2,60	2,50	2,30	2,23	3,8
5	Binnenstad Utrecht	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,20	0,32	0,20	0,30	0,22	0,15	0,11	0,11	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,98	3,18	2,77	2,33	2,77	2,50	2,10	2,50	2,8
6	Hollandsche IJssel	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,46	0,79	0,42	0,54	0,29	0,44	0,35	0,33	0,25
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,83	3,23	2,10	2,03	2,70	4,20	2,90	2,87	3,8
7	Leidsche Rijn	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,29	0,23	0,12	0,14	0,12	0,22	0,38	0,11	0,25
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	3,46	2,67	2,73	2,45	2,45	2,90	2,77	2,32	3,8
8	Wiericke's	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,32	0,40	0,32	0,27	0,39	0,32	0,28	0,22	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	3,40	3,38	2,78	2,72	2,60	2,90	2,40	2,25	2,8
9	Lange Linschoten	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,23	0,29	0,27	0,23	0,17	0,25	0,40	0,22	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,55	2,78	2,52	2,58	2,40	2,40	2,20	2,13	2,8
10	Montfoortse Vaart	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,15	0,12	0,14	0,13	0,12	0,09	0,13	0,08	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,18	2,13	2,40	1,62	1,80	1,70	2,00	1,62	2,8
11	Oude Rijn	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,31	0,37	0,32	0,26	0,28	0,25	0,28	0,27	0,25
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	3,49	3,32	2,97	2,53	2,80	2,60	2,60	2,97	3,8
12	Grecht	Totaal-P ZHJ (mg/l)	0,16	0,34	0,24	0,16	0,17	0,14	0,17	0,19	0,15
		Totaal-N ZHJ (mg/l)	2,45	2,83	2,25	1,70	2,20	2,15	2,00	2,30	2,8

Legenda:

Slecht

Rood

Ontoereikend

Oranje

Matig

Geel

Goed

Groen

Bijlage 3 Aanpassingen SOBEK- model

Bijlage 3.1 Aanpassing meetreeksen

Aangeleverd model:

In de meetreeksen zitten regelmatig gaten. Niet alle meetreeksen zijn compleet.

Aangepast model:

De meetreeksen die als randvoorwaarde in het SOBEK-model zijn gebruikt, zijn voor periodes waar geen meetgegevens zijn aangeleverd aangevuld. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Indien gegeven 2 dagen ervoor of twee dagen na de het ontbreken van de gegevens aanwezig zijn, is het gemiddelde genomen van de gegevens ervoor en/of erna (voor kleine gaten van maximaal 3 dagen);
- Anders is voor het vullen van de grotere gaten de gemiddelde weekwaarde van de hele meetreeks genomen

Bijlage 3.2 Weerstand

Aangeleverd model:

Weerstand = 15 (Bos en Bijkerk)

Aangepast model:

Weerstand = 30 (Bos en Bijkerk) tenzij hieronder anders staat aangegeven.

Bijlage 3.3 Neerslag en verdamping

Aangeleverd model:

De neerslag is in het model geregeld middels laterale knopen. Er is geen verdamping in het oorspronkelijke model.

Aangepast model:

Verdamping van het boezemland en neerslag op het boezemland is op verschillende manier in het model opgenomen. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen gebieden die grotendeels bestaan uit water (open water), boezemland met relatief veel onverhard oppervlak (boezemland) en gebieden met relatief veel verharding (stedelijk). Hierbij is gebruik gemaakt van de laterale knopen die al in het model aanwezig waren. Het oppervlak van deze knopen is overgenomen voor gebieden die niet binnen de gebruikte afvoergebieden vallen. Voor het berekenen van de neerslag en verdamping is gebruik gemaakt van de gegevens van KNMI-station De Bilt.

Bij gebieden die voornamelijk uit openwater bestaan vindt verdamping en neerslag direct op het openwater plaats. Daarom zijn neerslag en verdamping in aparte laterals ingevoerd. Voor het openwater

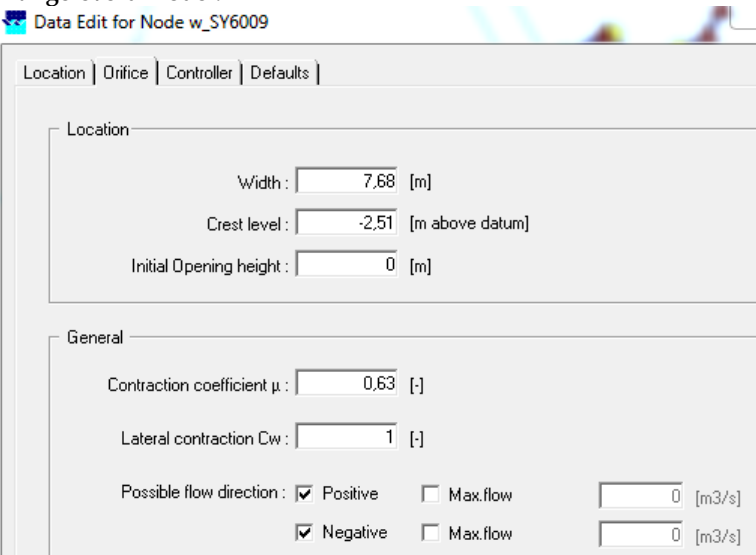
is de referentieverdamping omgerekend naar openwaterverdamping. Hierbij is gebruikgemaakt van de correctietabel die gebruikt wordt door SOBEK.

Bij het boezemland zorgt de bodem voor het dempen van de neerslag en afvoer. Ook vindt de verdamping voornamelijk plaats via de verdamping van gras. De verdamping is daarom niet omgerekend naar openwaterverdamping. Daarnaast is de netto neerslag gebruikt, waardoor er maar één laterale knoop nodig is.

Voor de stedelijke gebieden is rekening gehouden met de aanwezige riolering. Aangenomen is dat 1/3 van het oppervlak gerioleerd is, waarbij er per uur 0,6 mm wordt afgevoerd naar de waterzuivering. Van het overige oppervlak is aangenomen dat dit functioneert als onverhard oppervlak.

Bijlage 3.4 Sifon ARK

Aangeleverd model:



Data Edit for Node w_SY6009

Location | Orifice | Controller | Defaults |

Location

Width: [m]

Crest level: [m above datum]

Initial Opening height: [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction: Positive Max.flow [m³/s]

Negative Max.flow [m³/s]

Gegevens:

Tekst uit KPA 2.0:

Noordergemaal heeft een capaciteit van 12 m³/s. normaal verdeling noord west 50/50. In praktijk is elke verdeling mogelijk. De drie sifons naar het westen hebben een capaciteit van een kleine 12 m³/s. Uit gegevens van de beheerders blijkt dat de maximale capaciteit van het gemaal maximaal 10,2 m³/s is.

Aangepast model:

Hetzelfde gehouden.

Bijlage 3.5 Noordergemaal

Aangeleverd model:

Model oost:

Data Edit for Node KRRJUTR_112

Location | Boundary condition | Defaults

Type

water level (h) flow (Q)

water depth (d) Q-h relation

Value

Constant : [m above datum]

Function of time :

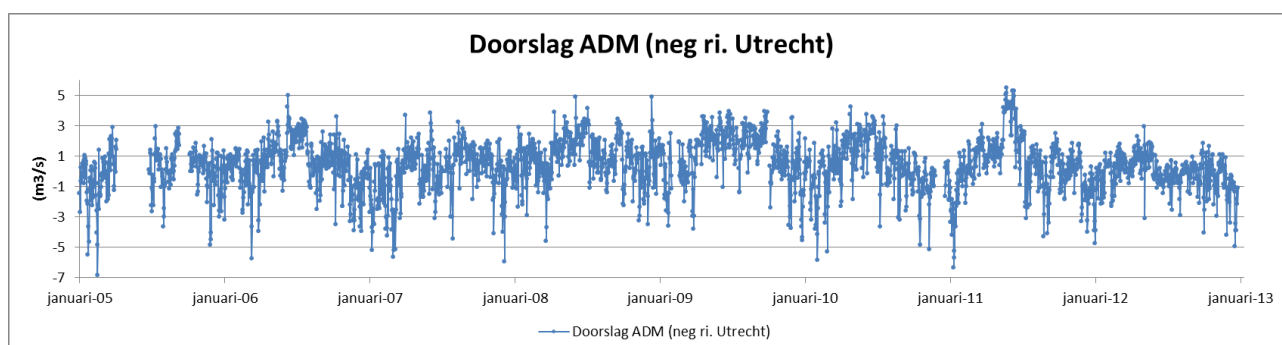
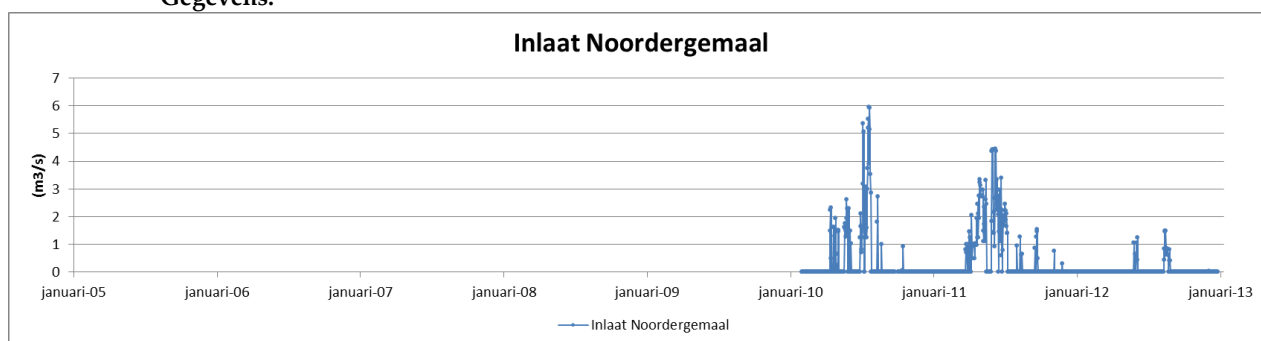
Refer to tables library:

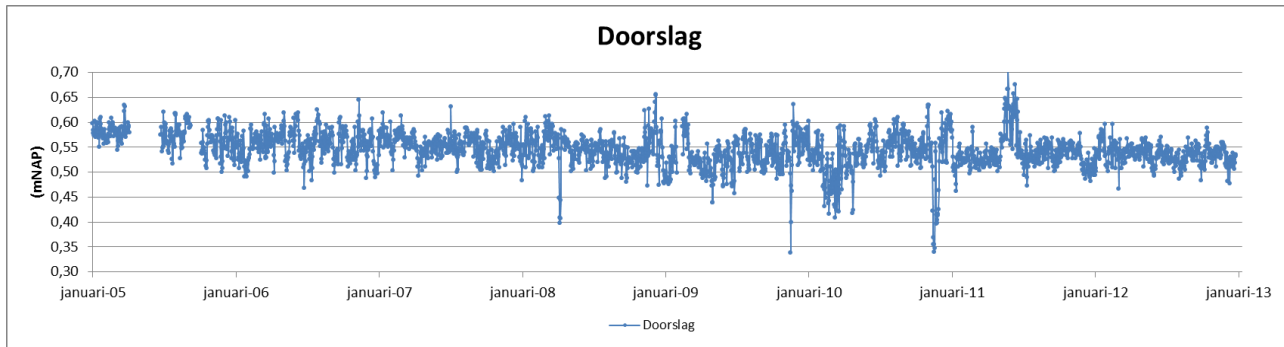
Storage

Define Storage on Boundary Node

Model west: gemaal niet aanwezig. Peil wordt gestuurd door sifon en verderop sluis Oog in Al. Gemaal voert dus niet af in een natte periode voor het westelijke deel.

Gegevens:





Tekst uit KPA 2.0:

Noordergemaal heeft een capaciteit van 12 m³/s. normaal verdeling noord west 50/50. In praktijk is elke verdeling mogelijk. De drie sifons naar het westen hebben een capaciteit van een kleine 12 m³/s. Uit gegevens van de beheerders blijkt dat de maximale capaciteit van het gemaal maximaal 10,2 m³/s is. Verdeling hangt van de situatie af. Sturende factoren zijn aanvoer via de Kromme Rijn, benodigde doorvoer naar de Vecht, waterbehoefte van west HDSR en het functioneren van de KWA.

Voorstel beheerders:

Debiet Vreeswijk op Vreeswijk zetten. Weerdsluis en Oog en Al reguleren peil.
Noordergemaal sturend op peil.
Kant Utrecht onder 0,56 m NAP dan aan. Uit op 0,58 NAP.

Discussie:

Peil lijkt door de jaren heen omlaag te zijn gegaan. Een lager peil (0,53; 0,55 m NAP) dan de beheerders hebben opgegeven, lijkt beter en is in het model doorgevoerd.

Aangepast model:

Data Edit for Node 5

Location | Pump | Controller | Defaults

General

Number of Stages : 2

Pump direction :
 Positive
 Negative

Reduction factor capacity :

RPM / Stage

Stage : RPM 1

Capacity 5,1 [m³/s] [m³/min] [m³/hr]

Suction side Switch-on level : 0 Switch-off level : 0 [m above datum]

Delivery side Switch-on level : 0,53 Switch-off level : 0,55 [m above datum]

Data Edit for Node 5

Location | Pump | Controller | Defaults

General

Number of Stages : 2

Reduction factor capacity :

Pump direction :
 Positive
 Negative

RPM / Stage

Stage : RPM 2

Total Capacity : 10,2 [m3/s] [m3/min] [m3/hr]

Switch-on level : Switch-off level

Suction side : 0 0 [m above datum]

Delivery side : 0,51 0,53 [m above datum]

OK Cancel Help

Controller:

Edit Table

	Date [dd-mm-yyyy]	Time [hh:mm:ss]	Capacity [m3/s]
1	01-04-2000	00:00:00	0
2	01-04-2000	01:00:00	10,2
3	01-10-2000	00:00:00	10,2
4	01-10-2000	01:00:00	0

Add Row
 Insert Row
 Delete Row(s)
 Copy
 Paste
 Generate Table
 Graph
 Import Table
 Export Table

Options

Block function Linear function

Use periodicity of 1 Year (365 Days)

OK Cancel

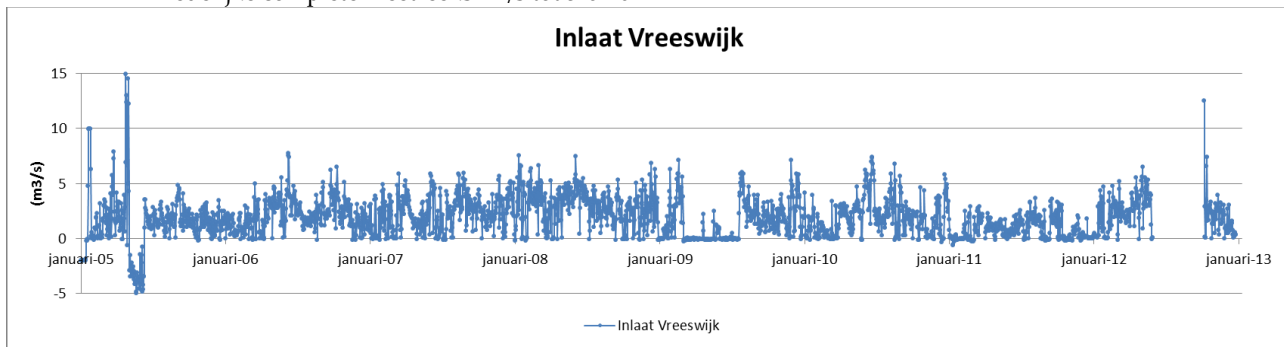
Bijlage 3.6 Inlaat Vreeswijk

Aangeleverd model:

SOBEK: Constant 0

Gegevens:

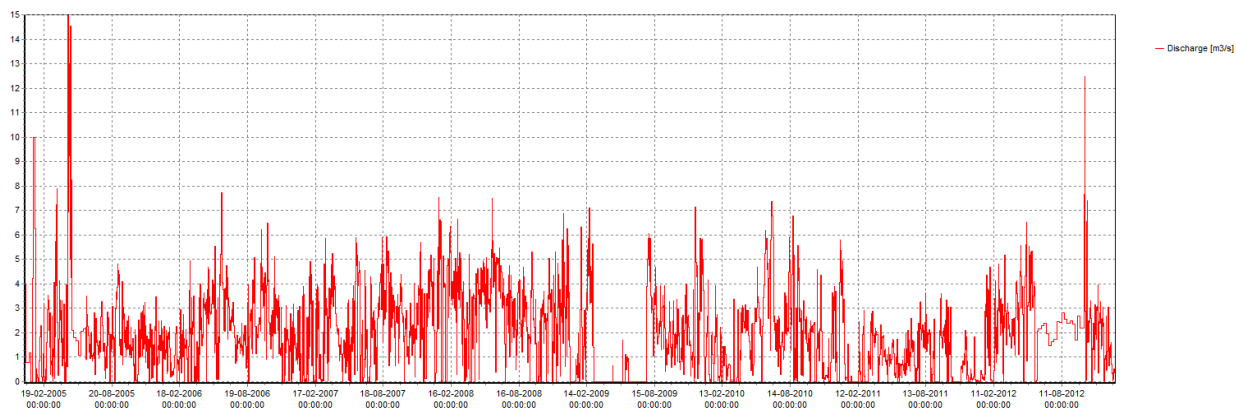
Redelijke complete meetreeks m³/s tot 5-6-2012



Geen meetreeks peil.

