



Wateropgave Boezemwateren

Eindrapport

Nelen & Schuurmans
consultants



8 maart 2005

Opdrachtgever:
Dienst Waterbeheer en Riolering
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam

Nelen & Schuurmans Consultants BV
Postbus 292
3720 AG Bilthoven
Tel. 030 - 225 48 69

WWW.NSCONSULT.NL

KVK, UTRECHT 30152280

Project:

Wateropgave Boezemwateren

Eindrapport

Projectgegevens:

Dossier : F0046

Datum : 8 maart 2005

Niets uit deze rapportage mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de hierboven vermelde opdrachtgever, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Karakteristieken van het gebied	2
1.3.1	Boezemsysteem	2
1.3.2	Polders en boezemland	3
1.3.3	Beheer bij hoogwater	4
1.4	Werkwijze	5
1.4.1	Gegevensplatform	5
1.4.2	Analyses	5
1.5	Randvoorwaarden en uitgangspunten	6
2	Toetsingskader	7
2.1	Normering en eisen	7
2.2	Signalering van hydraulische knelpunten	8
2.3	NBW werknormen	8
2.4	Maatgevend boezempeil	11
3	Modelbeschrijving	13
3.1	Gegevensplatform	13
3.2	Modellering	13
3.3	Randvoorwaarden	13
3.4	Kalibratie	14
3.4.1	Gebeurtenis	14
3.4.2	Debiet	14
3.4.3	Waterstanden	15
3.4.4	Waterbalans	15
3.4.5	Meetreeksen	16
4	Analyse systeemgedrag	17
4.1	Functioneren boezemsysteem	17
4.2	Stationaire afvoer	18
4.2.1	Algemeen	18
4.2.2	Aanvoer gelijk aan maximum afvoer	19
4.2.3	Aanvoer groter dan de maximum afvoer	20
4.3	Dynamische afvoer	22
4.3.1	Extreme situatie	22
4.3.2	Extreme situatie met uitbreiding gemaal IJmuiden	22
5	Toetsing aan de normen	25
5.1	Hydraulische knelpunten	25
5.1.1	Algemeen	25
5.1.2	Tracé Amstel - gemaal Zeeburg	27
5.1.3	Tracé Kromme Mijdrecht - ARK	27
5.2	NBW normering	28
5.3	Maatgevend boezempeil	28
6	Maatregelen	29



6.1	Algemeen	29
6.2	Oplossen van hydraulische knelpunten	30
6.2.1	Tracé Amstel – gemaal Zeeburg	30
6.2.2	Tracé Kromme Mijdrecht – ARK	31
6.3	Lokaal verhogen van het MBP	31
6.4	Extra afvoeren naar calamiteitenpolders	32
6.5	Maalbeperking	33
6.6	Calamiteiteninformatiesysteem	35
6.7	Resumé	35
7	Conclusie en aanbevelingen	37
7.1	Conclusies	37
7.2	Aanbevelingen	38
	Literatuurlijst	39
I	Overzicht randvoorwaarden	41
II	Overzicht poldergemalen DWR	43
III	Kalibratie en verificatie	45
IV	Praktijkgegevens hoogwaters AGV	49
V	Kaarten stationaire afvoersituatie	53
VI	Verval kunstwerken	55
VII	NBW toetsing boezemland	59



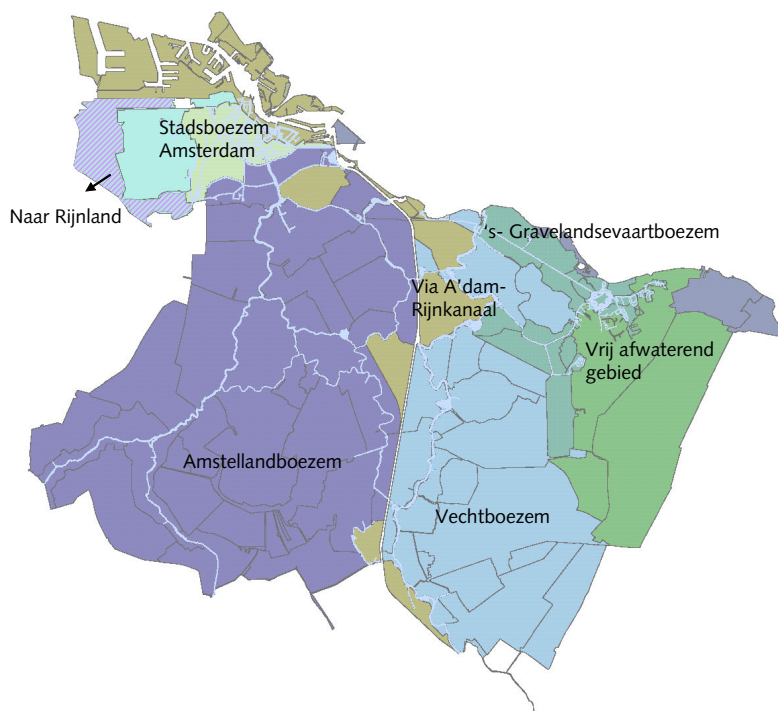
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een van de primaire taken van het Hoogheemraadschap van Amstel, Gooi en Vecht (AGV) is om het beheersgebied te beschermen tegen wateroverlast. Met de ondertekening van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) op 2 juli 2003 hebben de waterschappen zich geconformeerd aan het nationale beleid inzake de waterproblematiek.

Een van de aspecten hiervan is dat het regionale watersysteem getoetst dient te worden aan de werknormen voor regionale wateroverlast en de resulterende wateropgave moet worden bepaald. Voor het boezemstelsel van Amstel, Gooi en Vecht is deze analyse versneld uitgevoerd zodat begin 2005 duidelijk is welke locaties in Noord-Holland voorlopig worden aangewezen voor grootschalige waterberging (c.q. waterconservering).

Voor de onderbouwing hiervan is een hydraulische analyse uitgevoerd, waarbij het gehele boezemstelsel en de interactie met het boezemland en de polders is beschouwd.



Figuur 1.1 Overzicht van het studiegebied. De Amstellandboezem, de Stadsboezem Amsterdam, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Vechtboezem en de 's-Gravelandsevaartboezem. Deze wateren allen in noordelijke richting af via sluizen (indien mogelijk), via gemaal Zeeburg en via het gemaal bij IJmuiden.

In november 2004 heeft de Dienst Waterbeheer en Riolering (DWR), die de waterbeheerstaken uitvoert voor het Hoogheemraadschap AGV, aan Nelen & Schuurmans Consultants opdracht verleend voor het uitvoeren van de wateropgave boezemwateren.

1.2 Doel

Het doel van het project is om voor het gehele boezemsysteem de Amstellandboezem, de Vechtboezem en de Amsterdamse Stadsboezem inzicht te krijgen in de kans op wateroverlast in de boezemlanden. Ook wordt voor deze boezems de wateropgave opgesteld.



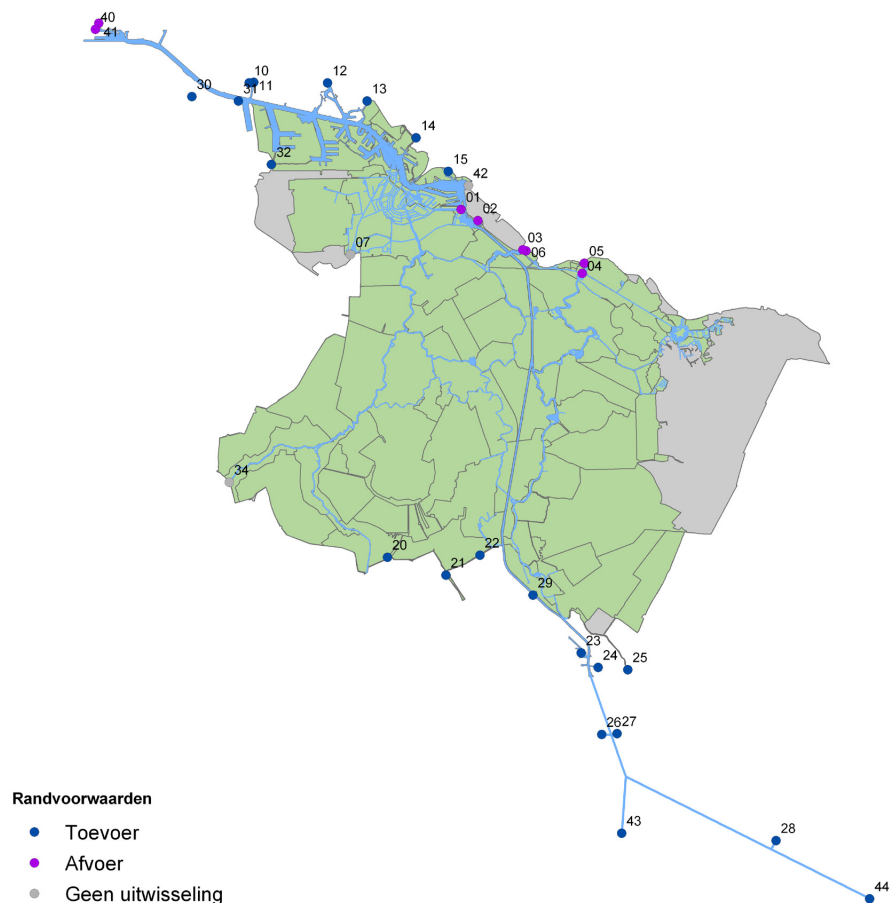
1.3 Karakteristieken van het gebied

1.3.1 Boezemsysteem

Het bijzondere van het boezemsysteem van Amstel, Gooi en Vecht is dat het onder normale omstandigheden in open verbinding staat met de Rijkswateren Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal. De afvoer van dit gebied wordt hoofdzakelijk geregeld met het spui- en maalcomplex IJmuiden.

De Ipenslotersluis, Diemerdammersluis en Zeesluis Muiden worden ingezet bij een waterstand op het ARK hoger dan NAP 0,30 m. In geval van nood kan de bemaling van Reliant Energy worden gebruikt om water uit te slaan op het IJmeer.

De Rijkswateren worden niet alleen belast door de afvoer van het boezemsysteem van Amstel, Gooi en Vecht. Maar ook door de (grotendeels bemalen) afvoer vanuit de hoogheemraadschappen De Stichtse Rijnlanden, Rijnland en Hollands Noorderkwartier en via de Leksluizen. In een analyse van het boezemsysteem van AGV moet derhalve noodzakelijkerwijs een veel groter gebied worden betrokken. In Figuur 1.2 staat een overzicht van alle locaties in het boezemsysteem waar aan- en afvoer plaatsvindt (zie ook bijlage I).



Figuur 1.2 Randvoorwaarden van het boezemsysteem (de nummers corresponderen met de tabel)



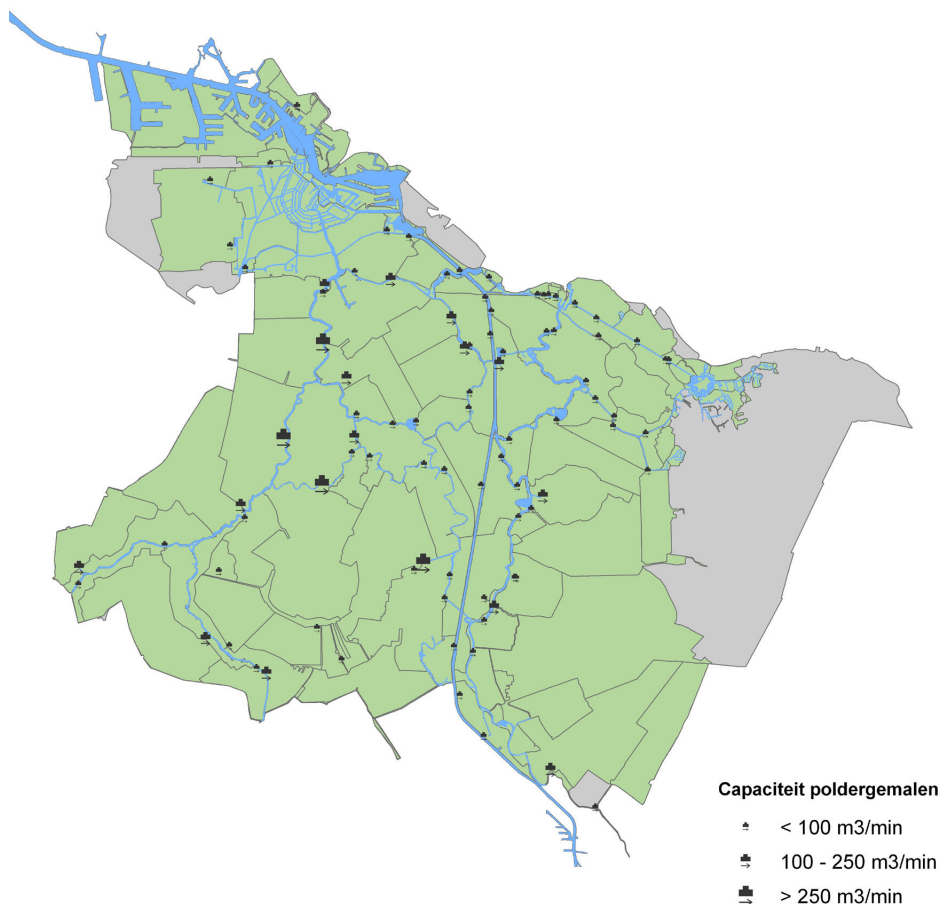
Nummer	Naam
01	Gemaal Zeeburg
02	Iepenslotersluis
03	Diemendammersluis
04	Zeesluis Muiden
05	Steenen Beer
06	Hoogwaterbemaling Reliant Energy
07	Sluis Nieuwe Meer
10	Gemalen voorm. Ws. Lange Rond
11	sluis Nauerna
12	Zaangemaal
13	De Waker
14	Kadoelen
15	Schellingwouderbreek
20	Oudendam
21	Kockengen
22	De Tol
23	Gemaal de Aanvoerder
24	Spuisluis Oog in Al
25	Weerdsuis (ADM de Rode brug)
26	Zuidersluis hoogwaterbemaling
27	Noordergemaal
28	Stuw & gemaal Caspargouwse Wetering
29	Gemalen HDSR
30	Spaarndam
31	Gemalen voorm. Ws. Groot-Haarlemmermeer
32	Halfweg
34	Tolhuissluis
40	Gemaal IJmuiden
41	Spuisluizen IJmuiden
42	Oranjesluizen
43	Prinses Beatrix sluizen
44	Prinses Irene sluizen

Een extra complicerende factor is dat een belangrijk deel van de afvoer van het gehele systeem afhankelijk is van de variabele buitenwaterstanden op de Noordzee en het IJmeer (spuisluizen). Dit betekent dat niet altijd de volledige afvoer gegarandeerd is. Problemen op de boezem treden dan ook vaak op wanneer bij hevige neerslag over een groter gebied, de afvoer is gestremd door te hoge buitenwaterstanden. Door de recente oplevering van de capaciteitsuitbreiding van het gemaal bij IJmuiden is de afhankelijkheid van te hoge buitenwaterstanden aanzienlijk gereduceerd doordat het gemaal aanmerkelijk in capaciteit is uitgebreid met een grotere opvoerhoogte.

