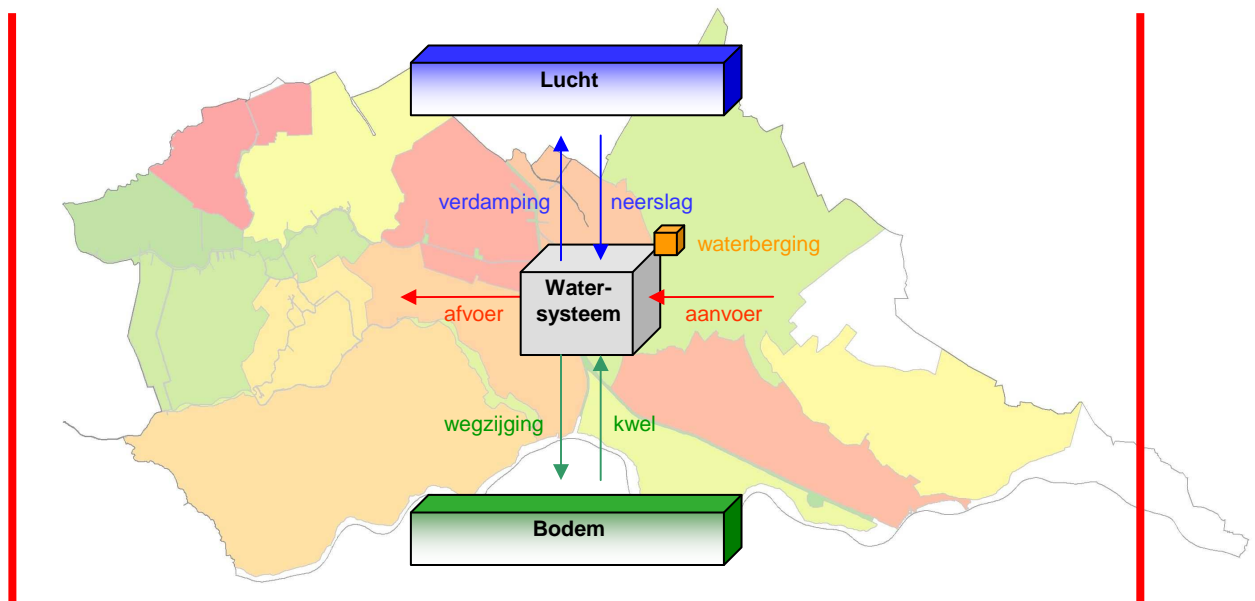




Een pilotstudie naar de haalbaarheid van het opstellen van deelgebieds-waterbalansen

Toepassing van de methodiek op de data van 2005



februari 2008



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

Een pilotstudie naar de haalbaarheid van het opstellen van deelgebieds-waterbalansen

Toepassing van de methodiek op de data van 2005

Verantwoording

Auteurs Wim van Buren, Peter Kramer, Roger de Crook, Anja Menkveld
Versie 29 februari 2008

Colofon

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Sectoren Waterbeheer en Strategie en plannen
Postbus 550
3990 GJ Houten
Telefoon: 030 634 57 00
Fax: 030 634 59 97
website: www.hdsr.nl
email: post@hdsr.nl

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 11 |
| 1.1 | Aanleiding | 11 |
| 1.2 | Probleemstelling..... | 11 |
| 1.3 | Doelstelling..... | 11 |
| 1.4 | Resultaat..... | 11 |
| 1.5 | Afbakening | 11 |
| 1.6 | Leeswijzer | 12 |
| 2 | Project | 13 |
| 2.1 | Projectopzet | 13 |
| 2.2 | Projectvoortgang | 13 |
| 2.3 | Gebuurde hardware / software | 13 |
| 2.4 | Aanverwante onderzoeken..... | 13 |
| 3 | Methodiek | 15 |
| 3.1 | Inleiding..... | 15 |
| 3.2 | Neerslag..... | 15 |
| 3.2.1 | Meting van de neerslag door KNMI | 15 |
| 3.2.2 | Verwerking van de neerslag van KNMI..... | 15 |
| 3.2.3 | Vergelijking van de neerslag 2005 t.o.v. langjarig gemiddelde | 16 |
| 3.2.4 | Analyse van de neerslag van KNMI..... | 17 |
| 3.3 | Verdamping..... | 18 |
| 3.3.1 | Bepaling van de verdamping door KNMI | 18 |
| 3.3.2 | Verwerking van de verdamping van KNMI..... | 18 |
| 3.3.3 | Vergelijking verdamping 2005 t.o.v. langjarig gemiddelde..... | 19 |
| 3.3.4 | Analyse van de methode | 20 |
| 3.4 | Kwel en wegzijging..... | 21 |
| 3.4.1 | Berekening van kwel en wegzijging | 21 |
| 3.4.2 | Verwerking van kwel en wegzijging | 21 |
| 3.4.3 | Analyse van kwel en wegzijging | 22 |
| 3.5 | Aanvoer en afvoer van oppervlaktewater | 22 |
| 3.5.1 | Metingen..... | 22 |
| 3.5.2 | Verwerking van meetgegevens | 23 |
| 3.5.3 | Analyse van de werkwijze..... | 24 |
| 3.5.4 | Onbemetende punten..... | 25 |
| 3.6 | Rioolwaterzuiveringsinstallaties | 25 |
| 3.6.1 | Metingen..... | 25 |
| 3.6.2 | Verwerkingen..... | 25 |
| 3.6.3 | Analyse..... | 26 |
| 3.7 | Schuttingen | 26 |
| 3.7.1 | Metingen..... | 26 |
| 3.7.2 | Verwerkingen..... | 26 |
| 3.7.3 | Analyse..... | 26 |
| 3.8 | Verandering in waterberging | 27 |
| 4 | Waterbalans Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden | 29 |
| 4.1 | Totaalposten in 2005..... | 29 |
| 4.2 | Restpost waterbalans, in tijd en ruimte | 29 |
| 4.3 | Vergelijking met andere rapportages | 31 |
| 5 | Waterbalansen per deelgebied | 33 |
| 5.1 | Inleiding..... | 33 |
| 5.2 | Waterbalans Groenraven-Oost en Maartensdijk | 33 |
| 5.2.1 | Gebiedsbeschrijving | 33 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2.2 | Afvoer | 34 |
| 5.2.3 | Aanvoer | 34 |
| 5.2.4 | Staafdiagram waterbalans | 35 |
| 5.2.5 | Analyse van de waterbalans..... | 35 |
| 5.2.6 | Conclusies en aanbevelingen..... | 35 |
| 5.3 | Waterbalans Langbroekerwetering en Heuvelrug | 35 |
| 5.3.1 | Gebiedsbeschrijving | 35 |
| 5.3.2 | Afvoer | 36 |
| 5.3.3 | Aanvoer | 36 |
| 5.3.4 | Staafdiagram waterbalans | 37 |
| 5.3.5 | Analyse van de waterbalans..... | 37 |
| 5.3.6 | Conclusies en aanbevelingen..... | 37 |
| 5.4 | Waterbalans Tussen Kromme Rijn en Amsterdam-Rijnkanaal..... | 37 |
| 5.4.1 | Gebiedsbeschrijving | 37 |
| 5.4.2 | Aanvoer | 38 |
| 5.4.3 | Afvoer | 38 |
| 5.4.4 | Staafdiagram waterbalans | 39 |
| 5.4.5 | Analyse van de waterbalans..... | 39 |
| 5.4.6 | Conclusies en aanbevelingen..... | 39 |
| 5.5 | Waterbalans Honswijk..... | 40 |
| 5.5.1 | Gebiedsbeschrijving | 40 |
| 5.5.2 | Afvoer | 40 |
| 5.5.3 | Aanvoer | 40 |
| 5.5.4 | Staafdiagram waterbalans | 41 |
| 5.5.5 | Analyse van de waterbalans..... | 41 |
| 5.5.6 | Conclusies en aanbevelingen..... | 41 |
| 5.6 | Waterbalans Stad Utrecht | 42 |
| 5.6.1 | Gebiedsbeschrijving | 42 |
| 5.6.2 | Waterafvoer | 42 |
| 5.6.3 | Wateraanvoer | 42 |
| 5.6.4 | Staafdiagram waterbalans | 43 |
| 5.6.5 | Conclusies en aanbevelingen..... | 43 |
| 5.7 | Waterbalans Nieuwegein-Rijnenburg..... | 44 |
| 5.7.1 | Gebiedsbeschrijving | 44 |
| 5.7.2 | Waterafvoer..... | 44 |
| 5.7.3 | Wateraanvoer | 44 |
| 5.7.4 | Staafdiagram waterbalans | 45 |
| 5.7.5 | Analyse van de waterbalans..... | 45 |
| 5.7.6 | Conclusies en aanbevelingen..... | 45 |
| 5.8 | Waterbalans Leidsche Rijn..... | 46 |
| 5.8.1 | Gebiedsbeschrijving | 46 |
| 5.8.2 | Analyse van de waterbalans..... | 46 |
| 5.8.3 | Conclusies en aanbevelingen..... | 46 |
| 5.9 | Waterbalans deel Hoofdwaterstelsel Stadswateren Utrecht en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel..... | 47 |
| 5.9.1 | Gebiedsbeschrijving | 47 |
| 5.9.2 | Waterafvoer..... | 47 |
| 5.9.3 | Wateraanvoer | 48 |
| 5.9.4 | Doorspoeling | 48 |
| 5.9.5 | Staafdiagram waterbalans | 49 |
| 5.9.6 | Analyse van de waterbalans..... | 49 |
| 5.9.7 | Conclusies en aanbevelingen..... | 49 |
| 5.10 | Waterbalans Boezem Oude Rijn | 50 |
| 5.10.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 50 |
| 5.10.2 | Aanvoer | 50 |
| 5.10.3 | Afvoer | 50 |
| 5.10.4 | Staafdiagram waterbalans | 51 |
| 5.10.5 | Analyse van de waterbalans | 51 |
| 5.10.6 | Conclusies en aanbevelingen | 51 |
| 5.11 | Waterbalans Kamerik en Kockengen | 51 |
| 5.11.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 51 |
| 5.11.2 | Aanvoer | 52 |
| 5.11.3 | Afvoer | 52 |
| 5.11.4 | Staafdiagram waterbalans | 53 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.11.5 | Analyse van de waterbalans | 53 |
| 5.11.6 | Conclusies en aanbevelingen | 53 |
| 5.12 | Waterbalans Zegveld en Oud-Kamerik | 54 |
| 5.12.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 54 |
| 5.12.2 | Aanvoer | 54 |
| 5.12.3 | Afvoer | 54 |
| 5.12.4 | Staadtdiagram waterbalans | 55 |
| 5.12.5 | Analyse van de waterbalans | 55 |
| 5.12.6 | Conclusies en aanbevelingen | 55 |
| 5.13 | Waterbalans Bodegraven en Meijepolder | 56 |
| 5.13.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 56 |
| 5.13.2 | Aanvoer | 56 |
| 5.13.3 | Afvoer | 56 |
| 5.13.4 | Staadtdiagram waterbalans | 57 |
| 5.13.5 | Analyse van de waterbalans | 57 |
| 5.13.6 | Conclusies en aanbevelingen | 57 |
| 5.14 | Waterbalans Driebruggen en Hekendorp | 58 |
| 5.14.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 58 |
| 5.14.2 | Aanvoer | 58 |
| 5.14.3 | Afvoer | 59 |
| 5.14.4 | Staadtdiagram waterbalans | 59 |
| 5.14.5 | Analyse van de waterbalans | 59 |
| 5.14.6 | Conclusies en aanbevelingen | 60 |
| 5.15 | Waterbalans Linschoterwaard | 60 |
| 5.15.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 60 |
| 5.15.2 | Aanvoer | 61 |
| 5.15.3 | Afvoer | 61 |
| 5.15.4 | Staadtdiagram waterbalans | 62 |
| 5.15.5 | Analyse van de waterbalans | 62 |
| 5.15.6 | Conclusies en aanbevelingen | 62 |
| 5.16 | Waterbalans Lopikerwaard..... | 62 |
| 5.16.1 | Gebiedsbeschrijving..... | 62 |
| 5.16.2 | Waterafvoer | 63 |
| 5.16.3 | Wateraanvoer | 63 |
| 5.16.4 | Staadtdiagram waterbalans | 64 |
| 5.16.5 | Analyse van de waterbalans | 64 |
| 5.16.6 | Conclusies en aanbevelingen | 64 |
| 6 | Conclusies en Aanbevelingen | 65 |
| 6.1 | Inleiding..... | 65 |
| 6.2 | Conclusies..... | 65 |
| 6.2.1 | Proces | 65 |
| 6.2.2 | Oppervlaktewatermetingen..... | 65 |
| 6.2.3 | Externe data | 65 |
| 6.2.4 | Deelgebieden | 66 |
| 6.3 | Aanbevelingen | 66 |
| 6.3.1 | Proces | 66 |
| 6.3.2 | Oppervlaktewatermetingen..... | 66 |
| 6.3.3 | Externe data | 67 |
| 6.3.4 | Deelgebieden | 67 |
| 7 | Literatuur..... | 69 |
| 8 | Bijlagen..... | 71 |

Voorwoord

Voor u ligt een gedetailleerde waterbalans. Deze waterbalans is tot stand gekomen door een intensieve samenwerking tussen twee sectoren. Naast het opleveren van dit rapport, heeft dit project geleid tot het concrete resultaat dat er veel meer begrip is gekomen voor elkaars werkzaamheden en bijbehorende wensen. Zo is het belang van een goede aanlevering van data veel helderder geworden, omdat gebleken is dat hydrologen lange reeksen nodig hebben voor hun analyses.

Tevens is er een kwaliteitsverbetering van de gegevens doorgevoerd doordat historische data nu ook gebruikt wordt door mensen die betrokken zijn bij het produceren van data. Hierdoor konden er direct op het operationele systeem aanpassingen worden gedaan zodat data in het vervolg wel goed wordt geproduceerd. Ook is er nu met dit project een reeks data zonder gaten en fouten beschikbaar gekomen die geschikt is om modellen mee te kunnen ijken.

Om de kwaliteit van dit product te waarborgen willen we de lezers graag vragen om hun ideeën over dit product naar ons kenbaar te maken. Voor verbeteringen, opmerkingen, vragen over de inhoud, enzovoort, kunt u per mail, telefoon of op andere manieren bij ons terecht. Ook mogelijke fouten van allerlei orde kunnen gemeld worden. In principe maakt het niet uit wie van de schrijvers u benaderd.

Het is onze wens om elk jaar een vergelijkbaar rapport op te stellen waardoor ook de balansen op langere termijn en tussen jaren onderling met elkaar vergeleken kunnen worden. Hiervoor is het echter wel belangrijk dat er behoefte bestaat aan zo'n rapport. Wij horen daarom graag van lezers of zij volgend jaar weer een waterbalansrapport wensen te ontvangen.

Alvast bedankt en met vriendelijke groet,

| | |
|----------------|--|
| Roger de Crook | crook.r@hdsr.nl |
| Peter Kramer | kramer.p@hdsr.nl |
| Wim van Buren | buren.wd@hdsr.nl |
| Anja Menkveld | menkveld.aj@hdsr.nl |

Samenvatting

Onder de term 'waterbalans' wordt in dit rapport het volgende verstaan:

neerslag – verdamping + aanvoer – afvoer + kwel – wegzijging + verandering in waterberging = restpost

In de "vorige eeuw" werd elk jaar een waterbalans opgesteld voor het hoofdwatersysteem, de laatste keer in 1999. Door de opkomst van het integrale denken in het waterbeheer (o.a. door de komst van de KRW) wordt op gebiedsniveau gekeken naar het watersysteem (o.a. in watergebiedsplannen). Hierdoor neemt de vraag naar inzicht in gebiedsspecifieke waterbewegingen sterk toe. Dit was aanleiding om in dit project onderzoek te doen naar de mogelijkheid van het opstellen van waterbalansen op deelgebiedsniveau. Hiervoor is de data van het jaar 2005 gebruikt. In dit rapport is gebruik gemaakt van de "traditionele methode" voor het opstellen van waterbalansen: op basis van metingen.

Deze studie laat zien dat met de gekozen methodiek het goed mogelijk is om waterbalansen voor deelgebieden op te stellen. Echter op diverse aan- en afvoerpunten wordt nog niet gemeten. Ook laat de betrouwbaarheid van de ingewonnen gegevens nog te wensen over, zo zijn veel meetinstellingen niet geïkt of is er langdurige uitval van een meetopstelling geweest. Daarnaast is ook gebleken dat externe data (zoals neerslag- en kwelgegevens) niet nauwkeurig genoeg zijn voor het opstellen van een waterbalans op deelgebiedsniveau.

Dit alles leidt tot een grote restpost. Voor het jaar 2005 geldt dat de totaalpost IN (925 miljoen m³) bijna 20% groter is dan de totaalpost UIT (750 miljoen m³). Op basis van deze deelgebiedswaterbalansen is het nu wel mogelijk om de oorzaak van de restpost beter op te kunnen sporen. Hierbij is gedetailleerde veld-/gebiedskennis onontbeerlijk.

Deze pilot heeft geleid tot een groot aantal aanbevelingen voor het verbeteren van de gegevensinwinning. De belangrijkste aanbevelingen zijn: ijkten van de debietberekeningen, achterhalen van lekverliezen bij sluizen, uitbreiden van het oppervlaktewatermeetnet op een aantal cruciale locaties (afhankelijk van de resultaten van de modelmatige aanpak van waterbalansen zou deze uitbreiding wellicht beperkt kunnen blijven). Daarnaast worden ook verbeteringen verwacht door het gebruik van nieuwe technieken als radarmetingen. Het gebruik van neerslagradar en bodemvochtradar kan de ruimtelijke spreiding van de grootste waterbalansposten neerslag en verdamping beter in beeld brengen dan de huidige metingen op puntlocaties. Juist voor de waterbalansen van kleine gebieden zoals de KRW-waterlichamen zijn deze ontwikkelingen essentieel. Veel besluiten in de planvorming hangen af van een accurate waterbalans.

Momenteel wordt er niet apart tijd gereserveerd voor het jaarlijks opstellen van deelgebiedswaterbalansen, terwijl deze voor verschillende werkprocessen steeds belangrijker worden. Een belangrijke aanbeveling uit dit rapport is dan ook om hier structureel personele capaciteit voor vrij te maken.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 1999 is voor het laatst een waterbalansrapportage opgesteld voor het hoofdwatersysteem van de Stichtse Rijnlanden. Inzicht krijgen in de waterbalans en de waterstromen tussen gebieden wordt in het huidige waterbeheer steeds belangrijker. Met name voor processen als waterakkoorden, de Kaderrichtlijn Water en watergebiedsplannen is het belangrijk om te weten hoeveel water er van gebied naar gebied stroomt.

Vanuit de monitoringshoek ontstond de vraag of de monitoring wel voldoende was voor het maken van gebiedsanalyses. Verschillende werkprocessen bleken bovendien behoefte te hebben aan inzicht in het gedrag van het watersysteem onder normale of natte of droge omstandigheden (maandelijkse fluctuaties). Ook voor het verklaren van de waterkwaliteit en de ecologie zijn waterbalansen op maandbasis essentieel. Bovendien is hiermee het nut en de noodzaak van de capaciteit van kunstwerken beter te onderbouwen.

In het voorjaar van 2006 is besloten om na vele jaren zonder waterbalans de draad weer op te pakken en in te gaan op de groeiende vraag. Eerst is gekozen om waterbalansen op te stellen voor de gebieden van de watergebiedsplannen op basis van metingen ('traditionele spoor'). Daarna kunnen deze vergeleken worden met de cijfers die door middel van modellering en remote sensing technieken ('moderne spoor') gegenereerd kunnen worden. Dit rapport beschrijft het traditionele spoor en laat de waarde van deze benadering zien.

1.2 Probleemstelling

In 2006 is gestart met deze pilotstudie om te onderzoeken of het mogelijk is om op deelgebiedsniveau waterbalansen op te stellen. Voor het hoofdwatersysteem was dit wel vaker gedaan; immers op de belangrijkste in- en uitlaatpunten meet het waterschap al jaren lang de waterbewegingen. Juist op een kleiner schaalniveau moeten de gegevens van veel meer meetlocaties gebruikt worden in de waterbalans.

1.3 Doelstelling

Onderzoeken of het mogelijk is om deelgebiedsbalansen op te stellen op basis van de reguliere metingen. Hiervoor zijn de grenzen van de watergebiedsplannen als deelgebiedsgrenzen aangehouden. Daarnaast dient de pilotstudie om duidelijk te krijgen op welke punten aanvullende oppervlaktewatermetingen nodig zijn. Ook moet blijken of alle posten van de waterbalans voldoende accuraat ingevuld kunnen worden.

1.4 Resultaat

Dit onderzoek levert op aan welke randvoorwaarden voldaan moet worden om deelgebiedswaterbalansen op te stellen. Hieronder vallen procesmatige kanten als vrij te maken hoeveelheid tijd en aantal mensen, maar ook technische kanten als beschikbaarheid en directe bruikbaarheid van gegevens en methodiek. Daarnaast geeft deze pilot vanzelfsprekend een inzicht in de deelgebiedswaterbalansen voor het jaar 2005.

1.5 Afbakening

Voor de waterbalansen is alleen langs de randen van de deelgebieden gekeken naar meetlocaties waar het debiet berekend kan worden. Er zijn geen schattingen gedaan van waarden voor onbemeten punten. Daarnaast is ook geen aanvullend onderzoek of aanvullende modellering uitgevoerd om zo de ontbrekende data aan te vullen. Ook is er geen ijking of calibratie op de gebruikte gegevens uitgevoerd.

Als posten voor de waterbalans zijn gebruikt: neerslag, verdamping, kwel/wegzijging, effluent rwzi's, oppervlaktewater inlaat en oppervlaktewater uitlaat. Een schatting van de verandering van waterberging in de bodem, op het land of in de watergangen is niet gedaan.

Omdat het een pilotstudie betreft, heeft dit project niet tot doel om sluitende waterbalansen op te leveren.

De balansen uit 2005 zijn daarnaast niet representatief voor een doorsnee jaar, wel kunnen de balansen gebruikt worden ter vergelijking met andere jaren. De weerssituatie van 2005 is wel "gemiddeld" te noemen.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport is geschreven voor meerdere doelgroepen. Echter niet elk hoofdstuk zal voor iedere doelgroep even interessant zijn. In deze leeswijzer wordt beschreven wat in welk hoofdstuk is terug te vinden en voor wie dat hoofdstuk interessant is.

In hoofdstuk 2 staat de methodiek voor het bewerken van meetdata beschreven. Zelfs een meting als hoeveel neerslag er valt is niet zo makkelijk als soms wordt gedacht. Dit hoofdstuk is met name interessant voor inhoudelijk deskundigen die een inschatting willen maken van de correctheid van de data.