Aangepast model:

Gecorrigeerd debiet opgedrukt



Bijlage 3.7 Montfoort Sluis, Montfoortse Vaart

Aangeleverd model:

Data Edit for Node w_Boezemmdl_169

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

Initial Opening height : [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

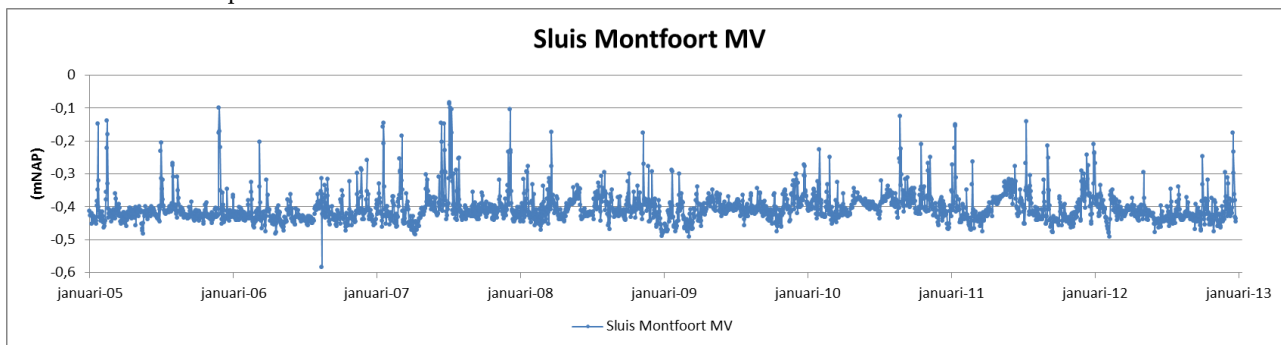
Possible flow direction : Positive Max.flow [m³/s]

Negative Max.flow [m³/s]

Staat altijd dicht

Gegevens:

Complete meetreeks m NAP Montfoortse vaart



Aangepast model:

Blijft hetzelfde. Sluis is dicht en heeft geen lekverliezen.

Discussie:

De meeste sluisen hebben lekverliezen. Het is onbekend of en groot deze zijn voor de sluis bij Montfoort. Op aangeven van de beheerders is het lekverlies bij deze sluis in het model op 0 m³/s gesteld.

Bijlage 3.8 Sluis Oudewater, Lange Linschoten

Aangeleverd model:

Data Edit for Node w_Boezemdl_57

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width: [m]

Crest level: [m above datum]

Initial Opening height: [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

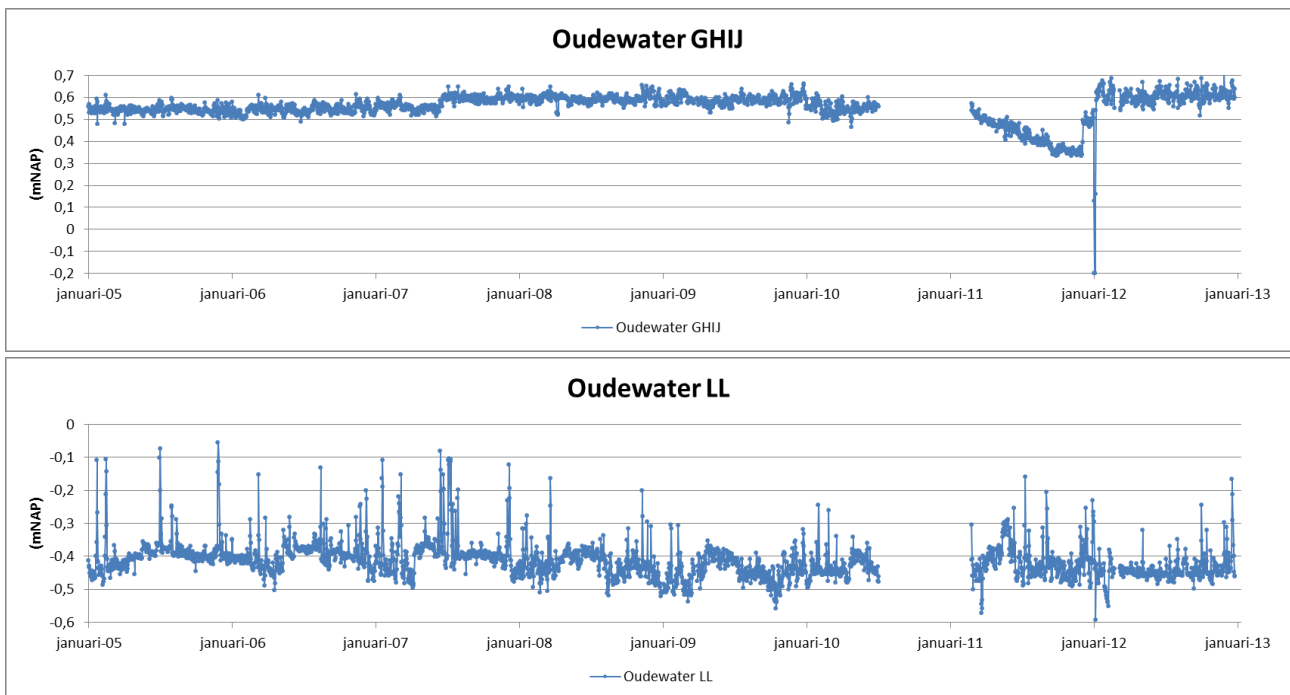
Possible flow direction: Positive Max.flow [m³/s]

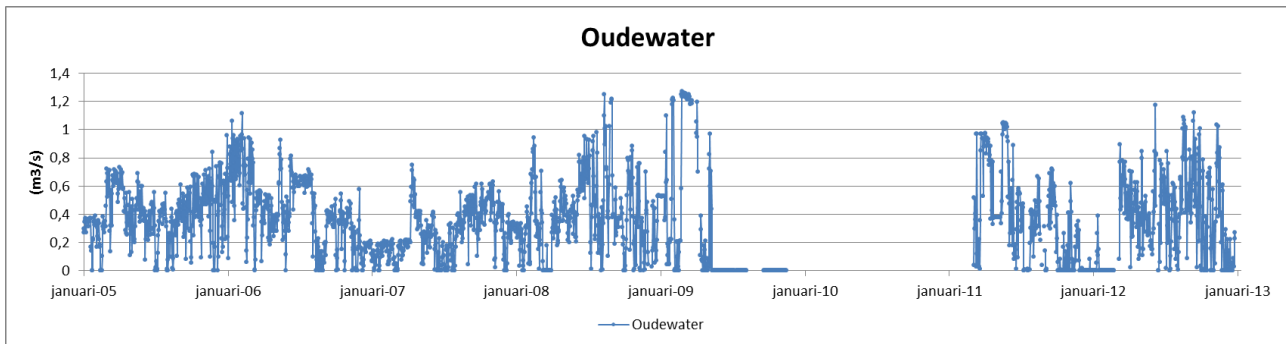
Negative Max.flow [m³/s]

OK Cancel Help

Staat altijd dicht

Gegevens:





Aansturing volgens beheerders:

- Peil Lange Linschoten, peil -0,44
- Debietbeperking in winter 0,4 m^3/s
- In zomer volledig open 1,2 m^3/s

Aangepast model:

Twee orifices/inlaten:

The screenshot shows a software dialog box titled "Data Edit for Node w_Boezemmdl_57". It has four tabs: "Location", "Orifice", "Controller", and "Defaults". The "Location" tab is selected and contains the following fields:

- Width: 4 [m]
- Crest level: -1,2 [m above datum]
- Initial Opening height: 0 [m]

The "General" tab is also visible and contains:

- Contraction coefficient μ : 0,63 [-]
- Lateral contraction C_w : 1 [-]
- Possible flow direction: Positive, Max.flow 1,1 [m3/s], Negative, Max.flow 0 [m3/s]

At the bottom, there are buttons for "OK", "Cancel", and "Help".

Data Edit for Node w_Boezemdl_57

Location | Orifice | Controller | Defaults

Controller

Type: Interval Name: Oudewater_Waterstand

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level

Opening height (m)

when below deadband: 1

when above deadband: 0,02

Setpoint (SP)

Constant: -0,44

Variable

Check velocity: 0,0001 [m/s]

Deadband around SP: 0,01

Measurement Location: Meetpunt_Oudewater

Controller Frequency: 1 timesteps

Data Edit for Node Oudewater_Dummy

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width: 4 [m]

Crest level: -2 [m above datum]

Initial Opening height: 1 [m]

General

Contraction coefficient μ : 1 [-]

Lateral contraction C_w : 1 [-]

Possible flow direction:

Positive Max.flow: 0 [m3/s]

Negative Max.flow: 0 [m3/s]

OK Cancel Help

Data Edit for Node Oudewater_Dummy

Location | Orifice | Controller | Defaults

Controller
 Type: Interval Name: Oudewater_Debiet

Interval Controller Parameters
 Parameter type: Discharge
 Opening height [m]:
 when below deadband: 1
 when above deadband: 0

Setpoint (SP)
 Constant
 Variable Table...
 Check velocity: 0,0001 [m/s]
 Deadband around SP: 0,01

Measurement Location: Meetpunt_Oudewater
 Controller Frequency: 1 timesteps

OK Cancel Help

	Date [dd-mm-yyyy]	Time [hh:mm:ss]	Discharge [m3/s]
1	01-04-2000	00:00:00	0,4
2	01-04-2000	01:00:00	1,2
3	01-10-2000	00:00:00	1,2
4	01-10-2000	01:00:00	0,4
5	01-04-2001	00:00:00	0,4
6	01-04-2001	01:00:00	1,2
7	01-10-2001	00:00:00	1,2
8	01-10-2001	01:00:00	0,4
9	01-04-2002	00:00:00	0,4
10	01-04-2002	01:00:00	1,2
11	01-10-2002	00:00:00	1,2
12	01-10-2002	01:00:00	0,4
13	01-04-2003	00:00:00	0,4
14	01-04-2003	01:00:00	1,2
15	01-10-2003	00:00:00	1,2
16	01-10-2003	01:00:00	0,4
17	31-03-2004	00:00:00	0,4
18	31-03-2004	01:00:00	1,2
19	30-09-2004	00:00:00	1,2
20	30-09-2004	01:00:00	0,4
21	31-03-2005	00:00:00	0,4
22	31-03-2005	01:00:00	1,2

Add Row
 Insert Row
 Delete Row(s)
 Copy
 Paste
 Generate Table
 Graph
 Import Table
 Export Table
 OK
 Cancel

Het peil lijkt in het model goed gemodelleerd te worden, maar het debiet is groter dan gemeten. Daarom is de weerstand in de Lange Linschoten verhoogd naar 20 (Bos en Bijkerk).

Bijlage 3.9 Goejanverwelle sluis

Aangeleverd model:

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

Initial Opening height : [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction : Positive Max.flow [m3/s]

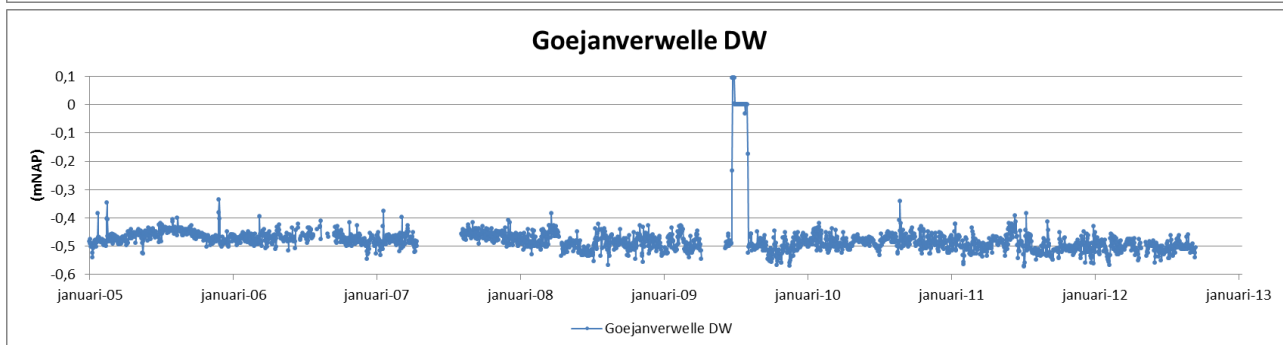
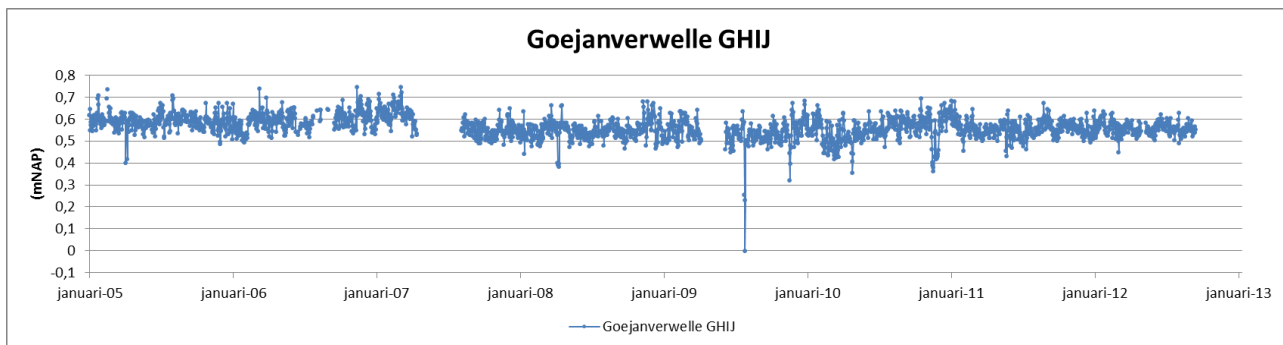
Negative Max.flow [m3/s]

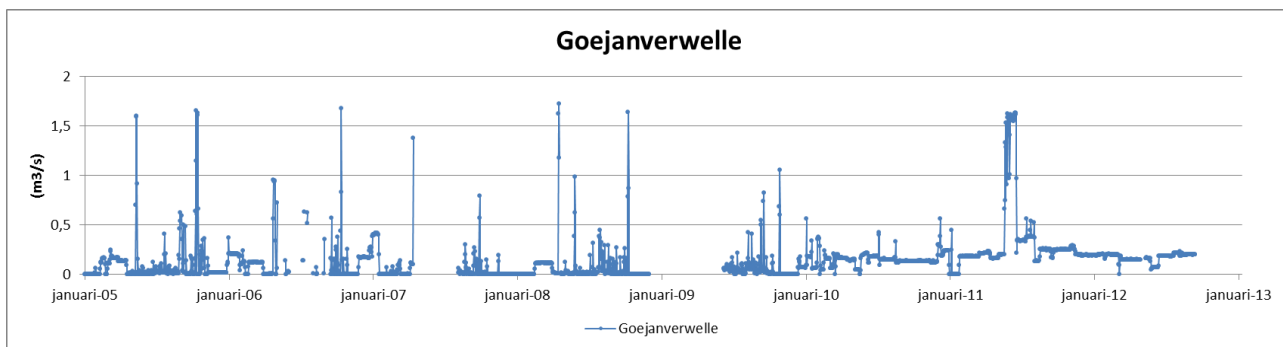
OK Cancel Help

Staat altijd dicht

Gegevens:

Meetreeksen: gaatjes, vreemde waarden 2009





Volgens beheerders jaarrond schut/lekverlies 0,1 m³/s

Aangepast model:

Gemonitorde debiet gecorrigeerd:

Gaten gevuld met 0,2 m³/s. Nul waarden en kleiner dan 0,1 m³/s waarden vervangen voor 0,1 m³/s (lekverliezen)

Discussie: onbekend is hoe groot de lek- en schutverliezen zijn. De gemonitorde debieten zijn berekend onder andere op schuifstand. In de werkelijkheid kan hier een redelijke afwijking worden verwacht.

Bijlage 3.10 Hekendorp inlaat

Aangeleverd model:

Data Edit for Node w_Boezemmdl_1612

Location	Culvert	Cross section	Friction	Controller	Defaults
Type					
Culvert					
Dimensions					
Invert level:	Start	End			
	1,27	1,27	[m above datum]		
Length:	11,5 [m]				
General					
Inlet Loss coefficient:	1,7	[-]	<input type="checkbox"/> Valve		
Outlet Loss coefficient:	1	[-]			
Possible flow direction: <input type="checkbox"/> Positive <input type="checkbox"/> Negative					

Staat altijd dicht, invertlevel in Iris -2,47.