In deze studie moet de wateropgave voor het boezemgebied worden bepaald. Gelet op de bovenstaande punten is dat geen eenvoudige opgave, omdat het boezemsysteem niet als een geïsoleerd gebied kan worden beschouwd en rekening moet worden gehouden met verschillende faalmechanismen zoals hevige neerslag, hoge buitenwaterstanden en wind.

1.3.2 Polders en boezemland

Binnen Amstel, Gooi en Vecht wateren de poldergemalen (en een aantal molens), RWZI's en boezemland af op de boezem. In Figuur 1.3 staan de poldergemalen weergegeven (zie voor een compleet overzicht bijlage II). Het boezemland watert vrij af naar de boezem en bestaat grotendeels uit Amsterdam.



Figuur 1.3 Overzicht van de poldergemalen in het beheersgebied van Amstel, Gooi en Vecht

1.3.3 Beheer bij hoogwater

Normaal staan de Amstellandboezem en de Stadsboezem Amsterdam in open verbinding met het ARK en het IJ. Omdat bij waterstanden hoger dan NAP -0,15 m wateroverlast in ondermeer Amsterdam ontstaat, wordt bij een waterstand van NAP -0,20 m het IJ-front gesloten (keringen tussen de Stadsboezem Amsterdam en Het IJ). De Stadsboezem en (een deel van) de Amstellandboezem worden dan bemalen door gemaal Zeeburg. Dit gebeurt gemiddeld eens in de 1 à 2 jaar.

De Amstellandboezem kan met behulp van keringen (gefaseerd) worden afgesloten van het Amsterdam-Rijnkanaal (het ARK-front). In principe verloopt de afvoer van de Amstellandboezem zo lang mogelijk via het Amsterdam-Rijnkanaal. De keringen worden gesloten wanneer de waterstand op het Amsterdam-Rijnkanaal hoger wordt dan de waterstand op de Amstellandboezem. Dit gebeurt minder vaak dan de sluiting van het IJ-front.

Indien de waterstand in Amsterdam verder stijgt tot NAP -0,15 m, kan ook het Amstel-front (gedeeltelijk) worden gesloten. In de praktijk wordt het Amstel-front echter niet vaak gebruikt voor hoogwatersituaties.



1.4 Werkwijze

Voor het uitvoeren van de studie is een gefaseerde werkwijze gevolgd, waarbij elke fase is afgesloten met een concreet tussenproduct. De volgende fases zijn onderscheiden:

1. Opstellen boezemmodel;
2. Kalibratie en modelanalyses;
3. Opstellen eisen en analyse knelpunten;
4. Maatregelen en analyse wateropgave.

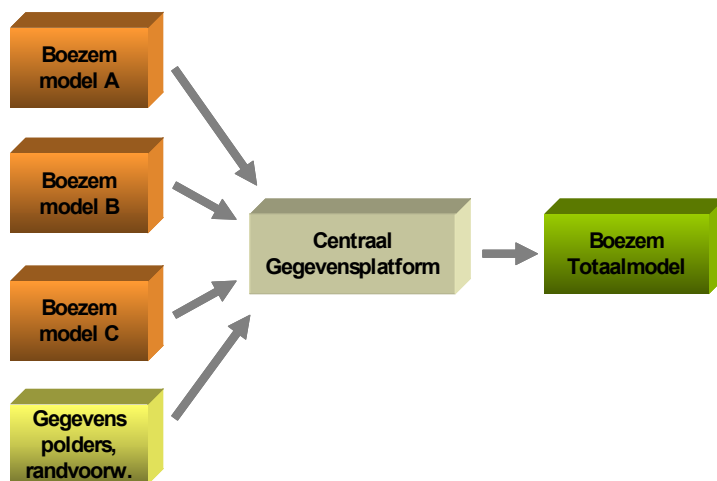
Om het functioneren van het boezemsysteem te toetsen en maatregelen te onderbouwen wordt gebruik gemaakt van een hydrologisch model van het watersysteem.

De resultaten van eerder uitgevoerde studies komen niet altijd overeen met recentere ervaringen uit de praktijk. De oorzaak hiervan zijn terug te voeren op de gebruikte hydrologische en/of statistische modellen. In dit project zijn we erin geslaagd om het "gat tussen theorie en praktijk" te dichten, zodat er ook vertrouwen is in de gevonden knelpunten en voorgestelde maatregelen.

1.4.1 Gegevensplatform

In deze studie is een nieuw hydrologisch model van de boezem opgezet, gebruik makend van de beschikbare gegevens uit de bestaande hydrologische modellen en INTWIS en GIS bestanden.

Om te voorkomen dat het nieuwe model snel veroudert, is voor het nieuwe model eerst een centrale database aangemaakt waarin alle relevante gegevens zijn ondergebracht. In dit gegevensplatform zijn ook de gegevens verzameld die de randvoorwaarden voor het model bepalen. De gegevens zijn uitvoerig gecontroleerd en waar nodig aangevuld. Vervolgens is met een conversie-tool vanuit het gegevensplatform één nieuw model aangemaakt.



Figuur 1.4 Informatie uit bestaande modellen is, samen met de benodigde GIS gegevens uit de polders en de randvoorwaarden voor het boezemmodel, ingelezen in het centrale gegevensplatform. Vanuit het gegevensplatform is een totaalmodel van de boezem gegenereerd.

1.4.2 Analyses

Met het hydrologische model is voor een aantal gebeurtenissen het verloop van de waterstanden op de boezem bepaald. Deze waterstanden zijn aan de praktijk getoetst,



waarbij veldervaringen en meetgegevens zijn gebruikt. In de praktijk weten de beheerders immers goed welke waterstanden zijn opgetreden en hoe vaak hoogwaters zijn voorgekomen. Voor meer extreme gebeurtenissen is dat vaak lastiger. Om hierin inzicht te krijgen zijn de werkelijke opgetreden gebeurtenissen aangepast (geen spuumogelijkheid, extra neerslag, extra wind), waarbij een zo goed mogelijke inschatting is gemaakt van de bijbehorende kansen van optreden.

Concreet betekent bovenstaande dat we inzicht hebben gekregen in het gedrag van het boezemsysteem onder:

1. Normale omstandigheden (herhalingstijden tot circa 1:1 jaar);
2. Hoogwater omstandigheden (herhalingstijden van 1:1 tot 1:100 jaar);
3. Extreme omstandigheden (herhalingstijden tot 1:1000 jaar).

1.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten

De volgende randvoorwaarden en uitgangspunten worden in acht genomen:

- Het studiegebied omvat de met elkaar in verbinding staande Amsterdamse stadsboezem, Amstellandboezem en Vechtboezem van AGV en de Rijkswateren Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal;
- Er wordt geen toetsing van de boezemkaden (normen voor veiligheid) uitgevoerd;
- De modelanalyses worden uitgevoerd met het Sobek modelinstrumentarium (Sobek-CF en Sobek-RR v 2.09);
- Gegevens over het beheer van Rijkswateren zijn bij Rijkswaterstaat opgevraagd;
- Bij het analyseren van de toekomstige situatie voor 2050 wordt het middenscenario voor klimaatontwikkeling van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw gevolgd;
- Voor zover relevant is de leidraad “Toetsing regionale watersystemen met betrekking tot wateroverlast” van de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht gehanteerd.



2 Toetsingskader

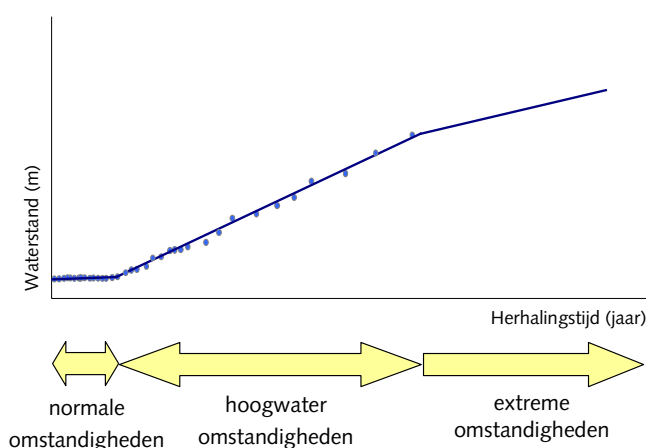
2.1 Normering en eisen

Het systeemgedrag van de boezem is in deze studie geanalyseerd in de hele range van normale tot extreme omstandigheden. Bij elke omstandigheid gelden specifieke eisen, normen of richtlijnen. De beschreven normen en richtlijnen dienen als handvatten om de potentiële knelpunten in beeld te brengen en een objectieve vergelijking tussen gebieden mogelijk te maken.

Voor het kwantitatief functioneren van het watersysteem zijn drie typen omstandigheden onderscheiden:

1. Normale omstandigheden (herhalingstijden tot circa 1:1 jaar);
2. Hoogwater omstandigheden (herhalingstijden van 1:1 tot 1:100 jaar);
3. Extreme omstandigheden (herhalingstijden tot 1:1000 jaar).

In Figuur 2.1 zijn deze drie omstandigheden gevisualiseerd in een waterstand-herhalingstijdgrafiek. In normale omstandigheden is de waterstandstijging beperkt. In hoogwateromstandigheden neemt stijging van de waterstanden toe. In buitengewone omstandigheden wordt de stijging gedempt doordat er noodmaatregelen worden getroffen om overlopen van de boezemkaden te voorkomen.



Figuur 2.1 In dit project zijn drie typen omstandigheden onderscheiden met hun eigen normen. In het boezemsysteem van DWR fluctueert de waterstand in normale omstandigheden rondom het 'streefpeil' vanwege het pseudo getij door spui.

In normale omstandigheden moet het systeem zo zijn gedimensioneerd dat de stroomsnelheden en het verval niet te groot zijn. Dit zijn de hydraulische eisen.

In hoogwateromstandigheden mogen geen of alleen op beperkte schaal inundaties optreden in het boezemland. Deze eisen zijn verwoord in de NBW werknormen. In hoogwateromstandigheden moeten de waterstanden bovendien niet hoger worden dan het Maatgevend Boezempeil (MBP), waarop de boezemkaden zijn gedimensioneerd.

Het systeem is niet gedimensioneerd op (zeer) extreme omstandigheden. Toch moet ook in deze omstandigheden worden voorkomen dat de boezemkaden overstromen of doorbreken. Deze eisen zijn verwoord in de leidraad boezemkaden.

Vanzelfsprekend hangen deze eisen met elkaar samen. Wanneer er bijvoorbeeld hydraulische knelpunten in het systeem zijn dan is de kans groot dat hierdoor te hoge waterstanden voorkomen.



2.2 Signalering van hydraulische knelpunten

In normale aan- en afvoersituaties mogen de waterstanden niet teveel stijgen. Onderzocht moet worden waar opstuwings van water relatief groot is als gevolg van te kleine waterlopen, bruggen of kunstwerken. Hiervoor zijn geen harde eisen, maar als uitgangspunt wordt gehanteerd:

- Verval over een waterloop: maximaal 1 tot 2 cm/km;
- Verval over een kunstwerk: maximaal 1 cm.

2.3 NBW werknormen

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn werknormen voor inundatie opgenomen. Deze normen zijn gedifferentieerd naar vier typen grondgebruik. De achterliggende gedachte daarbij is dat kapitaalintensieve gebieden, die gevoelig zijn voor wateroverlast, beter beschermd moeten worden dan kapitaalextensieve gebieden.

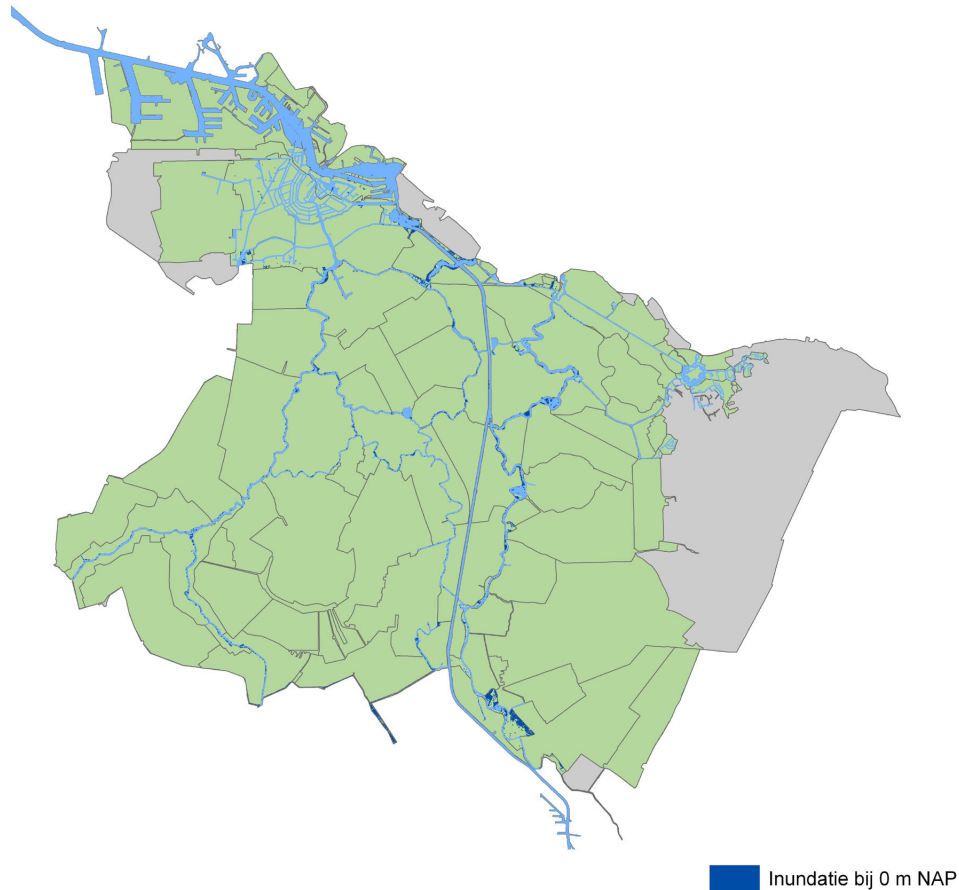
De normen zijn uitgedrukt in de maximum toelaatbare kans dat het peil van het oppervlaktewater het (laagste) maaiveldniveau overschrijdt. In deze studie wordt in principe aangesloten op de NBW werknormen (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Werknormen NBW t.a.v. inundatie

Grondgebruik	Norm
Stedelijk & industrie	1:100 jaar
Hoogwaardige landbouw	1:50 jaar
Akkerbouw	1:25 jaar
Grasland	1:10 jaar

Voor de boezemlanden is als uitgangspunt gebruikt dat ze bestaan uit grasland (oeverlanden) en bebouwd gebied (stedelijk gebied van Amsterdam en individuele bebouwing). Van de oeverlanden is gesteld dat hiervoor geen toetshoogtes worden afgeleid omdat deze oeverlanden moeten meedoen in de berging in de boezem en deels de functie hebben om te inunderen.