In hoofdstuk 3 staat een overzicht van de totaal waterbalans. Dit is met name overzichtelijk voor beleidsmakers die een globale inschatting willen krijgen in de posten van de totaal balans voor 2005.

Hoofdstuk 4 is de inhoudelijke kern van dit rapport. Hierin staan de deelgebiedswaterbalansen met de conclusies en aanbevelingen t.a.v. verbeteringen van de balans. Dit hoofdstuk is interessant voor regiobeheerders, beleidsmakers van plannen op deelgebiedsniveau (zoals procesmanagers van de Kaderrichtlijn Water en de watergebiedsplannen), andere overheden en burgers en ingelanden.

Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen van de pilot. Dit hoofdstuk is voor alle doelgroepen interessant, maar met name bedoeld voor het bestuur en management.

2 Project

2.1 Projectopzet

Aan dit rapport hebben vier personen gewerkt van de afdelingen WBK-CAW en SPR. In het voorjaar van 2006 is begonnen met het project. Allereerst is een lijst gemaakt van alle benodigde gegevens per deelgebied. Vervolgens zijn de gegevens verzameld en gecontroleerd op beschikbaarheid, volledigheid, actualiteit, juistheid en bruikbaarheid. Aangezien de betrokkenen op twee verschillende afdelingen zitten is er een centrale directory Waterbalans op het netwerk gemaakt, waardoor er goed samengewerkt kon worden. Een ieder heeft een deel van de methodieken en een paar deelgebieden voor zijn rekening genomen en maandelijks is het projectteam bijeen gekomen om de voortgang door te spreken. Hierbij is telkens een actielijst opgesteld. Pas nadat alle balanscijfers gecontroleerd waren, is begonnen aan het schrijven van deze rapportage.

2.2 Projectvoortgang

De lange doorlooptijd van meer dan een jaar is het gevolg van meerdere factoren. Enerzijds is het de eerste keer dat voor alle deelgebieden tegelijk een balans wordt opgesteld, waarbij het veel uitzoekwerk is om te bepalen welke locaties bij welk deelgebied hoort en om alle gegevens van verschillende partijen te verzamelen. Bovendien bleek veel data te ontbreken of fout te zijn. Hierdoor was de data niet direct bruikbaar en moest de data via tijdrovende correcties geschikt gemaakt worden voor verwerking in de waterbalans. Anderzijds heeft het analyseren, controleren en bijstellen van de balansposten ook relatief veel tijd gekost. Opgeteld komt het aantal uren voor het opzetten van de structuur voor deelgebiedsbalansen op circa 800 uur en voor het verzamelen plus verwerken van de gegevens tot dit waterbalansrapport op ongeveer 400 uur.

Daarnaast was er geen personele capaciteit vrijgemaakt voor dit project. Het project heeft veel vertraging opgelopen doordat andere werkzaamheden prioriteit kregen.

2.3 Gebruikte hardware / software

De gegevens van debieten en neerslag staan opgeslagen in een 14-tal historische gebiedsdatabases van het softwarepakket HYMOS van WL Hydraulics / Deltares. De KNMI-gegevens zijn gearchiveerd in MS Excel-bestanden. De rioleringsgegevens zijn afkomstig uit databases Zuis en Rioken. Schuttingen worden niet centraal opgeslagen, maar zijn rechtstreeks van de interne en externe gebiedsbeheerders verkregen. Voor het genereren van kaarten is ArcGIS 9.1 gebruikt. De grafieken en tabellen zijn gemaakt met MS Excel. Het controleren en eventueel aanvullen van data (in geval van gaten in tijdreeksen) is gedaan binnen HYMOS. Bij zowel WBK-CAW als SPR staat er een computer met HYMOS-licenties. Analyses in ArcGIS en HYMOS vragen meestal om een krachtige computer met een groot intern geheugen.

2.4 Aanverwante onderzoeken

Tegelijkertijd met dit project is ook gestart met de bouw van een modelinstrumentarium die het mogelijk maakt waterbalansen op te stellen. Als dit project is afgerond wordt een vergelijking gemaakt tussen de twee methodieken voor het opstellen van waterbalansen. De verwachting is dat met het modelinstrumentarium op alle schaalniveaus waterbalansen opgesteld kunnen worden.

Oppervlaktewatermeetpunten die specifiek op de rand van het desbetreffende deelgebied liggen, zijn dan niet meer nodig. Echter, er zullen altijd nog wel genoeg metingen aanwezig moeten zijn om de modelresultaten te kunnen ijken en controleren.

Los van dit project zijn er nog twee onderzoeken opgestart die invloed kunnen hebben op het maken van waterbalansen. Het eerste project betreft een vergelijking tussen de meetreeksen van neerslagstations van het waterschap en de kaartbeelden van de neerslagradar van het KNMI. Dit project is uitgevoerd door Hydrologic en reeds afgerond, de resultaten worden gepubliceerd in het vakblad H2O (Heijkers & De Crook, 2008). Het tweede project bekijkt in hoeverre het mogelijk is om ontbrekende waarden in debietreeksen automatisch te kunnen opvullen. Dit project wordt door KIWA uitgevoerd, de verwachting is dat de resultaten in mei 2008 worden opgeleverd.

3 Methodiek

3.1 Inleiding

De waterbalans wordt in dit rapport conform het plaatje op de voorpagina als volgt gedefinieerd: *neerslag – verdamping + aanvoer – afvoer + kwel – wegzijging + verandering in waterberging + ruis = nul*

Dit hoofdstuk beschrijft per waterbalanscomponent de methodiek om tot een betrouwbare schatting te komen van de hoeveelheid watertransport per deelgebied. De ruimtelijke variatie staat hierbij centraal.

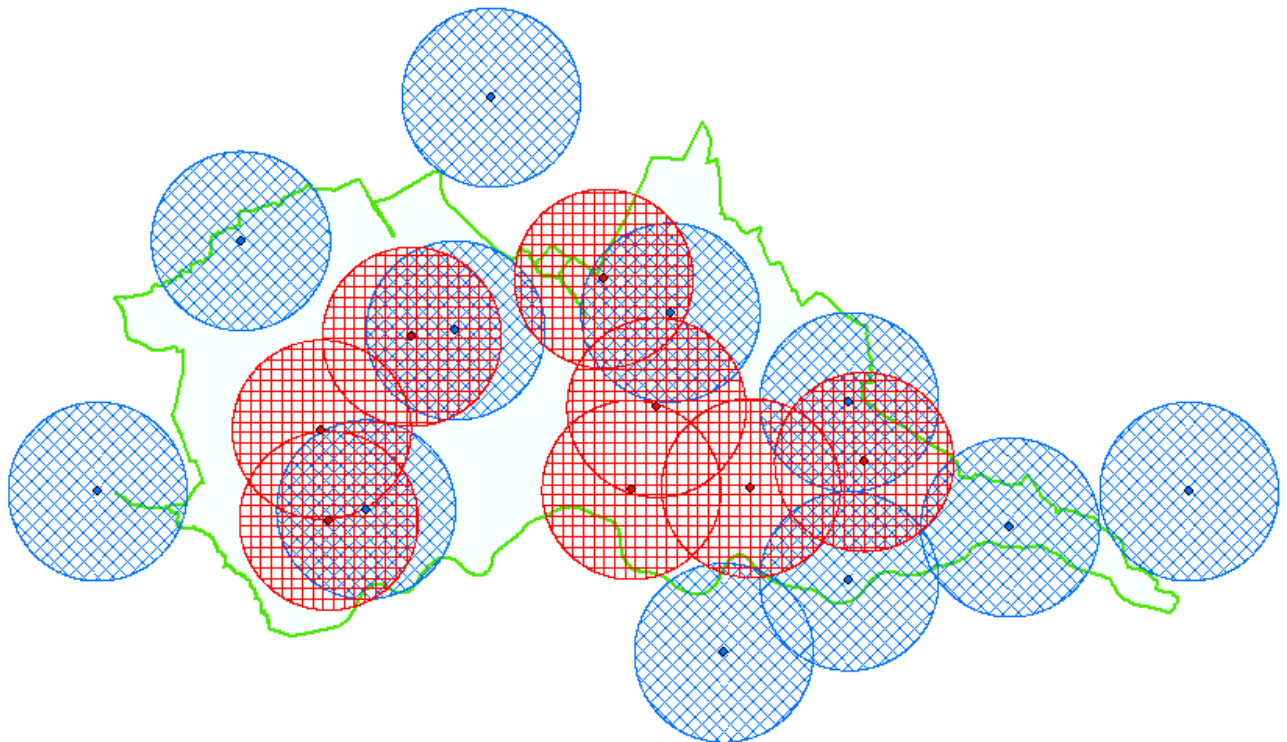
3.2 Neerslag

3.2.1 Meting van de neerslag door KNMI

Het KNMI heeft 11 neerslagstations die van belang zijn voor het waterschap om een gebiedsdekkende beeld te krijgen van de dagelijkse neerslagverdeling in het gebied. Het waterschap heeft zelf 9 neerslagstations die gebruikt worden voor de operationele sturing van kunstwerken in het oppervlaktewater. Deze blijken een significant lagere hoeveelheid neerslag te meten dan de KNMI-stations, circa 10% verschil op jaarbasis. Aangezien deze meetlocaties niet zijn ingericht voor historische gegevensinwinning wordt een ruime foutenmarge doorgaans geaccepteerd. Sommige locaties van het waterschap hebben bovendien een meetopstelling die niet voldoet aan de KNMI-criteria voor betrouwbare gegevensinwinning. Na ruimtelijke analyse is besloten deze waterschapsinformatie voor dit rapport niet te gebruiken, maar in plaats daarvan alleen de gegevens van de KNMI-stations. Voor een definitieve uitspraak over de betrouwbaarheid van de HDSR-stations moeten de gegevens vergeleken worden met de vlakdekkende neerslagradar van het KNMI. In [Bijlage 3](#) staan de meetwaarden van de stations van KNMI en van het waterschap.

3.2.2 Verwerking van de neerslag van KNMI

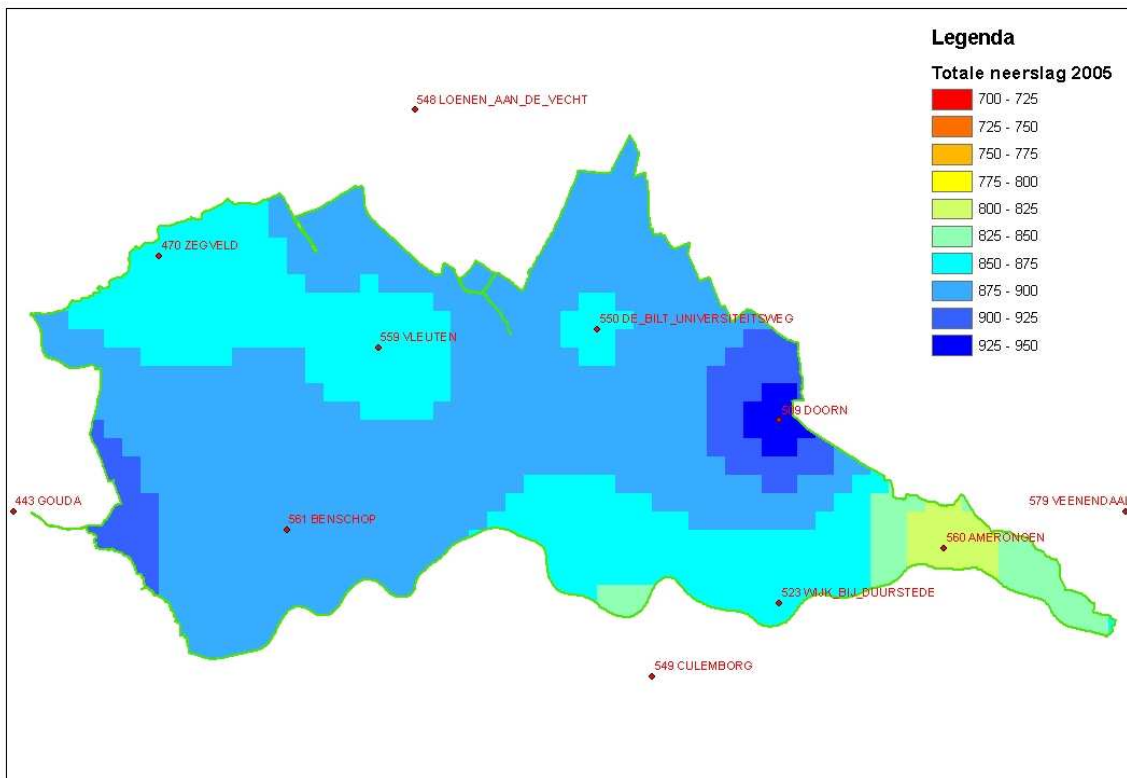
In de onderstaande kaart staan de neerslagstations van HDSR en KNMI afgebeeld, met een cirkel van 5 km diameter als arbitraire indicatie van de dekkingsgraad. Hieruit is af te leiden dat bij zowel Bodegraven en Driebruggen als Nieuwegein, IJsselstein en Lopik het slechtst een schatting kan worden gedaan van de lokale neerslaghoeveelheid. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van de vlakdekkende neerslagkaarten. Bovendien is het HDSR-metpunt Zegveld niet meegenomen in de vergelijking en de kaart.



Figuur 3.1: Neerslagstations met een cirkel van 5 km diameter als arbitraire indicatie van de dekingsgraad (rood = HDSR & blauw = KNMI).

De hoeveelheden neerslag bij de neerslagstations zijn door middel van interpolatie (“inverse afstandsweging”) verwerkt tot kaartbeelden op maand- en jaarbasis. Voor deze methode zijn instellingen gebruikt die zoveel mogelijk trachten elke schijn-nauwkeurigheid te voorkomen: zoekstraal van 20 km, altijd minstens 10 meetpunten en resulterende gridcellen van 1 km.

In de kaart hieronder is de ruimtelijke verdeling binnen het waterschap op jaarbasis te zien met een variatie van 811 tot 932 mm neerslag en een gebiedsgemiddelde van 878 mm.



Figuur 3.2: Ruimtelijke verdeling van de neerslag in 2005 in mm

[Bijlage 4](#) geeft van 2005 de vlakdekkende neerslagkaarten op maandbasis weer. Hieruit is geen duidelijk overheersende ruimtelijke gradiënt af te leiden. Een geleidelijke afname van west naar oost (als gevolg van de meest voorkomende windrichting) of van noordoost naar zuidwest (als gevolg van de stijgende wolken bij de Utrechtse Heuvelrug) is niet zichtbaar.

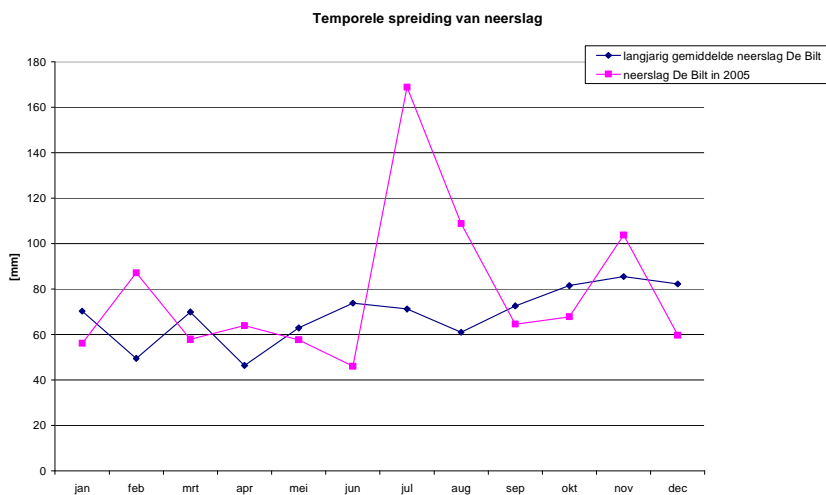
Intermezzo neerslag

In De Bilt wordt jaarlijks gemiddeld 827 mm neerslag gemeten. In de winter valt minder regen dan in de zomer, maar de buien zijn in de zomer wel korter en heviger. April is doorgaans de droogste en november de natste maand in het jaar. De hevige regenbuien (>25 mm) komen het meest voor in de periode juni t/m augustus. Er kan van extreme neerslag gesproken worden als er meer dan 50 mm binnen een etmaal valt. Tenslotte ligt er ongeveer 20 dagen per jaar een sneeuwdek (dikte is onbekend).

3.2.3 Vergelijking van de neerslag 2005 t.o.v. langjarig gemiddelde

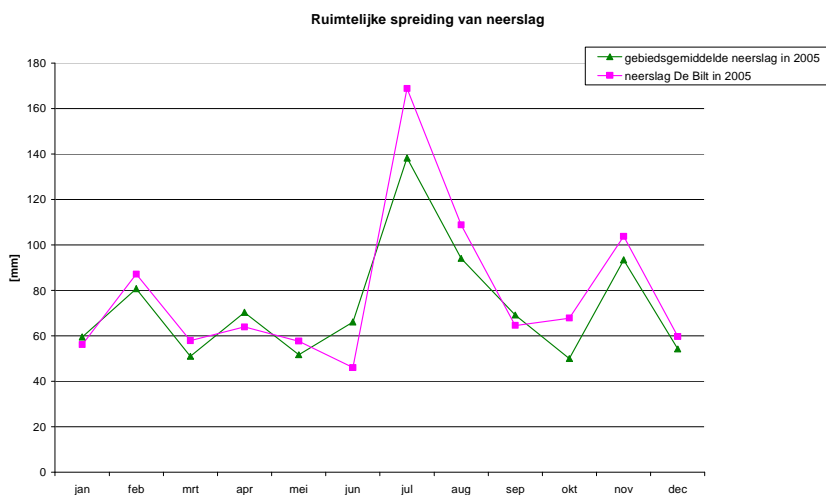
In de onderstaande tabel is te zien dat in 2005 de maanden februari, juli en augustus opmerkelijk droog waren in vergelijking met het langjarig gemiddelde van KNMI-station De Bilt, terwijl juni 2005 daarentegen aanzienlijk natter dan normaal was. Het jaartotaal van KNMI-station De Bilt in 2005 is 943 mm tegenover een langjarig gemiddelde van 827 mm.

| maand | langjarig gemiddelde neerslag De Bilt 1971 tot 2000 | neerslag De Bilt in 2005 | percentage verschil |
|-------|---|--------------------------|---------------------|
| jan | 70,3 | 56,1 | -20 |
| feb | 49,5 | 87,2 | 76 |
| mrt | 69,9 | 57,9 | -17 |
| apr | 46,4 | 63,9 | 38 |
| mei | 62,9 | 57,7 | -8 |
| jun | 73,8 | 46,1 | -38 |
| jul | 71,2 | 168,9 | 137 |
| aug | 61,0 | 108,9 | 79 |
| sep | 72,6 | 64,6 | -11 |
| okt | 81,5 | 67,8 | -17 |
| nov | 85,5 | 103,8 | 21 |
| dec | 82,3 | 59,7 | -27 |



De afwijking tussen het gebiedsgemiddelde per maand en de maandwaarde van KNMI-station De Bilt staat in de tabel hieronder uitgezet. Het jaartotaal van KNMI-station De Bilt in 2005 is 943 mm tegenover een gebiedsgemiddelde van 878 mm. Hieruit kan geconcludeerd worden dat KNMI-station De Bilt niet representatief is voor de neerslag binnen het beheersgebied. De trend van beide lijnen is wel duidelijk overeenkomstig, maar de neerslag van KNMI-station De Bilt is doorgaans hoger. Mogelijke oorzaken voor deze afwijking zijn de ligging van KNMI-station De Bilt (temidden van stedelijk gebied en binnen de invloedssfeer van de Utrechtse Heuvelrug) als ook de ruimtelijke spreiding binnen het beheersgebied.

| maand | gebiedsgemiddelde neerslag in 2005 | neerslag De Bilt in 2005 | percentage verschil |
|-------|------------------------------------|--------------------------|---------------------|
| jan | 59,5 | 56,1 | -6 |
| feb | 80,8 | 87,2 | 8 |
| mrt | 51,0 | 57,9 | 14 |
| apr | 70,4 | 63,9 | -9 |
| mei | 51,7 | 57,7 | 12 |
| jun | 66,1 | 46,1 | -30 |
| jul | 138,3 | 168,9 | 22 |
| aug | 94,0 | 108,9 | 16 |
| sep | 69,1 | 64,6 | -7 |
| okt | 50,0 | 67,8 | 36 |
| nov | 93,5 | 103,8 | 11 |
| dec | 54,3 | 59,7 | 10 |



3.2.4 Analyse van de neerslag van KNMI

De hoeveelheid neerslag verschilt van plek tot plek. Om een gemiddelde neerslag per deelgebied te kunnen berekenen, is een vlakdekkend beeld nodig van de ruimtelijke variatie. Hierbij ligt het voor de hand om de gegevens van de betrouwbare meetlocaties ruimtelijk te interpoleren. Daar zijn meerdere methoden voor beschikbaar met elk zijn voor- en nadelen.

Er zijn 2 methoden onderzocht, te weten: Thiessen-polygonen en Inverse-afstandweging. Bij de eerste methode wordt ervan uitgegaan dat een onbemeten plek de waarde krijgt van het dichtstbijzijnde meetpunt. Hierdoor ontstaan net zoveel vlakken als er meetpunten zijn. Bij de tweede methode wordt rekening gehouden met de afstand tot omliggende meetpunten. Op een onbemeten plek wordt een gewogen gemiddelde bepaald van de waarden op omliggende meetpunten. Des te kleiner de afstand, des te groter de invloed. Als de afstand tot het meest dichtbij zijnde meetpunt al groot is, kan een onbemeten plek een waarde krijgen van een lokale intensieve regenbui, die theoretisch gezien niet regionaal geïnterpoleerd mag worden. Het is dus raadzaam om bij het toepassen van ruimtelijke interpolatie met maandwaarden te werken, als het meetnet relatief grote leemten bevat. Bij de analyse is gekozen voor inverse afstandsweging om gebiedsgemiddelden te bepalen.

3.3 Verdamping

3.3.1 Bepaling van de verdamping door KNMI

De referentie-gewas-verdamping die het KNMI tegenwoordig hanteert is gebaseerd op de rekenmethode van Makkink en heeft betrekking op een van voldoende vocht voorzien grasland. Dit levert dus nooit de actuele, maar de potentiële verdamping op. De verdamping in deze waterbalans wordt dus eigenlijk overschat. Om de actuele verdamping exact te bepalen, zou continu en vlakdekkend het bodemvochtgehalte gemeten moeten worden en dat wordt binnenkort realiseerbaar met bodemvochtradar.

In de vergelijking van Makkink hoeven slechts twee onbekenden ingevuld te worden, die beiden goed te meten zijn; de inkomende kortgolvlige straling en de temperatuur:

$$E_M = 0,65 \frac{s}{s + \gamma} \times \frac{K \downarrow}{\lambda}$$

Waarin:

- E_M = Makking referentieverdamping
- s = een afgeleide van de verzadigingsdampdruk, welke volgt uit de temperatuur
- $K \downarrow$ = de inkomende kortgolvlige straling
- γ = psychrometerconstante (0,67)
- λ = constante (verdampingswarmte van water)

Voor de referentiegewasverdamping in 2005 zijn dagwaarden gebruikt van KNMI-weerstation De Bilt (KNMI 2005). De maandsommen hiervan zijn opgenomen in [Bijlage 7](#).

