

Huidige situatie waterhuishouding en de gevoeligheid van hydrologische en hydraulische parameters voor wijzigingen in de waterhuishouding

DEFINITIESTUDIE INSTRUMENTARIUM WATERHUISHOUDING IN HET NATTE HART



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

Huidige situatie waterhuishouding en de gevoeligheid van hydrologische en hydraulische parameters voor wijzigingen in de waterhuishouding

Definitiefase instrumentarium Waterhuishouding In het Natte hart

RIZA Werkdocument **97.148X**

H.Buiteveld

december 1997

INHOUD

1. Inleiding	5
2. Huidige situatie	7
2.1 <i>Waterhuishouding</i>	8
2.1.1 IJsselmeergebied.....	9
2.1.2 Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal	9
2.2 <i>Waterkwantiteitsbeheer</i>	15
2.2.1 IJsselmeer.....	16
2.2.2 Markermeer.....	17
2.2.3 Veluwemeer/Drontermeer.....	17
2.2.4 Wolderwijd/Nuldernauw.....	18
2.2.5 Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal	18
2.3 <i>Boezemwerken</i>	18
2.4 <i>Peilen</i>	22
2.5 <i>Verblijftijd</i>	26
2.6 <i>Regionale watervoorziening</i>	27
2.7 <i>Hydraulica</i>	30
2.7.1 Waterstand	30
2.7.2 Golven.....	32
3. Parameters.....	33
3.1 <i>meerpeil</i>	33
3.2 <i>verblijftijd</i>	35
3.3 <i>Scheefstand en golven</i>	36
4. functies	37
4.1 <i>Waterkeren/veiligheid</i>	37
4.2 <i>Afwatering</i>	38
4.3 <i>Watervoorziening</i>	38
5. Modellen	39
5.1 <i>waterbalansmodel</i>	39
5.2 <i>Waterkeren/veiligheid</i>	39
6. Kennishiaten.....	41
7. Conclusies	43
8. Literatuur	45

Lijst met figuren

Figuur 2-1 Gebieden die afwateren op Plangebied.....	11
Figuur 2-2 Gebieden die van water worden voorzien vanuit het IJsselmeergebied.....	12
Figuur 2-3 Waterbalans zomerhalfjaar gemiddeld over 1976 t/m 1993	13
Figuur 2-4 Waterbalans winterhalfjaar gemiddeld over 1976 t/m 1993	14
Figuur 2-5 Belangrijkste boezemwerken in het plangebied.....	19
Figuur 2-6 Gemiddelde spuicapaciteit spuisluizen Afsluitdijk gemodelleerd met Bekken2.	20
Figuur 2-7 Winterhalfjaargemiddelde meerpeilen in het IJsselmeergebied.....	23
Figuur 2-8 Meerpeilen in het plangebied voor de periode 1985 t/m 1989	25
Figuur 2-9 Overschrijdingsduur meerpeil zomerhalfjaar.....	25
Figuur 2-10 Overschrijdingsduur meerpeil winterhalfjaar.....	25
Figuur 2-11 Verblijftijden op basis van maandgemiddelde debieten in het IJsselmeergebied	26
Figuur 2-12 Maandgemiddelde debieten (m ³ /s) inname vanuit Markermeer	29
Figuur 2-13 Maandgemiddelde debieten (m ³ /s) inname vanuit IJsselmeer en inname van drinkwater.....	29
Figuur 2-14 Totale aanvoer- en innamedebiet IJsselmeer.	29
Figuur 2-15 Verloop van de waterstand op 4 stations in het IJsselmeer.....	30
Figuur 2-16 Locaties waterstandstation	30
Figuur 2-17 Locale waterstand als functie van de windrichting op 4 plaatsen op het IJsselmeer bij 20 m/s	31
Figuur 3-1 Gemiddeld meerpeil in het IJsselmeer voor verschillende.	34

Lijst met Tabellen

Tabel 2-1 Afmetingen IJsselmeergebied, Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal	7
Tabel 2-2 Relatieve bijdrage aan de waterbalans, gemiddelde debiet en het aantal mm waterschijf.	16
Tabel 2-3 Schatting van de geïnstalleerde maximale bemalingscapaciteit.	22
Tabel 2-4 Waterstandstations en de weging die wordt gebruikt om het meerpeil te	24
Tabel 2-5 Zomer en winterstreefpeilen en de gemiddelde opgetreden meerpeilen (1976 t/m 1993)	24
Tabel 2-6 Overzicht verblijftijden (dagen) op basis van maanddebieten van 1976 t/m 1993	26
Tabel 2-7 De volgens de verschillende waterakkoorden maximale inlaatdebieten	27
Tabel 2-8 Jaarsom neerslag en openwaterverdamping. Het gemiddelde is over de periode 1976 t/m 1993	28
Tabel 2-9 Gedurende de zomers van 1976, 1986 en 1993 opgegeven inname van water	28
Tabel 2-10 Schatting van de maximale opwaaiing (m)	31
Tabel 2-11 Opwaaiing, golfhoogte en -periode voor vier locatie in het IJsselmeer	32
Tabel 3-1 Relatieve verandering van de verblijftijd bij wijziging van het meerpeil ten opzicht van huidig meerpeil	35

1. Inleiding

RWS directie IJsselmeergebied heeft RIZA opdracht gegeven om ten behoeve van het project WIN (Waterhuishouding in het Natte Hart) een definitiestudie uit te voeren voor de opzet van een kennisinstrumentarium waarmee inzicht kan worden verschaft in de consequenties van verschillende waterhuishoudkundige inrichtings- en beheersalternatieven (INWIN).

Voor de definitiestudie zijn de volgende onderdelen onderscheiden:

- *de probleemverkenning*, waarin de probleemstelling van het WIN-project nader wordt uitgewerkt. Hierbij wordt ook ingegaan op relaties met het planproces. De probleemverkenning wordt uitgevoerd op basis van een evaluatie van het huidige beheer, een eerste inventarisatie van wensen en knelpunten, prognoses ten aanzien van klimaatsveranderingen en bodemdaling en enkele toekomstgerichte omgevingsscenario's. Ook wordt een eerste verkenning gemaakt van mogelijke oplossingsrichtingen.
- *de systeemanalyse*, waarin een beschrijving wordt gegeven van de huidige situatie en de relaties worden beschreven tussen ingrepen in de waterhuishouding in het plangebied, de belangrijkste systeemeigenschappen en de gebruiksfuncties. Ook wordt een globale verkenning uitgevoerd van de gevoeligheid van de verschillende functies voor mogelijke veranderingen in de waterhuishouding. De parameters aan de hand waarvan dit kan worden beschreven worden hierbij aangegeven.
- *de definitiestudie WINBOS*, waarin in aansluiting op de probleemanalyse en systeembeschrijving het programma van eisen voor het voor het WIN-project te ontwikkelen beslisondersteunend systeem (BOS), het WINBOS, wordt opgesteld. Onderdeel hiervan is een inventarisatie van beschikbare modellen en gegevens waarmee de in de systeemanalyse weergegeven relaties kunnen worden beschreven. Op grond van het programma van eisen, wordt een schetsontwerp van het WINBOS gepresenteerd en wordt een voorstel gedaan over afstemming tussen de ontwikkeling van WINBOS en het planproces.

Uitgaande van deze nota's is verder een *plan van aanpak voor de ontwerp-fase* opgesteld, waarin de nadruk wordt gelegd op de realisatie van WINBOS en de nog te ontwikkelen modules. Ook wordt hierin expliciet ingegaan op de relatie met het planproces. Naast deze hoofdprodukten is nog een reeks onderliggende meer sectorale rapporten opgesteld.

In deze definitiestudie wordt een onderscheid gemaakt tussen het plangebied en het studiegebied. Het plangebied omvat het IJsselmeergebied, het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal, met als begrenzing de hoogwaterkering (de primaire waterkeringen). Onder het studiegebied wordt verstaan het gebied, waarmee een duidelijk aantoonbare relatie is met het waterpeil van de watersystemen in het plangebied: het binnendijkse gebied binnen de primaire waterkering, delen van de Waddenzee, van de IJssel, Overijsselse Vecht, Zwarte Water en het Amstel-en-Vechtgebied.

Dit werkdocument beschrijft de hydrologie en de hydraulica van het plangebied en geeft een beschrijving van de parameters die gevoelig zijn voor veranderingen in de waterhuishouding, waarbij deze veranderingen bestaan uit wijzigingen van de water aan- en afvoer, het streefpeil en het waterbergend oppervlak

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de huidige situatie van het waterkwantiteitsbeheer en de manier waarop dat beheer wordt uitgevoerd. In hoofdstuk 3 worden de parameters behandeld die gevoelig zijn voor veranderingen in de waterhuishouding. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de gevolgen voor de functies veiligheid, afwatering en regionale watervoorziening. De beschikbare modellen worden in hoofdstuk 5 behandeld en in hoofdstuk 6 komen de gesignaleerde kennishiaten aan de orde. Tot slot worden in hoofdstuk 6 conclusies getrokken.

2. Huidige situatie

IJsselmeergebied

Het IJsselmeer is ontstaan door afsluiting van een binnenzee, de Zuiderzee. Naar aanleiding van de stormvloed van 1916, werd in 1918 begonnen met de Zuiderzeewerken. Het doel van de Zuiderzeewerken was voorkomen dat de kustlijn verder zou eroderen, tevens om landbouwgrond te creëren. In 1932 is de Afsluitdijk voltooid, hierdoor kon de zee niet meer het hart van Nederland indringen en werd een zoetwaterbekken, het IJsselmeer, gecreëerd. De afsluiting van de voormalig Zuiderzee heeft consequenties gehad voor de waterhuishouding en de morfologie van het meer. Door de afsluiting wordt alleen nog zoet water aangevoerd, zodat de ooit brakke Zuiderzee nu een zoet IJsselmeer is. Het IJsselmeer kan daardoor voorzien in de vraag naar water van o.a. de omliggende provincies. Daarnaast heeft de verandering van brak naar zoet water gevolgen gehad voor de vissoorten en de plantengroei. De oeverlanden zijn voor het grootste deel ontzilt, behalve delen van de Friese oevers[RDIJ, 1996]. Doordat de stroomgeulen van de voormalig Zuiderzee geen water meer aan- en afvoeren naar de Waddenzee, is en wordt het sediment van het IJsselmeer herverdeeld. Door de afsluiting van de Zuiderzee wordt de waterhoogte voor een deel door de mens te bepalen en niet meer door het getij. Hierdoor is de veiligheid makkelijker te waarborgen. Om het oppervlak aan landbouwgrond in Nederland te vergroten, zijn delen van het IJsselmeer ingepolderd (Noordoostpolder 1942, Oostelijk Flevoland 1957 en Zuidelijk Flevoland 1968). De Houtribdijk is in 1975 aangelegd om het Markermeer in te polderen. Uiteindelijk is van dit plan afgeweken, zodat de Houtribdijk nu het IJsselmeer van het Markermeer scheidt. Het IJsselmeergebied bestaat nu uit vier boezems, namelijk het IJsselmeer, het Markermeer, het Veluwemeer/Drontermeer en het Wolderwijd/Nuldernauw. Het huidige IJsselmeer staat in open verbinding met het Ketelmeer, Vossemeer en Zwarte Meer. Deze worden hier bij het IJsselmeer gerekend. Het Vollenhoverkanaal/meer staat in open verbinding met het Zwarte Meer, maar wordt bij hoge waterstanden met een keersluis afgesloten. Het Zwarte Water staat stroomopwaarts in open verbinding met andere waterlopen zoals het Meppeler Diep, de Overijsselse Vecht, de stadsgrachten van Zwolle, de Nieuwe Weteringen, de Soestweteringen en het Overijsselsch Kanaal. Onder het Markermeer vallen ook de Gouwe, het IJmeer, het Gooimeer, het Eemmeer en het Nijkerkernauw. De Eem staat in open verbinding met het Markermeer. Het Veluwemeer/Drontermeer en Wolderwijd/Nuldernauw zijn nu nog twee afzonderlijke boezems. Ze worden gescheiden door de Knardam. Voor het eind van deze eeuw zal de Hardersluis worden verwijderd en ontstaat er een open verbinding tussen beide meren. Op de randmeren stromen een twintigtal beken uit.

Tabel 2-1 Afmetingen IJsselmeergebied, Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. [Vermeulen et al., 1995]

	lengte (km)	Oppervlak (km ²)	gemiddelde diepte (m)
IJsselmeer		1182	4.4
Markermeer		733	3.5
Veluwemeer/Drontermeer		37	1.4
Wolderwijd/Nuldernauw		25	1.8
Noordzeekanaal	28,5	18.95	
- oostelijk deel			11
- westelijk deel			15
Amsterdam-Rijnkanaal	72,4	6.4	5,6
Amstelland-West		4.97	
Vecht		2.42	
Amsterdam		1.5	

Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal

De aanleg van het Noordzeekanaal was in 1876 gereed. Het kanaal heeft nu een diepgang van 15 m en een bodembreedte van 170 m. Op de waterlijn is het 270 m breed. Aan beide zijden wordt het kanaal begrensd door sluizen, aan de Noordzeekant bij IJmuiden en aan de IJmeerkant bij Schellingwoude. Het IJ vormt de verbinding tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal. Bij Schellingwoude staat Het IJ via het Oranjesluizencomplex en de Prins Alexandersluis in verbinding met het IJmeer. Het Noordzeekanaal staat verder in open verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal. Het Noordzeekanaal is bijna 28,5 km lang. Het sluizencomplex bij IJmuiden vormt de scheiding tussen het Noordzeekanaal en de Noordzee. In Amsterdam vormen de Oranjesluizen de scheiding tussen Het IJ en het IJmeer. Het Amsterdam-Rijnkanaal is 72,4 km lang en loopt van de monding in Het IJ te Amsterdam tot de Waal bij Tiel. Voor het Amsterdam-Rijnkanaal wordt onderscheid gemaakt tussen het deel ten noorden van de Lek (60,5 km) en het gedeelte ten zuiden van de Lek (Betuwepand 12 km). Ter hoogte van Nieuwegein takt het Lekkanaal af van het Amsterdam-Rijnkanaal. In het Lekkanaal liggen de Prinses Beatrixsluizen. Door de Prinses Irenesluizen bij Wijk bij Duurstede is het noordelijk deel van het Amsterdam-Rijnkanaal gescheiden van de Lek [Beersum, 1993]. De schutsluizen bij IJmuiden vormen de scheepvaartverbinding tussen Noordzeekanaal en de Noordzee.

De Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal boezem bestaat uit de genoemde kanalen, het Lekkanaal, de boezem van Hoogheemraadschap Amstel en Vecht, de stadswateren van Amsterdam, het IJ en de havens aan het Noordzeekanaal. De waterlopen staan onder normale omstandigheden in open verbinding met elkaar en er geldt in het hele gebied een streefpeil van -0.40 m NAP. Hoewel de Vecht afgesloten kan worden van het Amsterdam-Rijnkanaal gebeurt dit in praktijk nooit, omdat enerzijds de afsluitwerken nauwelijks nog gebruikt worden en anderzijds afsluiting van de Vecht aanleiding kan zijn tot het ontstaan van een opeenhoping van recreatievaartuigen, die van het Amsterdam-Rijnkanaal naar de Vecht gesloten willen worden. Dit kan belemmerend werken bij de afwikkeling van de beroepsvaart op het Amsterdam-Rijnkanaal. In het kader van de totstandkoming van het restauratieplan Vecht wordt overigens onderzocht of een waterhuishoudkundige scheiding van Vecht en Amsterdam-Rijnkanaal mogelijk is [Rooy et al., 1996]. Het Amsterdam-Rijnkanaal staat verder in open verbinding met de Leidsche Rijn, de Haarrijn, de Kerkvaart, de Grote Heijcop, de Nieuwe Wetering, Smal Weesp, de Gaasp/ het Gein, de Muidertrekvaart en het Nieuwe Diep. Het Amsterdamse binnenwater kan worden afgesloten van het Noordzeekanaal. Volledige afsluiting vindt allen plaats bij hoge waterstanden op het Noordzeekanaal. Enkele malen per week wordt gedurende de nacht een deel van het grachtenstelsel afgesloten voor doorspoeling met Markermeerwater [Boer, 1993]. Het noordelijke deel van het Amsterdam-Rijnkanaal heeft een paar verbindingen met het IJmeer: de Ipenslotersluis en Diemerdammersluis en via de Vecht de Zeesluis bij Muiden

2.1 Waterhuishouding

Het waterhuishoudkundige systeem in Nederland kan globaal in vier hoofdsystemen worden opgesplitst namelijk: de kustwateren, de grote rivieren, het IJsselmeergebied en de regionale wateren die buiten de Rijkswateren liggen. Tussen deze hoofdsystemen bestaat een nauwe relatie. Het afvoerregime van de Rijn (en de Rijntakken) en de Maas, de zeespiegel en de getijdenbeweging vormen de randvoorwaarden voor de overige systemen. Voor het IJsselmeer bepaalt de zeespiegel en de getijdenbeweging in de Waddenzee wanneer wel en niet gespuid kan worden. Hetzelfde geldt ook met betrekking tot het spuien vanuit het Noordzeekanaal naar de Noordzee. Vanuit het Noordzeekanaal kan bovendien water naar de Noordzee worden gemalen.

Het IJsselmeergebied, het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal spelen een belangrijke rol in de waterhuishouding van het landelijke gebied. Het oppervlaktewater wordt gebruikt voor peilhandhaving in verband met tegengaan van klink en voor het doorspoelen van de boezems in verband met het handhaven van een goede kwaliteit, zoutbezwaar en eutrofiëringsbestrijding [Claassen, 1997]. Met name voor de functie landbouw wordt tijdens perioden van wateroverlast (meestal gedurende winterperiode) water op het plangebied geloosd. Voor de watervoorziening wordt tijdens de zomerperiode water onttrokken aan het IJsselmeergebied. Voor de wateraanvoer geldt dat alleen de laaggelegen (peilbeheerste) gebieden onder vrij verval van water kunnen worden voorzien. Slechts voor een deel van Drenthe geldt dat hier water wordt opgepompt. Het grootste deel ontvangt zijn water uit het IJsselmeer. Het betreffen hier de kop van Noord-Holland, een deel van de Noordoostpolder, bijna de gehele provincie Friesland en Groningen. De wateraanvoer naar de provincie Friesland en indirect de provincie Groningen verloopt via de inlaat bij Lemmer. Drenthe, het noordelijk deel van Overijssel en een deel van de Noordoostpolder kunnen van water worden voorzien vanuit het Zwarte Meer. De ander Flevopolders en het grootste deel van Noord-Holland kunnen van water worden voorzien vanuit het Markermeer en het IJmeer.

Verder kunnen er nog enkele kleine gebiedjes van water worden voorzien vanuit de randmeren. Bij Andijk wordt water aan het IJsselmeer onttrokken voor de drinkwaterbereiding. Vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal vinden op twee plaatsen onttrekkingen plaats ten behoeve van de drinkwaterbereiding. Daarnaast wordt water aan het Amsterdam-Rijnkanaal onttrokken ten behoeve van peilhandhaving en watervoorziening van de landbouw door de waterschappen Kromme Rijn en Leidse Rijn en het Hoogheemraadschap Amstel en Vecht en de gemeente Utrecht.

2.1.1 IJsselmeergebied

Het gebied dat afwatert naar het IJsselmeergebied beslaat een groot deel van Nederland en een klein gedeelte van Duitsland (figuur 2-1). Een gedeelte van het Rijnstroomgebied kan ook tot het afwateringsgebied worden gerekend, omdat een deel van de afvoer de Rijn via de IJssel naar het IJsselmeer stroomt. De waterverdeling over de Rijntakken vindt plaats met de stuw te Driel. Het beheer wordt zodanig gevoerd dat ook bij lage Rijnafoeren een minimaal debiet ($285 \text{ m}^3/\text{s}$) over de IJssel gaat. Gemiddeld stroomt ongeveer 15% van de afvoer van de Rijn door de IJssel. De afwatering op het IJsselmeergebied vindt plaats via de IJssel, de Overijsselse Vecht, de Veluwe beken, de Eem en via gemalen en uitwateringssluizen van de aangrenzende polders. Het overgrote deel van Noord-Holland en Friesland watert onder normale omstandigheden zoveel mogelijk af op de Waddenzee, dit in verband met hun zoutbezwaar, en alleen onder bijzondere omstandigheden op het IJsselmeer en het Markermeer. Het totale land- en wateroppervlak dat afwatert op het IJsselmeergebied is circa 19.000 km^2 .

De waterafvoer uit het IJsselmeergebied vindt voornamelijk plaats door de spuisluizen in de Afsluitdijk en in veel mindere mate vanuit het Markermeer naar het Noordzeekanaal. Het spuien vindt plaats onder natuurlijk verval. Het getij op de Waddenzee en de opwaaiing door wind aan beide kanten van de Afsluitdijk bepalen de spui mogelijkheden. In de zomer wordt door de omliggende polders water ingelaten. Er vindt doorvoer van water plaats naar verder weg gelegen gebieden, zoals de provincies Groningen en Drente (figuur 2-2). Binnen het IJsselmeergebied wordt vanuit de randmeren water afgelaten naar het IJsselmeer en het Markermeer. Via de Hardersluis en het gemaaltje Knardam gaat water van het Veluwemeer naar het Wolderwijd. In de winter wordt water van het Markermeer naar het IJsselmeer afgelaten. Gedurende de zomermaanden wordt vanuit het IJsselmeer via het Markermeer via de inlaatsluis te Schellingwoude water op het Noordzeekanaal gelaten. Voor het Markermeer heeft dit tot doel om de verzilting ten gevolge van de zoute uitslag van de Flevopolders tegen te gaan.

2.1.2 Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal

De wateraanvoer op de Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal boezem wordt gevormd door inlaat vanuit de Lek, en het IJmeer, schutdebieten van de afzonderlijke schutsluizen, neerslag direct op de boezem en afvoer van omliggende watersystemen in de vorm van maaldebieten en natuurlijke afvoer. De belangrijkste afwateringsgebieden zijn de Rijnlandse Boezem, de Schermerboezem, de Boezem van het Waterschap de Waterlanden en de Boezem van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Het gebied dat rechtstreeks op het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal afwatert is ongeveer 2.300 km^2 groot.

Er wordt water ingelaten bij de Leksluizen (Irene- en Beatrixsluizen) om een continue neerwaartse stroming te creëren. Dit wordt normaal bepaald door schutdebieten, maar in zomerperiodes kan ook extra water worden ingelaten. Om verzilting van het Amsterdam-Rijnkanaal en het Binnen-IJ te voorkomen, wordt in de mond van het kanaal, ter hoogte van Zeeburg) een minimaal noordwaarts gericht debiet van $10 \text{ m}^3/\text{s}$ nagestreefd. Het Noordzeekanaal wordt regelmatig doorgespoeld met Markermeerwater via de Oranjesluizen. Dit in verband met de doorspoeling van het Markermeer in het zomerhalfjaar, in verband met de afvoer van zout uitslagwater van de Flevopolders, en ter beperking van de zuidwaartse indringing van zout op het Amsterdam-Rijnkanaal. Het water wordt ingelaten vanuit het Markermeer op het Noordzeekanaal bij Schellingwoude. Het inlaten van Markermeer water is eenvoudiger tijdens de zomerperiode als het streefpeil in het Markermeer 20 cm hoger is dan het streefpeil in de Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal boezem. Het ingelaten Markermeerwater wordt bij IJmuiden naar de Noordzee gespuid. Om zo efficiënt met energie om te gaan wordt vanaf 1982 alleen water bij Schellingwoude ingelaten, als dit water door middel van spuien te IJmuiden kan worden afgevoerd naar de Noordzee. Ten opzichte van de periode voor 1982 leverde deze maatregelen een aanzienlijk reductie in het aantal maaluren [Boer, 1993].

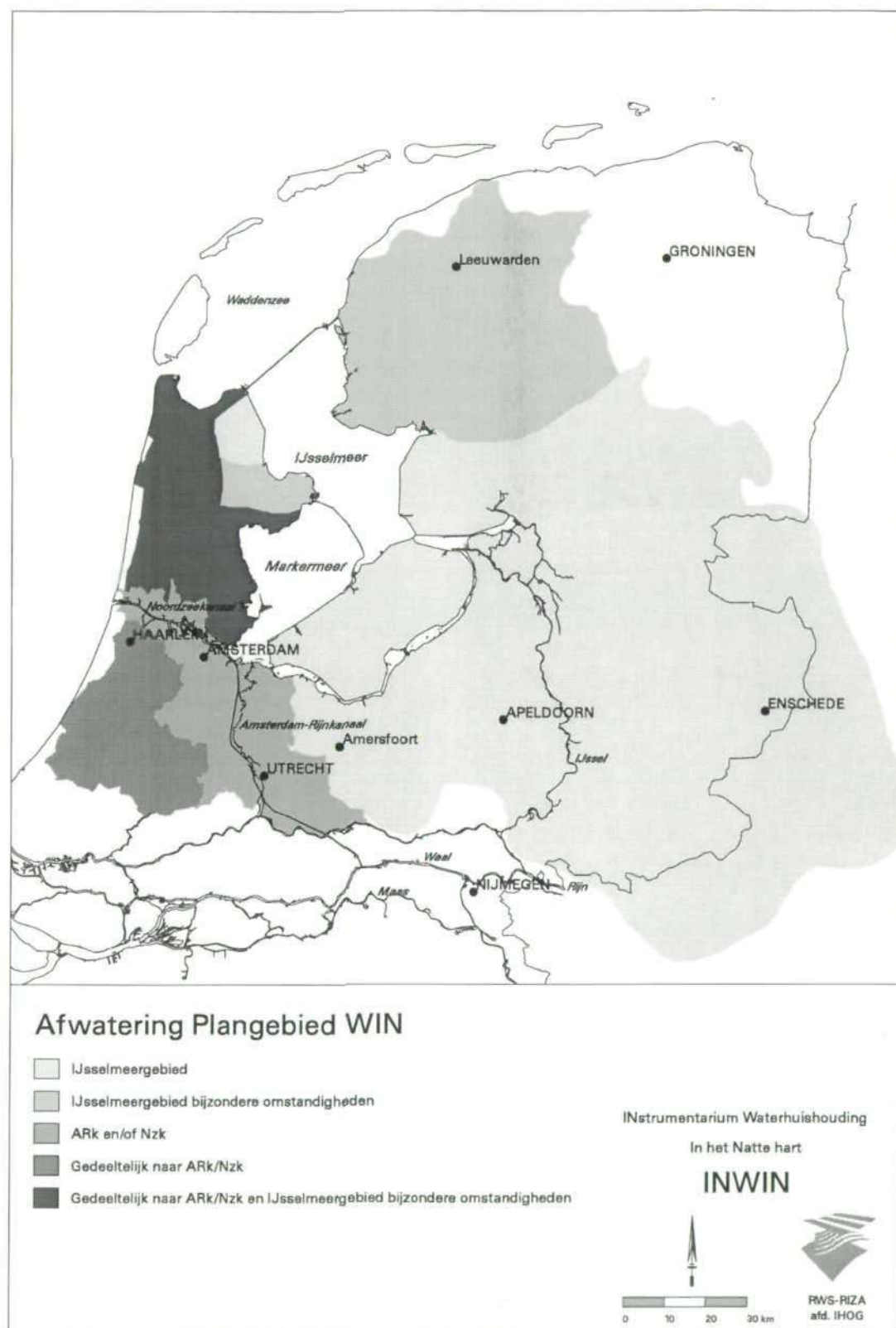
De waterafvoer vindt plaats via het spui- en maalcomplex IJmuiden. Tijdens hoogwater kan water naar het IJmeer worden gepompt met gemaal Zeeburg en onder vrij verval water worden afgelaten naar het IJmeer met de Zeesluis te Muiden en de Ipensloter- en Diemerdamsluis. Voor het spuien onder vrij verval dient de

waterstand op het IJmeer lager te zijn dan in de Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal boezem. Tevens kan als de waterstanden dat toelaten water worden afgelaten via de schutsluizen bij IJmuiden en Schellingwoude. Met de koelwaterinstallatie van de UNA-centrale bij Diemen kan in noodsituaties water uit het Amsterdam-Rijnkanaal naar het IJmeer worden gepompt. Op een aantal locaties wordt water aan de Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal boezem onttrokken ten behoeve van de watervoorziening van andere watersystemen. Via het gemaal de Aanvoerder of onder vrij verval wordt water uit het Amsterdam-Rijnkanaal ingelaten naar de Leidsche Rijn. Met het Noordergemaal (Jutphaas) wordt uit het Amsterdam-Rijnkanaal naar de stadswateren van Utrecht en/of naar de Hollandsche IJssel gepompt. Op diverse plaatsen wordt water onttrokken aan het Amsterdam-Rijnkanaal ten behoeve van de watervoorziening van het Kromme Rijngebied. Daarnaast onttrekken polders in Amstelland-West water om inklinking van veengronden te voorkomen. Ten behoeve van de drinkwatervoorziening onttrekt het WRK water aan het Lekkanaal en onttrekt GWA water aan het Amsterdam-Rijnkanaal bij Loenen met respectievelijk gemiddelde debieten van 2,3 en 0,25 m³/s.

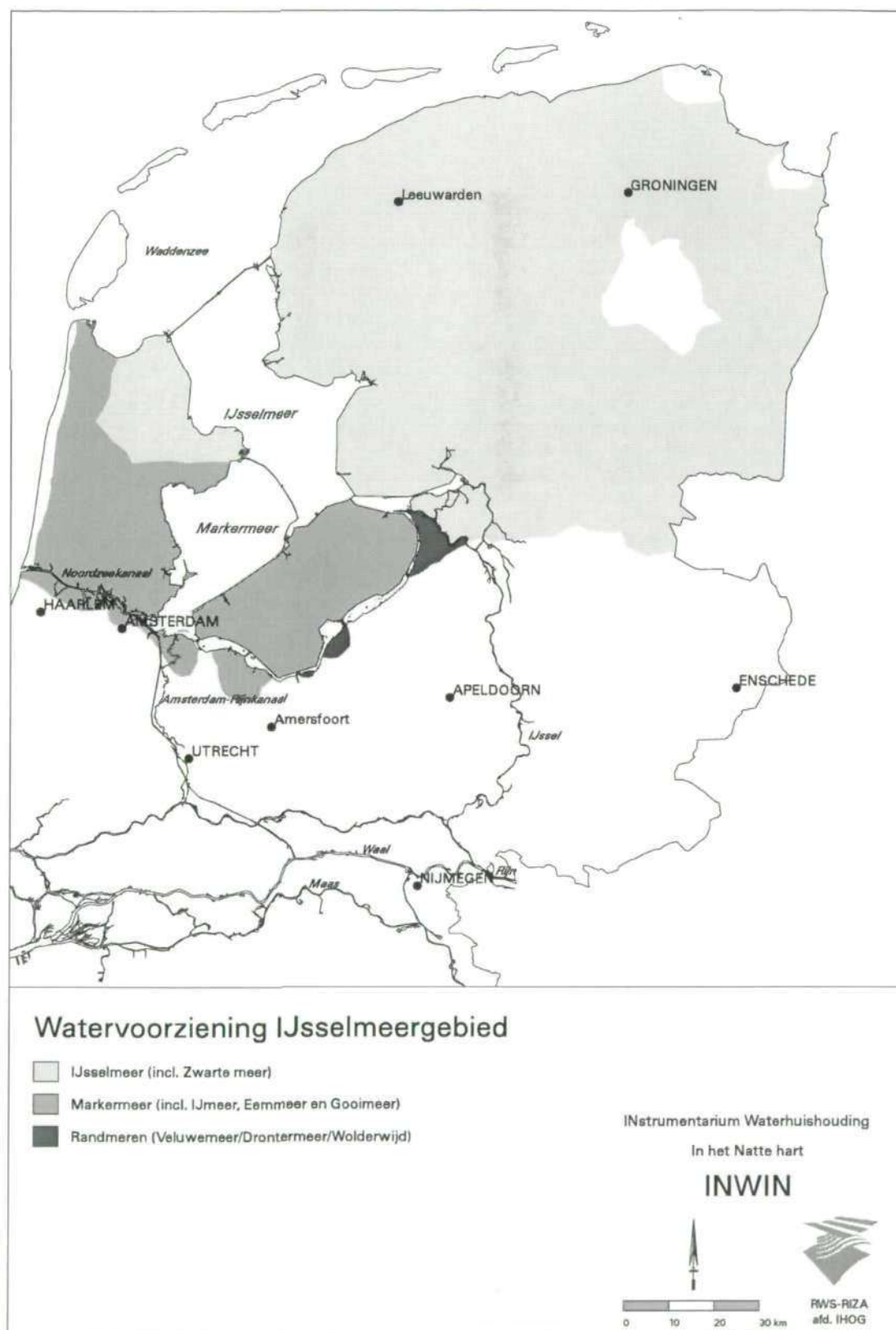
De Rijnlandse Boezem watert af naar het Noordzeekanaal met de gemalen Spaarnedam en Halfweg. De Schermerboezem watert af naar het Noordzeekanaal via het Zaangemaal en onder vrij verval met twee vloedsluizen bij het Zaangemaal en bij Nauerna. Het streefpeil in de Schermerboezem is -0,50 m NAP waardoor onder normale omstandig geen gebruik gemaakt kan worden van de vloedsluizen. Pas als de waterstand in de Schermerboezem boven de waterstand van het Noordzeekanaal stijgt kan er extra water worden afgevoerd naar het Noordzeekanaal. De Boezem van het waterschap de Waterlanden (WDW) watert deels via de gemalen Schellingwouderbeek, Kadoelen en de Waker (Oostzaan) af op het Noordzeekanaal. Ongeveer de helft van het oppervlak van het Waterschap de Waterlanden (WDW) watert af op het Noordzeekanaal via het Zaangemaal. Voor WDW geldt een afvoerbepijking naar de Schermerboezem van 10 m³/100ha/min.