Voor bebouwd gebied is een minimale toetshoogte gesteld van NAP 0,0 m. Dit is gelijk aan het geldende maatgevend boezempeil. Het boezemsysteem is van oudsher op deze hoogte ingericht en de aanwezige bebouwing langs de boezem zal hierop zijn ingesteld. Omdat het maatgevend boezempeil (per definitie) niet vaker dan 1:100 jaar wordt bereikt, betekent dit dan ook dat deze gebieden aan de NBW werknormen voldoen.

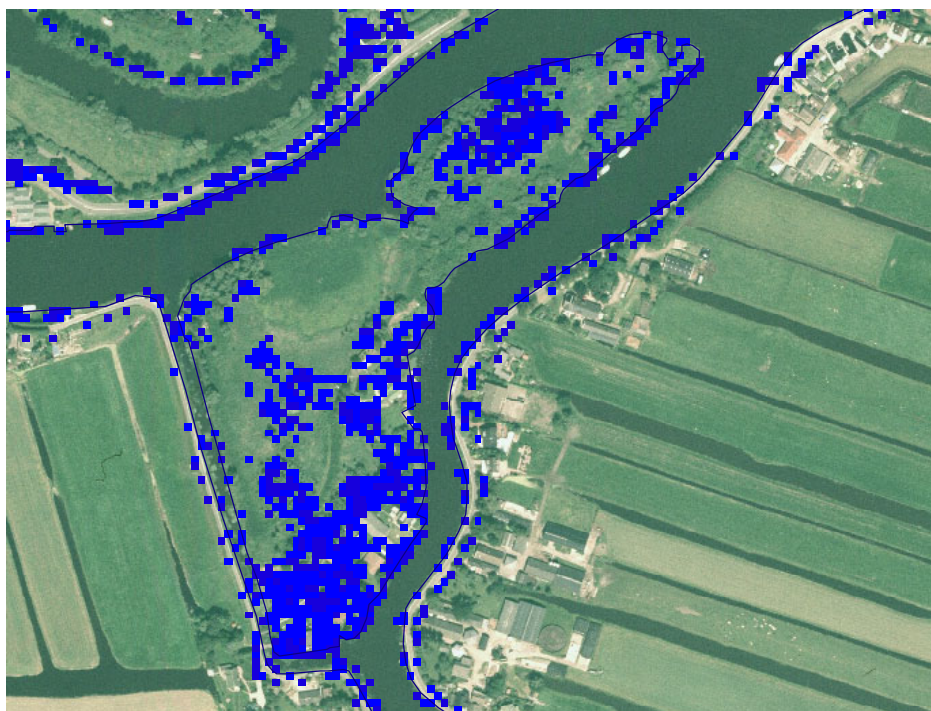


Figuur 2.2 Inundatie van het boezemland bij een boezemwaterstand van NAP 0 m

Bij een nadere analyse van de inundatie bij NAP 0,0 m (weergegeven in Figuur 2.2) blijkt dat er verschillende delen met landgebruik 'bebouwd' volgens de LGN inunderen. Een deel van deze bebouwing valt af omdat de begrenzing van het boezemland niet exact juist bleek te zijn, maar een aantal locaties ligt beneden NAP 0,0 m. Dit blijken deels boothuizen te zijn (zie Figuur 2.3), maar in een enkel geval ook individuele woningen (zie Figuur 2.4). Een lijst van boezemlanden waar het stedelijk gebied volgens de analyse beneden NAP 0,0 m ligt, is bijgevoegd in bijlage VII.



Figuur 2.3 Het inunderende bebouwde gebied blijkt deels te bestaan uit boothuizen, zoals de scheepswerf aan de Amstel.



Figuur 2.4 Op de splitsing van de Kromme Mijdrecht/Amstel lijkt een aantal huizen te inunderen. Dit blijkt inderdaad een laaggelegen gebied te zijn, maar de verwachting is dat de huizen zelf voldoende hoog liggen.



2.4 Maatgevend boezempeil

Als norm voor de maximum toelaatbare boezemwaterstand geldt het maatgevend boezempeil¹ (MBP). Hierop worden de kades gedimensioneerd zowel qua hoogte als stabiliteit. Als norm voor de boezem geldt dat het MBP niet vaker dan 1:100 jaar mag worden bereikt, zonder dat daarvoor de inzet van noodmaatregelen nodig is. Deze laatste toevoeging is essentieel omdat hiermee een verband wordt gelegd tussen het falen van de polders en de boezem. Als norm voor de boezemkaden geldt dat sommige daarvan tot 1:1000 jaar het MBP moeten kunnen weerstaan. Tussen kans 1:100 jaar en 1:1000 jaar moet het MBP dus gehandhaafd kunnen worden met benodigde inzet van noodmaatregelen.

In hoogwateromstandigheden (herhalingstijd tot 1:100 jaar) moeten er voldoende maatregelen beschikbaar zijn om te voorkomen dat het MBP wordt gehaald. Indien er niet voldoende maatregelen beschikbaar zijn dan is extra piekberging een mogelijke maatregel. Piekberging is dus een maatregel om falen van de boezem c.q. het te frequent gebruiken van een maalstop voor de polders te voorkomen.

In extreme omstandigheden moet de boezemwaterstand voldoende laag worden gehouden om het (ongecontroleerd) overlopen van de boezemkaden te voorkomen. Om overlopen te voorkomen mogen in buitengewone omstandigheden noodmaatregelen worden getroffen, zoals het afkondigen van maalbepalingen of maalstops voor de polders of het inzetten van noodberging (calamiteitenpolder).

In Tabel 2.2 zijn de maatgevende boezempeilen voor de verschillende deelsystemen weergegeven.

Tabel 2.2 Streefpeil en MBP per deelsysteem (m NAP)

Deelsysteem	Streefpeil	MBP
Amsterdam-Rijnkanaal	-0,40	0,00
Noordzeekanaal	-0,40	0,00
Vechtboezem	-0,40	0,00
Stadsboezem Amsterdam	-0,40	-0,15 (praktijk)
Amstellandboezem	-0,40	0,00

¹ Het maatgevende boezempeil is de hoogwaterstand van de boezem in extreme situaties die dient als basis voor het bepalen van de benodigde dijkhoogte (bron: Waterbeheersplan).





3 Modelbeschrijving

3.1 Gegevensplatform

De basis van het onderzoek wordt gevormd door de gebruikte gegevens. Om de kwaliteit hiervan zo goed mogelijk te garanderen en de houdbaarheidsdatum van de modellen te verlengen is voor dit project een centraal gegevensplatform ingericht, waarin alle informatie is opgeslagen en beheerd. Waar mogelijk is daarbij gebruik gemaakt van bestaande gegevensplatforms (INTWIS).

3.2 Modelling

In het verleden is er een aantal Sobek modellen gemaakt van het boezemsysteem in het kader van de studies:

- ‘Overschrijdingskansen van waterstanden in het Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal en de boezem en polders van HAGV’ (1999, HKV Lijn in Water, KNMI, SC-DLO);
- ‘Verlaging maatgevend boezempeil Amstelland’ (2002, HKV Lijn in Water en Geodelft);
- ‘Aanvoer IJmeerwater naar Rijnland’ (2003, WL);
- DufLOW modellen van de Vecht (Grontmij, in ontwikkeling) en de stad Amsterdam (Arcadis, in ontwerp).

In het kader van onderhavige studie zijn deze modellen aan ons opgeleverd. De modellen van HKV bleken systeemafhankelijk te zijn en konden niet worden gebruikt. De gegevens uit het WL model en een aantal gegevens uit de modellen van de Vecht en Amsterdam (DufLOW) zijn daarom in het gegevensplatform ingelezen. Aanvullend zijn ook de gegevens van de Tussenboezem, de ‘s-Gravelandsevaartboezem, het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal opgenomen. Hiermee is voor het eerst het volledige boezemstelsel in één model ondergebracht.

Voor de polders en vrij afwaterende gebieden is een volledige nieuwe schematisatie gemaakt op basis van de AHN, LGN, digitale kaart afwateringsgebieden en gegevens over de poldergemalen. Deze gegevens zijn in het gegevensplatform verzameld. Het neerslag-afvoermodel is minder geschikt of nauwkeurig voor de waterstanden in de polders, maar wel nauwkeurig voor de debieten van de gemalen.

Zoals eerder besproken is, op basis van alle verzamelde gegevens, één gecombineerd polder-boezemmodel opgezet. De boezemwateren zijn gemodelleerd in Sobek-CF, waarin alle recente gegevens van dwarsprofielen en kunstwerken nauwkeurig zijn meegenomen.

3.3 Randvoorwaarden

De nauwkeurigheid van het model wordt voor een belangrijk deel bepaald door de belasting en de opgelegde randvoorwaarden. Voor het boezemstelsel van Amstel, Gooi en Vecht geldt dit in het bijzonder omdat het boezemsysteem onder normale omstandigheden in open verbinding staat met de Rijkswateren Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal. De genoemde Rijkswateren worden bovendien belast door de waterschappen van Rijnland, De Stichtse Rijnlanden en Hollands Noorderkwartier. De Rijkswateren worden beheerd door Rijkswaterstaat en de belastingen en ingrepen zijn direct van invloed op het gedrag van het boezemstelsel van Amstel, Gooi en Vecht.

In deze studie is besloten om deze randvoorwaarden (grootte en de bijbehorende kansen) ook als randvoorwaarde in het model in te brengen. Een alternatief hiervoor is om het



modelleergebied uit te breiden. Hiervoor is niet gekozen omdat een eenvoudige modellering niets toevoegt en een gedetailleerde modellering buiten het bestek van deze studie valt. Een overzicht van de randvoorwaarden is te vinden in bijlage I.

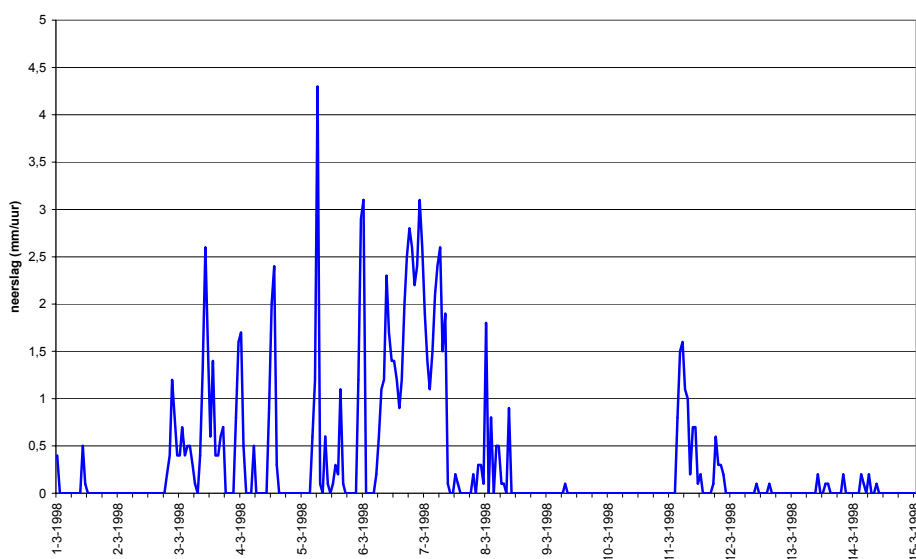
3.4 Kalibratie

De kalibratie is van groot belang, juist omdat er zoveel onduidelijkheid is over de juistheid van de eerder bepaalde overschrijdingskansen. Voor de kalibratie is een recente maatgevende gebeurtenis geselecteerd (maart 1998) en is het gedrag van het boezemsysteem tijdens deze gebeurtenis gereproduceerd met het model. Daarbij hebben wij ervoor gewaakt dat er op realistische wijze aan modelparameters wordt gedraaid. Dit betekent dat er geen onrealistische weerstandswaarden zijn aangehouden.

Om te controleren of het systeemgedrag als gevolg van de spui bij IJmuiden goed door het model wordt weergegeven, zijn de berekende waterstanden en debieten vergeleken met de gemeten waarden.

3.4.1 Gebeurtenis

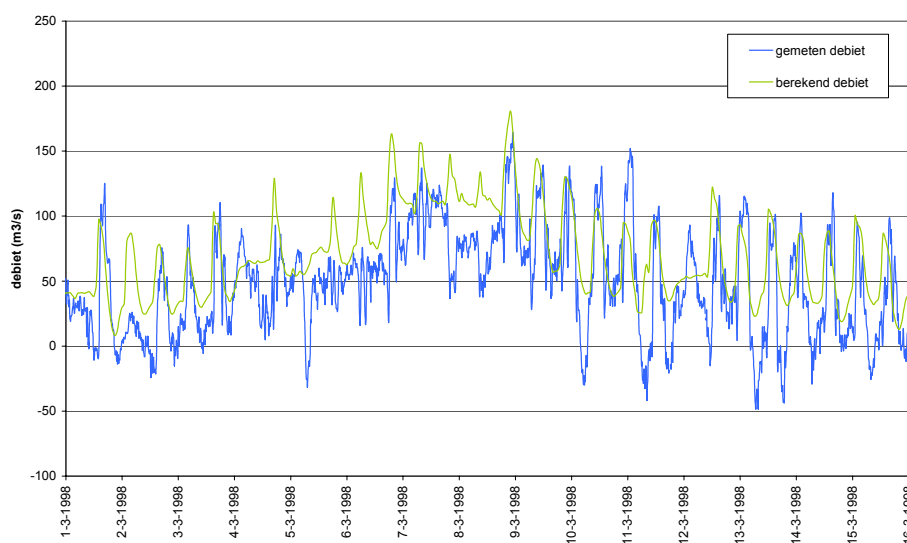
In onderstaand figuur is de gemeten neerslag van maart 1998 weergegeven. De neerslag is gebruikt als input voor het hydrologische model.