Data Edit for Node w_Boezemmdl_1612

Location | Culvert | Cross section | Friction | Controller | Defaults

Cross sections

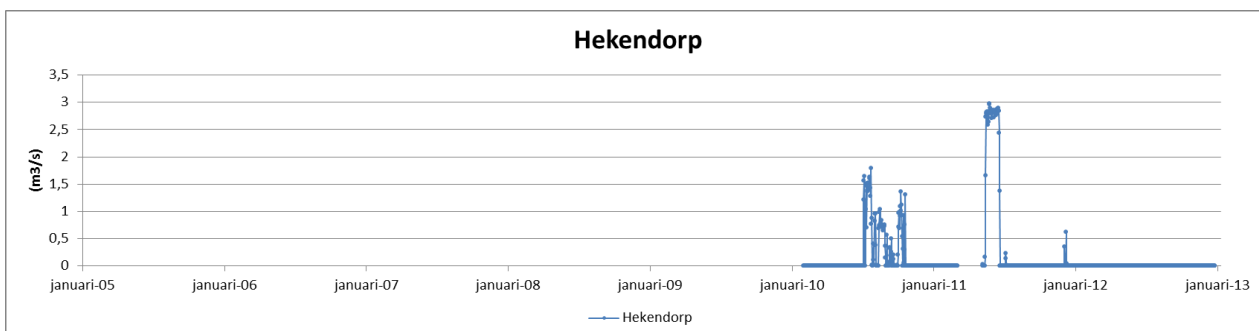
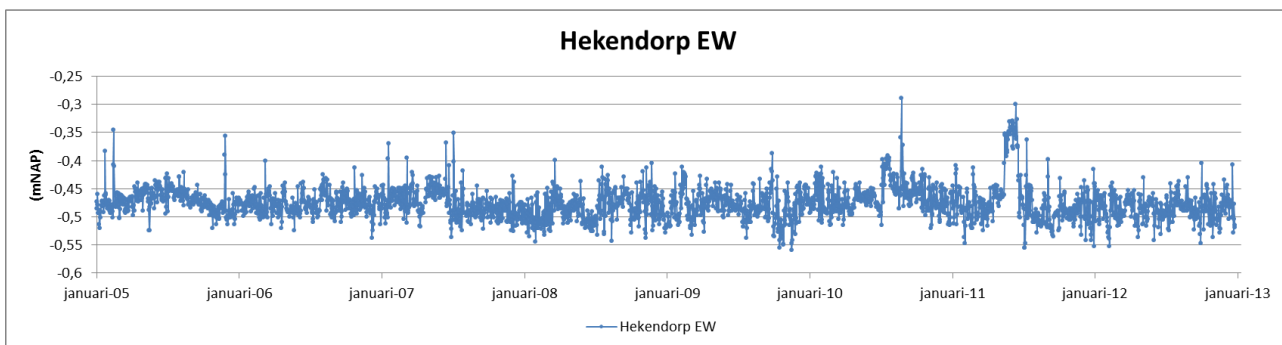
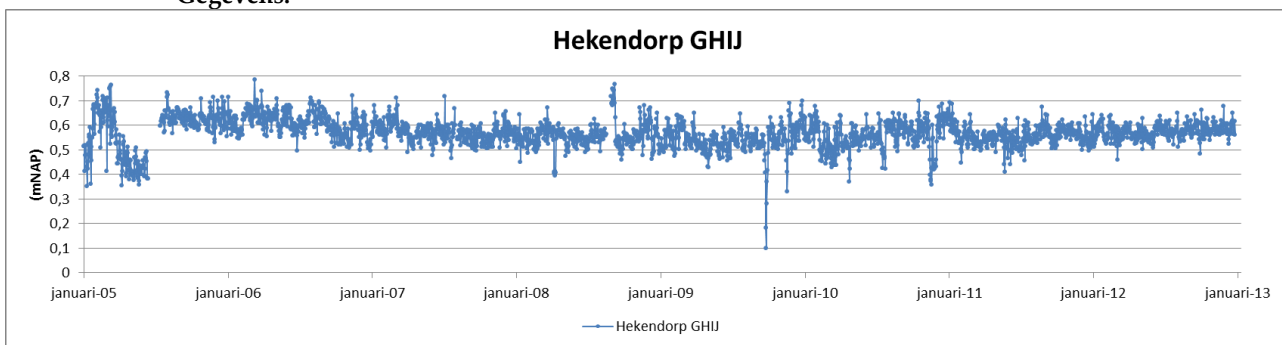
Type: **Tabulated** Define dimensions

Cross section: **P01_P01__2.75x4.5**

Dimensions

Different flow and storage width
 Use Ground Layer Edit Table ..

Gegevens:



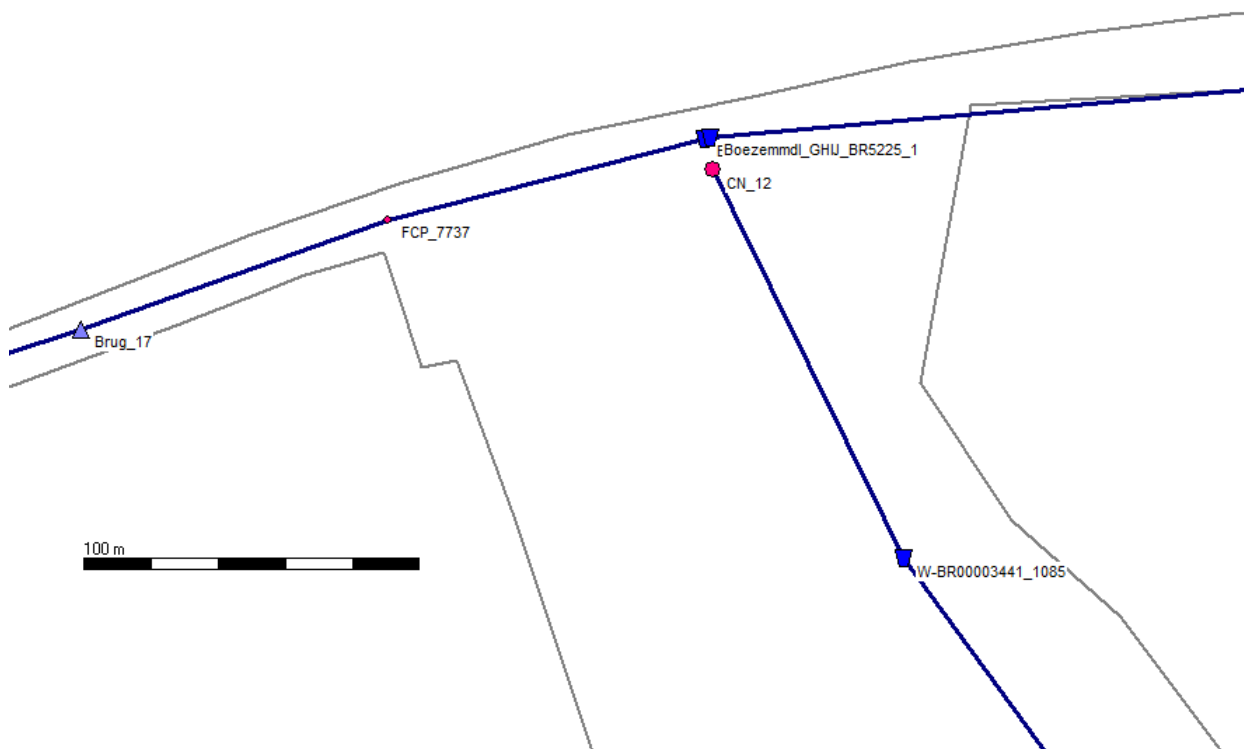
Aangepast model:

Alleen het gemeten debiet is opgedrukt, voor de rest staat de inlaat dicht.

Bijlage 3.11 Vlist aansluiting

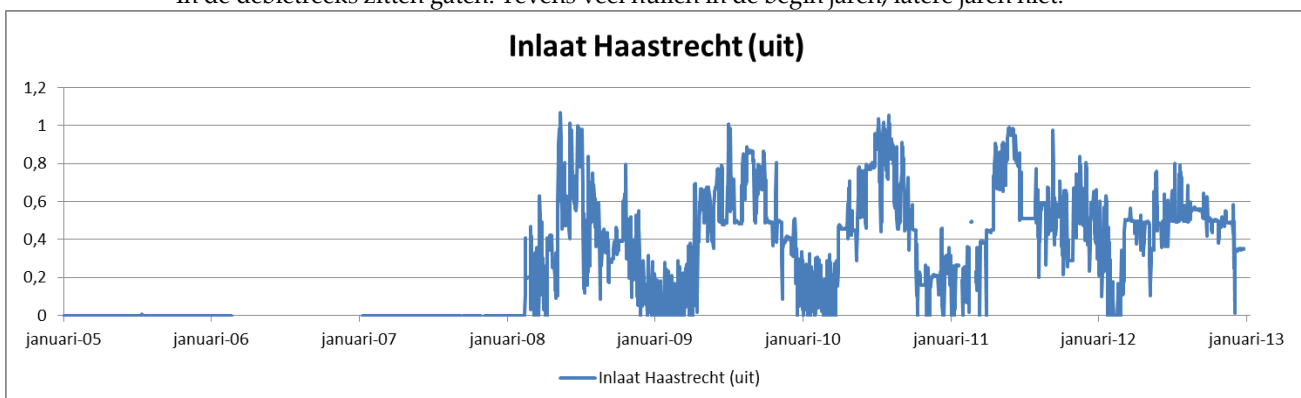
Aangeleverd model:

De Vlist zit niet gekoppeld aan de GHIJ.



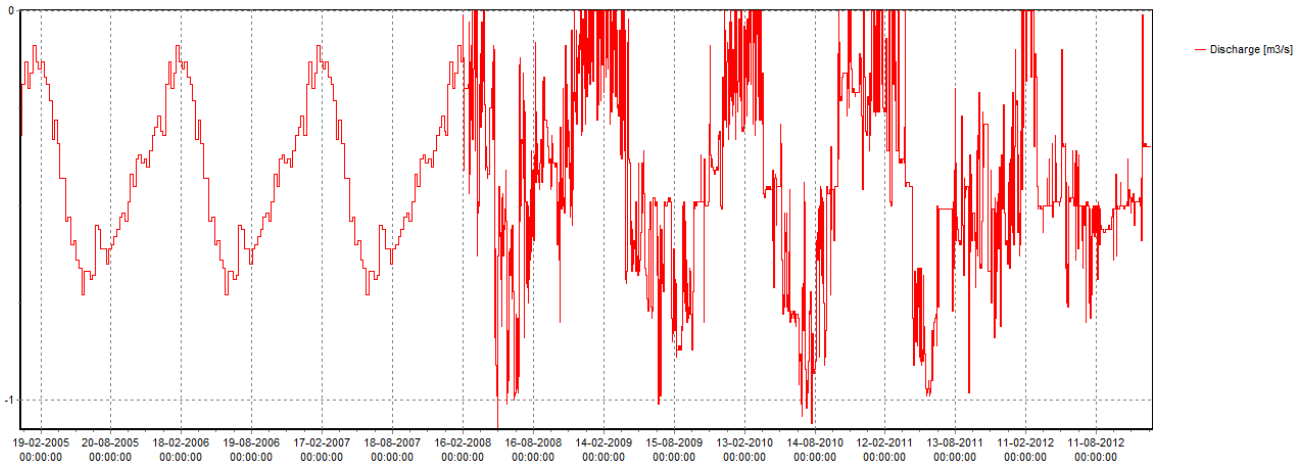
Gegevens:

In de debietreeks zitten gaten. Tevens veel nullen in de begin jaren, latere jaren niet.



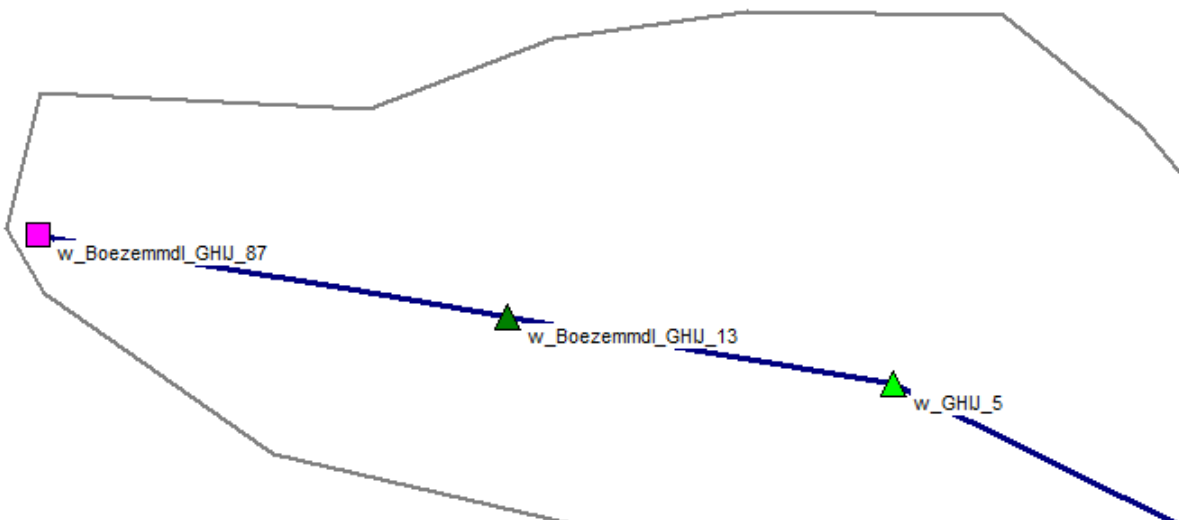
Aangepast model:

De Vlist is uit het model verwijderd en op de rand is het aangevulde en gecorrigeerde debiet Haastrecht gezet.



Bijlage 3.12 Waaiersluis

Aangeleverd model:



Weir: w_GHIJ_5

Data Edit for Node w_GHIJ_5

Location	Weir	Controller	Defaults
Location			
Width :	<input type="text" value="100"/>	[m]	
Crest level :	<input type="text" value="-2"/>	[m above datum]	
General			
Discharge Coefficient C_e :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Lateral contraction C_w :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Possible flow direction :	<input checked="" type="checkbox"/> Positive	<input type="checkbox"/> Negative	

Location | Weir | Controller | Defaults

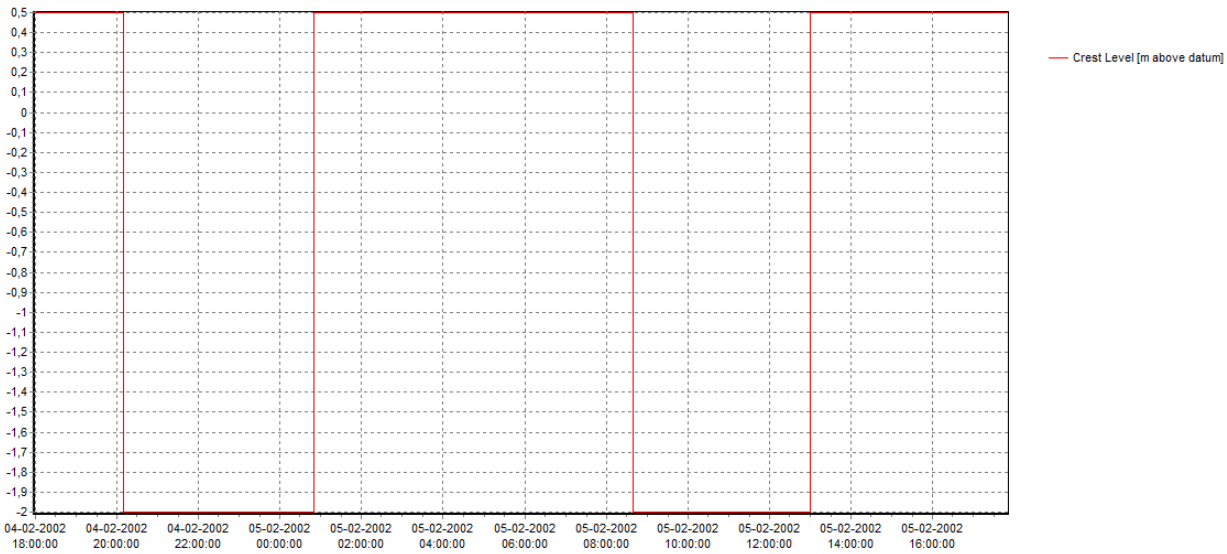
Controller

Type: Name:

Time Controller Parameters

Parameter type:

Time series:



Orifice GHIJ_13

Data Edit for Node w_Boezemmdl_GHIJ_13

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width: [m]

Crest level: [m above datum]

Initial Opening height: [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction: Positive Max. flow [m³/s]
 Negative Max. flow [m³/s]

Data Edit for Node w_Boezemmdl_GHIJ_13

Location | Orifice | Controller | Defaults

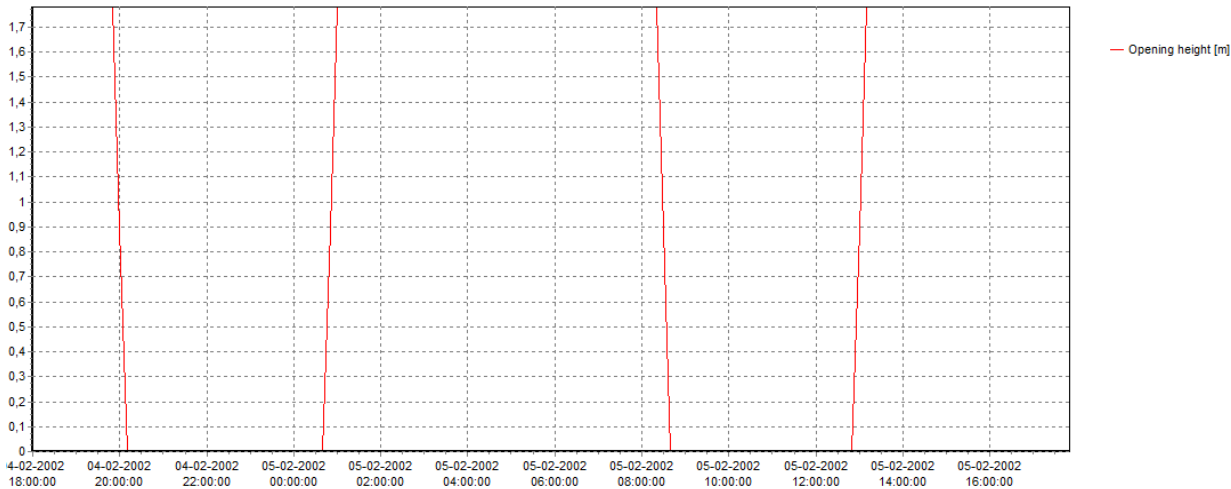
Controller

Type: Time Name: Waaiersluis2

Time Controller Parameters

Parameter type: Date/Time

Time series: Table...