Het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) voert het beheer over het Kromme Rijngebied, de Gekanaliseerde Hollandse IJssel en de Leidsche Rijn. Het Woerdense deel van de boezem watert af op naar Rijnlands Boezem. De Leidsche Rijn, die bij waterstanden lager dan -0,15 m NAP in open verbinding staat met het Amsterdam-Rijnkanaal ter plaatse van het gemaal de Aanvoerder, watert onder vrij verval af op het Amsterdam-Rijnkanaal. Gemaal de Aanvoerder kan alleen water innemen van het Amsterdam-Rijnkanaal. Het Kromme Rijngebied en de Hollandse IJssel wateren af op het Amsterdam-Rijnkanaal via Caspergauwse Weteringen en de spuisluis Oog in Al en direct via de Vecht (Weerdsloiscomplex).

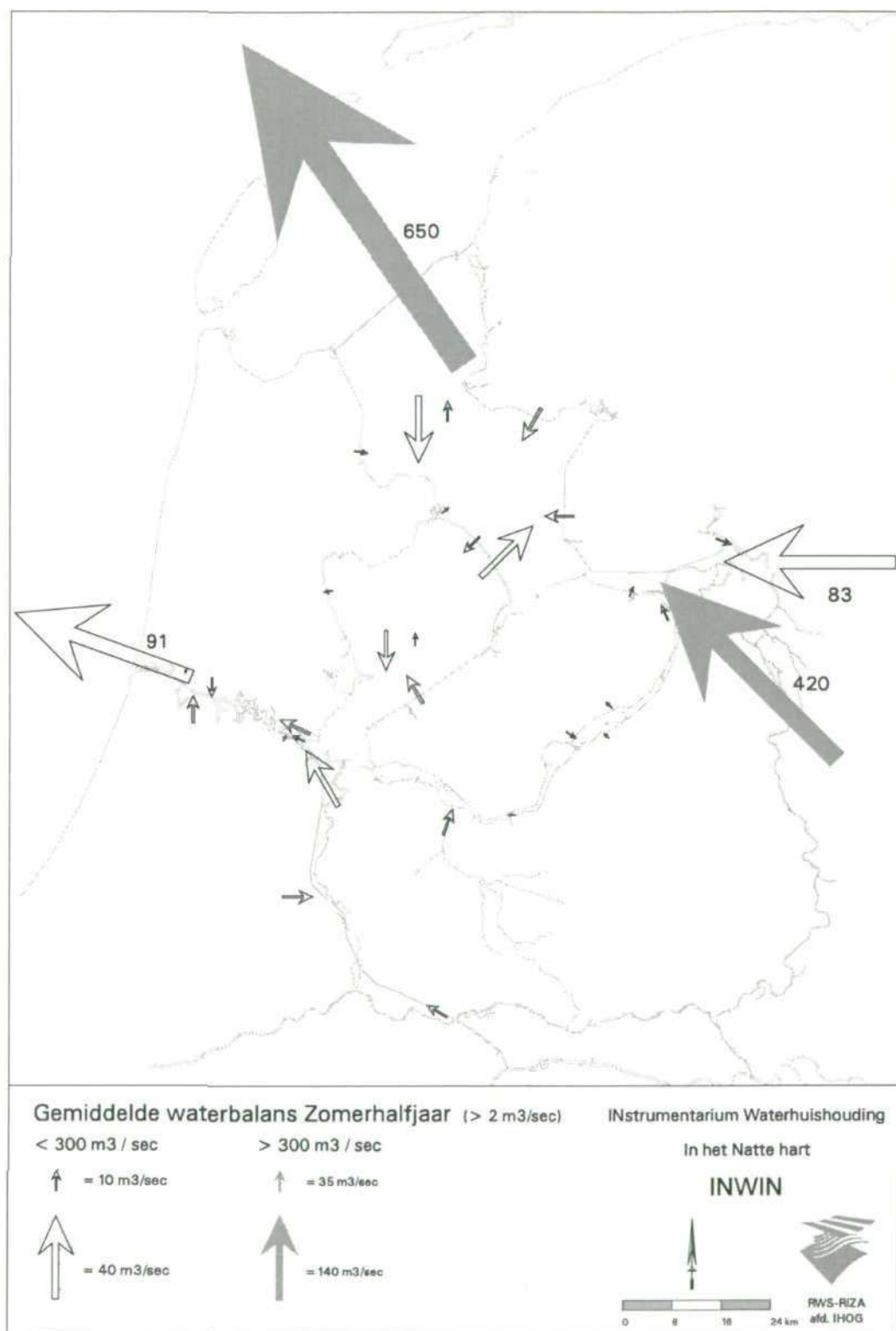
De boezem van het Hoogheemraadschap Amstel en Vecht (HAV) bestaat uit Amstelland-West ten westen van het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal. Normaal staat het Amsterdam-Rijnkanaal in open verbinding met de boezem van HAV, echter de verbindingskanalen kunnen ook worden afgesloten. Via de Amstel en de stadswateren van Amsterdam staat de boezem van Amstelland-West ook in open verbinding met Het IJ. De stadsboezem van Amsterdam kan indien gewenst van Het IJ worden afgesloten door het IJ-front te sluiten. Bij Zeeburg heeft de stadsboezem van Amsterdam een verbinding met het IJmeer via een sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal.



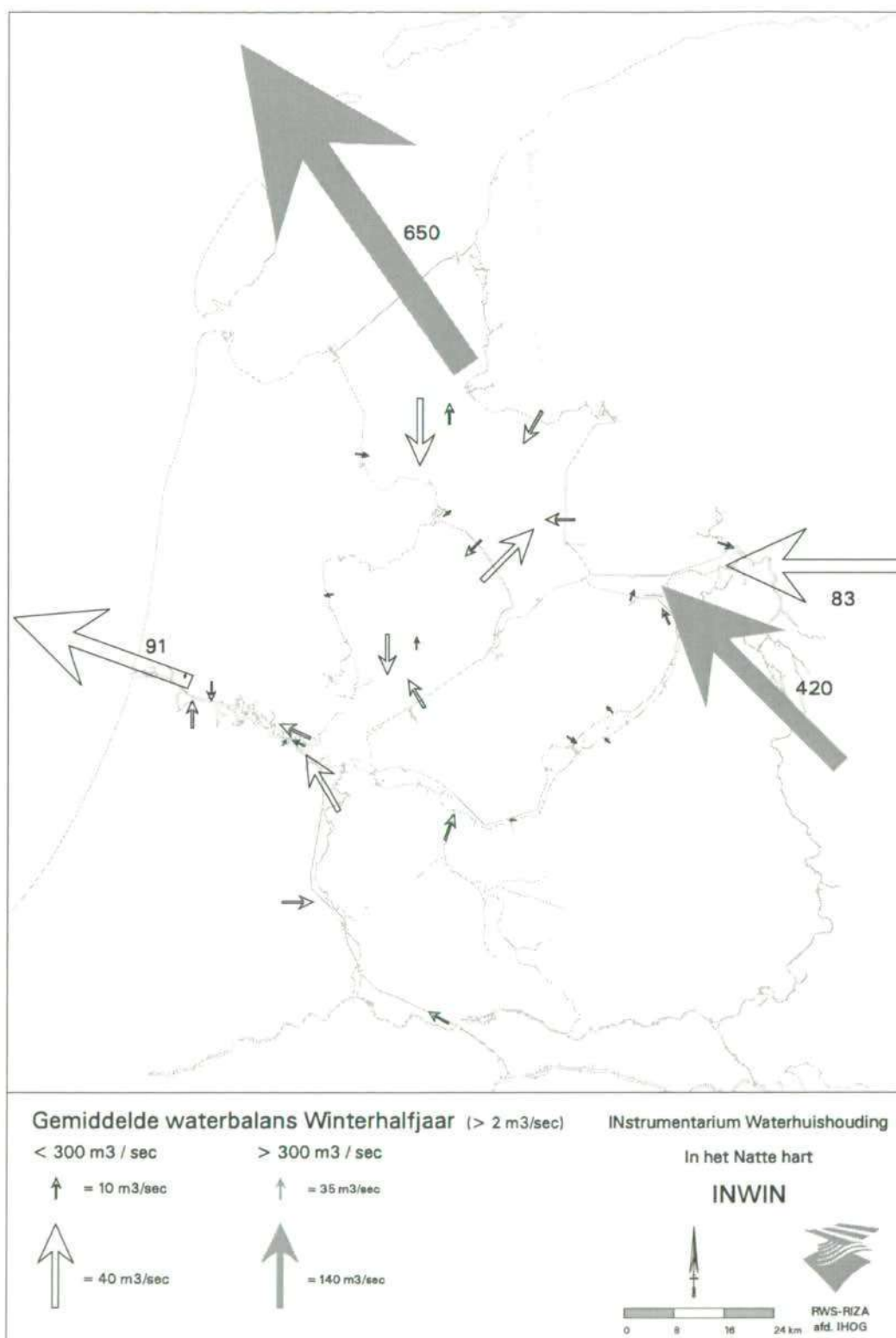
Figuur 2-1 Gebieden die afwateren op Plangebied



Figuur 2-2 Gebieden die van water worden voorzien vanuit het IJsselmeergebied



Figuur 2-3 Waterbalans zomerhalfjaar gemiddeld over 1976 t/m 1993



Figuur 2-4 Waterbalans winterhalfjaar gemiddeld over 1976 t/m 1993

2.2 Waterkwantiteitsbeheer

Het waterkwantiteitsbeheer in het plangebied wordt uitgevoerd aan de hand van een aantal regels. De basis voor deze regels zijn peilbesluiten en waterakkoorden. In de waterakkoorden staan de afspraken met betrekking tot de watervoorziening vanuit en de afwatering op het plangebied tussen de verschillende beheersinstanties, zoals Rijkswaterstaat, waterschappen en Provincies. In § 2.6 watervoorziening is een overzicht gegeven van de afgesproken en de ingenomen hoeveelheden. Voor het plangebied zijn per boezem zomer- en winterstreefpeilen vastgesteld. De streefpeilen en de opgetreden peilen worden in § 2.4 Peilen behandeld. Daarnaast wordt gestuurd door middel van de onderlinge verdeling van het water in het plangebied, waarbij doorspoeling om de zoutlast te verminderen een belangrijke reden is. Als de zoutconcentratie nabij de drinkwaterinlaat bij Andijk te hoog wordt zal voornamelijk met de spuisluizen bij Den Oever worden gespuid. Om verzilting van het Amsterdam-Rijnkanaal en Het IJ te voorkomen, wordt in de mond van het kanaal een noordwaarts gericht debiet van 10 m³/s nagestreefd. Het doorspoelen van het Noordzeekanaal met Markermeerwater via de Oranjesluizen heeft twee doelen, namelijk het doorspoeling van het Markermeer in het zomerhalfjaar, in verband met de afvoer van zout uitslagwater van de Flevopolders, en ter beperking van de zuidwaartse indringing van zout op het Amsterdam-Rijnkanaal. Het ingelaten Markermeerwater wordt bij IJmuiden naar de Noordzee gespuid. Om zo efficiënt mogelijk met energie om te gaan wordt vanaf 1982 alleen water bij Schellingwoude ingelaten, als dit water door middel van spuien te IJmuiden kan worden afgevoerd naar de Noordzee.

Het gevoerde beheer in combinatie met de aanvoer van water resulteren in de waterverdeling en meer- en boezempeilen. In de figuren 2-3 en 2-4 zijn voor het zomer en winterhalfjaar de gemiddelde verdeling van het water binnen het plangebied en de uitwisseling met het studiegebied weergegeven. Met de richting en de grootte van de pijlen zijn de gemiddelde waterstromen gekarakteriseerd. Ter informatie zijn in tabel 2-2 de relatieve bijdrage aan de waterbalans weergegeven voor het winterhalf- en zomerhalfjaar. Onder de post rivier vallen voor de randmeren ook de beken. De post spui bevat voor de inkomende debieten de hoeveelheden die op de boezem zijn gespuid vanuit de andere boezems. De uitgaande spuidebieten bevatten de spui naar de andere boezems en voor het IJsselmeer en Noordzeekanaal de spui naar de Waddenzee en Noordzee. De grootste waterstroom loopt vanuit de IJssel via het IJsselmeer naar de Waddenzee. Een andere waterstroom loopt via het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal naar de Noordzee. In het zomerhalfjaar loopt er een waterstroom vanuit het IJsselmeer, via het Markermeer naar het Noordzeekanaal, terwijl in de winterperiode het Markermeer afwatert op zowel Noordzeekanaal als IJsselmeer. De randmeren wateren af op het IJsselmeer en Markermeer. De totale aanvoer naar het IJsselmeer is het hoogst. De totale aanvoer naar de andere boezems in het IJsselmeergebied is in de winter hoogstens 20% van de aanvoer naar het IJsselmeer. Gedurende de zomermaanden is de aanvoer per boezem gemiddeld lager dan in het winterhalfjaar, met uitzondering van het Markermeer. De hoge aanvoer in de zomer naar het Markermeer is een gevolg van het gevoerde beheer ter bestrijding van de verzilting. De totale aanvoer naar het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal in dezelfde orde van grootte als de aanvoer naar het Markermeer. Belangrijk verschil tussen de Randmeren en de andere boezems is het relatief grote belang in de waterbalans van kwel en wegzijging.

Tabel 2-2 Relatieve bijdrage aan de waterbalans, gemiddelde debiet en het aantal mm waterschijf overeenkomstig met het gemiddelde debiet. De gegevens zijn per zomer- en winterhalfjaar. Voor het IJsselmeergebied zijn de gemiddelde debieten gebaseerd op de periode 1976 t/m 1993 en voor het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal op de periode 1983 t/m 1995.

	Noordzeekanaal Amsterdam- Rijnkanaal									
	IJsselmeer		Markermeer		Veluwemeer		Wolderwijd			
in	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
neerslag (%)	1	1	6	5	15	30	14	8	31	19
rivier (%)	4	4	87	79	8	25	24	26	12	25
gemalen (%)	40	43	5	9	8	27	50	58	10	10
kwel (%)	2	2	0	0	0	0	11	7	15	10
spui (%)	53	50	2	7	69	18	1	0	32	35
uit										
verdamping (%)	1	0	8	1	27	9	16	2	40	4
inlaten (%)	2	2	8	1	33	18	0	0	1	0
spui (%)	95	97	84	98	40	73	31	69	41	86
wegzijging (%)	1	1	0	0	0	0	53	30	18	10
debiet uit (m ³ /s)	94	95	474	674	90	70	8	13	2	4
waterschijf per dag (mm)	235	239	34	49	10	8	19	31	6	13

Naast de globale figuren (2-3 en 3-4) met de verdeling met de waterstromen zijn in bijlage I per systeem van de belangrijkste aan- en afvoerposten de gemiddelde debieten per winter en zomerhalfjaar over de periode 1976 t/m 1993 met figuren weergegeven. Per systeem zijn twee soorten figuren gemaakt. Voor de periode 1976 t/m 1993 zijn de maanddebieten als functie van de tijd uitgezet, waarbij de debieten van de belangrijkste aan- en afvoerposten zijn af te lezen. Voor het analyseren van het seizoensverloop zijn de maanddebieten gemiddeld over de periode 1967 t/m 1993 gebruikt. In de hieronder volgende paragrafen worden op basis van de jaargemiddelde debieten de belangrijkste aan en afvoer posten behandeld. De basis voor deze analyse zijn de gegevens die in BALANS zijn opgenomen [Gebraad en Sluys Veer, 1995; Projectteam YSBAL03, 1995]

2.2.1 IJsselmeer

Aanvoer

De IJssel is een benedenloop van de Rijn en voert ongeveer 15% van de Rijnafvoer (bij Lobith) naar het IJsselmeer. De Rijn is daarom een belangrijke factor voor zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het water dat het IJsselmeer binnenkomt. Andere bronnen van wateraanvoer zijn de Overijsselse Vecht via het Zwarte Water, neerslag, Randmeren, kwelwater en boezemwater uit de omliggende provincies en de polders. De IJssel de belangrijkste invoerpost (gem >70%). Samen met de afvoer van de Overijsselse Vecht en neerslag is het meer dan 80% van de aanvoer. In het winterhalfjaar wordt de relatieve bijdrage vanuit het Markermeer en de Vecht hoger. De uitslag van de polders heeft in de winter een relatieve bijdrage van circa 9%, terwijl deze zomers minder dan 5% is.

De totale aanvoer naar het IJsselmeer is gemiddeld 470 en 634 m³/s voor respectievelijk zomer en winter. De IJssel is daarin de belangrijkste aanvoerpost voor het IJsselmeer. Dit is ook heel duidelijk te zien in de figuren in bijlage 1. Het gemiddelde debiet van de IJssel ligt tussen de 360 en 420 m³/s voor respectievelijk de zomer en de winter. De hoogste afvoeren komen in de maanden december, januari en februari voor. Gemiddeld is de totale aanvoer naar het IJsselmeer het laagst in de maanden augustus en september, terwijl in de maanden december en januari het meeste water binnenkomt. Het seizoensverloop wordt naast het patroon in de afvoer van IJssel en Vecht bepaald door de spui van uit het Markermeer, en de uitslag van de polders. De hoogste gemeten afvoer van de IJssel is circa 1900 m³/s, voor de Vecht is dat 651 m³/s.

Afvoer

Het grootste gedeelte van het overtollige IJsselmeerwater wordt via de spuisluizen in de Afsluitdijk afgevoerd (68% in de zomer en 95% in de winter). In de zomer zijn naast het spuien via de Afsluitdijk ook het aflaten van

water naar het Markermeer (15%) en verdamping (8%) van belang. De inname in de zomer van water ten behoeve van de waterhuishouding in de omringende polders is circa 8% van het totaal. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit gemiddelden zijn. In droge zomers zal die inname hoger zijn.

De hoeveelheid water die voor drinkwater wordt ingenomen is gemiddeld kleiner dan 0,5 %. In zomer maanden met een lage afvoer neemt dit toe tot 1,5% van het totaal. (gemiddeld is de inname 1,5 m³/s, minimaal 0,5 en maximaal 3 m³/s)

Uit de figuren in bijlage I blijkt hoe dominant de afvoer via de spuisluizen in de Afsluitdijk is. Opvallend is het jaar 1976 waar gedurende de maand juni niet gespuid is naar de Waddenzee. Gedurende die zomer is veel water naar het Markermeer afgelaten.

2.2.2 Markermeer

Het Markermeer en IJsselmeer wisselen water uit via de spuisluizen in de Houtribdijk. 's Winters wordt er voornamelijk water gespuid naar het IJsselmeer. Terwijl ten behoeve van de verziltingsbestrijding 's zomers IJsselmeerwater in het Markermeer wordt ingelaten. Deze doorspoeling bestaat uit het in het zomerhalfjaar inlaten van IJsselmeerwater via de spuisluizen in de Houtribdijk en het aflaten van een gedeelte daarvan op het Noordzeekanaal via de Oranjesluizen bij Schellingwoude en vervolgens wordt gespuid bij IJmuiden.

Aanvoer

In de zomer zijn de belangrijkste aanvoerposten de spuisluizen in de Houtribdijk, neerslag, de Eem en uitslag van Polders. In de winter zijn neerslag, Eem en de uitslag van de Polders het belangrijkste. Via de spuisluizen in de Houtribdijk wordt 's winters circa 15% van de totale hoeveelheid water ingelaten, terwijl dit 's zomers bijna 70% is.

De totale aanvoer van water naar het Markermeer is gemiddeld 103 en 65 m³/s voor zomer en winter. Dit is 20 tot 10 % van de gemiddelde aanvoer naar het IJsselmeer. Wat verder opvalt is dat de aanvoer in de zomer hoger is dan in de winter. Dit komt omdat in de zomer veel IJsselmeerwater wordt ingenomen voor de verziltingsbestrijding. Gedurende de zomers van 1976 en 1977 meer water vanuit het IJsselmeer is ingelaten dan de daarop volgende jaren.

Afvoer

Afvoer van water uit het Markermeer vindt in het zomerhalfjaar voornamelijk plaats via de Oranjesluizen bij Schellingwoude, door verdamping en door inname ten behoeve van de regionale watervoorziening. In het winterhalfjaar wordt veel water naar het IJsselmeer afgelaten (50%), de Oranjesluizen (21%), inname en verdamping zijn de andere belangrijke posten.

Analoog aan de aanvoer van water is de afvoer van water uit het Markermeer in de zomer het hoogst. Na 1982 is de spui naar het Noordzeekanaal afgenomen. Dit komt omdat vanaf dat moment alleen nog Markermeerwater wordt ingenomen in het Noordzeekanaal als het via de spuisluizen bij IJmuiden gespuid kan worden. Voor deze periode werd ook het gemaal ingezet om het ingelaten Markermeerwater te lozen. Gedurende de maanden maart en juni is de afvoer naar het Noordzeekanaal het hoogst. Het aandeel van het gemaal Zeeburg is daarbij seizoensafhankelijk. Via de Vecht wordt in de zomer water vanuit het Markermeer naar het Amsterdam-Rijnkanaal gevoerd.

2.2.3 Veluwemeer/Drontermeer

Aanvoer

De belangrijkste aanvoerposten voor het Veluwemeer/Drontermeer zijn uitslag van de Flevopolders via gemaal Lovink, de beken, andere gemalen, neerslag en kwel. De gemiddelde aanvoer van water naar het Veluwemeer/Drontermeer is circa 6 en 12 m³/s in respectievelijk zomer en winter. In het kader van bestrijding van de algenbloei wordt het Veluwemeer met fosfaatarm water uit Flevoland doorgespoeld. Deze extra toevoer van water gecombineerd met het aflaten via de Roggebotssluis zorgt er voor dat de inhoud van het meer vaker ververst wordt.

Afvoer

De grootste afvoerposten voor het Veluwemeer/Drontermeer zijn spui via de Roggebotssluis en wegzijging gevolgd door spui naar het Wolderwijd en verdamping. Naar verhouding worden verdamping en wegzijging in de zomer groter. Zomers wordt ook minder water via de Roggebotssluis gespuid.

2.2.4 Wolderwijd/Nuldernauw

Aanvoer

Het Wolderwijd ontvangt het grootste gedeelte van het water uit het Veluwemeer en via neerslag. Na 1990 is men in navolging van de doorspoeling van het Veluwemeer ook begonnen met de doorspoeling van het Wolderwijd/Nuldenauw. Water wordt ingelaten via de Hardersluis en met het gemaaltje Knardam.

Afvoer

De belangrijkste afvoerposten zijn spui naar het Markermeer via de Nijkerkersluis, verdamping en wegzijging. Door de toename in het inlaten van Veluwemeerwater neemt na 1990 ook de hoeveelheid water toe die via de Nijkerkersluis wordt gespuid.

2.2.5 Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal

Aanvoer

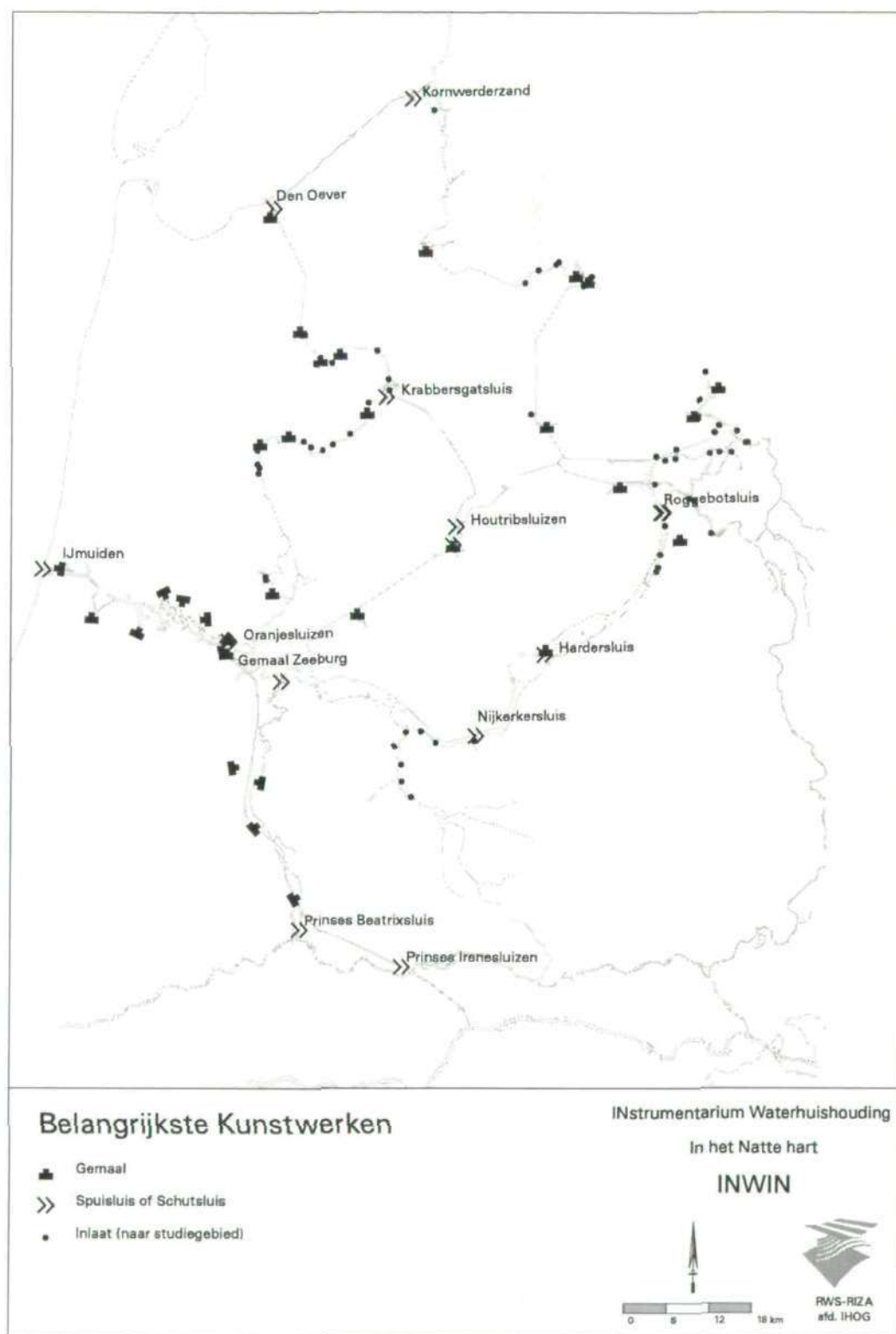
Van het water dat het Amsterdam-Rijnkanaal binnenkomt wordt ongeveer de 40% ingelaten vanuit de Leken bijna 50% komt uit het omringende gebied. Meer dan 90 % van deze aanvoer gaat naar het Noordzeekanaal. Voor het Noordzeekanaal is het water uit het Amsterdam-Rijnkanaal bijna 40% van de totale aanvoer. Een andere belangrijke aanvoerpost is het water afkomstig uit het Markermeer, via de inlaat bij Schellingwoude en het gemaal Zeeburg. Daarnaast wordt er gemiddeld door de gemalen van de omliggende waterschappen ook nog eens bijna 25 % van het totaal aangevoerd. Zowel in de maanddebieten als functie van de tijd als de gemiddelde debieten per maand is geen duidelijke seizoensinvloed te zien. De totale aanvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal varieert tussen 75 en 150 m³/s en ligt in dezelfde orde als de totale aanvoer naar het Markermeer.

Afvoer

Bijna al het water dat op het Noordzeekanaal komt wordt bij IJmuiden naar de Noordzee geloosd. De verhouding tussen de spui en het gemaal is op jaarbasis een factor 2. In het zomerhalfjaar kan meer water worden gespuid en is deze factor gemiddeld 3.

2.3 Boezemwerken

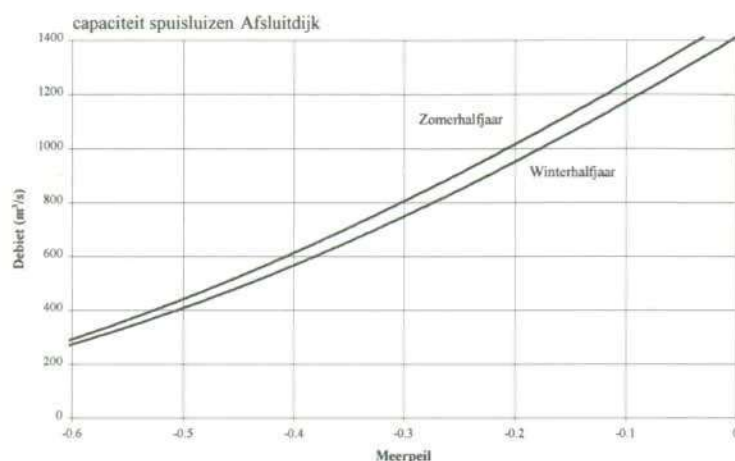
Het waterkwantiteitsbeheer wordt uitgevoerd met boezemwerken. Onder de boezemwerken vallen de spuisluizen, schutsluizen voor de scheepvaart en de gemalen. De schutsluizen worden besproken omdat ze soms ook gebruikt worden als spui- of inlaatsluis. Daarnaast komen ook de bruggen aan de orde. In bijlage II zijn in een aantal afzonderlijke tabellen de karakteristieken van de genoemde werken samengevat. De belangrijkste boezemwerken zullen in de tekst worden behandeld en de locaties zijn in figuur 2-5 weergegeven [Directie Waterhuishouding en Waterbeweging District Noord, 1979; HKV, 1997; Oranjewoud en Waterloopkundig Laboratorium, 1995].



Figuur 2-5 Belangrijkste boezemwerken in het plangebied

Spuisluizen Afsluitdijk

De belangrijkste uitwateringssluizen in het IJsselmeergebied zijn de spuisluizen in de Afsluitdijk. Deze bestaan uit 5 groepen van elk 5 spuiokers. De Stevinssluizen bij Den Oever bestaat uit 3 groepen en de Lorentzsluizen bij Kornwerderzand bestaat uit 2 groepen. De gemiddelde spui capaciteit over een dag is bij een gemiddeld getij en bij een meerpeil van -0.40 m NAP ongeveer 600 m³/s. Bij gelijkblijvend getij neemt de capaciteit sterk toe als het meerpeil stijgt. Hierbij moet worden bedacht het spuien in principe twee maal per dag tijdens laag water op de Waddenzee kan plaats vinden. Het momentane debiet tijdens die korte spuiperiode is dan hoger. In Figuur 2-6 is het gemiddelde spuidebiet als functie van het meerpeil uitgezet voor het zomer- en winterhalfjaar. Door de hogere windsnelheden in de winter is de spui capaciteit in de winter lager dan in de zomer.



Figuur 2-6 Gemiddelde spui capaciteit spuisluizen Afsluitdijk gemodelleerd met Bekken2. Het gemiddelde debiet is berekend over de periode 1951 t/m 1991. Het verschil tussen de gemiddelde capaciteit in de winter en zomer wordt veroorzaakt door een verschil in het windklimaat en daarmee de opwaaiing

Spuisluizen Houtribdijk

De Houtribdijk vormt de scheiding tussen het IJsselmeer en het Markermeer. Door de spuisluizen bij de Houtribsluizen en de Krabbergatsluizen vindt de uitwisseling tussen beide systemen plaats. De breedte van deze spuisluizen is 18 m en daarmee zijn de kokers breder dan de kokers van de spuisluizen in de Afsluitdijk. In totaal zijn 8 kokers, waarvan 6 bij de Houtribsluis, aanwezig. Bij een verval van 10 cm is de totale capaciteit circa 800 m³/s. Voor de scheepvaart zijn er drie schutkolken, waarvan twee bij de Houtribspuisluis. De vrije doorvaart hoogte is +6.1 m NAP. De sluizen in de Houtribdijk maken deel uit van een waterkering en hebben daarom een dubbele waterkering. De spuisluizen hebben twee hefdeuren. In het buitenhoofd van de schutsluis bevindt zich een stel stormdeuren.