Figuur 3.1 Neerslag van De Bilt

3.4.2 Debiet

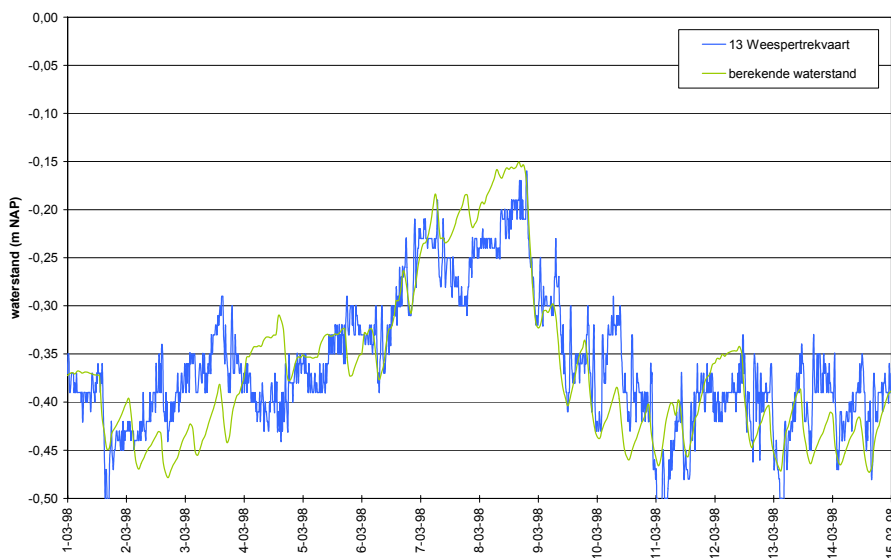
In het systeem wordt het debiet gemeten in het ARK bij Weesp. De gemeten waarden zijn vergeleken met het berekende debiet ter plaatse. Het berekende en gemeten patroon komt goed overeen. Opvallend is dat het debiet sterk fluctueert. In het model is de fluctuatie minder groot. De fluctuaties worden veroorzaakt door de debietfluctuaties bij IJmuiden. In het model is hiervoor een (rustigere) peilregeling gebruikt en is niet het gemeten debiet opgedrukt.



Figuur 3.2 Debit in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Weesp

3.4.3 Waterstanden

Wanneer we kijken naar het verloop van de waterstanden dan zien we dat ze goed overeenkomen. Ook hier geldt weer dat de gemeten waterstanden wat grotere kortdurende fluctuaties laten zien dan het model en dat de berekende waterstand niet helemaal gelijk loopt met de gemeten waterstand (o.a. rond 8 maart). Dit heeft dezelfde oorzaak als hiervoor genoemd bij het debit.



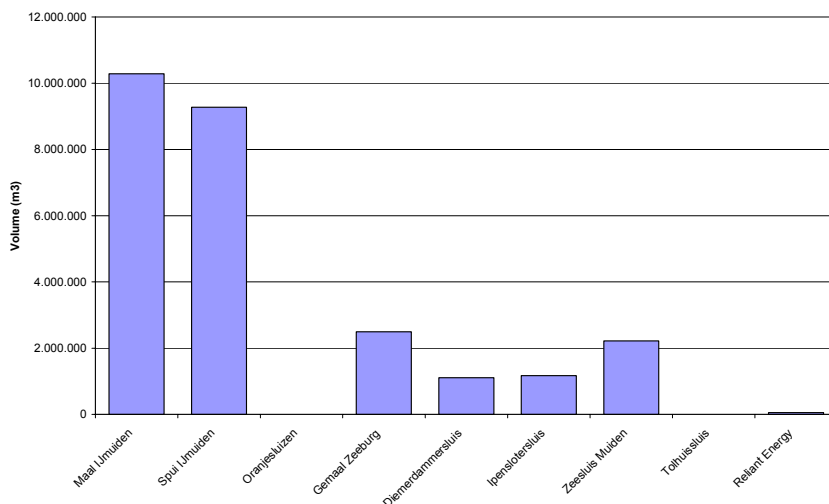
Figuur 3.3 Waterstandsverloop in de Weespertrekvaart

3.4.4 Waterbalans

De afvoer van het boezemsysteem wordt grotendeels bepaald door de afvoer bij IJmuiden (spui en gemaal). Ter illustratie is het aandeel van de verschillende afwateringswerken op 7 maart 1998 (piek in de neerslag) weergegeven in Figuur 3.4. Gelet op het grote aandeel van de spui is het niet verwonderlijk dat er vooral problemen ontstaan in de boezem als de



spui is gestremd. Door de recente uitbreiding van de gemaalcapaciteit is de afhankelijkheid van de spui echter afgenomen.



Figuur 3.4 Verdeling van de afvoer op 7 maart 1998

3.4.5 Meetreeksen

In de afgelopen jaren is er een aantal dreigende situaties opgetreden waarop de boezemkaden lokaal overliepen of (dreigden) over te lopen. Door de beheerders is aangegeven dat dit zich met name heeft voorgedaan in het zuidelijke gedeelte van de Amstellandboezem. De watergangen zijn ter plekke ook vrij smal.

Om inzicht te krijgen in hoe vaak hoge waterstanden zich voordoen, zijn de gemeten boezemwaterstanden van de afgelopen 10 jaar geanalyseerd (1994-2004). Op basis van de verkregen informatie en expert judgement is Tabel 3.1 samengesteld.

Tabel 3.1 Analyse gemeten waterstanden 1994-2004

Locatie	Gemeten waterstand (m NAP)	Geschatte kans (jaar)	Opmerking
Stadsboezem	-0,14	1:10	1998
Amstelland Uithoorn	-0,10	1:10	1994 en 1998
Kromme Mijdrecht	-0,05	1:5	1998 en 2003
Geerkade	-0,05	1:5	2002 en 2003
Vecht (Uitermeer)	-0,05	<1:10	Alleen 1994
Vecht (Breukelen)	0,00	1:1	Sinds 1998 jaarlijks

Uit de praktijk data blijkt dat er veel vaker hoge waterstanden voorkomen dan volgens de eerder opgestelde waterstand-kansgrafieken die in voorgaande studies zijn gemaakt. Het maatgevend boezempeil wordt echter vrijwel nooit bereikt, terwijl mondeling is meegedeeld dat er al wel kades overliepen of bijna dreigden over te lopen. Dit betekent dat een aantal kades niet op hoogte is, omdat deze een waakhogte van tenminste 0,10 m boven het MBP zouden moeten hebben. In de studie is er van uitgegaan dat deze kades op hoogte zijn (of zullen worden gemaakt).



4 Analyse systeemgedrag

4.1 Functioneren boezemsysteem

In de afgelopen jaren is een aantal studies uitgevoerd naar het systeemgedrag van het boezemsysteem. De resultaten van deze analyses zijn o.a. waterstand kans grafieken. Deze geven aan dat de kans op het bereiken van het maatgevend boezempeil op de meeste locaties in de boezem kleiner is dan 1:1000 jaar. Uit de praktijk data blijkt echter dat er in de afgelopen 10 jaar bijvoorbeeld regelmatig hoge boezemwaterstanden zijn voorgekomen tot vlak in de buurt van het maatgevend boezempeil.

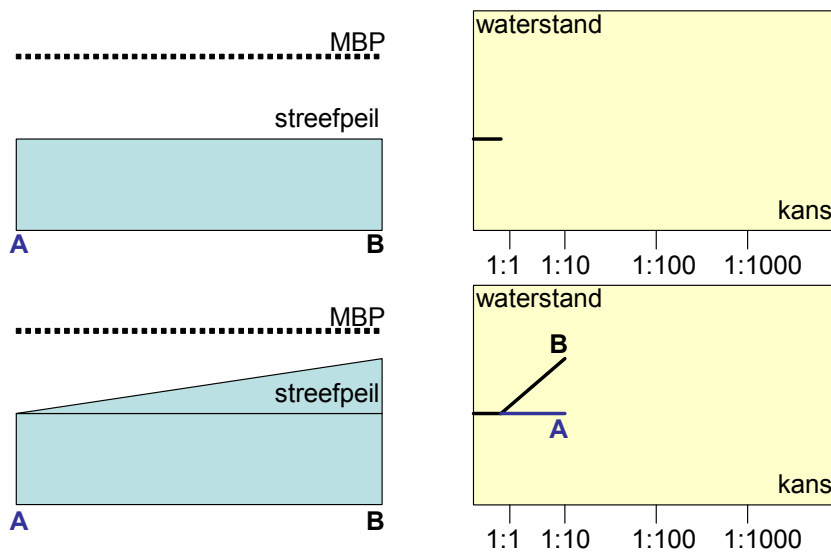
In deze studie is gezocht naar de oorzaak van deze discrepantie tussen theorie en praktijk. In principe zijn hiervoor twee verklaringen:

1. Het hydrologisch/hydraulisch model dat is gebruikt is niet goed (geeft een onderschatting van de waterstanden) en/of;
2. Het statistische model dat is gebruikt is niet goed (geeft een onderschatting van de kansen).

De verklaring voor de discrepantie ligt op beide vlakken, maar met name op het bepalen van de kansen.

In de eerste plaats is het hydrologische en hydraulische model sterk verbeterd. In het nieuwe model zijn alle beschikbare dwarsprofielen en kunstwerken opgenomen. In het oude model waren de watergangen sterk geschematiseerd en waren veel kunstwerken die opstuwung kunnen veroorzaken niet opgenomen.

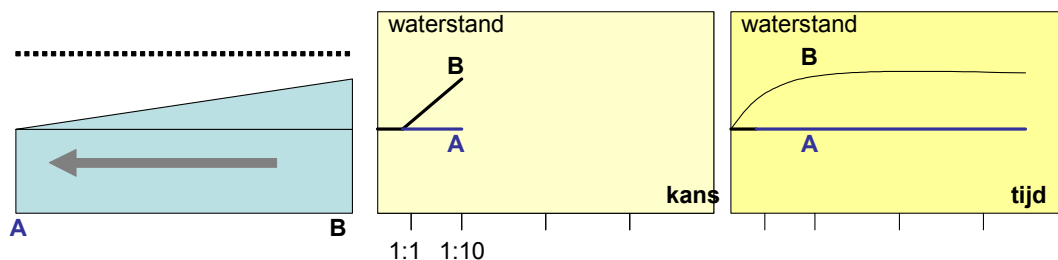
Om de kansen op hoge waterstanden te bepalen moet rekening worden gehouden met een hydraulisch fenomeen. Om water af te kunnen voeren, moet er eerst verhang worden opgebouwd. Dat is noodzakelijk om voldoende druk te kunnen leveren om het water van hoog naar laag te laten stromen. Het opbouwen van het verhang geeft dus een noodzakelijke waterstandverhoging. Deze verhoging is echter niet het gevolg van berging, maar van stroming. Dit betekent dat achterin het systeem (oftewel bovenstrooms in het systeem) geregeld verhoogde waterstanden voorkomen.



Figuur 4.1 Om het water af te kunnen voeren moet er eerst verhang worden opgebouwd. Dit betekent dat bovenstrooms in het systeem (lokatie B) de kans op verhoogde waterstanden veel groter is dan benedenstrooms (lokatie A).



Tijdens het instellen van het verhang stijgt de waterstand eerst snel maar daarna langzamer totdat het benodigde verhang is bereikt en de waterstand zich stabiliseert.



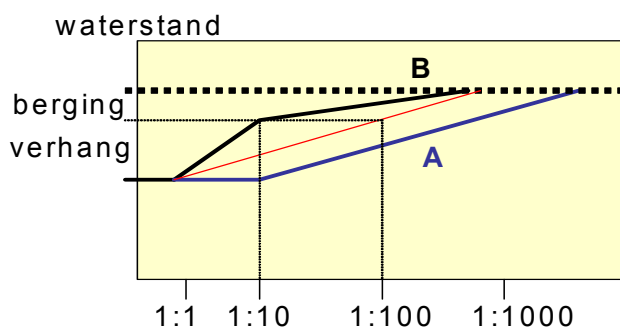
Figuur 4.2 Bij het instellen van het verhang stijgen de waterstanden achter in het systeem (punt B) eerst snel, totdat het verhang is bereikt en dan stabiliseert de waterstand zich (rechter grafiek).

De waterstanden kunnen vervolgens nog verder stijgen wanneer de aanvoer van water naar het systeem groter is dan de afvoer. In dat geval gaat het systeem water bergen en stijgen de waterstanden net zo lang totdat de aanvoer af neemt of de afvoer toeneemt.

Het is van groot belang om in de waterstand-kansgrafiek een onderscheid te maken tussen de verschillende fenomenen, namelijk een waterstandstijging die optreedt doordat er:

- Een marge rond streefpeil wordt geaccepteerd, bijvoorbeeld doordat gebruikt wordt gemaakt van een spuiperiode in plaats van een bemaalen afvoer;
- Een verhang wordt opgebouwd (waardoor met name achterin het systeem een waterstandstijging optreedt);
- Water wordt geborgen (aanvoer groter dan de afvoer) waardoor de waterstand in het gehele systeem stijgt.

In de voorgaande studies is dit onderscheid niet expliciet gemaakt en is er “een rechte lijn” getrokken van het streefpeil naar de waterstand die in extreme situaties wordt bereikt (rode lijn in Figuur 4.3). Hierdoor wordt de kans op een stijging van de waterstand voor bijvoorbeeld 1:10 jaar significant onderschat (met name achterin het boezemstelsel).



Figuur 4.3 Van belang is dat onderscheid wordt gemaakt in waterstandstijging door opbouw van het verhang (voor de knik) en door berging (na de knik).

4.2 Stationaire afvoer

4.2.1 Algemeen

Om inzicht te krijgen in het functioneren van het boezemsysteem is eerst gekeken naar een stationaire afvoersituatie (de totale aanvoer en afvoer zijn gelijk constant in de tijd). Daarbij is ervan uitgegaan dat vrije afwateringswerken niet (kunnen) worden ingezet. In deze



situatie is onderzocht wat het verhang over het boezemgebied is voor een situatie zonder wind en met wind.