Boundary GHIJ_87

Data Edit for Node w_Boezemmdl_GHIJ_87

Location | Boundary condition | Defaults

Type

water level (h) flow (Q)

water depth (d) Q-h relation

Value

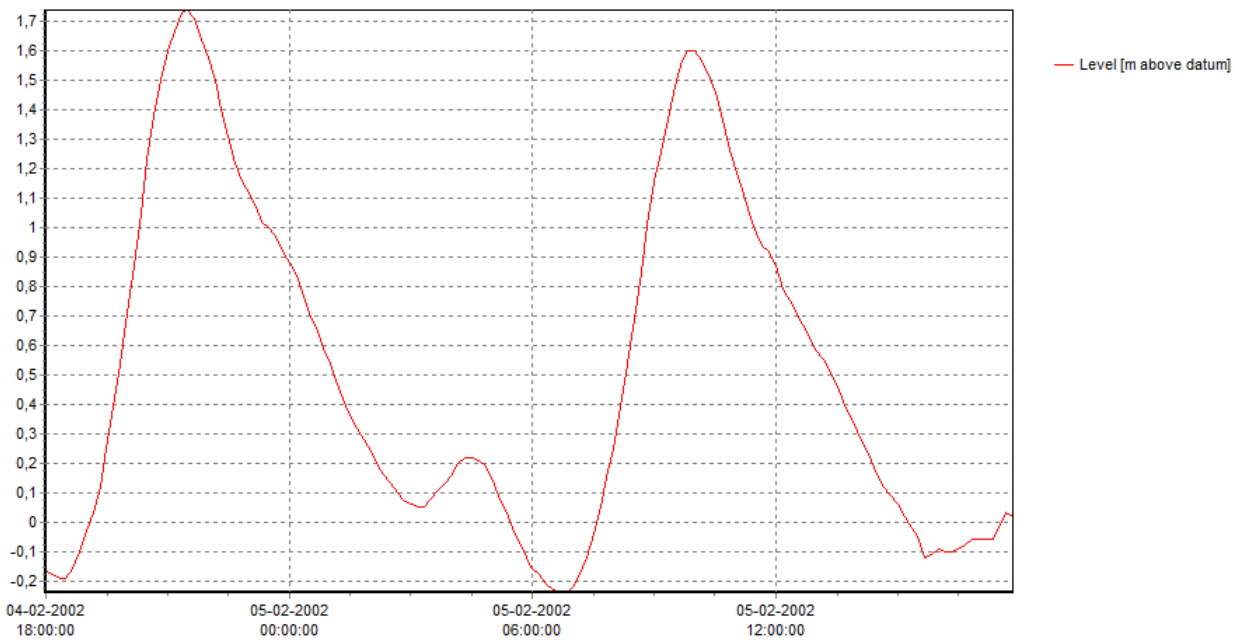
Constant :

Function of time : Table... Save to tables library

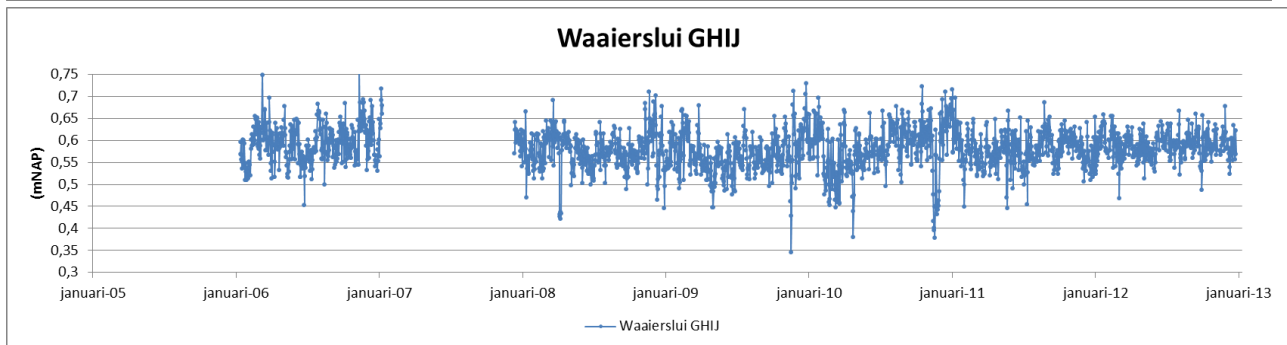
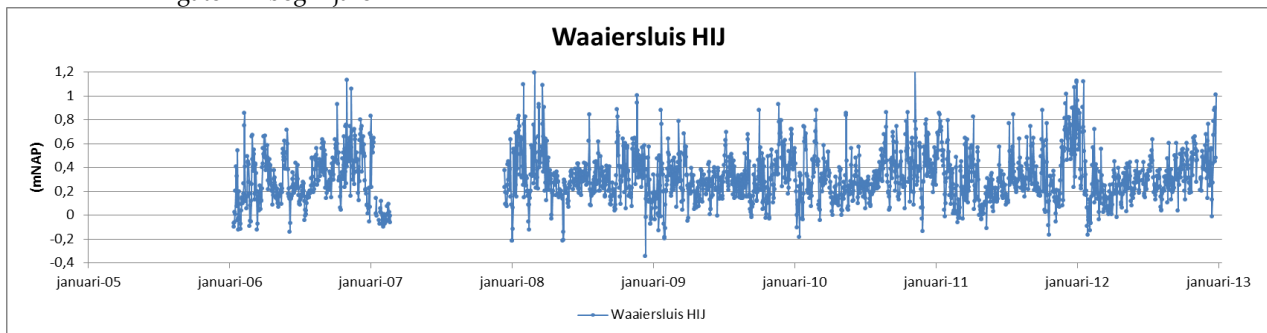
Refer to tables library:

Storage

Define Storage on Boundary Node



Gegevens:
gaten in begin jaren



Aangepast model:

Boundary node waar het peil van de GHIJ is opgelegd. De gaten in de meetreeks zijn gedicht.

Bijlage 3.13 Aanvoerder

Aangeleverd model:

The screenshot shows the 'Data Edit for Node Boezemmdl_G4031' window. The 'Pump' tab is selected. The 'General' section contains the following settings: 'Number of Stages' is set to 1; 'Reduction factor capacity' is unchecked; 'Pump direction' is set to 'Positive'. The 'RPM / Stage' section contains: 'Stage' is set to 'Fixed RPM'; 'Capacity' is 320, with units [m3/s], [m3/min], and [m3/hr] available; 'Suction side' is checked with a 'Switch-on level' of 10 and a 'Switch-off level' of 9 (both in m above datum); 'Delivery side' is unchecked with a 'Switch-on level' of 0 and a 'Switch-off level' of 0 (both in m above datum). Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

Geen controller: gemaal staat altijd uit switch on bij 10 m Nap

The screenshot shows the 'Data Edit for Node Boezemmdl_306' window. The 'Orifice' tab is selected. The 'Location' section contains: 'Width' is 6 [m]; 'Crest level' is -2.07 [m above datum]; 'Initial Opening height' is 10 [m]. The 'General' section contains: 'Contraction coefficient μ ' is 0.63 [-]; 'Lateral contraction C_w ' is 1 [-]; 'Possible flow direction' has 'Positive' checked and 'Negative' checked, with 'Max. flow' set to 0 [m3/s] for both directions. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

Afsluitwerk gemaal De Aanvoerder, staat altijd open

Data Edit for Node Boezemmdl_SL0002

Location | Orifice | Controller | Defaults |

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

Initial Opening height : [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

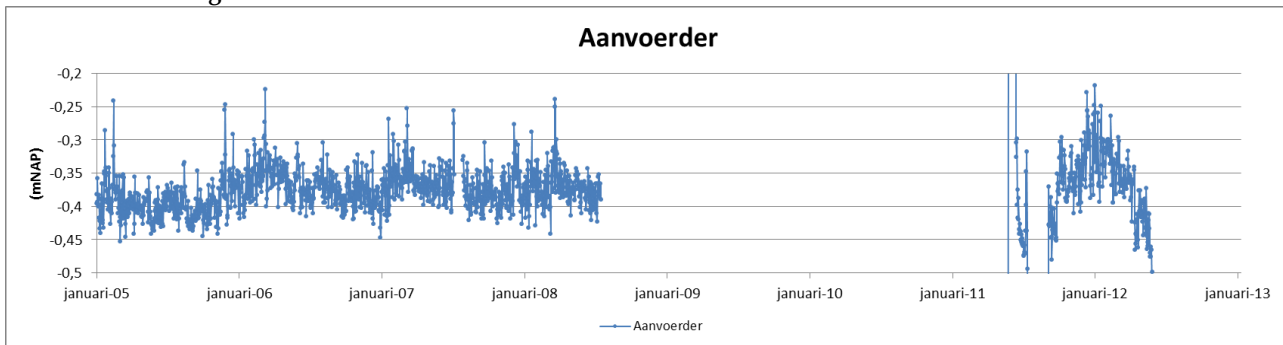
Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction : Positive Max.flow [m³/s]

Negative Max.flow [m³/s]

Groenwoudsedijk Sluis. Staat altijd open
Peil op ARK staat op -0,4 m NAP.

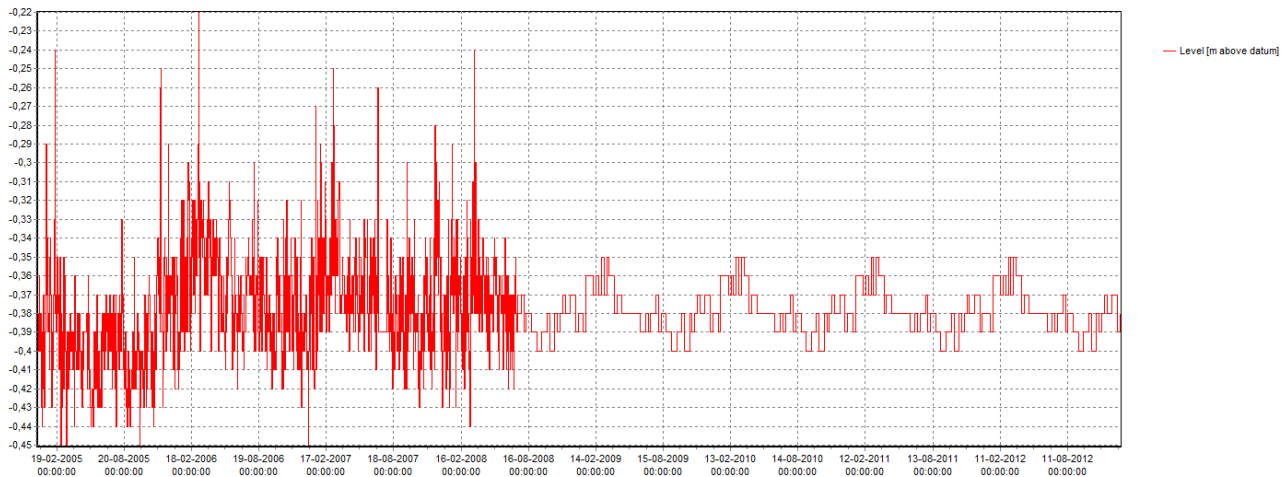
Gegevens:



Aangepast model:

Geen aanpassingen aan kunstwerken.

Peil op ARK volgens aangevulde en gecorrigeerde meetreeks Aanvoerder.



Bijlage 3.14 Haanwijkersluis

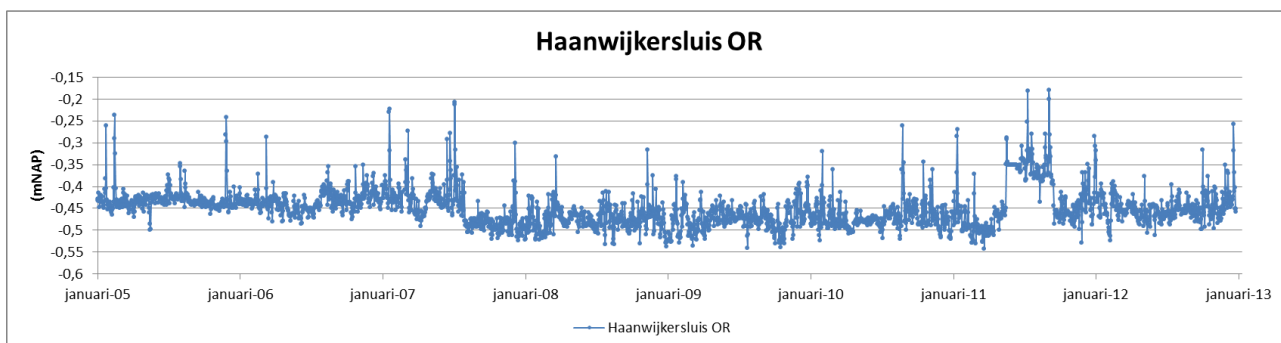
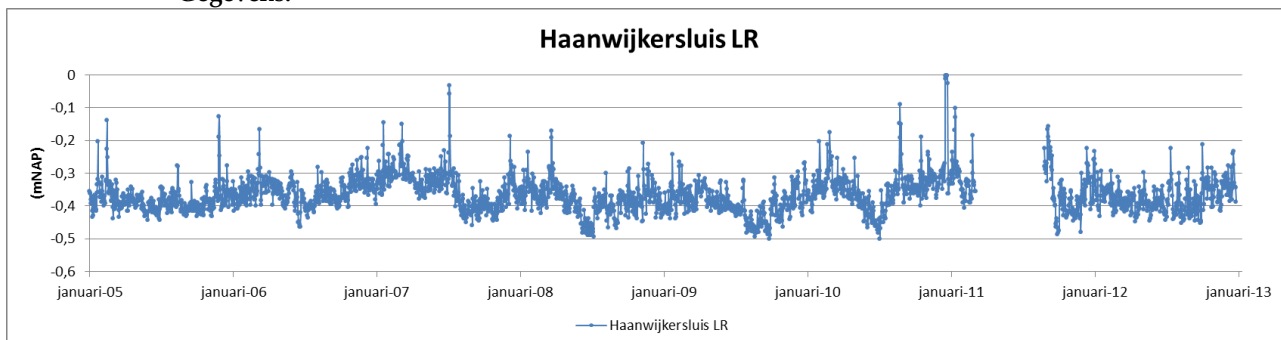
Aangeleverd model:

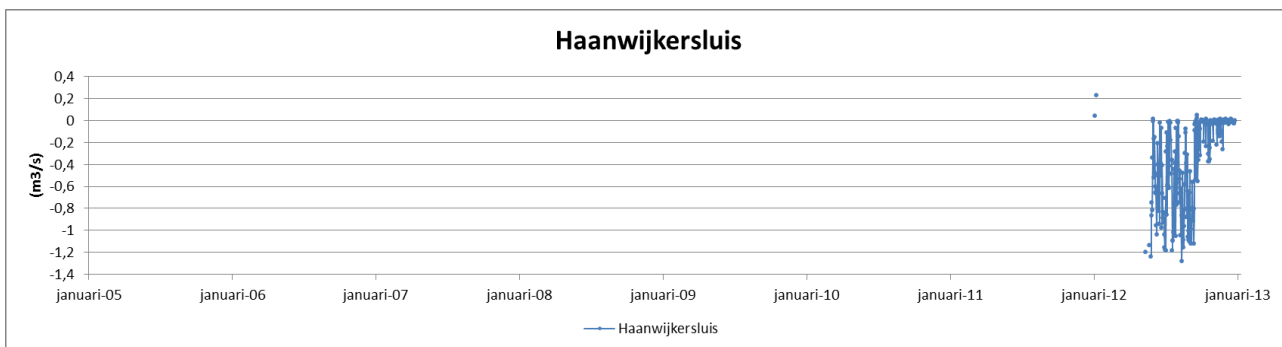
Data Edit for Node Boezemmdl_SL0003

Location	Orifice	Controller	Defaults
Location			
Width :	<input type="text" value="4.45"/>	[m]	
Crest level :	<input type="text" value="-1.75"/>	[m above datum]	
Initial Opening height :	<input type="text" value="0"/>	[m]	
General			
Contraction coefficient μ :	<input type="text" value="0.63"/>	[-]	
Lateral contraction C_w :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Possible flow direction :	<input type="checkbox"/> Positive	<input type="checkbox"/> Max. flow	<input type="text" value="0"/> [m ³ /s]
	<input type="checkbox"/> Negative	<input type="checkbox"/> Max. flow	<input type="text" value="0"/> [m ³ /s]

Staat altijd dicht.

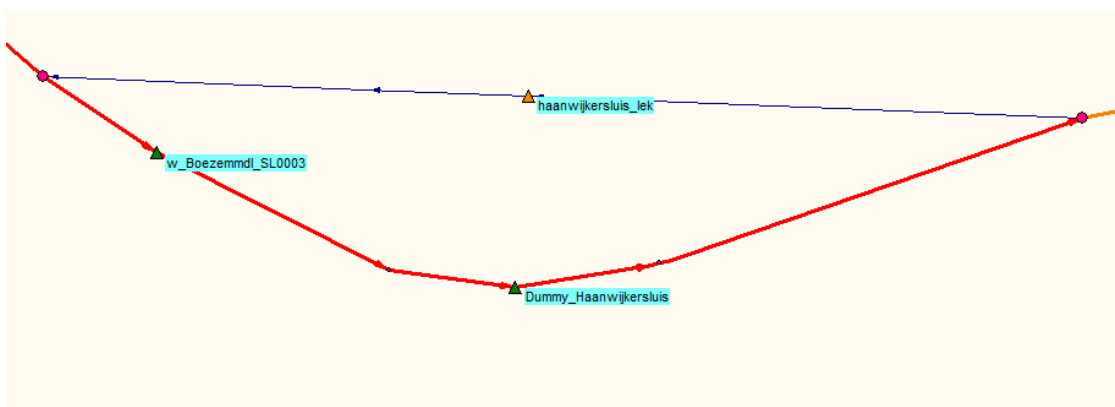
Gegevens:





Aangepast model:

Sluis wordt op onderpeil gestuurd. Indien peil op Oude Rijn <-0,48 m NAP dan wordt water doorgevoerd met maximaal debiet van 4 m³/s. Indien bij Bodegraven wordt gespuid met meer dan 2 m³/s dan gaat de sluis dicht. Sturing gebeurt met twee orifices. En een lek- en schutverlies (0,1 in de winter en 0,6 m³/s in de zomer) over een dummy gemaal.



Data Edit for Node Dummy_Haanwijkersluis

Location | Orifice | Controller | Defaults

Controller

Type: Interval Name: Haanwijkersluis_debiet

Interval Controller Parameters

Parameter type: Discharge Opening height [m]

when below deadband: 1

when above deadband: 0

Setpoint (SP)

Constant: 2

Variable: (unchecked)

Check velocity: 0,0001 [m/s]

Deadband around SP: 0,01

Measurement Location: Meetpunt_Bodegrave

Controller Frequency: 1 timesteps

Data Edit for Node w_BoezemmdI_SL0003

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width : 4,45 [m]
Crest level : -1,75 [m above datum]
Initial Opening height : 0 [m]

General

Contraction coefficient μ : 0,63 [-]
Lateral contraction C_w : 1 [-]

Possible flow direction : Positive Max.flow 0 [m3/s]
 Negative Max.flow 0 [m3/s]

Data Edit for Node w_BoezemmdI_SL0003

Location | Orifice | Controller | Defaults

Controller

Type: Interval Name: Haanwijkersluis_Peil

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level

Opening height [m]
when below deadband : 1
when above deadband : 0

Setpoint (SP)
 Constant -0,48
 Variable

Check velocity: 0,001 [m/s]
Deadband around SP: 0,005

Measurement Location: Meetpunt_Haanwijkersluis

Controller Frequency: 1 timesteps

Schut- en lekverlies:

	Date [dd-mm-yyyy]	Time [hh:mm:ss]	Capacity [m3/s]
1	30-03-2005	00:00:00	0,1
2	01-04-2005	00:00:00	0,6
3	30-09-2005	00:00:00	0,6
4	01-10-2005	00:00:00	0,1

Options

Block function Linear function

Use periodicity of 1 Year (365 Days)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row(s), Copy, Paste, Generate Table, Graph, Import Table, Export Table, OK, Cancel

Bijlage 3.15 Sluis Bodegraven

Aangeleverd model:

Data Edit for Node w_Boezemmdl_241

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width: 5,5 [m]

Crest level: -3,14 [m above datum]

Initial Opening height: 3 [m]

General

Contraction coefficient μ : 0,63 [-]

Lateral contraction C_w : 1 [-]

Possible flow direction: Positive Max.flow 0 [m3/s]

Negative Max.flow 0 [m3/s]

Data Edit for Node w_Boezemmdl_241

Location | Orifice | Controller | Defaults

Controller
Type: Interval Name: Bodegraven_nieuw

Interval Controller Parameters

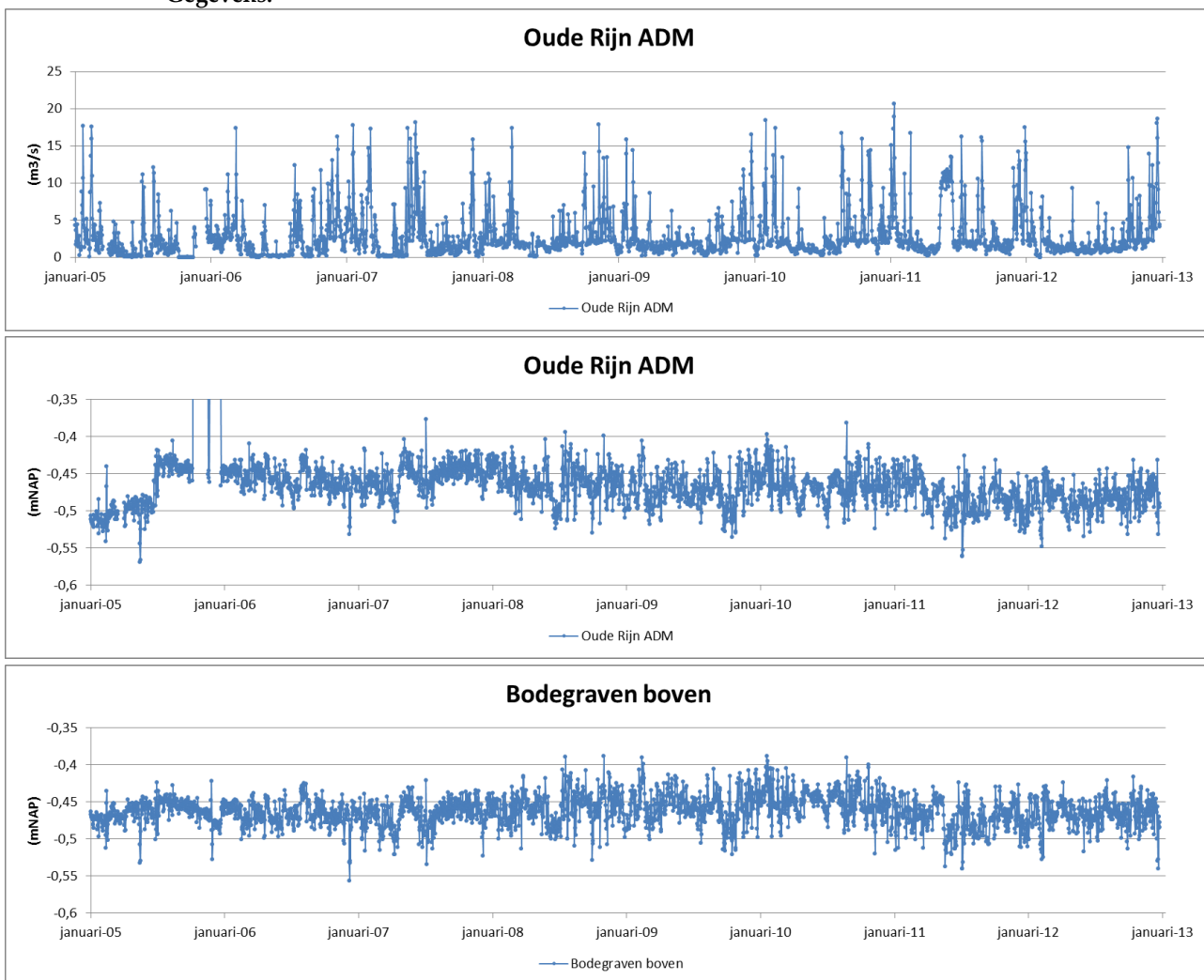
Parameter type: Water Level Opening height [m]
 when below deadband: 0
 when above deadband: 3

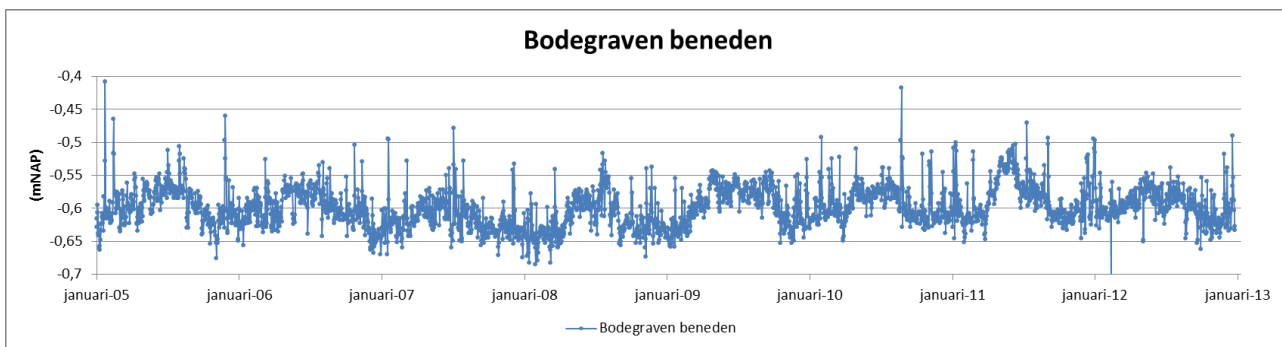
Setpoint (SP)
 Constant: -0,445
 Variable

Check velocity: 0,0015 [m/s]
 Deadband around SP: 0,05

Measurement Location: w_Boezemmdl_184 Controller Frequency: 1 timesteps

Gegevens:





Aangepast model:

Gestuurd op bovenpeil.

Bijlage 3.16 Grecht, Woerdense Verlaat sluis

Aangeleverd model:

The screenshot shows the 'Data Edit for Node Boezemmdl_61' interface. It has tabs for 'Location', 'Orifice', 'Controller', and 'Defaults'. The 'Location' tab is active, showing the following parameters:

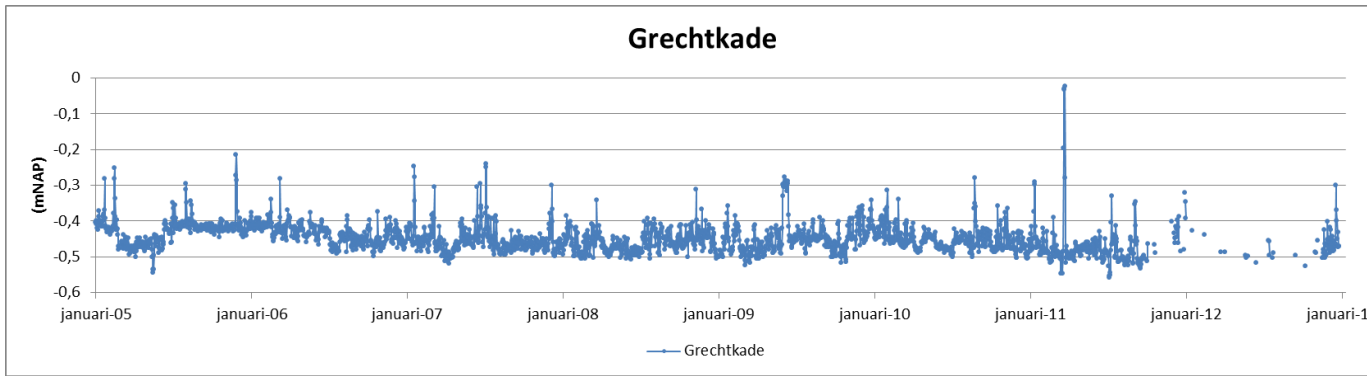
- Width: 5.1 [m]
- Crest level: -2.17 [m above datum]
- Initial Opening height: 0 [m]

The 'General' tab is also visible, showing:

- Contraction coefficient μ : 0.63 [-]
- Lateral contraction C_w : 1 [-]
- Possible flow direction: Positive, Max.flow [0 [m³/s]]
- Negative, Max.flow [0 [m³/s]]

Gaat niets langs.

Gegevens:

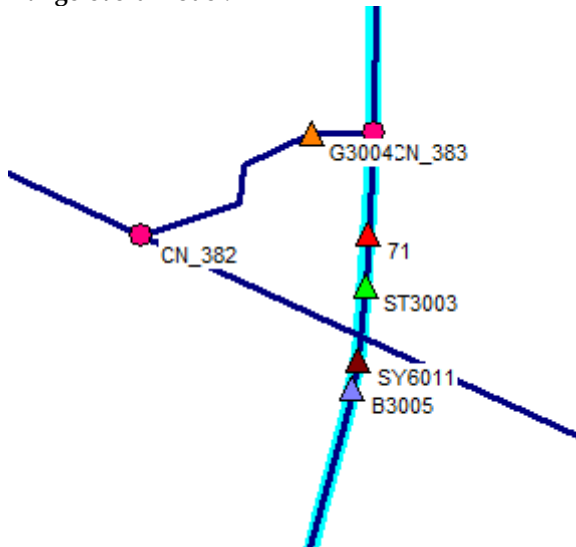


Aangepast model:

Is hetzelfde gebleven

Bijlage 3.17 Caspargouw

Aangeleverd model:



Data Edit for Node ST3003

Location	Weir	Controller	Defaults
Location			
Width:	<input type="text" value="5"/>	[m]	
Crest level:	<input type="text" value="1.65"/>	[m above datum]	
General			
Discharge Coefficient C_e :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Lateral contraction C_w :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Possible flow direction:	<input checked="" type="checkbox"/> Positive	<input checked="" type="checkbox"/> Negative	

Data Edit for Node ST3003

Location | Weir | Controller | Defaults

Controller
Type: Interval Name: regime4+verlaging

Interval Controller Parameters
Parameter type: Water Level Crest Level [m above datum]
when below deadband: 1,95
when above deadband: 1

Setpoint (SP)
 Constant 1,65
 Variable
Check velocity: 0,00003 [m/s]
Deadband around SP: 0,02

Measurement Location: mCaspargouw Controller Frequency: 1 timesteps

Data Edit for Node SY6011

Location | Culvert | Cross section | Friction | Controller | Defaults

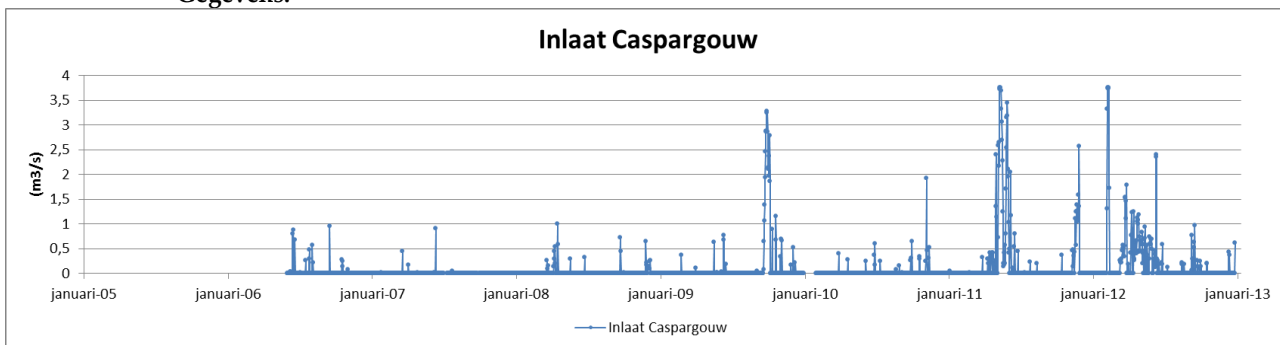
Type: Culvert

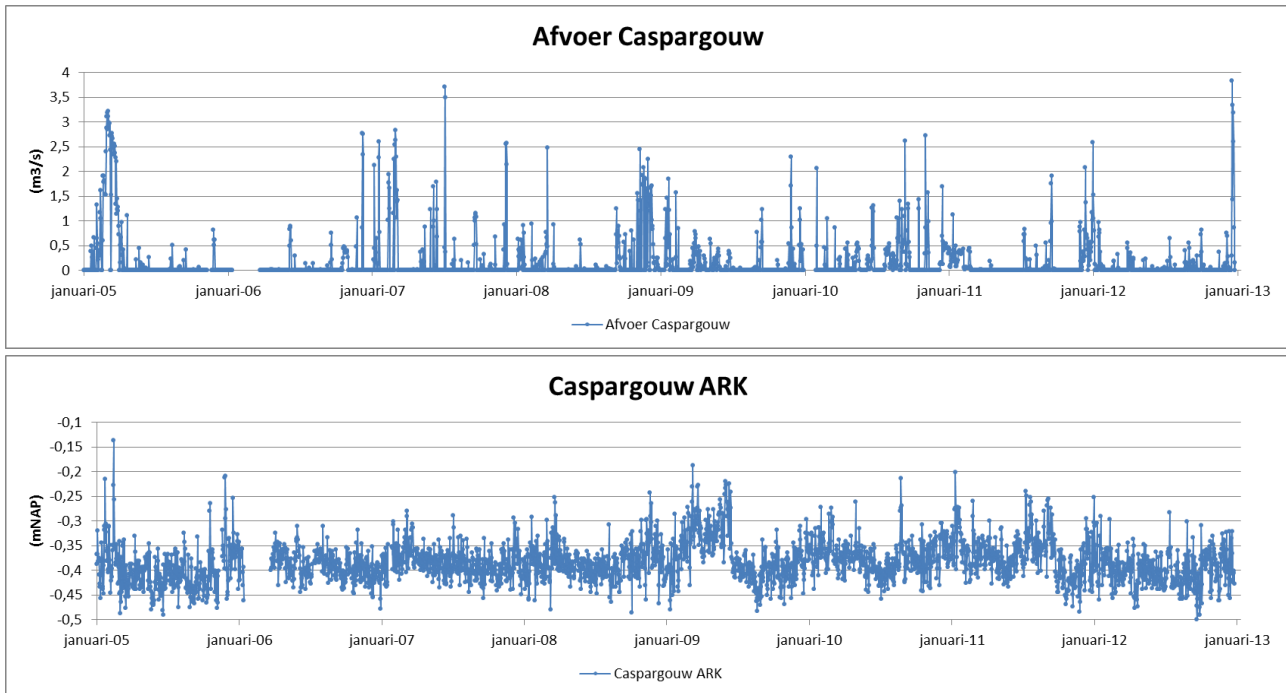
Dimensions
Start End
Invert level: -2,4 -2,4 [m above datum]
Length: 14 [m]

General
Inlet Loss coefficient: 1,7 [-] Valve
Outlet Loss coefficient: 1 [-]

Possible flow direction: Positive Negative

Gegevens:

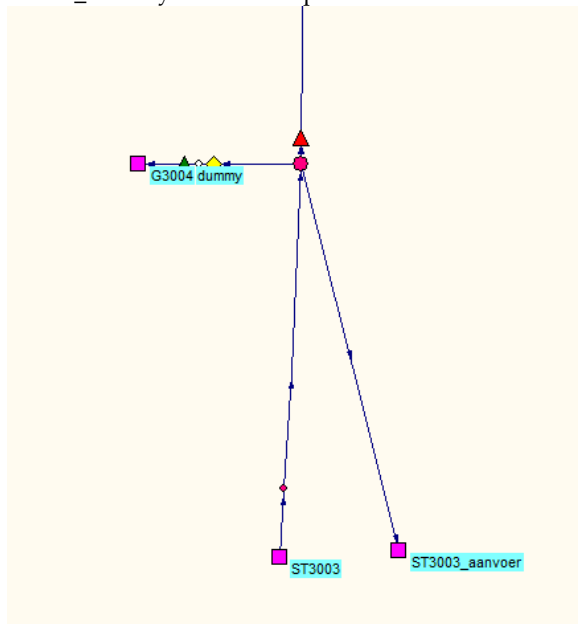




Aangepast model:

Geregeld middels twee boundary nodes. Eén voor de invoer en één voor de uitvoer. Op beide punten is de meetreeks in m³/s opgelegd.

G3004_dummy is een inlaatpunt.



Bijlage 3.18 Inlaat bij Wijk bij Duurstede

Aangeleverd model:

Data Edit for Node CN_134

Location | Boundary condition | Defaults

Type

water level (h) flow (Q)

water depth (d) Q-h relation

Value

Constant : [m above datum]

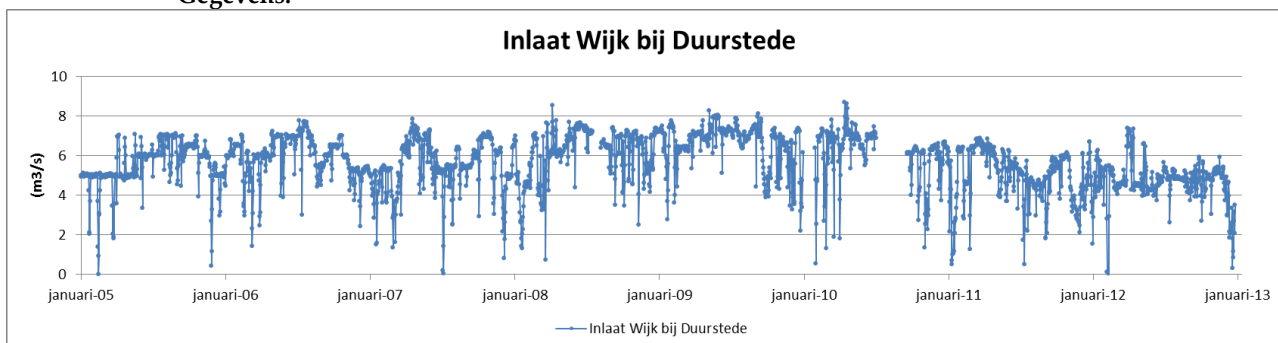
Function of time :

Refer to tables library:

Storage

Define Storage on Boundary Node

Gegevens:



Volgens de beheerders wordt nu gestuurd op 2,55 m +NAP. Bij neerslag gaat de inlaat knippen en dicht. Werd op 2,60 m +NAP gestuurd.

Aangepast model:

Meetreeks in m³/s opgelegd.

Bijlage 3.19 Stuw Cothen

Aangeleverd model:

Data Edit for Node ST3001

Location | Weir | Controller | Defaults |

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

General

Discharge Coefficient C_e : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction : Positive Negative

Data Edit for Node ST3001

Location | Weir | Controller | Defaults |

Controller

Type: Name:

Interval Controller Parameters

Parameter type Crest Level [m above datum]

when below deadband :

when above deadband :

Setpoint (SP)

Constant

Variable

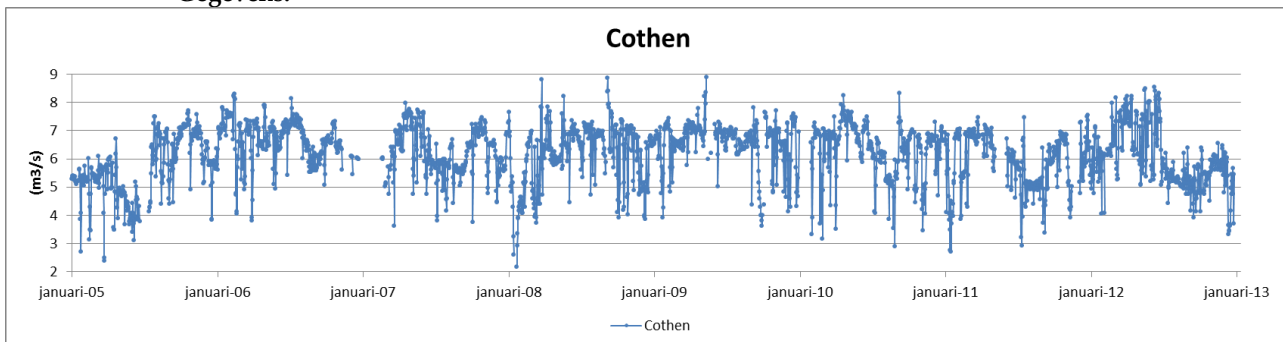
Check velocity: [m/s]

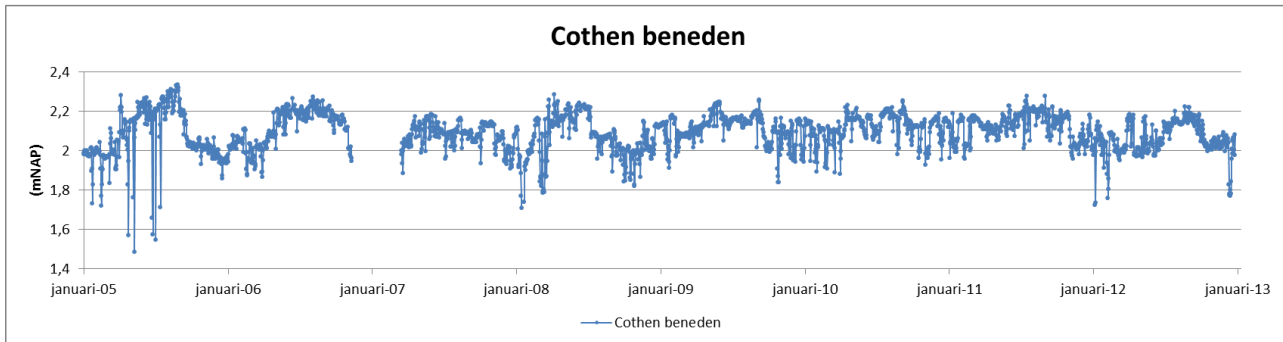
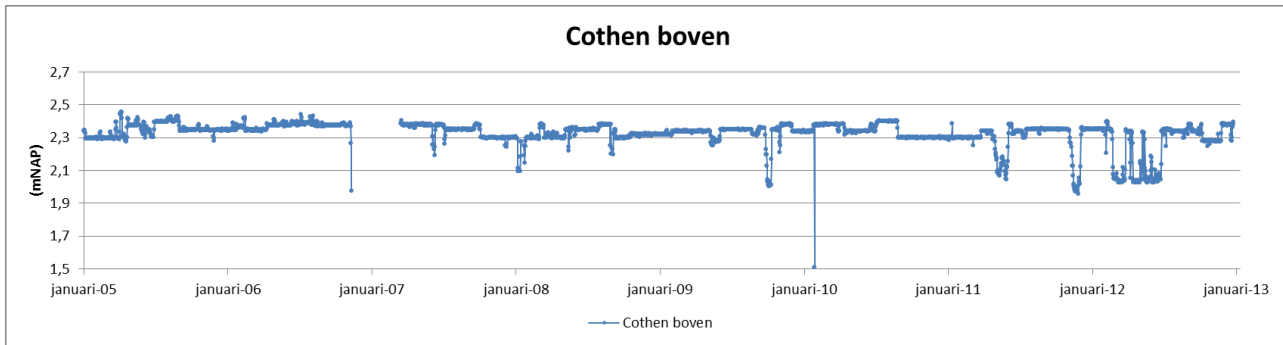
Deadband around SP:

Measurement Location

Controller Frequency: timesteps

Gegevens:





Aangepast model:

Sturing is vergelijkbaar gebleven. Om makkelijker/snelser water over de stuw te krijgen bij wateroverschot is het niveau van de stuw in deze situatie lager geplaatst naar 1,28 m +NAP.

Data Edit for Node ST3001

Location | Weir | Controller | Defaults

Controller

Type: Interval Name: P07_regime4_verlaging

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level Crest Level [m above datum]

when below deadband: 2,43

when above deadband: 1,28

Setpoint (SP)

Constant 2,28

Variable

Check velocity: 0,0001 [m/s]

Deadband around SP: 0,02

Measurement Location: MS_ST3001

Controller Frequency: 1 timesteps

Bijlage 3.20 Stuw Werkhoven

Aangeleverd model:

Data Edit for Node ST2028

Location | Weir | Controller | Defaults

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

General

Discharge Coefficient C_e : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction : Positive Negative

Data Edit for Node ST2028

Location | Weir | Controller | Defaults

Controller

Type: Name:

Interval Controller Parameters

Parameter type Crest Level [m above datum]

when below deadband :

when above deadband :

Setpoint (SP)

Constant

Variable

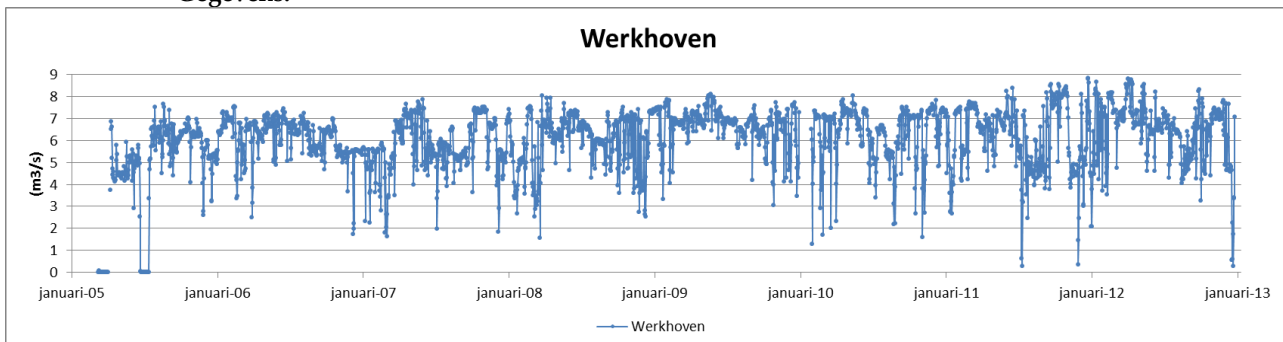
Check velocity: [m/s]

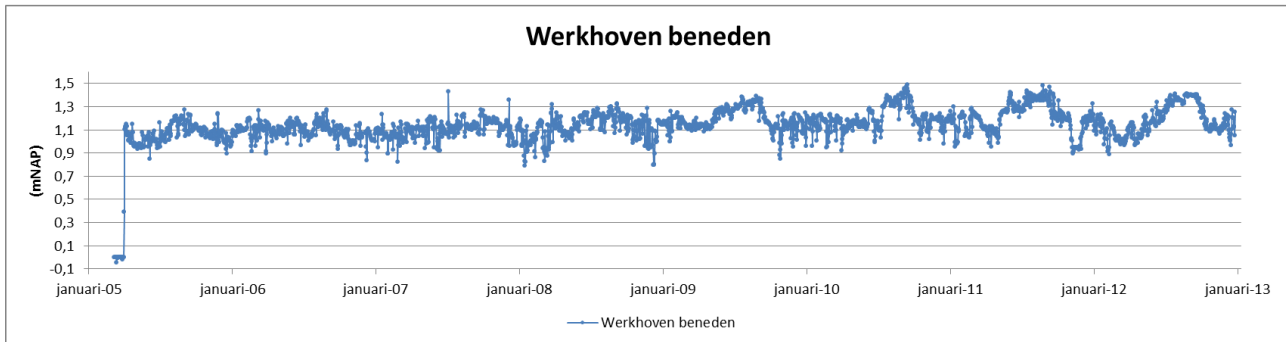
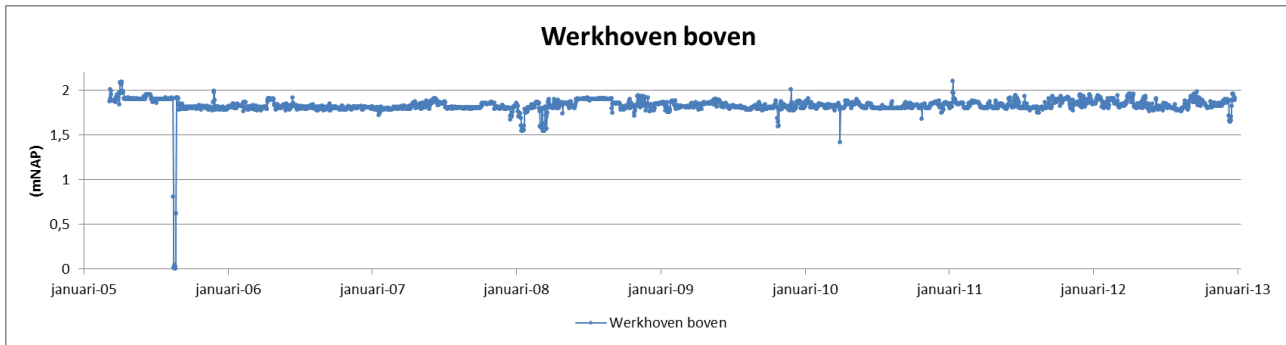
Deadband around SP:

Measurement Location

Controller Frequency: timesteps

Gegevens:





Aangepast model:

Sturing is vergelijkbaar gebleven. Om makkelijker/sneller water over de stuw te krijgen bij wateroverschot is het niveau van de stuw in deze situatie lager geplaatst naar 0,9 m +NAP.

Data Edit for Node ST2028

Location | Weir | Controller | Defaults |

Controller

Type: Interval Name: P07_opzet

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level Crest Level [m above datum]

when below deadband: 1,95

when above deadband: 0,9

Setpoint (SP)

Constant 1,9

Variable

Check velocity: 0,0001 [m/s]

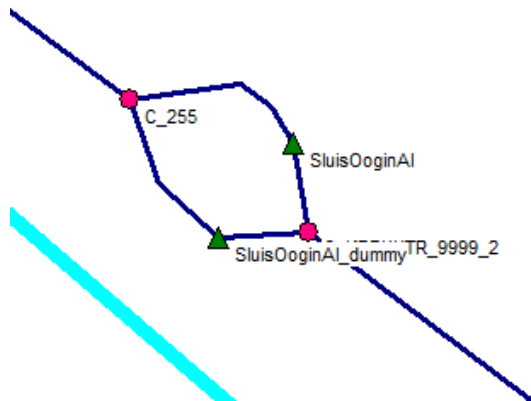
Deadband around SP: 0,02

Measurement Location: MS_ST2028

Controller Frequency: 1 timesteps

Bijlage 3.21 Sluis Oog in AI

Aangeleverd model:



Data Edit for Node SluisOoginAI_dummy

Location	Drifice	Controller	Defaults
Location			
Width :	<input type="text" value="5.6"/>	[m]	
Crest level :	<input type="text" value="-2.7"/>	[m above datum]	
Initial Opening height :	<input type="text" value="0"/>	[m]	
General			
Contraction coefficient μ :	<input type="text" value="0.63"/>	[-]	
Lateral contraction C_w :	<input type="text" value="1"/>	[-]	
Possible flow direction :	<input checked="" type="checkbox"/> Positive	<input type="checkbox"/> Max.flow	<input type="text" value="0"/> [m3/s]
	<input type="checkbox"/> Negative	<input type="checkbox"/> Max.flow	<input type="text" value="0"/> [m3/s]

Data Edit for Node SluisOoginAI_dummy

Location	Drifice	Controller	Defaults
Controller			
Type:	<input type="text" value="Interval"/>	Name:	<input type="text" value="SturingWeertsluis"/>
Interval Controller Parameters			
Parameter type	<input type="text" value="Discharge"/>	Opening height [m]	
		when below deadband :	<input type="text" value="0"/>
		when above deadband :	<input type="text" value="1.5"/>
Setpoint (SP)		Check velocity:	<input type="text" value="0.00001"/> [m/s]
<input checked="" type="radio"/> Constant	<input type="text" value="4.5"/>	Deadband around SP:	<input type="text" value="0.05"/>
<input type="radio"/> Variable			
Measurement Location	<input type="text" value="MS_Ben_Weertsluis"/>	Controller Frequency:	<input type="text" value="1"/> timesteps

Data Edit for Node SluisOoginAI

Location | Drifice | Controller | Defaults

Location

Width: [m]

Crest level: [m above datum]

Initial Opening height: [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

Lateral contraction C_w : [-]

Possible flow direction: Positive Max.flow [m3/s]

Negative Max.flow [m3/s]

Data Edit for Node SluisOoginAI

Location | Drifice | Controller | Defaults

Controller

Type: Name:

Interval Controller Parameters

Parameter type	Opening height [m]
<input type="text" value="Water Level"/>	when below deadband: <input type="text" value="0"/>
	when above deadband: <input type="text" value="1.5"/>

Setpoint (SP)

Constant

Variable

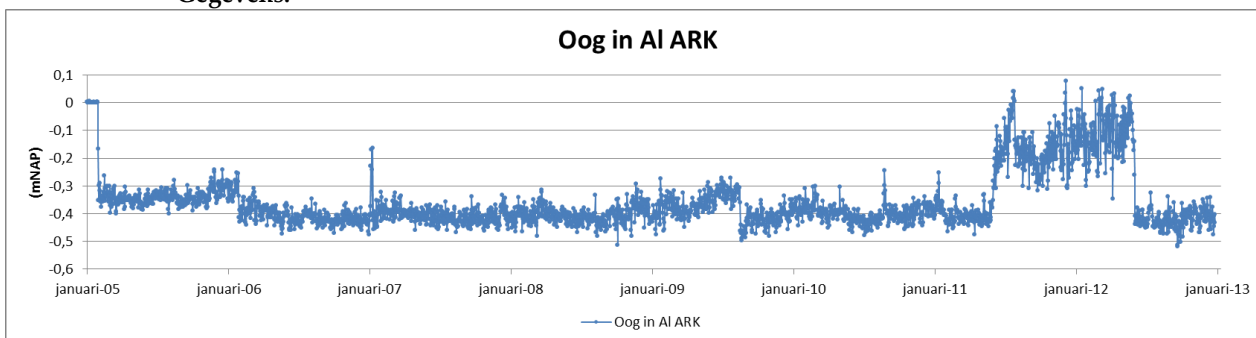
Check velocity: [m/s]

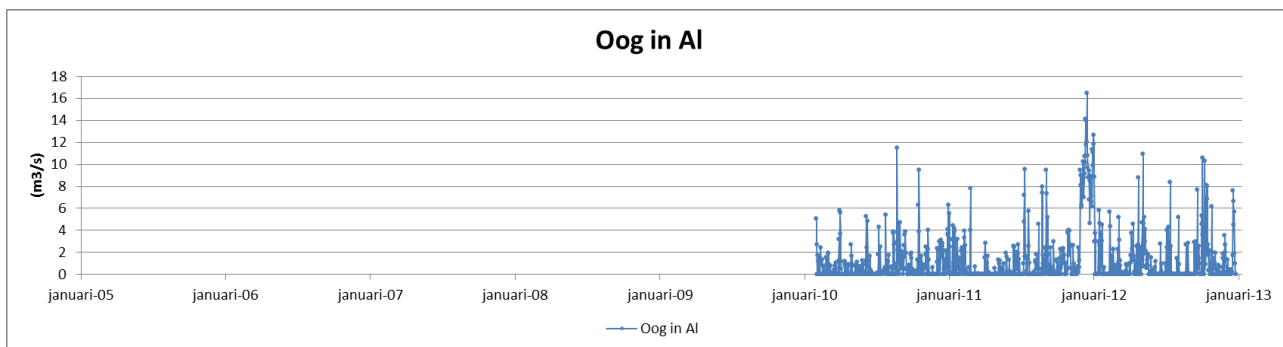
Deadband around SP:

Measurement Location:

Controller Frequency: timesteps

Gegevens:

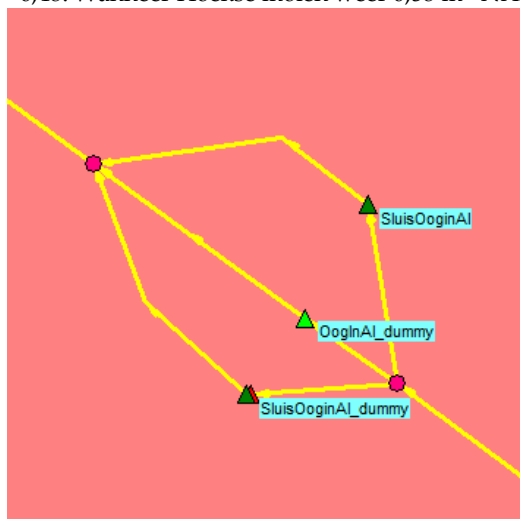




Uit recente meetgegevens van een akoestische debietmeter bij Oog in AI is gebleken dat het debiet dat is gemonitord bij pieken in werkelijkheid tot circa 30% hoger kan zijn.

Aangepast model:

Extra orifice toegevoegd dat stuurt op peil GHIJ, Hoekse Molen. Hoger dan +0,65 dan Oog in AI peil naar +0,48. Wanneer Hoekse molen weer 0,58 m +NAP gaat orifice weer dicht.



Data Edit for Node OogInAI_dummy

Location | Weir | Controller | Defaults |

Controller

Type: Interval Name: w_Boezemmdl_46w_Boezemmdl_46

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level Crest Level [m above datum]

when below deadband: 0,8

when above deadband: 0,48

Setpoint (SP)

Constant 0,615

Variable

Check velocity: 0,00001 [m/s]

Deadband around SP: 0,035

Measurement Location: w_MS_G4065

Controller Frequency: 2 timesteps

Bijlage 3.22 Weerdsluis

Aangeleverd model:

Data Edit for Node KRIJUTR_orf1

Location | Orifice | Controller | Defaults

Location

Width : [m]

Crest level : [m above datum]

Initial Opening height : [m]

General

Contraction coefficient μ : [-]

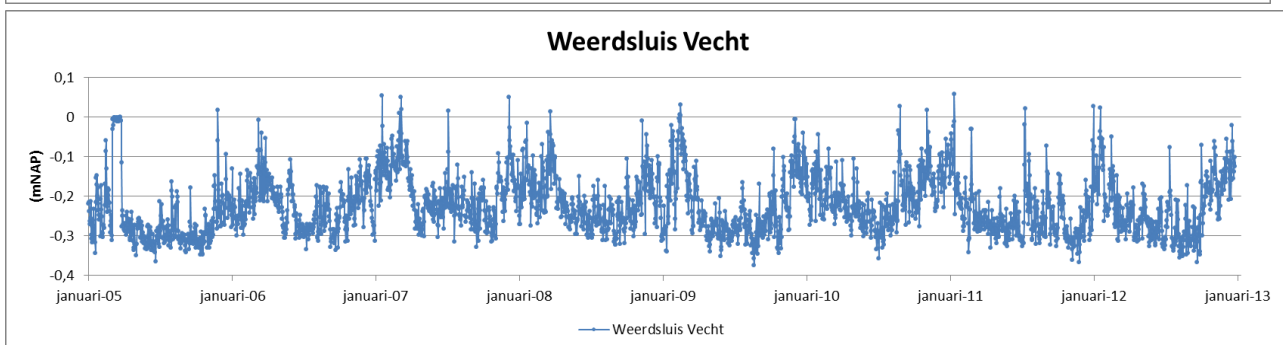
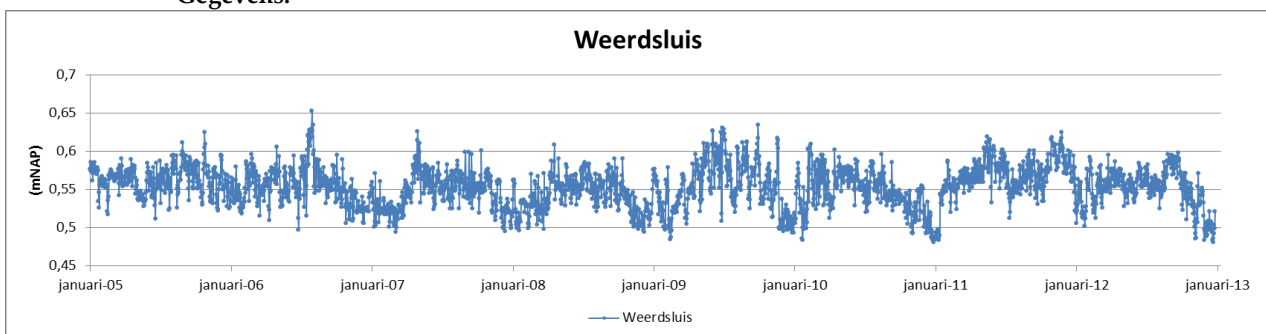
Lateral contraction C_w : [-]

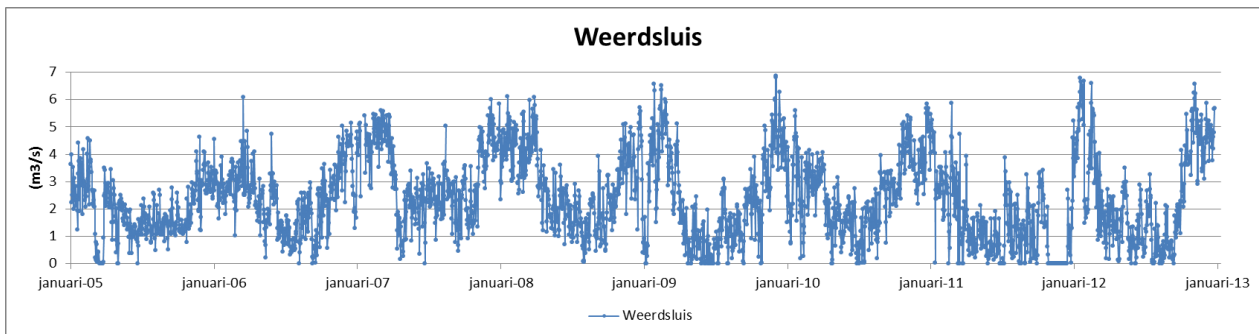
Possible flow direction : Positive Max.flow [m³/s]

Negative Max.flow [m³/s]

Geen controller

Gegevens:

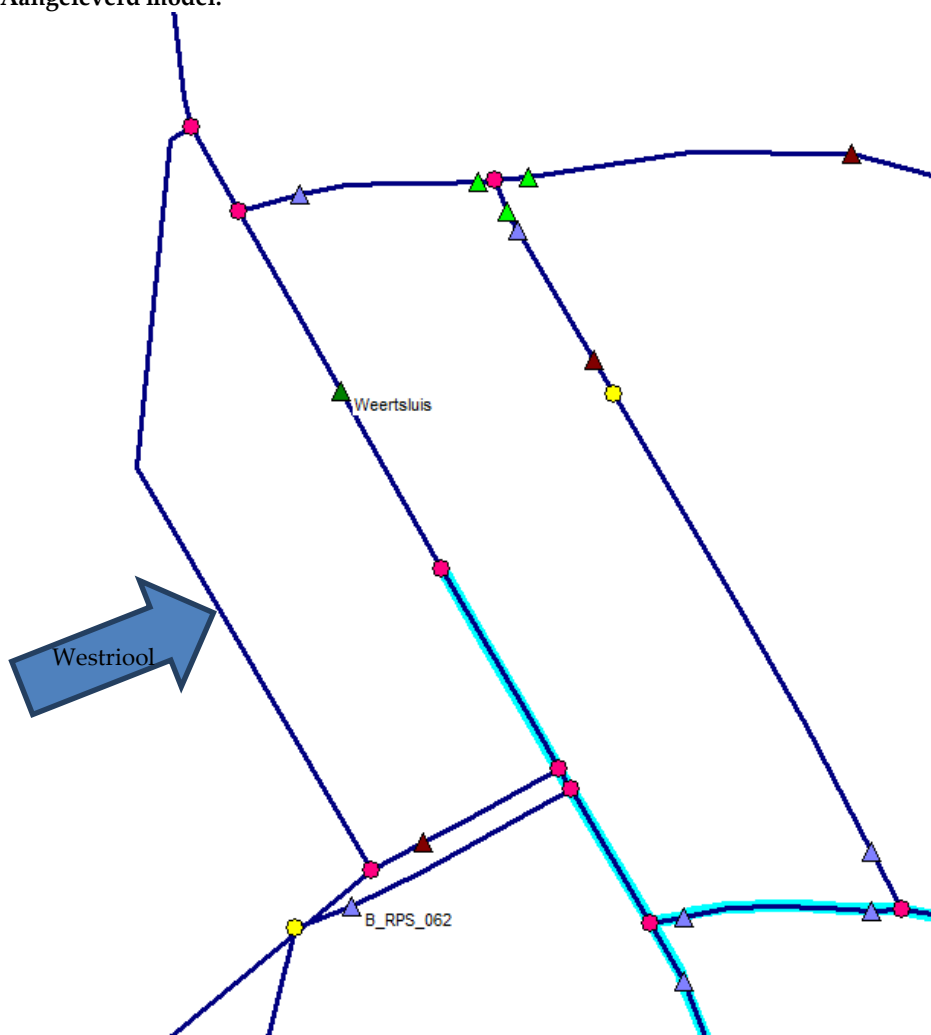




Aangepast model:
Debiet als voorwaarde opgedrukt.

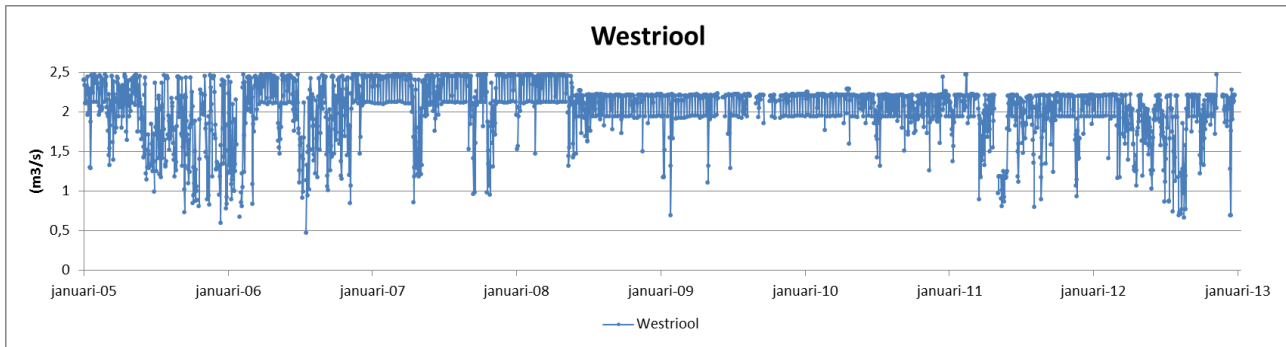
Bijlage 3.23 Westriool

Aangeleverd model:



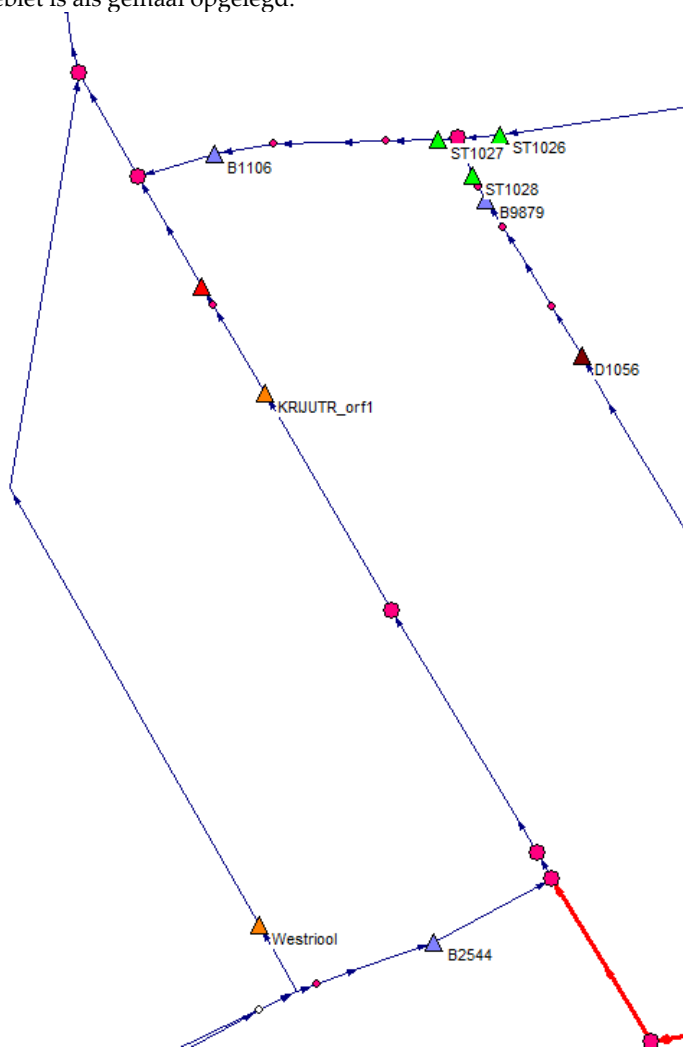
In het model functioneert het Westriool niet. Er stroomt geen water naar toe.