Roggebotsluis

De uitwisseling van water tussen het IJsselmeer (Vossemeer) en het Veluwemeer/Drontermeer vindt plaats doormiddel van een spuisluis en een schutsluis. De schutsluis is ontworpen voor een 1350 tons sleepschip: lengte 90 m breedte 10 m en een drempel op -4.50 m NAP. De vrije doorvaart hoogte is +2.5 m NAP. De spuisluis bestaat uit twee kokers met een breedte van 2 m en een drempel op -2.15 m.

Nijkerkersluis

Bij de Nijkerkersluis is een scheiding gemaakt tussen scheepvaart en watertransport. Aan de kant van Gelderland is een schutsluis met dezelfde afmetingen als de Roggebotsluis. Vlak tegen de polder is de spuisluis gemaakt. Deze spuisluis heeft een werkzame natte doorsnee van 150 m² onder NAP. Om de kans op ontgroning te verminderen, is de spuistroom over een grote breedte gespreid. De drempels liggen op slechts -2.5 m NAP. De breedte is 73.5 m, namelijk vier openingen van 15 m met 3 peilers van 4.5 m. Over het zuidelijke sluishoofd en de pijlers loopt een brug. De vrije doorvaart hoogte is +7.0 m NAP.

Knardam

De Knardam is de scheiding tussen het Veluwemeer en het Wolderwijd. Uitwisseling van water vindt plaats door de schutsluis een gemaal. De Hardersluis heeft bij de aanleg een tijdelijk karakter gehad. De dimensionering is kleiner dan de sluisen bij Roggebot en Nijkerk, namelijk een lengte van 65 m, een breedte van 7.5 m en een drempel op -3.5 m NAP. Het was de bedoeling om deze sluis te verwijderen, nadat de het gehele randmeer tot Nijkerk was gevormd. Pas eind 1998 zal waarschijnlijk worden begonnen met maken van de open verbinding tussen het Veluwemeer en het Wolderwijd en het verwijderen van de Hardersluis.

IJmuiden

Het complex te IJmuiden bestaat uit vier schutsluisen een spuisluis en een gemaal. De spuisluis en het gemaal zijn gelegen aan de noordrand van het schutsluisencomplex, tussen de Noordersluis en het Hoogoventerrein. Met behulp van dit spui- en maalcomplex wordt het peilbeheer van het Noordzeekanaal gevoerd. De spuisluizen bestaan uit zeven indentieke betonnen kokers met een totale doorstroomopening van 200 m². De schuiven van de spuisluizen worden pas getrokken bij een waterstandsverschil over de sluis van 12 cm en weer gesloten bij een verschil van 8 cm. In verband met de bodembescherming worden de schuiven in de kokers automatisch afgeregeld op een maximaal debiet van 500 m³/s. Na aanpassing van de bodembescherming voor en achter de spuisluis zal het maximale spuidebiet worden vergroot naar 700 m³/s.

Het gemaal van IJmuiden beschikt over vier elektrisch aangedreven pompen. De maximale capaciteit per pomp bij een opvoerhoogte van 1,20 m bedraagt 40 m³/s, zodat de maximale capaciteit 160 m³/s bedraagt. De maximale opvoerhoogte is 2.3 m.

Het schutsluisencomplex bestaat uit vier schutkolken, de Noordersluis, de Middensluis, de Zuidersluis en de Kleine Kolk. Met de omloopriolen van de Noordersluis kan in het geval van hoogwater water op de Noordzee worden geloosd.

De afvoer van het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal vond tot 1945 plaats met een kleine spuisluis en incidenteel met de omloopriolen van de Noordersluis. In 1945 werd de huidige spuisluis te IJmuiden in gebruik genomen. Hiermee veranderde de spuiopening van 50 m² naar 200 m². De spuisluis was oorspronkelijk afgeregeld op een maximaal debiet van 250 m³/s. Later, na het optreden van enkele hoge binnenwaterstanden, is de toegestane maximale spuicapaciteit in 1959 verhoogd naar circa 500 m³/s. De noodzaak tot het doorspoelen van het Markermeer via de inlaatsluis te Schellingwoude was mede aanleiding tot de bouw van het in 1975 in gebruik genomen gemaal te IJmuiden [Boer, 1993; Boer, 1993].

Oranjesluizencomplex (Schellingwoude)

De verbinding tussen Noordzeekanaal en het IJmeer wordt gevormd door het Oranjesluizencomplex en de Prins Willem Alexandersluis bij Schellingwoude. Het Oranjesluizencomplex bestaat uit drie onderdelen. De Zuider-, Midden en Noorderschutsluis. De inlaat van water vindt plaats via de inlaatsluis zuidelijk van de schutsluisen en de drie zuidelijke maalgangen van het voormalige schepdragemaal, welke zijn omgebouwd tot inlaatsluis. Een van de maalgang is geschikt gemaakt voor visintrek. De capaciteit van de maalgangen samen is bij een verval van 20 cm ongeveer 25 m³/s. De inlaatsluis heeft bij een verval van 20 cm een debiet van ongeveer 45 m³/s.

Zeeburg

Zeeburg, gelegen aan de oostkant van Amsterdam, vormt een verbinding tussen de stadswateren van Amsterdam en het IJmeer. Het gemaal Zeeburg heeft drie pompen met een capaciteit van 13.3 m³/s en één pomp van 16.7 m³/s. De drie pompen met de lagere capaciteit kunnen zowel naar Amsterdam als naar het IJmeer pompen. De pomp met de hogere capaciteit kan alleen naar het IJmeer pompen. Aanvoer naar, of inname uit het IJmeer vindt plaats via een sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal en een voorboezem tussen Zeeburg en de sifon. De sifon bestaat uit drie, met schuiven afsluitbare kokers. De capaciteit van de sifon bedraagt 37 m³/s bij een verval van 0.20 m.

Bij Zeeburg is tevens een keersluis aanwezig waarmee het Amsterdam-Rijnkanaal van het Noordzeekanaal kan worden afgesloten. De doorvaartbreedte en diepte zijn kleiner dan op het Amsterdam-Rijnkanaal.

Naast de genoemde verbindingen tussen het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal met het IJmeer zijn er de Zeesluis bij Muiden en de Ipensloter- en Diemerdamersluis. De Zeesluis bij Muiden verbindt de Vecht met het IJmeer. De sluis bestaat uit drie kolken, waarvan één geschikt is gemaakt als inlaatsluis.

Leksluizen

Naast de aanvoer van het water op het Amsterdam-Rijnkanaal door het schutbedrijf van de Prinses Irenesluizen en de Prinses Beatrixluizen wordt water ingelaten via het waterinlaatsysteem van de sluisen. Het maximale inlaatdebiet waar de scheepvaart nog geen hinder van ondervindt bedraagt 15 m³/s.

Bruggen

Naast de bruggen bij de schutsluizen zijn er in het IJsselmeergebied nog vier verbindingen over het water, namelijk de brug bij Elburg, de Stichtsebrug bij Huizen en de Hollandse brug bij Muiderberg en de Ketelbrug over het Ketelmeer. De doorvaarthoogte is 12.9 m. Het Amsterdam-Rijnkanaal wordt op 27 locaties door bruggen overspannen. Deze bruggen hebben een doorvaarthoogte van 9.1 m boven het waterpeil.

Gemalen

De afwatering van gebieden met lagere peilen naar het plangebied vindt plaats met gemalen. In Tabel 2-3 is een overzicht gegeven van de maximale gemaalcapaciteit die per systeem is geïnstalleerd. De meeste capaciteit staat op het IJsselmeer (circa 500 m³/s) gevolgd door het Markermeer (circa 200 m³/s). Circa 100 gemalen malen water naar het IJsselmeergebied. De totale geïnstalleerde capaciteit van de gemalen die op de Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal-boezem afwateren is circa 265 m³/s. In bijlage II is een overzicht van de belangrijkste gemalen opgenomen. In figuur 2-5 staan de gemalen met een capaciteit van meer dan 10 m³/s weergegeven. De gemalen met de grootste capaciteit staan in het IJsselmeergebied bij de diepe polders en bij Friesland. Daarnaast zijn er voor de afwatering van Rijnland, de Schermerboezem en de Waterlanden gemalen met een capaciteit van meer dan 30 m³/s geplaatst.

Inlaten

Ten behoeve van de regionale watervoorziening wordt water ingelaten vanuit het IJsselmeergebied en het Amsterdam-Rijnkanaal. In het algemeen wordt het water onder vrij verval ingelaten, het peil in het plangebied is hoger dan de omliggende polderpeilen. Voor Friesland zijn dit de inlaten bij Teroelsterkolk en Tacozijl en voor de Schermerboezem de inlaten bij Lutje-Schardam, Schardam en Monnickendam. Vanuit het Markermeer wordt ten behoeve van het doorspoelen van de stadswateren van Amsterdam water ingelaten met het gemaal Zeeburg. Bij Muiden wordt water ingelaten naar de Utrechtse Vecht. Vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal wordt o.a. water ingelaten in de Caspergouwse Weteringen, het Merwede kanaal via het gemaal Jutphaas en door middel van diverse andere (kleinere) inlaten door het Waterschap Leidse Rijn en het Hoogheemraadschap Amstel en Vecht.

Tabel 2-3 Schatting van de geïnstalleerde maximale bemalingscapaciteit.
[Oranjewoud en Waterloopkundig Laboratorium, 1995] [HKV, 1997]

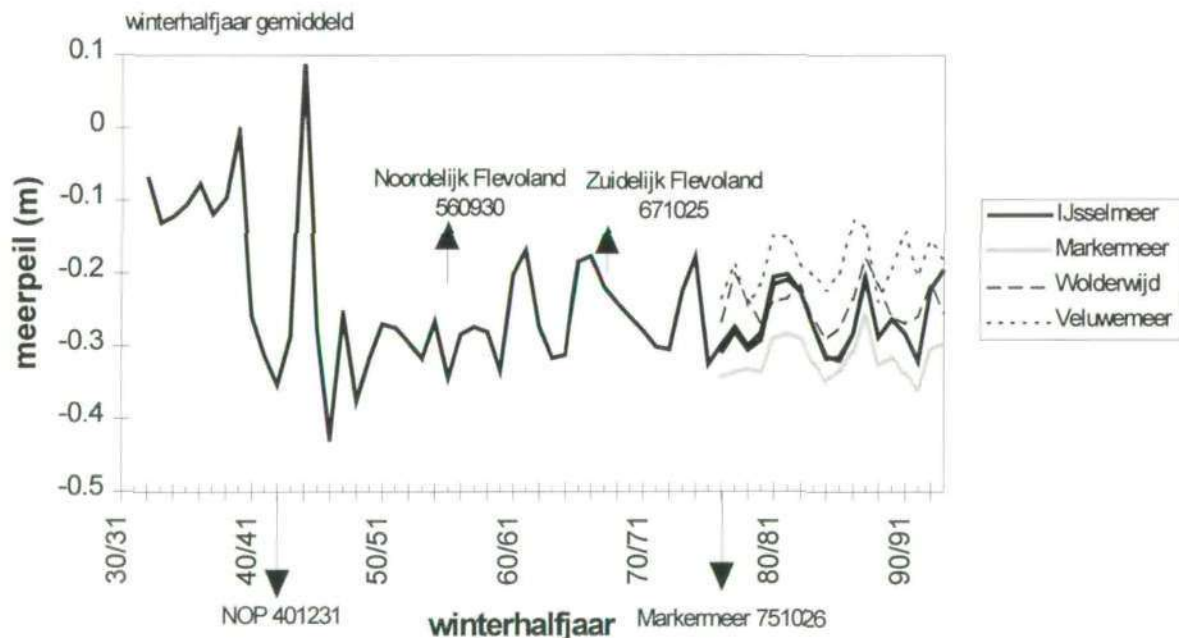
	capaciteit (m ³ /s)
IJsselmeer	501
Markermeer	201
Drontermeer/Veluwemeer	30
Wolderwijd/Nuldernauw	2
Noordzeekanaal	88
Amsterdam-Rijnkanaal	36
Amstelland-West	59
Het IJ	19
Vecht	34
Overig	23
Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal	

2.4 Peilen

Het winterstreefpeil in het IJsselmeer en Markermeer bedraagt -0.4 m NAP en het zomerstreefpeil -0.20 m NAP en zijn voor het laatst in 1992 vastgesteld. Het winterstreefpeil van het IJsselmeer (-0.40 m NAP) is reeds in de Memorie van toelichting van de Zuiderzeewet (1891) aangegeven als toekomstig winterpeil. Daarnaast vermeldt deze toelichting dat het zomerhalfjaar een zoetwatervoorraad wordt aangelegd [Thijssse, 1972]. Door de

aanleg van het IJsselmeer moest de afwatering van het omliggende gebied worden verbeterd. In de tweede helft van de negentiende eeuw lagen de laagwaterstanden op het IJsselmeer tussen -0.20 en -0.30 m NAP. Een winterpeil van -0.40 zou voor de afwatering een verbetering zijn. Een lager peil zou toen niet mogelijk geweest zijn, in verband met de verwachte laagwaterstanden op de Waddenzee. Voor het oppervlak van het IJsselmeer is in het verleden bepaald dat het minimaal ongeveer 1200 km² moest zijn. De overwegingen die hierbij een rol hebben gespeeld hebben te maken met de beheersbaarheid van het meerpeil. Op basis van afvoeren van de IJssel en het maximaal aantal dagen waarop niet geloosd kan worden zijn door Lely dit bepaald [Thijssse, 1972].

Vanaf de sluiting van de Noordoostpolderdijk in 1941 zijn de zomer- en winterstreefpeilen van -0.20 en -0.40 m NAP ingesteld. Vanuit het oogpunt van de landsverdediging is er gedurende 1932 tot 1941 een ander peilbeheer gevoerd. Er moest voldoende water beschikbaar zijn voor militaire onderwaterzetting. Het militair peil komt overeen met de gemiddelde laagwaterstand te Urk (1920). Het gemiddelde wintermeerpeil ligt tussen -0.35 en -0.20 m NAP. Waarbij de laagste waarden tussen 1945 en 1959 voorkomen. Vanaf 1976 zijn in Figuur 2-7 ook de winterhalfjaar gemiddelde meerpeilen van het Markermeer en de randmeren opgenomen. Het gemiddelde peil in het Markermeer is iets lager dan het IJsselmeerpeil. De andere peilen liggen hoger omdat de streefpeilen daar hoger zijn. Het verloop in de tijd is vergelijkbaar met het IJsselmeerpeil. Hogere IJsselmeerpeilen veroorzaken ook hogere peilen in de andere systemen.



Figuur 2-7 Winterhalfjaargemiddelde meerpeilen in het IJsselmeergebied

De overwegingen die een rol hebben gespeeld bij het vaststellen van het huidige winterpeil in het IJsselmeer zijn: een laag streefpeil in verband met veiligheid, laag in verband met afwatering van het landelijk gebied, voldoende hoog boven het laagwater niveau op de Wadden in verband met voldoende spuicapaciteit, voldoende hoog om de minimum vaardiepte voor de scheepvaart te garanderen. Voor de zomersituatie is een hoger peil gekozen ten behoeve van de inlaat van water voor de watervoorziening en doorspoeling. De Veluwerandmeren wateren af op de IJsselmeer- en de Markermeerboezem. Gelet op de samenhang moeten de streefpeilen van deze Veluwerandmeren dan gelijk of hoger dan die van IJsselmeer en Markermeer zijn. Voor de randmeren speelt verder nog mee dat ze een geohydrologische functie hebben, in het tegengaan van de verdroging van het gedeelte van de Veluwe dat aan de randmeren grenst.

Bij aanleg van het Noordzeekanaal tussen 1878-1883 is een streefpeil vastgesteld van -0.50 m NAP. Dit peil kon, bij gebrek aan voldoende beheersingsmiddelen, nooit gehandhaafd worden. Dit is echter voor niemand een probleem geweest. De beheersvoering van andere beheerders is vanaf het begin af afgestemd op het werkelijk optredende waterstanden in het Noordzeekanaal. Na bestudering van de waterstanden op het kanaal van 1983

t/m 1990 is bij het in 1992 genomen peilbesluit aangesloten bij de geldende beheerspraktijk en is het streefpeil vastgesteld op NAP -0.40 m. Dit peil geeft de gemiddelde waterstand aan, die in het kanaal wordt gehandhaafd.

Het streefpeil wordt vergeleken met het zogenaamde meerpeil in het IJsselmeergebied en met het boezempeil in de kanalen. Dit meer- of boezempeil wordt berekend uit de waterstandsmetingen op een aantal locaties, en is een maat voor de hoeveelheid water die zich in het systeem bevindt. In Tabel 2-4 is per systeem aangegeven welke stations worden gebruikt voor de meerpeilbepalen en hoe de weging is.

Tabel 2-4 Waterstandstations en de weging die wordt gebruikt om het meerpeil te berekenen [Gebraad en Sluys Veer, 1995]

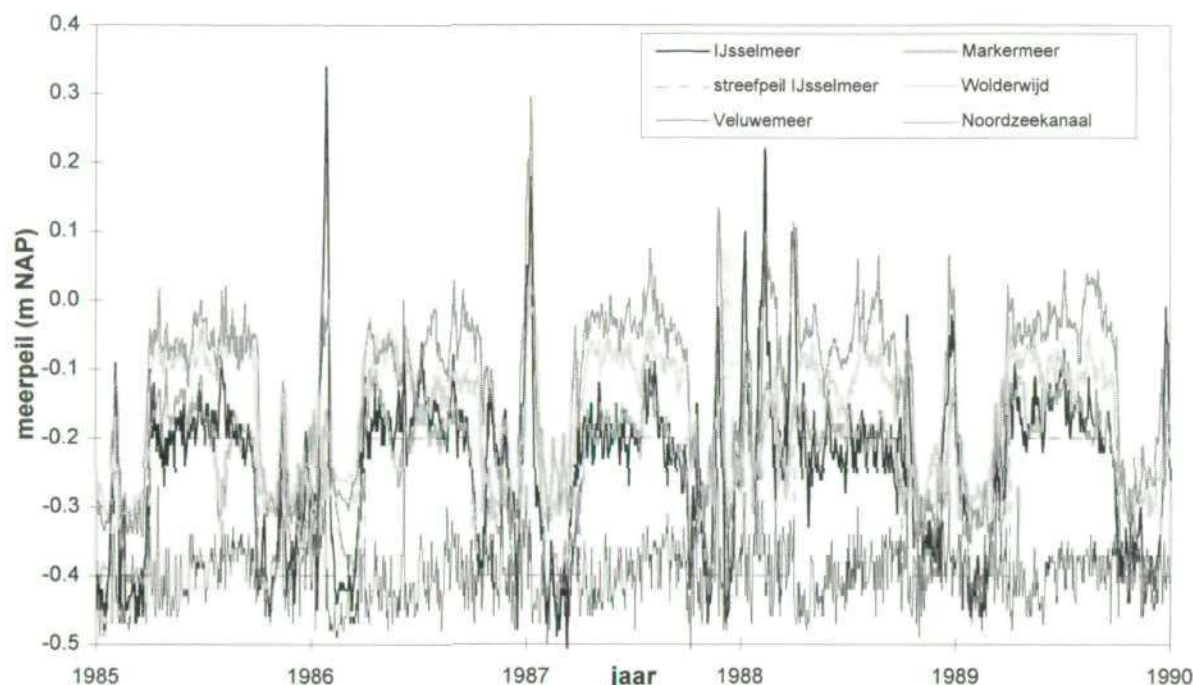
meer	waterstand en weging per stations bepaling meerpeil
Veluwemeer	$0.42 \cdot \text{Elburg} + 0.58 \cdot \text{Haddersluis-Noord}$
Woldewijd	$0.1342 \cdot \text{Nijkerkersluis-Noord} + 0.8659 \cdot \text{Haddersluis-Zuid}$
Nuldenauw	$0.6432 \cdot \text{Nijkerkersluis-Noord} + 0.3658 \cdot \text{Haddersluis-Zuid}$
Markermeer	$0.25 \cdot \text{KrabbersgatZuid} + 0.25 \cdot \text{HoutribZuid} + 0.25 \cdot \text{Edam} + 0.25 \cdot \text{Oranjesluizen}$
IJsselmeer	$0.22 \cdot \text{Den Oever} + 0.30 \cdot \text{Kornwerderzand} + 0.13 \cdot \text{Lemmer} + 0.35 \cdot \text{HoutribNoord}$
Noordzeekanaal	$0.5 \cdot \text{Schellingwoude} + 0.5 \cdot \text{Buitenhuizen}$
Amsterdam-Rijnkanaal	$0.50 \cdot \text{Schellingwoude} + 0.50 \cdot \text{Nieuwegein}$
Drontermeer	$0.56 \cdot \text{Elburg} + 0.44 \cdot \text{Roggebotsluis-Zuid}$

De zomer- en winterpeilen zijn streefpeilen. De opgetreden meerpeilen wijken hiervan af, door verschillen in afvoer van de IJssel en spuiomogelijkheden. In het algemeen zijn de opgetreden peilen hoger dan het streefpeil (tabel 2-5). In Figuur 2-8 zijn de daggemiddelde meerpeilen van de afzonderlijke meren in het IJsselmeergebied weergegeven voor de periode 1985 t/m 1989. Het globale beeld is dat in de zomerperiode de meerpeilen goed in de buurt van de streefpeilen liggen. Dit volgt ook uit het zomerhalfjaar gemiddelde meerpeil dat binnen een aantal cm rond het streefpeil ligt. In het winterhalfjaar zijn de afwijkingen veel groter, waarbij het IJsselmeer de grootste afwijking met het streefpeil heeft. In het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal komt het gemiddelde peil overeen met het streefpeil.

Tabel 2-5 Zomer en winterstreefpeilen en de gemiddelde opgetreden meerpeilen (1976 t/m 1993)

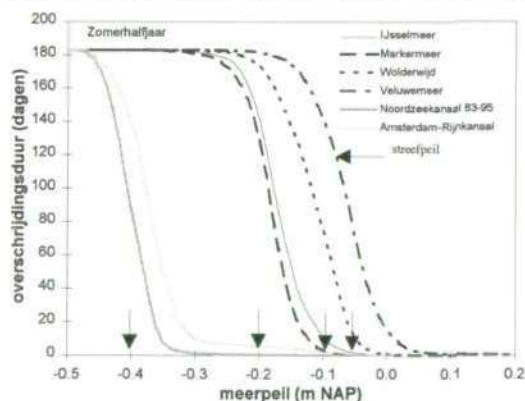
	winterhalfjaar				zomerhalfjaar			
	streefpeil	gem	max	min	streefpeil	gem	max	min ¹
IJsselmeer	-0.40	-0.27	0.34	-0.51	-0.20	-0.17	0.08	-0.31
Markermeer	-0.40	-0.32	0.07	-0.43	-0.20	-0.19	-0.05	-0.33
Veluwemeer	-0.30	-0.19	0.29	-0.49	-0.05	-0.07	0.18	-0.23
Wolderwijd	-0.30	-0.24	0.05	-0.39	-0.10	-0.12	0.06	-0.25
Noordzeekanaal	-0.40	-0.405	-0.19	-0.52	-0.40	-0.402	-0.15	-0.49
Amsterdam-Rijnkanaal	-0.40	-0.38	x	x	-0.40	-0.37	x	x

¹ Het minimum meerpeil is over de maanden mei t/m augustus bepaald. Het meenemen van de maanden april en september geeft een vertekend beeld om dat de overgang naar of van van het winterstreefpeil meespeelt.

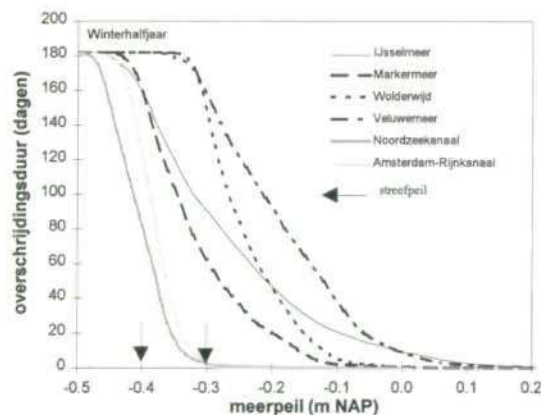


Figuur 2-8 Meerpeilen in het plangebied voor de periode 1985 t/m 1989

De overschrijdingsduur van boezempeilen in combinatie met de frequentie die bij die overschrijding hoort is een gedeelte van de gegevens die worden gebruikt voor het bepalen van de maatgevende kruinhoogte. In en Figuur 2-9 en figuur 2-10 staan de gemiddelde overschrijdingsduur van het meerpeil op basis van metingen over de periode 1976-1993. De gegevens voor het Noordzeekanaal zijn gebaseerd op de periode 1983 t/m 1995 en voor het Amsterdam/Rijnkanaal slechts op basis van één jaar 1990. De overschrijdingsduur is het totaal aantal dagen dat een bepaald niveau wordt overschreden. Dit hoeven dus geen aaneengesloten perioden te zijn.



Figuur 2-9 Overschrijdingsduur meerpeil zomerhalfjaar



Figuur 2-10 Overschrijdingsduur meerpeil winterhalfjaar

Bij de presentatie is een onderscheid gemaakt tussen zomer- en winterhalfjaar, omdat de streefpeilen tussen die perioden verschillen. Uit de figuren met de overschrijdingsduur volgen sterke verschillen tussen zomer en winterperiode en tussen Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal en het IJsselmeergebied. In de zomer is het streefpeil beter te handhaven dan in de winter en de boezempeilen in het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal liggen dichterbij het streefpeil dan in het IJsselmeergebied. Deze verschillen tussen de verschillende systemen volgen ook uit het overzicht met de gemiddelde meerpeilen. Het IJsselmeer wijkt daar het sterkst van het streefpeil af en de afwijking is voor de winter groter dan de zomer. Voor het Noordzeekanaal is het gemiddelde boezempeil gelijk aan het streefpeil. In figuur 2-8 is te zien dat het peil in het Noordzeekanaal zich voornamelijk tussen de waarden -0.55 en -0.30 m NAP bevindt. De lage waarde wordt in de beschouwde periode niet overschreden. Van hoge waterstanden in het Noordzeekanaal wordt gesproken indien de

gemiddelde Noordzeekanaalstand (GNS) -0.32 m NAP of hoger is. In de periode 1983-1995 is die waarde 75 x keer voorgekomen, waarvan 57 keer in het winterhalfjaar. [Boer, 1993]

2.5 Verbliftijd

De verbliftijd van het water in de afzonderlijke systemen hangt af van de aan- en afvoer in relatie tot het volume. De verbliftijd is hier gedefinieerd als:

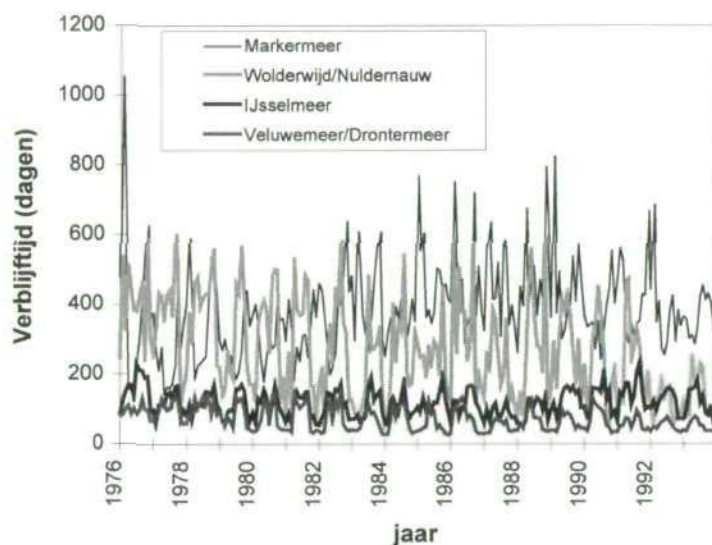
$$\text{verbliftijd} = \frac{2 * \text{volume}}{(Q_{\text{in}} + Q_{\text{uit}})} \text{ (s)}$$

met:

volume = gemiddelde diepte * oppervlak (m³)

Q_{in} = totaal debiet in (m³/s)

Q_{uit} = totaal debiet uit (m³/s)



Figuur 2-11 Verbliftijden op basis van maandgemiddelde debieten in het IJsselmeergebied

Voor de verschillende systemen zijn de karakteristieke verbliftijden in Tabel 2-6 samengevat. In figuur 2-11 zijn de verbliftijden voor de jaren 1976-1993 uitgezet, zodat een beeld gekregen kan worden van de variabiliteit. De verbliftijd is het grootst in het Markermeer en het Wolderwijd/Nuldernauw, waarbij de verbliftijd in het Wolderwijd/Nuldernauw na 1991 sterk afneemt. Deze afname komt doordat meer water vanuit het Veluwemeer naar het Wolderwijd wordt gelaten.

Het IJsselmeer en het Veluwemeer/Drontermeer hebben eind jaren 80 een vergelijkbare verbliftijd. Hierna is de verbliftijd in het Veluwemeer/Drontermeer lager dan die in het IJsselmeer. De verbliftijd van het Wolderwijd/Nuldernauw is na 1991 vergelijkbaar met het IJsselmeer. In het algemeen is de verbliftijd in de zomer groter dan in de winter. Ten gevolge van het gevoerde beheer met betrekking tot het doorspoelen van het Markermeer met IJsselmeerwater in de zomer wijkt het Markermeer soms van dit patroon af.

Tabel 2-6 Overzicht verbliftijden (dagen) op basis van maanddebieten van 1976 t/m 1993

	minimum	maximum	gemiddeld	
			zomer	winter
IJsselmeer	50	234	136	99
Markermeer	119	1053	442	335
Veluwemeer/Drontermeer	30	200	107	69
Wolderwijd/Nuldernauw	41	712	309	219

2.6 Regionale watervoorziening

Ten behoeve van de regionale watervoorziening wordt water vanuit het plangebied ingelaten door waterschappen en drinkwaterbedrijven. Voor de watervoorziening van Friesland, Drente en Groningen wordt IJsselmeerwater ingenomen. Ten behoeve van de drinkwatervoorziening wordt bij Andijk water ingelaten. Daarnaast wordt IJsselmeerwater ingelaten in de Noordoostpolder. Noord-Holland neemt het meeste water vanuit het Markermeer in. In principe mag voor de watervoorziening van Noord-Holland ook water vanuit het IJsselmeer worden ingelaten. Deze hoeveelheid is kleiner dan de vanuit het Markermeer ingelaten hoeveelheid. Hiernaast wordt vanuit het Markermeer water ingelaten in de Vecht (bij Muiden) en via het gemaal Zeeburg in de stadswateren van Amsterdam. In het Amsterdam-Rijnkanaal zijn naast twee inname punten voor drinkwater inlaten ten behoeve van de watervoorziening van het omliggende gebied. [Anonymous, 1992a; Anonymous, 1992b; Anonymous, 1992c; Anonymous, 1994; Anonymous, 1996a; Anonymous, 1996b]

In de waterakkoorden staan afspraken met betrekking tot deze watervoorziening vanuit en de afwatering op het plangebied. Het gaat hierbij om de levering onder normale omstandigheden. Beperking van de afgesproken hoeveelheden kunnen van kracht worden als er sprake is van een droogtesituatie. In Tabel 2-7 zijn de per gebied de afspraken volgens de waterakkoorden weergegeven. Voor een drietal jaren zijn voor de zomerperiode de ingelaten hoeveelheden op een rij gezet. De drie gekozen jaren zijn 1976, 1986 en 1993. Waarbij 1976 een droog jaar is, 1986 gemiddeld en 1993 nat is. In de tabel 2-8 staan de jaarsommen voor neerslag en verdamping. In tabel 2-9 staan de gemiddelde zomer- en winterhalfjaar debieten, het maximum maanddebiet en het maximum dagdebiet voor de genoemde jaren. Het blijkt dat er op dagbasis wel eens meer wordt onttrokken dan volgens het waterakkoord is toegestaan. Echter op maandbasis liggen de onttrekkingen bijna altijd onder het de waarden van het waterakkoord. Waarbij de gemiddelde zomerhalfjaar debieten naar de stadswateren van Amsterdam en de Utrechtse Vecht dicht tegen de afgesproken hoeveelheden aanzitten. In figuur 2-12 en 2-13 en zijn voor de periode 1976 t/m 1993 de maandgemiddelde debieten, die betrekking hebben op de inname van water uit het plangebied weergegeven. De grootste waterinname vanuit het IJsselmeer vindt plaats door het Waterschap Friesland gedurende het zomerhalfjaar. Gedurende de droge zomer van 1976 is deze het grootst. Gemiddeld wordt zomers 14 m³/s ingelaten. De onttrekking ten behoeve van het drinkwater is in de periode van 1976 tot nu gestegen tot ongeveer 2.5 m³/s. De inname voor het doorspoelen van de stadsboezem van Amsterdam is afgenomen ten opzichte van 1976.