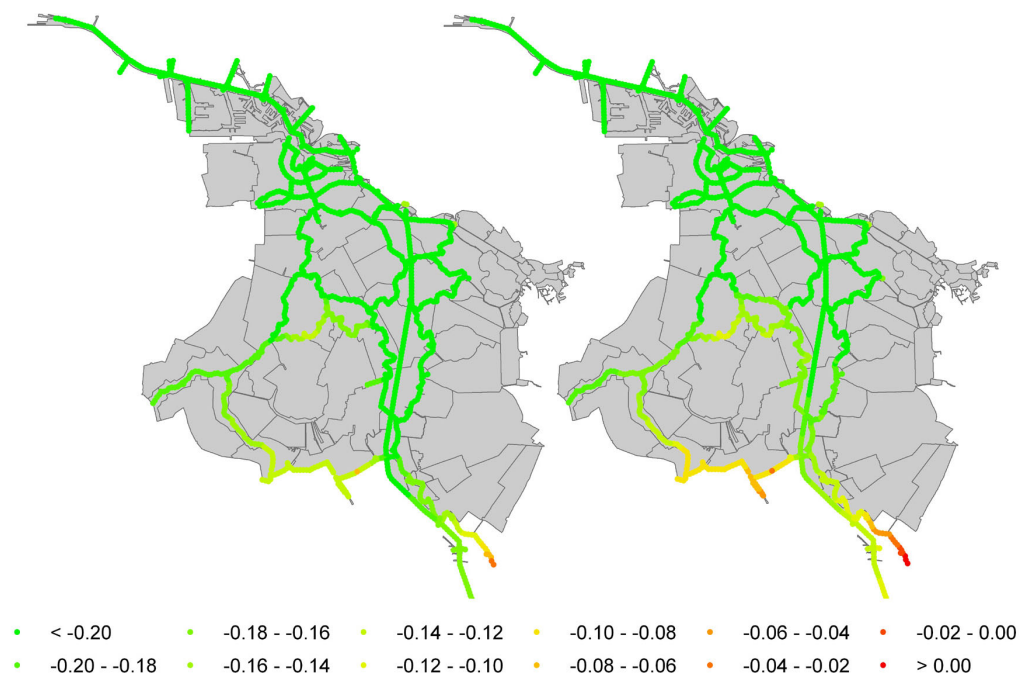
4.2.2 Aanvoer gelijk aan maximum afvoer

De bemalen afvoercapaciteit van het systeem is 326 m³/s (zie tabel), daarbij is ook de recente uitbreiding van gemaal IJmuiden meegenomen. Om ervoor te zorgen dat de aanvoer niet groter is dan de beschikbare afvoercapaciteit, is de afvoer van het Noorderkwartier en Rijnland met ongeveer 50% gereduceerd (de reductie bij Rijnland en Noorderkwartier is gekozen omdat deze op het Noordzeekanaal lozen en dit het minste effect heeft op het verhang in het gebied).

Tabel 4.1 Stationaire situatie met aanvoer gelijk aan maximum bemalen afvoer (fictieve gereduceerde aanvoer vanuit Noorderkwartier en Rijnland)

Bemalen Afvoer	m ³ /s	%	Aanvoer	m ³ /s	%
Gemaal IJmuiden	160	49%	Noorderkwartier	36	11%
Uitbreiding IJmuiden	100	31%	Rijnland	40	12%
Gemaal Zeeburg	57	17%	De Stichtse Rijnlanden	110	34%
Reliant Energy (nood)	9	3%	Rijkswaterstaat (Lek sl.)	15	5%
Maatregelen	0	0%	DWR	125	38%
Totaal afvoer	326	100%	Totaal aanvoer	326	100%

Het resultaat van de berekening is getoond in Figuur 4.4. Hierin is af te lezen dat het verhang achter in het systeem kan oplopen tot meer dan 0,20 m. Wanneer bovendien rekening wordt gehouden met een windopzet (windkracht 5, NW) dan loopt het verhang op tot meer dan 0,30 m. Omdat de normale marge rond het streefpeil ligt in de orde van 0,05 m, is er achter in het systeem niet of nauwelijks ruimte in het boezemstelsel over om nog water te bergen.



Figuur 4.4 Maximum optredende waterstanden (m NAP) in de stationaire afvoersituatie zonder wind (links) en met wind (rechts). Het streefpeil is (NAP -0,40 m).



Geconstateerd wordt dat de marge tussen het streefpeil en het MBP (0,40 m) nodig is voor het instellen van het verhang om de beschikbare afvoercapaciteit van het systeem te benutten. Het is dus ook niet verstandig (of nodig) om hierop in te grijpen, omdat dan de mogelijkheid om het water af te voeren wordt ontnomen. Eerdere ideeën om het maatgevend boezempeil eventueel te verlagen zijn dan ook niet verstandig als dit ertoe zou leiden dat er marge voor verhang beschikbaar is in het systeem.

Dit betekent ook dat in het calamiteitenbestrijdingsplan niet te snel moet worden ingegrepen wanneer de waterstanden snel stijgen achter in het systeem. Wanneer de stijging een gevolg is van het instellen van het benodigde verhang dan zal de stijging zich in het begin snel opbouwen maar zich vervolgens stabiliseren op een waarde onder het MBP.

4.2.3 Aanvoer groter dan de maximum afvoer

Uit een analyse van de aan- en afvoercapaciteiten blijkt dat de maximale aanvoer groter is dan de minimale gegarandeerde (= bemalen) afvoercapaciteit. Voor het totale boezemsysteem is het verschil 59 m³/s bij geopende fronten. Om dit verschil op te vangen kan gebruik worden gemaakt van drie typen maatregelen:

1. Het vergroten van de afvoercapaciteit; via:
 - extra bemaling naar het buitenwater;
 - afvoer onder vrij verval naar een bergingspolder of calamiteitenpolder
2. Het vergroten van de buffer of bergingscapaciteit op de boezem; door
 - lokaal ophogen van het MBP en indien nodig de boezemkaden;
 - uitbreiden van het bergingsoppervlak (= weinig effectief).
3. Het verkleinen van de aanvoercapaciteit.
 - maalstop of maalbeperking van polders

Tabel 4.2 Aanvoer groter dan de bemalen afvoer (met werkelijke maximum aanvoer vanuit Noorderkwartier en Rijnland)

Bemalen Afvoer	m ³ /s	%	Aanvoer	m ³ /s	%
Gemaal IJmuiden	160	42%	Noorderkwartier	65	17%
Uitbreiding IJmuiden	100	26%	Rijnland	70	18%
Gemaal Zeeburg	57	15%	De Stichtse Rijnlanden	110	29%
Reliant Energy (nood)	9	2%	Rijkswaterstaat (Lek sl.)	15	4%
<i>Maatregelen</i>	<i>59</i>	<i>15%</i>	DWR	125	32%
Totaal afvoer	385	100%	Totaal aanvoer	385	100%

Ad 1) De maximum afvoercapaciteit is met de uitbreiding van het gemaal IJmuiden gerealiseerd. Een verdere uitbreiding is eventueel mogelijk bij Zeeburg (maar dit is weinig effectief vanwege hydraulische knelpunten in de aanvoerroute). Het gebruik van bergingspolders voor noodberging of calamiteitenberging is, beredeneerd vanuit de boezem, het tijdelijk vergroten van de afvoercapaciteit van de boezem via vrij verval. In dit geval wordt niet naar het buitenwater afgevoerd, maar naar de polders. Om "het gat" te dichten is dus extra afvoercapaciteit nodig van 59 m³/s en voldoende berging in de polders om het afgevoerde water voor te bergen. Na verloop van tijd zullen de polders vol staan en



dat betekent dat de afvoer voor een beperkte duur kan worden ingezet, afhankelijk van de capaciteit van de ontvangende polder.

Ad 2) Uitgaande van een bergend oppervlak op de boezem van 30 miljoen m² is de beschikbare berging op de boezem in circa 15 uur opgevuld (hierbij is geen rekening gehouden met windopzet). Het vergroten van de buffer of bergingscapaciteit van de boezem is niet eenvoudig en hiervoor bestaan ook geen concrete plannen. Het vergroten van het bergend oppervlak is geen efficiënte maatregel, omdat de beschikbare waterstandstijging voor berging gering is (orde 0,10 m). Een alternatief is om de boezemkaden (lokaal) op te hogen, maar ook dit betekent wel extra investeringskosten en steeds terugkerende beheer en onderhoudskosten. Als het verhang wordt verminderd (oplossen van hydraulische knelpunten), neemt de berging ook toe.

Ad 3) Het tijdelijk verkleinen van de aanvoercapaciteit is voor dit systeem goed mogelijk doordat de aanvoer grotendeels beheersbaar is door gemalen en stuwen. De oplossing hoeft echter niet volledig binnen DWR te worden gezocht. De aanvoer vanuit de andere waterschappen kan ook worden verkleind. In de praktijk is het halveren van de capaciteit van Noorderkwartier en Rijnland een maatregel. Door de gemaalcapaciteit van alle pompen (inclusief Noorderkwartier, Rijnland en De Stichtse Rijnlanden) met gemiddeld 16% te reduceren kan het gat tussen aan- en afvoer (59 m³/s) worden gedicht. Deze maatregel brengt geen directe kosten met zich mee, maar veroorzaakt wel extra schade in de polders die minder kunnen afvoeren. Door een bewuste keuze van het instellen van een maalbeperking kan de schade worden geminimaliseerd.



4.3 Dynamische afvoer

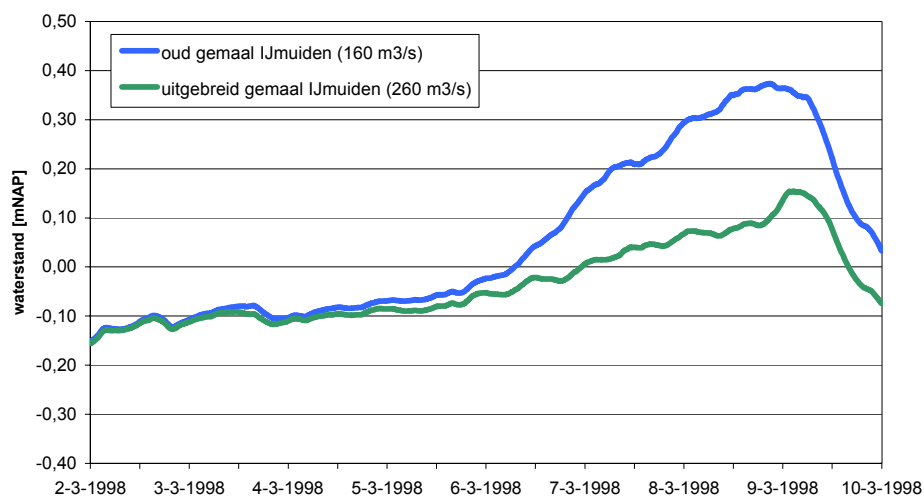
4.3.1 Extreme situatie

In de voorgaande paragraaf is het systeemgedrag geanalyseerd op basis van een stationaire beschouwing. In werkelijkheid is de aan- en afvoer dynamisch (variabel in de tijd). Het dynamische systeemgedrag van de boezem is geanalyseerd door de kalibratie gebeurtenis van maart 1998 als basis te gebruiken. Deze gebeurtenis is vervolgens bewerkt op een zodanige wijze dat de kans van optreden afneemt, maar de gevolgen toenemen. De aangebrachte aanpassingen bestaan uit:

- hoge waterstanden op de Noordzee en het IJmeer (+0,50 m),
- 60 uur geen spui mogelijkheden bij IJmuiden; en
- een maximale afvoer vanuit de waterschappen.

4.3.2 Extreme situatie met uitbreiding gemaal IJmuiden

Recentelijk is de capaciteit van het gemaal bij IJmuiden uitgebreid. Het effect daarvan is geïllustreerd door de extreme situatie van 1998 nogmaals door te rekenen met het uitgebreide gemaal IJmuiden. Op de figuur is duidelijk te zien dat het effect van het grotere gemaal aanzienlijk is. Opgemerkt wordt echter wel dat in de praktijk blijkt dat uitval pompen bij gemaal IJmuiden of Zeeburg regelmatig optreedt (ongeveer 1 op de 2 hoogwaters valt er 1 van de pompen van IJmuiden of Zeeburg uit). Dit betekent dat inzet van volledige bemalingscapaciteit in de praktijk lang niet is gegarandeerd.



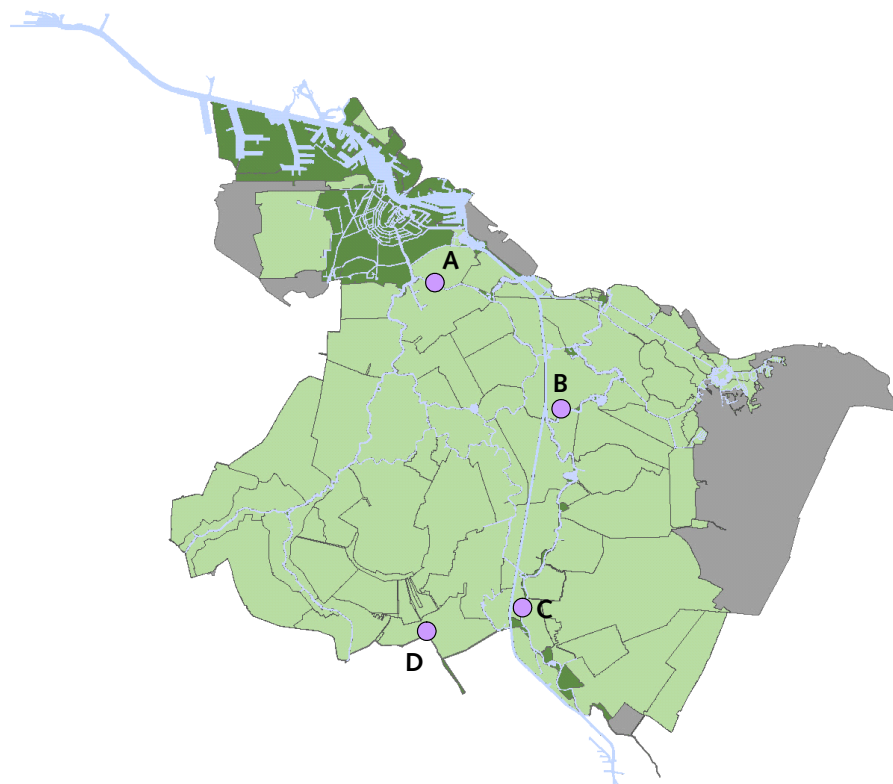
Figuur 4.5 Het effect van de uitbreiding van gemaal IJmuiden op het waterstandverloop in de zuidelijke Amstellandboezem gedurende een extreme situatie.