Gegevens:



Aangepast model:

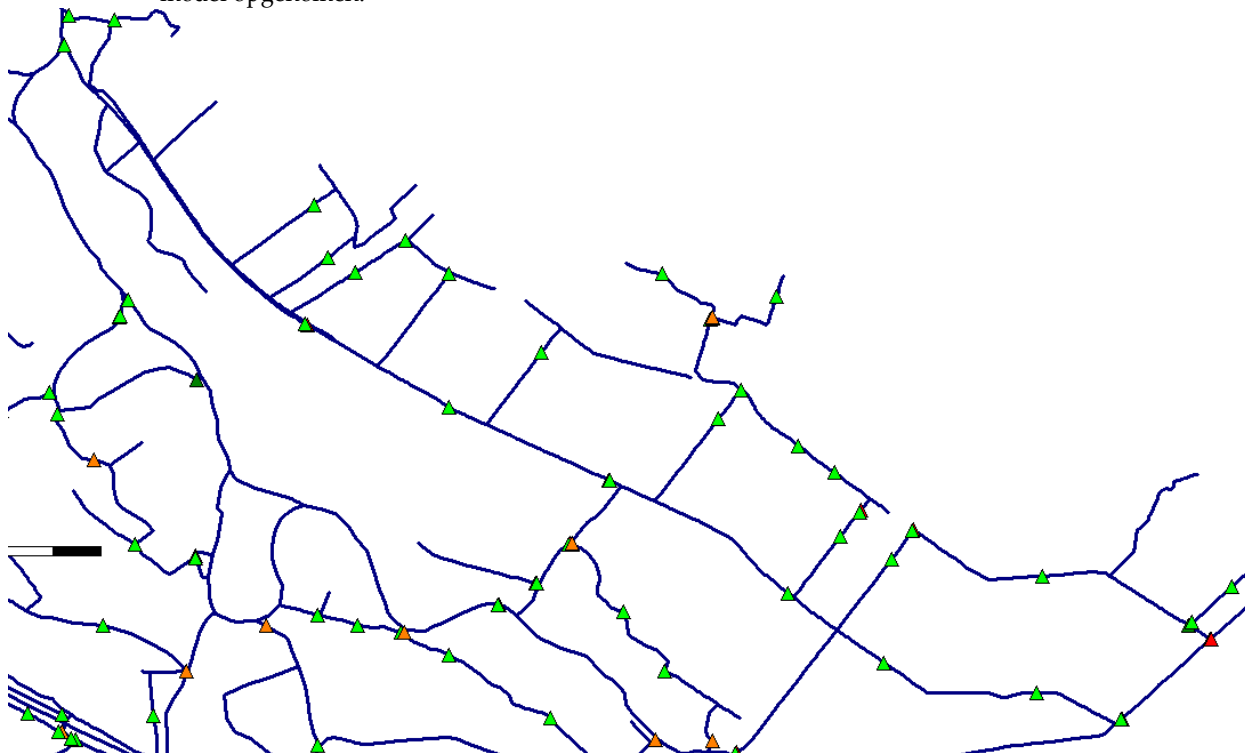
Aansluiting van Oude Gracht naar West Riool is in het model aangepast zodat er water kan stromen. Meetreeks debiet is als gemaal opgelegd.



Bijlage 3.24 Langbroekerwetering

Aangeleverd model:

Langbroekerwetering is geen boezemwater, maar primair water en is in zijn geheel in het aangeleverde model opgenomen.

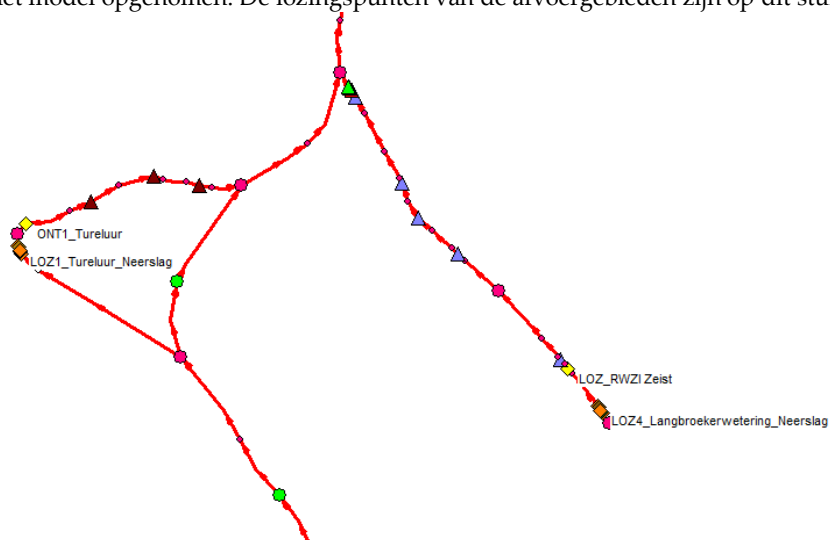


Gegevens:

Geen

Aangepast model:

Alleen het benedenstroomse deel van de Langbroekerwetering met het lozingspunt van RWZI Driebergen is in het model opgenomen. De lozingspunten van de afvoergebieden zijn op dit stuk gekoppeld.



Bijlage 3.25 Biltse Grift

Aangeleverd model:



Het gemaal Sandwijk (in het figuur aangegeven als 'Aanvoergemaal (uit)') staat in het model uit.

Data Edit for Node G1004

Location | Pump | Controller | Defaults

General

Number of Stages: 1

Pump direction:

- Positive
- Negative

Reduction factor capacity:

RPM / Stage

Stage: Fixed RPM

Capacity: 0 [m3/s] [m3/min] [m3/hr]

Suction side Switch-on level: 10 Switch-off level: 9 [m above datum]

Delivery side Switch-on level: 0 Switch-off level: 0 [m above datum]

Geen controller.

Gegevens:

Volgens de beheerders voert het aanvoergemaal water aan voor het noordelijk deel van het afvoergebied Zeist e.o.

Aangepast model:

De aanvoer naar het afvoergebied Zeist e.o. is verdeeld over meerdere inlaatpunten. De inlaat van de noordelijke aanvoer is in het model op gemaal Sandwijk gezet.

Data Edit for Node G1004

Location | Pump | Controller | Defaults

General

Number of Stages : 1

Pump direction :
 Positive
 Negative

Reduction factor capacity :

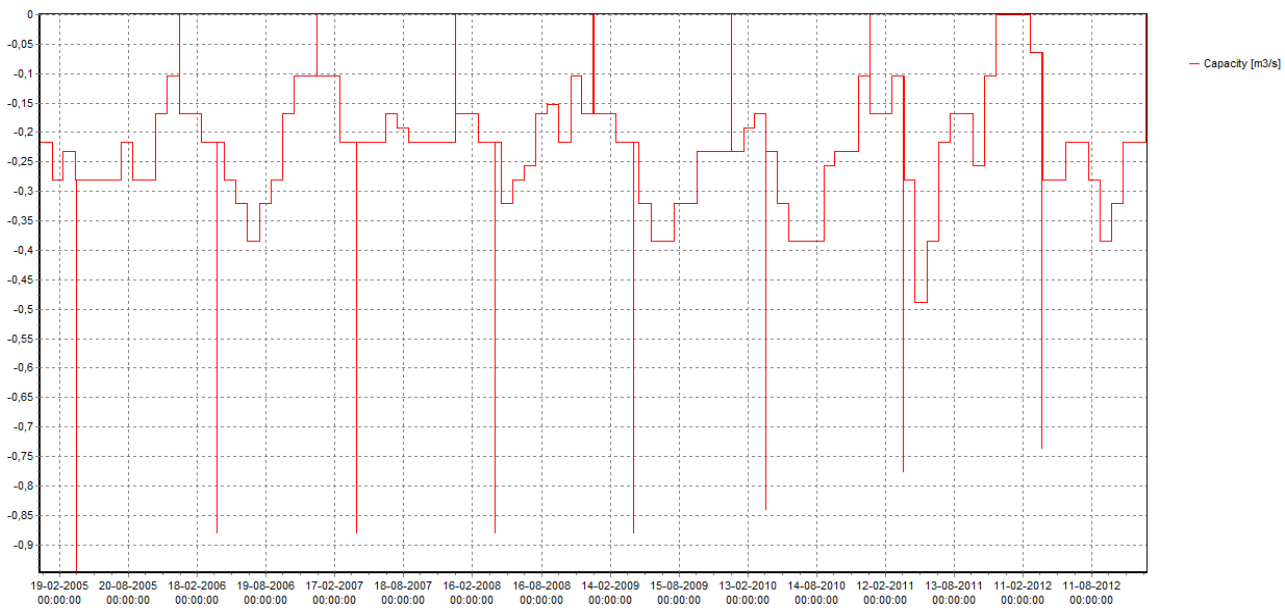
RPM / Stage

Stage : Fixed RPM

Capacity 10 [m3/s] [m3/min] [m3/hr]

Suction side Switch-on level : -9 Switch-off level : -10 [m above datum]
 Delivery side Switch-on level : 0 Switch-off level : 0 [m above datum]

Controller:



Bijlage 3.26 Hakswetering

Aangeleverd model:

De stuw aan het eind van de wetering wordt op één peil gehouden: NAP +1,05 m.

Data Edit for Node ST1006

Location | Weir | Controller | Defaults

Controller

Type: Interval Name: P07_ST1006

Interval Controller Parameters

Parameter type: Water Level Crest Level [m above datum]

when below deadband: 1,1

when above deadband: 0,65

Setpoint (SP)

Constant 1,05

Variable

Check velocity: 0,0001 [m/s]

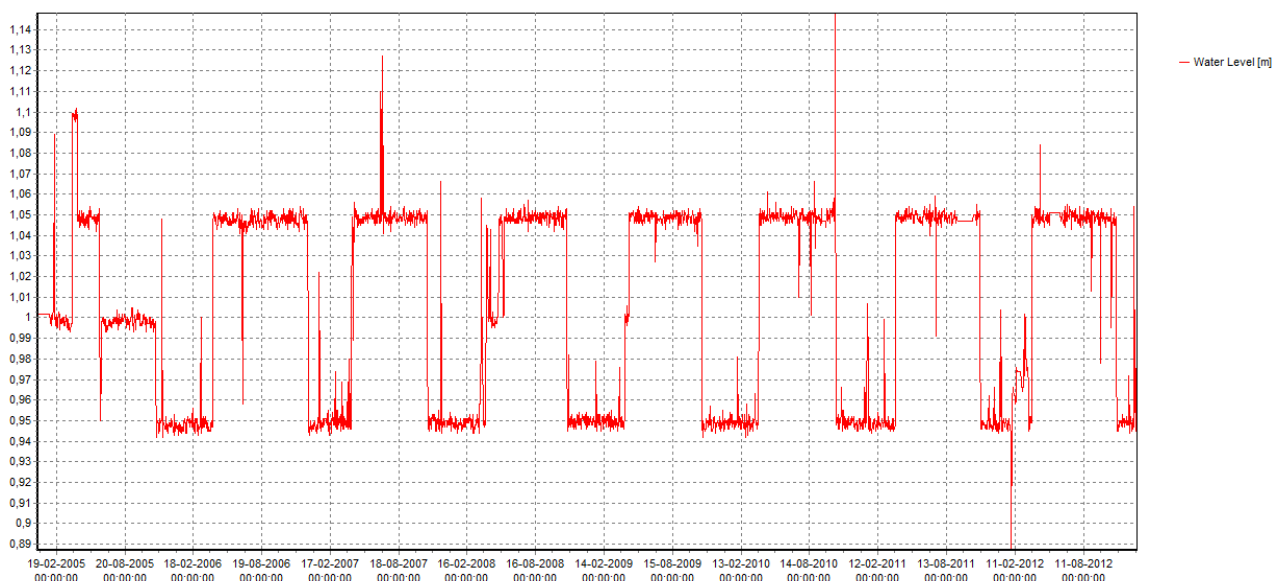
Deadband around SP: 0,1

Measurement Location: MS_ST1006

Controller Frequency: 1 timesteps

Gegevens:

In de werkelijkheid blijkt de wetering een zomer- en winterpeil te kennen. Van het bovenstroomse deel is een meetreeks.



Aangepast model:

De meetreeks van het gemeten peil is als sturing van de stuw opgelegd.

Bijlage 3.27 Schut- en lekverliezen overige sluizen

Aangeleverd model:

Het boezemwater van HDSR heeft op diverse locaties een verbinding met het ARK via sluizen:

- Noordersluis.
- Zuidersluis.
- Sluis Leidsche Rijn oost van ARK. Deze sluis wordt door de beheerders Zwartesluis genoemd. Het betreft een oude sluis die buiten gebruik is. Alleen voor woonboten wordt de sluis incidenteel gebruikt.
- Sluis Wijk bij Duurstede.

Deze sluizen staan in het bestaande model dicht en hebben geen lek- en schutverliezen.

Gegevens:

Uit de eerste berekeningen is gebleken dat er in de stad Utrecht te veel water komt. Uit overleg met beheerders is gebleken dat lekverliezen niet verwaarloosd kunnen worden. Voor de Zwartesluis worden verwachte lekverliezen opgegeven van 0,2 tot 0,5 m³/s en voor de overige sluizen kon geen lekdebit worden gegeven. Hier was geen kennis over. Aangezien in Utrecht in de modelering te veel water komt, is iteratief gezocht naar welke verliezen het beste zouden passen.

Aangepast model:

Schut- en lekverliezen:

- Noordersluis = -0,1 m³/s
- Zuidersluis = -0,1 m³/s
- Zwartesluis = -0,5 m³/s
- Sluis bij Wijk bij Duurstede = geen

Discussie:

De schut- en lekverliezen zijn niet gemeten. In de modelering zijn hier aannames voor gedaan. Duidelijk is dat er in het oorspronkelijke model in en rond Utrecht meer water moet verdwijnen. Hoe de verdeling van de stromen rond Utrecht gebeurt, kan anders zijn, dan nu is aangenomen. Dit kan invloed hebben op de verdeling van de fracties en nutriënten.

Bijlage 3.28 Kanaleneiland

Aangeleverd model:

Het afvoergebied Kanaleneiland heeft volgens de oorspronkelijk aangeleverde gegevens geen onttrekking.

Gegevens:

Volgens de beheerders onttrekt Kanaleneiland wel water en gaat er ook over de stuw naar het ARK regelmatig water. Onbekend is om hoeveel water het gaat.

Aangepast model:

Voor het zomer halfjaar is een onttrekking van 0,1 m³/s op het punt geplaatst. In de winter geen onttrekking.

Bijlage 4 Modelbeperkingen en onzekerheden

In het kader van dit onderzoek is gebruik gemaakt van SOBEK. SOBEK is een hydrologisch modelinstrumentarium dat door veel waterschappen wordt gebruikt voor hoogwaterberekeningen. Het model is een goede basis om samen met meetgegevens en praktijkkennis tot inzichten te komen over de waterkwaliteit. Toch moet gerealiseerd worden dat er aan modellen beperkingen zitten en niet altijd de werkelijkheid volledig kunnen simuleren. Hieronder worden de belangrijkste punten genoemd die de beperkingen en de onzekerheden in het model beschrijven.

- Het model dat als uitgangspunt voor deze studie is gebruikt, is voor een belangrijk deel voor hoogwaterberekening opgezet. Binnen deze studie zijn geen hoogwaterberekeningen uitgevoerd, maar is een tijdserie van 8 jaar doorgerekend (2005 – 2012). SOBEK staat er om bekend minder goed te functioneren onder droge omstandigheden. Na kalibratie van het model klopt de jaarbalans van de boezem goed. Door het jaar heen is echter zichtbaar dat af en toe een watertekort in het model optreedt.
- Het is in SOBEK niet mogelijk om per seizoen een variërende wandweerstand voor de watergangen te specificeren (bijvoorbeeld door begroeiing). Door deze punten is het huidige model minder geschikt om hydraulische knelpunten in het watersysteem te identificeren. Voor het bepalen van de fractiesommen en waterkwaliteitsberekeningen heeft dit weinig invloed.
- De gemeten hoeveelheid water die door HDSR wordt ingelaten of wordt uitgelaten is opgelegd aan het model. Deze hoeveelheden worden op veel meetlocaties berekend aan de hand van waterstanden, stuwhoogte of openingsstand van de inlaatschuif. Door de beheerder is aangegeven dat op de formule voor de debietbepaling niet altijd klopt. Hierdoor worden de debieten op enkele locaties onder of overschat.
- De waterkwaliteit in de boezem is in deze studie geanalyseerd met een conservatieve berekening. De oorsprong van een bepaalde fractie of nutriënt wordt hierbij gekoppeld aan de waterkwaliteit van deze fractie. Waterkwaliteitsprocessen worden hierbij niet in beschouwing genomen. Op deze manier is het functioneren van het watersysteem goed te begrijpen en kan een eerste inschatting gemaakt worden van de waterkwaliteit in HDSR en het effect op de waterkwaliteit door aanpassingen in het zuiveringsrendement van de RWZI's. Bij een hoge verblijftijd kan de oorspronkelijke waterkwaliteit echter sterk veranderen.
- Een belangrijk verlies of binnenstroom van water zijn de schut- en lekverliezen bij diverse sluizen. De grote van deze schut- en lekverliezen is ingeschat op basis van kennis van de beheerders en de balans in het model. Deze jaarlijkse schut- en lekverliezen zijn als een randvoorwaarde aan het model opgelegd. Onduidelijk is wat de onzekerheid in deze schut- en lekverliezen is.

Bijlage 5 Literatuurlijst

- Referenties en maatlatten voor NATUURLIJKE WATERTYPEN voor de kaderrichtlijn water 2015-2021, STOWA 2012, rapportnr. 31;
- Afleiden ecologische Totaal-N en Totaal-P effluenteisen voor RWZI's, STOWA 2013, rapportnr. 19;
- Waterakkoord Kleinschalige Wateraanvoorzieningen Midden-Holland, 4 juli 2005, HH van Delfland, HH van Rijnland, HH van Schieland en de Krimpenerwaard, HH De Stichtse Rijnlanden, Min. van VW, RWS Utrecht;
- Knelpuntenanalyse 2.0, Vergelijking watervraag en wateraanbod HDSR. Witteveen + Bos 2012
- Achtergronddocument LSM 1.04, Deltares 2013
- Baranyi, C., Hein, T., Holarek, C., Keckeis, S., Schiemer, F., 2002. Zooplankton biomass and community structure in a Danube River floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater Biology* 47(3): 473 - 482

Colofon

AFSTEMMEN EFFLUENTEISEN RWZI MET KRW-DOELEN ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER FASE 1 MODELMATIGE AANPAK

OPDRACHTGEVER:

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

Koomen

GECONTROLEERD DOOR:

Arjon Buijert

VRIJGEGEVEN DOOR:

Arjen Koomen

20 november 2014

078155777:A

ARCADIS NEDERLAND BV

La Guardiaweg 36-66

Postbus 56825

1040 AV AMSTERDAM

Tel 088 - 4 261 261

www.arcadis.nl

Handelsregister 09036504