Intermezzo verdamping

In De Bilt verdampt er door het referentie-gewas jaarlijks ongeveer 540 mm. Over de hele maand januari is de verdamping ongeveer 8 mm tegen 90 mm over juli. In april/mei verdampt er gemiddeld ongeveer 2,5 mm per dag, maar op zonnige dagen, zoals in mei 1998 verdampt de dubbele hoeveelheid. Op zeer warme, zonnige en winderige dagen in juli kan de verdamping wel 7 mm per dag bedragen.

3.3.2 Verwerking van de verdamping van KNMI

Om van de referentie-gewasverdamping (welke alleen geldt voor kort landbouwgras) te komen tot de potentiële verdamping, wordt de gemeten referentie-gewasverdamping vermenigvuldigd met de maandelijkse gewasfactoren, zoals opgesomd in het Cultuurtechnisch Vademecum en aangevuld door Feddes, et al. (1997). De verhouding tussen de verdamping van diverse planten tot de referentie-gewasverdamping is bepaald uit proeven met lysimeters.

Als basis voor de gewassen zijn de verschillende klassen uit de kaart Landgebruik Nederland 5 (LGN5, uit 2005) gebruikt. Deze landgebruikskaart is weergegeven in [Bijlage 5](#).

De maandelijkse gewasfactoren zijn afhankelijk van de ontwikkelingsstadia van een gewas. Daarom is bij sommige gewassen in het groeiseizoen (april-sept) per derde deel van de maand een gewasfactor bepaald en vervolgens zijn deze gemiddeld. De uiteindelijke gewasfactoren staan in [Bijlage 6](#), inclusief de bijbehorende literatuurverwijzing.

Voor berekening van de open waterverdamping is gebruik gemaakt van de verhouding Penman-Makkink. Penman heeft namelijk een vergelijking opgesteld voor het bepalen van de verdamping van een groot wateroppervlak.

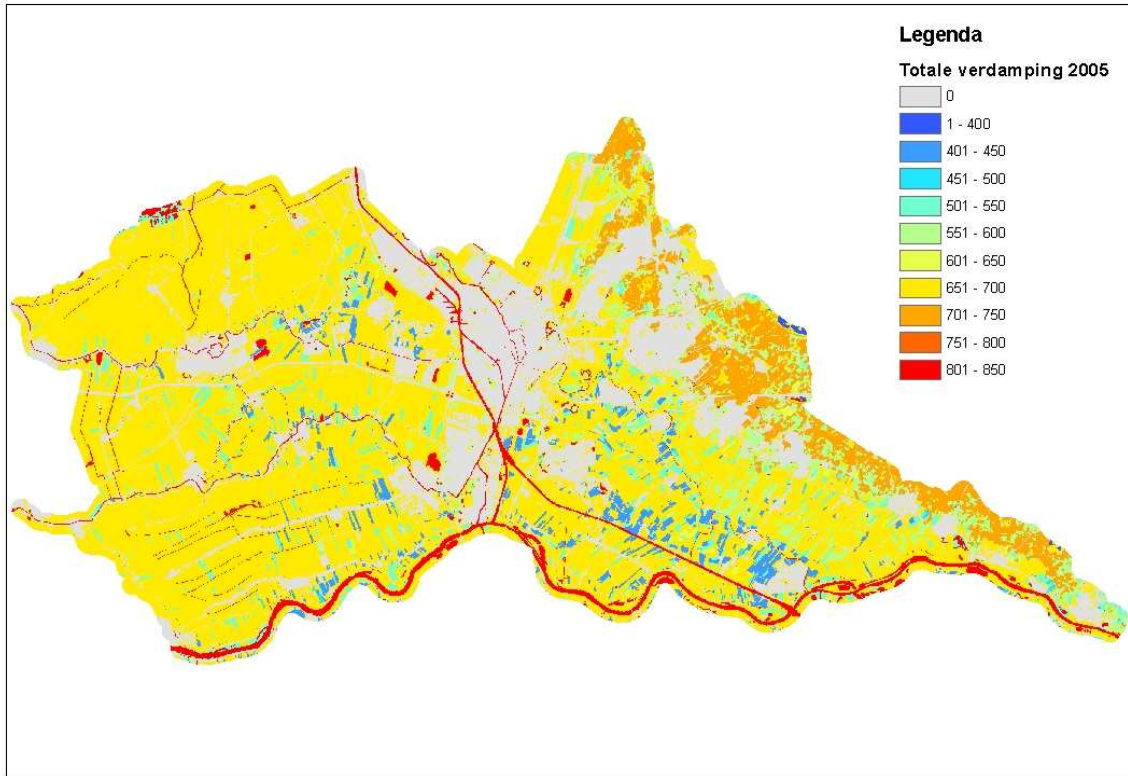
Daarna is de potentiële gewasverdamping gekoppeld aan de landgebruikskaart (LGN5) en ontstaat een vlakdekkende verdampingskaart. Doordat er een station gebruikt is waar de potentiële verdamping bepaald is en dit vervolgens per landgebruikstype verwerkt is, is de ruimtelijke spreiding



Figuur 3.3: Een lysimeter zoals die gebruikt wordt om verdamping te meten

in de verdamping alleen ten gevolge van een divers landgebruik. Voor een accurate kaart is het bovendien essentieel dat er een landgebruikskaart wordt gebruikt dat geldig is voor het jaar van verdamping.

In de figuur hieronder is de verdamping van het hele beheersgebied zichtbaar op jaarbasis. Het gebiedsgemiddelde is 522 mm, terwijl de ruimtelijke spreiding varieert van 0 tot 818 mm verdamping, afhankelijk van het grondgebruik. De verdamping in de verharde gebieden is nihil door de beperkte waterberging en de hoogste verdamping vindt plaats bij open water.



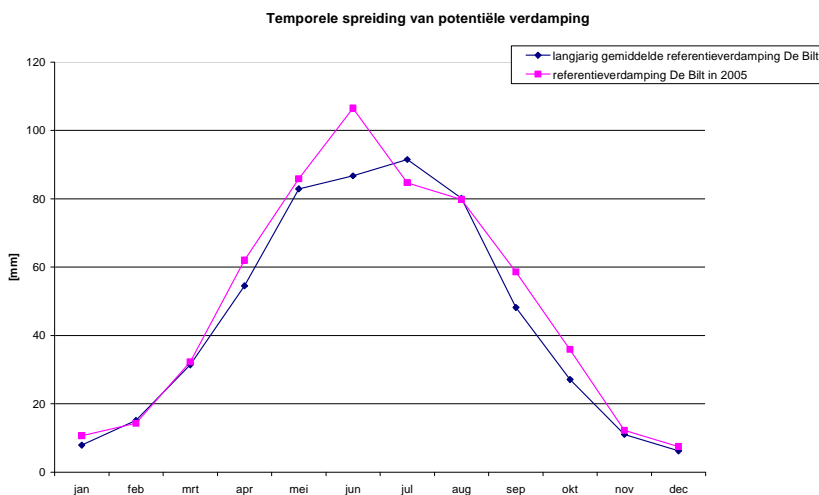
Figuur 3.4: Ruimtelijke verdeling van de potentiële jaarverdamping in 2005 in mm

[Bijlage 8](#) geeft de vlakdekkende verdampingskaarten op maandbasis van 2005 weer. Net als hierboven komt de variatie in landgebruik duidelijk in deze verdampingskaarten naar voren. Opvallend is de hoge potentiële verdamping in de deelgebieden met landbouwactiviteiten. De laagste verdamping gedurende het hele jaar is logischerwijs in deelgebied Stad Utrecht.

3.3.3 Vergelijking verdamping 2005 t.o.v. langjarig gemiddelde

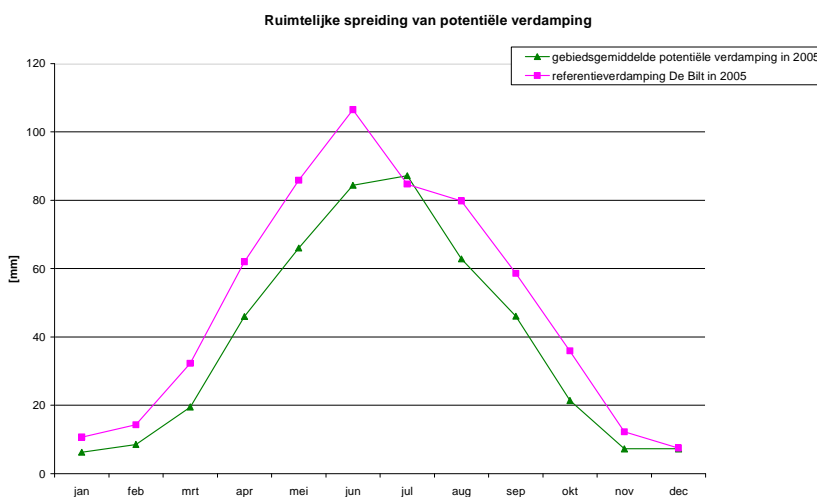
Zoals hieronder te zien is, verdampt in 2005 met name in de maand juni in absolute zin meer dan in een gemiddeld jaar. Verder is de verdamping in 2005 redelijk gemiddeld te noemen.

| maand | langjarig gemiddelde referentieverdamping De Bilt 1971 tot 2000 | referentieverdamping De Bilt in 2005 | percentage verschil |
|-------|---|--------------------------------------|---------------------|
| jan | 7,9 | 10,7 | 35 |
| feb | 15,1 | 14,3 | -5 |
| mrt | 31,4 | 32,3 | 3 |
| apr | 54,5 | 62,0 | 14 |
| mei | 82,9 | 85,9 | 4 |
| jun | 86,7 | 106,5 | 23 |
| jul | 91,5 | 84,7 | -7 |
| aug | 80,2 | 79,8 | -0 |
| sep | 48,2 | 58,6 | 22 |
| okt | 27,1 | 35,9 | 32 |
| nov | 11,0 | 12,2 | 11 |
| dec | 6,2 | 7,5 | 21 |



De potentiële verdamping hangt af van het landgebruik en dit kan ruimtelijk sterk afwijken van grasland dat bepalend is voor de referentiegewasverdamping. De tabel en grafiek hieronder tonen een verschil dat met name verklaard kan worden door de diversiteit in landgebruik, met veelal een lagere verdampingsfactor dan grasland. In juli zorgen de landbouwgewassen voor een piek die kan uitstijgen boven de referentiegewasverdamping.

| maand | gebiedsgemiddelde potentiële verdamping in 2005 | referentieverdamping De Bilt in 2005 | percentage verschil |
|-------|---|--------------------------------------|---------------------|
| jan | 6,3 | 10,7 | 71 |
| feb | 8,5 | 14,3 | 68 |
| mrt | 19,5 | 32,3 | 66 |
| apr | 46,0 | 62,0 | 35 |
| mei | 66,0 | 85,9 | 30 |
| jun | 84,4 | 106,5 | 26 |
| jul | 87,2 | 84,7 | -3 |
| aug | 62,8 | 79,8 | 27 |
| sep | 46,1 | 58,6 | 27 |
| okt | 21,4 | 35,9 | 68 |
| nov | 7,2 | 12,2 | 69 |
| dec | 7,2 | 7,5 | 4 |



3.3.4 Analyse van de methode

Gebruik van de referentie-gewasverdampingsformule van Makkink

Het bepalen van de verdamping is lastig omdat het niet rechtstreeks gemeten kan worden. De formule van Makkink blijkt voor Nederland goed toepasbaar maar omdat Makkink uitgaat van warmtestromen is de formule met name geschikt voor de bepaling van de verdamping tijdens het groeiseizoen. Het uitgangspunt is dat de bodemwarmtestroom onder vegetaties gering is en dat in het groeiseizoen in Nederland de netto-warmtestraling bij gras ongeveer de helft is van de inkomende kortegolfstraling. In de wintermaanden gaat deze vergelijking niet meer op en hier vertoont deze methode dan ook relatief grote fouten. Toch wordt de formule ook voor de winter gebruikt omdat de verdamping dan zo laag is dat zelfs bij een grote relatieve fout de absolute fout nog klein is.

De hoeveelheid water die verdampt is in werkelijkheid vaak lager dan de berekende hoeveelheden. De Makkink-referentieverdamping geldt namelijk alleen als de vochtvoorziening naar een homogene vegetatie optimaal is. Hierdoor blijft het een theoretische verdamping die in werkelijkheid niet altijd gehaald wordt.

Het verschil tussen de potentiële en de werkelijke verdamping kan worden afgeleid uit de mate waar in de werkelijke vegetatiegroei achterblijft bij de potentiële groei. Echter omdat hierover geen gegevens beschikbaar zijn is hier in dit onderzoek geen analyse naar gedaan.

Verdamping aanhangend vocht is verwaarloosbaar

Daarnaast is het zo dat in de berekeningen geen rekening gehouden is met interceptiewater en dauw. Dit aanhangende vocht aan gewassen leidt tot een onnauwkeurigheid in de bepaling van de verdamping van 2 tot 10 mm op jaarbasis en is daarom verwaarloosbaar.

Verdamping stedelijk gebied is verwaarloosbaar

Voor stedelijk gebied is aangenomen dat de verdamping minimaal is: het water wat op het verhard oppervlak komt, wordt vaak snel afgevoerd naar de riolering of open water.

Verdamping onbedekte grond buiten groeiseizoen meenemen

Tot slot, bij deze pilot zijn de verdampingsfactoren zo overgenomen uit de literatuur. Bij nader inzien had echter [Bijlage 6](#) aangepast moeten worden. Het is namelijk zo dat er nu geen onbedekte grondverdamping meegenomen wordt voor de maanden buiten het groeiseizoen van het gewas. De verdamping in deze maanden is niet zo groot, waardoor de fout ook niet heel groot is, maar voor volgende waterbalans zal deze post wel meegenomen worden.

3.4 Kwel en wegzijging

3.4.1 Berekening van kwel en wegzijging

Kwel is grondwater dat onder druk uit de grond komt. In het algemeen ontstaat kwel door een ondergrondse waterstroom van een hoger gelegen gebied naar een lager gelegen gebied. Wegzijging wordt gezien als negatieve kwel. Er is dan sprake van onderdruk in de grond onder het maaiveld in plaats van overdruk zoals bij kwel. Bij wegzijging wordt het water als het ware weggezogen.

Aangezien de kweldruk niet vlakdekkend gemeten kan worden, wordt de grootte hiervan gemodelleerd met de wet van Darcy, waarin de doorlatendheid van de materialen een rol speelt. Vele grondwatermodellen zijn in staat om hoeveelheden kwel of wegzijging te berekenen, maar vaak worden er fluxvolumes geschat die groter zijn dan de extremen die uit lokale kweldruk-metingen afgeleid kunnen worden.

Kwel kan zich afspelen over afstanden van enkele meters tot vele kilometers en vanuit verschillende diepten omhoog komen, afhankelijk van de opbouw van de ondergrond. De aanwezigheid van kwel leidt meestal tot het voorkomen van specifieke dier- en planten-soorten die afhankelijk zijn van de unieke chemische samenstelling van kwelwater.

Intermezzo kwel en wegzijging

In Nederland komt kwel voor in intensiteiten tot 5 mm/dag. Voor wegzijging geldt dat dit meestal tot 3 mm/dag kan voorkomen.

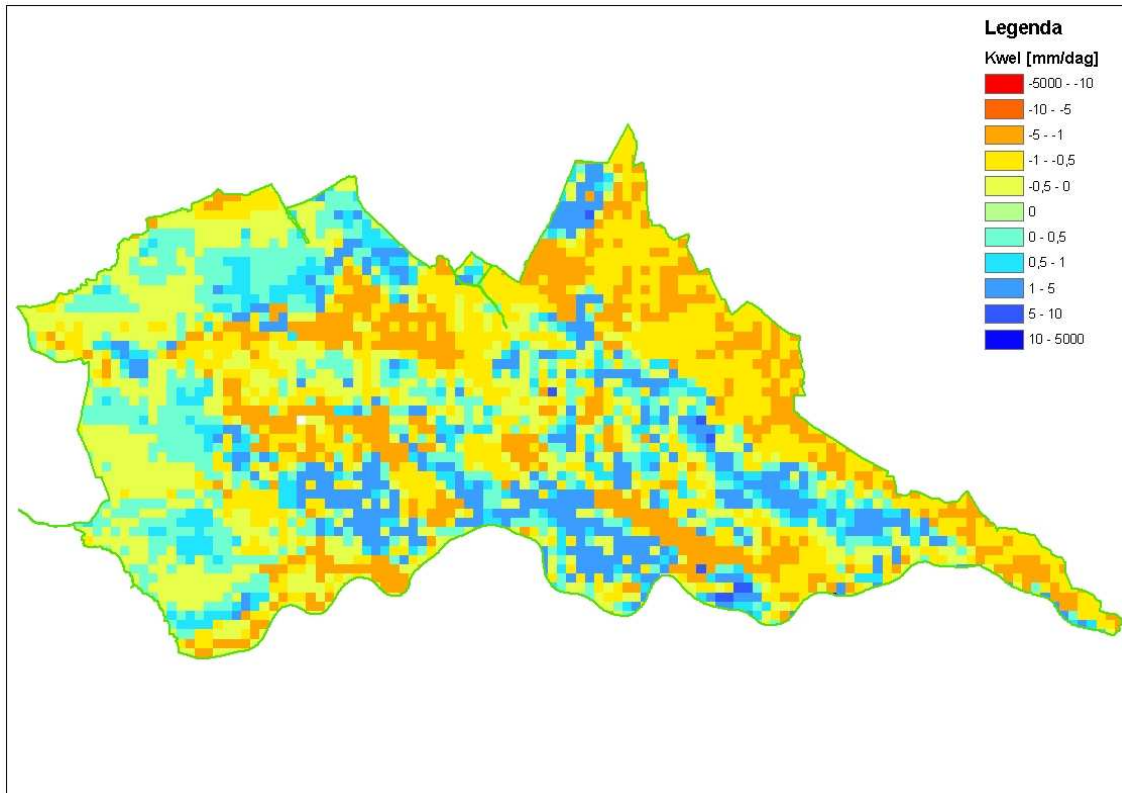
Kwel heeft vaak een bijzondere waterkwaliteit. Vooral diepe kwelstromen die eeuwenlang door de bodem hebben gestroomd, zijn voedselarm en vaak kalkrijk. Dit leidt tot bijzondere flora. Een plant als waterviolier geldt als kwelindicator.

3.4.2 Verwerking van kwel en wegzijging

Het instituut RIZA heeft in 2000 voor heel Nederland een vlakdekkende kwelkaart gegenereerd die overeenkomt met bekende plaatsen waar kwel danwel wegzijging optreedt.

Aangezien noch de provincie noch het waterschap een gebiedsdekkende kwelkaart bezit die betrouwbare waarden op herkenbare plaatsen weergeeft, is gekozen voor het RIZA-product. Helaas is er geen actuelere kwelkaart van RIZA beschikbaar. In de kaart hieronder is de ruimtelijke verdeling binnen het waterschap te zien met een variatie van -5 (wegzijging) tot 15 (kwel) mm/dag en een gebiedsgemiddelde van ongeveer NUL mm/dag.

De maandelijkse hoeveelheden kwel en wegzijging komen tot stand door het aantal dagen van een maand te vermenigvuldigen met het aantal mm kwel dan wel wegzijging per dag.



Figuur 3.5: Ruimtelijke verdeling van de kwel/wegzijing in mm/dag (RIZA, 2000)

3.4.3 Analyse van kwel en wegzijing

De waterbalans is op maandbasis opgesteld, maar bij gebrek aan metingen of actuele berekeningen voor deze post kwel/wegzijing zijn de maandwaarden niet variabel in de tijd. Van 2005 kan dus nu geen inzicht gegeven worden in de ruimtelijke en temporele dynamiek. De wegzijing bovenop de Utrechtse Heuvelrug en de kwel aan de voet daarvan zijn goed herkenbaar op het kaartbeeld van RIZA. De lokale invloed van het Amsterdam-Rijnkanaal komt vanwege het grove detailniveau echter niet duidelijk naar voren. Het is merkwaardig dat het gebiedsgemiddelde van het waterschap rond de nul mm per dag ligt, terwijl er op basis van landschapskenmerken meer kwel dan wegzijing verwacht wordt.

3.5 Aanvoer en afvoer van oppervlaktewater

3.5.1 Metingen

Om inzicht te krijgen in de hoeveelheid aanvoer en afvoer van oppervlaktewater is voor de waterbalans 2005 voornamelijk gebruik gemaakt van de meetinformatie van de kunstwerken die op telemetrie zijn aangesloten. Het gaat om zo'n 115 meetlocaties die vallen onder de categorieën stuw, gemaal of debietmeetpunt. Bij een geautomatiseerd kunstwerk worden de peilen geregistreerd en de gegevens van het kunstwerk. Het debiet is een maat voor de hoeveelheid water die door een watergang stroomt en wordt uitgedrukt in volume per tijdseenheid, doorgaans in kubieke meters per seconde (m^3/s). Voor alle metingen geldt dat niet bekend is of er een lekstroom onder de constructie door of achter de constructie langs gaat en hoeveel water dat dan is.

Stuwen, inlaten en overstorten

Bij een stuw wordt het boven- en benedenpeil en de stuwstand of schuifstand geregistreerd. Op basis van deze gegevens wordt het debiet als volgt berekend:

$$Q = B \times (H_w - H_s)^D \times m \times Cx$$

Waarin:

Q = debiet

B = stuwbreedte

- H_w = hoogte van het waterpeil (t.o.v. NAP)
 H_s = hoogte van de stuwklep (t.o.v. NAP)
 D = empirische constante (1.5)
 m = afvoercoëfficiënt
 C_x = verdrinkingscoëfficiënt

Gemalen

Los van de metingen kunnen er lekverliezen optreden tijdens het malen en kan water terugstromen van hoog naar laag na het malen. Dit rendementverlies is in deze waterbalans buiten beschouwing gelaten. Bij een gemaal wordt alleen het boven- en benedenpeil, de draaiuren, in bedrijfsmelding en de frequentie van de pomp of vijzel geregistreerd. Op basis van deze gegevens wordt het debiet als volgt berekend:

$$Q = \frac{F}{F_{\max}} \times CAP$$

Waarin:

- Q = debiet
 F = pompfrequentie
 F_{\max} = maximale pompfrequentie
 CAP = pompcapaciteit

Debieten

Naast de kunstwerken staan er in het gebied nog een vijftal akoestische debietmeters (ADM's). Deze staan op punten waar het van belang is (bv bij een waterakkoord) om nauwkeurig de hoeveelheden te registreren die in of uit ons beheersgebied stromen. De ADM's van Bodegraven en Wijk bij Duurstede zijn de meest nauwkeurig meetlocaties in ons gebied. Bij Gouda staat een akoestische debietmeting die minder nauwkeurig is bij weinig stromend water en gevoeliger is voor omgevingsinvloeden. Bij Amelisweerd en de Doorslag te Nieuwegein staan ook nog twee ADM's, die respectievelijk meten hoeveel de Kromme Rijn uit het gebied afvoert en hoeveel uitwisseling er is tussen de stadswateren van Utrecht en de Hollandse IJssel.

Intermezzo debiet

Voor rivieren geldt dat een jaarlijkse verplaatsing van honderden miljoenen kubieke meters water niet uitzonderlijk is. Voor een boezemstelsel is dat een volume van tientallen miljoenen kubieke meters. Bij overige afvoer- en aanvoerpunten gaat het hooguit om een jaardebiet van enkele miljoenen kubieke meters. In de zomermaanden is overwegend sprake van wateraanvoer en in de wintermaanden juist alleen waterafvoer.

3.5.2 Verwerking van meetgegevens

Alleen de meetlocaties die representatief zijn voor de debieten aan de randen van de deelgebieden, staan in deze waterbalansstudie. Hierbij wordt uitgegaan van gevalideerde meetreeksen zonder gaten erin.

Inwinning en soort data

De meeste data die binnenkomt via de telemetrie is operationele data die gebruikt wordt om storings- of het functioneren van de kunstwerken in de gaten te houden. Deze data wordt tot 1.5 jaar bewaard in het CAW-systeem. Een deel van de data wordt daarnaast ook bewaard in een historische database, te weten: de waterstanden, de belangrijkste gemaalgegevens, de draaiuren, de stuwstanden en de berekende debieten.

Primaire en secundaire validatie

Zodra de data binnenkomt wordt automatisch bekeken of deze binnen de vastgestelde grenzen ligt en of de meetreeks uitschieters vertoont. Dit wordt de primaire validatie genoemd. Daarna wordt de data die bewaard moet worden, doorgesluisd naar een visuele omgeving, waar handmatig de secundaire validatie wordt gedaan door de medewerkers van CAW. Alle data wordt dan gelabeld in (on)betrouwbaar, aangevuld of missing. De waarden worden daarna automatisch doorgesluisd naar de historische database (HYMOS).

Aanvulling bij gaten in de meetreeks

Bij de eerste inventarisatie bleek dat er behoorlijk veel debieten in de historische database ontbraken. Aan de hand van maand- en jaarrapportages kon vrij snel een overzicht gegenereerd worden op welke locaties en in welke maand er nog gegevens aangevuld moesten worden. Verreweg de meeste tijd bij het maken van deze waterbalans is dan ook gaan zitten in het corrigeren, aanvullen of herberekenen van debieten en in het terughalen van gegevens bij storingen aan locaties. Bij perioden met ontbrekende waarden bleek het aangeleverd krijgen van de juiste data bij andere partijen (zoals Rijkswaterstaat en zuiveringen) langer te duren dan verwacht. Voor periodes waarin langdurig waarden ontbraken, is gezocht naar vergelijkbare periodes (indien mogelijk) of is een deel achterhaald middels draaistaten van gemalen. Maar vaak was voor zo'n periode geen goede schatting te maken.

3.5.3 Analyse van de werkwijze

De historische database is niet geheel volledig en dat kan door verschillende oorzaken komen, te weten:

- Fouten in debietformules; verkeerde verwijzing naar de te gebruiken (peil)waarden.
- Geen communicatie met het kunstwerk; bv door problemen met de telefoonlijn, onderstation vastgelopen, locatie in onderhoud.
- Niet correct loggen van alle benodigde gegevens die nodig zijn voor berekening van het debiet.
- Software bugs in de verwerkingen en schaling tot geaggregeerde waarden.
- Onterecht afgekeurde spikes in de waarnemingen; per locatie wordt per parameter ingesteld binnen welke grenzen de waarden en de maximale fluctuatie mag zijn.
- Problemen om de afgekeurde data goed te gebruiken in het databeheerpakket; HYMOS werkt visueel met labels, maar houdt geen rekening met deze labels in de berekeningen naar maandwaarden.

De belangrijkste verbeterpunten uit de verwerking van de data worden hieronder beschreven:

- Het belangrijkste is dat de meetdata continue binnenkomt, dus waar mogelijk ook bij storingen of bij renovatie niet wordt onderbroken. Ook komt het voor dat de verbinding tijdelijk is onderbroken door een reparatie zonder deze weer terug te plaatsen.
- Een storing zoals geen communicatie of defecte meetapparatuur zou binnen korte tijd (bv een week) opgelost moeten zijn.
- Snelle correctie van de gegevens bij een geconstateerde afwijking van de "representatieve" peilschaal.
- Een jaarlijkse ijkronde om de juistheid van waterstandgegevens te garanderen. Vooral peilafwijkingen bij stuwen hebben een grote invloed op de berekening van het debiet.
- Het valideren van de data gebeurt veelal te laat om nog goed te kunnen nagaan of de data goed is, namelijk meer dan 1 maand na inwinning. Ook het verklaren van vreemde patronen in de data is dan moeilijk. Pas sinds kort wordt deze data geanalyseerd en komen veel verschillende fouten aan het licht.

Op basis van de ervaringen zijn al veel correcties doorgevoerd in en rond het CAW-systeem. De validatie van de gegevens is nu deels verbeterd. Door het automatisch afkeuren van uitschieters in de metingen en betere instellingen van afkeurgrenzen per meetparameter. Het streven is een betere vorm van automatische validatie en het frequenter rapporteren om ontbrekende meetdata snel in beeld te krijgen.

Het belang van het iken van debieten dient meer erkenning te krijgen, opdat de schatting van aanvoer en afvoer voldoende accuraat wordt. De ADM's worden regelmatig nagekeken en geijkt, echter de meerderheid van de overige meetlocaties zijn niet geijkt. Hiervan is zelfs niet bekend of het gemiddelde debiet in de juiste orde van grootte ligt. Lokale factoren kunnen namelijk een zeer grote invloed hebben op het daadwerkelijke debiet. Enerzijds zijn dit autonome factoren die aan de standplaats gebonden zijn en anderzijds zijn dat temporele factoren. Een aantal hiervan staan in de onderstaande tabel opgesomd.

Tabel 3.1: Factoren die van invloed zijn op de accurate meting van het debiet

| Ruimtelijke factoren | Temporele factoren |
|--|---|
| - de kromming van de waterloop | - begroeiing van waterloop |
| - de vernauwing door het kunstwerk t.o.v. de waterloop | - vervuiling tegen de stuw |
| - de plaats van de peilregistratie | - de capaciteitsafname van een gemaal door slijtage |

| | |
|---|--|
| - in de invloedssfeer van het kunstwerk | - de afname van batterijsterkte van de waterstandopnemer |
| - de vorm van de overlaat van een stuw | |

3.5.4 Onbemeten punten

Via een GIS-analyse van de lagen Top10 en het beheersregister kunstwerken, waterlopen en peilgebieden is gezocht naar onbemeten punten op de randen van de waterbalansgebieden. Daarnaast is via de kennis van de beheerders een aantal onbekende inlaten gedefinieerd. Hiervan is een kaart gemaakt in [Bijlage 11](#). Bovendien staan de meeste onbemeten punten ook genoemd in de deelgebiedsbalansen van [Bijlage 1](#).

Er zijn totaal 130 punten aangemerkt als onbemeten, die vervolgens zijn onderverdeeld in belangrijkheid.

3.6 Rioolwaterzuiveringsinstallaties

3.6.1 Metingen

Voor de waterbalans is het van belang om te weten hoeveel water er in de balansgebieden komt vanuit de rioolwaterzuiveringen (RWZI's). Per RWZI zijn zowel de influent als de effluent daggegevens meegenomen en is gekeken wat de bron is van het water en op welk water geloosd wordt. De gegevens zijn afkomstig uit het Zuis-systeem van de afdeling Zuiveringen en uit INTWIS en staan vermeld in [Bijlage 9](#).

Alle RWZI's die gelegen zijn in het gebied van watergebiedsplan Leidsche Rijn en water ontvangen uit de Leidsche Rijn zijn niet meegenomen omdat hiervoor geen waterbalans wordt opgesteld. Het gaat om de RWZI's van De Meern, Leidsche Rijn en Maarssenbroek.

Van belang bij de waterbalansen is hoeveel oppervlak is gerioleerd en op welke type riolering gebruikt wordt. In de onderstaande kaart is de verspreiding van de vier soorten riolering afgebeeld. De meeste riolering is uitgevoerd als een gemengd stelsel of drukriool. Het percentage verhard gerioleerd oppervlak ligt in de buitengebieden een stuk lager en is vrijwel altijd drukriolering.



Figuur 3.6: Soorten rioleringsgebieden

3.6.2 Verwerkingen

De aanvoer van een RWZI komt deels vanuit de huishoudens (droogweerafvoer) en deels als gevolg van regen die in de riolering terecht komt (neerslagafvoer). Voor elke RWZI afzonderlijk is bepaald van welk gebied het influent afkomstig is en op welke watergang het effluent wordt geloosd. Van belang is of deze watergang binnen of buiten het balansgebied ligt.

De droogweerafvoer is een maat om aan te geven hoeveel water er uit een RWZI komt, dat afkomstig is van huishoudelijk verbruik en dus niet van neerslag. De aanname is dat deze component door het jaar heen een vrijwel vaste waarde heeft per RWZI. De droogweerafvoer is per RWZI bepaald op basis van de 50 minst afvoerende dagen. Aangezien er in 2005 meer dan 150 droge dagen voorkomen is dit een goede indicatie van de droogweerafvoer. De berekende droogweerafvoer ligt gemiddeld over alle RWZI's op 125 liter per persoon per dag (pppd) met waarden tussen de 90 en 142 liter (pppd). Wikipedia meldt dat "gemiddeld wordt in Nederland 124 liter water per persoon per dag (2004) verbruikt".

De bijdrage van een RWZI aan de waterbalans is niet altijd eenvoudig te berekenen. Dat komt enerzijds omdat sommige rioleringsgebieden over meerdere balansgebieden is verdeeld en anderzijds omdat de watergang waar het effluent wordt geloosd in een ander deelgebied kan liggen of zelfs buiten het beheersgebied van het waterschap. De neerslagafvoer van een RWZI kan genegeerd worden zolang deze afwatert binnen hetzelfde deelgebied als de bijbehorende rioleringsgebieden. De droogweerafvoer wordt buiten beschouwing gelaten als de watergang buiten het beheersgebied ligt. [Bijlage 10](#) toont het overzicht.

3.6.3 Analyse

Het aandeel van de uitstroom van de RWZI's op de totale deelbalansen is vrij gering en varieert tussen de 0.5% en 5%. Een uitzondering is het stadgebied van Utrecht waar de afvoer van de neerslag in het stedelijke deel voornamelijk via de rioolwaterzuivering gaat en niet via waterlopen. In de buitengebieden ligt de droogweerafvoer per persoon lager dan in stedelijke gebieden. Een onderscheid tussen de verschillende stelsels in termen van totale afvoer per m² is op basis van de cijfers echter niet aangetoond.

3.7 Schuttingen

3.7.1 Metingen

Als een schip een sluis wilt passeren wordt eerst het water in de sluis kom op het peil van het schip gebracht. Daarna vaart het schip de sluis binnen en wordt het peil in de sluis kom aangepast aan het peil waar het schip naartoe wil. In alle gevallen gaat er water van de hoge watergang naar de lage watergang, aangezien er geen sluisen binnen het waterschap liggen waar water van de lage kant af de sluis kom ingepompt wordt. Voor de waterbalans is gebruik gemaakt van de scheepvaart tel-lijsten die de sluiswachters bijhouden. Het gaat bij deze schuttingen om sluisen van Rijkswaterstaat en het waterschap zelf.

3.7.2 Verwerkingen

Het aantal schepen vermenigvuldigd met de inhoud van de sluis kom geeft het debiet, zoals vermeld wordt in de deelgebiedswaterbalansen van [Bijlage 1](#). Het feit dat er soms meerdere boten tegelijk worden geschut, is buiten beschouwing gelaten. Dit komt echter bij de meeste sluisen nauwelijks voor. De lekverliezen die kunnen optreden door kieren bij de sluisdeuren zijn niet bekend bij Rijkswaterstaat en het waterschap. De inhoud van de sluis kom wordt bepaald door het verschil tussen streefpeil van het bovenpand en streefpeil van het onderpand te vermenigvuldigen met de oppervlakte van de sluis kom.

Rekenvoorbeeld schuttingen

Bij een hoogteverschil van 2 meter en een afmeting van de sluis kom van 100 meter lang maal 10 meter breed zijn er 500 schepen nodig om een waterverplaatsing van 1 miljoen kubieke meters te leveren. Met de verschillende sluisen in het beheersgebied en de vele scheepvaartbewegingen betekent dit nog steeds geen grote post op de waterbalans.

3.7.3 Analyse

De bijdrage van de schuttingen op de waterbalans is met een volume van circa 6,5 miljoen kubieke meters als gering aan te duiden. De lekverliezen bij deze sluisen kunnen echter een veel grotere post opleveren. Door achterstalling onderhoud kan via een kier bij grotere sluisdeuren in theorie een continu debiet ontstaan van 1 m³/s, afhankelijk van het verschil in waterhoogte aan weerszijden van de sluis. Op jaarbasis kan dat voor alle sluisen gezamenlijk resulteren in enkele tientallen miljoenen kubieke meters waterverplaatsing. Dit is echter nog niet onderzocht.

3.8 Verandering in waterberging

Het verschil tussen de posten IN en UIT zou de verandering in berging binnen een gebied moeten geven. Dit is echter de theorie, omdat er zeer veel onbekenden zijn in de posten IN en UIT kan deze niet op deze manier worden berekend. Deze berging kan bovendien op land, in de bodem of in een watergang plaats vinden. Onderstaande methodieken doen een poging om de verandering in berging op jaarbasis te schatten.

Voor de bodem zou deze voor een deel bepaald kunnen worden uit de grondwaterstanden aan het begin van het jaar minus de grondwaterstanden aan het eind van het jaar. Helaas ontbreekt momenteel een vlakdekkend beeld van de grondwaterstanden om hier een uitspraak over te kunnen doen.

Daarnaast kan het bodemvochtgehalte bepaald worden aan de hand van metingen in het veld of via remote sensing technieken (bodemvochtradar). Bij een waterbalans op jaarbasis zou een vlakdekkende bepaling op 1 januari elk jaar al voldoende inzicht geven in de verandering van berging in de toplaag van de bodem.

Ook zou het verschil in waterpeil van alle circa 900 peilvakken moeten worden berekend en vermenigvuldigd met het natte oppervlak van de polder. In principe wordt overal op 1 januari altijd het winterpeil gehandhaafd, zodat de verschillen in waterpeilen minimaal zullen zijn. Het rekenvoorbeeld hieronder illustreert de geringe bijdrage aan de waterbalans op jaarbasis.

Rekenvoorbeeld waterberging

Als er een verschil is van 10 cm tussen de waterpeilen (begin – eind van het jaar) en het percentage open water in het gebied ongeveer 4% is, zal de berging dus $10 \text{ cm} \times 83.000 \text{ ha} \times 4\%$ en dus ruim 3,3 miljoen m³ bedragen. Terwijl de gevallen neerslag ruim 622 miljoen m³ bedraagt. Nota bene is een gebiedsbreed peilverschil van 10 cm tussen 1 januari en 31 december irreëel.

De hoeveelheid water op maaiveld is evenmin bekend. Er worden weliswaar remote sensing technieken ontwikkeld om dit in kaart te brengen, maar het is nog onbekend of deze kaartbeelden jaarlijks voor/door ons waterschap gegenereerd zullen worden.

Bij de bovenstaande berekeningen van de verandering in berging wordt uitgegaan van normale weersomstandigheden. Door extreme wind kan het waterpeil binnen het peilgebied lokaal verschillen. Sneeuw wordt momenteel niet gemeten als vorm van neerslag, maar sneeuw kan beschouwd worden als berging op land. Tenslotte kan door hevige kou het water in de vorm van ijs op land en op water liggen. Het is niet bekend hoe groot de invloed is van deze weersomstandigheden op de waterberging.

Gezien de onvolledigheid van de gegevens en de naar verwachting te verwaarlozen hoeveelheden is de berging in deze waterbalansstudie niet in cijfers uitgedrukt.

4 Waterbalans Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Het beheersgebied is voor deze waterbalansstudie in 15 deelgebieden opgedeeld. De totale waterbalans van het beheersgebied is daarmee een optelsom van de balansen van de deelgebieden. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de uitwisseling tussen de deelgebieden buiten beschouwing gelaten zou kunnen worden.

4.1 Totaalposten in 2005

In de tabel hieronder staan de waterbalansposten op jaarbasis voor 2005 in miljoenen kubieke meters uitgedrukt. Daaruit blijkt dat de neerslag bijna twee keer zo groot is als de verdamping en dat de posten kwel en wegzijging relatief klein zijn. Het verschil tussen posten IN en UIT mag bijzonder groot genoemd worden.

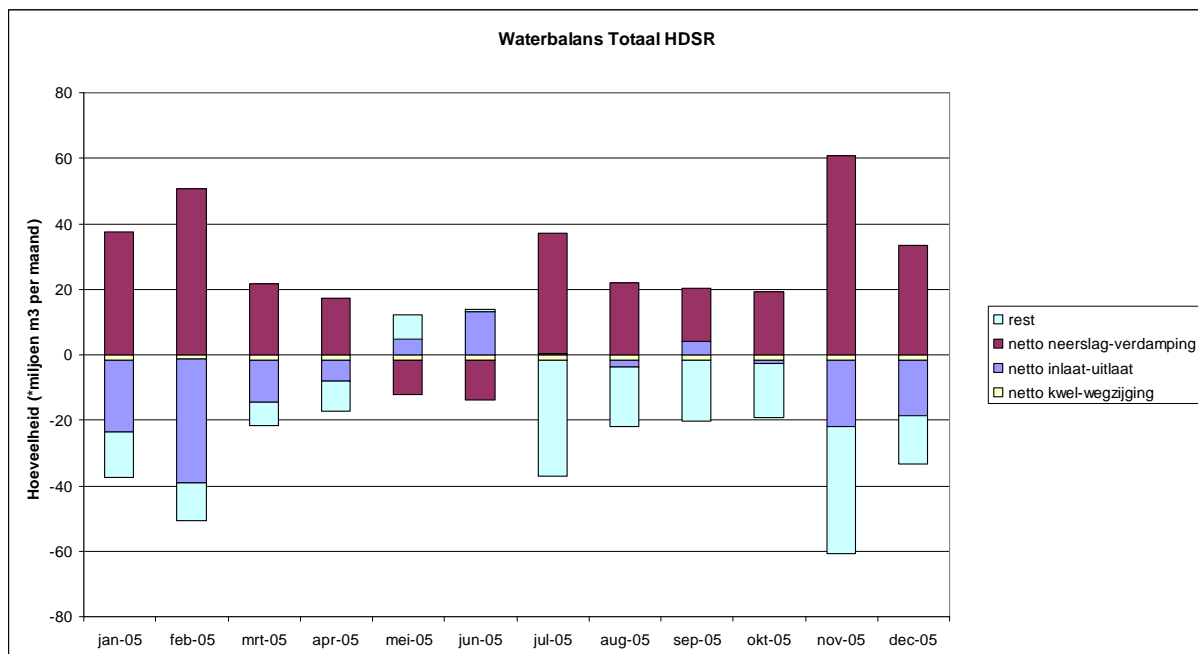
Tabel 4.1: Waterbalans 2005 voor het gehele beheersgebied van de Stichtse Rijnlanden ($\times 10^6 \text{ m}^3$)

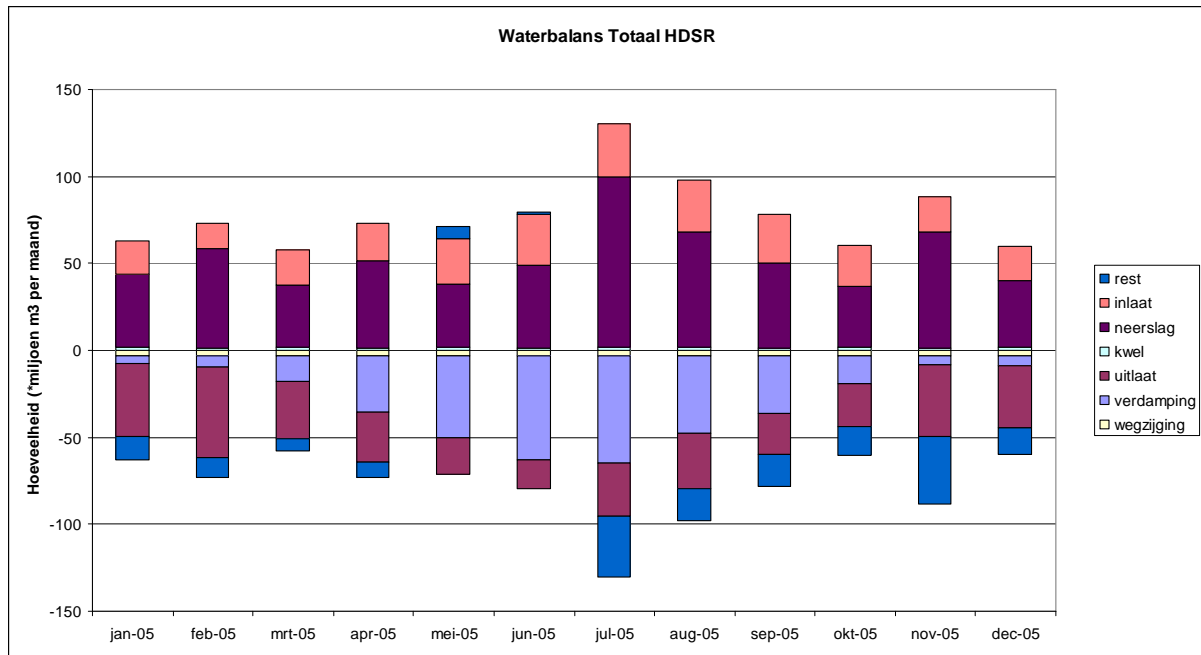
| Posten IN | | Posten UIT | |
|--------------------------|------------|-------------------------|------------|
| Aanvoer oppervlaktewater | 283 | Afvoer oppervlaktewater | 380 |
| Neerslag | 623 | Verdamping | 331 |
| Kwel | 19 | Wegzijging | 38 |
| Totaal IN | 925 | Totaal UIT | 749 |

De lozingen van RWZI's en de waterverplaatsingen bij schutsluizen zijn vanzelfsprekend bij de berekeningen van aanvoer en afvoer van het oppervlaktewater meegenomen, met uitzondering van de 3 RWZI's binnen deelgebied Leidsche Rijn (Utrecht-West), aangezien voor dit deelgebied geen waterbalans is opgesteld. [Bijlage 2.4](#) geeft een onderverdeling weer van de totalen per deelgebied zonder de onderlinge uitwisseling.

4.2 Restpost waterbalans, in tijd en ruimte

De restpost van de waterbalans wordt gedefinieerd als het verschil tussen de balansposten IN en UIT. De twee grafieken hieronder laten zien dat bijna het hele jaar meer water het gebied inkomt dan uitgaat, dus de restpost is overwegend positief. Vooral in de tweede helft van het jaar is die restpost opmerkelijk groot. Daar is momenteel nog geen aanwijsbare verklaring voor. De grafieken zijn gebaseerd op cijfers uit [Bijlage 2](#).

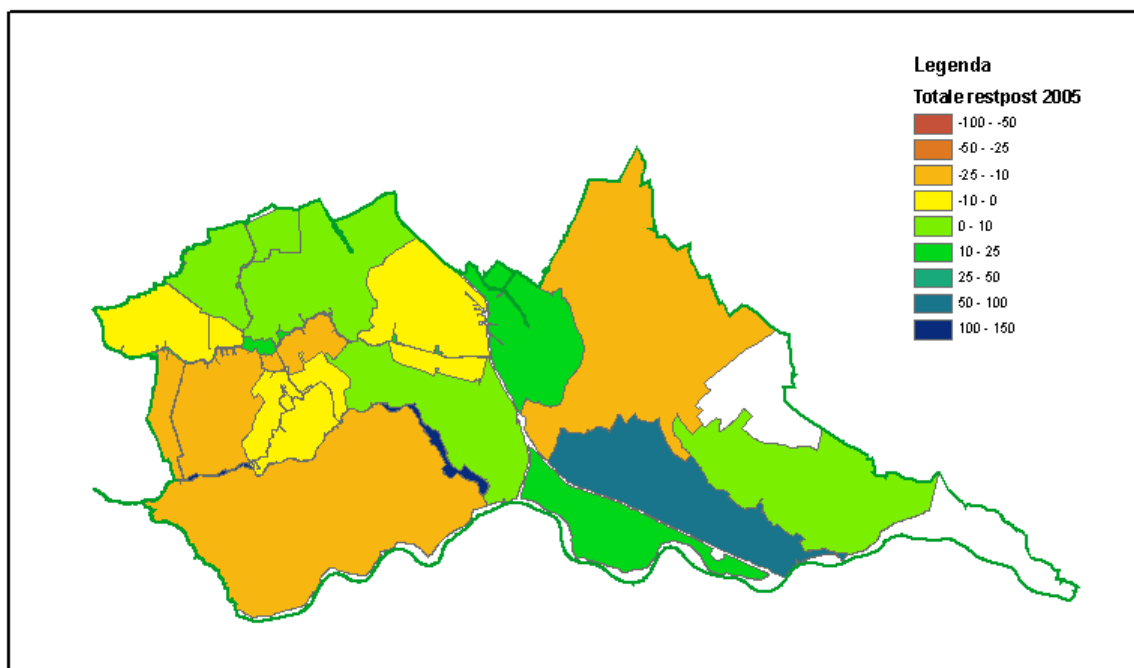




Om te kunnen achterhalen welk gebied de grootste bijdrage levert aan de totale restpost op jaarbasis is Figuur 4.1 hieronder gemaakt. In de maanden januari tot en met maart 2005 ontbraken de gegevens van stuw Werkhoven, waardoor de restpost van deelgebied Kromme Rijn eigenlijk zo'n 15 miljoen m³ per maand kleiner zou moeten en de restpost van Groenraven-Oost / Maartensdijk evenzoveel groter. Dit is ook af te lezen uit Tabel 4.2.

De grootste bijdrage aan de totale restpost blijkt geleverd te worden door het deelgebied Hollandse IJssel. Dat strekt van Gouda tot Amelisweerd en van Vreeswijk tot aan de Vecht. Naar verwachting hebben de nog onbekende lekverliezen van de Noordersluis, de Zuidersluis en de Weerdsuis een groot aandeel in deze uitzonderlijk grote gebiedsspecifieke restpost. Van alle witte vlekken in Figuur 4.1 zou alleen water vanuit het gebied bij Driebergen de waterbalans in kunnen stromen. Deze toelevering wordt op basis van neerslag, verdamping, kwel en wegzijging geschat verwaarloosbaar te zijn.

Tabel 4.2 toont de gebiedsspecifieke restposten op maandbasis. De kleuren komen waar mogelijk overeen met de klassen van Figuur 4.1. Daaruit is af te leiden dat de ruimtelijke verschillen met name in de maanden juli en november opmerkelijk zijn, zowel in het deelgebied Boezem Oude Rijn als in het deelgebied Groenraven-Oost / Maartensdijk. Voor Utrecht-West (Leidsche Rijn) is overigens geen balans opgesteld!



Figuur 4.1: Gebiedsspecifieke restpost op jaarbasis in miljoenen kubieke meters

Tabel 4.2: Gebiedsspecifieke restpost op maandbasis in miljoenen kubieke meters

| DEELGEBIED | JAN | FEB | MRT | APR | MEI | JUN | JUL | AUG | SEP | OKT | NOV | DEC | TOTAAL |
|----------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Bodegraven en Meijepolder | -0,1 | -0,1 | -0,4 | -0,2 | -1,0 | -0,8 | 0,2 | -0,4 | -0,4 | -0,6 | 0,1 | -0,3 | -4,0 |
| Zegveld en Oud-Kamerik | 0,0 | -0,3 | -0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,9 | -0,4 | 0,0 | -0,2 | 0,6 | -0,1 | 0,2 |
| Kamerik Kockengen | 1,1 | 0,3 | -0,7 | 0,0 | -0,6 | -0,7 | 1,4 | -0,6 | 0,4 | 0,1 | 1,4 | 0,2 | 2,2 |
| Utrecht-West | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Driebruggen en Hekendorp | -1,8 | -1,4 | -1,8 | -1,6 | -2,3 | -2,1 | -0,8 | -2,3 | -0,7 | -1,7 | -0,9 | -1,8 | -19,2 |
| Linschoterwaard | -0,5 | -0,4 | -0,7 | -0,4 | -1,4 | -1,3 | -0,3 | -0,6 | -0,5 | -0,5 | 0,3 | -0,5 | -6,8 |
| Nieuwegein Rijnenburg | -0,7 | 0,2 | -0,7 | -0,2 | -0,9 | -0,5 | 2,0 | 0,2 | -0,8 | 0,5 | 1,6 | -0,4 | 0,3 |
| Lopikerwaard | -4,0 | -2,2 | -1,9 | -1,2 | -4,6 | 0,4 | 4,6 | -0,3 | -0,6 | -2,7 | -0,1 | -2,1 | -14,7 |
| Stad Utrecht | 0,6 | 1,3 | 0,6 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 3,7 | 1,4 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | 0,6 | 14,0 |
| Groenraven-Oost en Maartensdijk | 11,3 | -6,4 | 10,0 | 1,0 | -4,4 | -4,4 | 6,2 | 2,2 | 1,1 | 3,2 | 8,1 | 3,4 | -11,3 |
| Honswijk | 0,8 | 1,0 | 0,5 | 1,3 | 0,2 | 0,0 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1,8 | 0,8 | 11,5 |
| Kromme Rijn | 17,5 | 12,5 | 9,4 | 1,6 | 2,1 | 1,7 | 4,4 | 3,4 | 3,4 | 2,5 | 4,6 | 1,2 | 64,3 |
| Langbroekerwetering en Heuvelrug | 1,1 | 1,7 | -0,1 | -0,6 | -2,2 | -2,8 | 0,0 | -1,9 | 0,9 | 0,8 | 3,3 | 0,3 | 0,4 |
| Boezem Oude Rijn | 0,2 | 1,7 | 1,5 | 2,2 | 0,8 | 0,0 | 1,4 | 1,7 | 0,2 | 1,2 | 7,1 | 4,7 | 22,5 |
| Hollandse IJssel | 10,7 | 3,4 | 11,7 | 6,2 | 6,3 | 9,2 | 10,3 | 14,4 | 13,7 | 12,3 | 8,7 | 8,8 | 115,9 |
| MAANDSOM | 13,7 | 11,4 | 7,1 | 9,0 | -7,5 | -0,7 | 35,5 | 18,1 | 18,6 | 16,6 | 38,9 | 14,8 | 175,4 |

4.3 Vergelijking met andere rapportages

In 2000 is een waterbalans opgesteld voor delen van het beheersgebied, die afwijken in begrenzing van de huidige deelgebieden. Zover bekend is er toentertijd geen totaalbalans voor het hele beheersgebied gemaakt. Vergelijking met die rapportage is dus niet goed mogelijk.

In het jaarverslag oppervlaktewater 2005 is er een algemene waterbalans opgenomen. Daarbij zijn geen vlakdekkende neerslag- en verdampingscijfers gebruikt. Bovendien is bij de berekening van de verdamping destijds geen rekening gehouden met het landgebruik. Tenslotte waren de schattingen van kwel en wegzijging niet ruimtelijk en naar later bleek ook niet realistisch.

In het rapport "Waterbalans Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal 2004-2006" van Rijkswaterstaat worden een aantal opmerkelijke uitspraken gedaan. Zo wordt aangegeven dat de hoeveelheid water van deelgebied Honswijk naar het Amsterdam-Rijnkanaal aanzienlijk onderschat wordt. Uit bovenstaande tabel komt dit ook wel naar voren, maar minder sterk dan de 35 miljoen m³ die

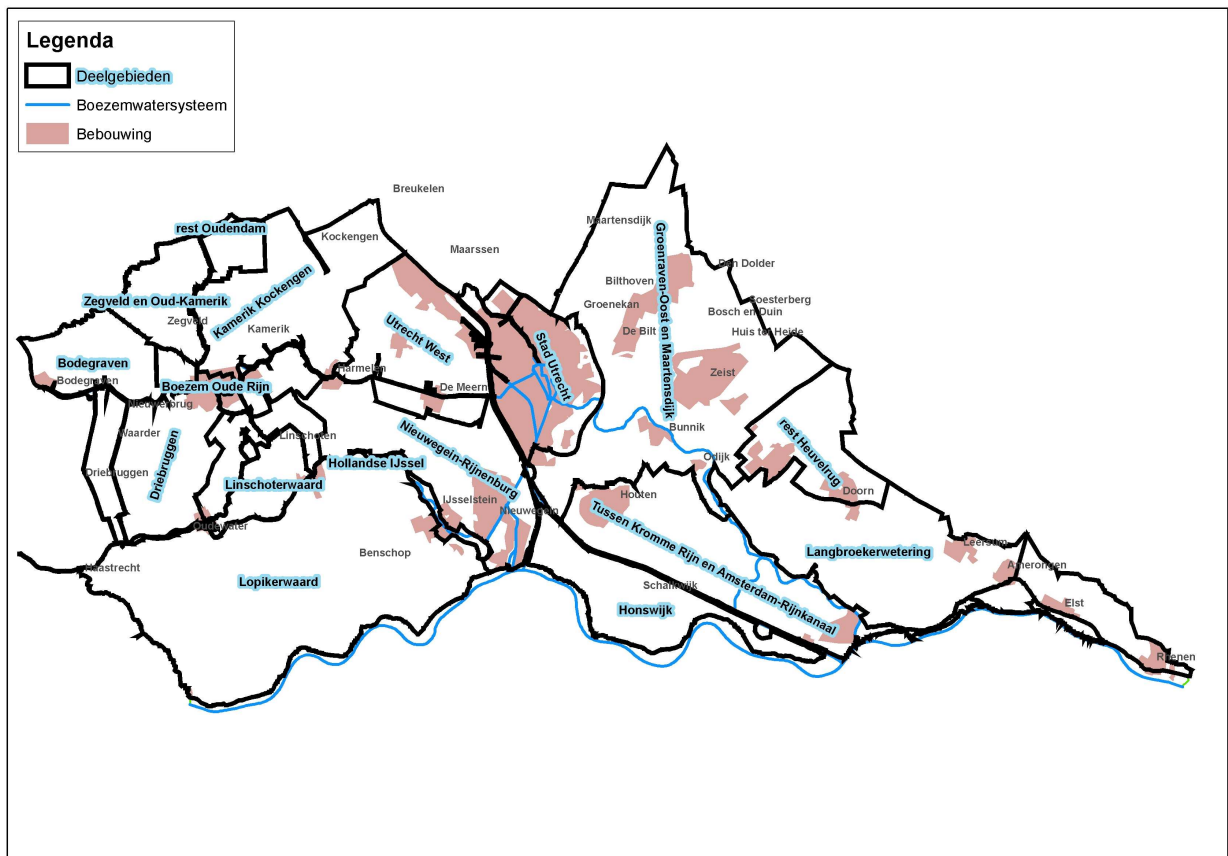
Rijkswaterstaat suggereert. De wegzijging in deelgebied Kromme Rijn wordt volgens het rapport van Rijkswaterstaat ook onderschat, echter zonder daar een hoeveelheid voor te noemen. Rekening houdend met de uitwisseling tussen deelgebieden Kromme Rijn en Groenraven-Oost / Maartensdijk zou de wegzijging maximaal 20 miljoen m³ meer kunnen zijn. Sinds de aanleg van het Amsterdam-Rijnkanaal is algemeen bekend dat de watervraag van dit gebied als gevolg van de wegzijging aanzienlijk is toegenomen, maar dat komt in de cijfers van [Bijlage 2.3](#) niet duidelijk naar voren.

5 Waterbalansen per deelgebied

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt per deelgebied de waterbalans weergegeven. De indeling van de deelgebieden is gebaseerd op de grenzen van de watergebiedsplannen. Deze op hun beurt zijn gemaakt op basis van een clustering van gelijksoortige peilgebieden, vaak binnen een landinrichtingsplan.

In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens per deelgebied beschreven hoe de afvoer van water verloopt, wat de aanvoerroutes zijn en hoe de balansposten eruit zien. Dit is gedaan middels staafdiagrammen, van zowel de netto-posten als alle afzonderlijke balansposten. In de subparagraaf "Analyse van de waterbalans" wordt getracht een verklaring te geven voor de grootte van de restpost. In de subparagraaf "Conclusies en aanbevelingen" wordt beschreven met welke aanvullende metingen getracht kan worden de restposten in de balansen te verkleinen.



Figuur 5.1: Indeling in deelgebieden

5.2 Waterbalans Groenraven-Oost en Maartensdijk

5.2.1 Gebiedsbeschrijving

Het balansgebied ligt aan de noordoostkant van de stad Utrecht. Het gebied bestaat uit stedelijke gebieden (De Uithof, Bilthoven, Zeist, Bunnik en Odijk), veelal bosrijke landgoederen (Beerschoten, Heidestein, Rijnwijck, Heemstede en Amelisweerd) en diverse polders (Gelder, Ruigenhoek, Hooge Kamp, Vechteren en Oudwulverbroek). Er zijn drie duidelijk te onderscheiden deelgebieden: de laaggelegen venige gronden op fijn zand rond Groenekan en Maartensdijk, de hooggelegen bosrijke duingronden rond Bilthoven en Zeist, de laaggelegen kleigronden rond De Uithof, Bunnik en Odijk. De lage gronden variëren in hoogte van 0 tot +2 mNAP, de hoge gronden van 2 tot +20 mNAP. De peilen liggen daarentegen in het hele gebied tussen 0 en +2 mNAP. Kwelmilieus zijn hier nagenoeg verdwenen als gevolg van grondwateronttrekkingen.

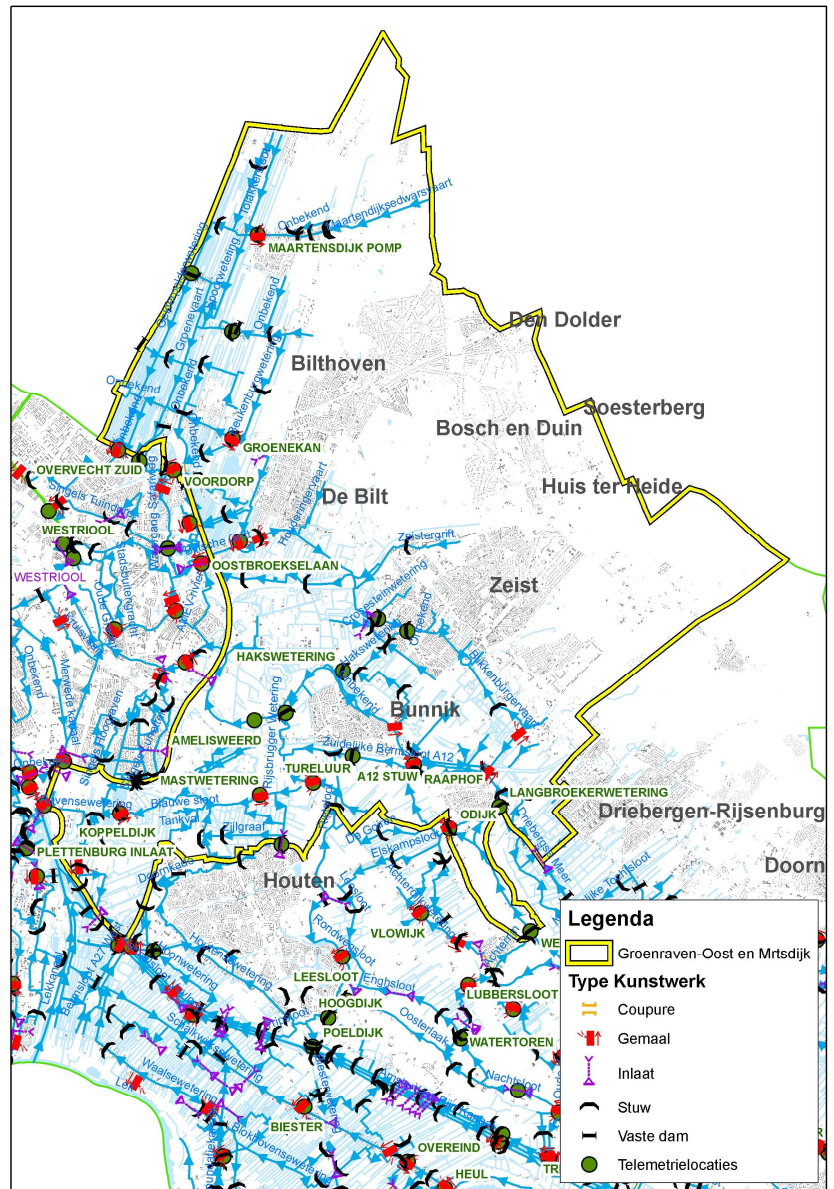
Vanwege het grote peilverschil van de drooggelegde Bethunepolder met de omgeving is rond deze polder zelfs een brede wegzijgingszone ontstaan.

5.2.2 Afvoer

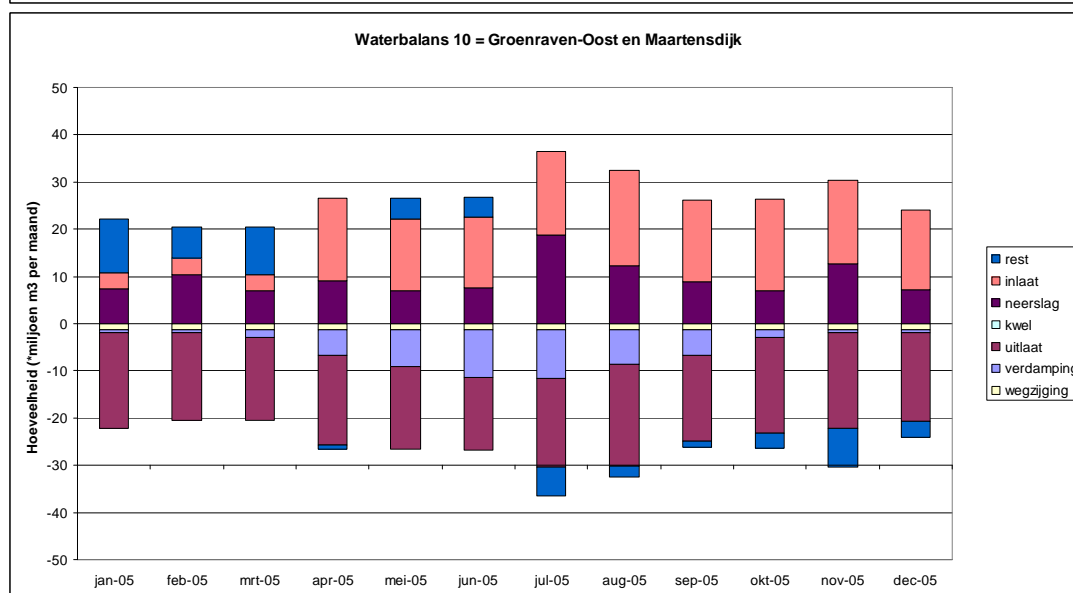
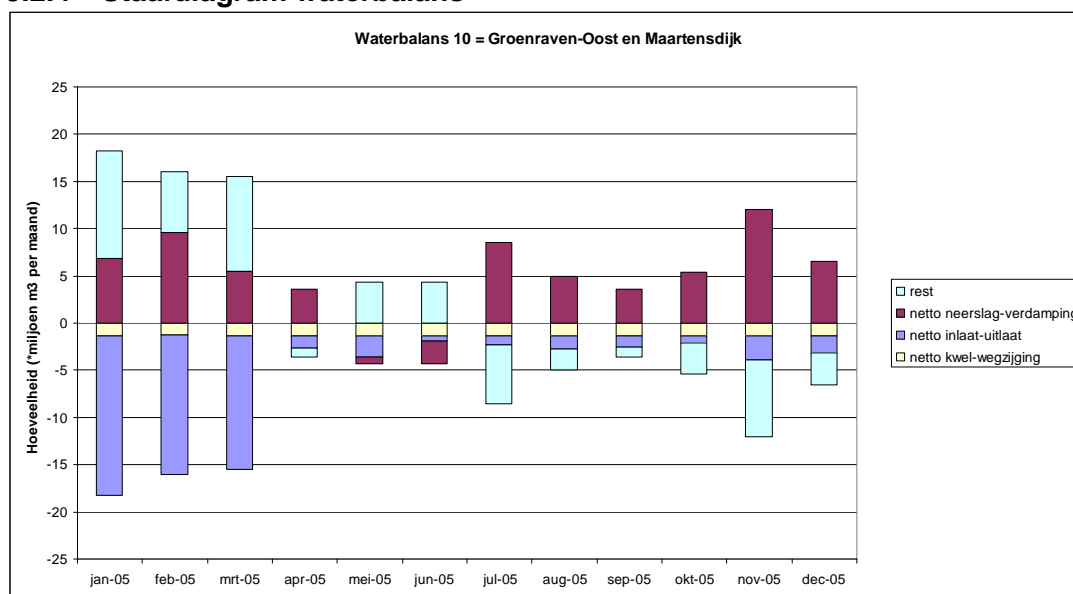
Via de Gelderpolderwetering gaat het water uit Maartensdijk richting de Vecht. De Biltsche Grift en de Hakswetering zorgen voor afvoer van Heuvelrug richting Utrecht. Het Kanaal door de Hoge Landen voert het water uit achterliggend gebied af op het Amsterdam-Rijnkanaal.

5.2.3 Aanvoer

Via de Groenevaart wordt water uit Utrecht richting Maartensdijk gebracht. De Kromme Rijn zorgt zowel voor aanvoer als afvoer.



5.2.4 Staafdiagram waterbalans



5.2.5 Analyse van de waterbalans

De eerste 3 maanden van 2005 zijn er geen gegevens van de debieten bij stuw Werkhoven. Niettemin zal het debiet waarschijnlijk rond de 15 miljoen m³ per maand liggen en dan is de restpost minder opmerkelijk. Het beeld geeft bovendien goed weer, dat de Kromme Rijn het meeste water doorvoert naar andere deelgebieden.

Er liggen twee onbemeten stuwen op de grens met het balansgebied Kromme Rijn.

5.2.6 Conclusies en aanbevelingen

De uitwisseling van water tussen dit balansgebied en Stad Utrecht is onoverzichtelijk. Bij de Groenevaart en de Biltsche Grift is onbekend hoeveel water wordt ingelaten of uitgelaten. Meting is nodig bij gemaal Sandwijkstraat en de stuw in de Rijkswegsloot A28.

5.3 Waterbalans Langbroekerwetering en Heuvelrug

5.3.1 Gebiedsbeschrijving

Het balansgebied ligt in het noordoosten van het waterschap en ligt aan de voet van de Utrechtse Heuvelrug. Op de talloze landgoederen liggen kleine natuurgebieden, bestaande uit bosrijke percelen en grasland. Bekende landgoederen zijn: Kolland, Sandenburg, Moersbergen, Sterkenburg en

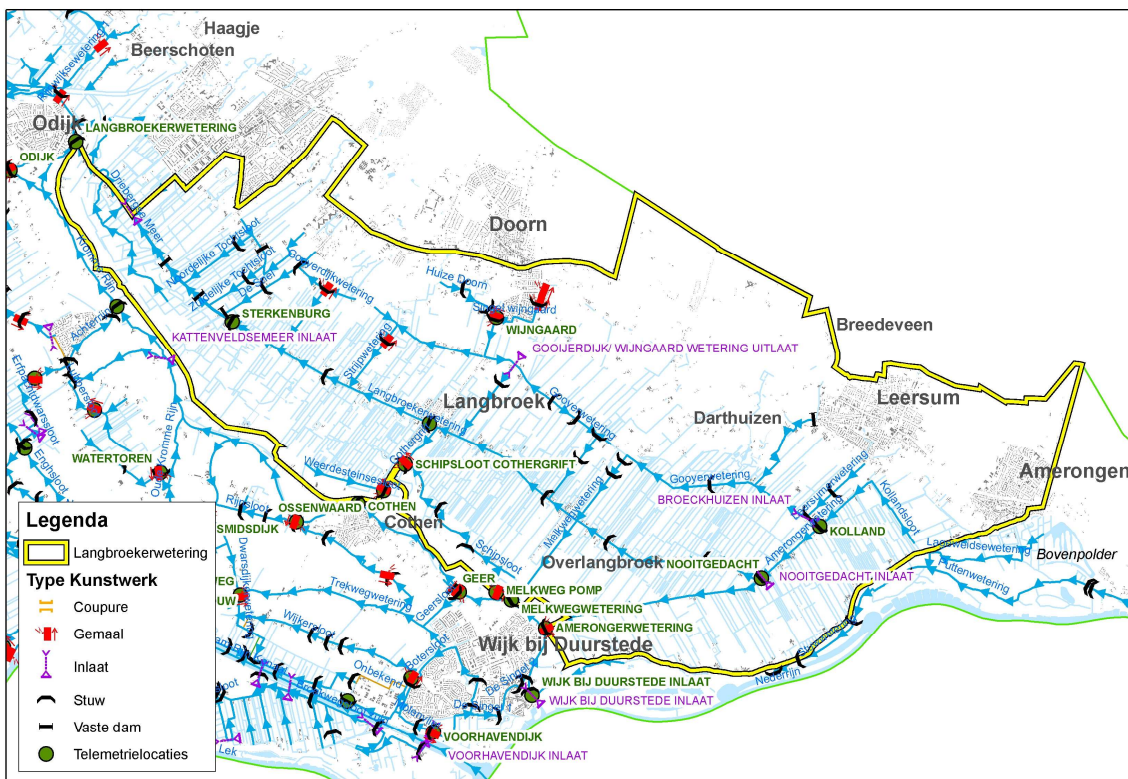
Beverweert. De bodem bestaat uit zandige formaties bij de Heuvelrug en gaat geleidelijk over in kleiige formaties richting De Kromme Rijn. De Langbroekerwetering doorkruist bovendien enkele veenformaties. Het reliëf wordt gekenmerkt door de flank van de Utrechtse Heuvelrug met afwatering onder vrij verval van ruim 15 meter +NAP tot aan de Langbroekerwetering op 2-4 meter +NAP.

5.3.2 Afvoer

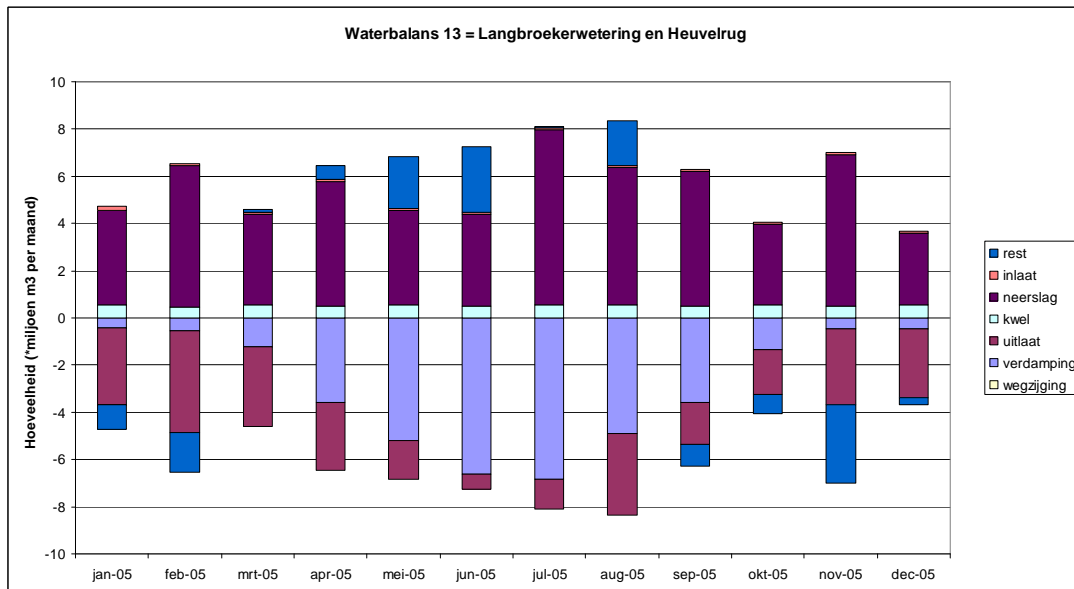
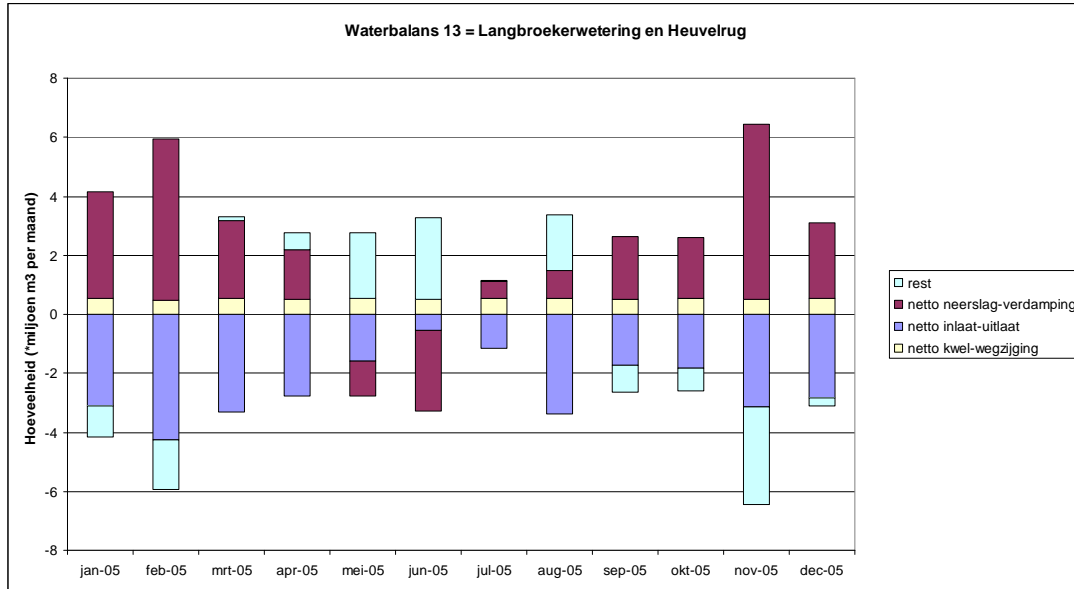
Via de Langbroekerwetering, de Cothergrift, de Melkwegwetering en de Amerongerwetering kan water naar de Kromme Rijn afgevoerd worden. Het gebied watert hoofdzakelijk onder vrij verval af.

5.3.3 Aanvoer

Via de Schipsloot en de Amerongerwetering kan water vanuit de Kromme Rijn het gebied ingepompt worden. Met behulp van de vele stuwen kan wel water vastgehouden worden dat anders vrij zou afwateren.



5.3.4 Staafdiagram waterbalans



5.3.5 Analyse van de waterbalans

Het is opvallend dat in de zomermaanden zowel de afvoer als de verdamping dominant zijn. Voor zover bekend zijn er geen onbemeten plekken. De restpost lijkt dus niet hiermee verklaard te kunnen worden. Het gebied staat bekend om zijn schone kwelwater, maar de hoeveelheid lijkt in de balans sterk onderschat.

5.3.6 Conclusies en aanbevelingen

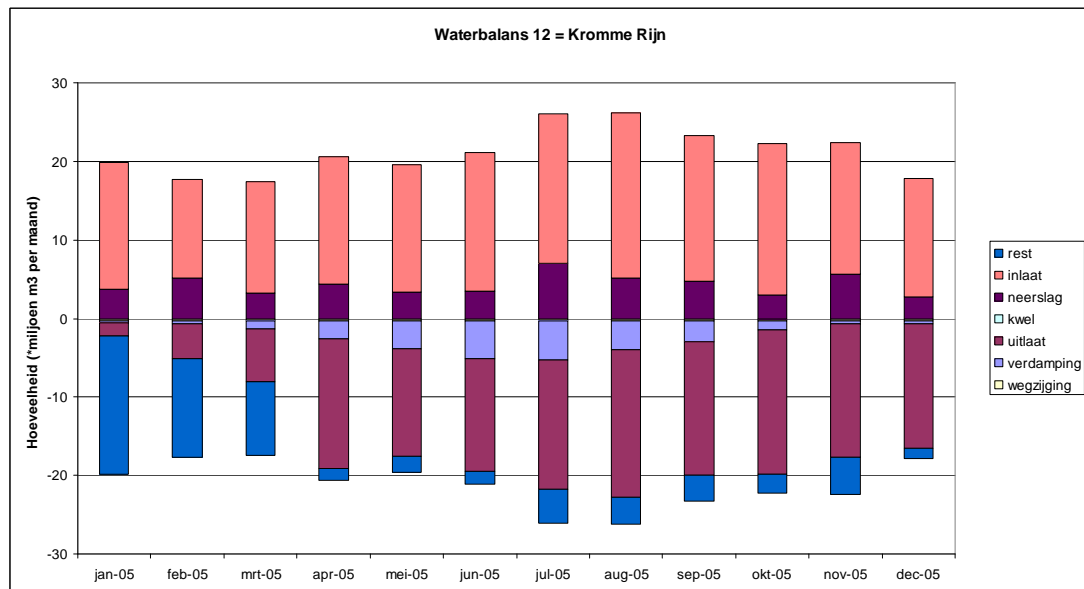
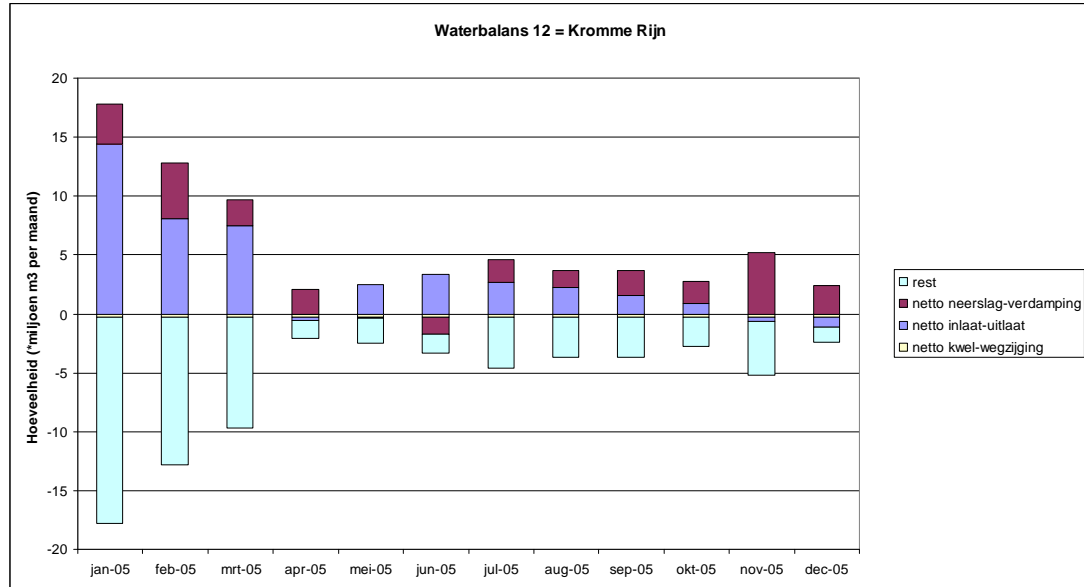
Beter inzicht krijgen in de hoeveelheid en temporele variatie van kwel en wegzijing binnen het deelgebied.

5.4 Waterbalans Tussen Kromme Rijn en Amsterdam-Rijnkanaal

5.4.1 Gebiedsbeschrijving

Het balansgebied ligt in het oosten van het waterschap en bevat de volgende polders: De Hoon, Vlowijk en Lage Maat. Het gebied wordt gekenmerkt door kleiige bodems met overal oude stroomruggen (zie intermezzo en [Bijlage 12](#)) in de ondergrond. Enkele oude meanders die afgesneden zijn, zijn nog duidelijk zichtbaar in het landschap. De gebieden buiten de stroomruggen liggen veelal lager. Het gebied loopt vanuit het oosten af naar het westen met een hoogteverschil van ongeveer 4 meter. Het landgebruik is overwegend fruitteelt en grasland. In het stedelijk gebied van

5.4.4 Staafdiagram waterbalans



5.4.5 Analyse van de waterbalans

De eerste 3 maanden van 2005 zijn er geen gegevens van de debieten bij stuw Werkhoven. Niettemin zal het debiet waarschijnlijk rond de 15 miljoen m³ per maand liggen en dan is de restpost minder opmerkelijk. Het beeld geeft bovendien goed weer, dat de Kromme Rijn het meeste water doorvoert naar andere deelgebieden.

De gemalen Hoon-Oost en Hoon-West worden niet bemeten, maar lozen wel regelmatig water op het Amsterdam-Rijnkanaal. De afvoer van het stedelijk gebied via twee stuwen die daar in de buurt liggen, wordt evenmin geregistreerd. Bovendien liggen er een aantal onbemeten stuwen op de grens met het balansgebied Groenraven-Oost en Maartensdijk.

5.4.6 Conclusies en aanbevelingen

Bepalen van de debieten bij de onbemeten stuwen langs het Amsterdam-Rijnkanaal en het centraal ontsluiten van de maalsteden van Hoon-Oost en Hoon-West. Ook is het handig om metingen van de stuwen op de grens met Groenraven uit te voeren.

5.5 Waterbalans Honswijk

5.5.1 Gebiedsbeschrijving

Het balansgebied is gelegen in het zuidoosten van het waterschap en bevat de volgende polders: de Wiers, de Geer, de Knoest, Vuylcop, Schalkwijk, Biester, Tull en 't Waal, Blokhoven, Honswijk en Wijkerbroek.

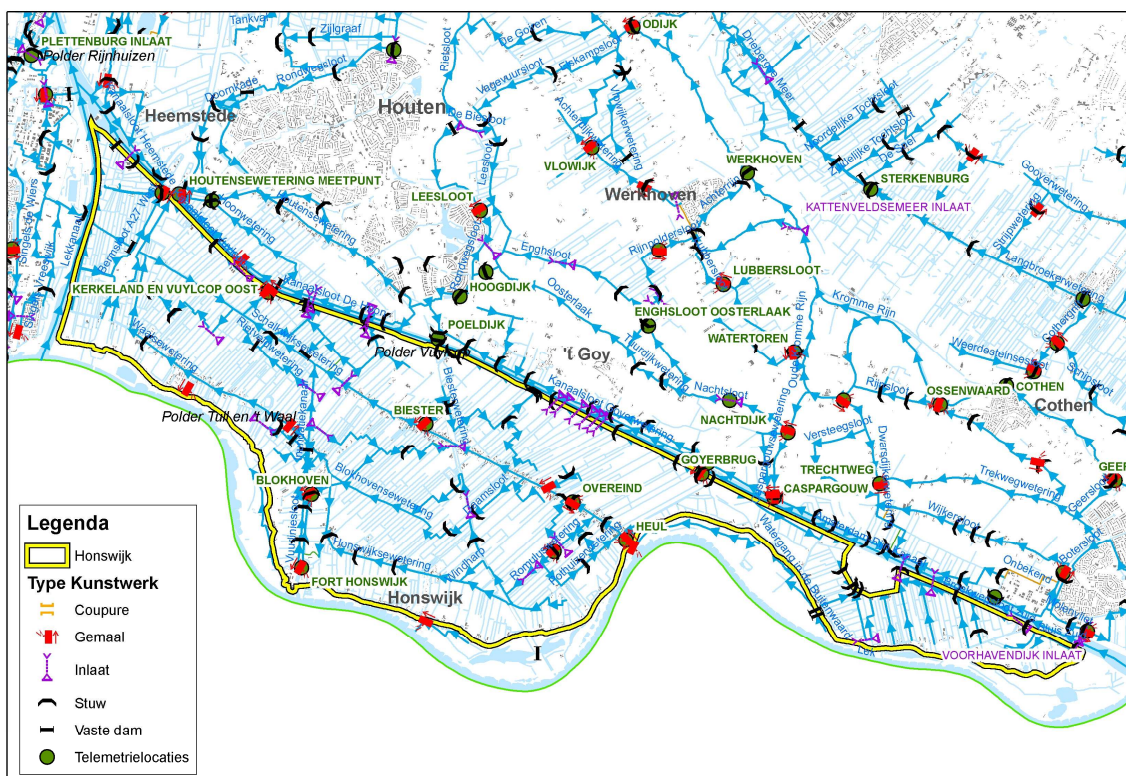
Het gebied bestaat voornamelijk uit kleipolders met in de ondergrond een aantal oude stroomruggen uit 7 verschillende perioden (zie [Bijlage 12](#)). Polder Wijkerbroek is door zo'n stroomrug zichtbaar gescheiden van de rest van het gebied. Het noordwesten ligt ruim 2 meter lager dan het zuidoosten van het gebied. De peilen volgen veelal de hoogte van het maaiveld, waardoor langs het Amsterdam-Rijnkanaal de peilen lager zijn dan langs de Lekdijk. Het landgebruik bestaat hoofdzakelijk uit grasland en fruitteelt.

5.5.2 Afvoer

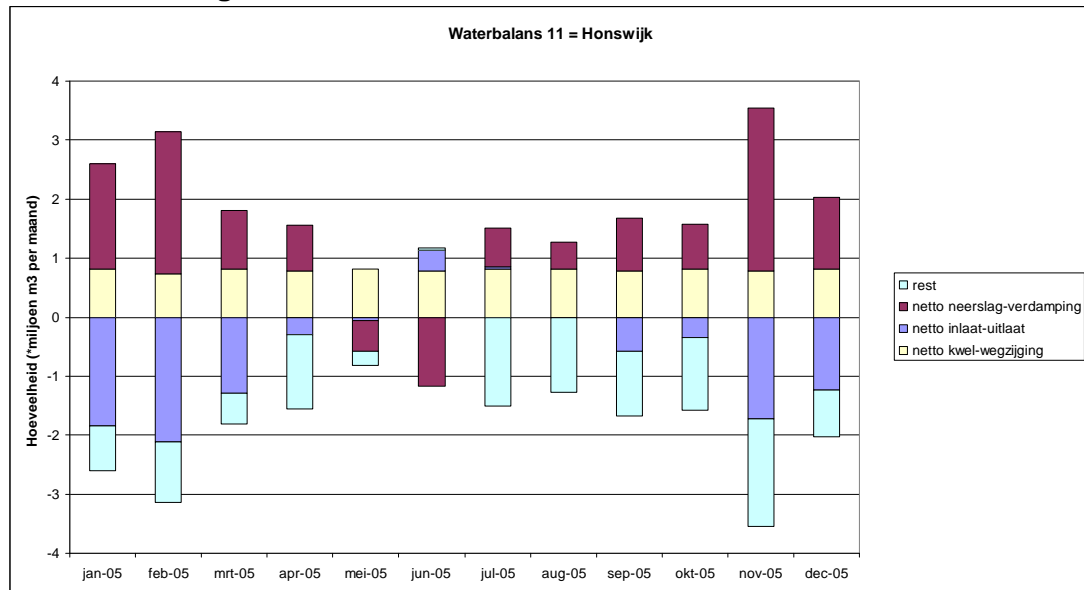
De belangrijkste watergangen in dit deelgebied zijn de Schalkwijksewetering en het Inundatiekanaal. Overtollig water wordt met de gemalen Kerkeland, Vuylcop-west en Vuylcop-oost op het Amsterdam-Rijnkanaal afgevoerd.

5.5.3 Aanvoer

Als gevolg van de drainerende werking van het Amsterdam-Rijnkanaal is met name in het oostelijk deel van het gebied de wateraanvoer van belang. Ten behoeve van wateraanvoer kan via het gemaal Kerkeland en het gemaal Goyerbrug vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal water worden opgemalen. Een klein gebied kan onder vrij verval vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal (en vanuit de voorhaven bij de prinses Irenesluis) van water worden voorzien.



5.5.4 Staafdiagram waterbalans



5.5.5 Analyse van de waterbalans

Uit bovenstaande grafieken blijkt dat de hoeveelheid kwel relatief groot is ten opzichte van het neerslagoverschot en het netto ingelaten water. Uit de grafiek is af te lezen dat vrijwel het hele jaar de totale balans een groot positief verschil toont.

Een aantal stuwen langs het Amsterdam-Rijnkanaal wordt niet bemeten, terwijl uit veldwaarneming wordt afgeleid dat deze stuwen constant water afvoeren.

Langs het Amsterdam-Rijnkanaal wordt de maalkolk vaak door diepe golven als gevolg van de scheepvaart in korte tijd leeggezogen, waardoor meer water langs de stuw of het gemaal onttrokken wordt dan geregistreerd.

5.5.6 Conclusies en aanbevelingen

Bepalen van de debieten bij de onbemeten stuwen langs het Amsterdam-Rijnkanaal. Dieper leggen van de "open" verbinding tussen Amsterdam-Rijnkanaal en dwarssloten, waardoor het effect van golven gedempt wordt.

5.6 Waterbalans Stad Utrecht

5.6.1 Gebiedsbeschrijving

Het centrale stadsgebied wordt gevormd door de kern van Utrecht. Van belang is om onderscheid te maken tussen het hoofdwaterstelsel en de deelgebieden in de stad die niet in open verbinding staan met het hoofdwaterstelsel. Het hoofdwaterstelsel met de Utrechtse Grachten wordt behandeld in de waterbalans boezem Utrecht/Hollandse IJssel. De stadswateren van Utrecht zorgen voor de afvoer vanuit de Kromme Rijn en Hollandse IJssel/Vaartse Rijn naar de Vecht en het ARK. Alle kunstwerken die behoren tot het boezemwater worden in deze balans dus niet meegenomen.

Het laagste peil dient ter voorkoming van schade aan funderingen, wegen en scheefhangende woonboten. Boven het hoogste peil kunnen er problemen optreden door onderlopende kelders en souterrains en is de doorvaarthoogte van de vaste bruggen te beperkt. In het noorden wordt dit gebied begrenst door het landelijk gebied. Het centrale stadsgebied wordt gekenmerkt door grote oppervlakken aaneengesloten bebouwde gebieden. De parken, stadswateren en groengebieden aan de stadsranden zijn zones met meer recreatieve grondgebruiksvormen. In de wijken aan de randen is meer open water te vinden dan in het binnenstedelijk gebied. Ten oosten (Uithof) en ten zuidwesten van Utrecht zijn kwellocaties aanwezig, welke gevoed worden met het neerslagoverschot dat tot infiltratie komt op de Utrechtse Heuvelrug. Het watersysteem van het centrale stadsgebied wordt in belangrijke mate gedomineerd door het Merwedekanaal, de Vaartsche Rijn, de Kromme Rijn en de Stadsgrachten die allen deel uitmaken van het hoofdwaterstelsel. De huidige situatie in het centrale stadsgebied hangt dan ook nauw samen met het functioneren van het hoofdwaterstelsel. De stad Utrecht ligt bijna volledig op een oude stroomrug van de Rijn dit is goed te zien in het grachtenpeil dat aanzienlijk lager ligt dan het maaiveldniveau in de stad.

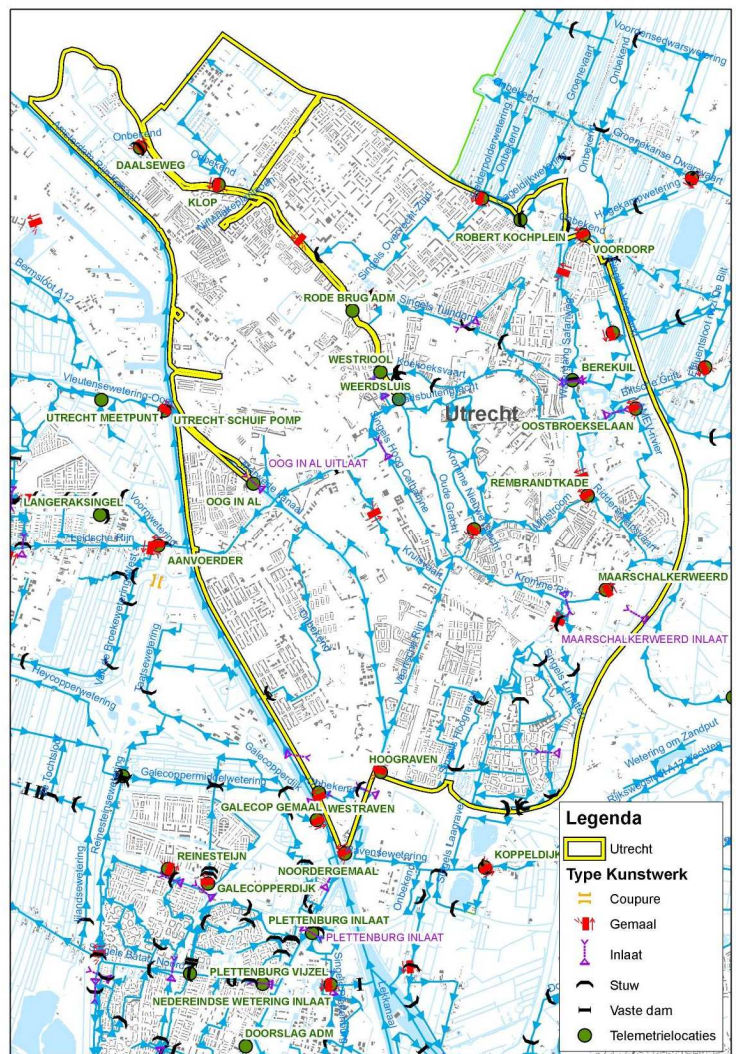
5.6.2 Waterafvoer

In de deelbalans staan geen afvoerende stuwen die aangesloten zijn op telemetrie. Ook de bestrating in de stad zal een klein aandeel van de neerslag via oppervlakkige afstroming afvoeren naar de stadswateren. Dit is echter geen substantieel deel van de afvoer en wordt dus buiten beschouwing gelaten.

De stuw van de Daalseweg is niet aangesloten op telemetrie waardoor de afvoer niet bekend is. De stuw die de afwatering van Kanaleneiland verzorgt is ook onbemeten. Ook de stuw die de afwatering verzorgt vanuit Overvecht naar de Vecht is niet bemeten. Tot slot is een klein gemaal Vechtdijk in Overvecht ook niet bemeten

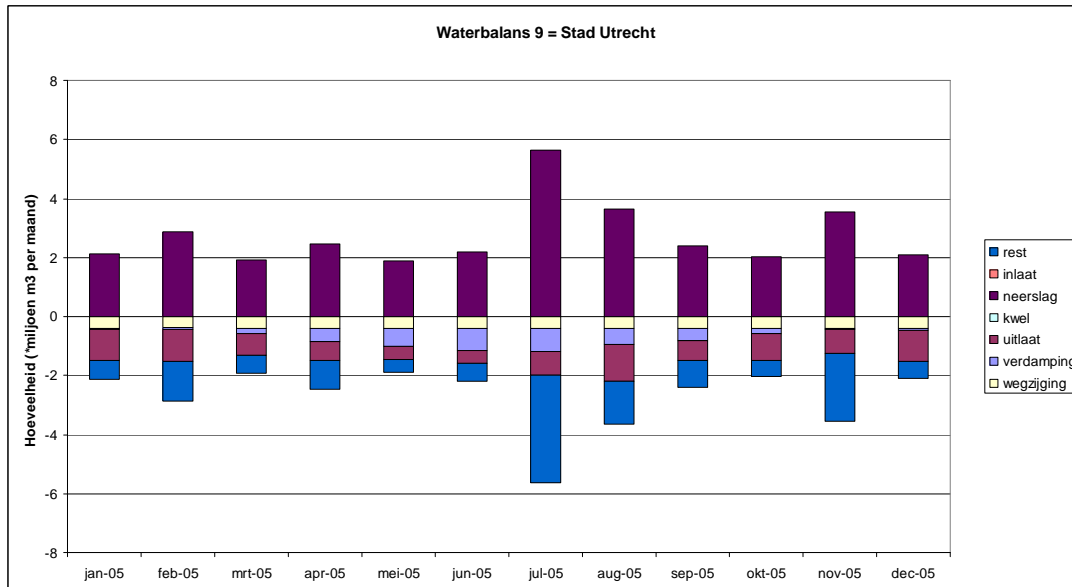
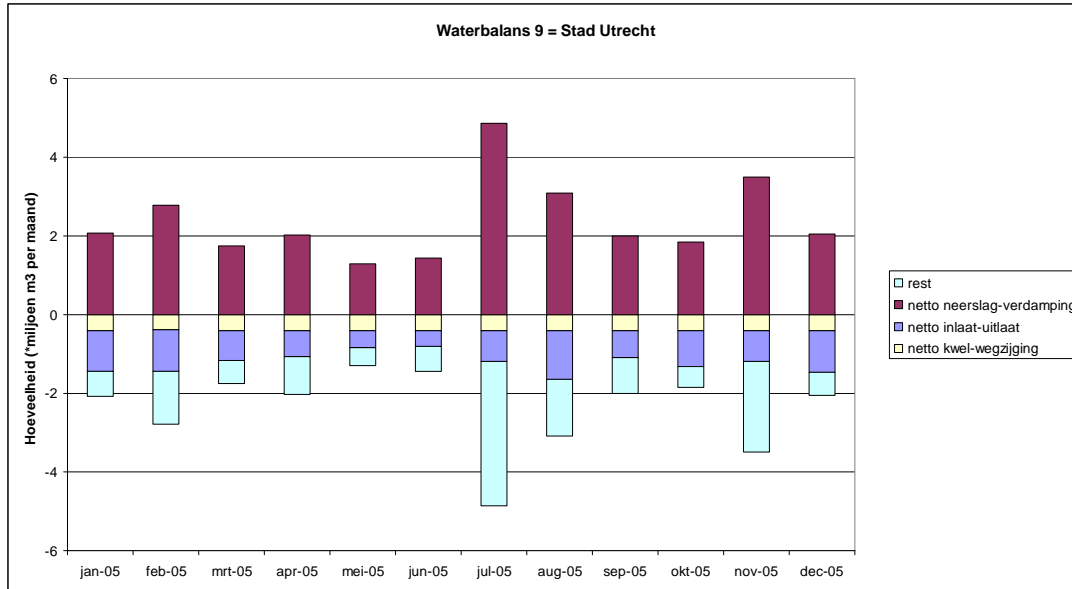
5.6.3 Wateraanvoer

De watergangen in Kanaleneiland zijn peilgereguleerd door een inlaat vanuit het Merwedekanaal die onbemeten is. Via gemaal Overvecht Zuid en Robert Kochplein gaat de afvoer vanuit Maartensdijk naar de onbemeten eindstuw in Overvecht naar de Vecht. Voor een goede balans van Overvecht moet in het vervolg het verschil tussen de aanvoer vanuit Maartensdijk en de eindstuw Overvecht worden meegenomen.



De AMEV-rivier loop aan de oostkant van het watersysteem. Een deel hiervan loopt via Voordorp naar Maartensdijk en Overvecht, het andere deel gaat via Tuindorp en de onbemeten stuw Loevenhout naar de Vecht. Lunetten en Hooggraven worden onder meer gereguleerd door het onbemeten kunstwerk Rijndijk (gemaal en stuw).

5.6.4 Staafdiagram waterbalans



Opvallend is dat de restpost continu een negatief getal geeft. Voor deze balans komt dit vooral doordat er een constant neerslag overschot is dat niet aan de afvoerkant wordt verwerkt. Verklaring kan zijn dat er geen enkele stuw bemeten is. Vooral de eindstuwen Kanaleneiland en Overvecht leveren waarschijnlijk grotere hoeveelheden debiet die onbekend zijn. Qua bemalen afvoer zorgt gemaal Hooggraven voor de grootste hoeveelheden.

5.6.5 Conclusies en aanbevelingen

Er zijn heel veel punten waar op dit moment niet gemeten wordt aan de afvoer van de neerslag. Het meten van de eindstuwen in Overvecht, Kanaleneiland zal de eerste prioriteit hebben. Door volgend jaar ook het nieuwe gemaal Maarschalkerweerd mee te nemen is meer informatie van het zuidelijke deel beschikbaar.

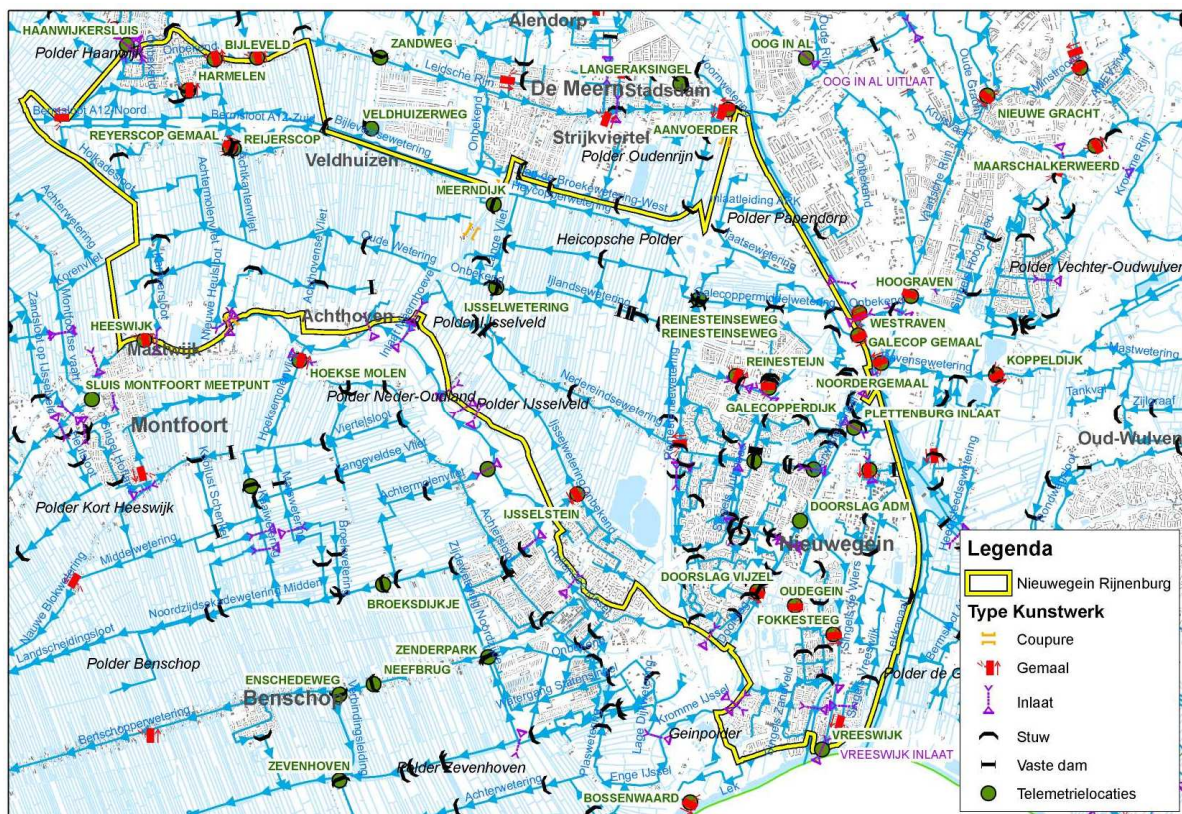
Doordat er op veel plaatsen niet gemeten wordt of bekend is, is de betrouwbaarheid van deze balans niet erg hoog. Opvallend is dat de afvoer van de RWZI bijna 50 % van de totale uitpost en zelfs 80%

van de bemalen afvoer voor zijn rekening neemt, mochten er op de andere punten worden gemeten dan zal het plaatje er heel anders uitzien.

5.7 Waterbalans Nieuwegein-Rijenburg

5.7.1 Gebiedsbeschrijving

Dit gebied wordt begrensd door de wijk Leidsche Rijn, het Amsterdam-Rijnkanaal en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel. Het gebied is een rivierkleigebied bestaande uit laaggelegen komgebieden en hoger gelegen stroomruggen (zie [Bijlage 12](#)). In de komgebieden is grasland de belangrijkste vorm van grondgebruik. Polder Bijleveld is een veengebied. De laaggelegen polders Heicop en Reyerscop zijn gebieden met kwel. Op de lichtere hogere gronden langs de Leidsche Rijn en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel (stroomruggen) bevindt zich onder meer bebouwing, fruitteelt en glastuinbouw. In het zuidoosten ligt het stedelijke gebied Nieuwegein, IJsselstein waar het waterpeil gereguleerd wordt door een groot aantal stuwen en een paar gemalen. Het beheer van het watersysteem is gericht op het realiseren van een optimaal waterpeil ten behoeve van het land-, tuin- en bosbouwkundig bodemgebruik. In het gebied komt lokaal kwel voor dat voor een deel afkomstig is van op de Heuvelrug infiltrerende neerslag. Ook vanuit de Leidsche Rijn treedt kwel op. Het zuidelijk deel (Heicop en Bijleveld) is als hydrobiologisch waardevol betiteld en wordt gevoed door zoete kwel.



5.7.2 Waterafvoer

Het deelgebied wordt, op het gedeelte van de kern Nieuwegein ten zuidoosten van de Doorslag na, bemalen. Het overgrote deel van het gebied watert (direct of via het hoofdwaterstelsel) uit op het Amsterdam-Rijnkanaal. De zuidzijde van de kern Nieuwegein slaat overtollig water uit op de Gekanaliseerde Hollandse IJssel.

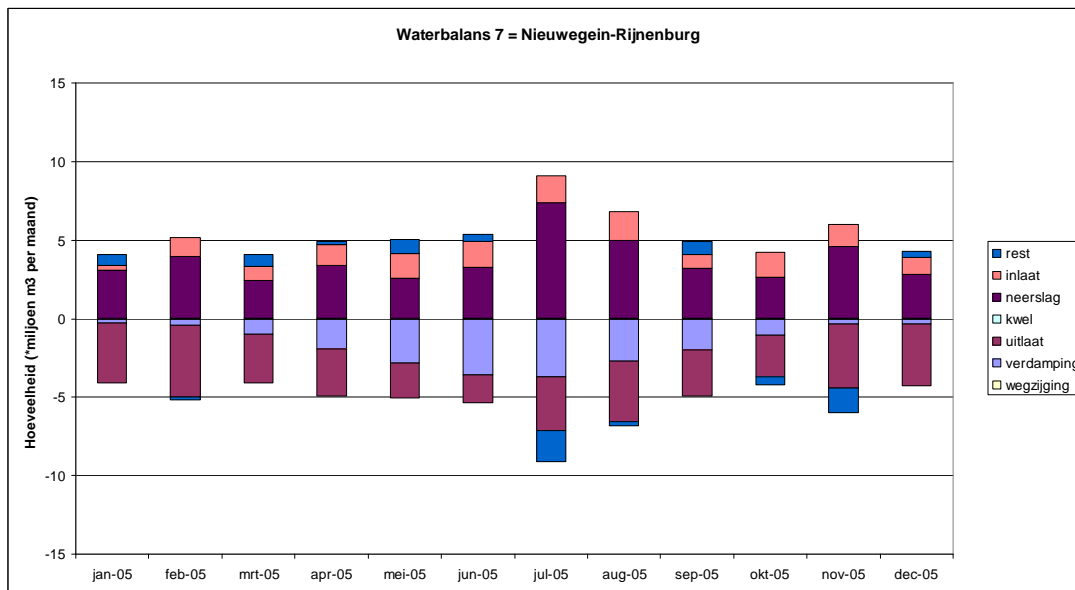
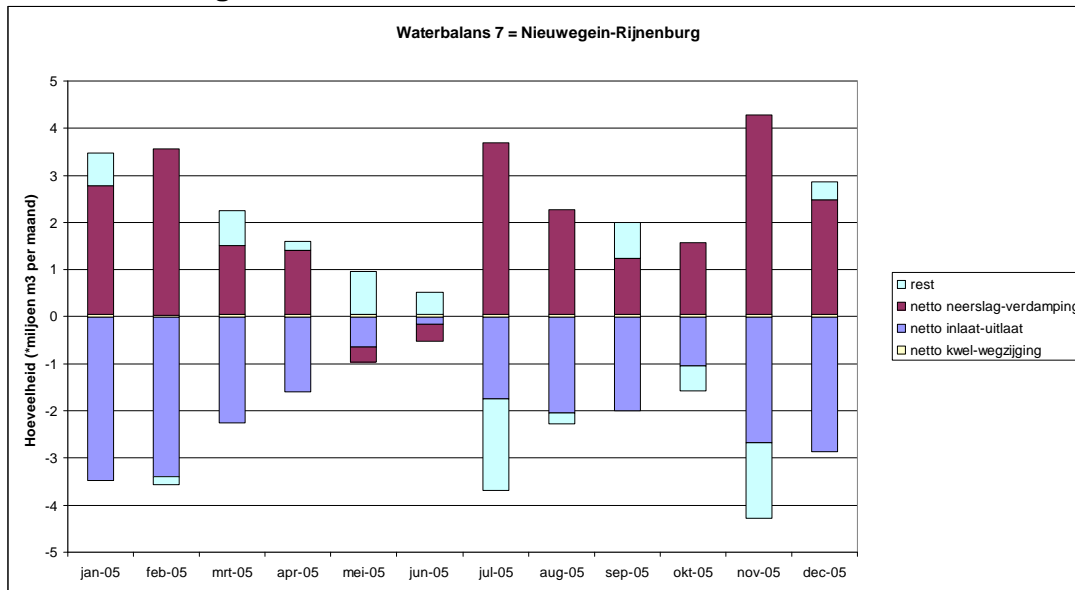
De stedelijke kernen Nieuwegein, IJsselstein en Harmelen worden bemalen. Hierdoor kan water in het omliggende gebied worden geborgen, zonder dat dat gevolgen heeft voor de binnen de kernen aanwezige bebouwing.

5.7.3 Wateraanvoer

Het gebied ten zuiden van de Leidsche Rijn wordt van water voorzien vanuit de Gekanaliseerde Hollandse IJssel. De kern Nieuwegein vanuit de Gekanaliseerde Hollandse IJssel, de Doorslag, het

Merwedekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal. In de stedelijke kernen Nieuwegein en IJsselstein wordt om kwalitatieve redenen extra water ingelaten om te kunnen doorspelen.

5.7.4 Staafdiagram waterbalans



5.7.5 Analyse van de waterbalans

De inlaten in dit gebied bevinden zich voornamelijk in het zuiden vanuit de Hollandse IJssel. De gemalen staan in het oosten en noorden en malen de overtollige neerslag weg. De stromingsrichting is dus hoofdzakelijk noord oost gericht.