In Tabel 4.3 is voor een viertal locaties het effect van het aangepaste scenario op de waterstanden getoond. Hieruit blijkt dat er in extreme omstandigheden flinke peilstijgingen op de boezem kunnen voorkomen. Met de uitbreiding van gemaal IJmuiden nemen deze peilstijgingen af. Voor (aanvullende) mogelijkheden om de peilstijgingen te beperken wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

Tabel 4.3 Maximum waterstanden (m NAP) voor diverse scenario's op verschillende locaties (nummers corresponderen met onderstaande figuur)

Beschrijving	A	B	C	D
Basis + extreme situatie	0,33	0,17	0,30	0,37
Basis + extreme situatie + uitbreiding gemaal IJmuiden	0,11	-0,04	0,09	0,15



Figuur 4.6 Lokaties in de boezem voor model uitvoer van de waterstanden





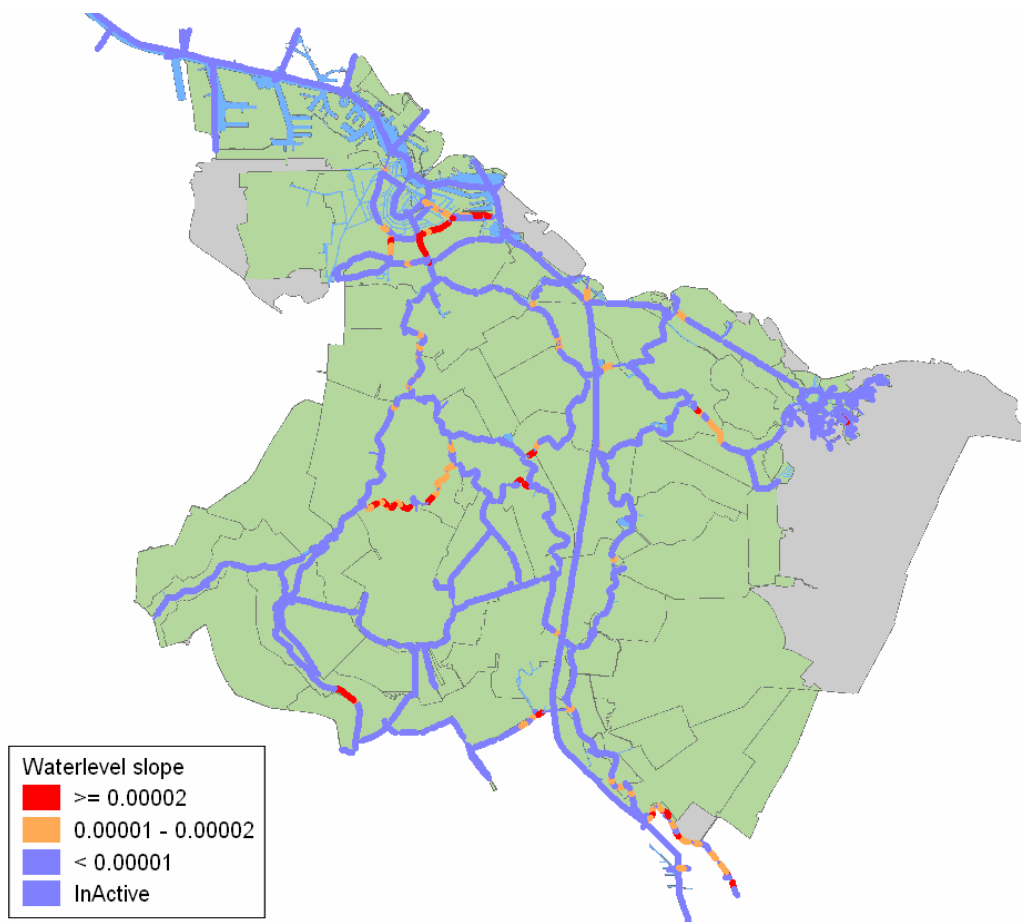
5 Toetsing aan de normen

5.1 Hydraulische knelpunten

5.1.1 Algemeen

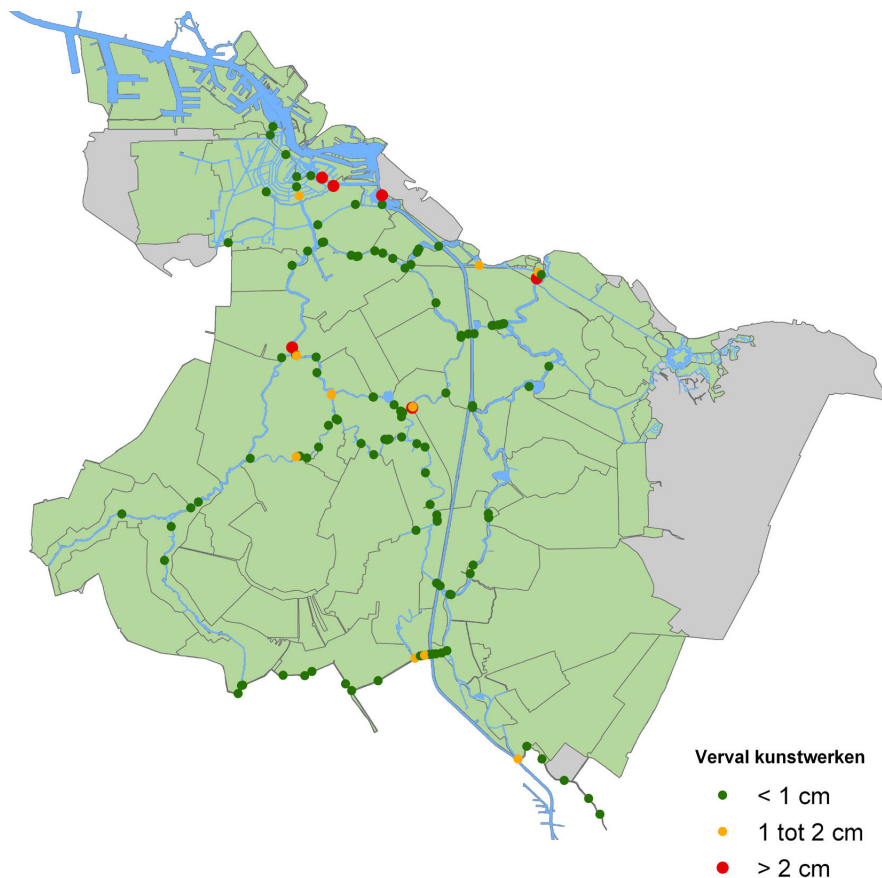
In normale omstandigheden functioneert de boezem goed en komt wateroverlast veroorzaakt door de boezem niet voor. Wel is gecontroleerd of er geen hydraulische knelpunten (opstuwings) zijn als gevolg van de te krappe dimensionering van waterlopen of kunstwerken. Toetsing van het boezemsysteem op eventuele hydraulische knelpunten is gebeurd op basis van een stationaire afvoersituatie.

In Figuur 5.1 zijn de potentiële hydraulische knelpunten in de waterlopen weergegeven in rood. Met name in de Singelgracht, de Waver, de Kromme Mijdsrecht, de Grote Heicop en het zuidelijke deel van de Vecht is er een groot verhang over de waterlopen.



Figuur 5.1 Het verhang in de waterlopen (m/m), de potentiële hydraulische knelpunten zijn in oranje en rood weergegeven.

In Figuur 5.2 is een overzicht te zien van de potentiële hydraulische knelpunten in de kunstwerken. De kunstwerken met de meeste opstuwings zijn benoemd in Tabel 5.1, een totaal overzicht voor alle kunstwerken is opgenomen in bijlage VI.



Figuur 5.2 Het verval over de kunstwerken, de potentiële hydraulische knelpunten zijn in oranje en rood weergegeven.

Tabel 5.1 Potentiële hydraulische knelpunten t.p.v. kunstwerken

Nummer/Code	Naam	Verval (cm)
B2-7	Waterkering Dageraad	3,3
BR_4253	Provinciale Brug Amstel, Ouderkerk	3,0
A 102	Keersluis A.R.K.	2,6
B2-3	Nieuwe Vaart	2,3
A 17	Weesperpoortschutsluis	2,1
B1-1	Amstelsluizen	1,7
BR_900001	Kerkbrug	1,6
A 16	Kering in de Muidertrekvaart	1,6
BR_5192	Galgenwaardse Brug	1,5
A 55	Schutsluis Vecht - ARK (Maarsse)	1,4
BR_4992	Waverbrug	1,4
BR_4200	Brug in Oude Waver	1,3
BR_4499	Brug bij Muiden	1,3
BR_4274	Spoorbrug over Gein	1,1
A 48	Kering Grote Heijcop/ARK	1,1
A 27	Damsluis in de Waver (B.W.O.)	1,1
BR_5197	Spoorbrug over Grote Heijcop	1,0

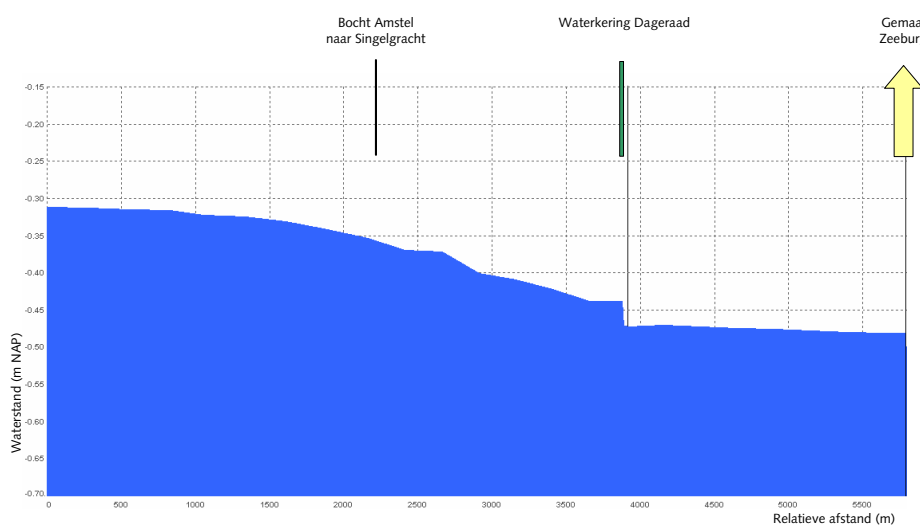


Door de beheerders van het boezemsysteem is aangegeven dat de volgende tracés veel opstuwing plaatsvindt:

- de aanvoerroute naar gemaal Zeeburg (o.a. kunstwerken en de bocht van de Amstel naar de Singelgracht); en
- de Kromme Mijdrecht (o.a. BWO-kering).

5.1.2 Tracé Amstel - gemaal Zeeburg

In de langsdoorsnede (Figuur 5.3) is het grote verhang in de Singelgracht en het verval over Waterkering "De Dageraad" duidelijk zichtbaar. Door de beheerders wordt ook gemeld dat hierdoor de volledige capaciteit van gemaal Zeeburg niet kan worden benut omdat de aanvoerroute te krap is. Een maatregel als het vergroten van de capaciteit van gemaal Zeeburg is dus alleen mogelijk als eerst de hydraulische knelpunten in de aanvoerroute worden opgelost.

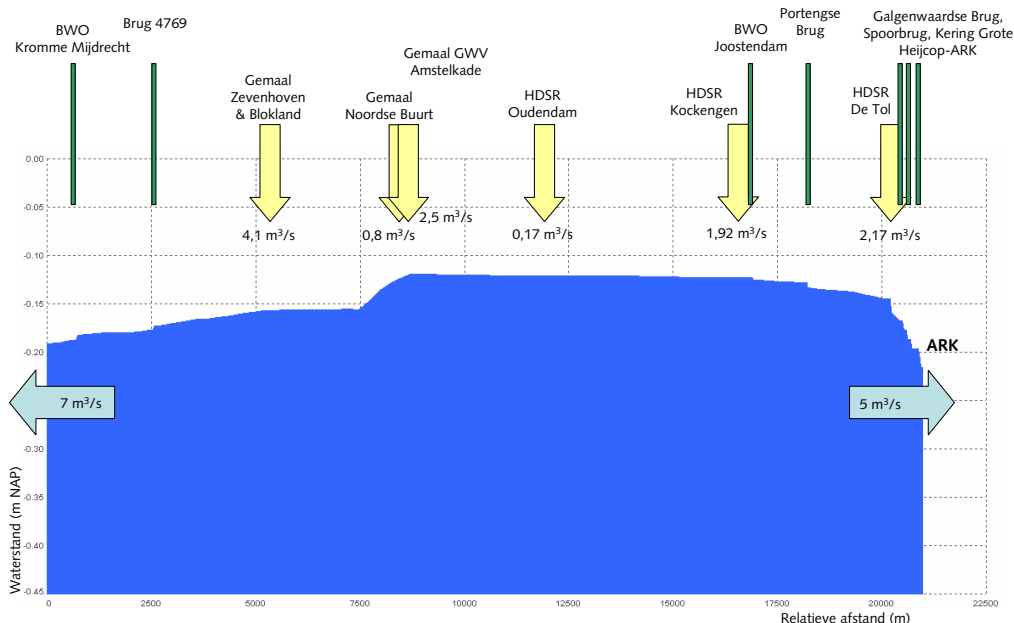


Figuur 5.3 Langsdoorsnede van de Amstel naar gemaal Zeeburg

5.1.3 Tracé Kromme Mijdrecht - ARK

In Figuur 5.4 is de langsdoorsnede van de BWO-kering in de Kromme Mijdrecht naar het Amsterdam-Rijnkanaal weergegeven tijdens een maximale stationaire afvoer. De afvoer vindt plaats in twee richtingen, naar het ARK (5 m³/s) en naar de Amstel (7 m³/s). Naast een aantal poldergemalen van DWR lost ook een aantal gemalen van HDSR het overtollige water op dit tracé, (het aandeel van HDSR is circa 40%).