Tabel 2-7 De volgens de verschillende waterakkoorden maximale inlaatdebieten

	<i>inlaatdebiet waterakkoord(m³/s)</i>
<i>Noord-Holland</i>	
Schermerboezem	34.6
Overig ten noorden van Noordzeekanaal	20.3
Utrechtse Vecht	7.5
Amsterdam (gemaal zeeburg)	9.0
overig ten zuiden van Noordzeekanaal	
<i>Flevoland</i>	10.
<i>Friesland</i>	
Watervoorziening	76.6
doorspoeling	18.6
<i>Drenthe</i>	
Meppelerdiep	13.4
<i>Amsterdam-Rijnkanaal</i>	
WS Kromme Rijn	5
WS Leidsche Rijn	2.15
HHRS Amstel en vecht	4.2
Gem Utrecht	6
Kleinschalige waterinlaat Midden Nederland	7
Jutphaas (Doorslag)	6
<i>Drinkwaterinname</i>	
IJsselmeer	3.5
Amsterdam-Rijnkanaal	13

Tabel 2-8 Jaarsom neerslag en openwaterverdamping. Het gemiddelde is over de periode 1976 t/m 1993

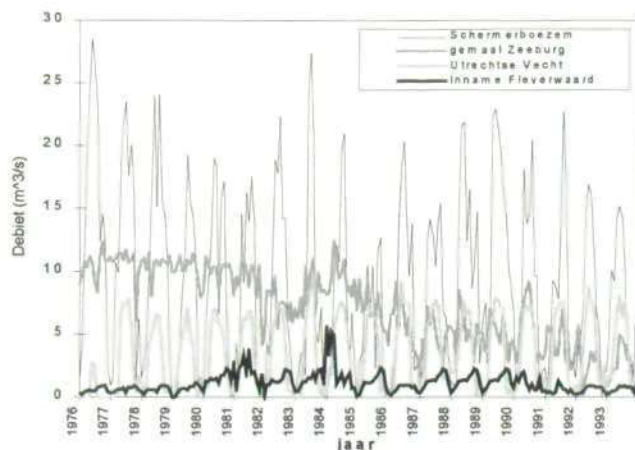
	gemiddeld	1976	1986	1993
	mm	mm	mm	mm
neerslag	784	498	767	904
openwaterverdamping	652	762	644	611

Tabel 2-9 Gedurende de zomers van 1976, 1986 en 1993 opgegeven inname van water. Weergegeven zijn het gemiddelde debiet (gem) het maximum maandgemiddelde debiet (mm) en het maximum dagdebiet over de zomerperiode

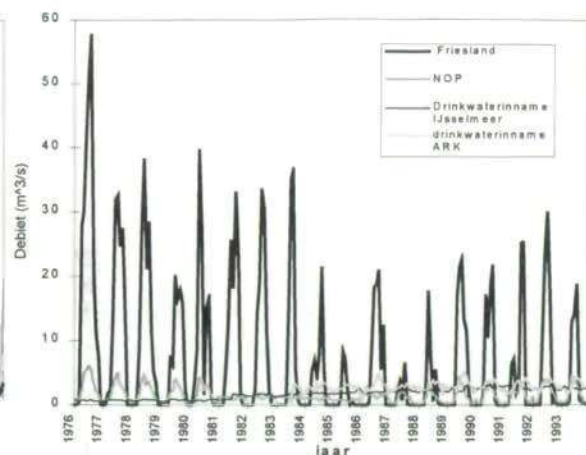
	1976			1986			1993		
	gem	mm	dm	gem	mm	dm	gem	mm	dm
<i>Markermeer naar Noord-Holland</i>									
Schermerboezem	22.4	28.4	37.8	13.7	20.3	31.7	11.2	15.1	25.4
Utrechtse Vecht	0.8	2.6	5.7	7.1	9.1	11.7	6.5	8.1	9.5
Amsterdam (gemaal zeeburg)	10.4	11.1	17.5	7.0	9.1	14.3	3.6	4.9	10.7
<i>IJsselmeer en/of Markermeer</i>									
Flevoland	0.7	0.9	-	0.8	0.9	-	0.9	0.9	-
<i>IJsselmeer</i>									
Friesland	38.3	57.8	80.8	12.2	21.4	55.0	7.8	18.6	61.8
NOP	4.5	5.9	-	1.3	1.5	-	2.7	4.4	5.0
<i>drinkwaterinname</i>									
IJsselmeer	0.7	0.7	-	1.9	2.0	-	2.4	2.5	2.7
Amsterdam-Rijnkanaal	-	-	-	3.5	4.8	5.4	3.2	4.1	4.9

Droge zomers

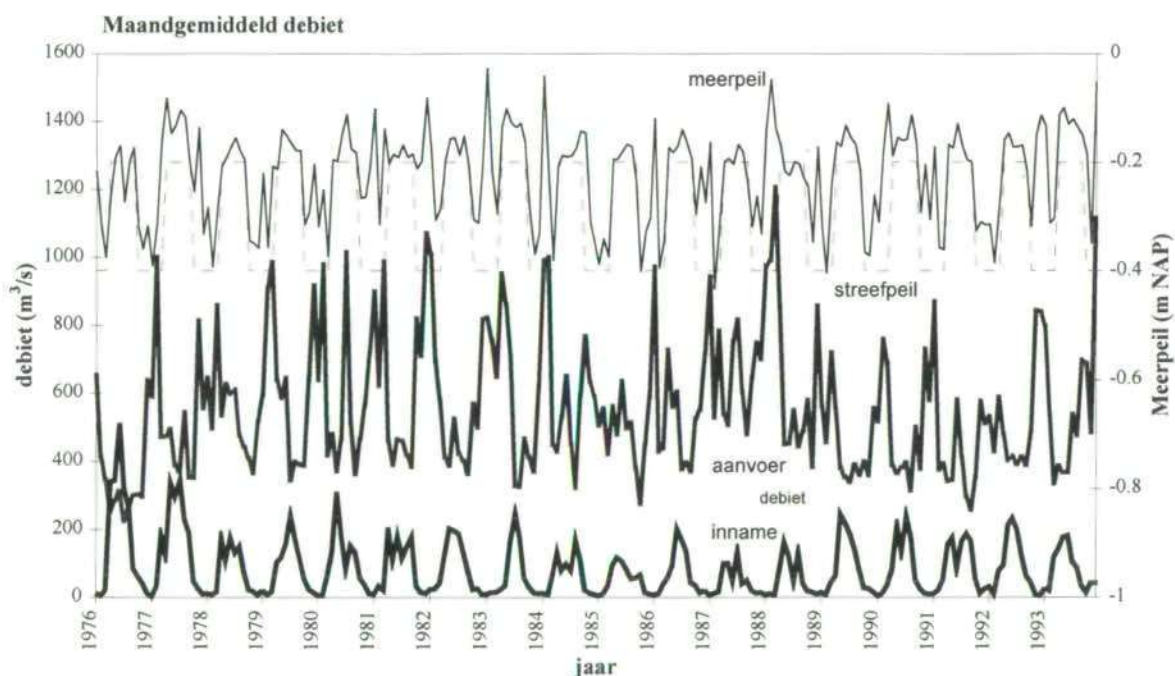
Met betrekking tot de vraag of er in een droge zomer voldoende water beschikbaar is om aan de vraag te voldoen wordt hier in gegaan op de vraag of het zomerpeil gehandhaafd kan worden. Hierbij moet worden bedacht dat in een droge zomer met oostenwind de waterstand bij de inlaatpunten bij Friesland lager is dan het streefpeil. Dit gecombineerd met een opwaaiing in de Friese Boezem geeft een kleiner verval en een lagere inlaatcapaciteiten. De vraag of het streefpeil gehandhaafd kan worden wordt hier geanalyseerd met maandgemiddelde debieten. De vraag of de inlaatcapaciteit voldoende is moet op een veel kleinere tijdschaal worden geanalyseerd, waarbij naast het meerpeil de opwaaiing en de gewenste hoeveelheden meespelen. Voor de periode 1976 t/m 1993 zijn het totale maandgemiddelde debiet naar het IJsselmeer en het totaal van de inname plus de verdamping uit het IJsselmeer uitgezet. De inname van water uit het IJsselmeer bevat ook het water dat door het Markermeer wordt ingenomen. Het verschil tussen aanvoer en inname wordt naar de Waddenzee gespuid. Uit figuur 2.14 volgt dat alleen in het droge jaar 1976 meer water uit het IJsselmeer is onttrokken dan is aangevoerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de jaren 1976 en 1977 meer water door het Markermeer is ingelaten dan de daarop volgende jaren. Door het tekort aan water zakt het meerpeil in 1976 onder het streefpeil. In de andere jaren blijft het meerpeil boven het streefpeil, aangezien de aanvoer groter is dan de inname.



Figuur 2-12 Maandgemiddelde debieten (m^3/s) inname vanuit Markermeer



Figuur 2-13 Maandgemiddelde debieten (m^3/s) inname vanuit IJsselmeer en inname van drinkwater

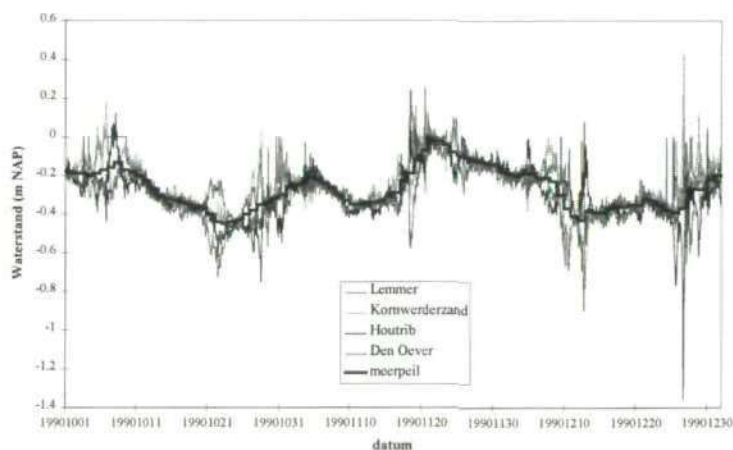


Figuur 2-14 Totale aanvoer- en innamedebiet IJsselmeer. Het aanvoerdebiet bestaat uit IJssel, Vecht en neerslag. Het innamedebiet bestaat uit de inname ten behoeven van het omliggende gebied, de inlaat door het Markermeer en de hoeveelheid water die wordt ingenomen voor drinkwater. Tevens is bij de inname ook de verdamping uit het IJsselmeer meegenomen

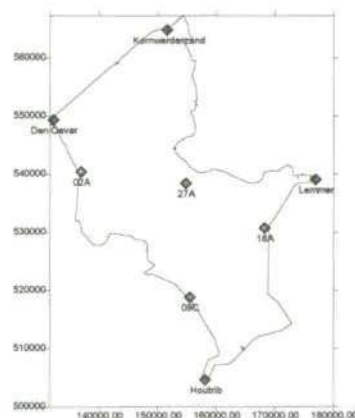
2.7 Hydraulica

Wind is de drijvende kracht achter de processen als scheefstand, golven en stroming in de meren. De windinvloed is in de kanalen van gering belang. In het Amsterdam-Rijnkanaal is alleen bij noordwesten wind sprake van scheefstand door opwaaiing. De stroomsnelheid wordt in de kanalen bepaald door de spui bij IJmuiden en is bij een maximale spui ongeveer 0,15 m/s [HKV, 1997]. De stroomsnelheid in het IJsselmeer wordt door de spui slechts lokaal, enkele km, beïnvloed. Voor het overige wordt de stroming in de meren bepaald door de wind. De stroomsnelheden veroorzaakt door wind kunnen één tot enkele procenten van de boven het water aanwezige windsnelheid bedragen, gemiddeld circa 5 à 10 cm/s, bij een windsnelheid van 5 m/s.

De scheefstand wordt gekarakteriseerd door een waterstandsverhoging en -verlaging door respectievelijk op- en afwaaiing. De waterstand wordt lokaal bepaald door het meerpeil, een maat voor de hoeveelheid water in het bekken, en de op- en afwaaiing door wind. In figuur 2-15 is voor de stations in het IJsselmeer, die worden gebruikt om het meerpeil te bepalen, de waterstand weergegeven. De dynamiek in de waterstand, bepaald door de wind, is veel groter dan de dynamiek in het meerpeil, waarbij het waterstandsverloop op veel kortere tijdschaal plaatsvindt dan het verloop van het meerpeil. De scheefstand is bij windsnelheden onder de 10 m/s gering (<0.1-0.2 m). Bij een windsnelheid van 20 m/s is in het IJsselmeer de opwaaiing maximaal 1 m, terwijl dit voor het Markermeer ongeveer 0.8 m is. Op de Randmeren zal door de kortere stijklengte de opwaaiing kleiner zijn dan op het IJsselmeer.



Figuur 2-15 Verloop van de waterstand op 4 stations in het IJsselmeer gedurende het vierde kwartaal van 1990. Het meerpeil, een maat voor de hoeveelheid water in het meer, wordt via een gewogen middeling bepaald uit de waterstand op deze vier stations



Figuur 2-16 Locaties waterstandstation die gebruikt worden voor de meerpeilbepaling in het IJsselmeer en de locaties (codes) voor Tabel 2-11.

2.7.1 Waterstand

De waterstand op bepaalde locaties wordt bepaald door de gemiddelde hoeveelheid water in het meer, het zogenaamde meer- of boezempeil, en de op- en afwaaiing ten gevolge van wind. Lokaal kan de waterstand hierdoor nogal verschillen van het meerpeil. In de onderstaande tabel 2-10 is op een aantal locaties voor het IJsselmeergebied de invloed van wind op de opwaaiing weergegeven.

De eenvoudige benadering van de opwaaiing is te beschrijven met de volgende formule:

$$s = \alpha u^2 l \cos(\phi) / h \quad (1)$$

s = opwaaiing (m)

l = lengte (m)

$\alpha = 0.40 \cdot 10^{-6} - 0.2 \cdot 10^{-6} \text{ (s/m)}$

u = windsnelheid

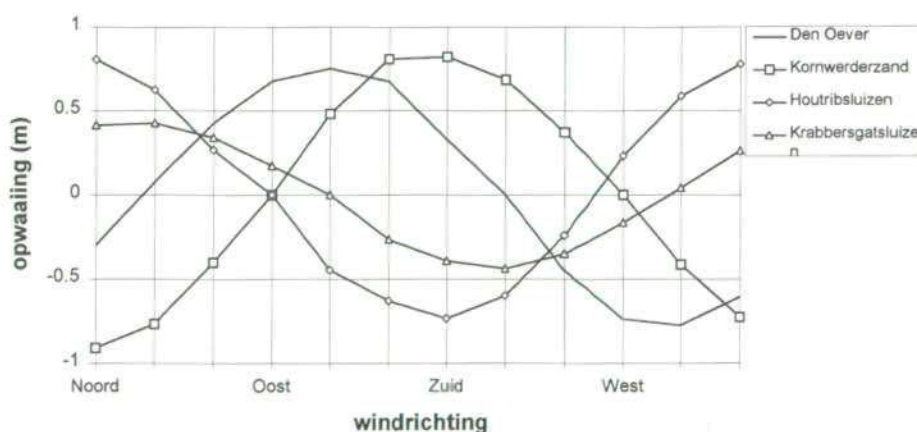
ϕ = de hoek die de richting van de wind maakt met de lengte as van het betrokken gebied
 h = gemiddelde diepte van betrokken gebied (m)

Tabel 2-10 Schatting van de maximale opwaaiing (m) op basis van formule 1, voor punten met een maximale stijklengte.

windsnelheid (m/s)	Diepte (m)	lengte (km)	5	10	15	20	25	30
IJsselmeer	4.5	50	0.06	0.22	0.50	0.89	1.39	2.00
Markermeer	3.5	30	0.04	0.17	0.39	0.69	1.07	1.54
Veluwemeer	1.4	10	0.04	0.14	0.32	0.57	0.89	1.29
Wolderwijd	1.8	10	0.03	0.11	0.25	0.44	0.69	1.00
Amsterdam- Rijnkanaal	6	20	0.02	0.07	0.15	0.27	0.42	0.6
Noordzeekanaal	14	28	0.01	0.04	0.09	0.16	0.25	0.39

De opzet is dus evenredig met de lengte, de windsnelheid in het kwadraat en het is omgekeerd evenredig met de diepte. Dus hoe dieper het meer of kanaal hoe minder opwaaiing.

Voor het IJsselmeer zijn in het kader van het onderzoek naar de Maatgevende Hydraulisch Belastingniveau WAQUA berekeningen uitgevoerd. De resultaten van deze berekeningen zijn voor een groot aantal punten langs de rand van het IJsselmeer opgeslagen in een database. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een aantal windrichtingen in stappen van 30° en voor een aantal windsnelheden. Met behulp van zogenaamde reprofuncties [Beyer en Blaakman, 1997] zijn voor ander meerpeilen en windsnelheden de opwaaiing te berekenen. In het model Bekken2 worden deze reprofuncties gebruikt voor het berekenen van de waterstanden bij de spuilsuizen. In Figuur 2-17 zijn voor vier locaties in het IJsselmeer de opwaaiing weergegeven voor een windsnelheid van 20 m/s en een meerpeil van -0,40 m NAP. Het blijkt dat de opwaaiing het hoogst is als de stijklengte groot is, zoals voor de twee locaties bij de Afsluitdijk en bij de Houtribsluizen. Bij de Krabbegatsluizen is de opwaaiing ongeveer de helft van die op de drie andere locaties, omdat daar de stijklengte kleiner is. De maximale waarden komen goed overeen met de getallen uit Tabel 2-10.



Figuur 2-17 Locale waterstand als functie van de windrichting op 4 plaatsen op het IJsselmeer bij 20 m/s berekend met WAQUA

2.7.2 Golven

Wind geïnduceerde golven in meren zijn verantwoordelijk voor resuspensie van bodemmateriaal, daarnaast zijn golven belangrijk bij het bepalen van de hydraulische belasting voor het ontwerp van een dijk. Wind geïnduceerde golven, gekarakteriseerd door een golfhoogte en een golfperiode, nemen toe met de windsnelheid en de stijklengte. Ondieper water zorgt voor kleinere golven. In het IJsselmeer is de golfhoogte bij maximale strijklengte ongeveer 0.3, 0.8 en 1.5 m bij windsnelheden van respectievelijk 5, 10 en 20 m/s. De locale bodemligging is van belang voor de golven, waardoor de locale verschillen ontstaan. De golven in het IJsselmeer en Markermeer zijn vergelijkbaar, terwijl door de lagere strijklengte en het ondieper zijn de golven in de Randmeren kleiner zijn. Voor het IJsselmeer zijn met HISWA golfberekeningen uitgevoerd. De resultaten van deze berekeningen zijn opgeslagen in de database van HYDRA_M. Voor vier locaties rond het IJsselmeer zijn in Tabel 2-11 de golfhoogte en de golfperiode weergegeven. De gegevens zijn per locatie weergegeven voor de windrichting met de hoogste opwaaiing. De locaties zijn weergegeven in Figuur 2-16.

Tabel 2-11 Opwaaiing, golfhoogte en -periode voor vier locatie in het IJsselmeer. De waarden zijn berekend met de reprofuncties uit HYDRA_M. De reprofuncties zijn gebaseerd op WAQUA en HISWA berekeningen. De berekening is uitgevoerd voor een meerpeil = -0.4 m NAP. De gekozen windrichting komt overeen met de windrichting met de hoogste opwaaiing

locatie	windrichting (°)	windsnelheid (m/s)	opwaaiing (m)	significante golfhoogte (m)	piekperiode (s)
02A	90	5	.07	0.2	2.0
02A	90	10	.24	1.1	4.7
02A	90	20	.48	1.3	5.0
09C	0	5	.08	0.2	2.1
09C	0	10	.26	0.8	4.1
09C	0	20	.53	0.9	4.4
18A	300	5	.06	0.2	2.2
18A	300	10	.20	1.1	4.8
18A	300	20	.43	1.4	5.1
27A	180	5	.06	0.2	2.8
27A	180	10	.20	0.9	4.4
27A	180	20	.43	1.1	4.8

3. Parameters

Veranderingen in de waterhuishoudkundige-randvoorwaarden, zoals infrastructuur of beheersregels hebben gevolgen voor het meerpeil, verblijftijd, waterverdeling en spuiarakteristieken en op de hydraulische parameters golven en scheefstand. Deze veranderingen liggen weer aan de basis van veranderingen in systeemeigenschappen en functies. Aangezien voor de beschrijving van de waterverdeling binnen het plangebied een waterbalansmodel van het gehele plangebied nodig is wordt dit punt hier nu niet meegenomen. Het waterbalansmodel dat momenteel beschikbaar is werkt alleen voor het IJsselmeer. De analyse van de gevoeligheid heeft dan ook voornamelijk betrekking op het IJsselmeer. De gevoeligheid van het meerpeil en de verblijftijd, voor veranderingen in aan- en afvoer en bergend oppervlak en steefpeil is beschreven. Daarnaast zijn de parameters beschreven die veranderen als het meerpeil wijzigt, zoals golven en opwaaiing. De effecten van een hoger zomerpeil in het IJsselmeer zijn na de droge zomer van 1976 onderzocht [Werkgroep peilverhoging IJsselmeer, 1980a; Werkgroep peilverhoging IJsselmeer, 1980b; Werkgroep peilverhoging IJsselmeer, 1980c]. Daarnaast is in het kader van de mogelijke aanleg van de Markerwaard ook een studie uitgevoerd naar de waterhuishouding [Middelburg et al., 1976].

3.1 meerpeil

In het IJsselmeergebied is het meerpeil van het IJsselmeer bepalend voor de het peil in de het Markermeer en de Randmeren, omdat die systemen op het IJsselmeer afwateren. Voor de gevoeligheid is daarom in eerste instantie alleen naar de waterhuishoudkundige effecten op het IJsselmeerpeil gekeken. Niet elk systeem is even gevoelig voor de aanvoer, en bij elk systeem zijn weer andere posten (rivierafvoer, spui, neerslag en verdamping) belangrijk. Het IJsselmeer zelf is vooral gevoelig voor veranderingen in IJssel- en Vechtafvoer, aangezien die het grootste gedeelte van de aanvoer bepalen.

Bepalend voor het functioneren van de waterhuishouding in het IJsselmeergebied is de aanvoer in relatie tot de maximaal mogelijk afvoer via de spuisluizen in de Afsluitdijk in de winter. In de winter is de aanvoer gemiddeld hoger dan de maximale afvoercapaciteit bij een meerpeil gelijk aan het streefpeil. Het gevolg is dat het gemiddelde meerpeil dus boven het streefpeil ligt, Tabel 2-5. Toename van de aanvoer, maar zeker ook stijging van de zeespiegel, zullen resulteren in een hoger meerpeil. Aangezien de andere boezems in het IJsselmeergebied afwateren op het IJsselmeer, zal deze stijging ook daar optreden. Het meerpeil in het IJsselmeer wordt in de huidige situatie in de winter bepaald door de spuicapaciteit en in de zomer door het streefpeil. Voor de op het IJsselmeer afwaterende systemen, zoals Markermeer en Veluwemeer, wordt het meerpeil bepaald door de mogelijkheid om naar het IJsselmeer te spuien, dus door het meerpeil van het IJsselmeer.

Het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal onderscheidt zich van het IJsselmeergebied doordat naast de spui ook water naar de Noordzee wordt gemalen. In de zomer wordt 2/3 gespuid terwijl in de winter 2/3 van de totale afvoer wordt gemalen. Het boezempeil wordt dus bepaald door het streefpeil. Voor het Noordzeekanaal zal een verandering in de *aanvoer* resulteren in het vaker inzetten van het gemaal, gevolgen voor de waterstand blijven dan in eerste instantie nog uit.

Verandering in de *wateraanvoer* zal vooral in de winter effect hebben op het IJsselmeerpeil, en op het peil van de daarop afwaterende systemen. Meer aanvoer geeft hogere meerpeilen. Lagere aanvoer zal leiden tot een meerpeil dat dicht bij het streefpeil komt. Een stijging of daling van de aanvoer naar het IJsselmeer van circa 200 m³/s heeft een stijging, respectievelijk daling van het gemiddelde meerpeil van 10 cm ten gevolg. Op basis van de centrale schatting van de temperatuurstijging (+1°C) ten gevolge van klimaatverandering wordt een toename van de winterafvoer van ongeveer 10% verwacht. De maximale afvoer van de IJssel is ongeveer 2000 m³/s.

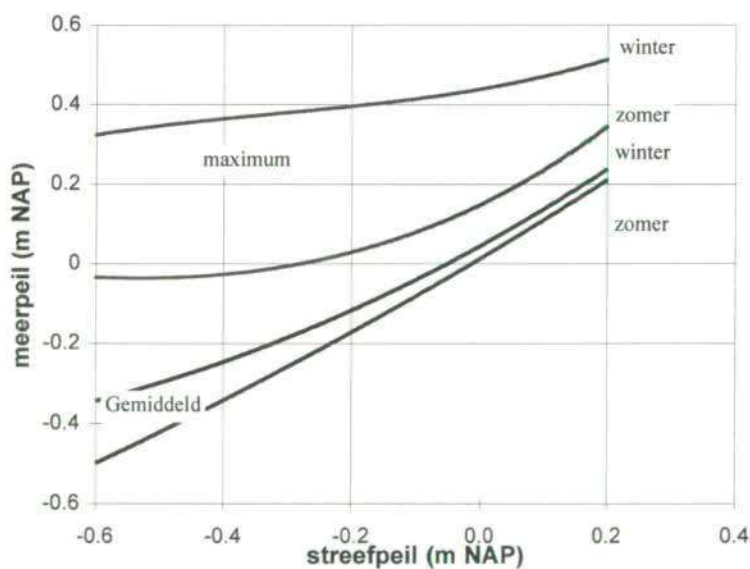
In de zomerperiode is door het hogere peil de spuicapaciteit hoger. De gemiddelde spuicapaciteit is dan circa 1000 m³/s terwijl er zomers een gemiddeld debiet van 470 m³/s wordt afgevoerd. Een hogere aanvoer zal daarom weinig effect hebben op het gemiddelde *zomermeerpeil*. Een lagere aanvoer in combinatie met een grotere watervraag van het landelijk gebied zou tot een daling van het meerpeil onder het streefpeil in het IJsselmeer kunnen lijden. Analyse op basis van maandgemiddelden geeft aan dat onder de huidige zomersituatie geen

watertekort in het IJsselmeer is opgetreden. Verlaging van de zomeraanvoer met 10%, klimaatscenario +1°C, geeft niet direct aanleiding tot een tekort. De perioden waar een mogelijk tekort kan optreden zijn meestal niet langer dan een maand.

Veranderingen in neerslag en verdamping zijn van het IJsselmeer van ondergeschikt belang, alleen verandering in de afvoer van IJssel en Vecht heeft effect op het meerpeil.

Veranderingen in de *spuicapaciteit* van de spuisluizen in de Afsluitdijk en bij IJmuiden zal invloed hebben op het meerpeil. Het vergroten van de spuicapaciteit door het vermeerderen van het aantal spuiokers zal er in de winter voor zorgen dat het meerpeil dicht bij het streefpeil komt. Het gemiddelde peil zakt en de extremen worden lager. In de zomer is bij het huidige streefpeil weinig effect op het meerpeil van deze vergroting van de spuicapaciteit te verwachten, omdat er nu reeds voldoende capaciteit is. In het Noordzeekanaal zal vergroting van de spuicapaciteit een grotere beheersing van het boezempeil geven. Als kanttekening bij het vergroten van het aantal spuiokers dient te worden opgemerkt dat het niet in alle situaties tot lagere extreme peilen zal leiden. In situaties waar nu door hoge buitenwaterstanden niet gespuid kan worden zullen extra spuiokers geen extra capaciteit leveren. Na een extreem zal wel weer sneller het gemiddelde worden bereikt

Een verandering van het *streefpeil* in het IJsselmeer heeft in principe een verandering van het meerpeil tot gevolg. Met de verandering van het streefpeil wordt ook de spuicapaciteit beïnvloed. Verhoging van het streefpeil geeft een hoger gemiddeld meerpeil met daaraan gekoppeld betere mogelijkheden om het streefpeil te handhaven. Verlaging van het streefpeil geeft een verlaging van de spuicapaciteit. De vraag is of, in de winterperiode, degelijke lage streefpeilen te realiseren zijn. Met het model Bekken2 [Slikke, 1996] zijn voor een reeks van streefpeilen voor zowel de winter- als de zomerperiode globaal de effecten op het gemiddelde meerpeil bepaald. In Figuur 3-1 is het berekende gemiddelde meerpeil uitgezet tegen het streefpeil. Het gemiddelde meerpeil is gedurende het winter- en zomerhalfjaar altijd hoger dan het streefpeil. Het verschil tussen streefpeil en gemiddeld meerpeil is het hoogst in de winter en voor lage streefpeilen. Het gemiddeld meerpeil ligt voor de streefpeilen rond NAP dicht in de buurt van het streefpeil. De maxima zijn in de winter hoger dan in de zomer. Het maximale meerpeil neemt toe als het streefpeil hoger wordt. De toename van het maximum meerpeil in de winter is minder sterk dan de toename van het gemiddelde meerpeil.



Figuur 3-1 Gemiddeld meerpeil in het IJsselmeer voor verschillende streefpeilen voor winter en zomerhalfjaar. De berekening is uitgevoerd met Bekken_2.

Op basis van deze berekeningen lijkt verlaging van het meerpeil door een lager winterstreefpeil met de huidige infrastructuur nauwelijks mogelijk. De verlaging zal namelijk nauwelijks gevolgen hebben voor het uiteindelijke meerpeil, dat slechts weinig zal afwijken van de huidige situatie. Vooral in situaties met hogere IJsselafoeren zal er nauwelijks verschil in het uiteindelijke meerpeil zijn tussen een streefpeil tussen -0.60 en -0.20 m NAP.

Lagere zomerpeilen dan het huidige zijn wel te realiseren doordat er minder water wordt aangevoerd en de lozingssituatie bij de Afsluitdijk iets gunstiger is. De periodes dat het meerpeil dichtbij of op het streefpeil zit zijn echter beperkt en van korte duur. Verhoging van het streefpeil levert een nauwere band waarbinnen de meerpeilen zich bevinden. Het systeem wordt dan beter beheersbaar.

Bij deze berekeningen is geen rekening gehouden met de gevolgen van klimaatverandering, de verwachte zeespiegelstijging geeft een beperking van de spuicapaciteit. Klimaatverandering hebben daardoor hogere meerpeilen tot gevolg.

Een groot *waterbergend oppervlak* zoals het IJsselmeer geeft de mogelijkheid om een grote aanvoer van water op te vangen met slechts een relatief kleine stijging van het meerpeil als er niet gespuid kan worden. Verkleining van dit oppervlak geeft aanleiding tot hogere meerpeilen en een sneller stijgen van het meerpeil, terwijl vergroten van het oppervlak de pieken juist dempt. Het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal is met zijn relatief kleine oppervlak ten opzichte van de instroom gevoelig voor verandering in het bergend oppervlak. Pieken in het meerpeil kunnen worden gedempt door het groter maken van het oppervlak, waardoor een langere periode van gestremde lozing kan worden overbrugd. Op de laatste rij in Tabel 2-2 staat de hoeveelheid waterschijf in het betreffende systeem dat overeenkomt met de gemiddelde afvoer. Dit getal geeft inzicht in de gevoeligheid van het meerpeil voor veranderingen in de aan-of afvoer en het oppervlak van het systeem. De grootste dagelijkse fluctuaties in het boezempeil komen voor in het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal, waar gemiddeld per dag een waterschijf van circa 20 cm moet worden gespuid. In het IJsselmeer moet gemiddeld per dag in de winter 5 cm waterschijf worden gespuid. Verhoging van de aanvoer werkt evenredig door in de waterschijf. Analooch werkt verandering van het bergend oppervlak lineair door in de waterschijf, die moet worden gespuid. Het Noordzeekanaal is erg gevoelig voor zowel de aanvoer, maar ook het bergend oppervlak heeft grote invloed. De berging in het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal is zodanig klein ten opzichte van de instroming, dat het systeem kwetsbaar is voor het wegvallen van spui en/of pompcapaciteit. Verandering van het waterbergend oppervlak van het Markermeer, bv. door inpoldering heeft tot gevolg dat de het meerpeil bij grote aanvoer sneller zal stijgen en de maxima hoger worden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de spuisluizen in de Houtribdijk gedimensioneerd zijn op de mogelijke aanleg van de Markerwaard, zodat er voldoende water in korte tijd naar het IJsselmeer gespuid kan worden.