Het valt op dat indien er veel neerslag is gevallen de restpost significant toeneemt. Een aanzienlijke hoeveelheid water gaat dan uit het systeem. Een verklaring hiervoor kan zijn dat er een paar extra onbemeten uitlaten zijn die onder vrij verval kunnen lozen op Amsterdam-Rijnkanaal, Hollandse IJssel en Leidsche Rijn. Kwel en wegzijing spelen in dit gebied een marginale rol op de totale balans

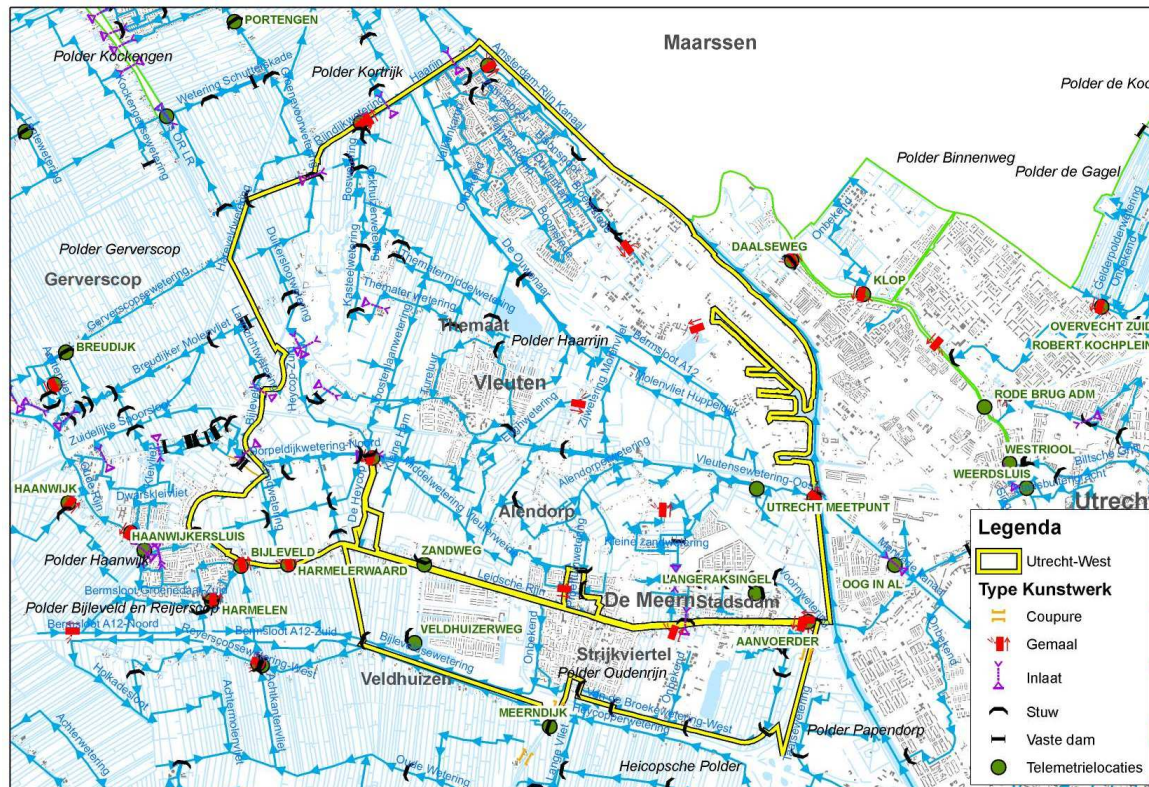
5.7.6 Conclusies en aanbevelingen

Het meten en inventariseren van de inlaten aan de kant van de Hollandsche IJssel. Beter inzicht krijgen in de onbemeten uitwisseling met de balans van de Leidsche Rijn aan de noordkant.

5.8 Waterbalans Leidsche Rijn

5.8.1 Gebiedsbeschrijving

De waterbalans van de Leidsche Rijn wordt buiten beschouwing gelaten aangezien er veel veranderingen plaatsvinden in dit systeem en grote delen van dit systeem nog niet bemeten worden. Het watergebied van de Leidsche Rijn wordt doorsneden door de waterloop de Leidsche Rijn. Aan de zuidkant wordt het gebied grotendeels begrensd door de A12, aan de west kant door het ARK. In het noorden door de Haarrijn die overgaat in bedijkt gebied van de polders Tol, Gerverscop en Oudeland en Indijk. In het zuid oosten liggen de grenzen diffuser en is er meer onbemeten uitwisseling met de balans van Nieuwegein Reinenburg. De inrichting van het nieuwe watersysteem wordt zodanig dat het weinig gebiedsvreemd water nodig heeft.



5.8.2 Analyse van de waterbalans

Aangezien dit watersysteem in 2005 nog niet voldoende is ingericht valt er geen uitspraak te doen over de waterbalans van dit gebied. De vormgeving van het watersysteem in deze nieuwbouwlocatie wordt door de gemeente in nauw overleg met het waterschap uitgevoerd.

Voor een volledige balans inclusief de waterloop Leidsche Rijn is het noodzakelijk om het debiet te meten bij Haanwijk en de Aanvoerder. Bij de sluis Haanwijk ligt het inlaatpunt richting de Oude Rijn, bij de Aanvoerder staat de Leidsche Rijn in open verbinding met het ARK.

5.8.3 Conclusies en aanbevelingen

Aandachtspunt bij een volgende waterbalans is de controle in hoeverre het systeem zelfvoorzienend is.

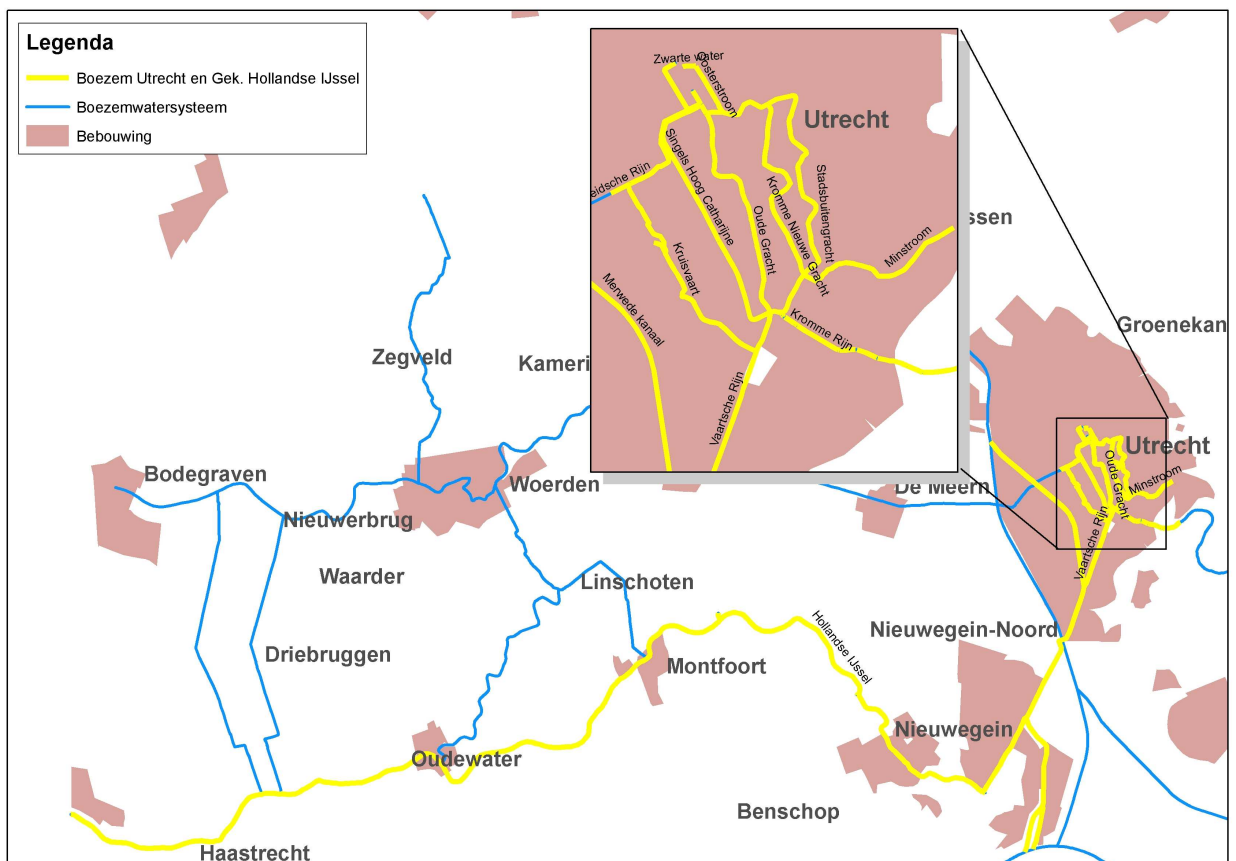
Een criterium vaststellen wanneer er wel voldoende meetpunten zijn om een goede balans op te kunnen stellen.

5.9 Waterbalans deel Hoofdwaterstelsel Stadswateren Utrecht en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel

5.9.1 Gebiedsbeschrijving

Deze balans bestaat uit het hoofdwaterstelsel centraal gelegen in het beheersgebied van de Stichtse Rijnlanden en omvat de Stadswateren Utrecht en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel (GHIJ). De stadswateren van de stad Utrecht staan in directe verbinding met de Gekanaliseerde Hollandse IJssel. Het watersysteem wordt in belangrijke mate gedomineerd door het Merwedekanaal, de Vaartsche Rijn, de Kromme Rijn, de Stadsgrachten en de Gekanaliseerde Hollandse IJssel (GHIJ). Ook hebben de Lek en de Hollandse IJssel een grote invloed op dit systeem vanwege de getijdewerking. De grenzen van dit balansgebied liggen op de locaties in de hiervoor benoemde wateren: Amelisweerd, Vreeswijk, de Weerdsloop, Oog in Al en de Waaiersloop.

De stadswateren van Utrecht en de Hollandse IJssel hebben een vast streefpeil van NAP +0.58 m. Het systeem van wateraan- en afvoer is erop gericht een waterstand te realiseren die niet lager is dan NAP +0.50 m en niet hoger is dan NAP +0.65 m, waarbij zoveel mogelijk peilschommelingen worden vermeden.



5.9.2 Waterafvoer

Het stadswater van Utrecht wordt onder normale omstandigheden naar de Vecht afgevoerd, gemiddeld 4,5 m³/sec voor doorspoeling ter verbetering van de waterkwaliteit op de Vecht. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de spuischijf van de Weerdsloop, de Oosterstroom en het Westriool. In perioden van wateroverschot wordt dit peil geregeld met de schuiven in de Spuisloop Oog in Al, waarmee gespuid kan worden op het Amsterdam-Rijnkanaal. Normaal gesproken wordt water aangevoerd worden vanuit het hoofdwaterstelsel via de Kromme Rijn en Vaartsche Rijn. In 2005 is de debietmeter van de Rode Brug in de Vecht (tijdelijk) door Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht buiten werking gesteld wegens renovatie, waardoor de afvoer naar de Vecht niet meer gemeten wordt. De Weerdsloop en het Westriool leveren berekende debieten, terwijl de Oosterstroom in zijn geheel onbemeten is.

Een belangrijke bron van ongewenste afvoer zijn de lekverliezen van de diverse sluizen in de Utrechtse grachten en de GHJ. Het gaat om de Noorder- en Zuidersluis, de Weerdsluis en de Waaiersluis. De inschatting is dat deze lekverliezen kunnen oplopen tot 2 m³/s. In perioden van wateroverschot wordt het peil ook geregeld met de schuiven in de Spuisluis Oog in AI, waarmee gespuid kan worden op het Amsterdam-Rijnkanaal.

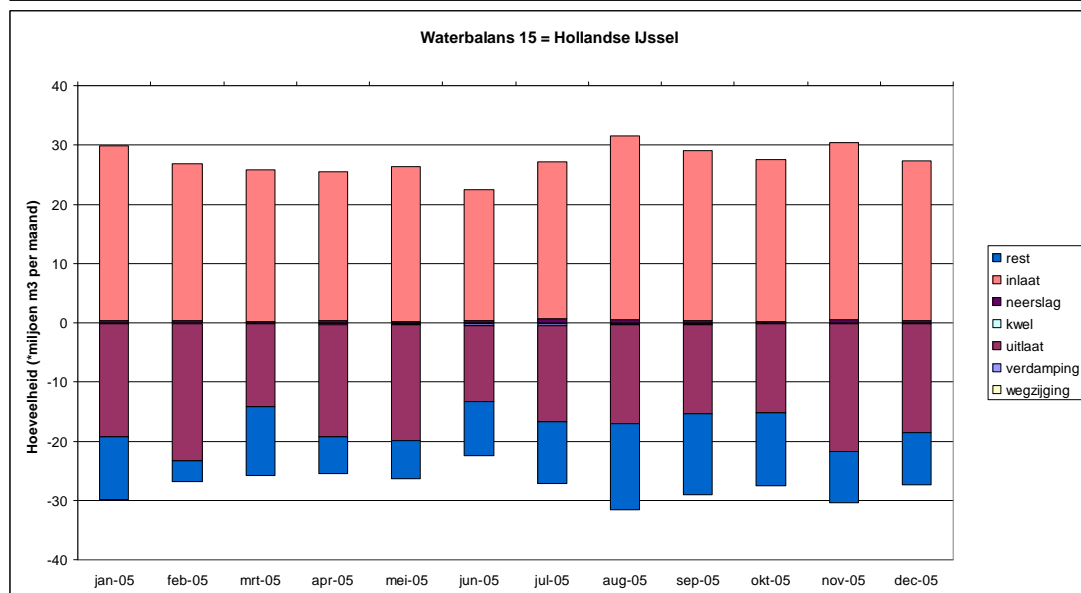
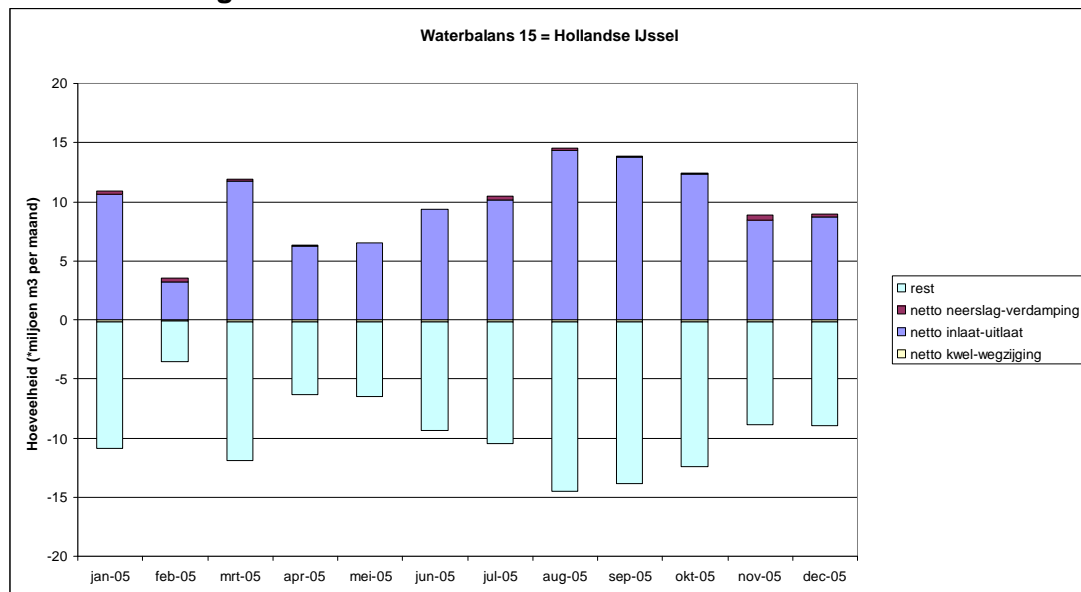
5.9.3 Wateraanvoer

Normaal gesproken wordt water aangevoerd vanuit het hoofdwaterstelsel via de Kromme Rijn en Vreeswijk. Op de boezem wordt overtollig water uit de aangrenzende deelgebieden uitgemalen en bij watertekort wordt er vanuit deze boezem water aangevoerd naar de aangrenzende deelgebieden. De grote gemalen die water uitslaan vanuit de Lopikerwaard en de kleinere gemalen vanuit de stadskern Nieuwegein zorgen voor aanvoer op de Hollandse IJssel. In tijden van watertekort kan het Noordergemaal worden aangezet waardoor er 6 tot 12 m³/s extra wordt aangevoerd.

5.9.4 Doorspoeling

Het stadswater wordt continu verversd door aanvoer vanuit de Kromme Rijn en de Lek. In de stagnante delen van het stadswater staan een aantal gemalen om stroming te creëren. De doorspoeling van de Nieuwe Gracht vindt plaats met behulp van gemaal Nieuwe Gracht. Gemaal Kruisvaart zorgt voor doorspoeling van de Kruisvaart. De Rembrandtkade wordt doorgespoeld door het gemaal Rembrandtkade.

5.9.5 Staafdiagram waterbalans



5.9.6 Analyse van de waterbalans

De restpost van deze balans is voor alle maanden opvallend groot te noemen. De niet verklaarde restpost bedraagt per maand tussen de 2.5 miljoen en 15 miljoen kubieke meter. Waarbij in de wintermaanden de restpost minder groot is dan in de zomer en het najaar. Verklarende factoren die zorgen voor een negatieve restpost zijn de onbemeten inlaten richting Lopikerwaard, de lekverliezen van de vier grote sluizen, de onbemeten Oosterstroom richting de Vecht, en de mogelijk groter dan ingeschatte wegzijing. De inlaat is gedurende het jaar vrijwel continu, de uitlaat verschilt sterk per maand en er is geen seizoensvariatie te zien.

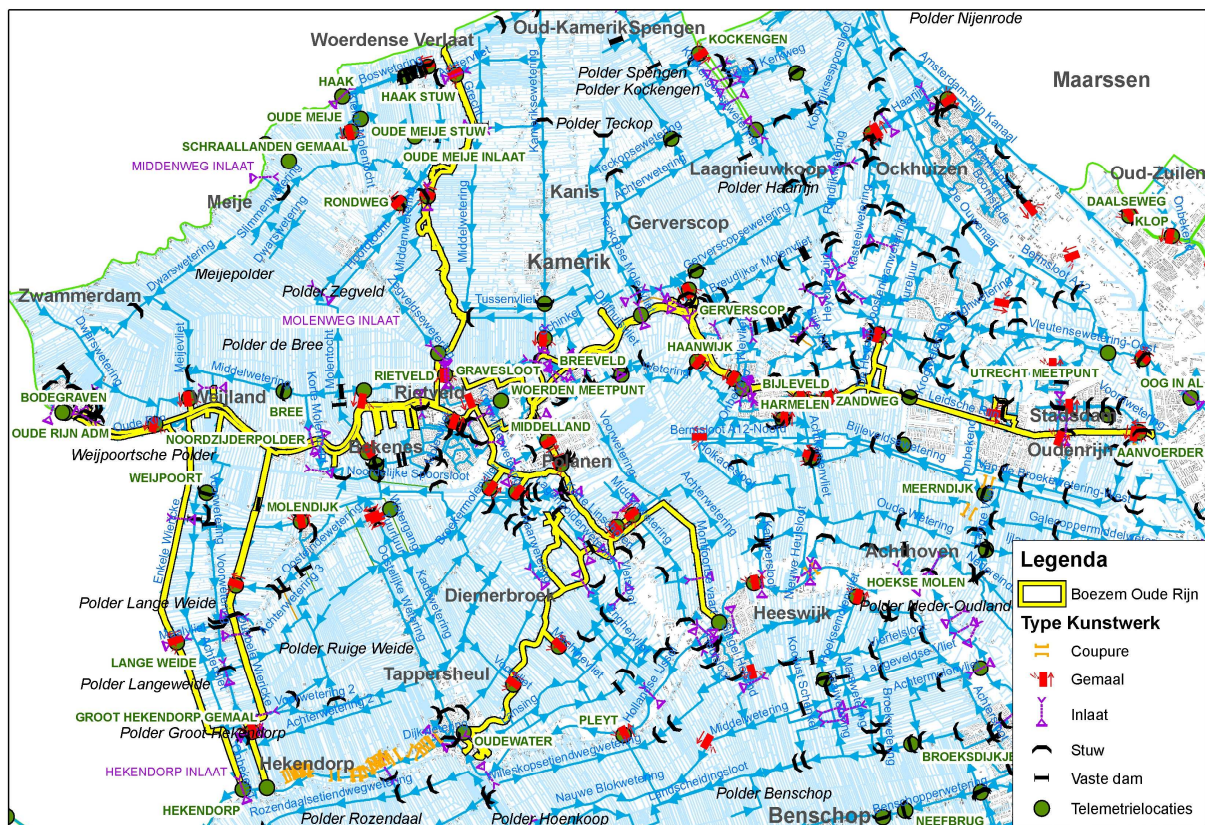
5.9.7 Conclusies en aanbevelingen

Onderzoek naar deze balans is zeer gewenst. De opdeling van deze balans in twee gebieden zal een eerste inzicht geven waar de grootste waterverliezen liggen; in en rond de stad Utrecht of op de Hollandsche IJssel. De knip kan worden gelegd bij de Doorslag waar al een debietmeter aanwezig is.

5.10 Waterbalans Boezem Oude Rijn

5.10.1 Gebiedsbeschrijving

Het balansgebied is gelegen in het midden van het gebied Oude Rijn en bestaat uit een takkenstelsel met de kern van Woerden als centrum. Het boezemgebied bestaat hoofdzakelijk uit boezemwateren met aanliggend boezemland. Het streefpeil in het gebied is -0,47 mNAP en varieert op de Lange Linschoten van -0,10 tot -0,60 tijdens afvoer bij Bodegraven. De boezem bestaat uit de volgende watergangen: Oude Rijn, Enkele en Dubbele Wiericke, Grecht, Kromwijkerwetering en Jaap Bijzerwetering, Korte en Lange Linschoten en de Montfoortsevaart. Het boezemgebied bestaat voornamelijk uit op de stroomrug gelegen boezemland en boezemkaden.



5.10.2 Aanvoer

Het balansgebied wordt van water voorzien uit een aantal hoofdinlaatpunten:

- de Haanwijkersluis.
- inlaat Oudewater op de Lange Linschoten;
- inlaat Hekendorp op de Enkele Wiericke;
- de Goejanvervellesluis op de Dubbele Wiericke;

Alle inlaten worden bemeten, behalve de Haanwijkersluis. Dit is juist de belangrijkste inlaat. Daarnaast slaan 21 gemalen hun water uit op dit boezemstelsel. Daarnaast lozen ook twee gemalen van Rijnland hun water op de boezem.

5.10.3 Afvoer

De afvoer vindt plaats via spuikoker naast de sluis Bodegraven. Als er meet water moet worden afgevoerd dan circa 8 m³/sec wordt er ook gespuid via de schuiven in de sluisdeuren van de sluis. Bij debieten boven de 15 m³/sec worden ook de deuren geopend.