Tussen de Grote Heicop en het Amsterdam-Rijnkanaal is een flink verval zichtbaar (rechts in figuur 5.4), dit wordt deels veroorzaakt door de smalle profielen en deels door de kunstwerken Galgenwaardse Brug, Spoorbrug en Kering Grote Heicop-ARK.



Figuur 5.4 Langsdoorsnede van BWO-kering Kromme Mijdsrecht naar het ARK

Ook in de Kromme Mijdsrecht is een aantal watergangen krap gedimensioneerd, waardoor daar een flink verhang optreedt.

Het verhang kan worden verminderd door de hydraulische knelpunten op te lossen of door de lokale aanvoer op het deelsysteem te reduceren. Een andere mogelijkheid is om het verval te accepteren, maar dan moeten de boezemkaden lokaal worden opgehoogd, om voldoende marge te houden.

5.2 NBW normering

Toetsing van het vrij afwaterend gebied met betrekking tot de kans op wateroverlast is uitgevoerd conform de NBW werknormen en reeds beschreven in paragraaf 2.3. Geconcludeerd is dat een aantal bebouwde locaties in het boezemland beneden de minimale toetshoogte van NAP 0,0 m ligt. Dit zijn deels boothuizen, maar in een enkel geval ook individuele woningen. Een lijst van boezemlanden waar het stedelijk gebied volgens de analyse beneden NAP 0,0 m ligt, is bijgevoegd in bijlage VII.

5.3 Maatgevend boezempeil

Het maatgevend boezempeil is vastgesteld op NAP 0,0 m. Volgens de eisen van het waterschap mag dit peil niet vaker dan 1:100 jaar worden bereikt (zonder dat daarbij afvoerbepalingen worden opgelegd). Op basis van de uitgevoerde analyses en de ervaringen uit de praktijk wordt geconcludeerd dat hieraan niet wordt voldaan. In het Zuidelijke deel van de Amstellandboezem en op de Vecht in de buurt van Utrecht wordt het MBP vaker dan 1:100 jaar bereikt.

In de IPO-leidraad wordt voor boezemkade klasse V voor het overschrijden van het maatgevend boezempeil een overschrijdingskans van 1:1000 jaar voorgeschreven. Om te voorkomen dat de boezemwaterstand boven het maatgevende boezempeil stijgt moeten er mogelijkheden zijn om in extreme omstandigheden noodmaatregelen te treffen. Hierbij moet worden gedacht aan het instellen van maalbepalingen of maaltops en of het in gebruik nemen van calamiteitenberging. De benodigde omvang van de noodmaatregelen en de meest optimale noodmaatregelen zijn nog niet bepaald (zie volgend hoofdstuk).



6 Maatregelen

6.1 Algemeen

Gebaseerd op de analyses uit de vorige hoofdstukken is geconcludeerd dat maatregelen nodig zijn om te voorkomen dat (lokaal) het maatgevend boezempeil te vaak wordt bereikt. Daarnaast moeten noodmaatregelen worden vastgesteld om te voorkomen dat in extreme situaties het MBP wordt overschreden.

Voor het oplossen van de geconstateerde knelpunten, kunnen de volgende maatregelen worden overwogen:

- Oplossen van hydraulische knelpunten in het systeem;
- Lokaal verhogen van het MBP;
- Extra afvoeren naar calamiteitenpolders;
- Maalbeperking;
- Verbeteren van het calamiteiteninformatiesysteem.



Figuur 6.1 Mogelijke maatregelen op de boezem voor het vergroten van de afvoercapaciteit



6.2 Oplossen van hydraulische knelpunten

Het oplossen van een aantal hydraulische knelpunten is wenselijk om het verhang te verkleinen. Dit betekent dat er dan meer bergingsruimte in de boezem is en/of om windopzet op te vangen. Elke centimeter minder verhang in het boezemstelsel geeft een centimeter extra bergingsruimte en dat is voldoende om gedurende circa 1,5 uur een tijdelijk overschot te bergen.

Het oplossen van hydraulische knelpunten is in de volgende paragrafen nader uitgewerkt voor de tracés Amstel – gemaal Zeeburg en Kromme Mijdsrecht – Amsterdam Rijnkanaal.

6.2.1 Tracé Amstel – gemaal Zeeburg

In het tracé Amstel – gemaal Zeeburg is Waterkering “De Dageraad” fors verbreed, de langsdoorsnede is weergegeven in Figuur 6.2. Hierdoor kan er meer worden afgevoerd naar gemaal Zeeburg. Door het grotere debiet ontstaat er echter ook weer meer verhang in het aanvoertracé en daardoor levert de maatregel weinig verlaging van de waterstand op de Amstel op en daarmee weinig extra berging. Het oplossen van het hydraulische knelpunt De Dageraad is echter wel zinvol omdat gemaal Zeeburg beter kan worden benut.



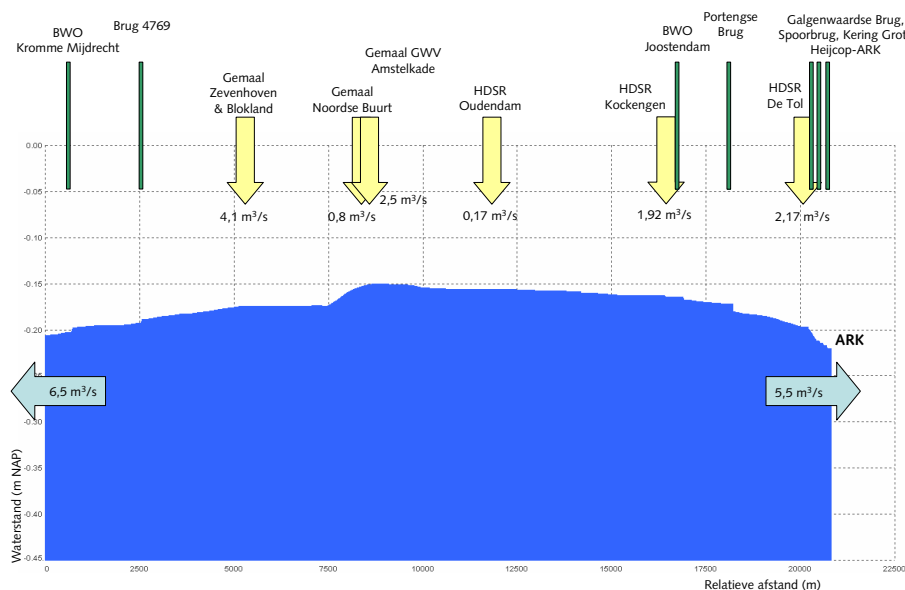
Figuur 6.2 Langsdoorsnede tracé Amstel-gemaal Zeeburg



6.2.2 Tracé Kromme Mijdrecht – ARK

In het tracé Kromme Mijdrecht – Amsterdam-Rijnkanaal (Figuur 6.3), liggen drie kunstwerken vlak na elkaar die de afvoerroute naar het Amsterdam-Rijnkanaal stremmen. Door deze te verbreden, neemt de afvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal met 10% toe. Hierdoor neemt de afvoer naar de Amstel af en daardoor ook het verval in die richting. De maximum waterstand op dit tracé wordt met het verbreden van de kunstwerken circa 3 cm verlaagd. Het verhang is echter nog steeds fors en dat komt voornamelijk door de krappe watergangen.

Aandachtspunt is het plan om het gemaal van Groot Wilnis Vinkeveen te verplaatsen naar de Geer. Uit de langsdoorsnede blijkt dat hiermee de opstuwing nog meer toe neemt. Het is daarom zinvol om te onderzoeken of het gemaal naar een ander deel van de boezem kan worden verplaatst.



Figuur 6.3 Langsdoorsnede van BWO-kering Kromme Mijdrecht naar het ARK

6.3 Lokaal verhogen van het MBP

Voor de Vecht bij Utrecht kan overwogen worden om het MBP te verhogen. De kades zijn hier voldoende hoog en hiermee wordt voorkomen dat er feitelijk onnodige noodmaatregelen getroffen moeten worden.

Eventueel kan ook worden overwogen om het MBP in het zuidelijk deel van de Amstel te verhogen en het grote verval te accepteren. Dit is echter wel een kostbare maatregel omdat de kaden momenteel niet voldoende hoog zijn en bovendien rekening moet worden gehouden met hoge terugkerende beheer- en onderhoudskosten (vanwege zettinggevoelige kaden).



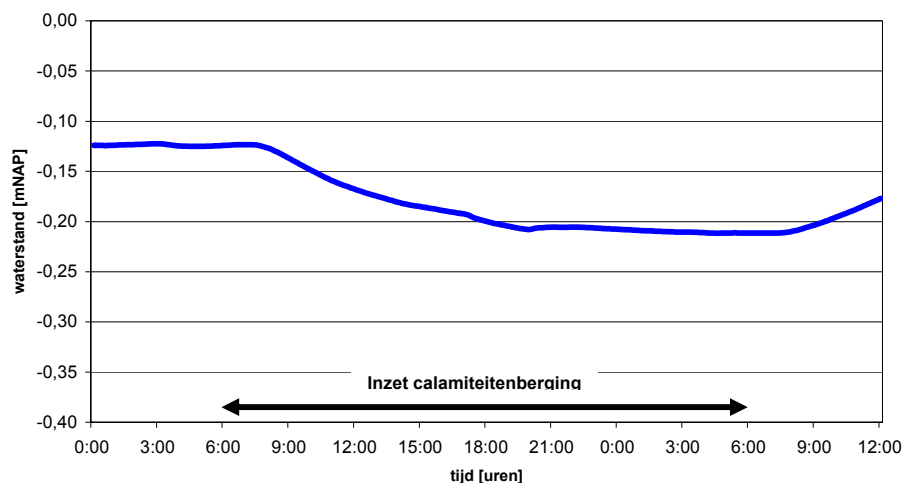
6.4 Extra afvoeren naar calamiteitenpolders

Het vergroten van de afvoer naar het buitenwater is niet of nauwelijks mogelijk. Wel kan er in noodgevallen via de Tolhuissluis worden afgevoerd naar Rijnland, als daar in Rijnland ruimte voor is. Het gebruik van calamiteitenpolders biedt wel mogelijkheden en het bijkomende voordeel is dat extra afvoer ruimtelijk goed is gespreid over het gebied, waardoor juist op de kritieke locaties het verhang aanmerkelijk kan worden gereduceerd. In onderstaande figuur is te zien dat het effectieve maatregel is.

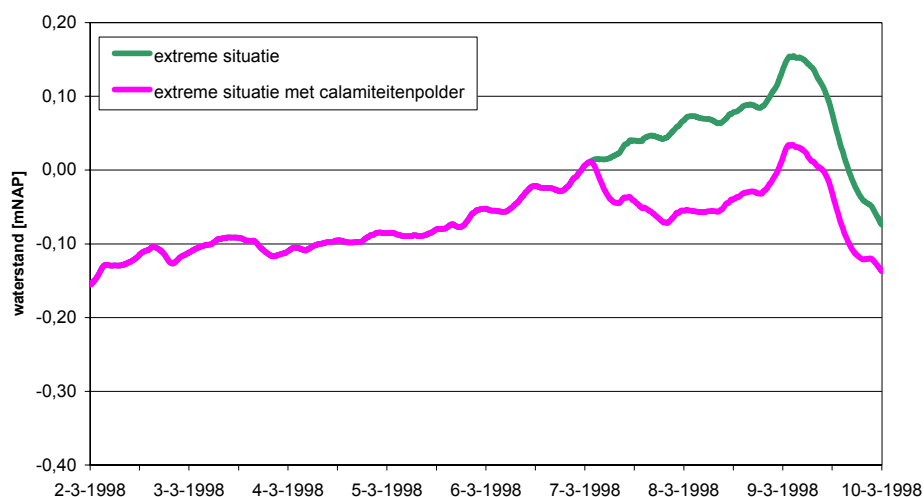
Het nadeel van deze maatregel is echter dat de afvoer voor een beperkte periode kan worden gebruikt, waarbij het van groot belang is dat de maatregel op het juiste moment (en niet te vroeg) wordt ingezet. Het is van belang dat de keuze voor de lokatie van de calamiteitenpolders wordt afgestemd op de lokaties waar de boezemwaterstanden het meest kritiek zijn.

Tabel 6.1 Overzicht van de calamiteitenpolders. Het instroomdebiet is gebaseerd op de aanname dat de berging in 24 uur vol loopt.

Polder	Berging (milj. m ³)	Instroomdebiet (m ³ /s)
Rondehoep	1.370.000	16
Polder Groot-Mijdrecht	1.370.000	16
Ouderkerkerplas	1.000.000	12
Nieuwe Keverdijkse polder	900.000	10
Totaal	4.640.000	54



Figuur 6.4 Het effect van calamiteitenberging op de waterstand in de stationaire situatie (lokatie Amstelkade). In de stationaire situatie ligt de boezemwaterstand op NAP -0,12 m.



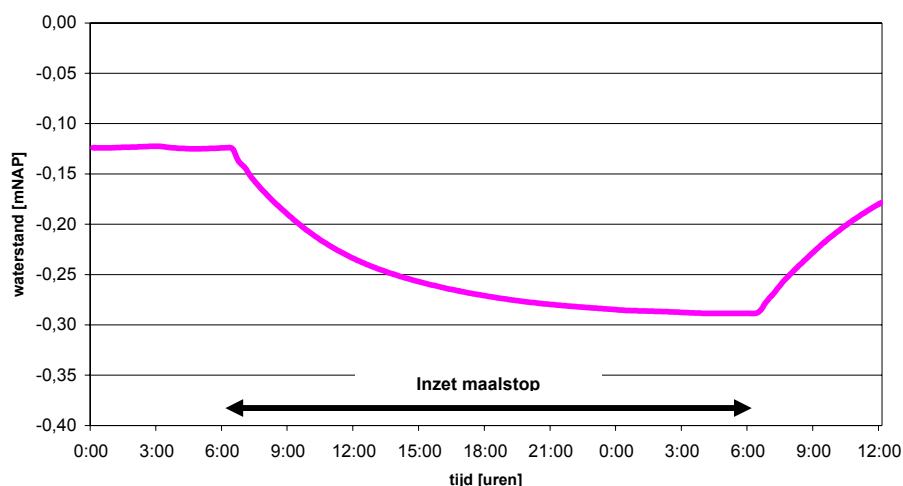
Figuur 6.5 Het effect van de inzet van alle calamiteitenpolders op het waterstandverloop in de extreme (niet-stationaire) situatie (lokatie Amstelkade)

Onder regie van de provincie Noord-Holland is in 2004 de pilot Rondehoep gestart (tot medio 2005), waarin nut en noodzaak van calamiteitenberging wordt onderzocht. Op basis van de resultaten zal een uitspraak worden gedaan over de wenselijkheid van het inrichten van een calamiteitenpolder.

6.5 Maalbeperking

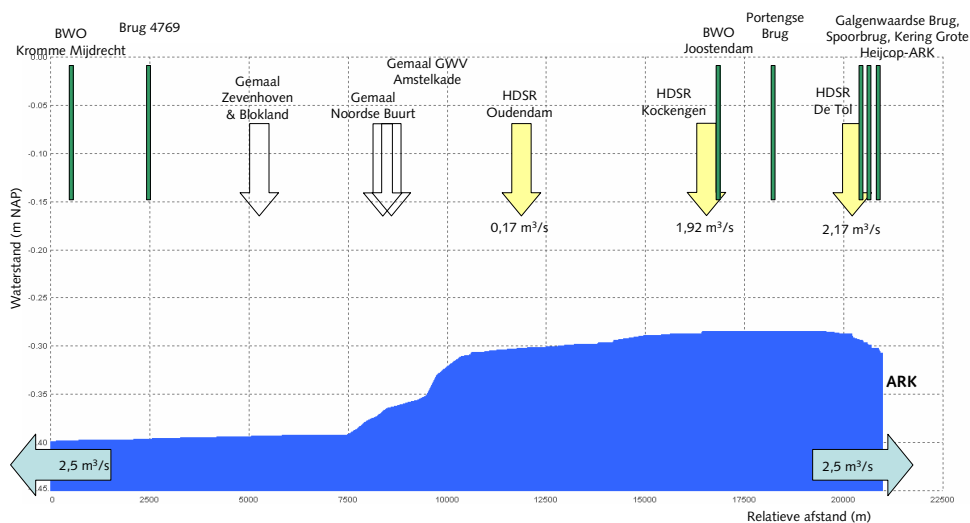
Het streefpeil op het gehele boezemsysteem is NAP -0,40 m NAP. Bij waterstanden boven NAP 0,0 m op het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal kan Rijkswaterstaat een afvoerstop opleggen aan de omliggende waterbeheerders. Amstel, Gooi en Vecht hanteert in de praktijk een maalbeperking vanaf een lokale waterstand op de boezemwateren van NAP -0,10 m (Gelet op de eerder constatering over de werking van het boezemsysteem is het mogelijk hiermee te wachten). In noodgevallen kan water via de Tolhuissluis worden afgevoerd naar Rijnland, als daar in Rijnland ruimte voor is.

Het instellen van een maalstop of maalbeperking is qua effect vergelijkbaar met de maatregelen extra afvoeren naar calamiteitenpolders. Het voordeel is echter dat de maatregel voor een langere periode kan worden ingezet (waarbij de schade en overlast natuurlijk wel toeneemt). Om een gefundeerde keuze te maken tussen extra afvoeren naar calamiteitenpolders of het instellen van een maalbeperking is eigenlijk een kosten-batenanalyse van deze maatregelen gewenst.



Figuur 6.6 Het effect van een maalstop op de waterstand in de stationaire situatie (lokatie Amstelkade). In de stationaire situatie ligt de boezemwaterstand op NAP -0,12 m.

In Figuur 6.6 is te zien dat bij inzet van een maalstop voor alle poldergemalen gedurende 24 uur, de waterstand zo'n 15 cm daalt. In Figuur 6.7 is ter illustratie het effect van een maalstop op het tracé Kromme Mijdsrecht weergegeven. Omdat op dit tracé bijna 40% van de aanvoer van HDSR komt, is het verhang in dit tracé nog steeds aanwezig. In de praktijk wordt in een dergelijke situatie doorgaans ook door HDSR een maalbeperking (of maalstop) ingesteld.



Figuur 6.7 Langsdoorsnede van BWO-kering Kromme Mijdsrecht naar het ARK



6.6 Calamiteiteninformatiesysteem

Het calamiteitenbestrijdingsplan dat nu in gebruik is sterk geënt op actuele waterstanden en kan aanmerkelijk worden verbeterd, in die zin dat het nemen van maalbeperkingen veel minder vaak nodig is dan nu wordt toegepast. Het inzetten van een maalbeperking of calamiteitenpolder moet worden gebaseerd op een verwachte waterstand en de verwachte aanvoer naar het boezemsysteem in relatie tot de beschikbare afvoercapaciteit, en niet alleen op een actuele waterstand. Daarvoor is van belang dat ook de aanvoer vanuit de andere waterschappen bekend is. Bij het vaststellen van de verwachting moet rekening worden gehouden met de beschikbare afvoercapaciteit en het verhang dat daarvoor nodig is.

In vergelijking tot het huidige papieren draaiboek is een real-time calamiteiteninformatiesysteem met actuele en voorspelde waterstanden geavanceerder. Op deze wijze kan worden voorkomen dat er onnodig beperkende maatregelen worden opgelegd en bovendien dat als het nodig is de noodmaatregelen effectief worden ingezet.

6.7 Resumé

In het boezemsysteem van DWR zitten vier belangrijke knelpunten:

1. De aanvoercapaciteit van de watergangen en kunstwerken naar gemaal Zeeburg is te klein, waardoor de beschikbare capaciteit niet kan worden benut en het verhang en de stroomsnelheid erg groot zijn;
2. De afvoercapaciteit van de Zuidelijke Amstellandboezem (Geer, Heicop) is te krap waardoor hier de waterstand lokaal sterk kan stijgen en dicht in de buurt kan komen van het Maatgevende Boezempeil. Dit deel voldoet daardoor niet aan de norm dat het MBP 1:100 jaar mag worden bereikt (zonder gebruik te maken van noodmaatregelen);
3. Het kan voorkomen dat de totale aanvoer naar het ARK/NZK boezemsysteem gedurende enige etmalen groter zijn dan de beschikbare afvoercapaciteit, terwijl er weinig berging in het systeem zit;
4. De waterstand in de Vecht bij Utrecht zal vaker dan toegestaan (1:100) het MBP bereiken. Dit komt doordat de waterstand achter in het systeem het hoogst is en door de relatief grote afvoer vanuit het waterschap HDSR.

Naast de genoemde knelpunten zijn er een aantal kunstwerken in het boezemsysteem krap gedimensioneerd waardoor het verval over het kunstwerk meer dan 1 cm kan bedragen. Bij elkaar opgeteld geeft dit hogere waterstanden op de boezem dan nodig.

Er zijn verschillende manieren om de knelpunten op te lossen, maar er is geen eenduidige eenvoudige oplossing mogelijk. In de praktijk zal moeten worden gezocht naar een optimale combinatie van maatregelen waarbij de ene maatregel meer structureel is dan de andere en sommige maatregelen minder of meer inzetbaar zijn bij storm, energie-uitval, enz. Op basis van de uitgevoerde analyses wordt daarbij gedacht aan de volgende combinaties:

1. Om de aanvoercapaciteit naar gemaal Zeeburg te vergroten is het verruimen of beter stroomlijnen van het kunstwerk De Dageraad een belangrijke stap, maar eigenlijk niet voldoende. Het verruimen van de afvoercapaciteit van de Singel is mogelijk door bijvoorbeeld een verdieping, maar zal niet eenvoudig zijn. Dit betekent dat zeker het vergroten van de gemaalcapaciteit niet zinvol is. Bovendien is het niet verstandig om het IJfront te sluiten, omdat daarmee de aanvoercapaciteit naar het gemaal Zeeburg verder wordt gereduceerd.



2. Voor de Zuidelijke Amstellandboezem moet worden gezocht naar een combinatie van de volgende maatregelen:
 - Verruimen of beter stroomlijnen van een aantal kunstwerken in de boezem, met name in de buurt van het ARK bij Breukelen;
 - Het verruimen van het dwarsprofiel van de Kromme Mijdrecht en de Heijcop door verbreding of verdieping;
 - Reduceren van de aanvoercapaciteit vanuit AGV en HDSR (maalbeperking);
 - Lokaal verhogen van het MBP, en dus ook van de van de boezemkaden;
 - Het gebruik van een bergingspolder op dezelfde locatie kan worden overwogen, maar heeft een vergelijkbaar resultaat met het reduceren van de aanvoercapaciteit.
3. Voor de Vecht bij Utrecht lijkt de meest eenvoudige oplossing het lokaal verhogen van het MBP. Dit is een eenvoudige maatregel omdat de kaden ter plaatse voldoende hoog zijn.
4. Voor de kunstwerken die een verhang hebben van meer dan 1 cm moet worden nagegaan hoe deze kunnen worden aangepast. Naast het verruimen van het doorstroomprofiel is het beter stroomlijnen een mogelijkheid om het verval over het kunstwerk te reduceren (minder in- en uitstroomverlies).

Voor het uitwerken van deze maatregelen is een nadere detailstudie gewenst, waarbij gebruik kan worden gemaakt van het model en de analyses uit deze studie.

Voor extreme situaties met een kans van voorkomen kleiner dan 1:100 jaar zijn noodmaatregelen nodig om te voorkomen dat de boezemwaterstand stijgt boven het MBP. Als noodmaatregel komen in aanmerking het gebruik van calamiteitenpolders en het inzetten van maalstops. Beide maatregelen zijn effectief, maar het instellen van maalstops is “veiliger” omdat de duur niet direct is gelimiteerd. Mogelijk is een combinatie van beide maatregelen optimaal. Onderzocht moet worden welke gebieden relatief eenvoudig (en zonder veel kosten) als calamiteitenberging kunnen worden ingezet. In de pilotstudie Rondehoep wordt een kostenafweging gemaakt tussen een vergaande maalstop en calamiteitenberging. In noodgevallen kan ook via de Tolhuisluis worden afgevoerd naar Rijnland, als daar in Rijnland ruimte voor is.

Tenslotte is het verstandig om meer aandacht te besteden aan een hoogwaterinformatiesysteem dat kan worden gebruikt als adviessysteem voor het instellen van noodmaatregelen als maalstops/maalbeperkingen en inzet calamiteitenberging. Wanneer alleen op actuele waterstanden wordt gereageerd zal vaker dan nodig een beroep worden gedaan op de noodmaatregelen, waardoor onnodige schade en overlast wordt veroorzaakt.



7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusies

In deze studie is het functioneren van het boezemwatersysteem onderzocht. Geconstateerd is dat het boezemsysteem een onlosmakelijk onderdeel vormt van het stroomgebied van het Amsterdam Rijnkanaal en Noordzeekanaal. Het gehele stroomgebied is, zeker na de uitbreiding van het gemaal bij IJmuiden, een afvoer gedomineerd systeem, met nauwelijks ruimte voor berging.

Om het afvoersysteem goed te laten functioneren is een verhang nodig van meer dan 0,20 m en dit kan bij hevige wind oplopen tot meer dan 0,30 m. Dit betekent dat de ruimte die er is tussen het streefpeil en het maatgevende boezempeil (0,40 m) al vrijwel volledig nodig is om het systeem "normaal te laten functioneren". De boezemkaden moeten zodanig op hoogte en sterkte zijn dat er bij deze waterstanden geen problemen ontstaan. Een verlaging van het maatgevend boezempeil met het oog op de boezemkaden kan daarom niet aan de orde zijn.

Geconcludeerd wordt dat er feitelijk geen wateropgave is voor het boezemsysteem van DWR vanuit de NBW normering. Het boezemsysteem voldoet nu (en in de toekomst) aan de NBW werknormen. Om het maatgevend boezempeil te halen zijn wel maatregelen nodig.

In het systeem zit een aantal hydraulische "knelpunten" waardoor er extra verhang ontstaat (meer dan volgens de eigen richtlijnen van het waterschap acceptabel is). Het is technisch mogelijk om deze knelpunten op te lossen, maar of dit financieel ook haalbaar is zal nader moeten worden onderzocht. Door het oplossen van hydraulische knelpunten wordt er feitelijk meer ruimte voor berging in de boezem gecreëerd (de ruimte wordt nu gebruikt voor het verhang).

De kans dat het maatgevende boezempeil wordt bereikt is, ook in de nieuwe situatie met de uitbreiding van gemaal IJmuiden, groter dan 1:100 jaar. Dit geldt echter alleen achter in het systeem (Zuidelijke Amstellandboezem en op de Vecht bij Utrecht). Door het oplossen van de eerder genoemde hydraulische knelpunten kan het probleem mogelijk worden verholpen. Daarnaast is het mogelijk om het MBP plaatselijk te verhogen. De kades bij de Vecht lijken voldoende hoog, zodat er geen directe kosten aan zijn verbonden.

Voor de Amsterdamse Stadsboezem wordt in de praktijk een lager MBP gehanteerd. Om dit te bereiken worden het IJ-front en gemaal Zeeburg ingezet, dit gebeurt gemiddeld eens in de 1 à 2 jaar. Het is echter de vraag wanneer het sluiten van het IJ-front effectief en nodig is, ook met de recente uitbreiding van gemaal IJmuiden.

Echte problemen in de boezem ontstaan pas als er geen spui mogelijkheden zijn en de aanvoer groter is dan de beschikbare afvoer. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat alle pompen van de afvoergemalen (IJmuiden en Zeeburg) gegarandeerd operationeel zijn, dan is de kans dat dit gebeurt klein (orde 1:100 tot 1:1000 jaar). Wanneer deze situatie zich voordoet dan moet het tijdelijke verschil tussen aan- en afvoer worden overbrugd. Hiervoor zijn drie opties:

1. Het vergroten van de afvoer naar calamiteitenpolders;
2. Het vergroten van de bergingscapaciteit van de boezem door hydraulische knelpunten op te lossen;
3. Het reduceren van de aanvoer (maalstop of maalbeperring).



Het optimale maatregelenpakket zal naar verwachting bestaan uit een combinatie van deze maatregelen. Door de hydraulische knelpunten op te lossen wordt de bergingscapaciteit van de boezem verruimd. (Het vergroten van het areaal open water is niet of veel minder effectief). Aanvullend zal gezocht moeten worden naar afvoer beperkende maatregelen of afvoervergroten maatregelen. Aangetoond is dat beide maatregelen effectief zijn, maar nader onderzoek inclusief een kosten en baten analyse is nodig om het optimale pakket te bepalen.

7.2 Aanbevelingen

In deze studie is een veel beter inzicht verkregen in de complexe werking van het boezemsysteem. