
Waterbalans Noordzeekanaal/ Amsterdam-Rijnkanaal 1998-2000

Colofon

Uitgegeven door: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland

Informatie: Telefoon 023 530 1779

Uitgevoerd door: Ir. M.T. Brouwer

Nummer ANW-nota 03.12

Datum: 20 oktober 2003

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	7
1.1 Algemeen	7
1.2 Leeswijzer	7
2 Werkwijze	9
3 Overzicht gegevens	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland	11
3.3 Rijkswaterstaat Directie Utrecht	12
3.4 Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen	14
3.5 Waterschap Het Lange Rond	15
3.6 Waterschap De Waterlanden	16
3.7 Hoogheemraadschap van Rijnland	17
3.8 Waterschap Groot Haarlemmermeer	17
3.9 Dienst Waterbeheer en Riolering	17
3.10 Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	19
3.11 RWZI's	21
3.12 Industrie	22
3.13 Hoogwaterbemaling Reliant Energy	23
3.14 Schutverliezen	23
3.15 Neerslag en verdamping	25
3.16 Waterinname GWA	26
3.17 Berging	26
3.18 Overige balansposten	26
3.19 Overzicht van balansposten die niet zijn meegenomen	27
4 Sluitfout en kwaliteit van de waterbalans	29
4.1 Beschrijving database	29
4.2 Kwaliteit waterbalans - algemeen	30
4.3 Sluitfout op jaarbasis	31
4.4 Sluitfout op maandbasis	31
4.5 Sluitfout op dagbasis	32
4.6 Analyses	34
4.6.1 Verbetering sluitfout in de tijd	34
4.6.2 Sluitfout en meting/schatting	34
4.6.3 Sluitfout en neerslag	35
4.6.4 Sluitfout en aan- en afvoer	37
4.7 Mogelijke foutenbronnen	38
4.7.1 Controle: debiet bij Maarssen	39
4.7.2 Debietmetingen Lekkanaal en Wijk bij Duurstede	41
4.7.3 Debietmeting Schellingwoude	42
4.7.4 Debietmeting IJmuiden	43
4.7.5 Overige mogelijke foutenbronnen	46
5 Overzicht van de waterbalans	49
5.1 Waterbalans op jaarbasis	49
5.2 Waterbalans op maandbasis	54
5.3 Waterbalans op dagbasis	58

5.4	Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland en Directie Utrecht	58
5.5	Waterschappen	61
5.6	RWZI's	64
5.7	Neerslag	65
5.8	Berging	65
6	Conclusies en aanbevelingen	67
6.1	Vergelijking met waterbalans van 1997	67
6.2	Conclusies	67
6.3	Aanbevelingen	68
	Lijst van afkortingen en begrippen	71
	Literatuurlijst	73
	Bijlage 1 Codes	75
	Bijlage 2 Overzicht balansposten	81
	Bijlage 3 Gemalen van DWR	83
	Bijlage 4 Gemalen van HDSR	87
	Bijlage 5 Debietmeetpunten Wijk bij Duurstede en Lekkanaal	89
	Bijlage 6 Debieten Industrie Noordzeekanaal	91
	Bijlage 7 Berekening schutverliezen IJmuiden	93
	Bijlage 8 Sluitfout op dagbasis - grafieken	95
	Bijlage 9 In-posten op dagbasis – grafieken	97

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In dit rapport wordt verslag gedaan van de waterbalansen voor het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal (NZK/ARK) voor de jaren 1998, 1999 en 2000. De waterbalansen geven een overzicht van alle aan- en afvoeren naar en van de kanalen.

Het beheer van het NZK/ARK ligt bij Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland (NZK) en Directie Utrecht (ARK). Het kanaal wordt gevoed door een groot aantal gemalen, stuwen en andere aanvoerposten. Ook wordt water onttrokken. De grootste afvoer van water vindt plaats bij het spui- en maalcomplex in IJmuiden. Met een waterakkoord tussen Rijkswaterstaat en de omliggende hoogheem- en waterschappen is de aan- en afvoer van water naar en uit het kanaal geregeld [waterakkoord,1992].

Voor een goed beheer moet de waterbeheerder inzicht hebben in de waterbalansen. Het opstellen van de waterbalans heeft meerdere doeleinden:

- het vergroot het inzicht in het watersysteem NZK/ARK
- het is de basis voor de stoffenbalans
- het is een belangrijke input voor het Beslissings Ondersteunend Systeem (BOS), waarmee de inzet van kunstwerken wordt bepaald
- het vormt een controle op het naleven van het waterakkoord

Het streven is om de waterbalans sluitend te krijgen, dat wil zeggen dat alle in- en uit-posten met elkaar in evenwicht zijn. Maar ook wanneer dit niet geval is geeft de balans veel inzicht, bijvoorbeeld in de knelpunten, in de kwaliteit van de gegevens, in de oorzaak van de sluitfout. Dit rapport geeft een overzicht van deze aspecten.

Tot en met 1997 zijn reeds waterbalansen opgesteld. Met dit rapport wordt een inhaalslag gemaakt voor de jaren 1998-2000. Hierna zullen ook de balansen voor 2001 en 2002 worden opgesteld. Ten opzichte van de waterbalansen tot en met 1997 is een verbeter slag gemaakt. Alle gegevens zijn gestructureerd verzameld en in een database gezet. Hierdoor zijn ze goed toegankelijk.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op de werkwijze bij het opstellen van de waterbalansen. In hoofdstuk 3 wordt per beheerder danwel per balanspost ingegaan op de kwaliteit en de verwerking van de gegevens, en op het aanvullen van de ontbrekende waarden. Hoofdstuk 4 behandelt de kwaliteit van de balans en de sluitfout. Ook worden mogelijke foutenbronnen besproken. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de waterbalans. Onder andere het relatieve aandeel van de verschillende balansposten wordt hierin besproken. In hoofdstuk 6 worden conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 Werkwijze

In het waterakkoord tussen Rijkswaterstaat en de omliggende waterschappen is de zogeheten registratieplicht opgenomen. Dat wil zeggen dat de waterschappen verplicht zijn om de hoeveelheden water die zij aanvoeren naar of afvoeren uit (onttrekken aan) de kanalen, te registreren en jaarlijks te rapporteren aan Rijkswaterstaat. Naast de waterschappen zijn er ook nog andere aan- en afvoeren naar en van het kanaal, zoals bijvoorbeeld industriële lozingen, drinkwateronttrekking, en neerslag en verdamping direct op het kanaal. Ook heeft Rijkswaterstaat zelf enkele grote aan- en afvoerpunten in beheer.

In dit rapport worden eerst de balansposten per waterbeheerder behandeld, daarna volgen de overige posten. RWZI's en schutverliezen worden apart besproken en niet per waterbeheerder. Zie de volgende tabel:

	In-debiet	Uit-debiet
Rijkswaterstaat Noord-Holland	+	+
Rijkswaterstaat Utrecht	+	+
Hoogheemraadschap der Uitwaterende Sluizen ¹	+	
Waterschap Het Lange Rond	+	
Waterschap de Waterlanden	+	
Hoogheemraadschap van Rijnland	+	
Waterschap Groot-Haarlemmermeer	+	
Dienst Waterbeheer en Riolering	+	+
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	+	+
RWZI's	+	
Industrie	+	+
Hoogwaterbemaling Reliant Energy		+
Schutverliezen	+	
Neerslag en verdamping	+	+
Gemeentelijke Waterleiding Amsterdam		+
Berging		
Overige balansposten	+	+

Tabel 2.1 Overzicht van waterbalansposten

De meetgegevens zijn verzameld in m³/dag en opgenomen in een database. Op basis hiervan is de waterbalans opgesteld. De waterbalans bestaat uit een overzicht van alle aanvoeren naar het kanaal (in-posten), alle afvoeren van het kanaal (uit-posten)², de berging en een restterm:

$$\Sigma \text{ in-posten} = \Sigma \text{ uit-posten} + \text{berging} + \text{sluitfout}$$

Voor het NZK/ARK wordt geen gebruik gemaakt van een neerslag-afvoer model om de waterbalans op te stellen, omdat vrijwel alle in- en uit-posten uit

¹ Het Hoogheemraadschap der Uitwaterende Sluizen en de waterschappen De Waterlanden en Het Lange Rond zijn per 1 januari 2003 opgegaan in het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. In dit rapport worden deze schappen afzonderlijk behandeld.

² In dit rapport worden de volgende definities gebruikt: aanvoer = lozing van water op het kanaal; afvoer = onttrekking van water uit het kanaal

gemalen, stuwen of anderszins vaste punten bestaan. Vanzelfsprekend is neerslag wel een belangrijke indicator voor de aanvoer naar het kanaal, maar de meeste gemalen en stuwen worden gemeten en daarom heeft een neerslag-afvoer model in dit geval geen zin. Het aandeel van neerslag en verdamping direct op het kanaal is relatief heel klein.

Aan de hand van de database is de sluitfout bepaald per jaar, per maand en per dag. Vervolgens zijn analyses gemaakt van de waterbalans.

In veel gegevensreeksen ontbraken data. De ontbrekende waarden zijn op verschillende manieren geschat, afhankelijk van de grootte en het belang van de ontbrekende post en van de gegevens die wel beschikbaar waren. Hiervoor is een pragmatische aanpak gekozen, bijvoorbeeld voor relatief kleine gemalen is de schatting niet altijd aan neerslag gerelateerd, maar gebaseerd op een gemiddelde in een bepaalde periode. In de database is met behulp van een code aangegeven op welke manier het betreffende gegeven is verkregen of geschat. Een overzicht van deze codes met toelichting is opgenomen in bijlage 1. Code 1 betekent dat het een origineel meetgegeven betreft, met een hoge mate van betrouwbaarheid.

De registratieplicht uit het waterakkoord geldt voor aanvoeren $> 60 \text{ m}^3/\text{minuut}$ en afvoeren $> 50 \text{ m}^3/\text{minuut}$ [waterakkoord, 1992]. Met name voor de hoogheemraadschappen Amstel, Gooi en Vecht³ (DWR) en De Stichtse Rijnlanden betekent dit dat niet bij alle gemalen en stuwen de aan- en afvoer gemeten en geregistreerd wordt. Voor zover de gegevens van gemalen met een capaciteit $< 60 \text{ m}^3/\text{minuut}$ wel zijn geregistreerd en geleverd, zijn deze opgenomen in de database. Voor de kleine gemalen waarvan geen gegevens zijn geleverd is een schatting gemaakt op basis van capaciteit.

Gegevens voor 2001 zijn niet opgenomen in de waterbalans, maar soms wel gebruikt voor het maken van schattingen van ontbrekende waarden.

³ De Dienst Waterbeheer en Riolerings is de uitvoerende dienst van zowel het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht als van de Gemeente Amsterdam. Voor de waterbalans zijn alle gegevens geleverd door DWR. In dit rapport wordt daarom steeds over DWR gesproken.

3 Overzicht gegevens

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de verschillende balansposten. De gemalen, inlaatsluizen en stuwen worden besproken per waterbeheerder. Daarna worden de overige posten toegelicht. RWZI's en schutverliezen worden niet per beheerder maar in een aparte paragraaf besproken. In iedere paragraaf wordt ingegaan op de aanwezige objecten en op de kwaliteit van de meetgegevens. Indien van toepassing wordt uitgelegd hoe de ontbrekende waarden zijn aangevuld.

Bijlage 1 bevat een overzicht van de codes die zijn gebruikt om de ontbrekende waarden aan te vullen. In Bijlage 2 staat een overzicht van alle balansposten.

3.2 Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland

Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland beheert het spui- en maalcomplex te IJmuiden en de inlaatsluis bij Schellingwoude, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Spuisluis IJmuiden	42.000	700*
Gemaal IJmuiden	9.600	160
Inlaatsluis Schellingwoude	6.000	100*

* Capaciteit afhankelijk van het verval, de genoemde getallen zijn bij benadering het maximum

Tabel 3.1 Objecten Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland

Spui- en maalcomplex IJmuiden

Bij het spui- en maalcomplex IJmuiden wordt vrijwel al het water afgevoerd dat op het NZK/ARK komt. In de database zijn twee balansposten opgenomen: IJmuiden maal en IJmuiden spui. De originele gegevens zijn aangeleverd door de informatiedienst water (ANI). Ontbrekende gegevens zijn hierin aangegeven met ~ of *; het is onbekend wat het verschil is tussen deze notaties. De ontbrekende waarden zijn aangevuld met behulp van de etmaaloverzichten, die het gemaal dagelijks aan de operationeel boezembeheerder verstrekt. Alle ontbrekende waarden waren zo aan te vullen (code 10). In onderstaande tabel is aangegeven hoeveel waarden per jaar ontbraken in de originele gegevensreeks:

	IJmuiden maal		IJmuiden spui	
	aantal	%	aantal	%
1998	0	0	0	0
1999	68	18,6	19	5,2
2000	10	2,7	3	0,8

Tabel 3.2 Ontbrekende waarden spui- en maalcomplex IJmuiden

Inlaatsluis Schellingwoude

Bij Schellingwoude wordt water ingelaten via de inlaatsluis en via de maalgangen. Met het sluizencomplex kan ook water worden ingelaten. Tot en met 1999 staat dit in de bestanden die ANI heeft geleverd vermeld onder de

naam "Zuiderschutsluis". Pas in 2000 is deze naam gewijzigd in de PWA-sluis (hoewel deze nieuwe sluis al eerder werd gebruikt voor waterinlaat).

Het in-debiet van de balanspost "inlaat Schellingwoude" in de database betreft het totale inlaatdebiet, dus inlaatschuif, maalgangen, inlaatdebiet PWA-sluis (exclusief schutverliezen). Als waterinlaat via de schutsluis niet apart in de originele bestanden wordt genoemd, dan is er in die periode ook niet ingelaten met de schutsluis (volgens Rien Roodzant - ANI).

Het debiet door de Noordelijke vispassage is niet meegenomen omdat hier geen gegevens van waren. Dit is echter een klein debiet, de maximale capaciteit is circa 1,2 m³/s (bij een verval van 0,20 m) [Schobben e.a., 2003]. Het debiet van de zuidelijke vispassage wordt alleen geregistreerd als de inlaatsluis geopend is. Dit debiet is dus niet meegenomen als de inlaatsluis is gesloten. Ook dit is een klein debiet, circa 1,5 m³/s bij een verval van 0,20 m.

Op 4 en 5 oktober 2000 was de installatie voor debietmetingen van de PWA-sluis defect. De waarden in de database zijn overgenomen uit de etmaal-overzichten (code 10) en geven netto een in-debiet. Maar de waterstanden suggereren dat er meer water uit zou zijn gelaten dan er in is gegaan. Zie ook hoofdstuk 3. Wellicht is een fout gemaakt in de registratie.

Ook enkele andere dagen zijn aangevuld met code 10; voor het overige zijn de gegevens compleet.

3.3 Rijkswaterstaat Directie Utrecht

Rijkswaterstaat Directie Utrecht beheert de volgende objecten, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Irenesluis (Water Inlaat Systeem, exclusief schutverliezen)	1200	20
Beatrixsluis (Water Inlaat Systeem, exclusief schutverliezen)	840	14
Zuidersluis hoogwaterfavoer (rinketten)	720	12
Noordergemaal	720	12

Tabel 3.3 Objecten Rijkswaterstaat Directie Utrecht

NB Vaak wordt gesproken over het debiet bij de Doorslag. Dit is geen object maar een locatieaanduiding, wel zit hier een debietmeter. Het debiet bij de Doorslag wordt niet meegenomen, omdat wordt aangenomen dat dit de resultante is van de Noorder- en Zuidersluis (DUT), Noordergemaal, Oog in Al (HDSR) en Weerds sluis (HDSR). Het is overigens niet exact bekend hoe het water bij de Doorslag stroomt. Rijkswaterstaat Directie Utrecht zoekt dit de komende tijd nader uit.

Debieten Wijk bij Duurstede en Lekkanaal

Bij de Irenesluizen tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek wordt water het Amsterdam-Rijnkanaal op gelaten met een Waterinlaatsysteem (WIS). Ook vindt wateraanvoer plaats via schutverliezen. In het Amsterdam-Rijnkanaal, enkele kilometers ten noorden van de Irenesluizen, zit een debietmeter. Deze meet het doorgaande debiet, waar ook het debiet van de RWZI Wijk bij Duurstede in zit (zie bijlage 5: locatie meetpunt). De balanspost "Debiet Wijk

bij Duurstede" bestaat uit de meting van deze debietmeter (code 15; code 15 is gelijk aan code 1). Voor de dagen dat hier geen meting was is het debiet berekend door het schutverlies van de Prinses Irenesluis, WIS en de lozing van RWZI Wijk bij Duurstede bij elkaar op te tellen (code 16; zie tabel 3.4 en zie ook paragraaf 4.7.2 voor een vergelijking tussen metingen en berekeningen). Voor 2000 zijn de schuttingen alleen per maand geleverd. Om het schutverlies op dagbasis te berekenen zijn de gegevens gemiddeld.

Bij de Beatrixsluizen wordt water het Lekkanaal (in open verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal) opgelaten vanaf de Lek met een Waterinlaatsysteem (WIS). Ook vindt wateraanvoer plaats via schutverliezen. In het noorden van het Lekkanaal, vlakbij het Amsterdam-Rijnkanaal, zit een debietmeter. Deze meet het doorgaande debiet, waar ook inname-debiet van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) in zit (zie bijlage 5: locatie meetpunt). De balanspost "Debiet Lekkanaal" bestaat uit de meting van deze debietmeter (code 15). Voor de dagen dat hier geen meting was is het debiet berekend door het schutverlies van de Prinses Beatrixsluis, WIS en de inname van de WRK bij elkaar op te tellen (code 17). Als gevolg van de grote waterinname van de WRK kan het (zowel gemeten als berekende) debiet hier soms negatief zijn, ofwel een uit-debiet. Vanaf juli tot en met 6 december 1998 is er met een kolk geschut bij de Beatrix-sluizen in verband met renovatie. Het automatische waterinlaatsysteem is gedurende het hele jaar niet in werking geweest.

NB Voor zowel de Irene- als de Beatrixsluizen zijn de schutdebieten niet als aparte balanspost opgenomen. De reden hiervoor is dat zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van de metingen van de debietmeters, waar schutverliezen al in zitten.

Opgemerkt wordt dat het in de gegevens (bij beide sluizen) voorkomt dat de WIS-inlaat groter is dan het totaaldebiet op die dag. Dit kan natuurlijk niet in werkelijkheid, en het verdient aanbeveling om hier nader onderzoek naar te doen. Voor deze studie is gebruik gemaakt van de gegevens zoals ze geleverd zijn door Directie Utrecht.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de ontbrekende debietmetingen bij Wijk bij Duurstede en in het Lekkanaal (respectievelijk code 16 en 17):

	Debiet Wijk bij Duurstede		Debiet Lekkanaal	
	aantal	%	aantal	%
1998	232	63,6	50	13,7
1999	171	46,8	148	40,5
2000	51	13,9	34	9,3

Tabel 3.4 Ontbrekende waarden Wijk bij Duurstede en Lekkanaal

Zuidersluis hoogwaterafvoer

Met de Zuidersluis kan water worden aangevoerd naar het Amsterdam-Rijnkanaal als op het Merwedekanaal hoogwater is (in-debiet). Hiertoe worden de rinketten open gezet. Een overzicht van de dagen waarop de Zuidersluis hiervoor is ingezet is geleverd door Directie Utrecht. De gegevens hebben code 1.

Noordergemaal

Dit gemaal voert water af vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal naar het Merwedekanaal, voornamelijk in de zomer (uit-debiet). Directie Utrecht heeft

een overzicht geleverd van de inzet van dit gemaal. De gegevens hebben code 1; eenmaal is code 18 gebruikt. In 2000 is het gemaal vrijwel niet ingezet.

3.4 Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen

Het Hoogheemraadschap der Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier⁴ heeft twee balansposten: het Zaangemaal en Sluis Nauerna.

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Zaangemaal	1400	23,33
Sluis Nauerna		

Tabel 3.5 Objecten HHRS Uitwaterende Sluizen

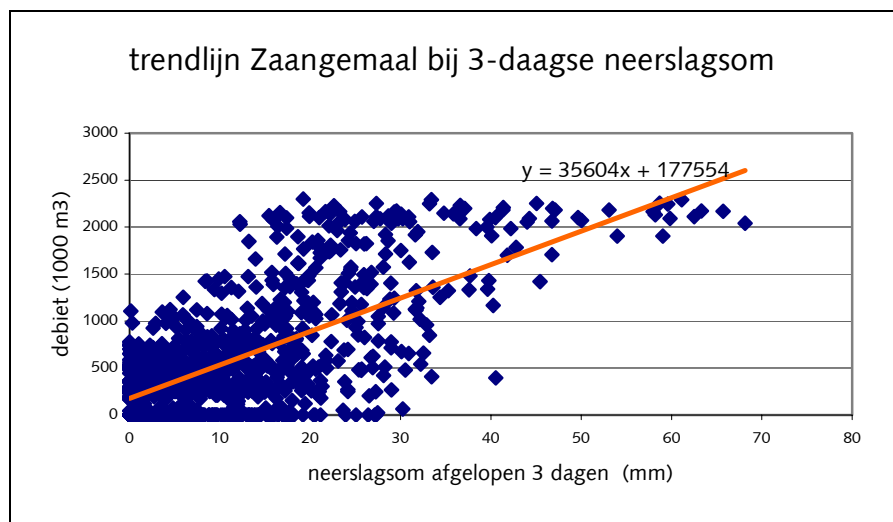
Zaangemaal

Het Zaangemaal bemaalt de Schermerboezem en heeft een capaciteit⁵ van 1400 m³/minuut ofwel 23,33 m³/s. Behalve met malen is het ook mogelijk om water af te voeren via spuien. Dit kan echter alleen als de waterstand op het Noordzeekanaal (streefpeil 0,40 m-NAP) lager is dan die op de Schermerboezem (streefpeil 0,50 m-NAP) en dat komt heel weinig voor. Bovendien gaat het ook dan om relatief zeer kleine hoeveelheden: volgens US gaat het om maximaal 2% ten opzichte van het pompdebiet in de periode 1998-2001. Deze spuidebieten waren niet beschikbaar en er is ook geen schatting voor gemaakt. Ze zijn dus niet meegenomen in de waterbalans.

Voor het Zaangemaal ontbreken gegevens voor de periode 25-6-1999 tot en met 11-9-1999. Dit is een lange periode en het betreft een grote balanspost. De ontbrekende gegevens zijn als volgt aangevuld (code 34): voor de periode 1998-2001 zijn de dagdebieten uitgezet tegen de dagsom van de neerslag (gemiddelde van de meetstations Schellingwoude, Heiloo, Purmerend en Beverwijk). Vervolgens is het debiet ook uitgezet tegen meerdaagse neerslagsommen. De correlatie tussen debiet en neerslag is bepaald. De beste correlatie blijkt op te treden bij een driedaagse neerslagsom, de Pearson correlatiecoëfficiënt is dan 0,69. Van deze correlatie is de lineaire regressielijn berekend ($y = 35604x + 177554$, waarin: y = het ontbrekende debiet in m³, en x = de neerslag in mm; $R^2 = 0,48$; significantie $P = 4,91 \cdot 10^{-198}$) op basis waarvan de ontbrekende debietwaarden zijn berekend. Zie figuur 3.1:

⁴ Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen heet m.i.v. 1 januari 2003 Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Hierin zijn (onder meer) ook opgenomen de waterschappen Het Lange Rond en De Waterlanden. In deze rapportage worden de waterschappen apart behandeld.

⁵ In 2003 wordt de capaciteit van het Zaangemaal uitgebreid met 50%.



Figuur 3.1 Trendlijn Zaangemaal

Sluis Nauerna

Bij Sluis Nauerna kan water worden aangevoerd naar het Noordzeekanaal via een schutsluis en via een duikersluis. Het debiet in de database is het gesommeerde debiet van deze sluisen. In 1998 zijn de gegevens pas betrouwbaar vanaf 7 oktober. Tot 10 september zijn er helemaal geen metingen gedaan. Aangenomen is dat in de periode tot 10 september het debiet 0 was, omdat het relatief een klein debiet is (code 20). Bovendien zijn er vaak dagen dat hier helemaal geen afvoer is; de afvoer is niet neerslag-afhankelijk.

Tussen 10 september en 6 oktober is de registratie niet correct geweest. In de natte periode van september 1998 zijn er geen grote hoeveelheden gespuid, in de orde van $\pm 500.000 \text{ m}^3$ (mondelinge informatie van de heer Rood van het hoogheemraadschap). Voor de periode 10/9 - 6/10 is het dagdebiet geschat op $500.000 \text{ m}^3 / 27 \text{ dagen} = 18519 \text{ m}^3 / \text{dag}$ (code 19).

3.5 Waterschap Het Lange Rond

Waterschap Het Lange Rond heeft 11 gemalen die rechtstreeks afvoeren naar het Noordzeekanaal, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Westzaner	25,0	0,42
Zaandammer	25,0	0,42
Aagtendijk	43,0	0,72
gemeente Nauerna	98,0	1,63
Nauernasche polder	10,0	0,17
Wijkermeer	97,0	1,62
Gemaal Overtoom	180,0	3,00
Gemaal Meerweiden	9,0	0,15
Gemaal Soeteboom	97,4	1,62
Buitenlanden	6,5	0,11
Pontweg	7,0	0,12

Tabel 3.6 Objecten Waterschap het Lange Rond

Omdat ook van de gemalen < 60 m³/s gegevens zijn geleverd zijn deze opgenomen in de database.

Voor 1998 zijn digitale daggegevens beschikbaar; deze zijn destijds handmatig ingevoerd door medewerkers van het waterschap op basis van maandgegevens (code 1). Er ontbreken veel gegevens: bijna 18 %. Deze zijn aangevuld op basis van maandgemiddelden over de periode 1998-2000, dus bijvoorbeeld ontbrekende waarden in januari 1998 zijn aangevuld met de gemiddelde waarde van januari in 1998, 1999 en 2000 (code 11). Deze waarden zijn dus niet gerelateerd aan de neerslag (het zijn relatief heel kleine gemalen).

Gegevens voor 1999 en 2000 zijn digitaal alleen beschikbaar op maandbasis. De daggegevens zijn berekend door de maandtotalen te vermenigvuldigen met de neerslagfactor (code 3), dus:

$$Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom maand}) * Q_{\text{maand}}$$

Voor de gemalen Aagtendijk, Buitenlanden, Meerweiden en Wijkermeer is hiervoor alleen neerslagstation Beverwijk gebruikt. Voor de gemalen Nauerna, Nauernasche polder, Overtoom, Zaandammer, Westzaner en Pontweg is hiervoor het rekenkundig gemiddelde genomen van de stations Beverwijk en Schellingwoude.

Gemaal Pontweg

Voor gemaal Pontweg zijn voor 1999 geen digitale maandgegevens beschikbaar. Het betreft hier een zeer klein gemaal (capaciteit 7 m³/minuut). De totale jaarhoeveelheid (die wel bekend was uit analoge gegevens) is omgerekend naar dagwaarden met behulp van de neerslagfactor (Beverwijk + Schellingwoude): $Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom jaar}) * Q_{\text{jaar}}$ (code 36).

Gemaal Soeteboom

Alle gegevens van gemaal Soeteboom (1998-2000) zijn gebaseerd op de operationele beheersregels die het Waterschap Lange Rond gebruikt: op maandag, woensdag en vrijdag draait het gemaal 3 uur. De capaciteit van het gemaal is 97,4 m³/minuut (code 37).

3.6 Waterschap De Waterlanden

Waterschap de Waterlanden heeft drie gemalen die afvoeren naar het Noordzeekanaal, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Kadoelen	700	11,67
De Waker	370	6,17
Schellingwoudebreek	80	1,33

Tabel 3.7 Objecten Waterschap de Waterlanden

Voor 1998 waren alleen maandgegevens beschikbaar voor deze gemalen, deze zijn omgerekend naar dagwaarden met behulp van de neerslagfactor (code 3):

$$Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom maand}) * Q_{\text{maand}}$$

Hiervoor is neerslagstation Schellingwoude gebruikt.

Voor 1999 en 2000 waren gegevens op dagbasis beschikbaar (code 1).

3.7 Hoogheemraadschap van Rijnland

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft twee gemalen die afvoeren naar het Noordzeekanaal, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Gemaal Halfweg	1980	33,0
Gemaal Spaarndam	1920	32,0

Tabel 3.8 Objecten Hoogheemraadschap van Rijnland

Alle gegevens zijn op dagbasis beschikbaar en ze hebben allemaal code 1.

3.8 Waterschap Groot Haarlemmermeer

Waterschap Groot-Haarlemmermeer heeft 5 gemalen die rechtstreeks afvoeren naar het Noordzeekanaal, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Gemaal de Dammers	60	1
Gemaal Houtrak	180	3
Gemaal Zuidspaarndammer	65	1,08
Gemaal Noordspaarndammer	13	0,22
Gemaal Rijksweg 22	2	0,033

Tabel 3.9 Objecten Waterschap Groot-Haarlemmermeer

Alle gegevens zijn beschikbaar op dagbasis en hebben code 1.

3.9 Dienst Waterbeheer en Riolerig

De Dienst Waterbeheer en Riolerig (DWR) beheert objecten voor zowel het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht als voor de gemeente Amsterdam. In dit rapport wordt alleen gesproken over DWR als beheerder.

DWR beheert een groot aantal relatief kleine poldergemalen die aanvoeren naar de boezem, die in open verbinding staat met de NZK/ARK-boezem.

Daarnaast heeft DWR enkele grote objecten in beheer die, bij hoog water op het NZK/ARK, water kunnen afvoeren naar het Markermeer, zie tabel:

	Capaciteit (m ³ /min)	Capaciteit (m ³ /s)
Zeesluis Muiden	600	10
Iepenslotersluis	810	13,5
Diemendammersluis	930	15,5
Gemaal Zeeburg	3420/2400	57/40*

* De geïnstalleerde capaciteit bedraagt 57 m³/s maar in praktijk wordt deze afvoer niet gehaald, de capaciteit wordt in het algemeen geschat op circa 40 à 45 m³/s. Het maximale debiet in de gegevens is 47 m³/s.

Tabel 3.10 Grote objecten DWR

Zeesluis Muiden

Zeesluis Muiden kan zowel afvoeren van IJmeer naar Vecht als andersom. De grootste debieten worden afgevoerd naar het IJmeer bij hoogwater op het NZK/ARK. Voor de Zeesluis Muiden zijn alle gegevens geleverd, deze hebben code 1 gekregen, en eenmaal code 13.

Iepensloter- en Diemendammersluis

DWR heeft mondeling aangegeven dat deze sluizen alleen in 1998 2 à 3 keer open zijn geweest, en dat ze in 1999 en 2000 dicht zijn gebleven. Een digitaal bestand dat eerder is geleverd laat echter zien dat ze in 2000 wel zijn ingezet ten behoeve van hoogwaterafvoer van het NZK/ARK. Aangehouden is dat ze in 1998 en 2000 enkele malen zijn ingezet (volgens de geleverde bestanden) en dat ze in 1999 gesloten zijn gebleven (resepectievelijk codes 1 en 14).

Gemaal Zeeburg

Gemaal Zeeburg wordt gebruikt om de stadswateren van Amsterdam door te spoelen met water uit het IJmeer. Bij hoog water op het NZK/ARK wordt het gemaal gebruikt om water af te voeren naar het IJmeer. Wanneer de waterstand op het NZK/ARK stijgt tot boven 0,20 m-NAP, wordt het IJfront gesloten en bemaalt gemaal Zeeburg de stadsboezem van Amsterdam rechtstreeks naar het IJmeer. In de database is dus zowel een in- als een uitdebiet opgenomen.

De betrouwbaarheid van de gegevens wisselt sterk per periode (informatie van DWR):

Periode 1-1-1998 tot en met 13-3-1998

Hiervoor zijn geen gegevens; geschatte waarden zijn gebruikt (code 23).
Stad in: dit debiet is redelijk constant, dus is het gemiddelde per dag genomen over de maanden januari tot en met maart in de jaren 1999-2001.
Stad uit: er is gekeken naar hoge waterstanden bij Buitenhuizen en op basis hiervan is een aanname gedaan of gemaal Zeeburg zou zijn ingezet voor hoogwaterbemaling. Het debiet is vervolgens gebaseerd op het gemiddelde debiet bij inzet, dat is 1.600.000 m³/dag.

Periode 14-3-1998 tot en met 1-5-2000

Gegevens zijn er wel maar DWR geeft aan dat de betrouwbaarheid erg laag is. Bij gebrek aan beter zijn deze gegevens wel gebruikt (code 21).

Periode 2-5-2000 tot en met 31-12-2000

Gegevens hebben een hoge betrouwbaarheid volgens DWR. Ze hebben code 1 gekregen.

Poldergemalen

In bijlage 3 is een overzicht opgenomen van de gemalen van DWR die meegenomen zijn in de waterbalans. Ook is hierin aangegeven voor welke gemalen geen gegevens zijn geleverd en waarvoor daarom een schatting is gemaakt voor de aanvoer (zie onder het volgende kopje). Voorts zijn enkele toelichtingen opgenomen over gemalen of situaties die nadere uitleg behoeven.

In de gegevensreeksen betekent zowel een waarde nul als een ontbrekende waarde dat er geen debiet is geweest (mondelinge informatie van de heer Ouwerkerk van DWR). Code 26 is gegeven aan de cellen zonder meetwaarde. Aan de overige gegevens is code 1 gegeven. Omdat de gegevens zijn aangeleverd per pomp, zijn ook de codes 29, 30 en 31 gebruikt. Deze zijn gegeven aan gemalen die meerdere pompen hebben maar waarvan niet voor alle pompen een meetgegeven bekend was.

Voorheen werd de afvoer van het stedelijk gebied Amsterdam apart berekend [Haskoning, 1999], nu zijn de gegevens van deze gemalen meegeleverd.

Schatting kleine poldergemalen waarvan geen debiet is gemeten

In het gebied van DWR zijn circa 23 poldergemalen met een afvoercapaciteit $\leq 60 \text{ m}^3/\text{min}$, waarvan de meetgegevens volgens het waterakkoord niet worden gerapporteerd aan Rijkswaterstaat. De totale capaciteit van de gemalen die niet zijn gerapporteerd is $321 \text{ m}^3/\text{min}$, ofwel $5,35 \text{ m}^3/\text{s}$ (overzicht in bijlage 3). Dat is bijna 7% van de totale aanvoercapaciteit van DWR naar de boezem NZK/ARK. Van sommige andere kleine gemalen zijn overigens wel meetgegevens ontvangen, deze zijn opgenomen in de balans. In de database is de balanspost "niet-bemeten gemalen DWR" opgenomen. De grootte van het dagdebiet is steeds 7% van het totale in-debiet van DWR op die dag (code 39).

Waterinlaat gedurende de zomer

In het gebied van DWR wordt gedurende de zomer water ingelaten in de polders. Er zijn circa 2000 inlaten waar het debiet niet wordt gemeten. Ook is er geen schatting bekend van de capaciteit of de inlaathoeveelheid. Zeven grotere inlaten worden inmiddels wel gemeten, maar hiervan zijn geen gegevens ontvangen. In de database is geen schatting opgenomen voor de waterinlaat van DWR.

3.10 Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) heeft 40 gemalen en stuwen die aanvoeren naar, en 4 gemalen die afvoeren uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Een aantal van deze gemalen heeft een capaciteit kleiner dan $10 \text{ m}^3/\text{minuut}$, de meeste hiervan worden niet gemeten. Hiervoor is een schatting gemaakt in de waterbalans. De gemalen die kleiner zijn dan $10 \text{ m}^3/\text{minuut}$ en die wel worden gemeten zijn wel direct opgenomen in de database. Zie de volgende tabel voor een overzicht van de posten die in de database staan. In bijlage 4 is een overzicht opgenomen van alle gemalen en stuwen.

	Capaciteit (m³/min)	Capaciteit (m³/s)
Aanvoer naar Amsterdam-Rijnkanaal		
Stuw Kerkeland	240	4,00
Gemaal Vuylcop-Oost	15	0,25
Stuw Caspargouwse wetering	300	5,00
Stuw Houtense wetering	240	4,00
Gemaal Vuylcop-west	50	0,83
Kanaal door de Hoge landen (stuw Koppeldijk)	240	4,00
Gemaal Koppeldijk	45	0,75
Gemaal Galecop	340	5,67
Gemaal Bijleveld	280	4,67
Gemaal Harmelerwaard	8	0,13
Gemaal Vleuterweide (midden)	80	1,33
Stuw Vleuterweide Oost (= stuw Utrecht)	<10	
Spuisluis Oog in Al	1680	28,00
Weerdsuis (incl. westriool + Oosterstroom)	240	4,00
Gemaal Maarssenbroek	200	3,33
Gemaal Haarrijn + Ouwenaar	90	1,50
Gemaal Kockengen	115	1,92
Gemaal De Tol	120	2,00
Schatting niet-bemeten gemalen HDSR	126	2,1
Afvoer uit Amsterdam-Rijnkanaal		
Gemaal Caspargouwse wetering	200	3,33
Gemaal Goyerbrug	30	0,50
Gemaal Kerkeland	50	0,83
Gemaal Utrecht	35	0,58

Tabel 3.11 Objecten HHRS De Stichtse Rijnlanden

In totaal ontbreekt ruim 9% van de meetgegevens voor de periode 1998-2000. De ontbrekende waarden zijn op verschillende manieren aangevuld, zie bijlage 1 en onderstaande tabel:

Code	Aantal keer gebruikt	%
1	19893	82,5
3	1462	6,1
5	543	2,3
6	23	0,1
7	2191	9,1

Tabel 3.12 Gebruikte codes voor HHRS De Stichtse Rijnlanden

Gemaal Utrecht

Gemaal Utrecht is eigendom van Rijkswaterstaat Directie Utrecht, maar het dagelijks beheer wordt gedaan door HDSR. Van dit gemaal zijn geen gegevens beschikbaar voor 1999. Volgens HDSR is het gemaal pas met ingang van 2000 geautomatiseerd, echter er waren wel daggegevens beschikbaar voor 1998. Deze gegevens zijn dan ook gebruikt. Voor 1999 is een schatting gemaakt (code 7).

Gemaal Goyerbrug

Ook gemaal Goyerbrug zou pas in 2000 zijn geautomatiseerd, echter er zijn wel gegevens geleverd die dan ook zijn gebruikt.

Weerdsluis

Van de Weerdsluis zijn geen gegevens geleverd voor 1998. Een schatting is gemaakt op basis van neerslag (code 7). Uit nadere informatie van Directie Utrecht is gebleken dat de gemaakte schatting wellicht te groot is, omdat de Weerdsluis maximaal circa 10 m³/s kan aanvoeren. Bij grotere debieten loopt de aanvoer via Oog in Al. Daarentegen zou volgens Directie Utrecht de aanvoer bij Oog in Al juist aan de lage kant zijn. Omdat onduidelijk is hoe de situatie hier werkelijk is, is de schatting niet meer veranderd.

Schatting voor de gemalen van HDSR waarvan geen debiet is gemeten

Het aantal gemalen met een capaciteit kleiner dan 10 m³/minuut die niet worden gemeten is 21, zie bijlage 4 (NB sommige kleine gemalen worden wel gemeten, deze zijn opgenomen in de database). Stel de gemiddelde capaciteit van deze gemalen is 6 m³/minuut, dan gaat het in totaal om 126 m³/minuut ofwel 2,1 m³/s. De capaciteit van de overige gemalen van HDSR is 4283 m³/minuut, ofwel 71,4 m³/s. Het ongemeten deel is dan bijna 3% van het gemeten deel. In de database is de balanspost "niet-bemeten gemalen HDSR" opgenomen. De grootte van het dagdebiet is steeds 3% van het totale in-debiet van HDSR op die dag (code 38).

Overige opmerkingen

HDSR loost ook onder vrij verval op de Vecht. Het is niet bekend waar precies en hoeveel, daarom is dit niet meegenomen in de waterbalans.

3.11 RWZI's

In onderstaande tabel is aangegeven welke RWZI's lozen op het NZK/ARK en hoeveel meetgegevens beschikbaar waren (code 1):

	Aantal code 1	Aantal code 2
RWZI Zaandam	1093	3
RWZI Velsen	718	375
RWZI Beverwijk en omstreken	1087	9
RWZI Beverwijk en Zaanstreek-Noord	1088	8
RWZI Westpoort	1075	21
RWZI Amsterdam-Oost	1096	0
RWZI Maarssenbroek	325	771
RWZI Loenen	146	950
RWZI Houten	254	842
RWZI Weesp	1061	35
RWZI Breukelen	526	570
RWZI Leidsche Rijn	848	248

Tabel 3.13 RWZI's langs Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal

De gegevens zijn geleverd door de afdeling ANWH van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland (de heer P. Hucik) en komen uit het programma WVO-info.

Bij RWZI Westpoort werden industrieel en huishoudelijk afvalwater apart gemeten in de jaren 1998-2000. Sinds 2001 worden ze samen gemeten. In de database is dit opgenomen als één balanspost.

RWZI Leidsche Rijn is geopend in april 2000. Tot dat moment zijn alle debieten op 0 gesteld (met code 1).

Bij alle RWZI's ontbreken data. De grote hoeveelheid data die bij sommige RWZI's ontbreekt is deels te verklaren doordat niet alle RWZI's dagelijks worden gemeten, maar bijvoorbeeld maar eens per week.

Voor dagen waarop het debiet niet is gemeten, is het debiet gelijk gesteld aan het daggemiddelde debiet in het betreffende jaar (code 2). Neerslagafhankelijkheid van de RWZI's is dus niet meegenomen.

Uit aanvullende informatie van Directie Utrecht is gebleken dat ook RWZI Utrecht mee moet worden genomen in de waterbalans (deze loost op de Vecht). Hier zijn echter geen gegevens voor aangeleverd en de RWZI is daarom niet meegenomen.

Gegevens van overstorten zijn niet meegenomen, zie paragraaf 3.18.

3.12 Industrie

Industrie Noordzeekanaal

De bijdrage van de industrie is geschat op basis van bedrijfsafvalwater-rapportages en vergunningen. De gegevens zijn geleverd door de heer P. Hucik.

Het in-debiet bestaat voornamelijk uit bedrijfslozingen. NB niet van alle lozers wordt het debiet geregistreerd, dit zijn over het algemeen de kleinere bedrijven. De geloosde hoeveelheden zijn onbekend, aangenomen wordt dat de hoeveelheden klein zijn ten opzichte van de wel geregistreerde industrieën.

In het algemeen is koelwater geen balanspost want wat wordt ingenomen wordt ook weer geloosd. Dus koelwaterdebieten van de elektriciteitscentrales, AVI en Shell zitten niet in de waterbalans. Dit geldt niet voor DSM Agro: deze neemt koelwater in uit het Noordzeekanaal maar loost op de Buitenhaven. Dit zit in het uit-debiet. Ook de waterinname van AKZO is opgenomen bij het uit-debiet, omdat de totale lozing (op het NZK; inclusief koelwater dus) is opgenomen bij de bedrijfslozingen.

Het uit-debiet bestaat derhalve uit waterinnames door Corus, AKZO en DSM Agro.

In bijlage 6 zijn tabellen opgenomen waarin het in-debiet van de industrie langs het NZK is uitgesplitst naar bedrijf. Ook de uit-debieten en de niet-opgenomen koelwaterdebieten zijn hierin gespecificeerd. In de volgende tabel is een overzicht opgenomen van de totale in- en uit-debieten:

	1998	1999	2000
Totaal debiet in kanaal	35.624.960	38.828.390	36.068.190
Totaal debiet uit kanaal	68.700.000	68.000.000	59.000.000

Tabel 3.14 Totaal debiet industrie NZK in m³/jaar

Opvallend is dat er, als gevolg van grote waterinnames, meer water het kanaal uit gaat dan er geloosd wordt. Met name de waterinnames die geloosd worden op de Buitenhaven verklaren dit verschil. Voor een deel komt dit verschil ook doordat bedrijven water innemen en gebruiken als proceswater.

Voor industrie langs het NZK zijn alleen jaardebieten bekend. Deze zijn gelijkmatig verdeeld over de dagen, er is van uitgegaan dat er niet veel variatie is over het jaar (code 12). Getallen zijn inclusief koelwater, voor zover relevant (zie boven, dus alleen als het een netto post is; wanneer inname gelijk is aan uitname is dit niet opgenomen in de tabel).

Industrie Amsterdam-Rijnkanaal

Langs het ARK staat weinig grootschalige industrie. De belangrijkste zijn Solvay Duphar en Reliant Energy. De laatste wordt apart besproken in de volgende paragraaf (3.13) en is niet gerekend onder de balanspost industrie ARK.

De gegevens van Solphay Duphar zijn geleverd door Rijkswaterstaat Directie Utrecht. De waarden voor het 4e kwartaal van 2000 ontbreken. Hiervoor is uitgegaan van de gemiddelde dagwaarde over de periode 1998-2001 (code 25). De overige gegevens hebben code 1.

De overige industrie langs het ARK is heel klein en er zijn niet veel exacte gegevens bekend. Daarom is dit verder niet meegenomen.

3.13 Hoogwaterbemaling Reliant Energy

Reliant Energy (voorheen UNA-centrale Diemen) neemt normaal gesproken koelwater in uit het Amsterdam-Rijnkanaal en loost dit water ook weer op het ARK⁶. Bij hoogwater kan de centrale worden ingezet om water te malen van ARK naar IJmeer. Gegevens zijn gebaseerd op informatie van DWR en Directie Utrecht. Debieten worden niet digitaal bijgehouden. Voor 1998 zijn ze berekend op basis van draaiuren (code 27). De capaciteit is 8,75 m³/s.

Volgens Directie Utrecht is Reliant Energy in de periode 1999 t/m 2002 alleen ingezet voor hoogwaterbemaling op 11 oktober 2000. Het aantal uren is onbekend. In IJmuiden is gewoon gespuid en gemalen en de waterstand was niet erg hoog op deze dag of de voorgaande dagen (max 0,34 m-NAP). Daarom wordt dit debiet op 0 gesteld (code 28).

3.14 Schutverliezen

Schutverliezen vormen een niet te verwaarlozen bijdrage aan de waterbalans. De schutdebieten voor de Prinses Irene- en de Prinses Beatrixsluizen zijn verdisconteerd in de balansposten "debiet Wijk bij Duurstede" en "debiet Lekkanaal" (zie paragraaf 3.3).

⁶ Sinds enige tijd vindt het hele koelwatercircuit plaats op het IJmeer. Het is niet precies bekend sinds wanneer. Voor de waterbalans maakt dit verder niks uit.

Sluizen IJmuiden

Gemiddeld is het verval gericht naar het NZK toe, en dus zorgen de schuttingen voor een in-debiet. De Zuidersluis en de Kleine sluis worden niet meegenomen, omdat de schutvolumes samen minder dan 10% zijn van de volumes van de Noorder- en de Middensluis. Bovendien zijn de twee kleine sluizen een deel van de periode 1998-2000 in renovatie geweest.

Het schutdebiet is: verval*kolkoppervlak*aantal schuttingen (code 8).

Het aantal schuttingen is bekend op maandbasis (geleverd door ANI), het schutdebiet per maand is evenredig verdeeld over de dagen. Uitgegaan is van een jaarlijks gemiddeld verval van 0,50 m. Zie de volgende tabel:

	Gemiddelde waterstand (m+NAP)		Verval (m)
	Noordersluis West	Noordersluis Oost	
1998	0,0677	-0,43	0,4977
1999	0,0605	-0,44	0,5005
2000	0,0566	-0,43	0,4866
2001	0,0659	-0,44	0,5059
Gemiddeld	0,063	-0,435	0,498

Tabel 3.15 Verval voor berekening schutdebiet IJmuiden

Verder is aangenomen dat 90% van de schepen wordt geschut bij een gemiddeld verval, en dat de overige 10% bij hoog water wordt geschut, met een verval van 1,40 m. Zie ook bijlage 7.

Het kolkoppervlak van de Noordersluis is 400*50 m², van de Middensluis is dat 225*25 m².

Oranjesluizen

Gemiddeld is het verval gericht naar het NZK toe, en dus zorgen de schuttingen voor een in-debiet. Alleen de PWA-sluis is berekend, omdat de andere sluizen relatief klein zijn. De schutgegevens en waterstanden zijn geleverd door ANI.

Ook hier geldt: schutdebiet = verval*kolkoppervlak*aantal schuttingen (code 35). Het kolkoppervlak is 200*24 m². Bij berekening van het schutdebiet is niet uitgegaan van een jaarlijks gemiddeld verval, maar van een maandelijks variërend verval, omdat op het IJmeer een zomer- en een winterpeil wordt gehanteerd. Zie de volgende tabel:

	Verval (m)
Januari	0
Februari	0
Maart	0,1
April	0,2
Mei	0,2
Juni	0,2
Juli	0,2
Augustus	0,2
September	0,1
Oktober	0
November	0
December	0

Tabel 3.16 Verval voor berekening schutdebiet PWA-sluis

Alleen voor september 1998 en november 1998 is een groter verval aangenomen, omdat dit verval uitzonderlijk groot was in deze periodes: respectievelijk 0,2 m en 0,33 m.

Noordersluis en Zuidersluis

Dit betreft het schutdebiet van deze twee sluizen van het Merwedekanaal naar het Amsterdam-Rijnkanaal (in-debiet). Schutgegevens zijn bekend op maandbasis (geleverd door Rijkswaterstaat Directie Utrecht). Het verval is gericht naar het ARK toe, en dus zorgen de schuttingen voor een in-debiet.

Het schutdebiet is als volgt berekend:

$\text{schutdebiet} = \text{verval} * \text{kolkoppervlak} * \text{aantal schuttingen}$

Voor het waterstandsverschil is 0,98 m aangehouden (het streefpeil van het Merwedekanaal is 0,58 m+NAP). Het maanddebiet is evenredig verdeeld over de dagen (code 24).

3.15 Neerslag en verdamping

Neerslag en verdamping, rechtstreeks op of van het open wateroppervlak van de boezem, zijn in de waterbalans meegenomen als respectievelijk een in- en een uit-debiet. De debieten zijn berekend door de originele meetgegevens (neerslag en referentie-gewasverdamping in mm op dagbasis; geleverd door KNMI) te vermenigvuldigen met het natte oppervlak van de boezem (code 8). Tot de boezem behoort in dit geval zowel het NZK/ARK zelf als de boezem van DWR die ermee in open verbinding staat. Dat is in totaal 3906 hectare [Zindler e.a., 2003].

Neerslag die direct onder vrij verval tot afvoer komt op het kanaal (vanuit het boezemland) is niet meegenomen omdat dit relatief een hele kleine post is.

Voor de neerslag rechtstreeks op het kanaal is het gemiddelde genomen van de meetstations die dicht bij het kanaal liggen: Overveen, Beverwijk, Schellingwoude, Weesp, Loenen, Laren, Vleuten, De Bilt, Wijk bij Duurstede en Schiphol.⁷ Voor de verdamping is het gemiddelde genomen van de

⁷ Het rekenblad maakt gebruik van de meetstations Hoorn, Schiphol en de Bilt. Hierbij gaat het echter om een voorspelling van de afvoer vanuit het stroomgebied.

meetstations Schiphol en De Bilt. De verdamping varieert geografisch veel minder dan de neerslag en daarom zijn er ook minder meetlocaties.

3.16 Waterinname GWA

Gemeentewaterleiding Amsterdam (GWA) neemt water in uit het ARK (km 20,9) voor de bereiding van drinkwater. De gegevens zijn geleverd door GWA en hebben code 1.

3.17 Berging

Met name voor de waterbalans op dagbasis moet rekening gehouden worden met de berging op het kanaal. De berging is berekend door de waterstand bij Buitenhuizen (geleverd door ANI) aan het begin van de dag (middernacht) af te trekken van de waterstand aan het eind van de dag (volgende middernacht). Om een volume te krijgen wordt dit verschil in waterstand vervolgens vermenigvuldigd met het natte boezemoppervlak van 3906 ha (code 33). Dit boezemoppervlak is opnieuw berekend in 2003, met behulp van GIS [Zindler e.a., 2003].

Voor sommige dagen ontbreekt de waterstand om middernacht. Hiervoor is aangehouden dat de waterstand precies op streefpeil lag (0,40 m-NAP) (code 32).

NB In werkelijkheid is het oppervlak van de boezem kleiner als het IJ-front is gesloten. Hiermee is verder geen rekening gehouden. Zie paragraaf 4.7.5.

3.18 Overige balansposten

Omloopriolen Noordersluis IJmuiden

In zeer extreme omstandigheden kunnen de omloopriolen worden ingezet om extra water af te voeren van het kanaal naar zee. De inzet wordt niet centraal geregistreerd en tijdens inzet wordt het debiet niet gemeten. De omloopriolen zijn dan ook niet opgenomen in de waterbalans. De bijdrage aan de waterbalans op dagbasis kan overigens aanzienlijk zijn: bij een verval van 10 cm bedraagt de afvoercapaciteit gemiddeld 100 m³/s [Zindler e.a., 2003].

Vrij afvoerende gebieden en overstorten

Een deel van het gebied watert rechtstreeks af naar het NZK/ARK, bijvoorbeeld via overstorten of hemelwaterriolen. Niet bekend is hoe groot deze post is, daarom is deze niet meegenomen in de balans. Het betreft in ieder geval stedelijk gebied van Amsterdam en Utrecht. Ook vlak langs het kanaal zal regen direct naar het kanaal stromen.

Kwel en wegzijging

Zowel kwel als wegzijging zijn balansposten voor het NZK/ARK. Er is echter geen schatting bekend van de grootte van deze posten. Aangenomen wordt dat deze post relatief klein is. Hij is niet meegenomen in de waterbalans.

Lekverliezen bij sluizen

Lekverliezen vinden plaats bij de sluizen bij IJmuiden, de Oranjesluizen, de Prinses Irenesluizen en de Prinses Beatrixsluizen. Voor de laatste twee is gedeeltelijk gebruik gemaakt van debietmetingen achter de sluizen, waarin de

lekverliezen dus al meegenomen zijn. Daar waar de metingen ontbraken en de debieten zijn berekend is geen rekening gehouden met lekverliezen.

Ook bij de sluizen bij IJmuiden en de Oranjesluizen is geen rekening gehouden met lekverliezen. In totaal betekent dit dat er een extra in-post is, omdat gemiddeld over het jaar het verval naar het kanaal toe is gericht. De grootte hiervan is echter onbekend en de post is dan ook niet meegenomen in de waterbalans.

Overig

Tot slot zijn er nog verschillende zeer kleine balansposten die niet zijn meegenomen in de waterbalans. Denk bijvoorbeeld aan bronbemalingen bij bouwputten, tunnels en dergelijke.

3.19 Overzicht van balansposten die niet zijn meegenomen

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van alle posten die niet zijn opgenomen in de waterbalans, omdat het relatief kleine posten zijn en/of omdat er geen gegevens van zijn. In de tabel is met een + in de betreffende kolom aangegeven of het om een in- of een uit-debiet gaat. Hierbij is uitgegaan van het netto-effect.

	In	Uit	Orde van grootte
Noordelijke vispassage Schellingwoude	+		circa 1,2 m ³ /s
Zuidelijke vispassage Schellingwoude	+		circa 1,5 m ³ /s; alleen als inlaatsluis is gesloten
Spuien bij Zaangemaal	+		2% van totaal debiet Zaangemaal
Waterinlaat DWR in zomer		+	circa 2000 inlaten
Aanvoeren HDSR onder vrij verval op Vecht	+		
RWZI Utrecht	+		
Overige industrie ARK	+		
Schutverliezen Zuider- en Kleine sluis IJmuiden	+		circa 10% van debiet Noorder- en Middensluis
Schutverliezen kleine sluizen Schellingwoude	+		
Omloopriolen Noordersluis		+	alleen bij hoog water op het kanaal, capaciteit circa 100 m ³ /s
Vrij afvoerende gebieden en boezemland (inclusief overstorten)	+		
Kwel en wegzijging	+	+	
Lekverliezen sluizen	+		
Bronbemalingen	+		
Aanvoer overstorten in natte perioden	+		
Afname boezemoppervlak bij gesloten IJ-front			minder berging; minder aanvoer naar NZK/ARK

Tabel 3.17 Overzicht van balansposten die niet zijn opgenomen

Over het algemeen zijn de ontbrekende posten klein, of ze worden slechts zelden ingezet. In totaal vormen de ontbrekende posten een relatief klein extra in-debiet voor de waterbalans.

4 Sluitfout en kwaliteit van de waterbalans

4.1 Beschrijving database

Alle gegevens zijn opgeslagen in een Access database. De database bestaat uit drie tabellen:

Tabel Balansposten

Hierin staan alle balansposten omschreven. De volgende velden zijn opgenomen:

- waterbeheerder
- balanspost (sleutelveld)
- maximale capaciteit (m³/sec)
- maximale capaciteit (m³/min)
- in/uit
- x-coördinaat
- y-coördinaat
- gegevens opvragen bij
- opmerkingen

Deze tabel bevat 140 balansposten en dus 140 records.

Tabel Waterbalans

Hierin zijn de gegevens opgenomen. De tabel bevat de volgende velden:

- datum
- balanspost (samen met datum een sleutelveld)
- debiet IN (m³/dag)
- debiet UIT (m³/dag)
- berging (m³/dag)
- code oorsprong gegeven
- bronbestand
- opmerkingen
- maandnummer
- jaar

Deze tabel bevat 153.440 records voor de jaren 1998-2000 (namelijk 3 jaar waarvan 1 schrikkeljaar = 1096 dagen, maal 140 balansposten)

Tabel code oorsprong gegeven

- nummer (sleutelveld)
- korte omschrijving
- uitleg

Sleutelvelden en relaties

In de tabel Waterbalans is de combinatie van "datum" met "balanspost" uniek (sleutelveld). Deze combinatie kan dus niet meer dan eens voorkomen. Zie ook figuur 4.1.

Het veld "balanspost" uit de tabel Balanspost heeft een 1-op-veel-relatie met het veld "balanspost" uit de tabel Waterbalans, omdat iedere balanspost voorkomt op meerdere dagen.

Het veld "nummer" uit de tabel Code oorsprong gegeven heeft een 1-op-veel-relatie met het veld "code oorsprong gegeven" in de tabel Waterbalans.



Figuur 4.1 Opzet database waterbalans

4.2 Kwaliteit waterbalans - algemeen

Aantal metingen

Het totaal aantal balansposten is 140. In onderstaande tabel is aangegeven hoeveel maal code 1 voorkomt (per dag), ofwel hoe vaak gebruik is gemaakt van directe meetgegevens. In het ideale geval zouden alle 140 balansposten gemeten zijn en dus code 1 hebben.

	1998		1999		2000		1998 – 2000	
	aantal	%	aantal	%	aantal	%	aantal	%
Maximum aantal code 1	111	79%	100	71%	100	71%	111	79%
Minimum aantal code 1	88	63%	57	41%	65	46%	57	41%
Gemiddeld aantal code 1	100	71%	80	57%	77	55%	86	61%

Tabel 4.1 Aantal code 1 per dag

Code 1 geeft aan dat een waarde direct afkomstig is van de betreffende waterbeheerder. Het zegt dus niet per se iets over de kwaliteit van het meetgegeven, hoewel in het algemeen de betrouwbaarheid van deze gegevens relatief hoog wordt ingeschat. Aan de andere kant zijn er diverse codes waarvan de betrouwbaarheid hoog is terwijl deze toch een andere code hebben. Zo zijn bijvoorbeeld neerslag en verdamping weliswaar berekend maar dan toch met goede basisgegevens.

Opvallend is dat het aantal metingen (code 1) groter is in 1998. De belangrijkste verklaring hiervoor ligt bij de gegevens van DWR. Het blijkt dat in 1998 vaker nulwaarden zijn geregistreerd, terwijl in latere jaren vaker lege cellen in de originele bestanden staan. Zoals is uitgelegd in paragraaf 3.9 zijn hiervoor andere codes gebruikt (code 1 versus code 26, en in combinatie ook de codes 29, 30 en 31). Waarom de wijze van registratie verschilt is bij DNH niet bekend.

Waterbalans

De waterbalans bestaat uit een overzicht van alle aanvoeren naar het kanaal (in-posten), alle afvoeren van het kanaal (uit-posten) en de berging:

$$\Sigma \text{ in-posten} = \Sigma \text{ uit-posten} + \text{berging}$$

ofwel

$$\Sigma \text{ in-posten} - \Sigma \text{ uit-posten} - \text{berging} = \text{sluitfout}$$

De berging speelt voornamelijk een rol bij de balans op dagbasis, en kan zowel positief als negatief zijn.

De sluitfout wordt uitgedrukt in een percentage van de in-post. De absolute sluitfout is ook van belang: de afwijking ten opzichte van 0.

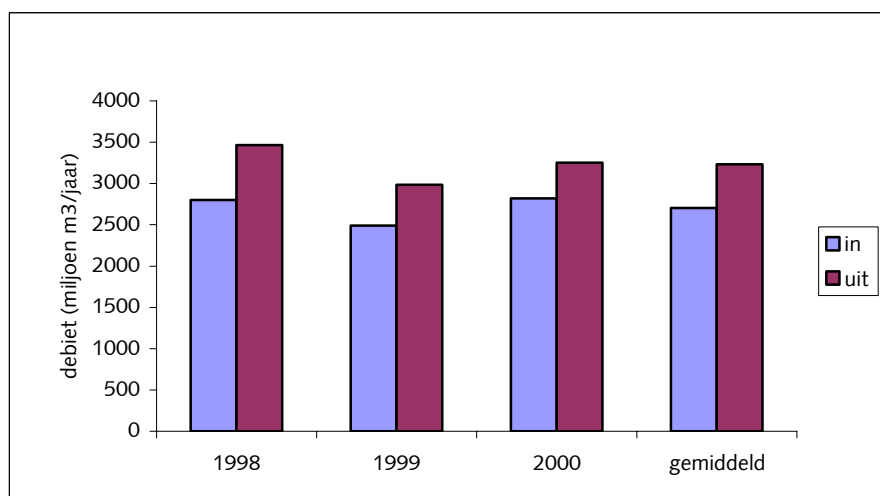
In de volgende paragrafen wordt de sluitfout per jaar, per maand en per dag gepresenteerd. Daarna worden enkele analyses van de sluitfout gepresenteerd en wordt ingegaan op mogelijke foutenbronnen.

4.3 Sluitfout op jaarbasis

In onderstaande tabel en in figuur 4.2 is de sluitfout op jaarbasis weergegeven voor de jaren 1998, 1999 en 2000. In de tabel is ook aangegeven hoeveel m³/s gemiddeld te weinig wordt aangevoerd.

	In-debiet	Uit-debiet	In-uit	Ontbrekend debiet (gemiddeld m ³ /s)	Sluitfout (% van in-post)
1998	2.798.100.016	3.464.042.209	-665.942.193	20,3	-23,8
1999	2.488.714.497	2.985.315.217	-496.600.720	15,7	-20,0
2000	2.818.084.260	3.253.956.842	-435.872.582	13,8	-15,5

Tabel 4.2 Sluitfout op jaarbasis



Figuur 4.2 Sluitfout op jaarbasis

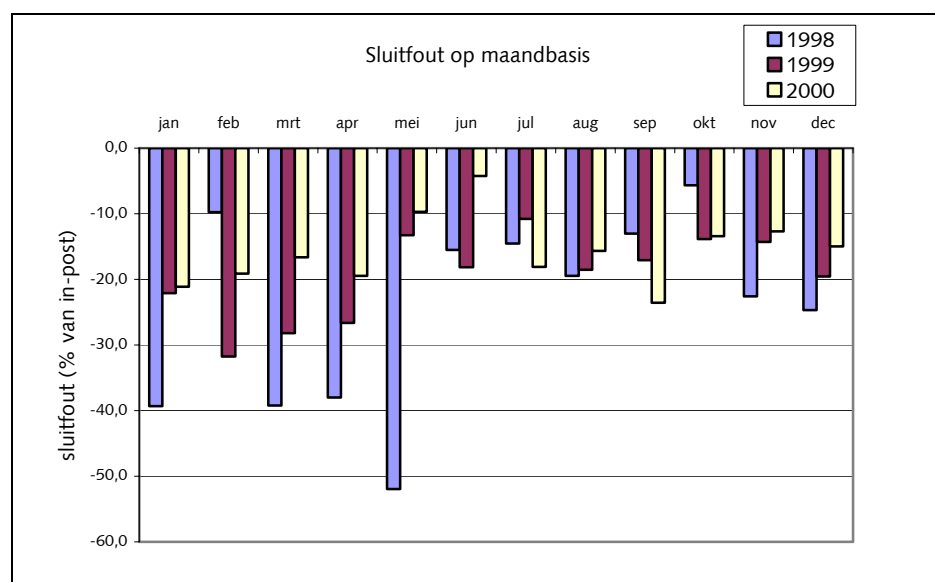
Duidelijk is dat meer water het systeem uit gaat dan er in komt (NB berging speelt op jaarbasis geen rol). Verder valt op dat de sluitfout kleiner wordt in de loop der jaren.

4.4 Sluitfout op maandbasis

In de volgende tabel is de sluitfout op maandbasis gegeven voor de afzonderlijke jaren. In figuur 4.3 is dit grafisch weergegeven.

	1998	1999	2000	Gemiddeld
Januari	-39,3	-22,1	-21,1	-27,5
Februari	-9,7	-31,8	-19,1	-20,2
Maart	-39,2	-28,2	-16,6	-28,0
April	-38,0	-26,6	-19,5	-28,0
Mei	-51,9	-13,3	-9,7	-25,0
Juni	-15,5	-18,1	-4,3	-12,6
Juli	-14,5	-10,8	-18,1	-14,5
Augustus	-19,4	-18,6	-15,7	-17,9
September	-13,0	-17,1	-23,5	-17,9
Oktober	-5,7	-13,9	-13,4	-11,0
November	-22,6	-14,3	-12,7	-16,5
December	-24,7	-19,6	-15,0	-19,7

Tabel 4.3 Sluitfout per maand (% van in-post)



Figuur 4.3 Sluitfout per maand (% van in-post)

De sluitfout is voor alle maanden negatief, er gaat meer water uit het systeem dan er in komt. Opvallend is dat met name de maanden januari, maart, april en mei van 1998 een erg grote sluitfout hebben. Februari 1998 heeft daarentegen juist een vrij kleine sluitfout. In de zomermaanden is de sluitfout over het algemeen iets kleiner dan in de wintermaanden.

4.5 Sluitfout op dagbasis

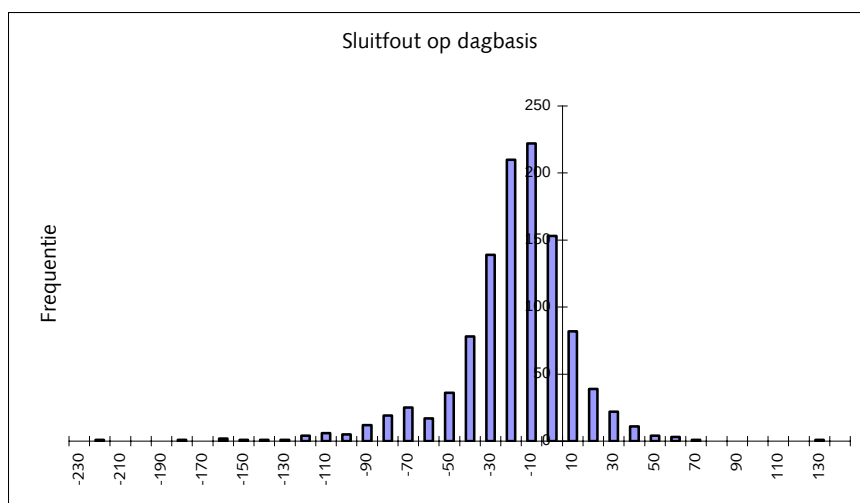
In tabel 4.4 wordt een aantal kenmerkende getallen gepresenteerd van de sluitfout op dagbasis. Opnieuw is duidelijk dat de gemiddelde sluitfout kleiner wordt met de jaren.

	1998	1999	2000	1998 –2000
Minimum sluitfout (meer water uit)	-220,6	-125,8	-136,5	-220,6
Maximum sluitfout (meer water in)	124,3	45,6	50,6	124,3
Sluitfout dichtst bij 0	-0,2	0	-0,2	0
Gemiddelde sluitfout	-31,7	-20,9	-17,8	-23,4
Mediaan	-26,6	-20,6	-16,3	-20,3
Aantal sluitfouten* <0 (meer water uit)	315	308	310	933
Aantal sluitfouten >0 (meer water in)	50	57	56	163

* totaal aantal sluitfouten is gelijk aan totaal aantal dagen

Tabel 4.4 Sluitfout op dagbasis (% van in-post)

In bijlage 8 zijn grafieken opgenomen met de sluitfout op dagbasis. Hierin is de spreiding van de sluitfout goed te zien. In figuur 4.4 is de frequentieverdeling van de sluitfout grafisch gepresenteerd in een histogram.



Figuur 4.4 Frequentieverdeling van de sluitfout op dagbasis, 1998-2000

Voor de totale periode ligt 95% van de sluitfoutwaarden tussen -81,8% en +34,9%. 79% van de waarden ligt tussen -52,6% en +5,7%. In onderstaande tabel is de verdeling van de sluitfout in klassen weergegeven. Het totaal aantal sluitfouten is gelijk aan het totaal aantal dagen in de jaren 1998-2000.

	Aantal sluitfouten
Kleiner dan -10%	780
Tussen -10 en -5%	76
Tussen 0 en -5%	77
Tussen 0 en +5%	49
Tussen +5 en +10%	33
Groter dan +10%	81
Totaal	1096

Tabel 4.5 Verdeling aantal sluitfouten op dagbasis in klassen

4.6 Analyses

4.6.1 Verbetering sluitfout in de tijd

Uit de balansen blijkt dat de sluitfout van 1998 naar 2000 kleiner wordt. Voor een deel is dit te verklaren doordat de kwaliteit van de meetgegevens steeds beter wordt: meer gemalen hebben een geautomatiseerde debietregistratie (bijvoorbeeld bij HDSR). Ook bij een grote post als gemaal Zeeburg zijn in 2000 de gegevens veel betrouwbaarder dan in 1998.

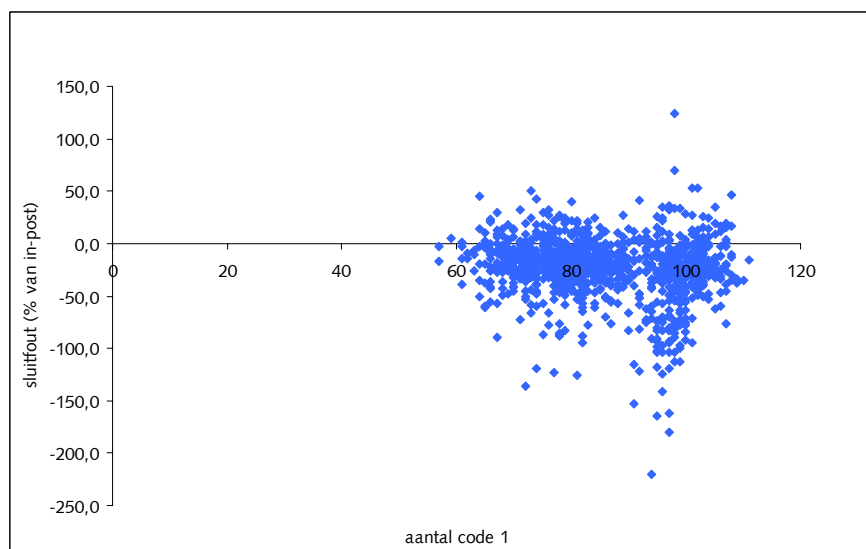
1998 was een extreem jaar wat betreft neerslag, er viel ruim anderhalf keer zoveel regen als in een normaal jaar. Op het kanaal waren meerdere hoogwatersituaties: begin maart, half september en eind oktober tot begin november. Tot half maart ontbreken originele gegevens voor gemaal Zeeburg; de inzet van hoogwaterbemaling is in deze periode geschat. Verder ontbreken dit jaar veel debietmetingen bij Wijk bij Duurstede en in het Lekkanaal, respectievelijk 64% en 14%. De ontbrekende metingen zijn echter wel aangevuld. De Beatrixsluis en het waterinlaatsysteem aldaar zijn in 1998 (gedeeltelijk) buiten gebruik geweest.

Voor het Zaangemaal waren in 1999 voor een periode van 3 maanden geen gegevens beschikbaar. Ook in 1999 ontbreken veel gegevens bij Wijk bij Duurstede en Lekkanaal (47% en 41%). De inlaatsluis Schellingwoude is gedurende de tweede helft van 1999 in renovatie geweest. Het effect hiervan op het inlaatdebiet is niet duidelijk.

In 2000 zijn er geen opmerkelijke zaken.

4.6.2 Sluitfout en meting/schatting

Er is geen duidelijk (omgekeerd) verband tussen het aantal directe metingen (code 1) en de grootte van de sluitfout. De Pearson correlatiecoëfficiënt is -0,13. Zie figuur 4.5.



Figuur 4.5 Sluitfout en Aantal code 1

Dit kan betekenen dat de gemaakte schattingen even goed (of slecht) zijn als de gemeten gegevens.

In paragraaf 4.2 is aangegeven dat het aantal "code 1" in 1998 groter is dan in 1999 en 2000. Omdat dit met name te wijten is aan de registratie van de gegevens bij DWR, en de code die daaraan gekoppeld is, is dit geen verklaring voor de afname van de sluitfout.

4.6.3 Sluitfout en neerslag

Een verklaring voor de grote sluitfout in 1998 zou kunnen zijn dat dit een heel nat jaar was. Wellicht dat daardoor meetfouten zwaarder mee gaan tellen. Ook zal meer water rechtstreeks op het kanaal komen, vanuit overstorten en vrij afstromend gebied, waar in de waterbalans geen rekening mee is gehouden (zie tabel 3.17). Daarmee is echter niet verklaard waarom juist in de eerste maanden van 1998 de sluitfout zo groot is.

De directe neerslag op het kanaal is een relatief kleine post in de waterbalans, maar neerslag is wel een goede indicatie voor wat er gebeurt in het gebied. In tabel 4.6 wordt een overzicht gegeven van de jaartotalen van neerslag en verdamping, gemiddeld over meerdere meetstations (zie paragraaf 3.15). In een gemiddeld jaar valt ongeveer 800 mm neerslag.

	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)
1998	1222	511
1999	964	594
2000	1037	555

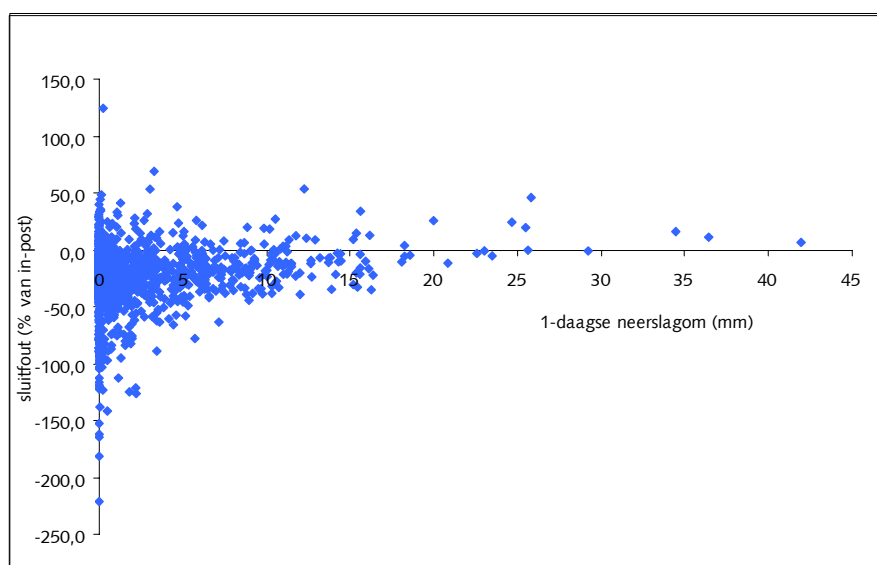
Tabel 4.6 Jaarlijkse neerslag en verdamping

Een fout in de debietmeting van een gemaal telt zwaarder mee als er een grote afvoer is, en dus als er veel neerslag is. Dat wil zeggen dat de fout in absolute zin groter wordt. Percentueel blijft de fout voor dit gemaal even groot, maar op de totale balans neemt ook de percentuele fout toe. Zie voor een voorbeeld de onderstaande tabel:

Gemaal			RWZI	Totaal		Sluitfout	
werkelijk debiet (m3)	fout meting (%)	Gemeten debiet (m3)	debiet (m3)	werkelijk (m3)	gemeten (m3)	absoluut (m3)	%
800	13	696	1150	1950	1846	104	5,33
1500	13	1305	1150	2650	2455	195	7,36
2300	13	2001	1150	3450	3151	299	8,67

Tabel 4.7 Toename sluitfout bij groter debiet

De Pearson correlatiecoëfficiënt van de correlatie tussen sluitfout en neerslag is berekend. Deze coëfficiënt is 0,22 voor de 1-daagse neerslagsom, zie figuur 4.6. Voor een 3-daagse neerslagsom is deze 0,16.



Figuur 4.6 Sluitfout en 1-daagse neerslagsom

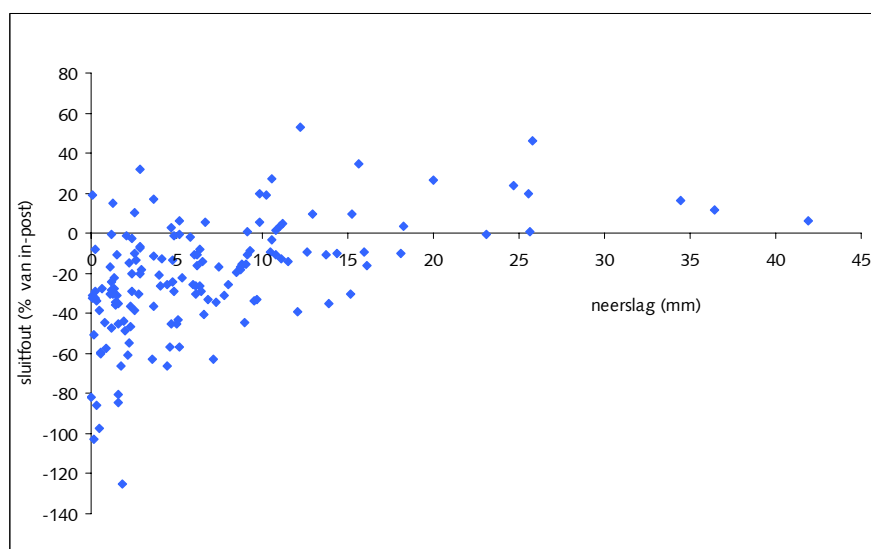
Wat opvalt in deze grafiek is dat zowel de positieve sluitfouten als de negatieve sluitfouten dicht bij 0 komen te liggen als de neerslaghoeveelheden toenemen. Je zou als het ware twee lijnen kunnen trekken die allebei naar 0 gaan.

Interessant om te weten is of de sluitfout op een of andere manier gerelateerd is aan droge of natte periodes. Daartoe is een aantal natte periodes geselecteerd waarvoor bekeken is wat de correlatie is tussen neerslag en sluitfout. In tabel 4.8 staat een overzicht van deze periodes:

Aantal dagen van natte periode	Totale neerslag (mm)	Gemiddelde sluitfout (%)
9	99,5	-1,0
27	94,9	-41,9
14	120,7	-24,9
11	110,1	-13,4
29	149,7	-23,8
28	215,4	-15,7
28	212,4	-14,8

Tabel 4.8 Overzicht natte periodes

Deze natte periodes zijn bij elkaar gevoegd en als een geheel bekeken. De Pearson-correlatiecoëfficiënt van de correlatie tussen sluitfout en neerslag is berekend, deze is 0,51. Dat betekent dat als de neerslag toeneemt, de sluitfout groter wordt. Omdat de sluitfout meestal negatief is, betekent dit dat de sluitfout dicht bij 0 komt en eigenlijk dus kleiner wordt. Zie ook figuur 4.7. De significantie P is kleiner dan 0,001, het verband is dus significant (een verband is significant als $P < 0,05$).



Figuur 4.7 Sluitfout en neerslag in natte periodes

Hetzelfde is bekeken voor alle dagen afzonderlijk (in plaats van per periode), zie onderstaande tabel:

	Pearson correlatie-coëfficiënt (R) met sluitfout	Significantie P	Gemiddelde sluitfout op dagbasis (%)
Alles	0,22	<0,001	-23,4
> 0 mm neerslag	0,26	<0,001	-21,7
> 5 mm neerslag	0,36	<0,001	-12,9
>10 mm neerslag	0,35	0,0011	-5,8

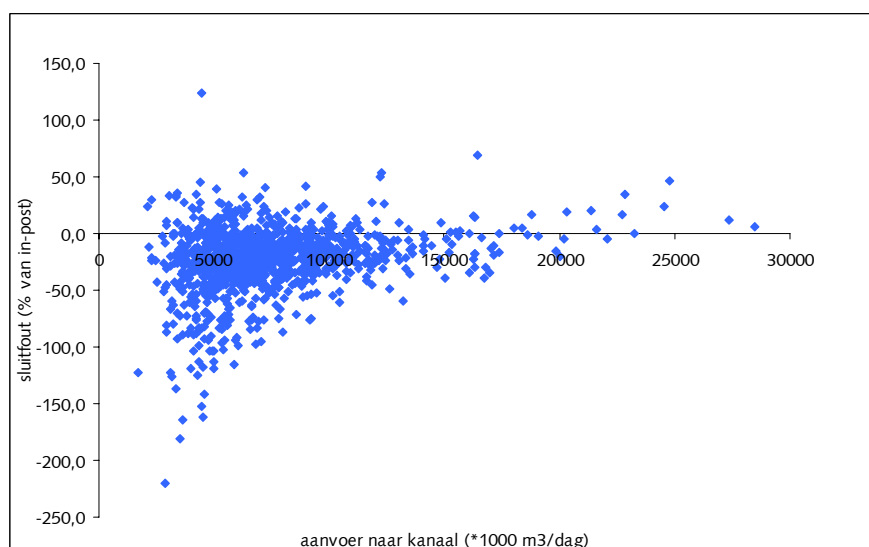
Tabel 4.9 Sluitfout gerelateerd aan neerslag

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat de sluitfout kleiner wordt (dichter bij 0 komt te liggen) naarmate de neerslaghoeveelheden toenemen. Hierbij moet bedacht worden dat het niet zozeer gaat om de neerslag direct op het kanaal, maar dat een grote neerslaghoeveelheid aangeeft dat de aanvoer naar het kanaal sterk toeneemt. Kennelijk neemt de in-post dan sterker toe dan de uit-post. Aan de andere kant spelen juist bij zeer natte periodes processen een rol waar in de waterbalans geen rekening mee is gehouden, zoals de aanvoer via overstorten, de inzet van omloopriolen en dergelijke (zie verderop in dit hoofdstuk).

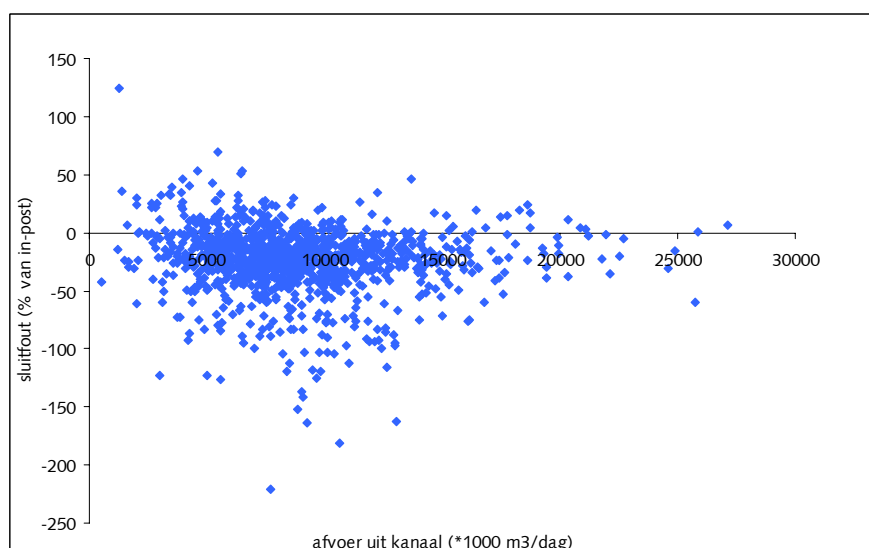
Voor droge periodes is een dergelijke correlatie overigens niet te leggen, omdat hierin veel dagen met neerslag 0 vallen. Een correlatie met 0 bestaat niet.

4.6.4 Sluitfout en aan- en afvoer

Met name de sluitfout op maandbasis suggereert dat de sluitfout groter is in maanden met veel afvoer, en kleiner in maanden met weinig afvoer. Daarom is bekeken of er een correlatie bestaat tussen de totale aan- of afvoer en de sluitfout. Een dergelijk verband is niet aangetoond. De Pearson correlatie-coëfficiënt van de correlatie tussen sluitfout en totale aanvoer naar het kanaal is 0,27. De correlatiecoëfficiënt van de correlatie tussen sluitfout en totale afvoer uit het kanaal is -0,09. Zie de volgende figuren:



Figuur 4.8 Sluitfout en totale aanvoer naar het kanaal



Figuur 4.9 Sluitfout en totale afvoer uit het kanaal

Ook is bekeken of er een correlatie bestaat tussen de aanvoer van enkele grote gemalen (Halfweg, Spaarndam en Zaangemaal) en de sluitfout. Een dergelijk verband is niet aangetoond.

4.7 Mogelijke foutenbronnen

Uit de jaar-, maand- en dagbalansen blijkt dat er structureel minder water het systeem in lijkt te komen dan er uit gaat. Er wordt te weinig aanvoer berekend, of te veel afvoer.

De totale sluitfout moet te verklaren zijn uit alle meetfouten, alle fouten in aannames en uit de posten die niet zijn opgenomen.

Aangenomen wordt dat de gegevens die de waterschappen hebben geleverd redelijk goed zijn. De nauwkeurigheid is misschien niet overal even goed, maar het zijn zoveel balansposten dat de verwachting is dat de onnauwkeurighedsfout uitmiddelt. Overigens wordt in het waterakkoord [waterakkoord, 1992] geëist dat de meetgegevens een nauwkeurigheid hebben van 10%, maar het is onbekend in hoeverre dit wordt gehaald. Verder hebben de balansposten van de waterschappen per stuk een relatief kleine bijdrage aan de balans, en zou een meetfout bij een van de posten daarom geen volledige verklaring voor de sluitfout zijn.

Het wordt ook niet waarschijnlijk geacht dat er een grote balansterm (of meerdere kleine) vergeten is.

Niet meegenomen balansposten zijn een foutenbron, maar over het algemeen zijn de ontbrekende posten klein, of worden ze slechts zelden ingezet. In totaal vormen de ontbrekende posten een relatief klein extra in-debiet voor de waterbalans. Dit is echter geen volledige verklaring voor de sluitfout.

Meest aannemelijk is dat bij een aantal van de grote balansposten een systematische meetfout wordt gemaakt. Deze kan relatief groot zijn en bovendien variëren in de tijd.

In de volgende paragraaf wordt eerst een controleberekening gepresenteerd. Vervolgens wordt nader ingegaan op mogelijke foutenbronnen.

4.7.1 Controle: debiet bij Maarssen

Om meer inzicht te krijgen in de waterbalans en de oorzaak van de sluitfout, is de waterbalans "in tweeën geknipt". De knip is gelegd bij Maarssen, omdat hier debietregistratie plaatsvindt⁸ en omdat het gebied qua aan- en afvoer hier redelijk makkelijk is te verdelen in 'Maarssen-noord' en 'Maarssen-zuid'. Tot Maarssen-zuid zijn gerekend: de RWZI's Maarssenbroek, Houten en Leidsche Rijn, alle posten in beheer bij Rijkswaterstaat Directie Utrecht en alle posten in beheer bij HDSR behalve Kockengen, de Tol, Maarssenbroek en Haarrijn/Ouwenaar. Het debiet bij Maarssen is als uit-post opgenomen. Tot Maarssen-noord behoren alle overige balansposten; het debiet bij Maarssen is hier als in-post opgenomen.

De controle is uitgevoerd voor twee periodes, waarvoor debietmetingen bij Maarssen beschikbaar waren.

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de debieten en sluitfout voor Maarssen-noord, -zuid en voor de totale balans:

	Som IN (m³)	Som UIT (m³)	Berging (m³)	In-uit-berging (m³)	% van in-post
Maarssen-zuid	55.296.745	67.651.775	-	-12.355.030	-22,3%
Maarssen-noord	329.671.448	365.076.260	1.562.476	-36.967.288	-11,2%
Totale balans	317.673.993	365.433.835	1.562.476	-49.322.318	-15,5%

Tabel 4.10 Waterbalans Maarssen-noord en -zuid (periode 25-10-2000 t/m 22-11-2000)

⁸ (debietmeter type FLOW 2000, een akoestische debietmeter, locatie x=131170, y=460680)

	som IN (m³)	som UIT (m³)	berging (m³)	in-uit-berging (m³)	% van in-post
Maarssen- zuid	40.866.416	49.840.150	-	-8.973.734	-22,0%
Maarssen- noord	204.251.603	228.153.490	-3.515.571	-20.386.316	-10,0%
Totale balans	195.396.019	228.271.640	-3.515.571	-29.360.050	-15,0%

Tabel 4.11 Waterbalans Maarssen-noord en -zuid (periode 4-12-2000 t/m 27-12-2000)

NB neerslag, verdamping en berging zijn bij de balans voor Maarssen-noord geteld. Bij Maarssen-zuid komt dus iets meer water in, bij Maarssen-noord iets minder. Dit geeft een enigszins vertekend beeld maar de invloed is niet zo groot. Op de hele balans is het aandeel van neerslag zo'n 1,5% en van verdamping zo'n 0,7%. Bovendien is het natte oppervlak van het noordelijke deel veel groter dus het effect op de fout is verwaarloosbaar. Voor berging geldt hetzelfde.

Opvallend is dat de sluitfout veel groter is voor het deel ten zuiden van Maarssen, hoewel dit een relatief klein deel van de totale balans is (zie ook tabel 5.1). HDSR maakt gemiddeld voor 10,4% deel uit van de totale in-post, Rijkswaterstaat Directie Utrecht 16,7%. De RWZI's maakten in totaal 4,6% uit van het totale in-debiet, maar voor Maarssen-zuid betreft het maar 3 van de in totaal 12 RWZI's.

Voor zowel Maarssen-zuid als -noord geldt dat er meer water uit het systeem gaat dan er in komt. Percentueel is dit verschil echter veel groter voor het zuidelijke deel dan voor het noordelijke deel. Ook absoluut gezien neemt de hoeveelheid ontbrekend water (ontbrekend in-debiet) toe van zuid naar noord. In de eerste periode mist 1/3 van de ontbrekende hoeveelheid water al bij Maarssen, in de tweede periode is dat de helft.

Verder is het opvallend dat voor beide periodes de debieten in het Lekkanaal en bij Wijk bij Duurstede metingen zijn (code 15), en geen berekeningen. Het zou interessant zijn om ook voor een periode waarin de debieten berekend zijn een dergelijke controle uit te voeren. Momenteel zijn echter geen andere debietmetingen bij Maarssen beschikbaar. Ook interessant is om deze analyse uit te voeren voor langere periodes en voor enkele zeer natte periodes.

Wanneer de sluitfout op dagbasis wordt bekeken is hetzelfde beeld te zien: de sluitfout voor Maarssen-zuid is veel groter dan voor Maarssen-noord. Zie tabel 4.12 en 4.13:

	Maarssen-zuid	Maarssen-noord	Totale balans
Gemiddelde sluitfout (%)	-22,9	-11,6	-16,4
Minimum sluitfout (%)	-55,1	-42,8	-51,7
Maximum sluitfout (%)	15,2	7,3	1,4
Mediaan	-22,6	-10,2	-16,1

Tabel 4.12 Sluitfout waterbalans Maarssen-noord en -zuid, op dagbasis (periode 25-10-2000 t/m 22-11-2000)

	Maarsse-nuid	Maarsse-noord	Totale balans
Gemiddelde sluitfout (%)	-22,9	-11,1	-16,8
Minimum sluitfout (%)	-66,3	-46,5	-56,7
Maximum sluitfout (%)	7,6	29,7	25,3
Mediaan	-21,5	-11,5	-16,1

Tabel 4.13 Sluitfout waterbalans Maarsse-noord en -nuid, op dagbasis (periode 4-12-2000 t/m 27-12-2000)

Overigens is het natuurluk wel van belang dat de debietmeting bij Maarsse betrouwbaar is. Hierover is niets bekend.

4.7.2 Debietmetingen Lekkanaal en Wijk bij Duurstede

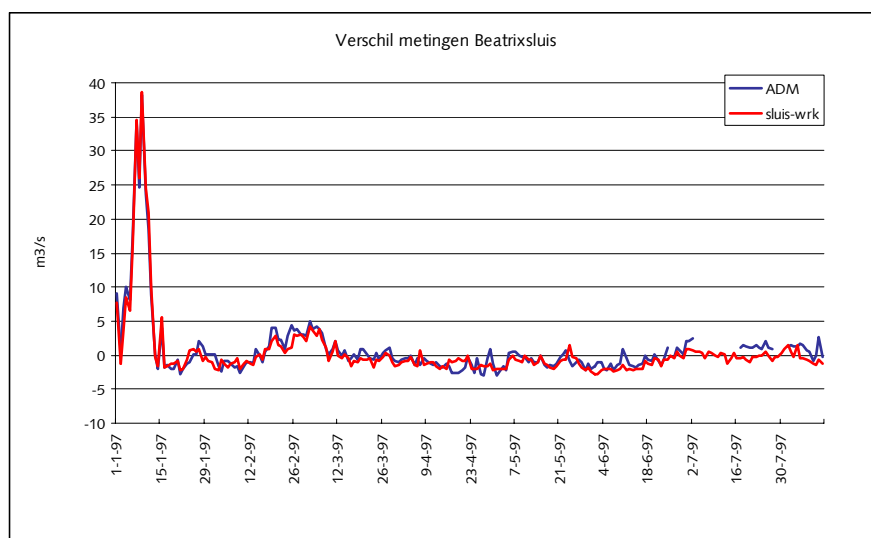
Mogelijk wordt het debiet in het Lekkanaal en bij Wijk bij Duurstede niet goed gemeten en/of berekend. De debietmetingen worden uitgevoerd met een akoestische debietmeter (ADM). Voor de periode 1 januari tot en met 12 augustus 1997 heeft Directie Utrecht (mw. Van der Slikke) de metingen van de ADM in het Lekkanaal vergeleken met de berekende waarden. De berekende waarden zijn schutdebieten minus de WRK-inname. De WIS-inlaat in deze periode is niet bekend. Ook ontbreekt een aantal ADM-waarden.

Uit de vergelijking blijkt dat de ADM meer meet dan uit de berekening komt, zie tabel 4.14 en figuur 4.10. Gemiddeld is het debiet dat de ADM meet ruim 2 keer zo groot als het berekende debiet. Hierbij moet wel bedacht worden dat bij het berekende debiet nog de WIS-inlaat moet worden opgeteld. Het effect hiervan is niet meteen in te schatten: het WIS wordt meestal ingesteld op 5 à 10 m³/s, maar er zijn ook hele periodes waarin het geheel niet wordt ingezet.

	ADM	Berekend (sluis-WRK)	Vershil in m ³ /s *
Gemiddeld debiet (m ³ /s)	0,85	0,36	0,46
Maximaal debiet (m ³ /s)	38,3	38,6	3,4
Minimaal debiet (m ³ /s)	-3,0	-2,8	-2,5

*alleen berekend voor de dagen dat er een ADM-waarde is

Tabel 4.14 Vergelijking ADM en berekening, voor Lekkanaal, 1997



Figuur 4.10 Debiet Lekkanaal, ADM en berekening

Uit de gegevens in tabel 4.14 kan het volgende worden geconcludeerd: als de ADM-meting niet goed is, zou dat betekenen dat er in werkelijkheid minder water op het kanaal komt dan nu is aangenomen. Dat is een verslechtering voor de sluitfout. Als de berekende waarden niet goed zijn, betekent dat dat in werkelijkheid meer water het kanaal opkomt. Dat is een verbetering van de sluitfout.

NB Een dergelijke vergelijking is niet gemaakt voor Wijk bij Duurstede.

Overigens is er geen duidelijk verband te leggen tussen de sluitfout en het feit of een meting of een schatting is gebruikt bij Lekkanaal en Wijk bij Duurstede. Zie onderstaande tabel:

	Lekkanaal	Wijk bij Duurstede
Meting	-24,2	-21,9
Berekening	-20,6	-25,6

Tabel 4.15 Gemiddelde sluitfout (%) bij meting versus berekening Lekkanaal en Wijk bij Duurstede

4.7.3 Debietmeting Schellingwoude

Er bestaat geen significant verband tussen wel of niet inlaten bij Schellingwoude en de sluitfout.

Al langere tijd bestaan twijfels bij de kwaliteit van de debietmeting bij Schellingwoude. In november 1998 is een ijkmeting gedaan, maar er zijn wel kanttekeningen geplaatst bij de uitvoering van de meting. In 2001 is de inlaatsluis opnieuw geijkt. Dit heeft inmiddels geresulteerd in een nieuwe Qh-relatie, waarbij volgens de nieuwe formule minder water wordt ingelaten dan tot nu toe werd aangenomen [Schobben e.a., 2003]. Dit is dus geen verklaring voor de sluitfout.

Voor de waterbalans van 1996 is destijds aangenomen dat het inlaatdebiet bij Schellingwoude ernstig wordt onderschat: "Het vermoeden bestaat dat de huidige Qh-relatie van de inlaatsluis een onderschatting geeft van de ingelaten hoeveelheid water. Dit vermoeden wordt versterkt door de waterbalans van het Markermeer (1995/1996). De sluitpost in deze balans is voor 1995 gelijk aan 20% en voor 1996 gelijk aan 14%. Concreet is er een overschot aan water op het Markermeer en aangezien Schellingwoude een van de uitlaatpunten is, bestaat de mogelijkheid dat inderdaad een onderschatting van het debiet bij Schellingwoude wordt geregistreerd." [Haskoning, 1999]. In beide jaren was het aandeel van Schellingwoude 33% van de totale afvoer uit het Markermeer. In 1996 is door Haskoning een correctie van 30% toegepast op het debiet bij Schellingwoude. De gemiddelde sluitfout op maandbasis werd hierdoor beter: 0,4% (variërend tussen -11,9% tot +15,3%) in plaats van -9,6% (variërend tussen -27,2 tot +0,5%). De bandbreedte blijft vrijwel hetzelfde.

De Markermeerbalans van 1997 heeft een sluitfout van -4%, de balans van 1998/1999 van -2%. Het aandeel van de afvoerpost Schellingwoude is ook in deze jaren vrij groot, respectievelijk 18%, 13% en 20%.

In de beheersverslagen van Directie IJsselmeergebied wordt de sluitfout in de Markermeerbalans voornamelijk geweten aan een fout in de Qh-relatie van de Houtribsluizen [RDIJ, 1998], [RDIJ, 1999] en [RDIJ/De Straat, 2001].

Gesteld wordt dat, omdat in 1997-1999 de debieten bij de Houtribsluizen aanzienlijk kleiner zijn dan in 1995-1996, de invloed van de foute berekening op de sluitfout ook veel kleiner is dan in 1995/1996.

Ook de debieten bij Schellingwoude zijn van 1997-1999 veel kleiner dan in de jaren ervoor, zie de volgende tabel:

	ingelaten volume op NZK (miljoen m ³)	aandeel van Markermeerbalans
1995	922	33 %
1996	831	33 %
1997	297	18 %
1998	319	13 %
1999	375	20 %
2000	575	?

Tabel 4.16 Inlaatdebieten Schellingwoude 1995-2000

Hier zou dus ook kunnen gelden dat, omdat in 1997-1999 de debieten kleiner zijn dan in 1995-1996, de invloed van de foute berekening op de sluitfout kleiner is.

Conclusie: op grond van de waterbalansen voor Markermeer is geen uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van de debietmeting van de inlaatsluis Schellingwoude. Er zijn wel indicaties dat de gebruikte Qh-relatie niet juist is.

Van half december 1996 tot 15 november 1997 is de inlaatsluis Schellingwoude gerenoveerd (mondelinge informatie Bouwdienst). Gedurende die periode is alleen gebruik gemaakt van de maalgangen. Na de renovatie was het enige tijd technisch niet mogelijk om de inlaatsluis goed te bedienen. In de tweede helft van 1999 is de inlaatsluis verder gerenoveerd. Wellicht is dit een verklaring voor de veel lagere inlaatdebieten in 1998 en 1999.

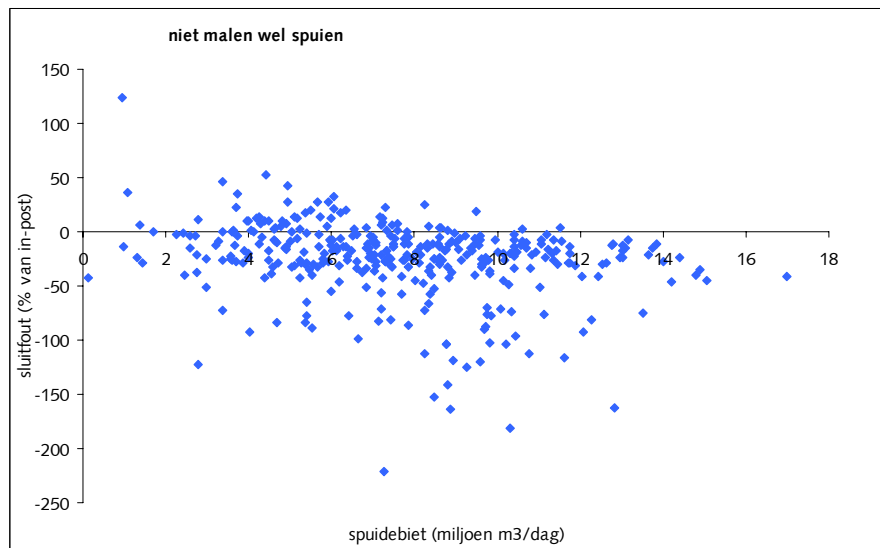
Op 4 en 5 oktober 2000 was de sluitfout erg groot, in positieve richting: +50,3% respectievelijk +31,6%. Op deze dagen was de debietinstallatie van de PWA-sluis defect. De waarden in de database zijn overgenomen uit de etmaaloverzichten en geven een in-debiet voor het kanaal. Maar de waterstanden suggereren dat er meer water uit zou zijn gelaten dan er in is gegaan. Dit zou de positieve sluitfout kunnen verklaren.

4.7.4 Debietmeting IJmuiden

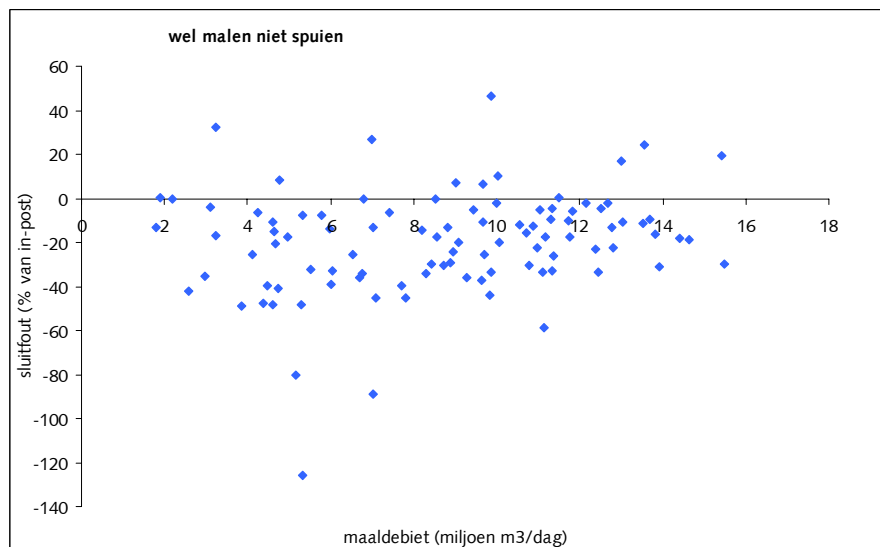
Er is geen duidelijke correlatie tussen malen bij IJmuiden en de sluitfout, of tussen spuien bij IJmuiden en de sluitfout. Zie tabel 4.17 en de figuren 4.11, 4.12 en 4.13:

	Niet malen, wel spuien	Wel malen, niet spuien	Wel malen, wel spuien
Pearson correlatie coëfficiënt	-0,26	0,21	Malen 0,08 Spuien -0,19 Som -0,09

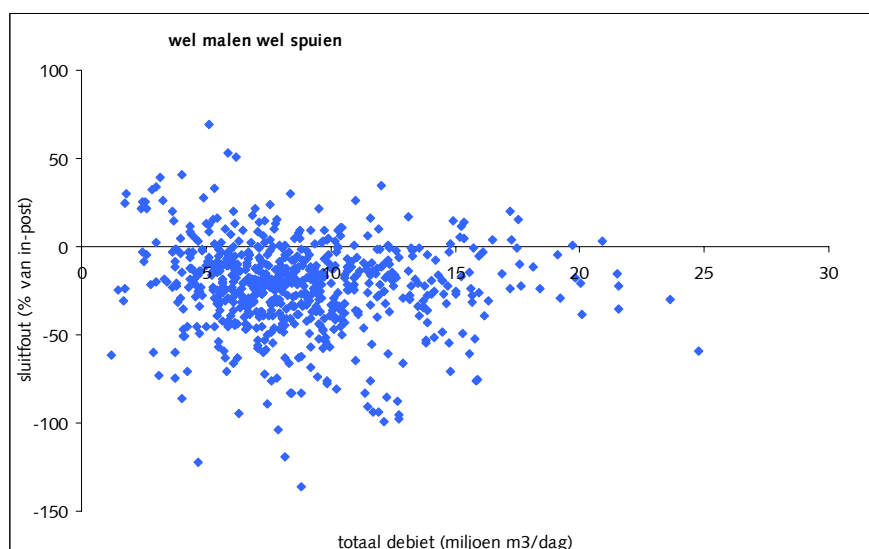
Tabel 4.17 Pearson correlatiecoëfficiënt voor spuien en malen in IJmuiden



Figuur 4.11 Correlatie sluifout en spuien in IJmuiden



Figuur 4.12 Correlatie sluifout en malen in IJmuiden



Figuur 4.13 Correlatie sluitfout en spuien en malen in IJmuiden

Wel is de gemiddelde sluitfout iets groter als er gespuid wordt, zie onderstaande tabel:

	Gemiddelde sluitfout (%)
Wel malen, niet spuien	-19,9
Wel malen, wel spuien	-22,9
Niet malen, wel spuien	-25,5

Tabel 4.18 Sluitfout gerelateerd aan spuien en malen in IJmuiden

Bij de debietmeting in IJmuiden van met name de spuisluis worden enkele kanttekingen geplaatst. Het debiet wordt berekend met een formule waarin gemeten waterstanden (meetpunten H6, H7 en H8) worden ingevuld. Het debiet wordt berekend in een programma en weggeschreven. Onduidelijk is echter welke formule precies wordt gebruikt. Er circuleren verschillende formules die alle niet erg betrouwbaar lijken. Bijvoorbeeld omdat voor alle kokers hetzelfde debiet wordt berekend, terwijl sinds enkele jaren een vispassage in koker 7 aanwezig is die het debiet doet afnemen. Tot op heden is het niet gelukt om de formule te achterhalen die in het programma wordt gebruikt.

Verder wordt het spuidebiet pas gemeten als het in totaal boven de 98 m³/s uitkomt (14 m³/s per spuiukoker). Bij een kleine spui kan het enige tijd duren tot dit debiet bereikt is, en als bijvoorbeeld een half uur mist dan ontbreekt er een behoorlijke uit-post in de balans. Er gaat in werkelijkheid dus meer water uit dan berekend wordt. Dit is een verslechtering van de sluitfout. Overigens wordt, indien mogelijk, in 2003 de debietmeting zodanig ingesteld dat alles wordt gemeten, dus ook debieten tot 14 m³/s per koker.

Ook bij de pompen wordt het debiet berekend. Volgens dhr. Beuse en dhr. Ebginge van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland is hier ooit een goede ijking voor uitgevoerd en zouden de geregistreerde pompdebieten goed moeten kloppen. Documentatie is hierover echter niet gevonden. Het pompdebet wordt berekend op basis van in borrelbuizen gemeten waterstanden.

4.7.5 Overige mogelijke foutenbronnen

Gemalen van waterschappen

De gemalen van de waterschappen vormen samen een grote post van de waterbalans. Maar omdat het zo'n groot aantal gemalen is, ligt het niet voor de hand dat hier de oorzaak voor de sluitfout wordt gevonden.

Het komt voor dat de gemeten afvoer van een gemaal groter is dan de opgegeven capaciteit. Waarschijnlijk betekent dit niet dat de meting niet goed is, maar heeft dit te maken met de Q-h-relatie van zo'n gemaal. De capaciteit wordt vaak gegeven voor een bepaalde opvoerhoogte. Als de werkelijke opvoerhoogte kleiner is, neemt het debiet toe.

Zoals gezegd is bekeken of er een correlatie bestaat tussen de aanvoer van enkele grote gemalen (Halfweg, Spaarndam en Zaangemaal) en de sluitfout. Een dergelijk verband is niet aangetoond.

Gemaal Zeeburg

De betrouwbaarheid van de gegevens van gemaal Zeeburg varieert sterk. Er bestaat echter geen correlatie tussen de inzet van gemaal Zeeburg en de sluitfout. Dat geldt zowel voor aanvoer als afvoer van dit gemaal.

Waterinname in zomerseizoen

Met name DWR en HDSR laten in de zomer veel water in in hun polders voor droogtebestrijding. Bij DWR gaat het om zo'n 2000 inlaten waarvan niet bekend is hoeveel er wordt ingelaten. Dit betekent dat in de zomer meer water het systeem uit gaat dan nu in de balans wordt aangenomen. Dit is een verslechtering van de sluitfout in de zomer. Daarentegen wordt de sluitfout hiermee wel meer constant over het jaar (zie tabel 4.3).

IJ-front

Als de waterstand op het kanaal stijgt tot boven de 0,20 m-NAP, kan DWR het IJ-front sluiten, waarmee de boezem van de stad Amsterdam is afgesloten van de NZK/ARK boezem. Op dagen dat het IJ-front gesloten is moeten de gegevens van DWR dus anders worden geïnterpreteerd: een deel van de polders watert niet meer af op het NZK/ARK maar op het Markermeer, en het natte oppervlak van de boezem neemt af met circa 25% (effect op berging en neerslagvolume). Dit betekent dat vooral in natte periodes de fout groter wordt omdat er minder water op het kanaal komt dan nu is aangenomen.

Wanneer het IJ-front is afgesloten in de periode 1998-2000 is niet precies bekend. In ieder geval is het wel gesloten op 5 en 6 november 1998 [Nagelhout en Meeuwsen, 1999]. De sluitfout was op deze dagen respectievelijk -34,1% en -13,3%. Op 15 en 16 september 1998 is de waterstand gestegen tot 0,16 m-NAP. Mogelijk is toen het IJ-front gesloten. De sluitfout was op deze dagen +11,4% en +16,9%.

Als rekening gehouden wordt met de sluiting van het IJ-front, betekent dat dat de belasting op het NZK/ARK kleiner was dan nu is aangenomen: de berging wordt kleiner en het in-debiet wordt kleiner. Voor de dagen in november betekent dit een verslechtering van de sluitfout, voor de dagen in september een verbetering.

In 1999 en 2000 is de waterstand op het kanaal niet boven de 0,20 m-NAP uitgekomen. Het is daarom niet waarschijnlijk dat het IJ-front is gesloten in deze periode.

Omloopriolen Noordersluis

Uit nadere informatie is gebleken dat de omloopriolen zijn ingezet tijdens de hoogwaterperiode van oktober/november 1998:

4/5 november: 1,9 cm waterschijf afgevoerd

6/7 november: 2,9 cm waterschijf afgevoerd

In totaal is 4,8 cm waterschijf afgevoerd, ofwel $1759 \cdot 1000 \text{ m}^3$ ⁹ [Nagelhout en Meeuwsen, 1999]. De exacte inzet per dag is niet bekend.

Op 4 november zou de sluitfout hierdoor wellicht verbeteren. Op de overige dagen zou dit de sluitfout alleen maar groter maken, omdat nog meer water wordt afgevoerd dan in de waterbalans is aangenomen. Zie tabel 4.19:

	Sluitfout (%)
4 november 1998	3,7
5 november 1998	-34,1
6 november 1998	-13,3
7 november 1998	-59,4

Tabel 4.19 Sluitfout begin november 1998

Vrij afvoerende gebieden

Een deel van het gebied watert rechtstreeks af naar het NZK/ARK, bijvoorbeeld via overstorten of hemelwaterriolen. Niet bekend is hoe groot deze post is, daarom is deze niet meegenomen in de balans. Het betreft in ieder geval stedelijk gebied van Amsterdam en Utrecht. Ook vlak langs het kanaal zal regen direct naar het kanaal stromen.

Kwel en wegzijging

Zowel kwel als wegzijging zijn balansposten voor het NZK/ARK, afhankelijk van de locatie langs het kanaal. Er is geen schatting bekend van de grootte van deze posten. Aangenomen wordt dat ze relatief klein zijn. Ze zijn niet meegenomen in de waterbalans.

Lekverliezen bij sluizen

Lekverliezen vinden plaats bij de sluizen bij IJmuiden, de Oranjesluizen, de Prinses Irenesluizen en de Prinses Beatrixsluizen. Voor de laatste twee is gedeeltelijk gebruik gemaakt van debietmetingen achter de sluizen, waarin de lekverliezen al meegenomen zijn. Daar waar de metingen ontbraken en de debieten zijn berekend is geen rekening gehouden met lekverliezen. Ook bij de sluizen bij IJmuiden en de Oranjesluizen is geen rekening gehouden met lekverliezen.

In totaal betekent dit dat er een extra in-post is. De grootte hiervan is onbekend en de post is dan ook niet meegenomen in de waterbalans.

RWZI's

Uit nadere informatie is gebleken dat ook RWZI Utrecht in de waterbalans mee moet worden genomen. Deze loost op de Vecht. Er zijn echter geen gegevens aangeleverd en deze post is daarom niet opgenomen in de balans.

Voor de overige RWZI's geldt dat, op dagen waarop geen metingen maar schattingen gebruikt zijn voor de aanvoer, in natte periodes waarschijnlijk een

⁹ Het IJ-front is in deze periode gesloten, waardoor het natte boezemoppervlak afnam en de m^3 dus niet precies berekend kunnen worden.

onderschatting wordt gemaakt van het RWZI-debiet, omdat de geschatte gegevens uitgaan van de gemiddelde waarde over het jaar.

Looptijd

Een foutenbron bij de balans op dagbasis is de snelheid van de afvoer: neerslag die valt wordt niet dezelfde dag afgevoerd omdat het tijd nodig heeft om het systeem door te komen. Dit speelt met name bij grotere hoeveelheden neerslag.

5 Overzicht van de waterbalans

5.1 Waterbalans op jaarbasis

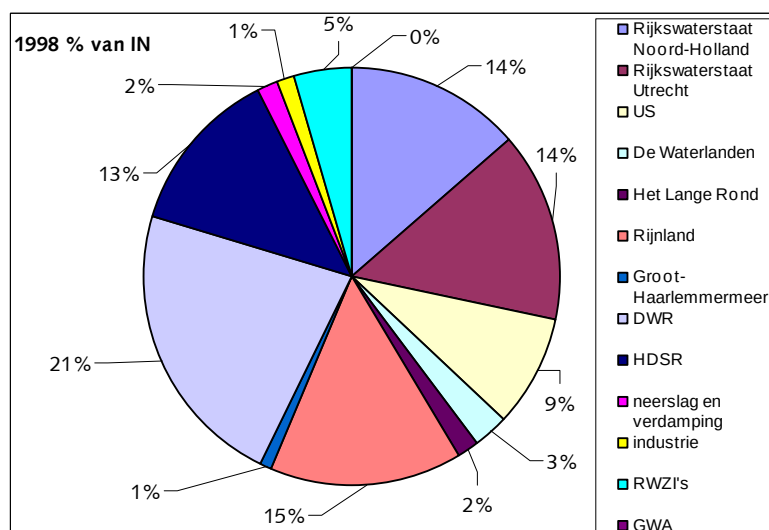
In de volgende tabel is het belang van de verschillende balansposten (zoals behandeld in hoofdstuk 3) aangegeven. Per jaar en per balanspost is weergegeven wat het aandeel is van deze post op het totale in- en uit-debiet in dat jaar.

	1998		1999		2000		Gemiddelde	
	% van IN	% van UIT	% van IN	% van UIT	% van IN	% van UIT	% van IN	% van UIT
Rijkswaterstaat Noord-Holland (incl. schutverlies)	13,7	93,3	17,9	94,9	23,0	96,1	18,2	94,8
Rijkswaterstaat Utrecht	14,7	1,3	19,6	0,5	15,9	0,1	16,7	0,7
US	8,6	0,0	6,7	0,0	5,7	0,0	7,0	0,0
De Waterlanden	2,9	0,0	2,2	0,0	1,7	0,0	2,3	0,0
Het Lange Rond	1,5	0,0	1,2	0,0	0,9	0,0	1,2	0,0
Rijnland	15,0	0,0	14,2	0,0	16,4	0,0	15,2	0,0
Groot-Haarlemmermeer	0,9	0,0	0,8	0,0	0,7	0,0	0,8	0,0
DWR	22,5	2,3	20,5	0,8	18,8	0,7	20,6	1,3
HDSR	12,7	0,2	9,0	0,4	9,6	0,4	10,4	0,3
neerslag en verdamping	1,7	0,6	1,5	0,8	1,4	0,7	1,6	0,7
Industrie	1,3	2,0	1,6	2,3	1,3	1,8	1,4	2,0
RWZI's	4,6	0,2	4,8	0,0	4,3	0,0	4,6	0,1
GWA	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,2

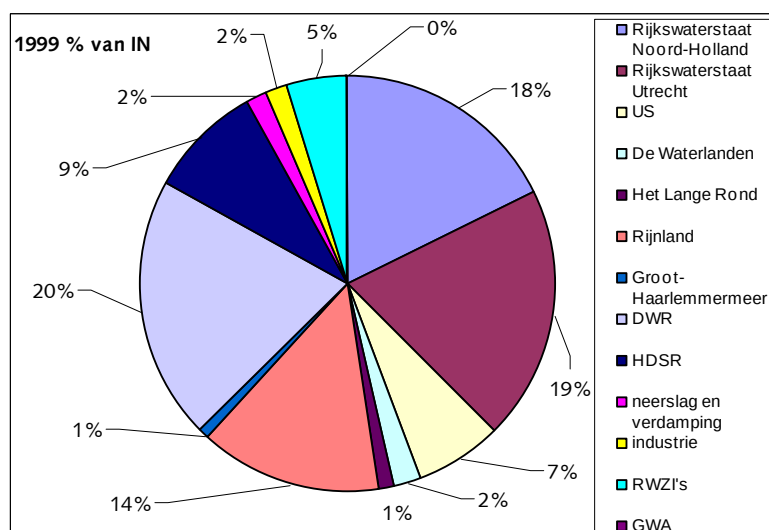
Tabel 5.1 Aandeel in % van de verschillende balansposten

Overigens laat deze tabel niet zien hoeveel balansposten werkelijk bij een waterbeheerder horen. Bijvoorbeeld Rijnland heeft met twee gemalen een aandeel van gemiddeld 15,2%, terwijl DWR met 65 gemalen een aandeel heeft van 20,6%. Zie hiervoor ook het complete overzicht van de balansposten in bijlage 2.

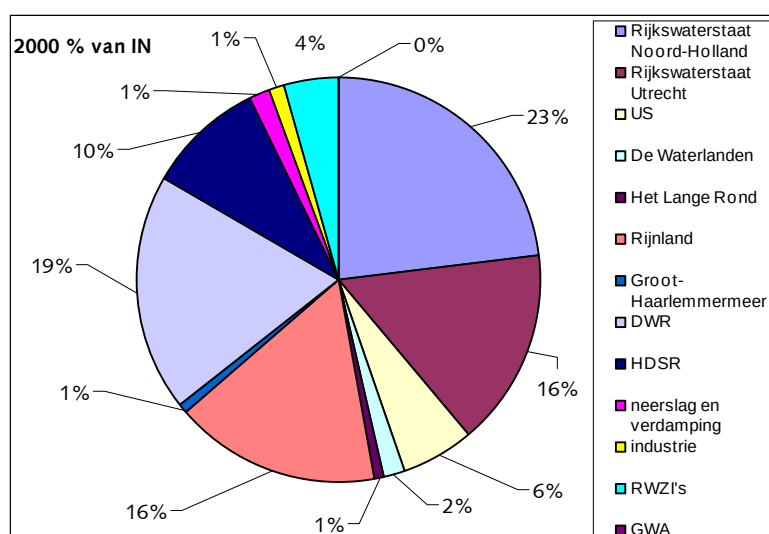
In de volgende figuren, 5.1 tot en met 5.8, is het aandeel van de verschillende balansposten grafisch weergegeven. De in- en uitdebieten staan in aparte figuren, zowel per jaar als gemiddeld over 1998-2000.



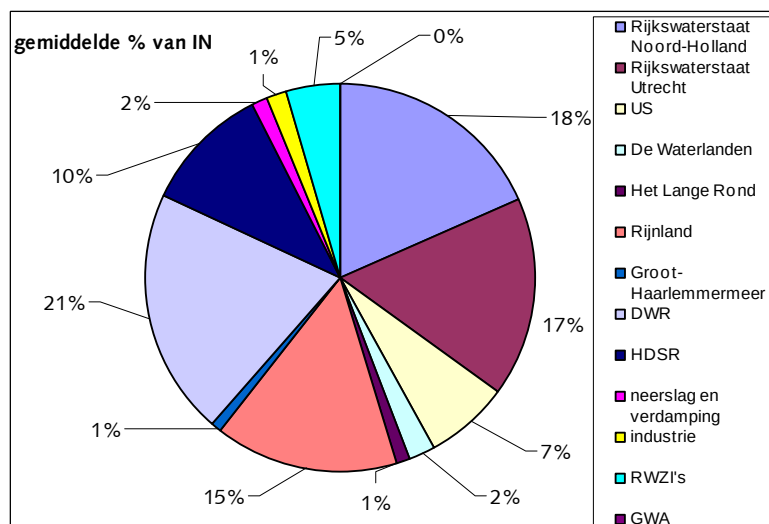
Figuur 5.1 Verdeling in-posten (%), 1998



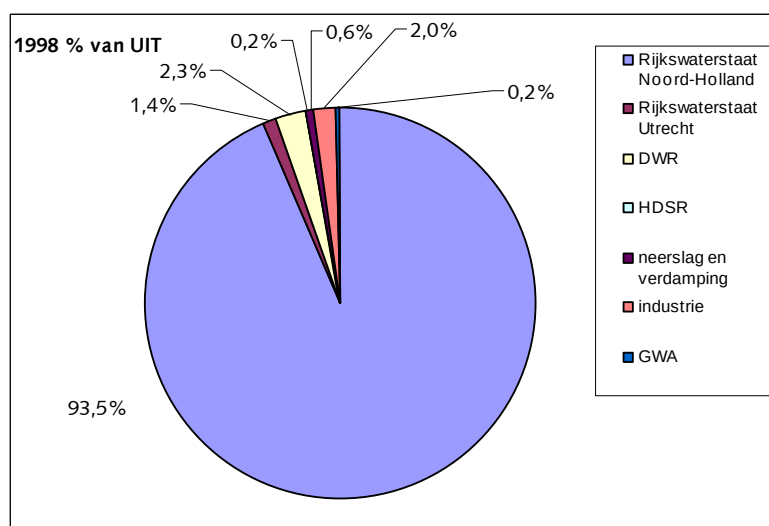
Figuur 5.2 Verdeling in-posten (%), 1999



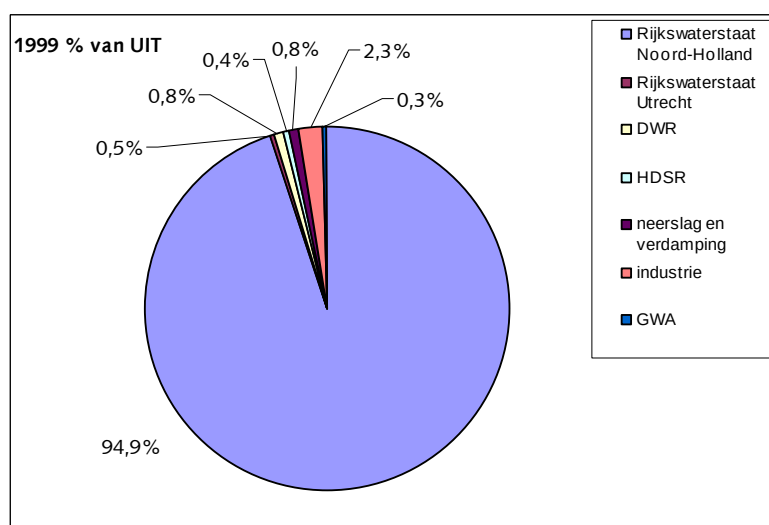
Figuur 5.3 Verdeling in-posten (%), 2000



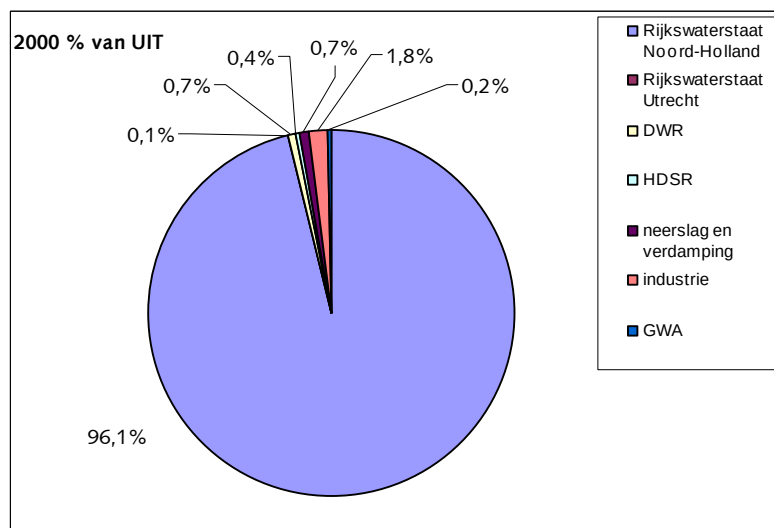
Figuur 5.4 Verdeling in-posten (%), gemiddeld 1998-2000



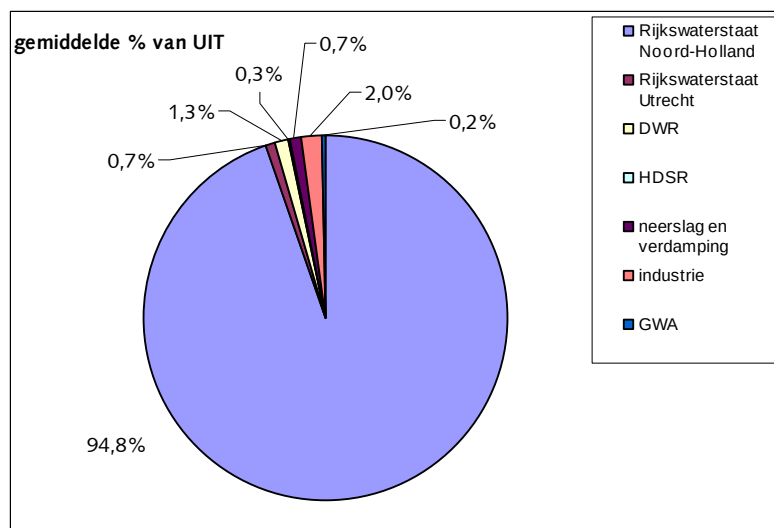
Figuur 5.5 Verdeling uit-posten (%), 1998



Figuur 5.6 Verdeling uit-posten (%), 1999



Figuur 5.7 Verdeling uit-posten (%), 2000

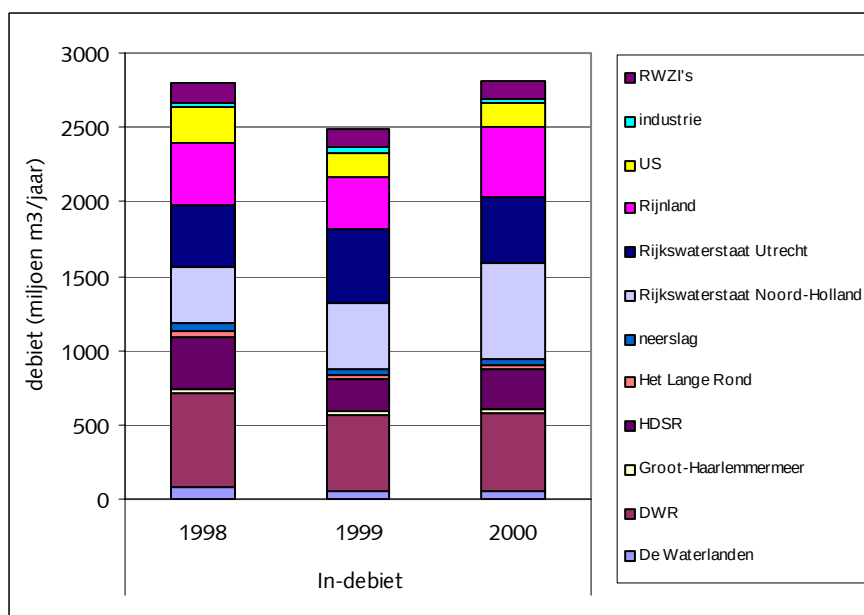


Figuur 5.8 Verdeling uit-posten (%), gemiddeld 1998-2000

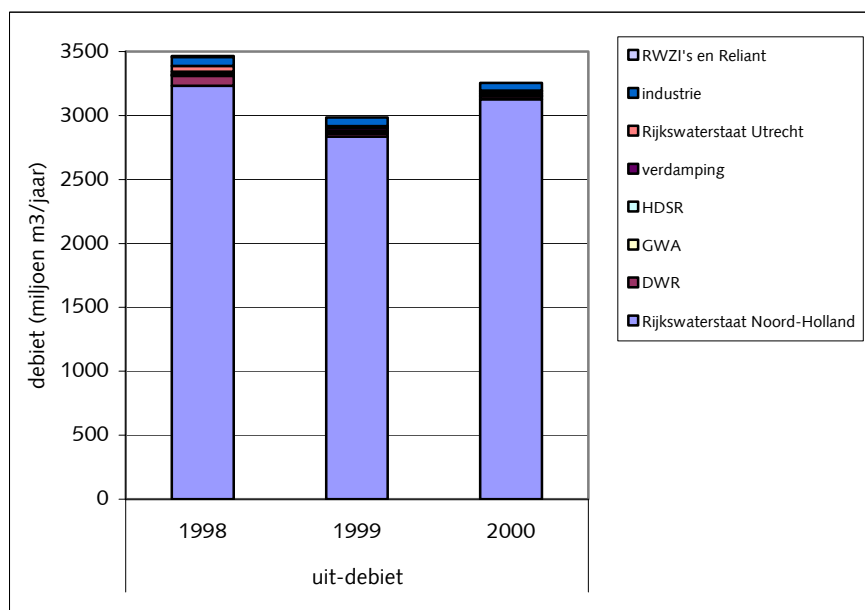
In tabel 5.2 zijn de absolute hoeveelheden per balanspost weergegeven. In de figuren 5.9 en 5.10 is dit grafisch weergegeven.

	1998		1999		2000		gemiddeld	
	In	Uit	In	Uit	In	Uit	In	Uit
De Waterlanden	80.437.536	0	54.718.320	864	48.624.497	0	61.260.118	288
DWR	628.218.425	77.995.131	511.082.427	23.941.902	530.789.992	23.492.469	556.696.948	41.809.834
Groot-Haarlem- mermeer	25.950.578	0	20.089.581	0	20.028.174	0	22.022.778	0
GWA	0	5.791.125	0	8.750.497	0	6.996.283	0	7.179.302
HDSR	354.476.940	5.773.035	223.400.528	13.057.596	270.700.255	11.692.325	282.859.241	10.174.319
Het Lange Rond	43.284.309	0	29.177.964	0	26.200.054	0	32.887.442	0
neerslag en verdamping	47.717.262	19.959.660	37.640.564	23.217.264	40.500.545	21.684.159	41.952.790	21.620.361
Rijkswaterstaat Noord-Holland	384.538.954	3.232.285.000	444.797.314	2.833.733.000	648.109.667	3.126.956.000	492.481.978	3.064.324.667
Rijkswaterstaat Utrecht	409.998.726	46.719.203	488.958.688	14.614.229	448.327.002	4.135.674	449.094.805	21.823.035
Rijnland	418.776.700	0	352.898.600	0	463.092.971	0	411.589.424	0
US	239.308.813	0	165.936.250	0	161.710.900	0	188.985.321	0
Industrie	37.319.537	68.699.935	40.391.483	67.999.865	37.774.563	58.999.932	38.495.194	65.233.244
RWZI's	128.072.236	6.819.120	119.622.778	0	122.225.640	0	123.306.885	2.273.040
Totaal	2.798.100.016	3.464.042.209	2.488.714.497	2.985.315.217	2.818.084.260	3.253.956.842	2.701.632.924	3.234.438.089

Tabel 5.2 Absoluut aandeel van de verschillende balansposten (m³/jaar)



Figuur 5.9 Verdeling in-debiet op jaarbasis



Figuur 5.10 Verdeling uit-debiet op jaarbasis

5.2 Waterbalans op maandbasis

In de volgende tabel is de verdeling van de in-posten over de maanden weergegeven (gemiddeld over 1998-2000). In tabel 5.4 is dit nog eens percentueel weergegeven.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
De Waterlanden	5563	3590	6199	3391	2443	3876	2770	3543	6212	6874	8456	8344
DWR	40820	32345	52781	40743	38303	48690	40603	45845	51563	50791	56865	57347
Groot-Haarlemmermeer	2389	1787	2479	1438	734	844	638	688	1517	2731	3546	3231
HDSR	28305	20406	29850	18836	14674	20935	16302	14623	20259	28866	36610	33195
Het Lange Rondsloot	3004	2266	3261	1918	1358	1858	1267	1735	3061	4441	4652	4066
neerslag en verdamping	2906	2368	3753	2616	2337	3946	2702	2994	4242	4921	4613	4554
Rijkswaterstaat Noord-Holland	30806	19524	59903	58841	70321	47105	42720	41463	29280	23884	44171	24463
Rijkswaterstaat Utrecht	32716	30297	34842	35915	51343	44275	39098	39946	39074	33744	37052	30792
Rijnland	38488	36430	46033	25345	20696	19734	16266	16517	30167	49301	55810	56801
US	17797	11369	15573	11378	9633	11114	9584	12678	17033	24871	24997	22959
industrie	3257	3001	3293	3170	3247	3171	3269	3238	3168	3270	3171	3241
RWZI's	10728	9195	10808	9529	9011	9699	8780	9009	10506	11843	12003	12196

Tabel 5.3 Verdeling in-posten op maandbasis, gemiddeld 1998-2000 (*1000 m³)

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
De Waterlanden	2,6	2,1	2,3	1,6	1,1	1,8	1,5	1,8	2,9	2,8	2,9	3,2
DWR	18,8	18,7	19,6	19,1	17,1	22,6	22,1	23,8	23,9	20,7	19,5	22,0
Groot-Haarlemmermeer	1,1	1,0	0,9	0,7	0,3	0,4	0,3	0,4	0,7	1,1	1,2	1,2
HDSR	13,1	11,8	11,1	8,8	6,5	9,7	8,9	7,6	9,4	11,8	12,5	12,7
Het Lange Rond	1,4	1,3	1,2	0,9	0,6	0,9	0,7	0,9	1,4	1,8	1,6	1,6
neerslag en verdamping	1,3	1,4	1,4	1,2	1,0	1,8	1,5	1,6	2,0	2,0	1,6	1,7
Rijkswaterstaat Noord-Holland	14,2	11,3	22,3	27,6	31,4	21,9	23,2	21,6	13,6	9,7	15,1	9,4
Rijkswaterstaat Utrecht	15,1	17,6	13,0	16,9	22,9	20,6	21,2	20,8	18,1	13,7	12,7	11,8
Rijnland	17,8	21,1	17,1	11,9	9,2	9,2	8,8	8,6	14,0	20,1	19,1	21,7
US	8,2	6,6	5,8	5,3	4,3	5,2	5,2	6,6	7,9	10,1	8,6	8,8
Industrie	1,5	1,7	1,2	1,5	1,4	1,5	1,8	1,7	1,5	1,3	1,1	1,2
RWZI's	4,9	5,3	4,0	4,5	4,0	4,5	4,8	4,7	4,9	4,8	4,1	4,7

Tabel 5.4 Verdeling in-posten op maandbasis, gemiddeld 1998-2000 (%)

In tabel 5.5 is de verdeling van de uit-posten over de maanden weergegeven (gemiddeld over 1998-2000). In tabel 5.6 is dit percentueel weergegeven.

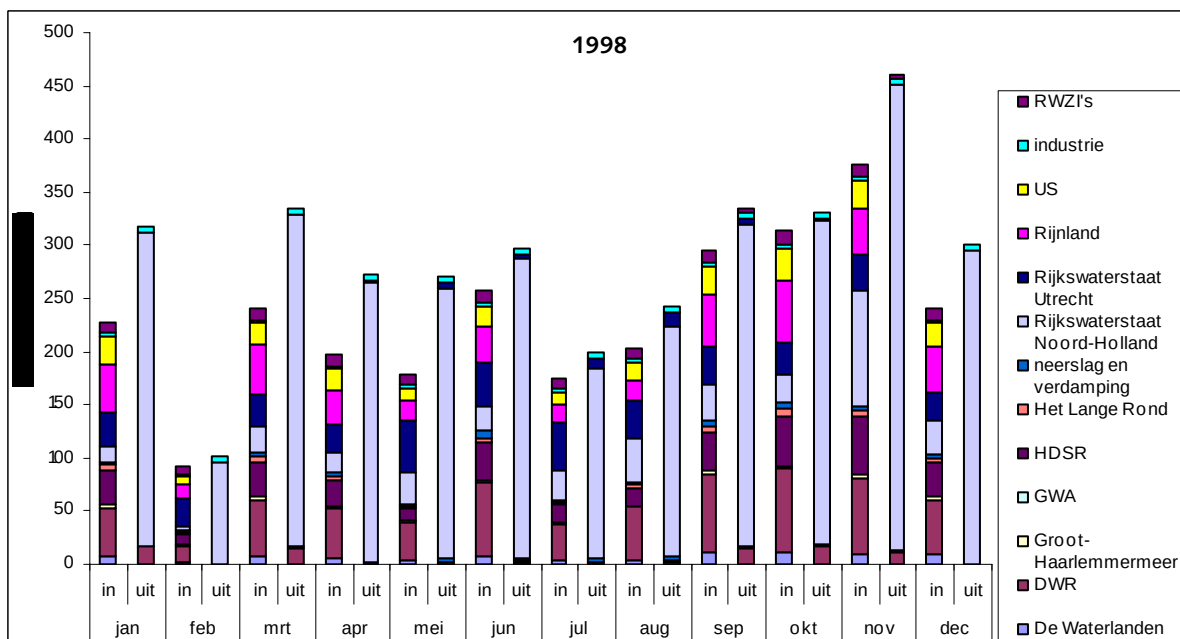
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
DWR	5955	11	9294	53	29	601	0	468	5115	7756	7533	4995
GWA	0	1	2	39	1775	1420	1651	1970	304	3	13	1
HDSR	729	663	542	607	816	1201	1610	1459	1482	439	226	399
neerslag en verdamping	331	686	1143	2063	3608	3581	3431	3269	1924	876	435	275
Rijkswaterstaat Noord-Holland	264501	203632	325200	263354	259318	228607	194253	208021	234528	254802	326920	301189
Rijkswaterstaat Utrecht	80	433	441	672	2670	1330	4586	6092	3739	1236	397	148
industrie	5536	5054	5536	5357	5536	5357	5536	5536	5357	5536	5357	5536
Reliant	0	0	0	0	0	0	0	0	858	0	1415	0

Tabel 5.5 Verdeling uit-posten op maandbasis, gemiddeld 1998-2000 (*1000 m³)

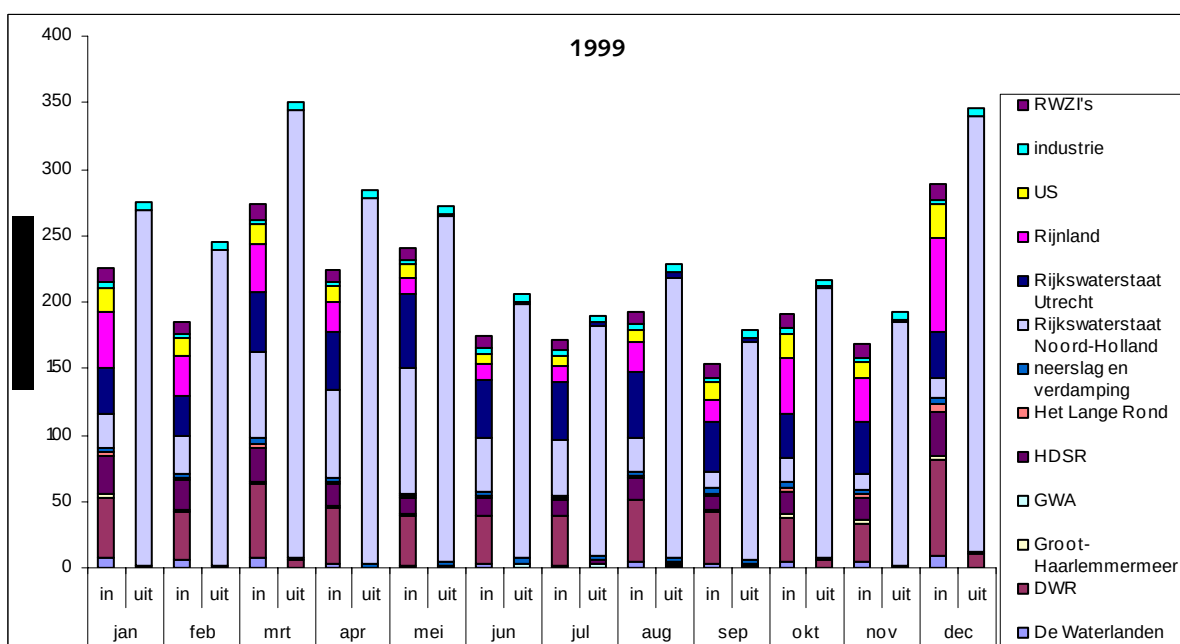
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
DWR	2,1	0,0	2,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	2,0	2,9	2,2	1,6
GWA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,8	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0
HDSR	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1
neerslag en verdamping	0,1	0,3	0,3	0,8	1,3	1,5	1,6	1,4	0,8	0,3	0,1	0,1
Rijkswaterstaat Noord-Holland	95,4	96,7	95,0	96,8	94,7	94,4	92,0	91,7	92,6	94,1	95,5	96,4
Rijkswaterstaat Utrecht	0,0	0,2	0,1	0,2	1,0	0,5	2,2	2,7	1,5	0,5	0,1	0,0
industrie	2,0	2,4	1,6	2,0	2,0	2,2	2,6	2,4	2,1	2,0	1,6	1,8
Reliant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0

Tabel 5.6 Verdeling uit-posten op maandbasis, gemiddeld 1998-2000 (%)

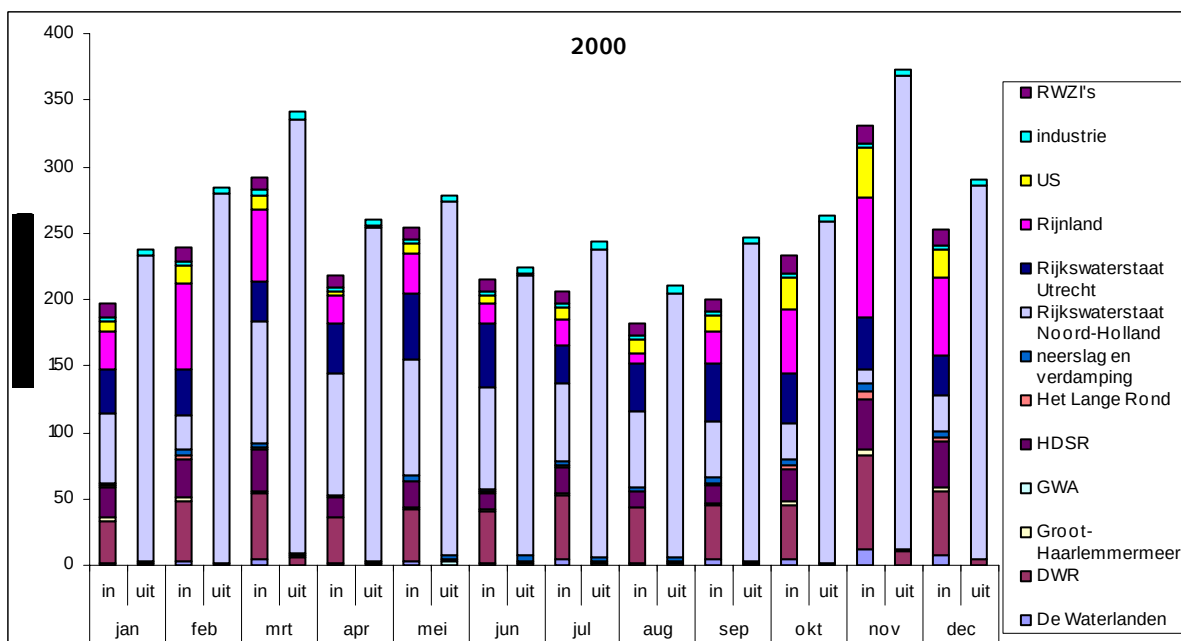
In de figuren 5.11 tot en met 5.14 zijn de in- en uit-posten op maandbasis grafisch weergegeven, voor de jaren 1998-2000 afzonderlijk en gemiddeld over deze drie jaren. NB de schaal op de y-as in figuur 5.11 wijkt af van die in de andere figuren.



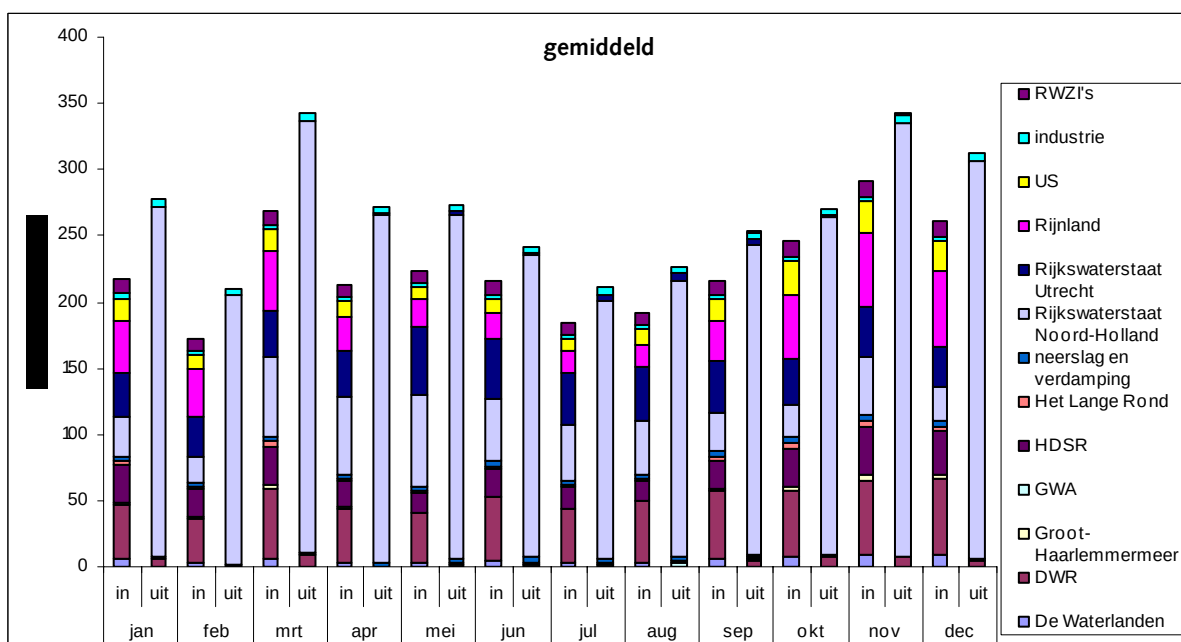
Figuur 5.11 Verdeling in- en uit-posten op maandbasis, 1998



Figuur 5.12 Verdeling in- en uit-posten op maandbasis, 1999

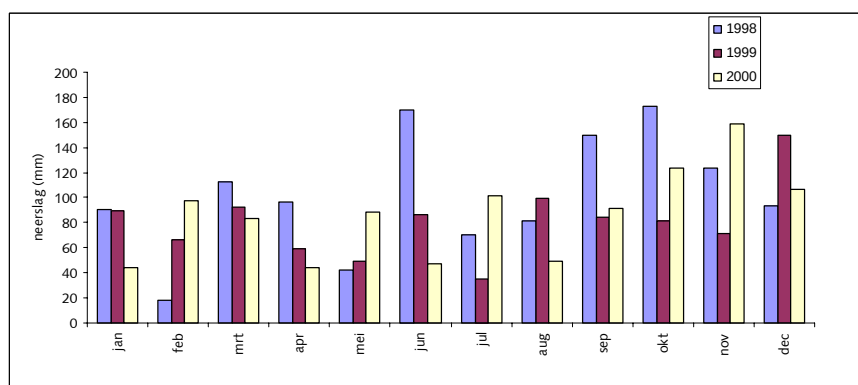


Figuur 5.13 Verdeling in- en uit-posten op maandbasis, 2000



Figuur 5.14 Verdeling in- en uit-posten op maandbasis, gemiddeld 1998-2000

Ter vergelijking zijn in figuur 5.15 de gebiedsneerslagsommen per maand opgenomen, voor de jaren 1998-2000 (gemiddeld over een aantal stations).



Figuur 5.15 Neerslagsommen per maand, 1998-2000 (mm)

5.3 Waterbalans op dagbasis

In bijlage 9 zijn grafieken opgenomen met de in-posten op dagbasis. In verband met de leesbaarheid zijn deze grafieken gemaakt per half jaar. Grafieken met uit-posten op dagbasis zijn niet gemaakt omdat, zoals aan de maand- en jaargrafieken is te zien, dit weinig extra informatie geeft: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland is verreweg de grootste uit-post.

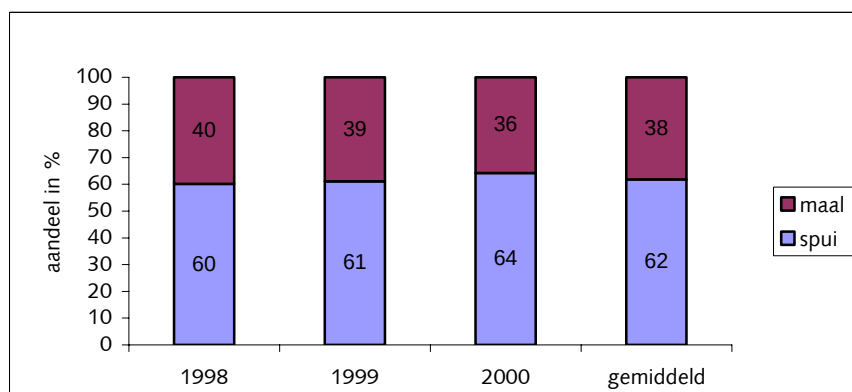
In tabel 5.7 staan de kleinste, grootste en gemiddelde totale aanvoer naar het kanaal, per jaar en gemiddeld over de periode 1998-2000 (NB bij deze getallen is geen rekening gehouden met de sluitfout in de balans).

	1998	1999	2000	Gemiddeld
Totale minimale aanvoer (miljoen m ³ /dag)	1,70	2,30	2,92	
Totale maximale aanvoer (miljoen m ³ /dag)	28,47	22,09	23,24	
Gemiddelde aanvoer (miljoen m ³ /dag)	7,67	6,82	7,70	7,39
Gemiddelde aanvoer (m ³ /s)	88,7	78,9	89,1	85,6

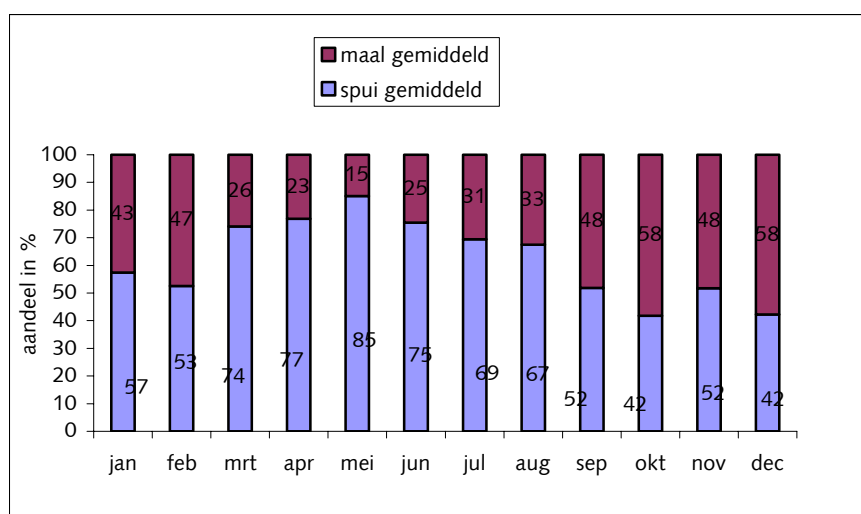
Tabel 5.7 Minimale, maximale en gemiddelde aanvoer op dagbasis

5.4 Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland en Directie Utrecht

In figuur 5.16 is de verhouding tussen spuien en malen in IJmuiden weergegeven per jaar. Figuur 5.17 laat de verhouding tussen spuien en malen zien, per maand en procentueel.

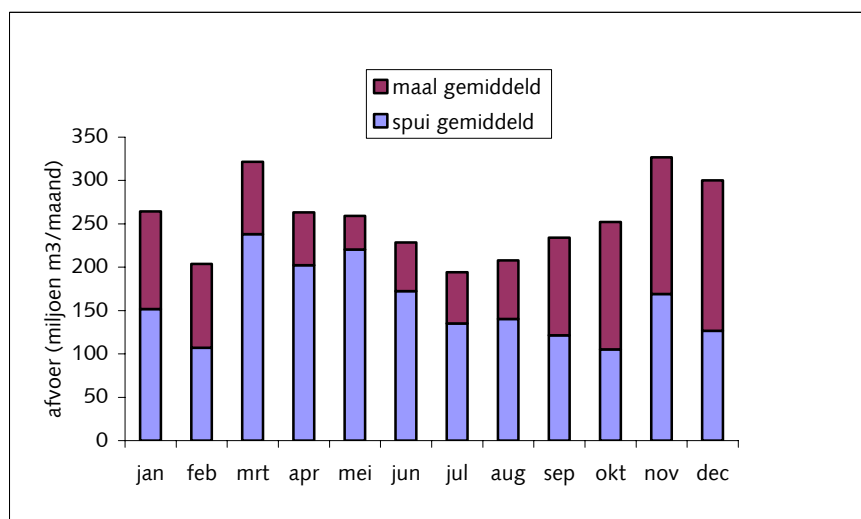


Figuur 5.16 Verhouding spuien en malen IJmuiden – per jaar



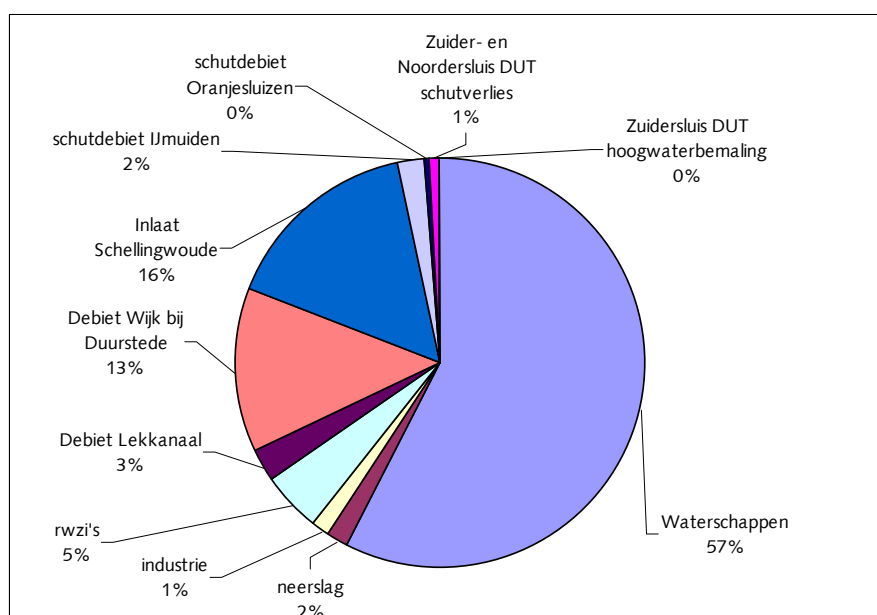
Figuur 5.17 Verhouding spuien en malen IJmuiden – per maand gemiddeld over 1998-2000 (percentueel)

In de volgende figuur is nogmaals de verhouding tussen spuien en malen bij IJmuiden per maand gegeven, maar nu met de absolute getallen. Zo is ook de variatie van de afvoer over de maanden te zien.



Figuur 5.18 Verhouding spuien en malen IJmuiden – per maand gemiddeld over 1998-2000 (m³)

In figuur 5.19 zijn alle in-debieten nog eens weergegeven. De posten van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland en Directie Utrecht zijn nader gespecificeerd, de waterschappen zijn hierin als één post beschouwd.



Figuur 5.19 Aandeel verschillende in-posten RWS, gemiddeld over 1998-2000

In de volgende tabel staat het aantal dagen per jaar dat het Waterinlaatsysteem (WIS) bij de Beatrix- en de Irenesluizen aan staat (NB voor 2000 zijn deze gegevens niet beschikbaar).

	1998	1999
WIS Beatrix-sluizen*	0 dagen	56 dagen
WIS Irene-sluizen	149 dagen	127 dagen

* Het WIS van de Beatrixsluis is in 1998 buiten gebruik geweest

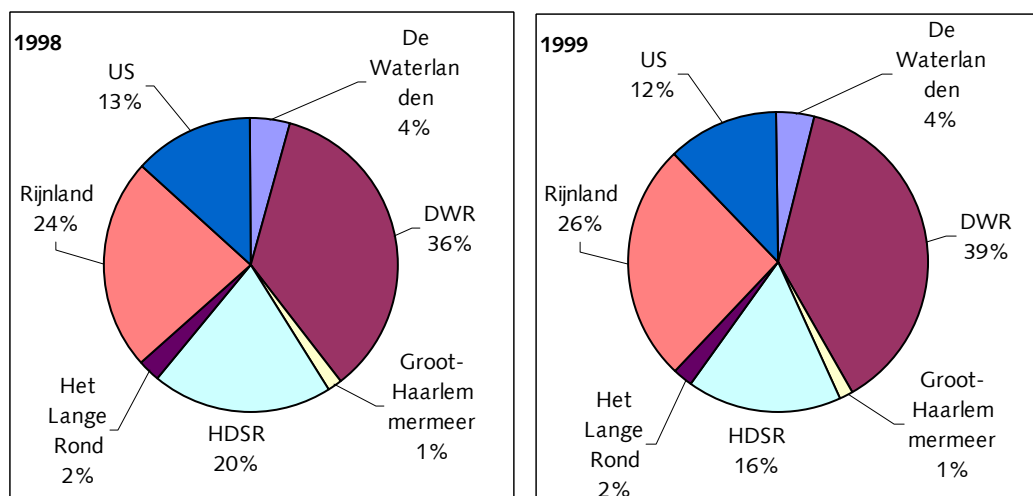
Tabel 5.8 Aantal dagen dat Water Inlaat Systeem is ingezet

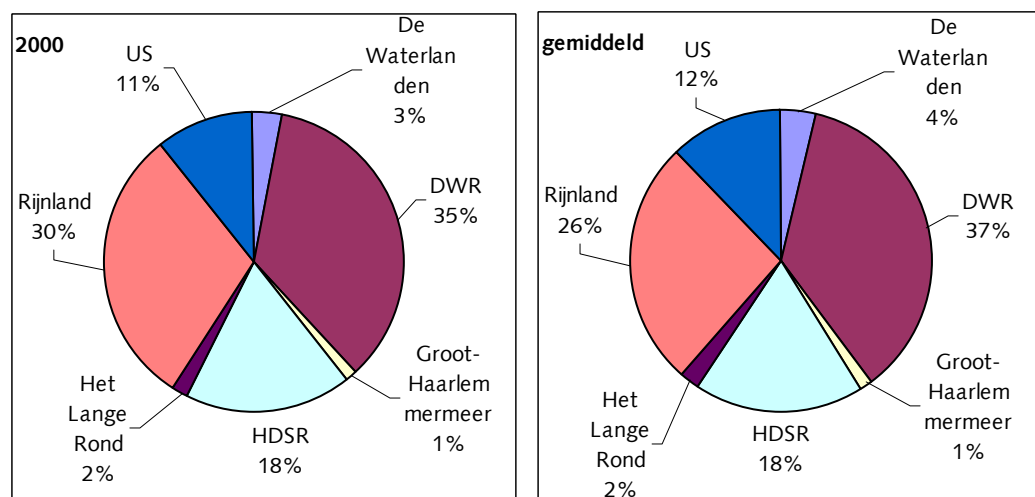
Voor de WIS Irene-sluis geldt, dat op dagen dat deze wordt ingezet, het debiet gemiddeld circa 75 % vormt van het totale debiet op die dag (gemeten over 1998 en 1999). Hierbij wordt opgemerkt dat het in de gegevens (bij beide sluizen maar vooral bij de Beatrixsluis) voorkomt dat de WIS-inlaat groter is dan het totaaldebiet op die dag. Dit kan natuurlijk niet in werkelijkheid. Voor de Beatrixsluis wordt daarom geen uitspraak gedaan over het aandeel van het WIS-debiet op het totale debiet.

In het algemeen kan gesteld worden dat het debiet dat wordt ingelaten met het WIS, in dezelfde orde van grootte ligt als de schutdebieten.

5.5 Waterschappen

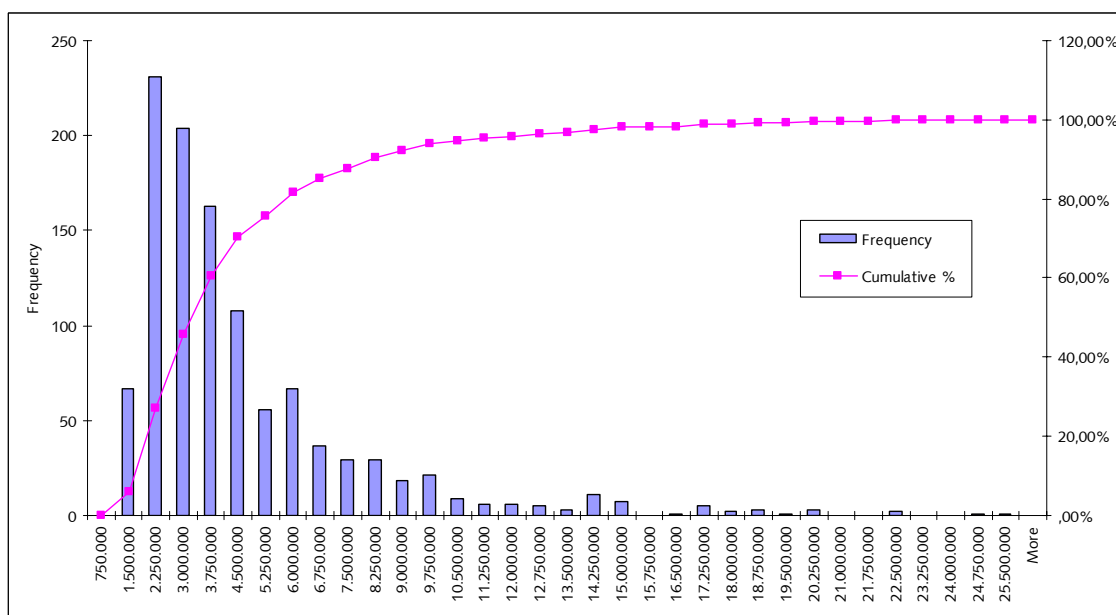
In de volgende taartdiagrammen staat de relatieve bijdrage van de verschillende water- en hoogheemraadschappen weergegeven. Zoals in figuur 5.19 te zien is, vormen de waterschappen gemiddeld 57% van het totale aanvoer-debiet op het kanaal.





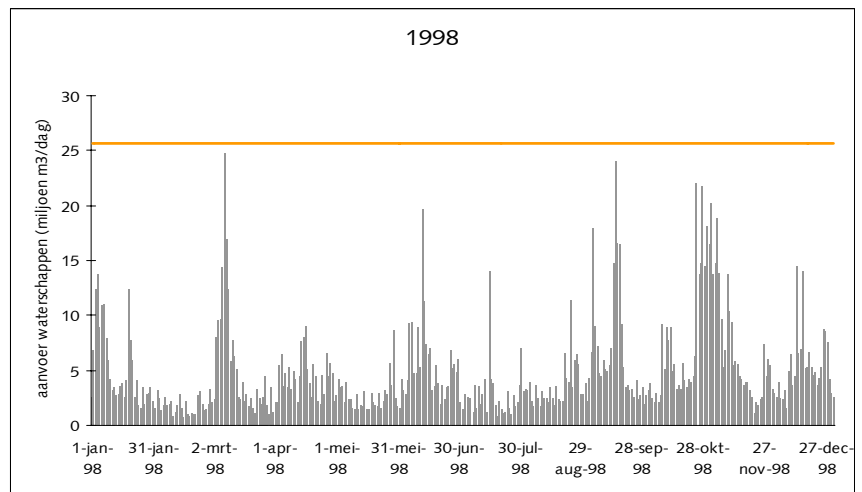
Figuur 5.20 Aandeel van de verschillende waterschappen, 1998-2000 en gemiddeld

In de volgende figuur is aangegeven hoe de inzet van de capaciteit van de waterschappen is verdeeld (in m³/dag). De maximale gezamenlijke capaciteit van de gemalen van de waterschappen is 25.711.200 m³/dag ofwel 297,6 m³/s [waterakkoord, 1992]. NB 'totaal aantal keer' is 1096, het aantal dagen in de periode 1998-2000.

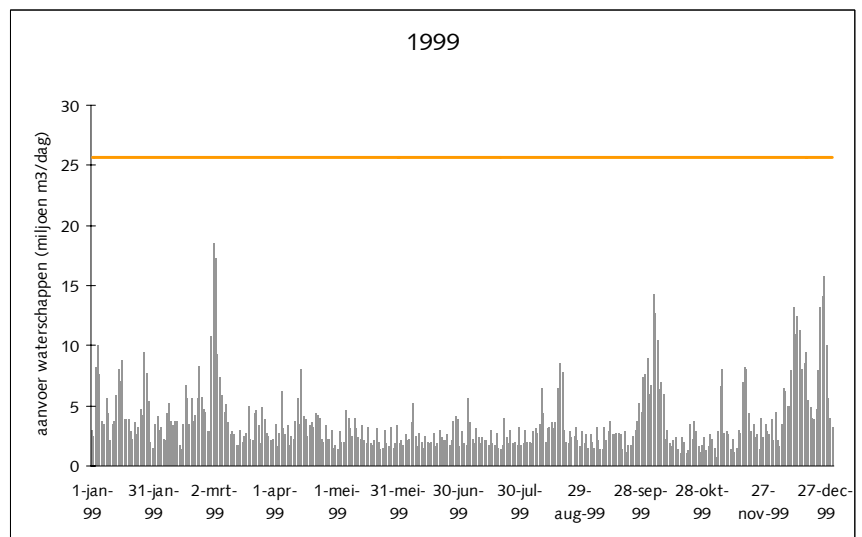


Figuur 5.21 Frequentieverdeling van aanvoer naar kanaal vanuit waterschappen

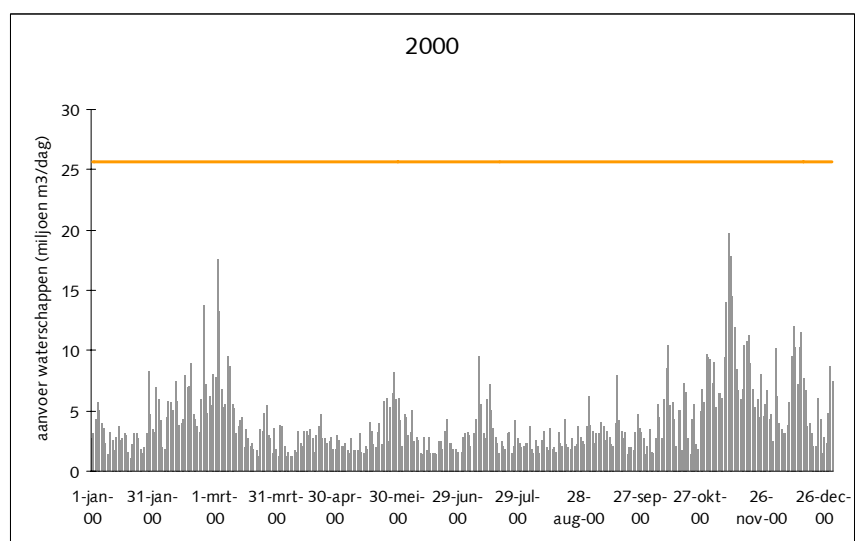
In de volgende figuren is dit nogmaals weergegeven. De oranje lijn in deze figuren geeft de totale maximale aanvoer aan van de waterschappen (in miljoen m³/dag). Uit de figuren is af te leiden dat de maximale capaciteit in 1998-2000 niet is gehaald.



Figuur 5.22 Inzet waterschappen, 1998 (m³/dag)



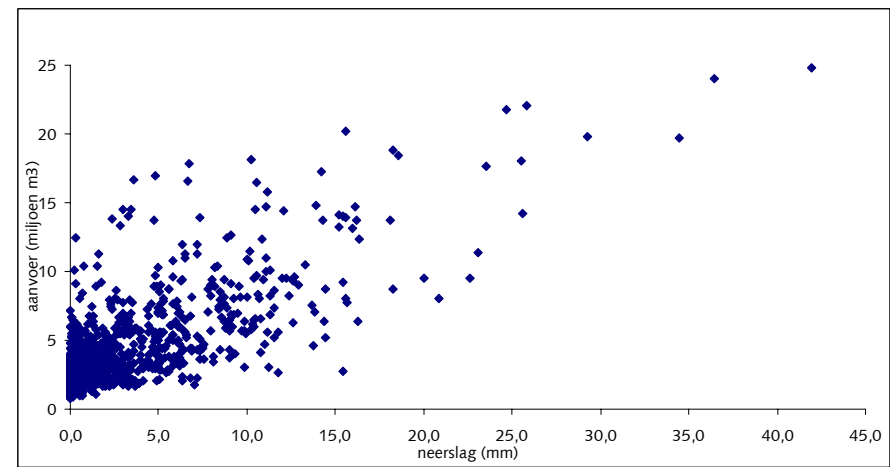
Figuur 5.23 Inzet waterschappen, 1999 (m³/dag)



Figuur 5.24 Inzet waterschappen, 2000 (m³/dag)

De totale aanvoer van de schappen is nooit kleiner dan circa 750.000 m³/dag. Dit is de zogeheten basisaanvoer: de aanvoer die sowieso vanuit de waterschappen komt, ook als er geen neerslag is. Deze bestaat uit kwel, lozingen van industrie, RWZI's enzovoorts in de achterliggende polders en boezems.

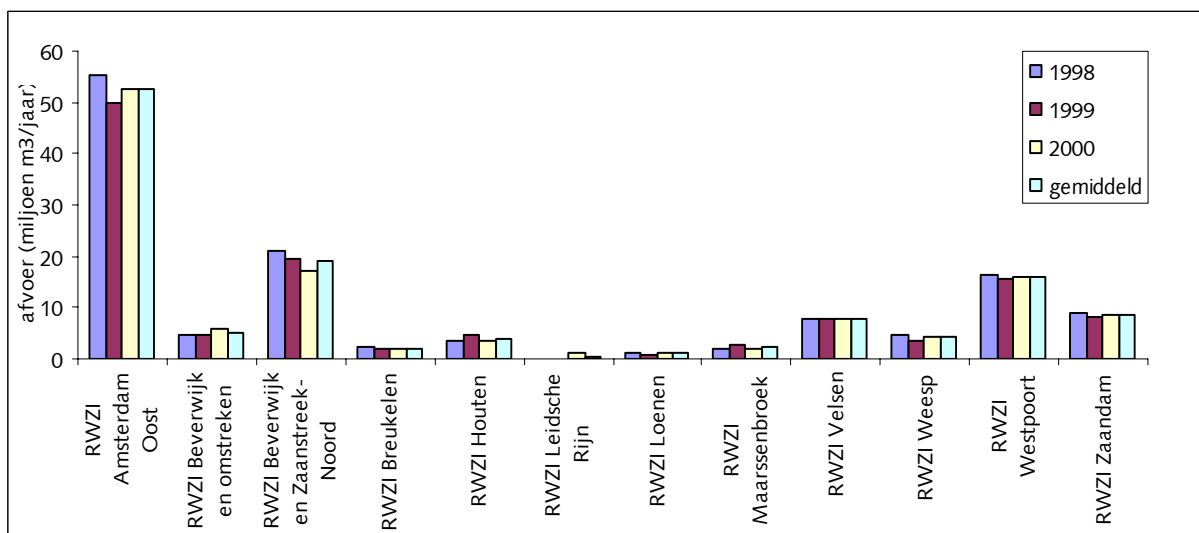
De Pearson correlatiecoëfficiënt tussen neerslag en aanvoer van de waterschappen is 0,76. Zie ook figuur 5.25.



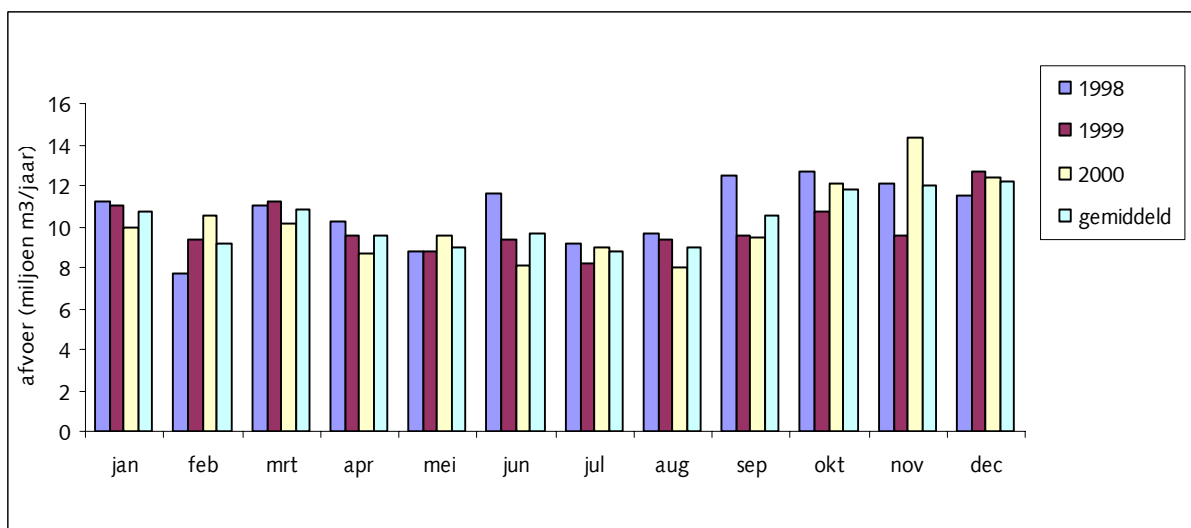
Figuur 5.25 Correlatie aanvoer waterschappen en neerslag

5.6 RWZI's

In figuur 5.26 is het debiet van de afzonderlijke RWZI's weergegeven, in totaal aantal m³ per jaar. In figuur 5.27 is weergegeven wat het totaal debiet is van alle RWZI's gezamenlijk, per maand.



Figuur 5.26 Bijdrage RWZI's afzonderlijk, op jaarbasis



Figuur 5.27 Bijdrage RWZI's totaal op maandbasis

5.7 Neerslag

Bekeken is in hoeverre de totale in- en uit-debieten correleren met de totale gebiedsneerslag. Dit geeft de neerslagafhankelijkheid aan van de in- en uit-debieten. Hierbij moet bedacht worden dat de aan- en afvoer van het kanaal niet alleen bepaald worden door de neerslag, maar ook door bijvoorbeeld het inlaatdebiet bij Schellingwoude en bij de Beatrix- en Irenesluizen en door de basisaanvoer bij gemalen.

De volgende Pearson-correlatiecoëfficiënten zijn gevonden:

- neerslag en in-debiet = 0,66
- neerslag en uit-debiet = 0,57

Bovenstaande correlaties zijn die bij een 3-daagse neerslagsom. Opvallend is dat bij een 1-daagse neerslagsom, de correlatie met het in-debiet ongeveer gelijk blijft, maar dat de correlatie met het uit-debiet dan nog maar 0,43 is. Dit is te verklaren door de vertraging in het systeem: het duurt enige tijd voordat de neerslag in het gebied is gearriveerd bij het gemaal (het grootste uit-debiet). Verder gebeurt waterinname bij bijvoorbeeld HDSR met name in droge periodes, en juist niet bij neerslag. Dit is een mogelijke verklaring voor de kleinere correlatie tussen neerslag en uit-debiet.

5.8 Berging

Berging vormt een klein bijdrage op de waterbalans: gemiddeld over 1998 - 2000 is de bijdrage 0% van het totale in-debiet. Dit is niet verwonderlijk omdat het peil uiteindelijk altijd naar het streefpeil terug gaat. De berging varieert maximaal tussen -1,2% en +1,2% van het in-debiet.

Opgemerkt wordt dat een hoge waterstand niet automatisch betekent dat de berging groot is. De waterstand stijgt namelijk geleidelijk, dus een dag met hoge waterstand wordt meestal vooraf gegaan door een dag met een iets minder hoge waterstand. De berekende berging is steeds relatief ten opzichte van de vorige dag.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Vergelijking met waterbalans van 1997

Ten opzichte van de waterbalans van 1997 (en eerdere jaren) is een verbetering gemaakt. De belangrijkste verbetering zit in het feit dat alle gegevens nu in een database zijn opgeslagen, in plaats van in excelbestanden. Hierdoor zijn alle gegevens overzichtelijk, toegankelijk en controleerbaar. Ook de oorsprong van de gegevens en van schattingen is nu te achterhalen.

Verder zijn de volgende onderdelen verbeterd:

- de berging is beter berekend;
- de bijdrage van de RWZI's is nu gebaseerd op metingen in plaats van op capaciteiten;
- voor de schutverliezen bij IJmuiden zijn nu maandgegevens gebruikt in plaats van een constant debiet over het hele jaar;
- de bijdrage van industrie is nu gebaseerd op bedrijfsafvalwaterrapportages in plaats van op schattingen;
- voor de gemalen in het stedelijk gebied van Amsterdam zijn nu afzonderlijke metingen gebruikt in plaats van een globale schatting;
- voor de bijdragen van Het Lange Rond en HDSR worden nu daggegevens gebruikt in plaats van maandgegevens.

In de loop der jaren zijn steeds meer gemalen geautomatiseerd, waardoor vermoedelijk ook de kwaliteit van de metingen is toegenomen. Hierdoor is de balans betrouwbaarder geworden.

Waar de sluitfout voorheen nogal random leek te zijn, lijkt voor de balans 1998-2000 sprake te zijn van een systematische onderschatting van de in-post danwel een overschatting van de uit-post.

6.2 Conclusies

De waterbalans 1998-2000 laat een systematische fout zien: er komt minder water het kanaal op dan er wordt uitgelaten. Deze fout is in 2000 een stuk kleiner dan in 1998, op jaarbasis respectievelijk -23,8% en 15,5%.

Een controleberekening met de debietmeting op het ARK bij Maarssen laat zien dat een groot deel van de fout al optreedt ten zuiden van Maarssen.

Meest waarschijnlijke foutenbronnen zijn:

- niet meegenomen balansposten
- debietmeting Lekkanaal
- debietmeting Wijk bij Duurstede
- debietmeting Schellingwoude
- debietmeting IJmuiden (maal en spui)

Over het algemeen zijn de niet meegenomen balansposten klein, of ze worden slechts zelden ingezet. In totaal vormen deze ontbrekende posten een relatief klein extra in-debiet voor de waterbalans. Dit is daarom geen volledige verklaring voor de sluitfout. Aangenomen wordt dat de fout voornamelijk veroorzaakt wordt door meetfouten in de grote balansposten.

Voor natte periodes lijkt de sluitfout kleiner te zijn. Hiervoor is geen duidelijke verklaring. Kennelijk neemt de in-post dan sterker toe dan de uit-post. Maar juist in natte periodes is het lastiger om een goed inzicht te hebben in het systeemgedrag: omloopriolen kunnen worden ingezet, het IJ-front kan worden gesloten, er is meer aanvoer via overstorten en vrij afstromend gebied, etcetera.

6.3 Aanbevelingen

Om de waterbalans te verbeteren en de sluitfout te verkleinen wordt aanbevolen om in eerste instantie ijkmetingen uit te voeren voor zowel de spuisluis als het gemaal in IJmuiden.

Het wordt aanbevolen om voor de debietmetingen bij het Lekkanaal en Wijk bij Duurstede een grondige vergelijking te maken tussen het gemeten (schutdebiet, WIS en WRK-inname) en het berekende debiet aldaar, en uit te zoeken waar het verschil vandaan komt. Hiervoor is ook een ijkmeting nodig. Verder wordt aanbevolen te zorgen voor een meer continue meting van deze debieten. In 1998-2000 ontbraken erg veel waarden.

Aanbevolen wordt om vervolgens een uitgebreide meting uit te voeren op het kanaal. Dit houdt in dat in meerdere situaties (nat en droog), gedurende bijvoorbeeld een dag, bij alle belangrijke posten het debiet gemeten wordt. Met de meetresultaten kunnen de Qh-relaties van deze meetpunten worden geverifieerd dan wel verbeterd. Ook de onderlinge samenhang tussen de meetpunten en de continuïteit kan worden gecontroleerd. De meting dient zowel tijdens spuien als tijdens malen in IJmuiden te worden uitgevoerd. Het is van belang dat alle metingen gelijktijdig worden uitgevoerd.

De volgende punten moeten worden meegenomen in deze meetcampagne:

- spuisluis IJmuiden
- gemaal IJmuiden
- inlaatsluis Schellingwoude
- debietmeting Lekkanaal
- debietmeting Wijk bij Duurstede
- debietmeting Weesp
- debietmeting Maarssen
- debietmetingen waterschappen

Meer controleberekeningen voor Maarssen kunnen veel inzicht opleveren in de oorzaak van de sluitfout. Geadviseerd wordt om deze controle uit te voeren voor langere periodes, voor zeer natte periodes en voor periodes waarin de debieten van Lekkanaal en Wijk bij Duurstede berekend zijn in plaats van gemeten. Dit alles kan alleen als de benodigde gegevens ook beschikbaar zijn.

Tot slot wordt aanbevolen om te controleren of de debieten bij de Weerdsuis en Oog in Al juist worden gemeten of berekend. Met het debiet bij de Doorslag kan gecontroleerd worden of de metingen kloppen van Noorder- en Zuidersluis, Noordergemaal, Oog in Al en Weerdsuis.

Lijst van afkortingen en begrippen

Aanvoer	lozing van water op het NZK/ARK
Afvoer	onttrekking van water uit het NZK/ARK
ADM	akoestische debietmeter
AGV	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht
ANI	Informatiedienst Water
ARK	Amsterdam-Rijnkanaal
DWR	Dienst Waterbeheer en Riolering
GWA	Gemeentewaterleiding Amsterdam
HDSR	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
HHRS	Hoogheemraadschap
US	Hoogheemraadschap der Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier (per 1-1-2003: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
WIS	Water Inlaat Systeem
WRK	Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland

Literatuurlijst

[Haskoning, 1999]
Verbetering waterbalans Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal - eindrapport
In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
Haskoning, april 1999
Uitgevoerd door H.C. van der Wildt, referentie F1313.BO/R003/HVDW/TBA

[Nagelhout en Meeuwsen, 1999].
Evaluatienota hoogwaterperiode 24 oktober tot 7 november 1998
E.E.M. Nagelhout (Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland)
J. Meeuwsen (Rijkswaterstaat Directie Utrecht)
ANW-Nota 99.08

[RDIJ, 1998]
Beheersverslag Rijkswateren IJsselmeergebied 1995/1996
RDIJ-rapport 98-5
A.G.M. de Vrieze
Lelystad, juli 1998
ISBN 90 369 1223 7

[RDIJ, 1999]
Beheersverslag Rijkswateren IJsselmeergebied 1997
RDIJ-rapport 99-5
Lelystad, juni 1999
A.G.M. de Vrieze
ISBN 90 369 1223 4

[RDIJ/De Straat, 2001]
Beheersverslag Rijkswateren IJsselmeergebied 1998/1999
RDIJ-rapport 2001-19
De Straat Milieu-adviseurs b.v.
Delft, oktober 2001
ISBN 90 369 1284 9

[Schobben e.a., 2003]
Debietmeting inlaatsluis Schellingwoude
Ijkmeting en analyse van het debiet in de inlaatsluis Schellingwoude
Rapport ANW 03.13
John H.M. Schobben, Gerrit W. Schraag en Ad Kooiman

[Waterakkoord, 1992]
Waterakkoord voor het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal
Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland en Directie Utrecht
17 december 1992
(wordt herzien in 2004)

[Zindler e.a., 2003]
Noordzeekanaal in cijfers
Een kwantitatieve beschrijving van de historie en huidige eigenschappen van
het kanaal, zijkanalen, havens en kunstwerken
J.A. Zindler e.a., Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
In prep., 2003

Bijlage 1 Codes

Toelichting op codes

Welke manier gebruikt is om ontbrekende gegevens aan te vullen is afhankelijk van de wel beschikbare informatie (zoals capaciteiten, neerslagsom, afvoer in andere jaren etcetera), van het aantal ontbrekende gegevens en van de grootte van de balanspost. Hierbij is getracht om op pragmatische wijze een redelijke inschatting te maken.

Code 1

Gegeven zoals het is aangeleverd door de betreffende beheerder en waarvan de betrouwbaarheid groot is. Aan deze gegevens is niets gewijzigd. Het gegeven kan direct gemeten zijn, of berekend met behulp van bijvoorbeeld waterstanden.

Bij balansposten van DWR met meerdere pompen betekent code 1 dat alle pompen code 1 hebben (zie ook bij code 26, 29, 30 en 31).

Code 2

De ontbrekende waarden bij RWZI's zijn geschat door de gemiddelde dagafvoer (m^3/dag) te berekenen voor het betreffende jaar.

Code 3

Er zijn voor deze post geen metingen op dagbasis bekend, wel metingen op maandbasis. Deze maandgegevens zijn omgerekend naar daggegevens met behulp van een neerslagfactor:

$$Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom maand}) * Q_{\text{maand}}$$

NB de eventuele basisafvoer wordt hiermee dus verwaarloosd

Code 4

Vervallen.

Code 5:

De dagwaarde van het debiet (Q_{dag}) is gebaseerd op het gemiddelde over het lopende jaar. Deze code is alleen gebruikt voor reeksen waar slechts enkele waarden ontbreken en/of die niet zo'n grote bijdrage leveren. Veel toegepast bij HDSR.

Code 6

Alleen gebruikt voor stuw Kerkeland van HDSR.

In de originele data-files staan soms streepjes in de kolom met waarden, maar omdat er wel waterstandsmetingen zijn op die dagen lijkt het onlogisch dat er geen waarde zou zijn gemeten. Daarom is hiervoor uitgegaan van een waarde $Q_{\text{dag}}=0$.

Code 7

Het jaartotaal van de afvoer is geschat op basis van de afvoer in andere jaren in relatie tot de neerslagsom. De factor die hieruit volgt is gebruikt om de dagafvoer te berekenen: $Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom jaar}) * Q_{\text{jaar}}$

NB de eventuele basisafvoer wordt hiermee dus verwaarloosd

Code 8

Neerslag en verdamping (rechtstreeks op het open wateroppervlak) zijn berekend door de originele meetgegevens (in mm; gemiddeld over een aantal meestations) te vermenigvuldigen met het natte oppervlak van de boezem (3906 ha), dat wil zeggen zowel NZK en ARK als DWR-boezem die in open verbinding staat.

Code 9

Schutdebieten IJmuiden: Alleen Noordersluis en Middensluis zijn meegenomen. Aantal schuttingen per maand per kolk is bekend. Debiet berekend mbv gemiddeld verval en vast kolkoppervlak. Aanname dat aantal schuttingen evenredig is verdeeld over de dagen. Aanname dat 10% van schepen met hoog water wordt geschut (gemiddeld verval: normaal 0,5 m, bij hoog water 1,4 m).

Code 10

Ontbrekende waarden voor spui en maal IJmuiden en voor Schellingwoude zijn aangevuld met behulp van etmaaloverzichten.

Code 11

Waarde afgeleid uit gemiddelde waarde van de betreffende maand over de jaren 98-00. Gebruikt voor Het Lange Rond.

Code 12

Voor industrie langs het NZK zijn alleen jaardebieten bekend. Deze zijn gelijkmatig verdeeld over de dagen, er is van uitgegaan dat er niet veel variatie is over het jaar. Getallen zijn inclusief koelwater, voor zover relevant (dus alleen als het een netto post is, als inname gelijk is aan uitname is dit niet opgenomen in de tabel).

Code 13

Zeesluis Muiden op 1-1-1998: geen waarde voor bekend, maar aanname. Omdat het kanaalpeil laag was deze dag, is aangenomen dat de zeesluis Muiden dicht was.

Code 14

Volgens een mondelinge mededeling van dhr. Verweij van DWR zijn de Iepensloter- en Diemendammersluis in 1999 gesloten gebleven.

Code 15

Debietmeting Wijk bij Duurstede en Lekkanaal.

Code 16

Waar debietmetingen ontbraken is het debiet voor bij Wijk bij Duurstede (Prinses Irenesluizen) berekend: som van schutverlies Prinses Irenesluis, WIS en lozing van RWZI Wijk bij Duurstede.

Code 17

Waar debietmetingen ontbraken is het debiet voor het Lekkanaal (Prinses Beatrixluizen) berekend: som van schutverlies Prinses Beatrixluis, WIS en inname WRK.

Code 18

Noordergemaal Directie Utrecht op 15-9-2000: aantal draaiuren niet precies bijgehouden, schatting gemaakt (gemaal uitgezet om 7 uur 's ochtends, schatting 2,5 uur gedraaid).

Code 19

Schatting voor sluis Nauerna (periode 10 september tot 6 oktober 1998) op basis van mondelinge informatie de heer Rood van Hoogheemraadschap US. In de natte periode van september 1998 zijn er geen grote hoeveelheden gespuid,

in de orde van $\pm 500.000 \text{ m}^3$. Voor deze periode is het dagdebiet geschat op $500.000 \text{ m}^3/27 \text{ dagen} = 18519 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Code 20

Voor sluis Nauerna zijn tot 10 september 1998 geen metingen gedaan. Aanname dat debiet = 0 in deze periode, omdat het een relatief klein debiet is. Bovendien is het niet afhankelijk van de neerslag (te zien bij metingen van andere jaren) dus een schatting is moeilijk te maken. Verder is er sowieso een groot aantal 0-waarden ieder jaar.

Code 21

Geldt voor gemaal Zeeburg: dit zijn de beste gegevens die DWR kon leveren maar men heeft aangegeven dat de betrouwbaarheid laag is.

Code 22

Niet relevant, alleen voor 2001 van toepassing.

Code 23

Gemaal Zeeburg: geschatte waarde (expert judgement) omdat gegevens geheel ontbreken.

Stad in: dit debiet is redelijk constant, dus is het gemiddelde per dag genomen over de maanden januari tot en met maart in de jaren 1999-2001.

Stad uit: er is gekeken naar hoge waterstanden bij Buitenhuizen en op basis hiervan is een aanname gedaan of gemaal Zeeburg zou zijn ingezet tbv hoogwaterbemaling. Het debiet is vervolgens gebaseerd op het gemiddelde debiet bij inzet, dat is $1.600.000 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Code 24

Schutgegevens voor de Noorder-en Zuiderluis van Directie Utrecht zijn bekend op maandbasis. Het schutdebiet is als volgt berekend:

Schutdebiet = aantal schuttingen * waterstandsverschil * oppervlakte sluis in m^2 .

Het maanddebiet is evenredig verdeeld over de dagen.

Het gemiddeld waterstandsverschil is 0,98 m (het streefpeil van het Merwedekanaal is 0,58 m+NAP).

Code 25

Voor Solvay Duphar (industrie langs ARK): ontbrekende waarden voor 4e kwartaal 2000. Uitgegaan van gemiddelde dagwaarde over de periode 1998-2001.

Code 26

In de gegevensreeksen van de poldergemalen van DWR betekent zowel een waarde nul als een ontbrekende waarde dat er geen debiet is geweest. Code 26 is gegeven aan de cellen zonder meetwaarde. Aan de overige gegevens is code 1 gegeven. Voor balansposten met meerdere pompen en code 26 betekent dit dat alle pompen afzonderlijk code 26 hebben (zie ook bij code 1, 29,30 en 31).

Code 27

Reliant Energy (voorheen UNA-centrale Diemen) kan worden ingezet bij hoogwater om water te malen van ARK naar IJmeer. Gegevens zijn gebaseerd op informatie van DWR en Directie Utrecht. Debieten worden niet digitaal bijgehouden. De debieten zijn berekend op basis van draaiuren. De capaciteit is $8,75 \text{ m}^3/\text{s}$.

Code 28

Volgens Directie Utrecht is Reliant Energy (voorheen UNA-centrale Diemen) in de periode 1999 t/m 2002 alleen ingezet voor hoogwaterbemaling op 11 oktober 2000. Het aantal uren is onbekend. In IJmuiden is gewoon gespuid en gemalen en de waterstand was niet erg hoog op deze dag of de voorgaande dagen (max 0,34 m-NAP). Daarom wordt dit debiet aangenomen op 0.

Code 29

Balanspost van DWR met 2 pompen. 1 pomp heeft code 1, de andere pomp heeft code 26 (zie ook bij code 1 en 26).

Code 30

Balanspost van DWR met 3 pompen, 2 pompen hebben code 1, de andere pomp heeft code 26 (zie ook bij code 1 en 26).

Code 31

Balanspost van DWR met 3 pompen, 2 pompen hebben code 26, de andere pomp heeft code 1 (zie ook bij code 1 en 26).

Code 32

Voor sommige dagen ontbreekt de waterstand om middernacht. Hiervoor is aangehouden dat de waterstand precies op streefpeil lag (0,40 m-NAP).

Code 33

De berging per dag is berekend door de waterstanden om middernacht aan het einde en aan het begin van de dag van elkaar af te trekken en te vermenigvuldigen met het natte oppervlak (3906 ha).

Code 34

Ontbrekende gegevens Zaangemaal in de periode 25 juni t/m 11 september 1999 zijn berekend met behulp van een lineaire regressielijn tussen debiet en neerslag. De beste correlatie blijkt op te treden bij een driedaagse neerslagsom, de correlatiecoëfficiënt is dan 0,69. Van deze correlatie is de lineaire regressielijn berekend ($y = 35604x + 177554$, waarin: y = het ontbrekende debiet in m^3 , en x = de neerslag in mm; $R^2=0,48$; $P=4,91 \cdot 10^{-198}$) op basis waarvan de ontbrekende debietwaarden zijn berekend.

Code 35

Schutverlies Oranjesluizen: aanname vast verval over maanden (zomer en winterpeil), geteld aantal schuttingen, zie verder ook code 9. Alleen PWA-sluis.

Code 36

Voor gemaal Pontweg zijn voor 1999 geen digitale maandgegevens beschikbaar. Het betreft hier een zeer klein gemaal (capaciteit $7 m^3$ /minuut). De totale jaarhoeveelheid (die wel bekend was uit analoge gegevens) is omgerekend naar dagwaarden met behulp van de neerslagfactor (Beverwijk + Schellingwoude): $Q_{\text{dag}} = (\text{neerslagsom dag} / \text{neerslagsom jaar}) \cdot Q_{\text{jaar}}$

Code 37

Alle gegevens van gemaal Soeteboom (1998-2000) zijn gebaseerd op de operationele beheersregels die het Waterschap Lange Rond gebruikt: op maandag, woensdag en vrijdag draait het gemaal 3 uur. De capaciteit van het gemaal is $97,4 m^3$ /minuut.

Code 38

In de database is de balanspost "niet-gemeten gemalen HDSR" opgenomen.
De grootte van het dagdebiet is steeds 3% van het totale in-debiet van HDSR op die dag.

Code 39

In de database is de balanspost "niet-gemeten gemalen DWR" opgenomen.
De grootte van het dagdebiet is steeds 7% van het totale in-debiet van DWR op die dag.

Bijlage 2 Overzicht balansposten

Bijlage 3 Gemalen van DWR

Naam	Identificatie	Capaciteit (m³/min)	Capaciteit (m³/s)
Wel opgenomen in waterbalans			
Aetsveld Oost	g500	120	2,00
Aetsveld-West	g490	35	0,58
Amstelkade	g720	150	2,50
B.O.B.M. Polder	g425	40	0,67
Baambrugge Oostzijds, ARK	g625	50	0,83
Botshol 1 (groot)	g450	22	0,37
Botshol 2 (klein)	g475	11	0,18
Bovenkerkerpolder	g435	270	4,50
Bovenmeent	g545	15	0,25
Breukelen Proosdij	g745	30	0,50
Breukelerwaard	g740	25	0,42
Broekzijds	g485	50	0,83
Amsteldijk 272	g265	128,8	2,15
Bullewijk	g445	217	3,62
De Horn	g605	65	1,08
De Ruiter	g600	300	5,00
Derde Bedijking	g710	100	1,67
Diempolder	g345	50	0,83
Dorsewaard	g640	30	0,50
Driemond	g350	120	2,00
Heintjesrak- en Broekpolder	g535	26	0,43
Holendrecht	g460	15,5	0,26
Holland Sticht en Voorburg	g735	40	0,67
Holland Sticht en Voorburg	g750	80	1,33
Hollandsch Ankeveen	g540	45	0,75
Honswijk	g1030	85	1,42
Horn en Kuyer	g510	25	0,42
Horstermeer	g650	164	2,73
Keverdijkse Overscheense	g555	24	0,40
Korte Strammerdijk	g370	34	0,57
Kromme Mijdrecht 1 (Zevenhoven)	g700	200	3,33
Kruidpad 38	g390	10	0,17
Lange Coupure	g620	25	0,42
Lange Strammerdijk	g355	45	0,75
Loosdrecht	g760	237	3,95
Middelpolder	g255	322	5,37
Molen De Onrust	g420	80	1,33
Nieuwe Keverdijkse	g530	81	1,35
Nijenrode	g815	26	0,43
Noorder Legmeer	g575	165	2,75
Noordpolder	g405	56	0,93
Noordse Buurt	g1001	50	0,83
Ondermeent	g550	24	0,40
von Liebigweg	g295	60	1,00

Overdiempolder	g335	12,7	0,21
Papelant	g365	55	0,92
Petronella	g585	65	1,08
Portengen	g315	126	2,10
Ronde Hoep	g455	110	1,83
Spiegelplas	g520	75	1,25
t' Hemeltje	g645	60	1,00
Uithoornsepolder		50	0,83
Van Eyck	g835	180	3,00
Vechtdijk	g870	75	1,25
Waardassacker	g480	75	1,25
Oosterringdijk	g175	90	1,50
Winkel	g590	300	5,00
Zandpad	g340	180	3,00
Zeeburg	g155	3400	56,67
Zeeburg	g155	2400	40,00
Zuider Legmeer	g570	120	2,00
Zuidpolder	g415	32	0,53
Zeesluis Muiden	sl325	600	10
Iepenslotersluis	sl190	810	13,5
Diemendammersluis	sl285	930	15,5
Gemalen zonder meetgegevens, opgenomen in waterbalans d.m.v. schatting*			
Erasmuspark	g50	1,8	0,03
BP Huis te vraag	g225	3	0,05
SP Zuid	g230	1,6	0,03
Atekpolder	g275	2	0,03
Flevopark	g145	7,2	0,12
R.K. Begraafplaats	g235	5,6	0,09
Lineaus		4	0,07
Buitenwesterpolder	g690	10	0,17
Kromme Mijdrecht 2 (Blokland)	g700	45	0,75
Kruidpad 68	g375	3	0,05
Hoeker-Garsten	g505	40	0,67
Loenderveen	g770	27	0,45
Mijnden	g755	45	0,75
Tuindorp Oostzaan	g95	30	0,50
Maxis	g380	4	0,07
Broeckland	g810	6	0,10
Zuidwestelijk deel Overbraker binnenpolder	g75	0,6	0,01
Gemaal sluis Westlandgracht	g45	30,8	0,51
Gerbrandypark	g40	21,6	0,36
Betlem	g360	5,8	0,10
Naardermeent, vm Rijkswaterstaat	g560	15	0,25
Volkstuinen Dijkzicht/FAT/Ons Lustoord	g285	6	0,10
Volkstuinencomplex Amstelglorie	g260	6	0,10
Eendracht	g385	41	0,68

* Voor deze gemalen is een schatting gemaakt, zie paragraaf 3.9

Enkele toelichtingen op complexe situaties

[Gebaseerd op mondelinge en schriftelijke uitleg van Rutger van Ouwerkerk, Jaap Verweij, Evelien van Assenbergh; allen van DWR].

Drinkwaterplas

De Bethunepolder loost primair op de drinkwaterplas bij Loosdrecht. Alleen bij extreem waterbezwaar wordt rechtstreeks op de Vecht geloosd. Op jaarbasis gaat 95-99 % via de waterleidingplas. Dit is dus geen post voor de waterbalans NZK/ARK. (in 2002: 40.000 m³ rechtstreeks naar de Vecht).

Het GWA-pompstation (van de Gemeente Waterleiding Amsterdam) maalt water voor drinkwaterbereiding vanuit de waterleidingplas in een waterleiding. Dit is geen balanspost omdat het gemaal niet onttrekt aan de boezem NZK/ARK of aan ermee in open verbinding staande wateren.

Gemaal Loosdrecht is het gemaal dat de polders Muijeveld, Gansenhoeve en de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven bemaalt naar de Vecht. Dit is dus wel een balanspost.

's Gravelandsche polder

Debieten in en uit de 's Gravelandsche polder worden deels geïnfiltreerd en rondgepompt, en zijn daarom niet meegenomen in de balans.

's Gravelandsche Vaart en Stenen Beer

De 's Gravelandsche Vaart-boezem heeft een peil van 0,25 tot 0,30 m-NAP. Deze boezem watert in principe af naar de Vecht via de sluis Uitermeer (dus zonder gemaal). Deze sluis wordt niet gemeten. Voor het aangevoerde debiet naar het NZK/ARK worden dan ook de debieten van de aanliggende polders genomen (d.w.z. de polders die aanvoeren naar de 's Gravelandsche Vaart)¹⁰. Het is echter ook mogelijk dat de 's Gravelandsche vaart afwatert naar het Markermeer, via de schuiven bij de Stenen Beer. Als dit gebeurt is het debiet bij de Stenen Beer geen balanspost voor het NZK/ARK, omdat er dan geen relatie meer is met de boezem NZK/ARK. In deze situatie zouden de gemalen van de aanliggende polders niet meegenomen moeten worden omdat deze debieten dan dus naar het Markermeer worden afgevoerd.

Verder is het mogelijk om bij de Stenen Beer water in te laten vanuit het Markermeer op de 's Gravelandsche vaart. Logischerwijs komt het water dat wordt ingelaten niet terecht op de boezem NZK/ARK, omdat het water wordt ingelaten ten behoeve van infiltratie en droogtebestrijding in de aanliggende polders. In deze situatie is het debiet bij de Stenen Beer dus geen balanspost voor het NZK/ARK (inlaat bij de Stenen Beer kan in principe niet tegelijk plaatsvinden met uitslag van de aanliggende polders)

Dus: De Stenen Beer is geen post voor de waterbalans NZK/ARK. De polders die aanvoeren naar de 's Gravelandsche Vaart zijn wel een balanspost voor het NZK/ARK, tenzij er wordt afgevoerd naar het Markermeer (via de Stenen Beer). Op basis van bovenstaande is besloten om de polders, die afwateren op de 's Gravelandsche Vaart, geheel mee te nemen in de waterbalans. Hiermee wordt een overschatting gemaakt van het debiet in sommige situaties.

¹⁰ Dit zijn de volgende polders: Zuidpolder beoosten Muiden, Noordpolder beoosten Muiden, BOBM-polder, Keverdijksche/Overscheensepolder, Hilversumse Ondermeent en Hilversumse Bovenmeent. De gezamenlijke capaciteit is 191 m³/min (3,18 m³/s). NB In natte periodes kan ook het stedelijk gebied van Naarden/Bussum afwateren op de 's Gravelandsche Vaart, zowel onder vrij verval als via overstorten. Capaciteit hiervan is niet bekend.

Overige opmerkingen

Verder loost een deel van het gebied (bij Hilversum en bij Amsterdam) onder vrij verval. Hiervan is geen schatting bekend over de hoeveelheid.

Bijlage 4 Gemalen van HDSR

	m ³ /min	m ³ /s
Wel opgenomen in waterbalans		
Aanvoer naar Amsterdam-Rijnkanaal		
Stuw Kerkeland	240	4,00
Gemaal Vuylcop-Oost	15	0,25
Stuw Caspargouwse wetering	300	5,00
Stuw Houtense wetering	240	4,00
Gemaal Vuylcop-west	50	0,83
Kanaal door de Hoge landen (stuw Koppeldijk)	240	4,00
Gemaal Koppeldijk	45	0,75
Gemaal Galecop	340	5,67
Gemaal Bijleveld	280	4,67
Gemaal Harmelerwaard	8	0,13
Gemaal Vleuterweide (midden)	80	1,33
Stuw Vleuterweide Oost (= stuw Utrecht)	<10	
Spuisluis Oog in Al	1680	28,00
Weerdsuis (incl. westriool + Oosterstroom)	240	4,00
Gemaal Maarssebroek	200	3,33
Gemaal Haarrijn + Ouwenaar	90	1,50
Gemaal Kockengen	115	1,92
Gemaal De Tol	120	2,00
Afvoer uit Amsterdam-Rijnkanaal		
Gemaal Caspargouwse wetering	200	3,33
Gemaal Goyerbrug	30	0,50
Gemaal Kerkeland	50	0,83
Gemaal Utrecht	35	
Gemalen zonder meetgegevens, opgenomen in waterbalans d.m.v. schatting*		
Aanvoer naar Amsterdam-Rijnkanaal		
Stuw Wijkerbroek	<10	
Broekweg (AMI de Put)	<10	
Stuw Maatwetering	<10	
Stuw Hoeksedijk	<10	
Stuw Hoeksedijk	<10	
AMI-stuw Marckenburgwetering	<10	
Stuw Schalkwijksebrug	<10	
Stuw Poeldijk	<10	
Stuw afgesneden Hoon-west	<10	
Stuw afgesneden Hoon-West	<10	
Stuw Molenvliet	<10	
Gemaal Hoon-Oost	12	0,20
Stuw de Hoon	<10	
Gemaal de Hoon-West	6	0,10
Stuw Wulven (RW27)	<10	
Gemaal Westraven	7	0,12
Gemaal Langerak	7	0,12

Gemaal Rheijngaarde	2	0,03
Gemaal Roode Molen	2	0,03
Stuw Voornwetering	<10	
Gemaal Oudendam	6	0,10
Afvoer uit Amsterdam-Rijnkanaal		
De Aanvoerder**	462	7,70

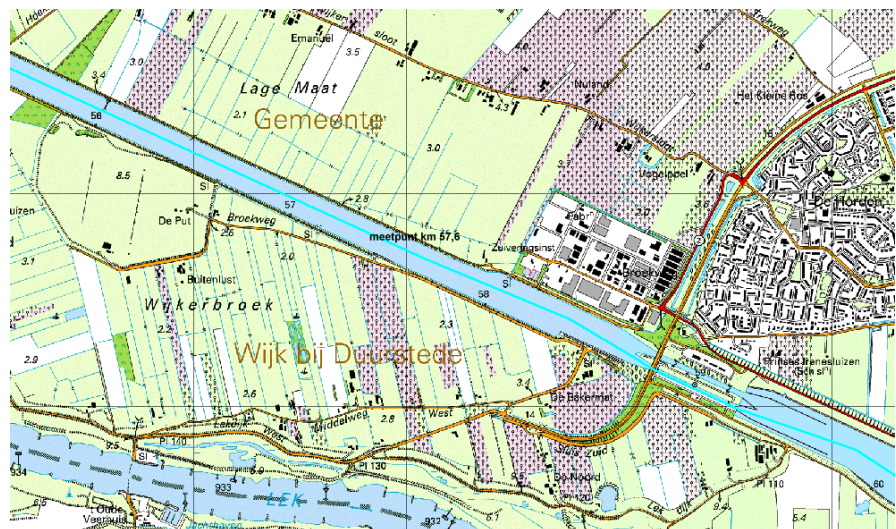
* Voor deze gemalen is een schatting gemaakt, zie paragraaf 3.10

** Gemaal de Aanvoerder is niet opgenomen in de database omdat dit gemaal al jaren niet is ingezet. Gegevens zijn niet aangeleverd door HDSR.

Bijlage 5 Debietmeetpunten Wijk bij Duurstede en Lekkanaal



Debietmeetpunt Lekkanaal



Debietmeetpunt Wijk bij Duurstede

Bijlage 6 Debieten Industrie Noordzeekanaal

In onderstaande tabellen staat het in-debiet van de industrie langs het NZK uitgesplitst naar bedrijven met een bedrijfsafvalwaterrapportage en bedrijven zonder zo'n rapportage. De eerste tabel bevat derhalve gemeten debieten, de tweede geschatte debieten over de periode 1993-1995. Deze laatste getallen zijn overgenomen voor de schatting voor 1998-2000.

In de derde tabel staat een overzicht van de uit-debieten.

Bedrijf (categorie 1)	1998	1999	2000
Cargill Multiseed	927.000	855.000	882.000
Cargill Soja	1.380.000	1.300.000	1.220.000
Crown van Gelder Papierfabrieken NV	2.640.000	2.780.000	2.980.000
Europoint Terminals Netherlands	88.000	78.000	92.000
De Humber Amsterdam B.V.	n.b.		
BP Nederland BV	617.000	34.600	42.200
Oiltanking Amsterdam BV	244.000	171.000	961.000
Cebo Holland BV	n.b.		
Akzo Nobel Chemicals BV *	19.700.000	20.700.000	11.700.000
Amsterdam Fertilizers		1.240.000	1.190.000
Norit Nederland BV	1.240.000	1.120.000	981.000
Shell International Chemicals BV	3.770.000	3.900.000	3.990.000
Solvay Pharmaceutical B.V.	36.900	4.930	42.800
Uniroyal Chemical B.V.	153.000	101.000	94.200
Witco BV	9.420	9.620	9.750
DSM Agro BV	784.000	782.000	799.000
Engelhard de Meern BV	40.400	42.700	50.700
Hoek Loos	204.000	329.000	3.330.000
NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland		1.700.000	4.130.000
Hoogovens Staal B.V. (thans Corus)	74.000	74.000	74.700
Eurometaal BV	20.000	32.500	16.900
Draka Kabel BV	n.b.		
AVR-industrie Amsterdam	244.000	115.000	0
NV Afvalzorg Noord-Holland (Stortpl.Nauerna)	268.000	283.000	309.000
Hollandse Wegenbouw Zanen	91.500	82.300	79.200
Zanse Schroothandel	n.b.		
Solvay Pharmaceuticals B.V. (grondwater AWZI)			
Totaal	32.531.220	35.734.650	32.974.450

* AKZO loost wel op NZK maar deze lzoing zit ook in tabel 1 (bedrijven categorie 1) daarom is het innamedebiet wel meegenomen in deze tabel

1. Lozingsdebiet op het NZK van bedrijven met bedrijfsafvalwaterrapportage (categorie 1) 1998-2000, in m³/jaar

Bedrijf (categorie 2)	m ³ /jaar
Gist-Brocades Savoury B.V.	624.000
Johan Kuiten	110.000
N.E.D.M.E.L.	9.780
Noord Europees Wijnopslagplaats BV	3.170
Cargill Melasse	n.b.
Cargill Vruchtesappen	n.b.
APNH BV Asfalt Productie Noord-Holland	3.380
Beverol Nederland BV	95.000
Centraal Mudplant & Fluid Services BV	150.000
Clyde Petroleum Exploratie BV	1.930.000
N.A.M. BV	133.000
Olieverwerking Amsterdam BV	6.710
EuroBase BV	28.700
Peterson Offshore Group BV	n.b.
GE Plastics ABS BV	n.b.
Zaanse Betonmortel Centrale BV	n.b.
Norwegian Talc Holland BV	n.b.
Shipdock Amsterdam BV	n.b.
Hickson Garantor BV	n.b.
Heybroek B.V.	n.b.
Eggerding en Co.	n.b.
Stedelijk Beheer Amsterdam Grondbank	n.b.
Havenbedrijf "De Stuur BV"	n.b.
Koks Nilo Milieu B.V.	n.b.
Totaal	3.093.740

2. Lozingsdebiet op het NZK van bedrijven zonder bedrijfsafvalwaterrapportage (categorie 2), geschat debiet over de jaren '93-'95, in m³/jaar

	1998	1999	2000
AKZO*	18.500.000	19.400.000	10.100.000
CORUS	19.500.000	17.900.000	18.200.000
DSM Agro	30.700.000	30.700.000	30.700.000
Totaal	68.700.000	68.000.000	59.000.000

* AKZO loost wel op NZK maar deze lozing zit ook in tabel 1 (bedrijven categorie 1) daarom is het innamedebiet wel meegenomen in deze tabel

3. Netto koelwaterinnames (m³/jaar) (inname vanuit NZK, lozing op Buitenhaven)

NB Niet opgenomen in de waterbalans zijn de koelwaterdebieten van de electriciteitscentrales langs het NZK, van AVI en van Shell.

Bijlage 7 Berekening schutverliezen IJmuiden

deels gebaseerd op bijlage 2-3 uit [Haskoning, 1999]

Een schutcyclus wil zeggen dat eenmaal wordt geschut van binnen naar buiten en eenmaal van buiten naar binnen. Het aantal schutcycli per jaar is dus gelijk aan het aantal schuttingen gedeeld door 2.

Per schutcyclus is er voor de Noordersluis een netto waterverplaatsing van 10.000 m^3 van zee naar het Noordzeekanaal. Voor de Middensluis is dit 2800 m^3 . Hierbij is uitgegaan van een gemiddeld verval van 0,50 meter.

	Gemiddelde waterstand (m+NAP)		Verval
	Noordersluis West	Noordersluis Oost	
1998	0,0677	-0,43	0,4977
1999	0,0605	-0,44	0,5005
2000	0,0566	-0,43	0,4866
2001	0,0659	-0,44	0,5059
gemiddeld	0,063	-0,435	0,498

Het kolkoppervlak van de Noordersluis is $400 \times 50 = 20.000 \text{ m}^2$.

Het kolkoppervlak van de Middensluis is $225 \times 25 = 5.625 \text{ m}^2$.

Voor de overige twee sluizen geldt:

Zuidersluis: $64 \times 12 = 768 \text{ m}^2$

Renovatie van april 1999 tot maart 2001, nieuwe afmetingen: $104,4 \times 11$ (boek van Arends, blz63)

Kleine sluis: $111 \times 11 = 610,5 \text{ m}^2$ (nieuwe afmetingen)

Renovatie van december 1996 tot april 1999

De volumes van deze twee sluizen samen zijn minder dan 10% van het volume van de Noorder- en de Middensluis. Het aantal schuttingen van deze sluizen ligt in dezelfde orde van grootte als de Noordersluis. De debieten van de kleine en de Zuidersluis worden daarom in de waterbalans verwaarloosd.

Overige uitgangspunten

- 10% van de schepen wordt geschut bij hoogwater ivm hun diepgang. Het gemiddelde hoogwater in de buitenhaven is 0,97 m+NAP (gemiddelde 1981-1998), het gemiddeld verval bij hoogwater wordt hiermee 1,40 meter (i.t.t. [Haskoning, 1999] die uitgaat van een verval 1,83 meter).

- de grootte van het schip is niet van invloed op de hoeveelheid water die wordt verplaatst in een schutcyclus

Voorbeeldberekening schutvolume

Aannamen:

- in de Noordersluis (oppervlak $400 \times 50 \text{ m}^2$) wordt een schip geschut van binnen naar buiten en daarna een ander schip van buiten naar binnen.

- $\Delta h = 0,50 \text{ m}$

- afmetingen sluis kolk als waterstand gelijk is aan binnenwaterstand:

$400 \times 50 \times 15 = 300.000 \text{ m}^3$.

1. Het volume water in de kolk is 300.000 m^3

-
2. Een schip met waterverplaatsing 20.000 m³ vaart in. Het volume water in de kolk is nu 280.000 m³.
 3. Sluisdeuren dicht, peil verhogen met 0,50 m. Volume water dat erbij komt is $0,50 \cdot 400 \cdot 50 = 10.000 \text{ m}^3$ (van de zee naar de kolk). Totaal volume water in de kolk is nu 290.000 m³.
 4. Schip vaart uit, volume water in kolk 310.000 m³
 5. Ander schip, met waterverplaatsing 15.000 m³, vaart de kolk in. Volume water in kolk is nu 295.000 m³.
 6. Peil wordt verlaagd met 0,50 m, ofwel 10.000 m³ water verplaatst van kolk naar kanaal. Volume water in kolk is 285.000 m³.
 7. Schip vaart uit, volume water in kolk is weer 300.000 m³ net als bij het begin van de cyclus

Conclusie:

- Het netto schutverlies in een schutcyclus, bij het schutten van binnen naar buiten en daarna van buiten naar binnen, bij een verval van $\Delta h = 0,50 \text{ m}$ en een kolkoppervlak van 20.000 m² is 10.000 m³ van zee naar kanaal.
- deze hoeveelheid is onafhankelijk van de grootte van het schip (ofwel de waterverplaatsing)

Bijlage 8 Sluitfout op dagbasis - grafieken

Grafiek 1998

Grafiek 1999

Grafiek 2000

Bijlage 9 In-posten op dagbasis – grafieken

Grafiek 1998 – eerste helft
Grafiek 1998 – tweede helft
Grafiek 1999 – eerste helft
Grafiek 1999 – tweede helft
Grafiek 2000 – eerste helft
Grafiek 2000 – tweede helft