3.2 verblijftijd

De verblijftijd is evenredig met de gemiddelde diepte en het oppervlak en omgekeerd evenredig met de aanvoer (of afvoer). Een wijziging in een van deze factoren zal tot een wijziging in de verblijftijd leiden, waarbij de verblijftijd toeneemt met de relatieve toename van de diepte en het oppervlak en met de relatieve afname van de aanvoer. Dit geldt in het geval dat de wijzigingen onafhankelijk van elkaar zijn, zoals in de huidige zomersituatie waar het peil goed gehandhaafd wordt en niet wijzigt bij een andere aanvoer. In de zomersituatie waar het streefpeil goed gehandhaafd wordt verandert de verblijftijd evenredig met de gewijzigde aanvoer. In de wintersituatie geeft een hogere aanvoer een hoger meerpeil, waardoor de gevolgen voor de verblijftijd beperkt blijven. Als het meerpeil wel wijzigt ten gevolge van een andere aanvoer zal de *verblijftijd* slechts weinig (2%) veranderen.

De invloed op de verblijftijd van een gewijzigd meerpeil, bij gelijkblijvende aanvoer, zal het sterkst zijn in de ondiepste meren, zoals de randmeren. Bij een stijging van het meerpeil met 50 cm neemt in het IJsselmeer de verblijftijd met circa 11 % toe en in het Veluwemeer met circa 30 %. De afname van het bergend oppervlak, door bv. inpoldering, zal leiden tot een kortere verblijftijd.

Tabel 3-1 Relatieve verandering van de verblijftijd bij wijziging van het meerpeil ten opzicht van huidig meerpeil

	diepte (t.o.v NAP)	huidig meerpeil	gewijzigd meerpeil					
			-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4
meer								
IJsselmeer	-4.4	-0.3	0.93	0.98	1.02	1.07	1.12	1.17
Markermeer	-3.5	-0.3	0.91	0.97	1.03	1.09	1.16	1.22
Veluwemeer/Drontermeer	-1.4	-0.2	0.67	0.83	1.00	1.17	1.33	1.50
Wolderwijd/Nuldernaauw	-1.8	-0.2	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25	1.38

3.3 *Scheefstand en golven*

De golfhoogte en -periode worden bepaald door windsnelheid, strijklengte en lokale diepte. Hierdoor zijn de lokale omstandigheden van groot belang voor de optredende golven. De grootte van de golven is dus gevoelig voor de afmeting van het meer en de diepte. Een hoger meerpeil geeft grotere golven. Het kwantificeren van de toename is moeilijk voor een heel meer in één getal te vatten, omdat dat weer bepaald wordt door de lokale omstandigheden. De relatieve toename van de golfhoogte ligt bij een toename van 0,4 m van het peil in het IJsselmeer tussen de 5 -10 %.

De lokale waterstand is het meerpeil plus de op- of afwaaiing ten gevolge van wind. De op- en afwaaiing in een meer is evenredig met de strijklengte en het kwadraat van de windsnelheid en is omgekeerd evenredig met de diepte. Windsnelheid is dus de belangrijkste factor voor de grootte van de opwaaiing. De invloed van diepte en strijklengte zijn beide lineair. Verkleining van het waterbergend oppervlak zorgt voor een verkleining van de strijklengte en daardoor zal de opwaaiing afnemen. Verandering van het meerpeil geeft andere dieptes waardoor de opwaaiing verandert. Algemene kwantitatieve uitspraken zijn moeilijk te doen, omdat lokale omstandigheden bepalen hoeveel de verandering is. In het IJsselmeer zal bij een toename van de diepte met 50 cm de opwaaiing ongeveer 10% afnemen. De opwaaiing in het IJsselmeer is bij een windsnelheid van 20 m/s ongeveer 0,5 tot maximaal 1 m.

Een ander waterbeheer kan dus aanzienlijke effecten op de hydraulische parameters golven en scheefstand. Verandering van strijklengte als gevolg van een inpoldering zal een aanzienlijk effect hebben op opwaaiing en golven. Zowel op- en afwaaiing als golven zijn gevoelig voor verandering van de diepte door peilverandering. Het is moeilijk om per systeem kerntallen voor die wijziging te geven, omdat lokale diepte verschillen bepalend zijn voor de uiteindelijke waarden. De beste manier is om de waterstanden en golven met de modellen WAQUA en HISWA voor een reeks van windsnelheden en -richtingen en meerpeilen te berekenen. Uit deze resultaten kunnen dan voor de gewenste locaties zogenaamde repro-functies voor op- en afwaaiing en golven worden bepaald.

Deze hydraulische parameters zijn echter invoer voor andere parameters die betrekking hebben op de morfologie en op de functie veiligheid. Het lijkt daarom niet zinvol om de invloed van een ander waterbeheer op de hydraulische parameters zelf te onderzoeken, maar gelijk de doorvertaling te maken naar de afgeleide parameters. Impliciet wordt dan de gevoeligheid van de hydraulica voor waterhuishoudkundige veranderingen meegenomen.

4. functies

4.1 Waterkeren/veiligheid

De uiteindelijke hoogte van een waterkering in het IJsselmeer wordt aan de ene kant bepaald door de norm en aan de andere kant door de hydraulische belasting. De hydraulische belasting is opgebouwd uit de waterstand, golfhoogte en -periode. De waterstand wordt bepaald door het meerpeil en de opwaaiing door wind. Bij het bepalen van de uiteindelijke hoogte speelt ook de oploop van golven tegen de dijk een belangrijke rol, en is de vorm van de dijk ook van belang.

Op het IJsselmeer worden hoge waterstanden veroorzaakt door een combinatie van een hoog meerpeil en opstuwing door extreme storm (opwaaiing). Hoge meerpeilen zijn vooral het gevolg van een grote IJsselafvoer in combinatie met langdurige gestremde lozingsmogelijkheden naar de Waddenzee door harde wind uit ongunstige richting. Tijdens storm ontstaan hoge golven die tegen de dijk oplopen, over de kruin slaan en de dijk kunnen beschadigen. Deze golfoverslag is de feitelijke hydraulische belasting van de dijk. De hydraulische randvoorwaarden zijn de bijbehorende waterstand en golven aan de teen van de dijk die zijn opgewekt door de hydraulische en klimatologische randvoorwaarden meerpeil en storm. Het hydraulische belastingniveau dat voor een gegeven dijkprofiel is een zodanige kruinniveau dat bij gegeven hydraulische randvoorwaarden de hydraulische belasting (golfoverslag of oploop) precies voldoet aan de gestelde eisen [Westphal, 1997]. Het instrument om het Maatgevende Hydraulische Belastingniveau voor het IJsselmeer te bepalen is HYDRA_M [Blaakman en Lisan, 1997]. Voor het Markermeer wordt momenteel (1997) door het Waterloopkundig Laboratorium een studie uitgevoerd met de vraag of het Markermeer een primaire gevaren bron is. Deze studie zal een met HYDRA_M vergelijkbaar instrument leveren, waarmee voor het Markermeer het MHBniveau kan worden bepaald.

In het algemeen zal een hoger IJsselmeerpeil resulteren in een hoger hydraulische belastingniveau. Echter hoeveel de toename zal zijn hangt sterk van de locatie af. Bij een verhoging van het streefpeil van de huidige waarde van -0.40 m NAP naar 0 m NAP neemt het gemiddelde peil met 0.30 m toe en de maxima met circa 0.10 m (Figuur 3-1). Op basis van de verandering in de meerpeilstatistiek zal de maatgevende hydraulische belasting toenemen met een waarde die ongeveer tussen 0.1 en 0.3 m ligt. Voor de exacte waarde zullen berekeningen op een aantal representatieve locaties uitgevoerd moeten worden.

De IJsseldelta staat onder invloed van zowel de afvoer van de IJssel, als van de waterstand op het Ketelmeer. In het overgangsgebied worden de optredende waterstanden dan ook veroorzaakt door combinaties van waterstanden op het Ketelmeer en IJsselafvoeren. De methode om de maatgevende hoogwaterstanden te bepalen is als volgt: Allereerst worden de waterstanden bepaald die worden veroorzaakt door een extreem hoog meerpeil in combinatie met een rivierafvoer die 1 x per jaar wordt overschreden. Dit waterstandsverloop langs de rivier wordt weergegeven met een zogenaamde verhanglijn. Vervolgens worden waterstanden bepaald die worden veroorzaakt door een extreem hoge rivierafvoer in combinatie met een meerpeil van NAP +1.00 m. Dit resulteert in een tweede verhanglijn. In het overgangsgebied kruisen beide verhanglijnen. Aan de Ketelmeerkant is het meerpeil dominant; aan de rivierkant is de IJsselafvoer dominant. Vanuit deze beide verhanglijnen kan een gecombineerd waterstandsverloop onder maatgevende omstandigheden worden geconstrueerd [Hartman, 1995]. Ook in het IJsseldeltagebied hebben hogere wintermeerpeilen een onveiligere situatie ten gevolg. Voor de IJssel loopt de invloed van het door het IJsselmeer beïnvloede gedeelte tot ongeveer km 990. Een hoger IJsselmeerpeil zal slechts een geringe uitbreiding van het invloedsgebied van het IJsselmeer op de IJssel hebben. Het effect zal voornamelijk tot uiting komen in een hogere kruinhoogte. Bepalend voor de toename is de waterstand in het Ketelmeer met een frequentie van voorkomen van 1/2000 (1/jaar), momenteel is dat een waterstand van 2.95 m NAP [Hartman, 1995]. Deze waarde zal toenemen met de toename in het extreme meerpeil. De grootste verhoging ligt bij het Keteldiep en de invloed neemt af tot Zwolle.

Vechtdelta (Zwartewater Zwartemeer Ramspol)

De Vechtdelta staat onder invloed van de afvoer van de Vecht en de waterstand op het Ketelmeer. Bovendien is bij Ramspol een keersluis gepland, die sluit bij hoge waterstanden op het Ketelmeer. De berekingswijze voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarde in de Vechtdelta maakt gebruik van waterbewegingmodellen. Na de hydraulische berekeningen is nog een statistische evaluatie nodig om de frequenties van de hydraulische effecten te berekenen. [Hartman, 1995; Kors et al., 1994] Als criterium voor de vereiste kruinhoogte is er gekozen om de hoogste van de volgende waarden te nemen:

- waterstand plus 0.5 m waakhoogte;
- waterstand plus golfoploop/golfoverslag.

Hoger meerpeilen in het IJsselmeergebied zullen tot gevolg hebben dat de kering bij Ramspol vaker zal gaan sluiten. In het gebied achter de nog te bouwen kering bij Ramspol zou een hoger wintermeerpeil kunnen leiden tot een onveiligere situatie om dat dergelijk situaties vaker gaan voorkomen.

Randmeren

De dijken van Flevoland liggend aan de Randmeren (Wolderwijd/Nuldernauw en Veluwemeer/Drontermeer) zijn waterkeringen die niet grenzen aan een primaire gevaarbron. Dit houdt in dat RWS geen hydraulische randvoorwaarden afgeeft voor die dijken. Er is momenteel geen instrument beschikbaar om uitspraken te doen over de gewenste kruinhoogte van deze dijken.

Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal

In het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal is de kruinhoogte van de indirecte primaire waterkeringen berekend op basis van het falen van een van de sluisen waardoor er een hoge afvoer op het kanaal ontstaat [Venema, 1990; Werkgroep Risicoanalyse Zeeburg, 1986]. Onduidelijk is wat de invloed op de waterstand hierop is.

4.2 Afwatering

De afwatering van het landelijk gebied naar het IJsselmeergebied en Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal is afgestemd op het huidige peilbeheer. Het wateroverschot dat naar het IJsselmeergebied wordt afgevoerd is in de winter hoger dan in de zomer. Dit water wordt via gemalen naar het IJsselmeer gepompt. Peilverlaging zal leiden tot lagere exploitatiekosten en de maximale capaciteit van de gemalen zal in het algemeen iets toenemen. Peilverhoging in het plangebied leidt tot lagere gemaalcapaciteit. De opvoerhoogte neemt toe en de capaciteit neemt af. Om nog dezelfde hoeveelheid te kunnen malen, zijn de energiekosten hoger. De vraag is bovendien of het gemaal met de nieuwe opvoerhoogte nog wel werkt. Aangezien de gemalen in de diepe polders reeds een grote opvoerhoogte hebben zijn de effecten van een peilverhoging uitgedrukt in de relatieve toename van de exploitatiekosten daar kleiner dan bijvoorbeeld voor de Friese Boezem, waar de opvoerhoogte slechts 30 tot 40 cm bedraagt. Vooral een verhoging van het winterpeil kan gevolgen hebben, omdat dan het waterbezwaar dat afgevoerd moet worden het grootst is.

4.3 Watervoorziening

De inlaat van water uit het plangebied ten behoeve van de watervoorziening vindt grotendeels plaats onder vrij verval. De inlaat vindt voornamelijk zomers plaats als het IJsselmeerpeil hoger is. Verhoging van het meerpeil heeft in principe een verhoging van de capaciteit tot gevolg. Verlaging van de meerpeilen heeft een verlaging van de inlaatcapaciteit tot gevolg. De boezempeilen in de Frieseboezem en de Schermerboezem liggen op respectievelijk -0.52 en -0.50 m NAP. Bij een waterstand van -0.20 m NAP kan er voldoende water worden ingelaten. Door verlaging van het zomerstreefpeil zal de inlaat capaciteit afnemen. De verwachting is dat de capaciteit van de inlaat naar Friesland en Noord-Holland bij een lager peil beneden de gewenste capaciteit zal zakken. Momenteel is de inlaatcapaciteit in Friesland in de zomer bij oostenwind al lager dan de gewenste capaciteit.

5. Modellen

5.1 waterbalansmodel

Om de effecten van klimaatverandering en andere streefpeilen op de waterhuishouding van het IJsselmeer te analyseren is gebruik gemaakt van het model Bekken2 (van der Slikke, 1996). Dit model is een waterbalansmodel dat het meerpeil (= gemiddelde waterstand) in het IJsselmeer berekent met behulp van bekende aan- en afvoerposten. Bekken2 berekent de hoeveelheid water die bij de Afsluitdijk wordt gespuid op basis van de binnenwaterstand en de buitenwaterstand bij de spuisluizen. Hierbij worden een aantal regels gehanteerd. Er wordt gespuid als het meerpeil hoger is dan het streefpeil en als de binnenwaterstand hoger is dan de buitenwaterstand. Hierbij is het streefpeil in de winter -0.40 m NAP en in de zomer -0.20 m NAP. De binnenwaterstand wordt bepaald door het meerpeil en de op- of afwaaiing door wind. Het proces van de opwaaiing is met zogenaamde *repro-functies* in het model gebracht (Beyer en Blaakman, 1997). Voor de berekening van de opwaaiing is de invoer windsnelheid en -richting en het meerpeil. Voor de buitenwaterstand zijn gemeten waarden gebruikt. Het model is momenteel alleen geschikt voor het IJsselmeer, zodat alleen voor het IJsselmeer uitspraken gedaan kunnen worden over de effecten van klimaatverandering en andere streefpeilen op de waterhuishouding. Het waterbalansmodel wordt momenteel uitgebreid met de andere systemen van het plangebied. September 1997 zal er een waterbalansmodel van het gehele plangebied beschikbaar zijn. Dit nieuwe model wordt door het Waterloopkundig Laboratorium gemaakt op basis van Sobek-Lite

5.2 Waterkeren/veiligheid

Het model HYDRA_M, wordt bij het RIZA gebruikt voor het bepalen van de kruinhoogte van de dijken in het IJsselmeer en Markermeer. Voor de dijken van de IJssel en bij Ramspol wordt voor INWIN nog gezocht naar een geschikte veiligheidsbenadering. Onderzocht moet worden of de huidige methoden geschikt zijn om in het BOS op te nemen.

Voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarde in de IJsseldelta is een methode beschikbaar. Deze methode zal in WINBOS opgenomen moeten worden.

Invoer in HYDRA_M zijn de dijklocatie, de dijkgegevens (profielcoördinaten, bermen, ruwheidselementen) optioneel kan gebruik worden gemaakt van de mogelijkheid om rekening te houden met een golfbrekende dammen/of een ondiep voorland. Voor de berekening heeft HYDRA_M de statistiek van het meerpeil en de wind nodig. Onder invloed van klimaatverandering, maar ook een ander peilbeheer zal de meerpeilstatistiek veranderen. Voor alle klimaat- en peilscenario's moet met het waterbalansmodel voor een lange periode het meerpeil worden gesimuleerd, waarna uit de berekende meerpeilen de voor HYDRA-M benodigde statistiek bepaald kan worden.

HYDRA_M bestaat uit een rekenhart (in Fortran) met daaromheen een gebruikersschil. Voor het te ontwikkelen WINBOS zal alleen het rekenhart met de data behorende bij de te kiezen representatieve locaties nodig zijn. Deze berekening kan via batch-bestanden voor een reeks locaties automatisch worden uitgevoerd. Voor het bepalen van de hydraulische belasting en de uiteindelijke kruinhoogte in het IJsselmeer wordt gebruik gemaakt van HYDRA_M.

Voor het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal zal worden aangesloten bij de nog uit te voeren faalkansanalyse. Met deze studie zal oktober 1997 worden begonnen.

3
2
10

6. Kennishiaten

Doordat nog niet beschikt kon worden over een waterbalansmodel voor het gehele plangebied kunnen slecht uitspraken worden gedaan over meerpeil en verblijftijden en de daaraan gerelateerde parameters voor het IJsselmeer. September 1997 zal dit model wel beschikbaar zijn en kan dit kennishiaat worden opgevuld.

Naast het beschikbaar zijn van een waterbalansmodel voor het berekenen van de effecten van veranderingen in de waterhuishouding zijn ook de basisgegevens van belang. Het model moet hiermee worden gevoed en gevalideerd. Voor het Amsterdam-Rijnkanaal zijn de waterbalansgegevens niet voldoende bekend. Bovendien is de waterbalans niet sluitend, dit geldt trouwens ook voor de Randmeren en het Markermeer. Het is trouwens de vraag of het niet sluitend zijn van de waterbalans een groot effect heeft voor het model, of dat dit in de afregeling van het model wordt verdisconteerd.

Met betrekking tot het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar over de inlaten en de gemalen om de effecten van een peilverandering te kunnen kwantificeren. Voor het IJsselmeergebied is het ook nog nodig om de capaciteit van de inlaten als functie van de waterstand te kennen. Middels inventarisatie bij de beherende instanties (waterschappen) kunnen deze relaties worden bepaald.

Met betrekking tot de veiligheid van de indirecte primaire waterkeringen van het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal is onduidelijk hoe het boezempeil in de berekingen is meegenomen. Daarnaast blijkt dat in het in openverbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal staande gebied reeds bij waterstanden van NAP problemen voorkomen. Het is onduidelijk wat de kans op het voorkomen van dergelijke situaties is en wat de daarvoor te hanteren norm moet zijn. De nog te starten faalkansanalyse moet mede over deze vraag uitsluitsel geven. Voor het WIN-project kan het beste worden aangesloten bij die studie.

Voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarde in de Vechtdelta is een instrumentarium beschikbaar, de vraag is of deze ook gebruikt mag worden voor sterk afwijken de meerpeilen.

Voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarde voor de dijken van de Flevopolders die grenzen aan het Wolderwijd/Nuldernauw en Veluwemeer/Drontermeer is geen methode beschikbaar.

7. Conclusies

Waterhuishoudkundige veranderingen in het plangebied kunnen gevolgen hebben voor het gebied zelf maar ook voor het studiegebied. De belangrijkste parameter om de verandering te karakteriseren is het meer- of boezempeil. Deze parameter kan weer als invoer voor andere parameters worden gebruikt die gerelateerd zijn aan de functie in het gebied. Van de mogelijke veranderingen die zijn geanalyseerd heeft een streefpeilverandering het grootste effect te hebben op het meerpeil. Vergroting van de afvoer/spuicapaciteit door het uitbreiden van spuisluizen in de Afsluitdijk of meer gemaalcapaciteit bij IJmuiden zal voor een grotere beheersbaarheid van het meerpeil kunnen zorgen. Verandering van de aanvoer heeft een relatief beperkt effect op het meerpeil. Verandering van het bergend oppervlak zal vooral in Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal effect hebben op de beheersbaarheid van met boezempeil, omdat daar het oppervlak klein is in combinatie met een grote aanvoer.

Waterhuishoudkundige veranderingen zullen ook de verblijftijd van het water in de meren beïnvloeden. Wijziging van het meerpeil lijkt de meeste invloed op de verblijftijd te hebben in de ondiepste meren.

Wijziging van het meerpeil heeft invloed de hydraulische parameters golven en scheefstand en daarmee op de hydraulische randvoorwaarde voor de waterkeringen.

Door verlaging van de zomerpeilen zal de capaciteit van de inlaten ten behoeve van de regionale watervoorziening in het IJsselmeergebied beneden de gewenste capaciteit zakken. Verhoging van de winterpeilen zal invloed hebben op de mogelijkheden om op het IJsselmeer af te wateren, de opvoerhoogte van gemalen neemt toe.

Met de huidige infrastructuur is het huidige winterstreefpeil in het IJsselmeer nauwelijks te handhaven. Het zomerpeil is goed te handhaven en lagere zomerpeilen tot -0.60 m NAP lijken te realiseren met de huidige infrastructuur.

8. Literatuur

- Anonymous (1992a), Peilbesluit boezem Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal. RWS Directie Noord-Holland en Utrecht, ANW 92/5850,
- Anonymous (1992b), Peilbesluit rijkswateren IJsselmeergebied. RWS Directie IJsselmeergebied, HID 15377, Lelystad
- Anonymous (1992c), Waterakkoord voor het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal.
- Anonymous (1994), Waterakkoord Drenthe. Assen
- Anonymous (1996a), Waterakkoord "Noord".
- Anonymous (1996b), Waterakkoord Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland. Lelystad
- Beersum C.van (1993), Het Noordzeekanaal. RIZA, RIZA-93.017, Lelystad
- Beyer D. en Blaakman E.J. (concept 1997), Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied. Deelrapport 8: Reprofuncties. RIZA werkdocument , Lelystad
- Blaakman E.J. en Lisman R. (concept 1997), Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied. Deelrapport 1: Gebruikershandleiding HYDRA_M. RIZA werkdocument , Lelystad
- Boer B.M.de (1993), De waterbeheersing van het Noordzeekanaal 1983-1992. Directie Noord-Holland, ANW 93.06, Haarlem
- Claassen T. H. L. (1997), Mogelijke invloed van hydrologische isolatie op de waterkwaliteit. H20. 30, pp. 376-381.
- Directie Waterhuishouding en Waterbeweging District Noord (1979), Inname- en lozingspunten IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat, Directie waterhuishouding en Waterbeweging, District Noord, WW NO. N.790003,
- Gebraad C.J. en Sluys Veer L.P.v.d. (1995), Detailactiviteitenplan gegevensverzameling IJsselmeer, Markermeer en Randmeren. EDS, 18b, Leidschendam
- Hartman J. (1995), Hydraulische randvoorwaarden voor IJsseldelta, het Zwarte Meer en het Zwarte Water. RIZA, nota 95.044, Lelystad
- HKV (1997), Haalbaarheidsstudie BOS voor de waterbeheersing van het NZK/ARK openwatersysteem. HKV, PR022, Lelystad
- Kors A.G., Zwol J.H.van, en Franken A. (1994), Projectnota/MER keersluis Rampspol. Hydraulische randvoorwaarden. Deelrapport van de werkgroep hydraulica. PMR-R-94101,
- Middelburg J., Jong C.H.d., Molen H.W.B.v.d. et al. (1976), Waterstaatkundige werken en waterkwaliteit in het IJsselmeergebied. Band1: Hoofdnota en samenvatting. Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, Nota 286, Lelystad
- Oranjewoud en Waterloopkundig Laboratorium (1995), Onderzoek relatie streefpeilen- wateraan- en -afvoermogelijkheden IJsselmeergebied. (eindrapport). Oranjewoud, Almere

- Projectteam YSBAL03 (1995), Gebruikershandleiding BALANS 3.0. EDS, A 2033-R-4, Leidschendam
- RDIJ (1996), IJsselmeergebied: water, ruimte, natuur. Min. V&W, Directie IJsselmeergebied, Lelystad
- Rooy P. T. J. C., Vliet G. W. van, Hoorn H. van en Janssens M. H. M. (1996), Vijfendertig organisaties achter één toekomst voor de Vecht. H2O. 29, pp. 594-595.
- Slikke M.J.v.d. (1996), Verandering van extreme IJsselmeerpeilen door klimaatverandering en verandering in peilbeheer. RIZA, 96.148X, Lelystad
- Thijssse J. Th. (1972), Een halve eeuw Zuiderzeewerken 1920-1970. H.D. Tjeenk Willink b.v., Groningen.
- Venema J.E. (1990), Toetsing indirecte primaire waterkeringen westelijke kade langs het Amsterdam-Rijnkanaal. DWW, DWW nota WBA-N-89.107, Delft
- Vermeulen C.J.M., Passchier R.H. en Klopstra D. (1995), Hoogwatersituaties Amsterdam-Rijnkanaal, Noordzeekanaal en aangrenzende watersystemen. WL, Q 2019, Delft
- Werkgroep peilverhoging IJsselmeer (1980a), Gevolgen peilverhoging IJsselmeer. Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, 294, Lelystad
- Werkgroep peilverhoging IJsselmeer (1980b), Inventarisatie gevolgen verhoging IJsselmeerpeil. deel I Tekst. Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, 304, Lelystad
- Werkgroep peilverhoging IJsselmeer (1980c), Inventarisatie gevolgen verhoging IJsselmeerpeil. deel II topografische kaarten. Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, 304, Lelystad
- Werkgroep Risicoanalyse Zeeburg (1986), Keersluis Zeeburg, een Noodzaak?
- Westphal R. (concept 1997), Hydraulische belasting dijken IJsselmeergebied. Het IJsselmeer de Baas. RIZA rapport, Lelystad

Bijlage I Waterbalans voor IJsselmeer, Markermeer, Wolderwijd/Nuldernauw, Veluwemeer/Drontermeer, Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal

Voor de periode 1976 t/m 1993 zijn de maand-, jaar-, zomerhalfjaar- en winterhalfjaar gemiddelde debieten bepaald gebaseerd op de gegevens in BALANS [Gebraad en Sluys Veer(1995); Projectteam YSBAL03(1995)]. Deze gegevens zijn in tabellen weergegeven. De maandgemiddelden zijn ook in figuren weergegeven, waarbij alleen de belangrijkste posten zijn afgebeeld. Tevens zijn per systeem voor de belangrijkste posten de debieten voor de periode 1976 t/m 1993 als tijdreeks weergegeven.

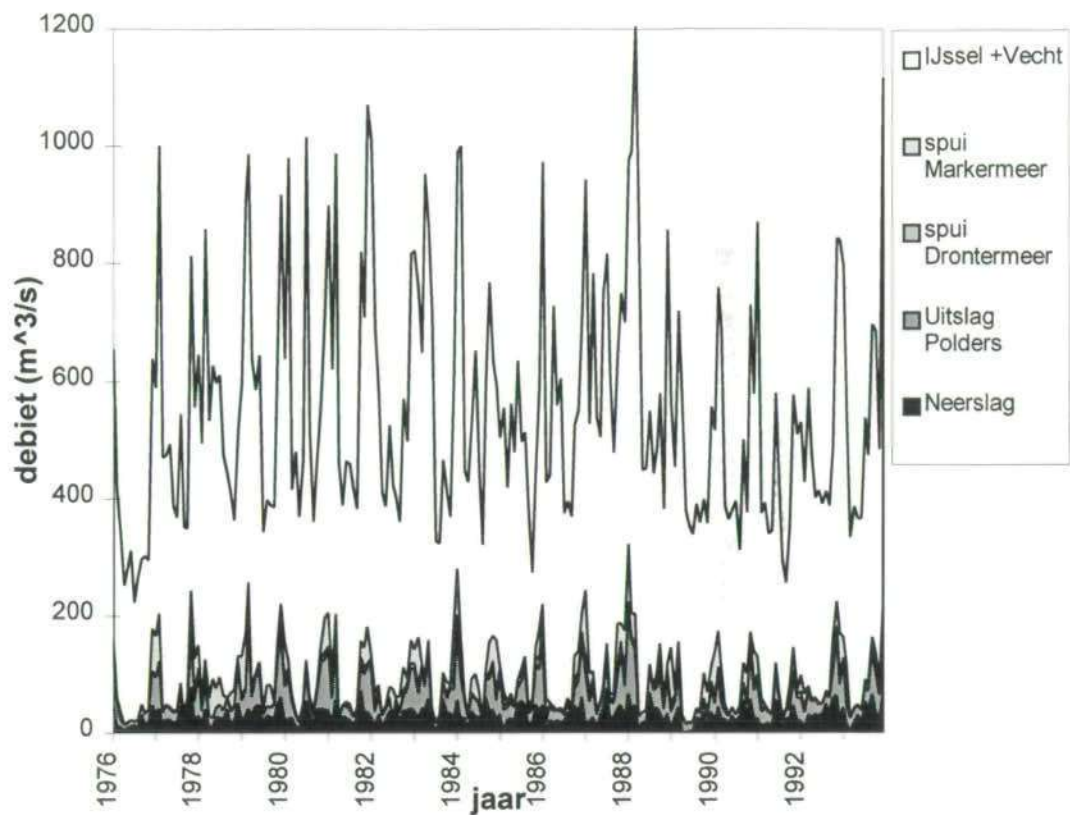
Lijst met figuren

Figuur I-1 Aanvoer naar het IJsselmeer.....	I-3
Figuur I-2 Afvoer uit het IJsselmeer.....	I-3
Figuur I-3 Gemiddelde maandaanvoer naar het IJsselmeer.....	I-4
Figuur I-4 Gemiddelde maandaafvoer uit het IJsselmeer.....	I-4
Figuur I-5 Aanvoer naar Markermeer.....	I-6
Figuur I-6 Afvoer uit Markermeer.....	I-6
Figuur I-7 Gemiddelde maandaafvoer uit het Markermeer.....	I-7
Figuur I-8 Gemiddelde maandaanvoer naar het Markermeer.....	I-7
Figuur I-9 Aanvoer naar het Noordzeekanaal.....	I-9
Figuur I-10 Afvoer uit het Noordzeekanaal.....	I-9
Figuur I-11 Afvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal.....	I-10
Figuur I-12 Afvoer uit het Amsterdam-Rijnkanaal.....	I-10
Figuur I-13 Gemiddelde maandaanvoer naar het Noordzeekanaal.....	I-11
Figuur I-14 Gemiddelde maandaafvoer uit het Noordzeekanaal.....	I-11
Figuur I-15 Gemiddelde maandaanvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal.....	I-12
Figuur I-16 Gemiddelde maandaafvoer uit het Amsterdam-Rijnkanaal.....	I-12
Figuur I-17 Aanvoer naar het Veluwemeer/Drontermeer.....	I-14
Figuur I-18 Afvoer uit het Veluwemeer/Drontermeer.....	I-14
Figuur I-19 Gemiddelde maandaanvoer naar het Veluwemeer/Drontermeer.....	I-15
Figuur I-20 Gemiddelde maandaafvoer uit het Veluwemeer/Drontermeer.....	I-15
Figuur I-21 Aanvoer naar het Wolderwijd/Nuldernauw.....	I-17
Figuur I-22 Afvoer uit het Wolderwijd/Nuldernauw.....	I-17
Figuur I-23 Gemiddelde maandaanvoer naar het Wolderwijd/Nuldernauw.....	I-18
Figuur I-24 Gemiddelde maandaafvoer uit het Wolderwijd/Nuldernauw.....	I-18

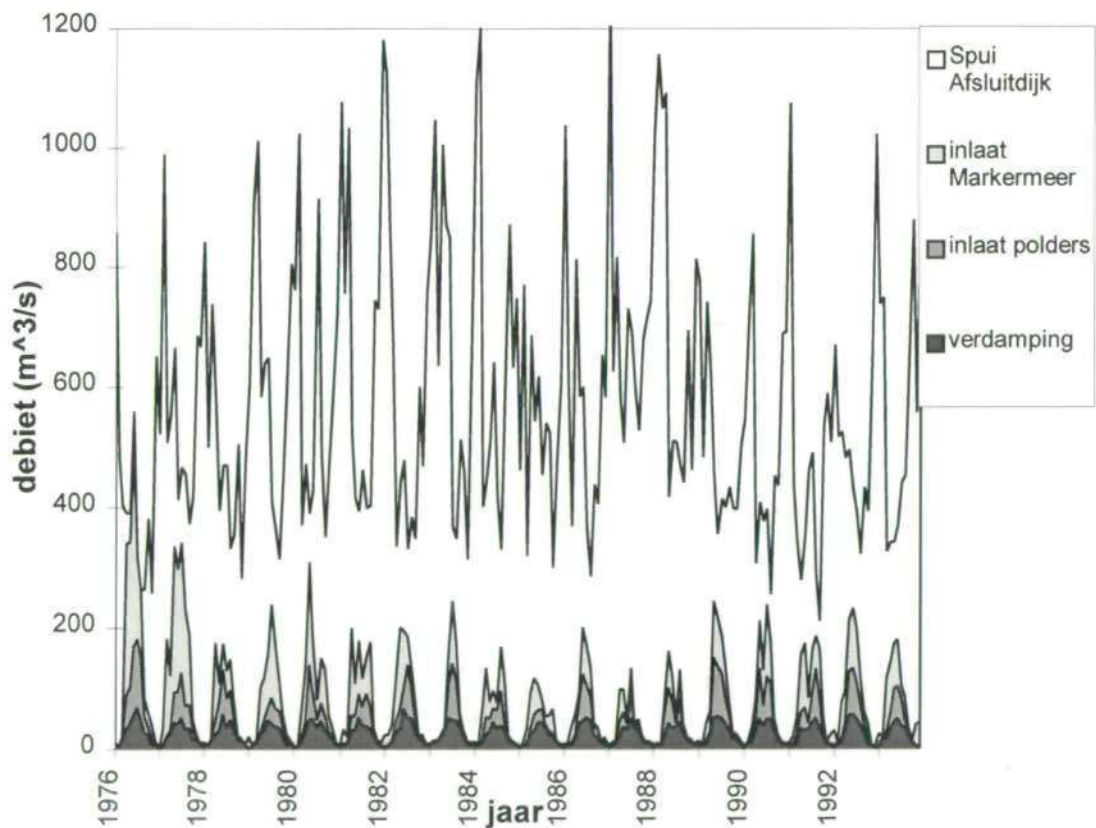
IJsselmeer

IJSSELMEER 76-93

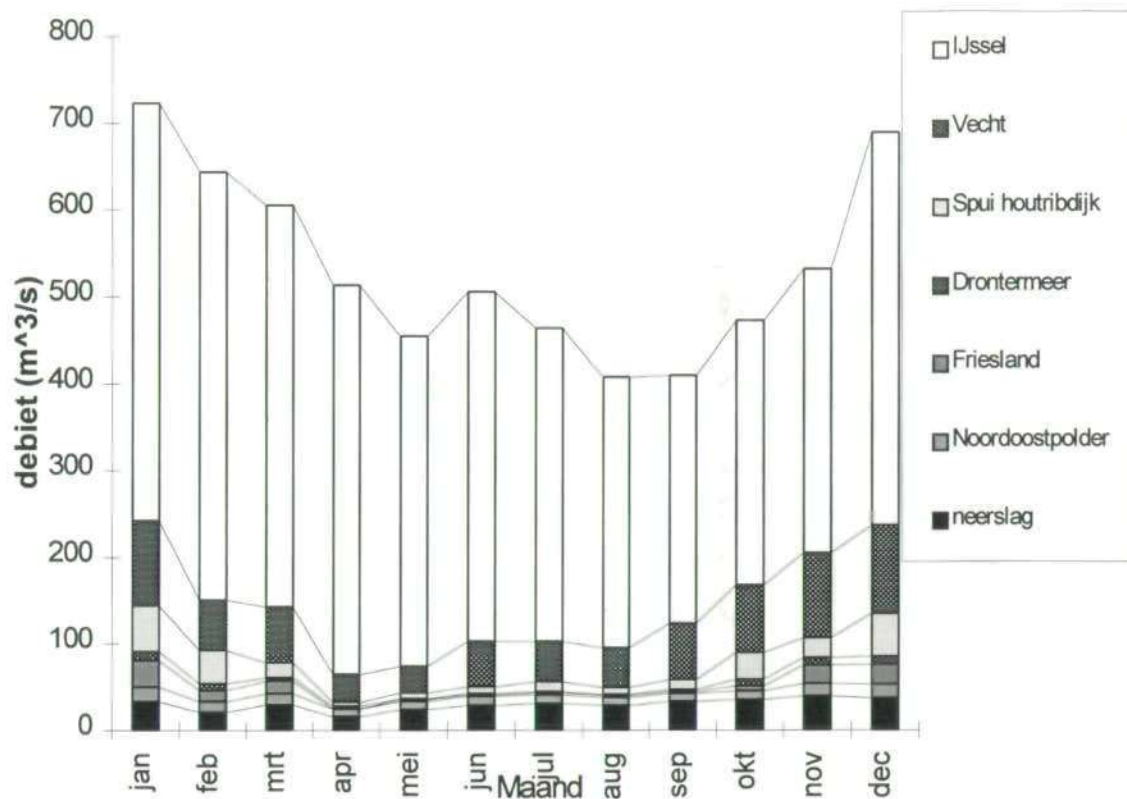
ymr	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
Meerpeil	-0.21	-0.31	-0.28	-0.18	-0.17	-0.16	-0.16	-0.17	-0.19	-0.29	-0.29	-0.25	-0.22	-0.27	-0.17
in neerslag	33.26	20.70	29.19	15.80	23.58	28.46	30.46	28.83	32.90	34.89	39.15	37.24	29.54	32.41	26.67
in IJssel	479.84	491.67	462.65	448.90	380.38	402.69	360.86	311.60	285.41	304.18	327.01	452.18	392.28	419.59	364.97
in Vecht	98.70	58.46	64.36	31.72	30.54	52.23	46.67	46.06	65.09	78.59	97.80	102.07	64.36	83.33	45.39
in Hollands Kroon	6.99	5.31	5.64	3.61	3.54	3.37	3.35	3.47	3.86	5.05	6.97	7.30	4.87	6.21	3.53
in Westfriese Boezem	5.27	3.44	4.01	1.86	1.89	2.06	1.93	1.93	2.35	3.33	5.15	5.45	3.22	4.44	2.00
in Friesland	31.02	12.91	14.08	0.54	1.73	1.25	2.36	2.34	1.73	5.57	21.29	22.81	9.80	17.95	1.66
in Fleverwaard	5.76	4.76	6.14	4.69	4.24	4.25	3.56	2.56	3.47	4.31	4.31	5.69	4.48	5.16	3.79
in Wold en Wieden	10.39	6.66	7.56	2.30	1.89	1.81	2.18	1.44	2.06	4.53	7.94	10.09	4.90	7.86	1.95
in Noordoostpolder	16.83	12.38	13.34	8.85	9.68	10.82	10.09	9.06	9.66	10.51	14.62	15.99	11.82	13.94	9.69
in Spui houtribdijk	52.89	38.66	17.05	4.70	6.66	7.62	11.26	7.58	11.37	30.81	23.30	48.99	21.74	35.28	8.20
in Drontemeer	9.67	7.58	4.14	2.59	1.27	1.87	1.40	1.56	2.57	7.44	8.47	9.26	4.82	7.76	1.88
in Kwel en Lek spuisluizen Afsluitdijk	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
uit verdamping	4.44	7.08	11.71	26.30	39.92	48.18	46.46	43.16	31.10	18.53	10.64	7.33	24.57	9.95	39.19
uit Afsluitdijk	840.26	754.76	570.59	437.25	317.04	336.48	291.73	239.74	336.24	498.38	523.79	712.26	488.21	650.01	326.41
uit Drontemeer	0.00	0.03	0.00	0.13	0.01	0.16	0.12	0.10	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.09
uit Houtribdijk	5.59	4.76	32.18	77.96	87.76	86.57	70.82	60.76	38.92	11.20	6.33	4.31	40.60	10.73	70.46
uit Zwarte water	0.00	0.00	1.60	12.25	28.00	25.86	29.81	19.57	5.49	0.33	0.00	0.00	10.24	0.32	20.16
uit Friesland	0.00	0.00	0.32	4.22	14.06	17.46	19.01	20.60	10.20	3.88	0.76	0.00	7.54	0.83	14.26
uit Noordoostpolder	0.66	0.59	0.67	1.21	2.52	2.67	2.39	2.22	1.86	1.18	0.83	0.48	1.44	0.73	2.14
uit inlaat drinkwater (PVN & VRK III)	1.52	1.56	1.58	1.66	1.68	1.74	1.79	1.75	1.81	1.77	1.79	1.67	1.69	1.65	1.74
totaal in IJsselmeer	751.05	662.97	628.61	525.99	465.83	516.87	474.56	416.87	420.92	489.64	556.44	717.51	552.27	634.37	470.17
totaal uit IJsselmeer	852.47	768.77	618.64	560.98	490.98	519.11	462.12	387.89	425.62	535.25	544.15	726.06	574.34	674.22	474.45
niet verklaarde rest (in)	101.42	105.80	-9.97	34.99	25.14	2.24	-12.44	-28.97	4.70	45.61	-12.29	8.56	22.07	39.85	4.28



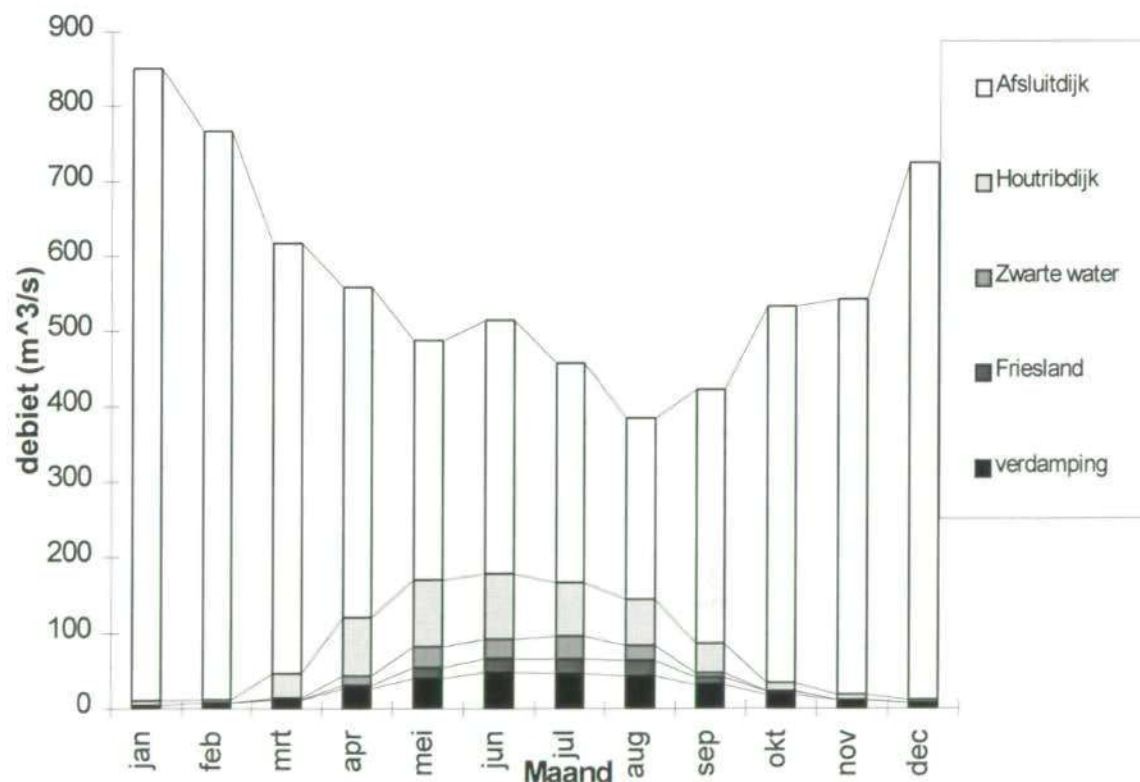
Figuur I-1 Aanvoer naar het IJsselmeer



Figuur I-2 Afvoer uit het IJsselmeer



Figuur I-3 Gemiddelde maandaanvoer naar het IJsselmeer

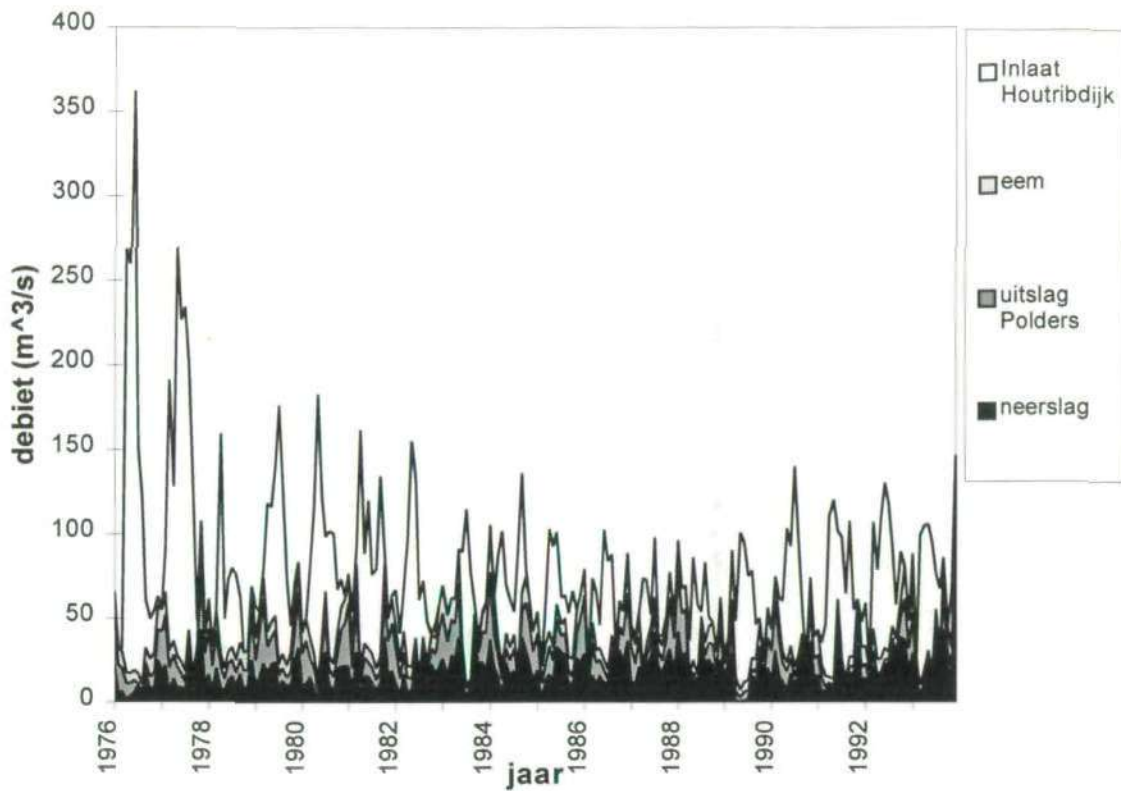


Figuur I-4 Gemiddelde maandaflow uit het IJsselmeer

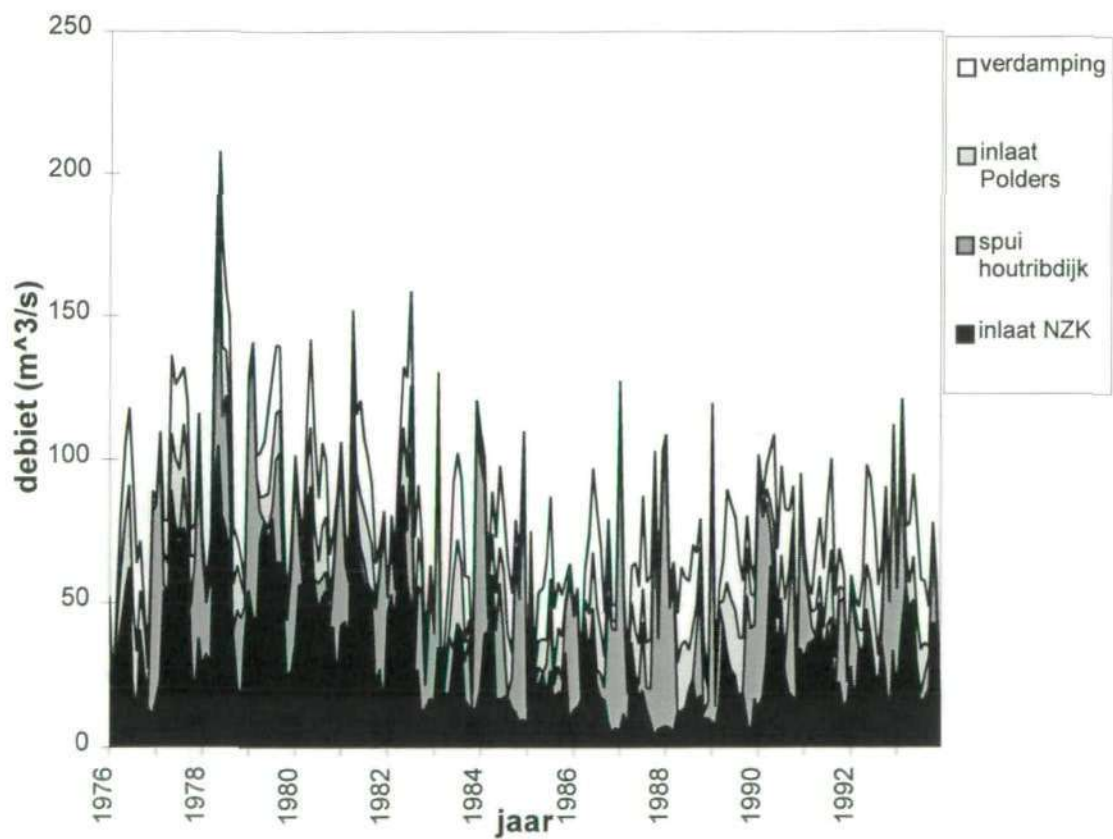
Markermeer

Markermeer 76-93

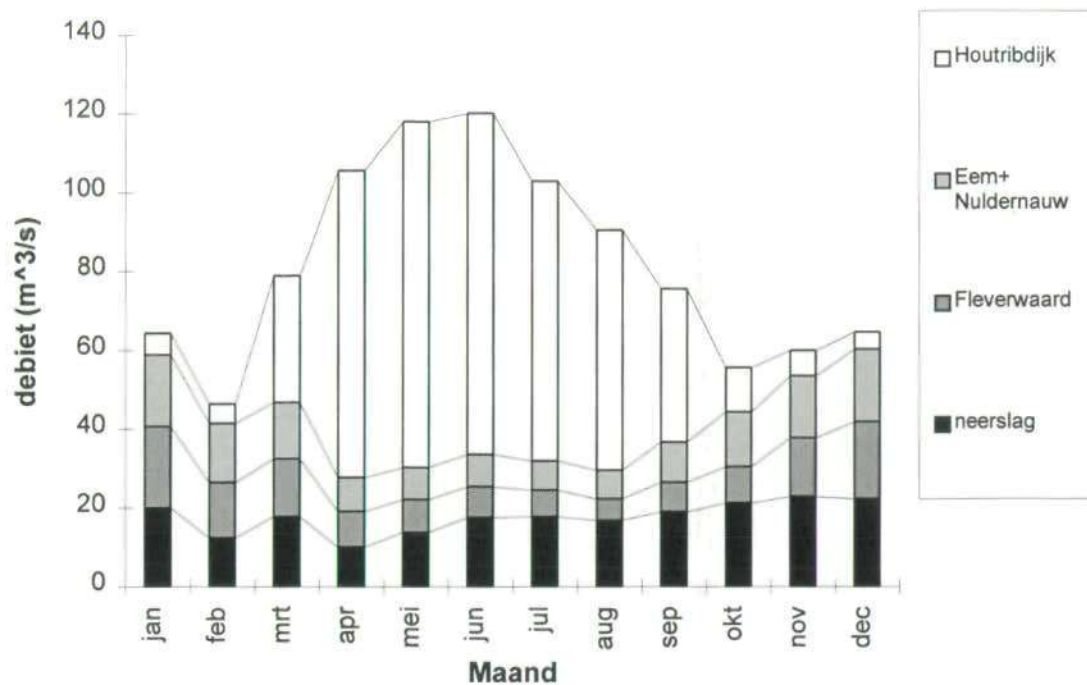
	mmr	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
meerpeil		-0.28	-0.33	-0.32	-0.19	-0.18	-0.17	-0.18	-0.19	-0.21	-0.33	-0.35	-0.31	-0.25	-0.32	-0.19
in neerslag		19.98	12.31	17.73	10.08	13.76	17.43	17.84	16.85	18.99	21.21	22.86	22.40	17.62	19.42	15.83
in Eem+ Nuldamauw		18.20	15.18	14.36	8.54	8.22	8.25	7.48	7.36	10.15	14.01	15.90	18.55	12.18	16.03	8.33
in Westfriesa boezem		0.49	0.38	0.38	0.13	0.16	0.21	0.20	0.17	0.20	0.30	0.60	0.49	0.31	0.44	0.18
in De Waterlanden		1.80	1.17	1.36	0.48	0.44	0.51	0.38	0.39	0.51	1.01	1.50	1.49	0.92	1.39	0.45
in Fleverwaard		20.57	14.02	14.68	9.03	8.26	7.91	6.71	5.40	7.41	9.17	14.81	19.50	11.45	15.46	7.45
in Schermerboezem		0.44	0.39	0.63	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.23	0.50	0.59	0.24	0.46	0.01
in Houtribdijk		5.59	4.76	32.18	77.96	87.76	86.57	70.82	60.76	38.92	11.20	6.33	4.31	40.60	10.73	70.46
in Orangesluisen		0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00
in Gemaal Zeeburg		1.19	0.65	0.89	0.30	0.23	0.11	0.10	0.23	0.16	0.58	2.18	1.43	0.67	1.15	0.19
uit Verdamping		2.88	4.69	7.26	16.53	24.76	29.09	28.82	26.77	19.29	11.02	6.60	4.55	15.19	6.17	24.21
uit Gooi-eem		0.00	0.02	0.03	0.12	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.01	0.06
uit Spui houtribdijk		52.89	38.66	17.05	4.70	6.66	7.62	11.26	7.58	11.37	30.81	23.30	48.99	21.74	35.28	8.20
uit Schermerboezem		1.45	2.76	4.54	9.66	14.92	17.19	17.11	16.82	12.15	8.67	4.80	2.33	9.37	4.09	14.64
uit Vecht		0.61	0.67	1.06	4.03	5.82	7.00	6.88	6.66	4.94	1.34	0.62	0.93	3.38	0.87	5.89
uit Fleverwaard		0.75	0.66	1.04	1.25	1.13	1.12	1.15	1.23	1.29	1.43	1.34	0.81	1.10	1.00	1.19
uit Gemaal Zeeburg		6.20	7.18	6.83	8.02	7.86	7.71	7.69	7.55	7.26	6.84	6.21	6.10	7.12	6.56	7.68
uit Schellingvroude		16.48	22.04	21.94	39.60	39.25	27.49	24.85	18.42	18.20	14.41	10.32	11.32	22.03	16.08	27.97
totaal in Markermeer		68.26	48.86	82.22	106.55	118.84	120.99	103.53	91.15	76.37	57.75	64.70	68.78	84.00	65.09	102.91
totaal uit Markermeer		81.26	76.67	59.74	83.90	100.51	97.32	97.75	85.02	74.51	74.52	53.24	75.03	79.96	70.06	89.83
net verklaarde rest (in)		13.00	27.81	-22.47	-22.65	-18.33	-23.67	-5.78	-6.13	-1.87	16.78	-11.46	6.25	-4.04	4.98	-13.07



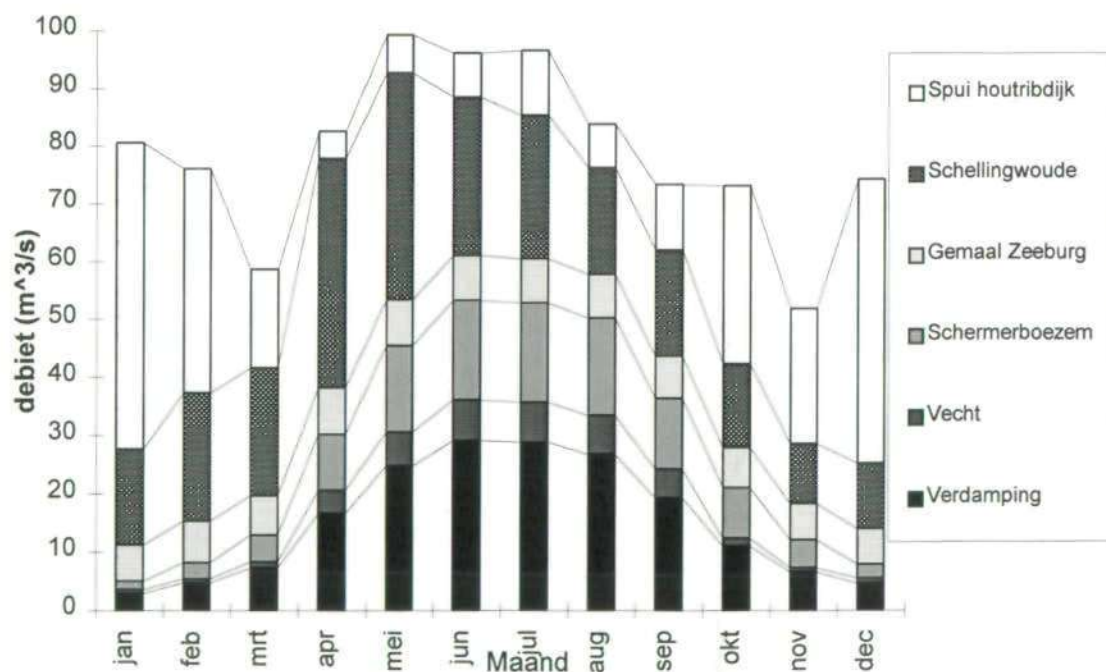
Figuur I-5 Aanvoer naar Markermeer



Figuur I-6 Afvoer uit Markermeer



Figuur I-8 Gemiddelde maandaanvoer naar het Markermeer



Figuur I-7 Gemiddelde maandaafvoer uit het Markermeer

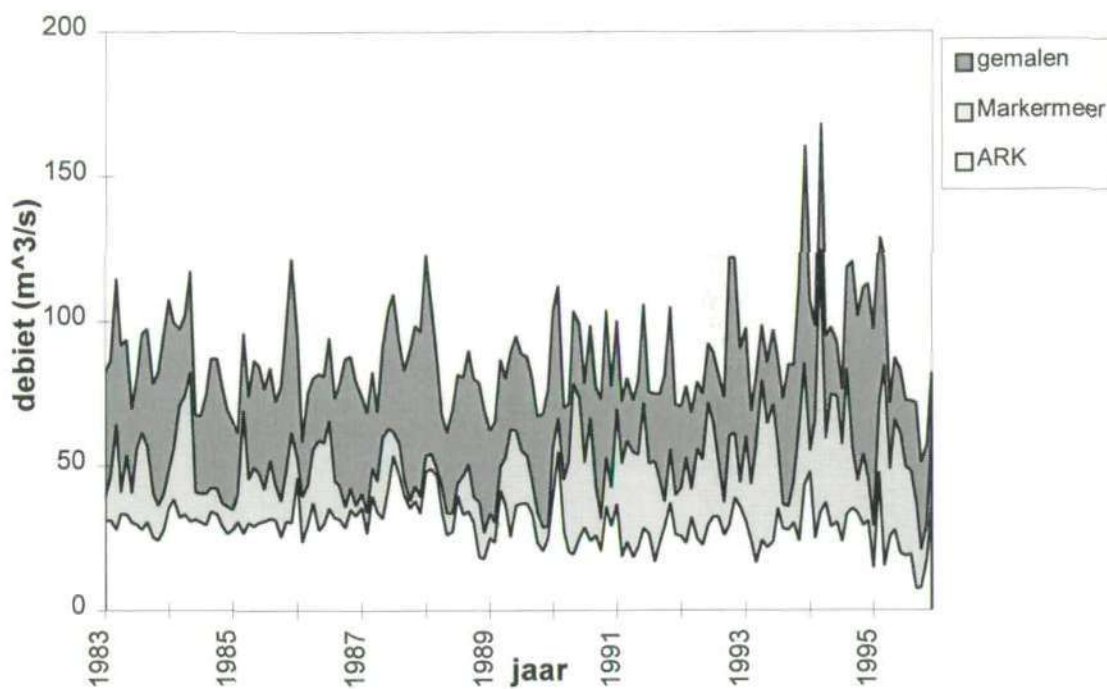
Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal

Noordzeekanaal 83-95

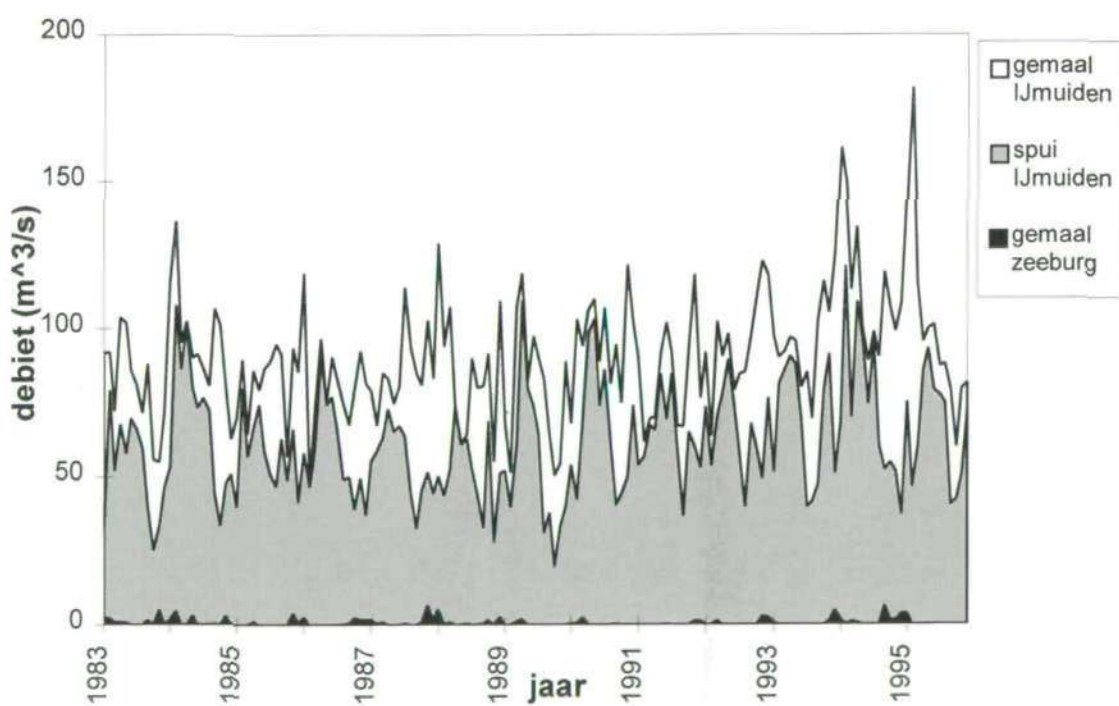
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
meerpeil	-0.40	-0.42	-0.42	-0.41	-0.41	-0.40	-0.40	-0.39	-0.39	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.41	-0.40
in Gemaal Kadoelen (Waterlanden)	0.87	0.43	0.57	0.65	0.54	0.35	0.52	0.46	1.29	0.93	0.77	1.17	0.71	0.79	0.64
in Rijnland	16.45	10.64	11.51	6.91	6.17	6.45	7.06	6.64	9.71	11.08	14.15	14.21	10.08	13.01	7.16
in Schellingwoude	13.28	27.69	18.65	28.48	23.74	15.16	17.70	10.41	7.43	12.47	10.87	11.81	16.47	15.80	17.15
in gemaal Zeeburg	3.99	4.68	4.16	5.70	5.62	5.72	5.85	5.55	4.86	4.52	3.72	3.91	4.86	4.16	5.55
in Uitwaterende sluisen	9.48	6.19	7.70	7.33	8.89	9.10	9.64	9.18	11.20	10.99	11.13	10.17	9.25	9.28	9.22
in Noordzeesluisen	0.97	0.97	0.98	0.99	1.00	1.04	1.00	0.99	1.01	1.01	0.95	0.94	0.99	0.97	1.00
in Rijkswaterstaat, Zanddam-Oost, Groot IJ-polder, Velsen, A'dam Oost	2.56	2.13	2.22	1.96	1.89	2.04	2.14	2.23	2.50	2.65	2.87	2.80	2.33	2.54	2.13
in ARK	34.25	32.08	30.24	30.02	26.69	29.68	32.47	30.21	29.36	27.09	29.17	30.41	30.14	30.54	29.74
in Amstel	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01
ut Gemaal IJmuiden	47.30	28.45	25.68	11.35	8.73	16.57	23.57	28.96	43.02	34.96	39.92	40.06	29.07	36.11	22.03
ut Spui IJmuiden	53.42	65.30	65.00	85.05	80.25	70.84	67.80	52.50	44.23	47.51	48.74	50.32	60.91	55.05	66.78
ut gemaal zeeburg	1.60	0.60	0.66	0.36	0.28	0.06	0.04	0.01	0.69	0.49	2.09	1.50	0.70	1.16	0.24
totaal in Noordzeekanaal	84.88	87.81	79.04	85.04	77.55	72.55	79.40	68.68	70.36	73.74	76.54	78.43	77.84	80.09	75.80
totaal uit Noordzeekanaal	102.32	94.35	91.64	96.76	89.25	87.47	91.41	81.48	87.94	82.96	90.74	91.88	90.68	92.31	89.05
niet verklaarde rest (in)	17.46	6.54	12.60	11.72	11.70	14.92	12.01	12.79	17.58	9.22	14.10	13.45	12.84	12.23	13.45

Amsterdam-Rijnkanaal 79-93

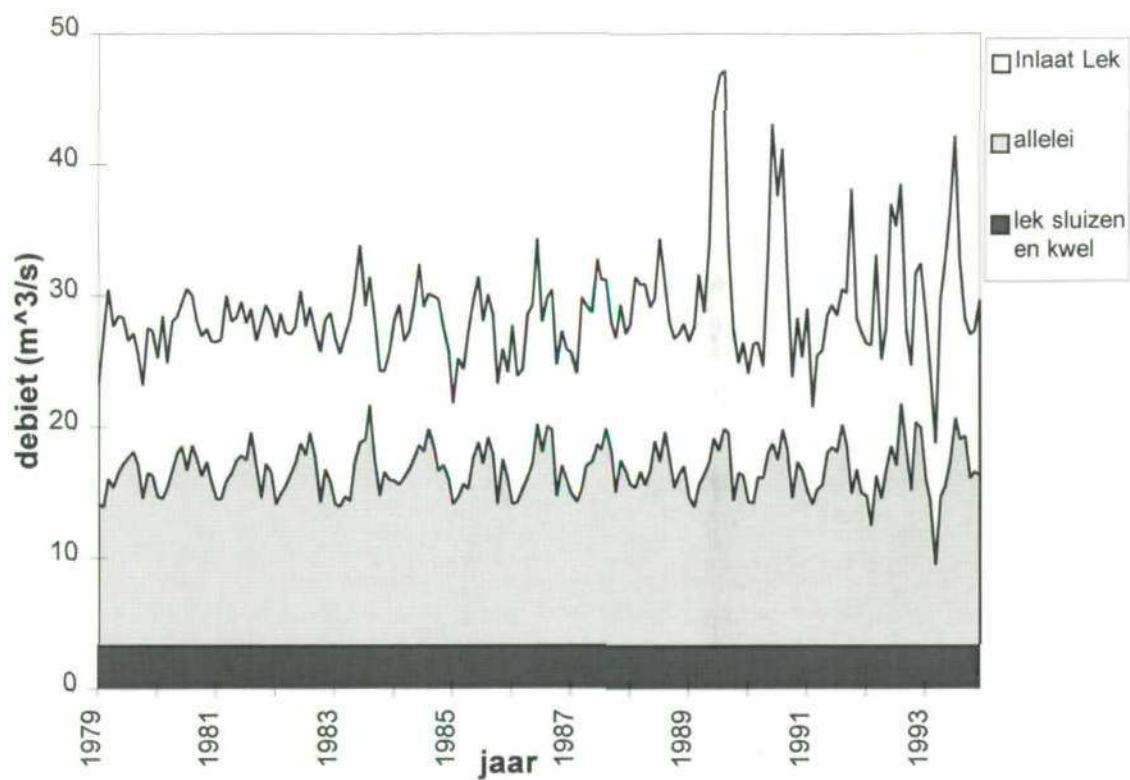
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
ark	-0.39	-0.39	-0.41	-0.39	-0.36	-0.34	-0.36	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.37	-0.38	-0.37
in gemaal Brederloer-waard, ARK, Voorburg, Aartsveeld Oost (Amstel & Vecht)	0.43	0.30	0.33	0.19	0.13	0.17	0.17	0.21	0.33	0.44	0.65	0.53	0.32	0.45	0.20
in Lek alle sluisen	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
in Kwel	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
in Vechtsluis, Dinnie, Nieuwe Vloering Nigtevecht sluis, Smalweesp, Muidertravaart, Zuidersluis, Noorderluis	11.46	11.05	11.98	12.55	13.94	15.27	14.67	16.49	14.93	11.75	13.87	13.15	13.43	12.21	14.64
in IJsselsluisen en Beatrixsluisen	11.54	12.10	12.12	11.92	12.42	14.96	14.24	12.81	10.65	11.65	10.47	10.80	12.14	11.45	12.83
ut Wegzijging	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.995
ut Vechtsluis, Dinnie, Nieuwe Vloering Nigtevecht sluis, Smalweesp, Muidertravaart	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.022
ut Noordzeekanaal	34.91	32.24	32.32	31.86	29.55	32.40	35.06	31.52	31.45	29.35	30.14	30.37	31.77	31.56	31.98
ut GWA en WRK inname	1.44	1.66	1.53	1.72	2.22	2.41	2.60	2.54	2.28	1.96	1.67	1.61	1.97	1.64	2.294
totaal in Amsterdam-Rijnkanaal	26.70	26.71	27.70	27.92	29.75	33.66	32.35	32.78	29.18	27.11	28.25	27.74	29.15	27.37	30.94
totaal uit Amsterdam-Rijnkanaal	37.36	34.89	34.85	34.57	32.82	35.84	38.67	35.08	34.73	32.31	32.80	32.97	34.74	34.20	35.29
niet verklaarde rest (in)	10.66	8.19	7.15	6.66	3.07	2.18	6.33	2.30	5.55	5.19	4.55	5.23	5.59	6.83	4.35



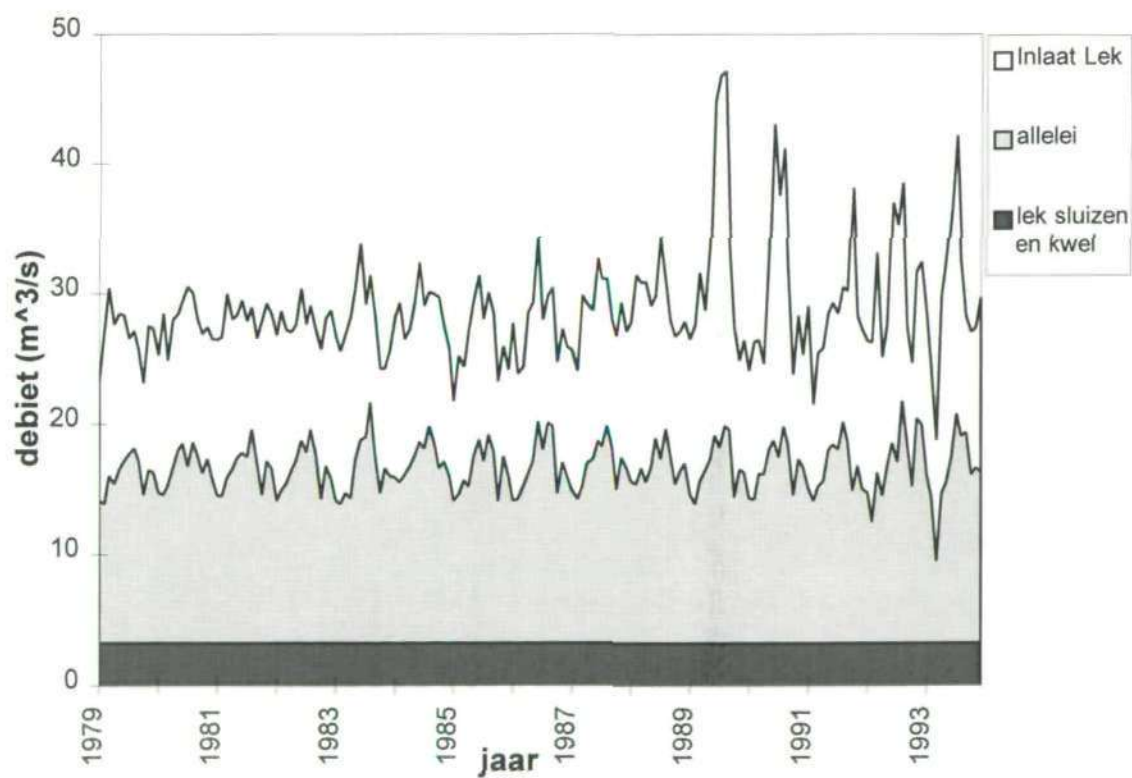
Figuur I-9 Aanvoer naar het Noordzeekanaal



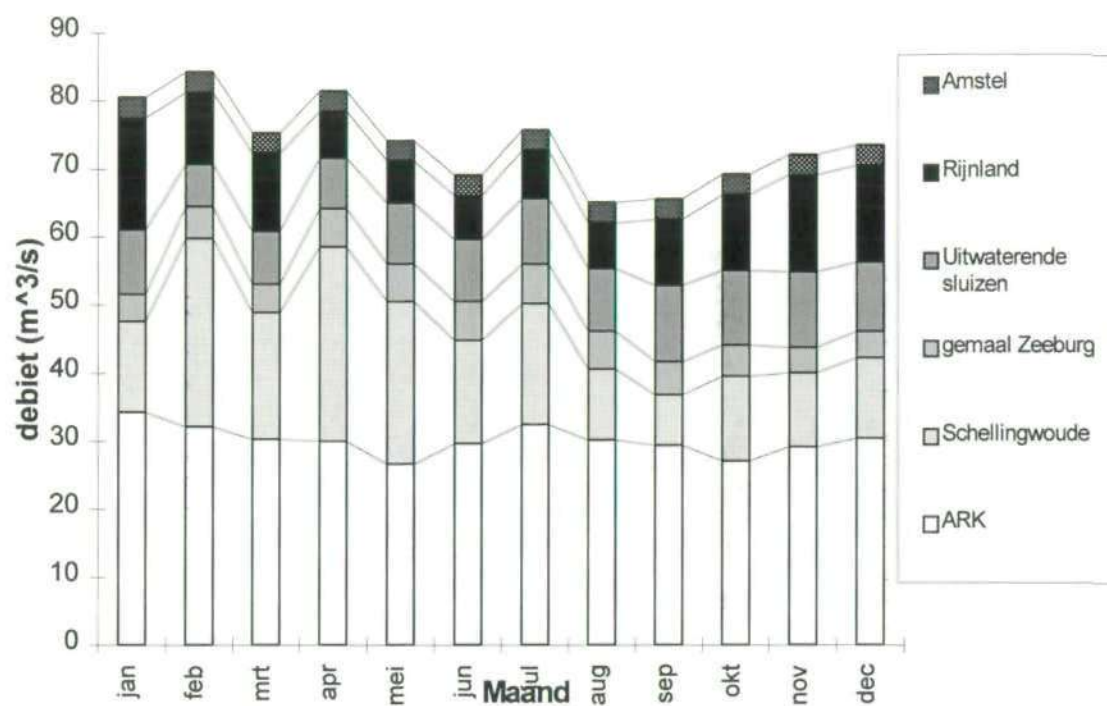
Figuur I-10 Afvoer uit het Noordzeekanaal



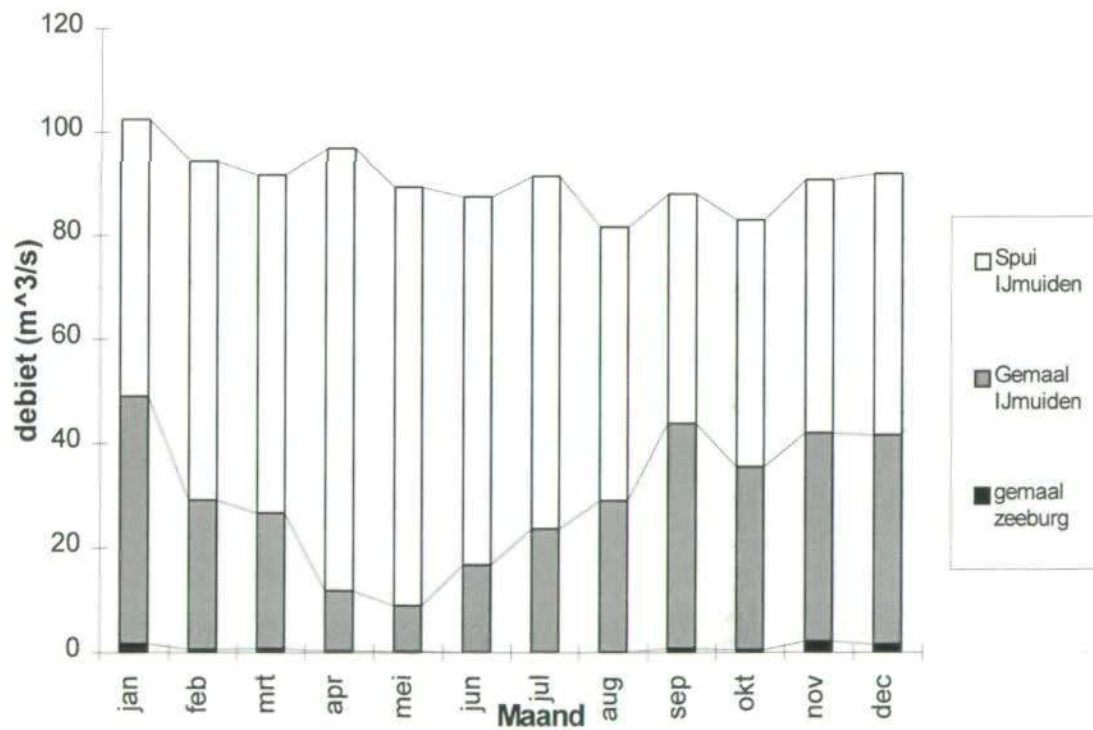
Figuur I-11 Afvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal



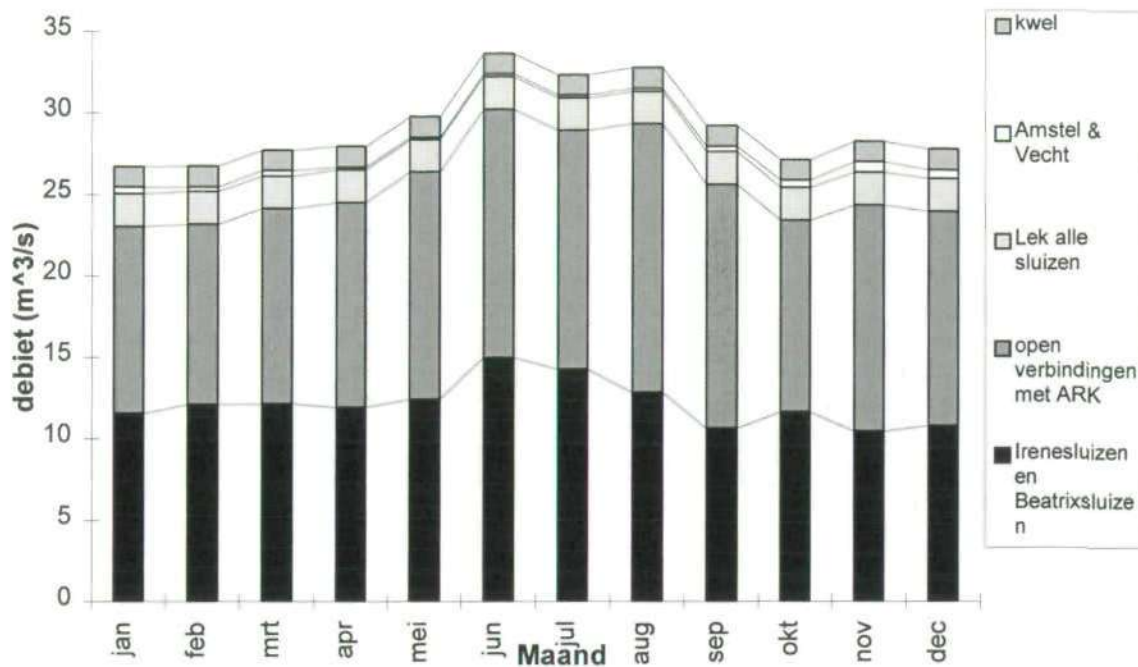
Figuur I-12 Afvoer uit het Amsterdam-Rijnkanaal



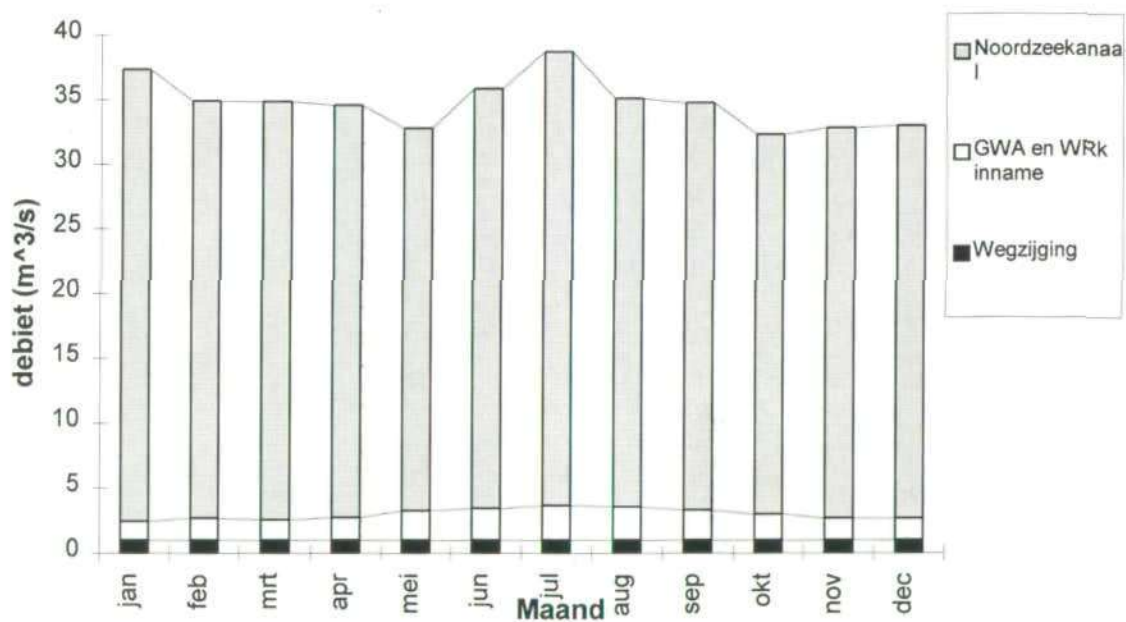
Figuur I-13 Gemiddelde maandaanvoer naar het Noordzeekanaal



Figuur I-14 Gemiddelde maandaflower uit het Noordzeekanaal



Figuur I-15 Gemiddelde maandaanvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal

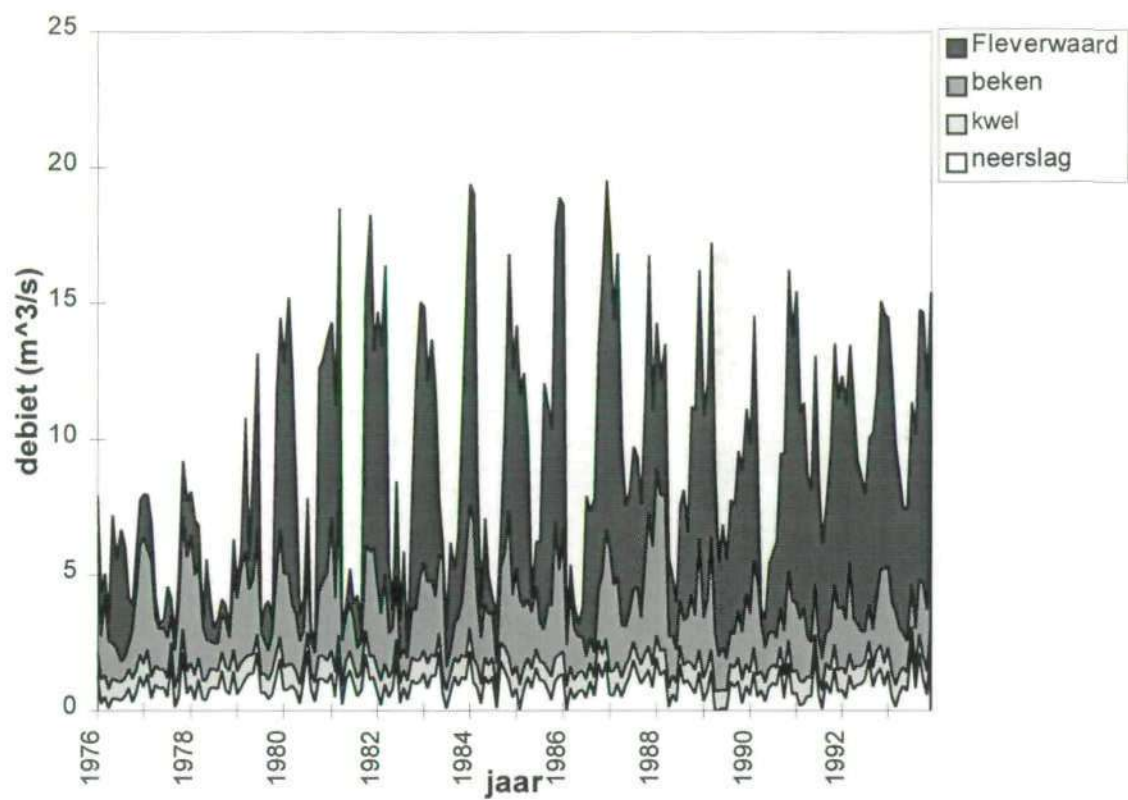


Figuur I-16 Gemiddelde maandaflowe uit het Amsterdam-Rijnkanaal

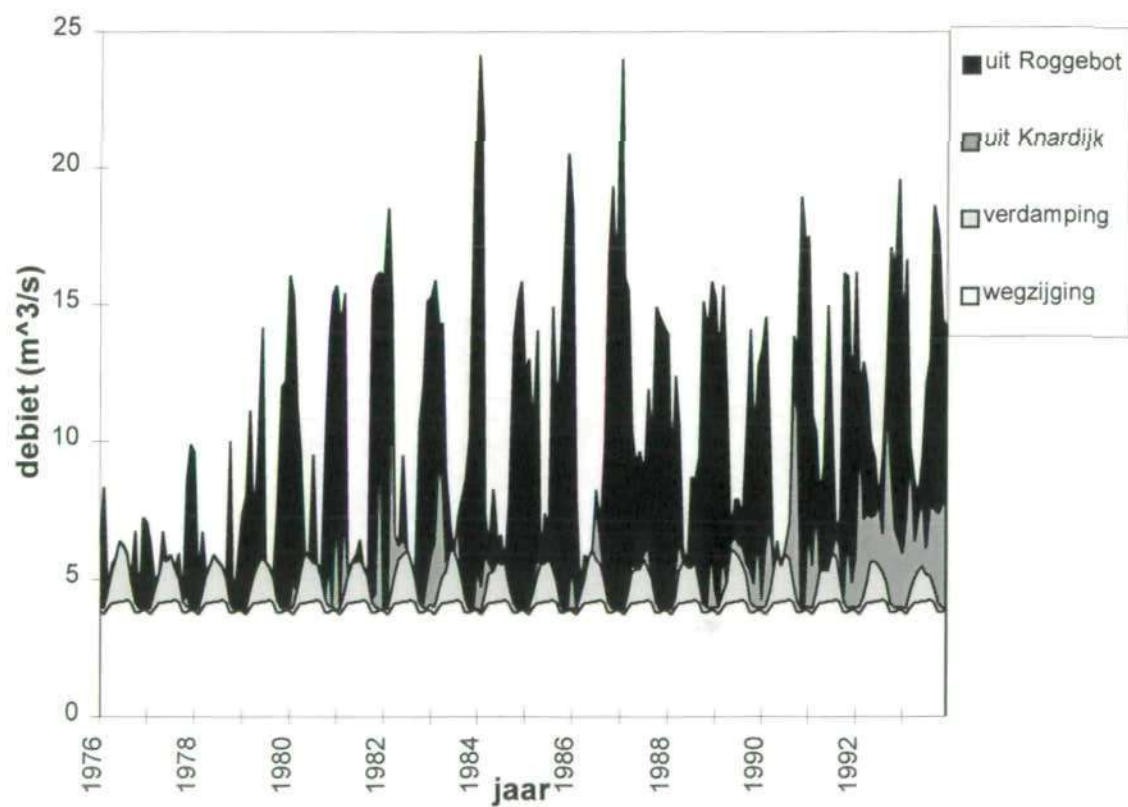
Veluwemeer/Drontermeer

DRONTERMEER/VELUWEMEER 76-93

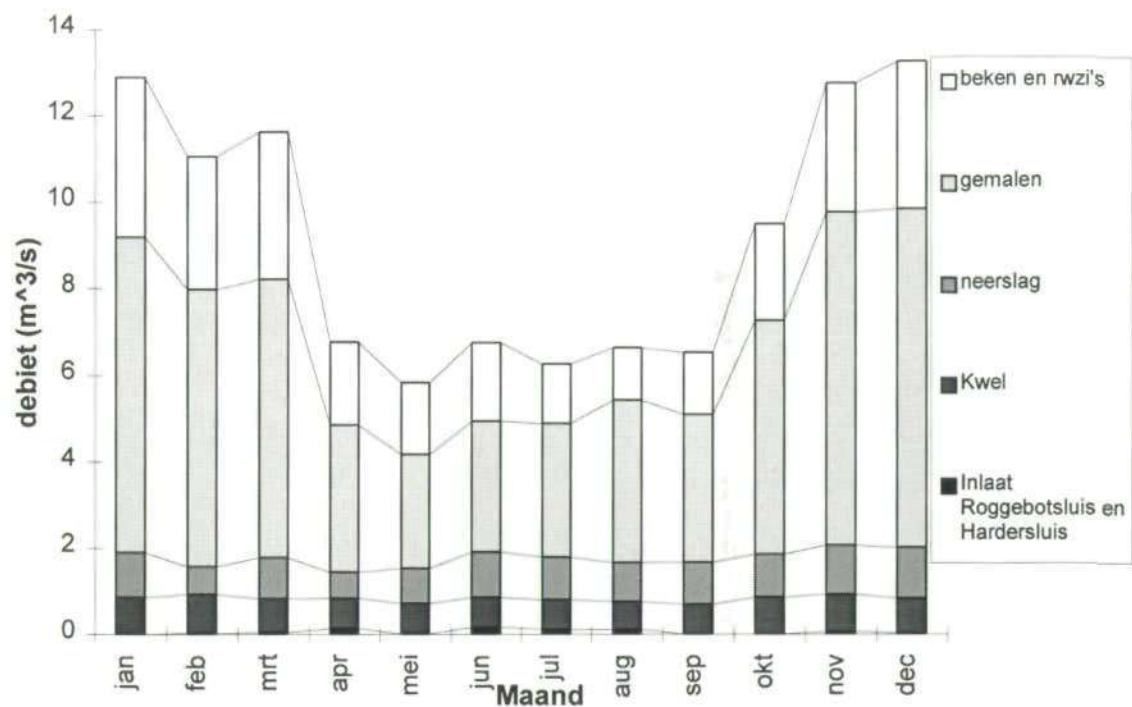
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
in neerslag	1.04	0.63	0.96	0.60	0.81	1.07	0.98	0.90	0.98	1.00	1.14	1.17	0.94	0.99	0.89
in beken en rwzi's	3.72	3.08	3.40	1.92	1.66	1.82	1.38	1.20	1.44	2.24	2.99	3.42	2.35	3.14	1.57
in gemalen	7.29	6.41	6.44	3.41	2.64	3.03	3.10	3.77	3.41	5.40	7.71	7.84	5.04	6.85	3.22
in Inlaat Roggebotsluis en Hardersluis	0.01	0.03	0.03	0.13	0.02	0.16	0.12	0.10	0.00	0.00	0.07	0.03	0.06	0.03	0.09
in Kweel	0.85	0.90	0.79	0.71	0.71	0.68	0.68	0.66	0.69	0.86	0.86	0.81	0.77	0.84	0.69
uit verdamping	0.08	0.21	0.53	1.00	1.47	1.55	1.55	1.27	0.81	0.38	0.15	0.06	0.76	0.24	1.27
uit Spui Roggebotsluis	9.67	7.58	4.14	2.59	1.27	1.87	1.40	1.56	2.57	7.44	8.47	9.26	4.82	7.76	1.88
uit Wegzijging	3.85	3.72	3.94	4.13	4.13	4.17	4.17	4.24	4.16	3.80	3.79	3.89	4.00	3.83	4.16
uit Spui Hardersluis (+ pompstation Knardijk + lek sluis)	0.95	1.00	2.03	0.65	0.30	0.32	0.36	0.57	1.07	0.95	0.72	1.13	0.84	1.13	0.55
totaal in Drontermeer/Veluwemeer	12.90	11.05	11.62	6.76	5.83	6.76	6.26	6.63	6.52	9.49	12.76	13.27	9.15	11.85	6.48
totaal uit Drontermeer/Veluwemeer	14.55	12.51	10.64	8.38	7.19	7.91	7.48	7.65	8.61	12.56	13.12	14.34	10.41	12.95	7.87
niet verklaarde rest (in)	1.66	1.45	-0.98	1.62	1.36	1.16	1.22	1.02	2.10	3.06	0.36	1.08	1.26	1.11	1.41



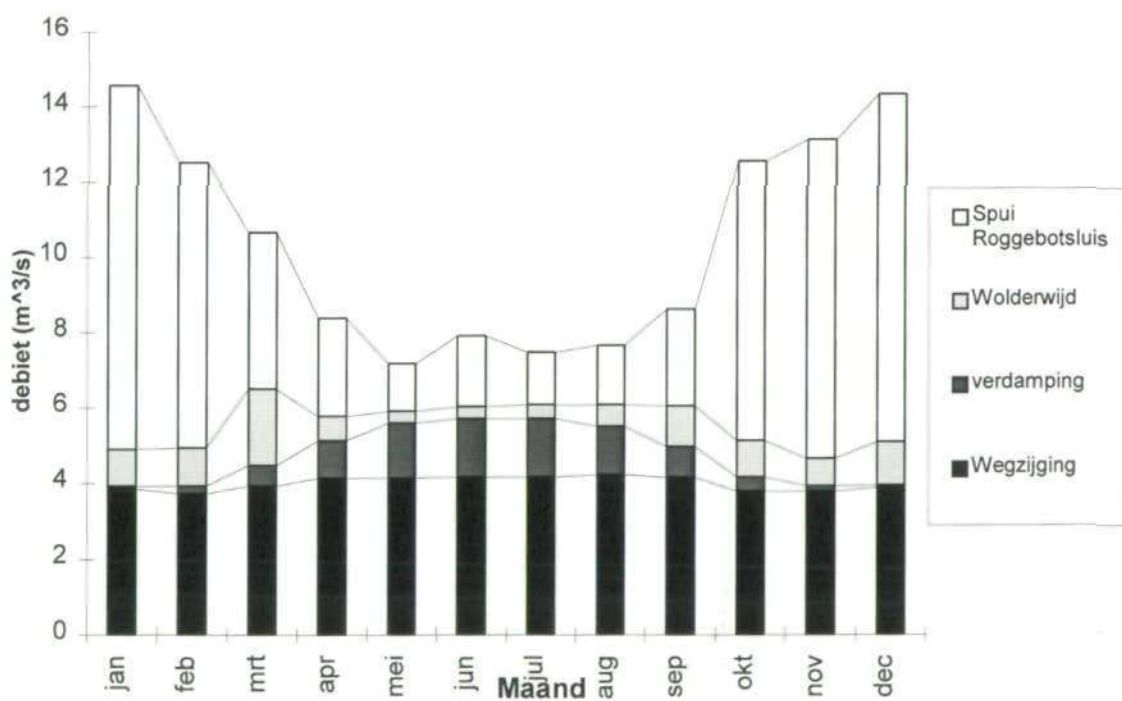
Figuur I-17 Aanvoer naar het Veluwemeer/Drontermeer



Figuur I-18 Afvoer uit het Veluwemeer/Drontermeer



Figuur I-19 Gemiddelde maandaanvoer naar het Veluwemeer/Drontermeer

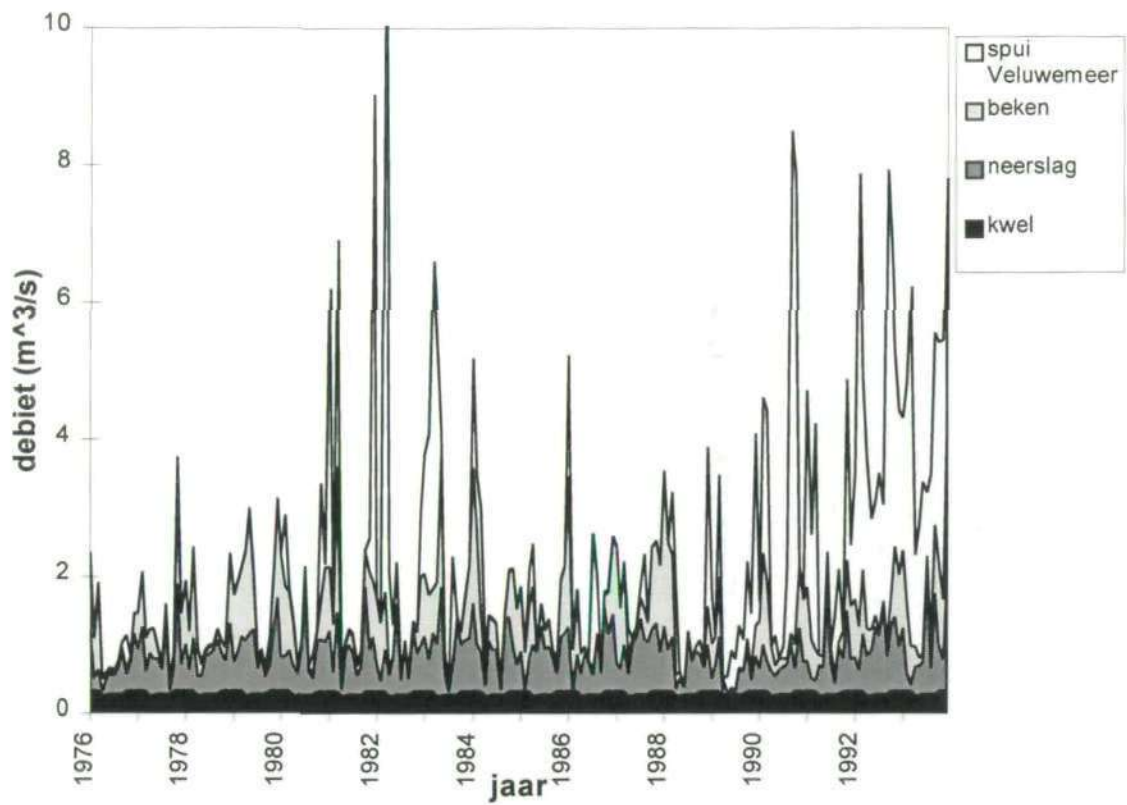


Figuur I-20 Gemiddelde maandaafvoer uit het Veluwemeer/Drontermeer

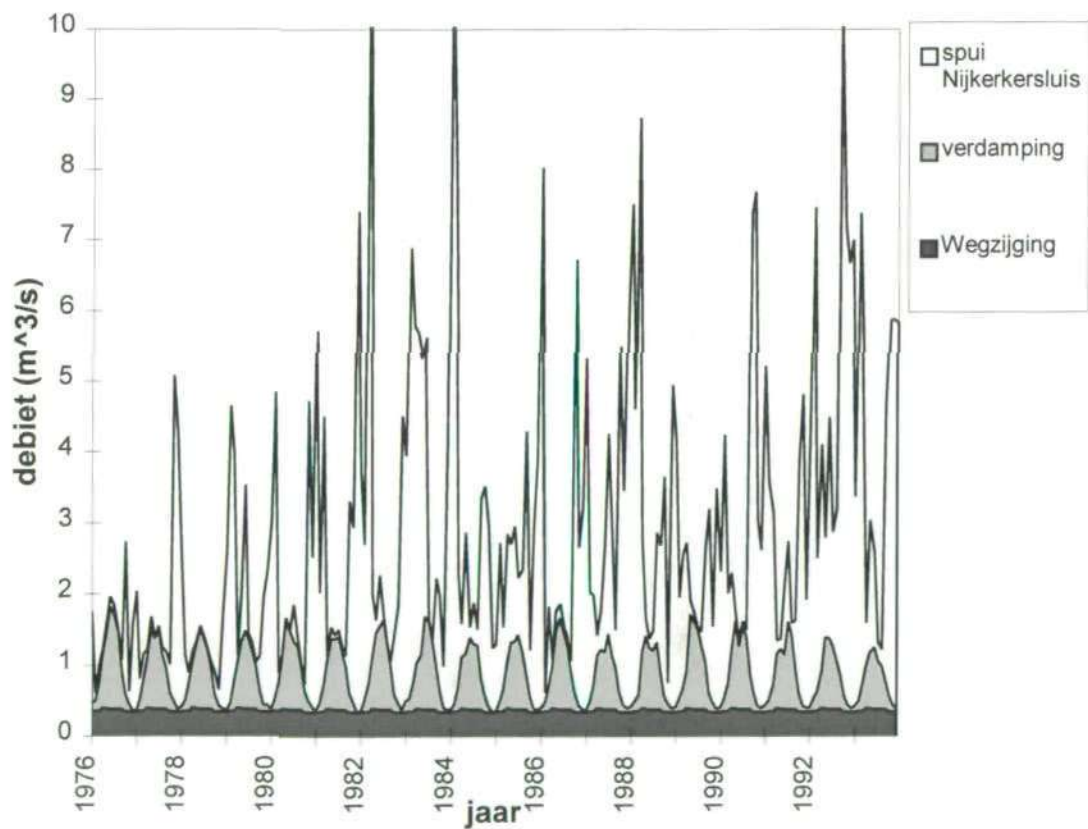
Wolderwijd/Nulderneauw

WOLDERWIJD/NULDERNAUW 76-93

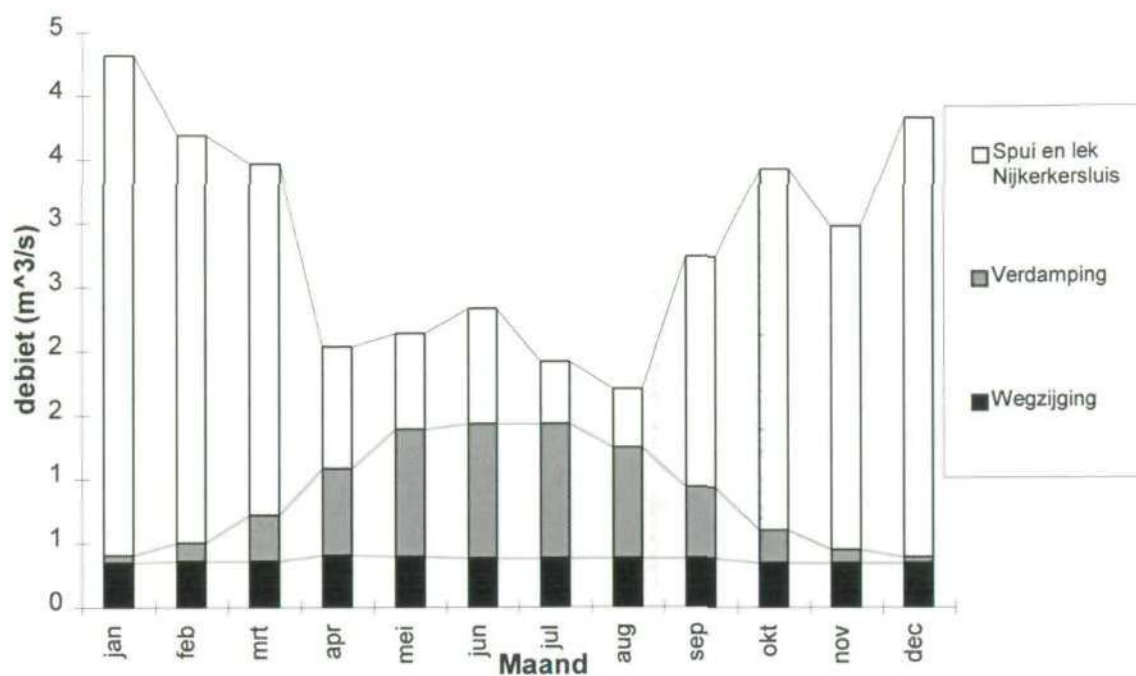
		jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar	winter	zomer
in	Neerslag	0.65	0.38	0.60	0.37	0.55	0.66	0.62	0.56	0.61	0.70	0.74	0.77	0.60	0.64	0.56
	Beken	1.16	0.87	0.96	0.41	0.33	0.20	0.15	0.11	0.15	0.37	0.70	0.97	0.53	0.84	0.22
	Kwel	0.34	0.34	0.32	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.32	0.34	0.32	0.30	0.33	0.27
	Veluwemeer	1.01	1.04	2.05	0.70	0.34	0.37	0.41	0.62	1.09	0.96	0.74	1.16	0.87	1.16	0.59
	Puttergemeel	0.40	0.34	0.37	0.29	0.25	0.17	0.13	0.12	0.14	0.23	0.31	0.39	0.26	0.34	0.18
uit	Verdamping	0.06	0.15	0.36	0.68	1.00	1.05	1.05	0.86	0.55	0.26	0.10	0.04	0.51	0.16	0.87
	Wegzijing	0.35	0.36	0.36	0.41	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	0.37	0.35	0.38
	Inlaat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03
	Spui en lek Nijkerkslus	3.91	3.18	2.74	0.95	0.75	0.90	0.48	0.46	1.80	2.82	2.52	3.43	2.00	3.10	0.89
totaal in Wolderwijd/Nulderneauw		3.56	2.95	4.31	2.03	1.73	1.67	1.58	1.68	2.26	2.58	2.84	3.62	2.57	3.31	1.83
totaal uit Wolderwijd/Nulderneauw		4.32	3.69	3.46	2.03	2.17	2.38	1.96	1.74	2.76	3.42	2.97	3.82	2.89	3.61	2.17
net verkleende rest (in)		0.76	0.73	-0.85	0.00	0.45	0.71	0.38	0.06	0.50	0.85	0.14	0.20	0.33	0.31	0.35



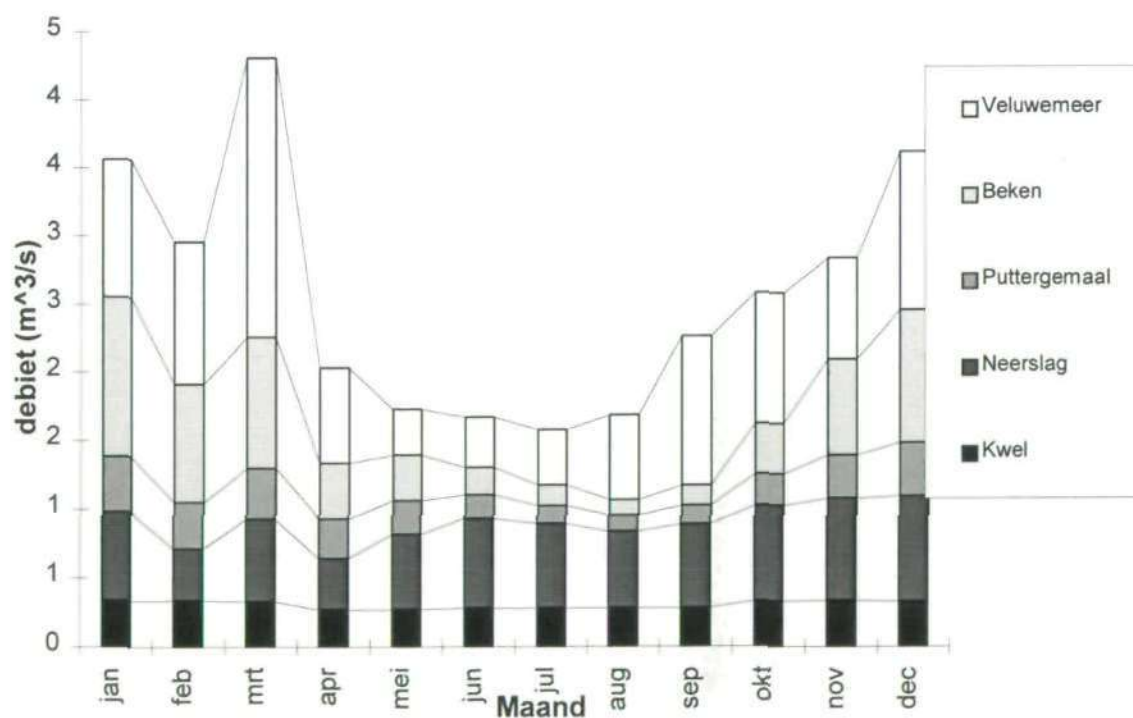
Figuur I-21 Aanvoer naar het Wolderwijd/Nuldernauw



Figuur I-22 Afvoer uit het Wolderwijd/Nuldernauw



Figuur I-24 Gemiddelde maandaafvoer uit het Wolderwijd/Nuldernauw



Figuur I-23 Gemiddelde maandaanvoer naar het Wolderwijd/Nuldernauw

Bijlage II Boezemwerken

(De gegevens in deze bijlage zijn gebaseerd op [Oranjewoud en Waterloopkundig Laboratorium(1995)] en op gegevens uit de waterakkoorden)

Lijst met tabellen

Tabel II-1 Overzicht van de belangrijkste gemalen die afwateren op het plangebied	II-2
Tabel II-2 Globaal overzicht met de karakteristieken van inlaatwerken en spuisluizen.....	II-5
Tabel II-3 Schutsluizen op de grens van studie en plangebied (IJsselmeergebied).....	II-7
Tabel II-4 Schutsluizen in het plangebied	II-8
Tabel II-5 Overzicht gebruikte afkortingen beheerders.....	II-9
Tabel II-6 Overzicht gebruikte afkortingen in Bijlage II	II-10

Tabel II-1 Overzicht van de belangrijkste gemalen die afwateren op het plangebied

naam	bemaalt	voert af naar	totale capaciteit/afvoer (m ³ /s)	bij opvoerhoogte (m)
Fleverwaard				
Lovink	Hoge afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Veluwemeer	19.3	5
Colijn	Hoge afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Ketelmeer	9.7	5
Colijn	Lage afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Ketelmeer	16.7	6
Wortman	Lage afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Markermeer	33.3	6
De Block van Kuffeler	Hoge afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Markermeer	28.2	5
De Block van Kuffeler	Lage afdeling van Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland	Markermeer	23.3	6
Vissering	NOP	IJsselmeer	12	5.5
Smeenge	NOP	Vollenhoverkanaal	10	4.3
Buma	NOP	IJsselmeer	9.7	5.5
Waterschap Hollands Kroon				
Lely	Wieringermeer	IJsselmeer	22.7	5.1-6.4
Leemans	Wieringermeer	IJsselmeer	9.3	4.4/5.9
Westfriesland				
Vier Noorder Koggen	De Vier Noorder Koggen	IJsselmeer	19	3.5/2
Grootslag	Het Grootslag	IJsselmeer	18	3.5
De Drieban	De Drieban	Markermeer	4.5	2.4
Schellinkhout	Schellinkhout	Markermeer	0.3	2.1
Oosterpolder	Oosterpolder	Markermeer	5	2
Westerkogge	Westerkogge	Markermeer	9.3	4

Vervolg Tabel II-1 Overzicht van de belangrijkste gemalen die afwateren op het plangebied

naam	bemaalt	voert af naar	totale capaciteit/ afvoer (m ³ /s)	bij opvoerhoogte (m)
Waterlanden				
Gemaal Hogedijk	Katwoude	Markermeer	1.14	
Gemaal de Poel	Waterland	Markermeer	8.7	
totaal andere gemalen		Markermeer	0.64	
WS Friesland				
J.L. Hoogland-gemaal	Friese Boezem	IJsselmeer	97	0.5
ir. D.F. Wouda-gemaal	Friese Boezem	IJsselmeer	63	0.5
Waterschap Wold en Wieden				
A.F. Stroink	Ettelandsch Kanaal	Vollehovenskanaal	48	1.4
overige			2.7	
Waterschap Noord Veluwe				
De Wenden	Oosterwolde/Oldebroek	DMR	8	1.25/0.35
Puttergemaal	Nijkerkerpolder	NNW	1.9	0.7
overig			1	
Hoogheemraadschap Rijnland				
Spaarnedam	Rijnlandse Boezem	NZK	32	
Halfweg	Rijnlandse Boezem	NZK	33	
Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen				
Zaangemaal	Schermerboezem	NZK	23.3	
Waterschap de Waterlanden				
Kadoelen	Waterland	NZK	12.5	
de Waker	Polder Oostzaan	NZK	5.6	
Schellingwouderbreek	Schellingwouderbreek	Binnen-IJ	1.3	

Vervolg Tabel II-1 Overzicht van de belangrijkste gemalen die afwateren op het plangebied

naam	bemaalt	voert af naar	totale capaciteit/ afvoer (m ³ /s)	bij opvoerhoogte (m)
Hoogheeraadschap Amstel & Vecht				
Gemaal Zeeburg	Stadsboezem Amsterdam en Amstel en Vecht	Markermeer	56.7	
Gemaal Zeeburg	Markermeer	Stadsboezem Amsterdam	39.9	
		ARK	5	
		Amstelland -West	59	
		Vecht	34	
HDSR				
	Kromme Rijngebied		14	
	Oog in AL		14	
	Leidse Rijngebied		8	
Overige ARK/NZK			23	

Tabel II-2 Globaal overzicht met de karakteristieken van inlaatwerken en spuisluizen. Als de dimensies van de inlaat of sluis bekend zijn is een theoretische spuicapaciteit berekend bij een peil in het plangebied van -0.40 en -0.20 m NAP. In de laatste 2 kolommen is het opgegeven debiet met het verval weergegeven.

Inlaat werken / sluizen						theoretische capaciteit (m ³ /s)		opgegeven capaciteit (m ³ /s)	bij verval (cm)
naam	van	naar	aantal	breedte	drempel	-0.40	-0.20		
HHS Amstel & Vecht									
Diemerdammersluis	MMR	ARK	1	5.7	-2.10	0	19	15.5	20
Ilpenslotersluis	MMR	ARK	1	4.0	-2.50	0	17	13.5	20
Zeeburg grondduiker (sifon)	MMR	Stadwateren Amsterdam						37.0	20
	ARK	diverse inlaten						?	
HHS Uitwaterende Sluizen Hollands Noorderkwartier									
Zuidersluis Schardam	MMR	Schermerboezem	1	6.2	-2.30	15.6	27	17.0	
Noordersluis Schardam	MMR	Schermerboezem	1	6.4	-2.40	17	29	16.0	10
Hornsluis te Lutje- Schard	MMR	Schermerboezem	1	6.9	-2.52	19	34	15.8	10
Zeesluis te Edam			1	9.5	-3.80			4.2	10
Grafelijkheidssluis te Monickendam	MMR	Schermerboezem	1	6.2	-2.50	20		15.0	10
Duikersluis te Monnickendam	MMR	Schermerboezem	2	3.0	-2.60	18		14.2	10
Prov. Flevoland									
Noordersluis Wortman	MMR	Lage Vaart	1	8.5	-3.60	20	20	20.0	
Zuidersluis Block van Kuffeler	MMR	Lage Vaart	1	8.5	-3.60	5	5	5.0	
RWS dir Noord-Holland									
Oranjesluis Zuidersluis	MMR	NZK	1	13.8	-4.50	0	112	50.0	5
Oranjesluis Inlaatsluis	MMR	NZK	1	9.8	-4.10	0	72	45.4	20
Oranjesluis 2 maalgang	MMR	NZK	2	3.7	-2.10	0	25	23.0	20
Oranjesluis 1 maalgang geschikt voor visintrek	MMR	NZK	1	3.7	-2.10	0	12	1.8	20
Grote Zeesluis (West)	MMR	De Vecht	1	7.9	-3.10	0	42	10.0	20
IJmuiden	NZK	Noordzee	7	5.9	-9.25	512	645		
RWS- Dir IJsselmeergebied									
Stevinsluizen	YMR	WDZ	15	12.0	-4.40	1815	2223	1905.0	2)
Lorentzsluizen	YMR	WDZ	10	12.0	-4.40	1210	1482	1222.0	2)
Houtribsluis	YMR	MMR	6	18.0	-4.50	920	0	632.0	10
Nijkerkerspuisluis	NNW	NYN	4	15.0	-2.50	349	202		
Krabbersgatsluis	YMR	MMR	2	18.0	-4.50	307	0	211.0	10
Roggebotsluis	DMR	VSR	1	10.0	-4.20	79	0		
Roggebotspuisluis	DMR	VSR	2	2.0	-2.15	15	0		
WS Friesland									
Inlaat Tacozijl	YMR	Friesland	2	3.1	-2.50	19	31	29.0	22
Inlaat Teroelsterkolk	YMR	Friesland	2	6.0	-2.72	41	66	68.0	22
inlaat via Hooglandgemaal	YMR	Friesland	2					25.0	22

Vervolg Tabel II-2 Globaal overzicht met de karakteristieken van inlaatwerken en spuisluisen. Als de dimensies van de inlaat of sluis bekend zijn is een theoretische spuicapaciteit berekend bij een peil in het plangebied van -0.40 en -0.20 m NAP. In de laatste 2 kolommen is het opgegeven debiet met het verval weergegeven.

Inlaat werken / sluizen						theoretische capaciteit (m³/s)		opgegeven capaciteit (m³/s)	bij verval (cm)
						-0.40	-0.20		
naam	van	naar	aantal	breedte	drempel				
Westfriesland									
Inlaat nabij gemaal Vier Noorder Koggen	YMR	Westfriesland	2					6	
Immerhorn	YMR	Grootslag	2					7.7	
totaal andere inlaten	YMR	Westfriesland						0.59	
Hoofdinlaat tbv Polder De Drieban nabij Kraaienburg	MMR	De Drieban						1.18	
Inlaat t.p.v. gemaal Schellinkhout	MMR	Schellinkhout	2					2.33	
Inlaat nabij oude gemaal Westerkogge	MMR		1					2	
totaal andere inlaten	MMR	Westfriesland						0.82	
Waterlanden									
Damsluis	MMR	Waterland						1.48	
totaal andere inlaten	MMR	Waterlanden						0.23	
Ws. Leidse Rijn									
diverse inlaten	ARK	-						1.4	
Ws. Kromme Rijn									
	ARK	Caspergouwse weteringen						3.3	
	ARK	Polder Biester						0.5	
	ARK	Kerkeland Weteringen						0.8	
Drinkwater									
									vergunning
WRK	Lekkanaal	WRK						7.0	
GWA	ARK	GWA						5.0	
WRK									
Inlaat WRK	YMR	Analysebekken	1	5.7	-2.90	19	33	3.5	
PWN	YMR							?	

1) capaciteit overgenomen uit Waterakkoord Oostelijk- en Zuidelijk Flevoland 1996

2) gemiddeld over spuigang van 4 uur

Tabel II-3 Schutsluizen op de grens van studie en plangebied (IJsselmeergebied)

N A A M S L S	C O D E B E H	Verbinding tussen		T Y P E	V O O R Z	A A N T A L O P	B R E E D T E	H O O G T E	D R M P L H G T	K R N D H G T	L E N G T E
Lemstersluis	GEMLM	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	8.00	0.0	-2.69	3.50	50
Riensluis	GEMLM	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	9.00	0.0	-3.50	2.75	0
Riooloverstort PHHaven	GEMMB	YMR	Riolering	R		1	0.00	0.0	0.00	0.00	0
Arkerschutsluis	GEMNK	NYN	Arkervaart	US	D	1	7.00	0.0	-2.80	3.00	0
SS Makkum	GEMWD	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	8.65	0.0	-2.50	3.10	28
Grafelijkheidssluis	HHSUSHN	MMR	Schermerboezem	US	D	1	6.15	0.0	-2.50	0.00	0
Noordersluis Schardam	HHSUSHN	MMR	Schermerboezem	US	D	1	6.35	0.0	-2.40	0.00	13
SS Enkhuizen	HHSUSHN	YMR	Binnenhaven	S	D	1	10.00	0.0	-2.80	2.73	110
Stontelersluis Den Oever	HHSUSHN	YMR	Amstelmeerkanaal	S	D	1	5.60	0.0	-2.80	0.00	0
Zeesluis te Edam	HHSUSHN	MMR	Schermerboezem	US	DS	1	9.51	0.0	-3.80	2.85	36
Zuidersluis Schardam	HHSUSHN	MMR	Schermerboezem	US	DS	1	6.20	0.0	-2.30	0.00	18
Friese sluis	PROFL	YMR	Lemstervaart	S	D	1	7.04	0.0	-3.10	2.98	0
Kadoelersluis	PROFL	ZMR	VKN	KS	S	1	10.50	0.0	-3.70	3.50	0
Kadoelersluis	PROFL	ZMR	VKN	S	S	3	5.35	0.0	-3.70	3.50	0
Ketelsluis	PROFL	KMR	Hoge Vaart	S	D	1	6.80	0.0	-3.50	2.65	0
Noordersluis Wortman	PROFL	MMR	Lage Vaart	SI	DW	1	8.54	0.0	-3.60	2.50	0
Urkersluis	PROFL	YMR	Urkervaart	S	D	1	7.04	0.0	-3.10	2.98	0
Voorstersluis	PROFL	VKN	Zwolse Vaart	S	D	1	7.00	0.0	-3.10	2.00	0
Zuidersluis BVK	PROFL	MMR	Lage Vaart	S	DW	1	8.54	0.0	-3.60	3.00	0
Johan Frisosluis	PROFR	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	9.00	0.0	-3.76	3.14	0
Prinses Margrietsluis	PROFR	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	16.20	0.0	-4.50	3.00	0
Ganzesluis	PRONWO	YSS	GDP	S	S	1	6.00	-2.5	0.00	0.00	0
SS Blokzijl	PRONWO	VKN	Boezem waterschap W en W	S	D	1	7.00	0.0	-2.25	0.00	0
SS Hindeloopen	SHH	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	4.73	0.0	-1.82	2.92	0
SS Workum	WSIM	YMR	Frieslandsboezem	S	D	1	7.35	0.0	-2.30	3.15	0

Tabel II-4 Schutsluizen in het plangebied

N A A M S L S	C O D E B E H	Verbinding tussen		T Y P E	V O O R Z	A A N T A L O P	B R E E D T E	H O O G T E	D R M P L H G T	K R N D H G T	L E N G T E
Grote Zeesluis (midden)	RWSNH	MMR	De Vecht	S	D	1	6.67	0.0	-3.21	0.00	0
Grote Zeesluis (Oost)	RWSNH	MMR	De Vecht	S	D	1	7.87	0.0	-3.21	0.00	0
Grote Zeesluis (West)	RWSNH	MMR	De Vecht	US	DK	1	7.89	0.0	-3.12	0.00	0
Oranjesluis (middenkolk)	RWSNH	MMR	Noordzeekanaal	S	D	1	18.00		-4.50	3.50	96
Oranjesluis (noord/klein)	RWSNH	MMR	Noordzeekanaal	S	D	1	14.00		-4.50	3.50	73
Oranjesluis (zuid/klein)	RWSNH	MMR	Noordzeekanaal	SI	D	1	14.00		-4.50	3.50	73
Oranjesluis Alexander sl.	RWSNH	MMR	Noordzeekanaal	S	D	1	24.00		-4.50	3.50	197
Noordersluis IJmuiden	RWSNH	NZK	Noordzee	S		1	50.00	4.8	-15.00		400
Middensluis IJmuiden	RWSNH	NZK	Noordzee	S		1	25.00	48.5/3.5	-10.15		225
Zuidersluis IJmuiden	RWSNH	NZK	Noordzee	S		1	18.00		-7.94		119
Kleinesluis IJmuiden	RWSNH	NZK	Noordzee	S		1	12.00		-5.15		69
Grote SS Kornwerderzand	RWSYMG	YMR	WDZ	S	D	1	14.00	6.0	-4.40	5.13	142
Kleine SS Kornwerderzand	RWSYMG	YMR	WDZ	S	D	1	9.00	6.0	-4.40	5.00	70
SS Den Oever	RWSYMG	WDZ	YMR	S	D	1	14.00	5.0	-4.40	4.80	142
Krabbersgatschutsluis	RWSYMG	YMR	MMR	S	D	1	12.00	6.1	-4.50	2.85	110
Houtribsluizen	RWSYMG	YMR	MMR	S	D	2	18.00	6.1	-4.50	3.05	190
Nijkerkerschutsluis	RWSYMG	NNW	NYN	S	D	1	10.04	2.5	-4.50	2.15	90
Roggebotsluis	RWSYMG	DMR	VSR	US	D	1	10.00	2.5	-4.50	2.65	90
Hardersluis	RWSYMG	VMR	WWD	S	D	1	7.45	2.5	-3.50	0.00	65
Prinses Irenesluis	RWSU	Lek	ARK	S		1	24	9.3	-5.50		260
Prinses Irenesluis	RWSU	Lek	ARK	S		1	18	9.1	-4.60		350
Prinses Beatrixluis	RWSU	Lek	ARK	S		2	18	6.5/7.8	-4.60		225

Tabel II-5 Overzicht gebruikte afkortingen beheerders

Overzicht afkortingen beheerders	
CODEBEH	NAAMBEH
GEMAMS	GEM Amsterdam dienst R & W
HHSFW	HHS Fleverwaard
HHSAV	HHS Amstel en Vecht
HHSUSHN	HHS Uitwaterende sluizen HN
PROFL	PRO Flevoland
PROFR	PRO Friesland
PRONH	PRO Noord-Holland
PROUT	PRO Utrecht
RWSYMG	RWS directie IJsselmeergebied
RWSNH	RWS directie Noord-Holland
RWSUT	RWS directie Utrecht
UNA	UNA Energieproductiebedrijf
WRK	WRK Watertransportmij
PWNNH	PWN Noord-Holland
WSBD	WS Benoorden de Dedemsvaart
WSBV	WS Bezuiden de Vecht
WSNVD	WS De Noorder Vechtdijken
WSDSW	WS De Stellingwerven
WSFR	WS Friesland
WSGVE	WS Gelderse Vallei en Eem
WSHK	WS Hollands Kroon
WSYD	WS IJsseldelta
WSIM	WS It Marnelan
WSNV	WS Noord-Veluwe
WSNOP	WS Noordoostpolder
WSOV	WS Oost-Veluwe
WSSAL	WS Salland
WSTMK	WS Tusken Mar en Klif
WSWF	WS Westfriesland
WSWW	WS Wold en Wieden
WSDWL	WS De Waterlanden
ZSAG	ZS Amstel- en Gooiland
ZSV	ZS Veluwe
ZSWO	ZS West-Overijssel
GEMEH	GEM Enkhuizen
GEMGM	GEM Genemuiden
GEMLM	GEM Lemsterland
GEMMB	GEM Medemblik
GEMNK	GEM Nijkerk
GEMWD	GEM Wonsradeel
CAMUD	CAMPing Uitdam
RWSNRD	RWS directie Noord
SHH	Stichting Hielperhaven
RWSON	RWS directie Oost-Nederland
PROOV	PRO Overijssel
GEMKP	GEM Kampen

Tabel II-6 Overzicht gebruikte afkortingen in Bijlage II

IJsselmeer		Markermeer		Veluwemeer	
YMR	IJsselmeer	MMR	Markermeer	VMR	Veluwemeer
VSR	Vossemeer	GMR	Gooimeer	DMR	Drontermeer
KMR	Ketelmeer	EMR	Eemmeer		
VKN	Vollenhov kanaal	NYN	Nijkerkernauw		
ZMR	Zwarte Meer	EEM	de Eem		
ZWR	Zwarte Water				
GDP	Ganze Diep				
AFW	Afwateringskanaal				
GDT	De Goot				
YS1	IJssel benedenstr. vak				
ALK	Alm. Kanaal				
NWT	Nieuwe Watering				
VWT	Veluwe Wetering				
UVT	Uitvliet				
MDP	Mepperlerdiep				
BR	Buitev Reeve				
Wolderwijd					
WWD	Wolderwijd				
NUL	Nuldernaauw				
IJssel					
GRK	Galgenrak				
YS2	Bonvenst. vak IJssel				
NZK	Noordzeekanaal				
ARK	Amsterdam/Rijnkanaal				
WDZ	Waddenzee				

Gemalen			
code	Type pomp	code	aandrijving
C	centrifugaal pomp	E	Electrisch
S	Schroefpomp	D	Diesel
GS	Gesloten schroefpomp	S	Stoom
SC	Schroefcentrifugaalpomp		
V	Vijzel		
R	Scheprad		
D	Dompelpomp		
Kunstwerken onder vrij verval			
Code	Type kunstwerk	code	Voorziening
U	Uitwateringssluis	K	Klep
I	Inlaat	S	Stuw
S	Schutsluis	A	Afsluiter
K	Keersluis	D	Deur
H	Hevel	H	hefdeur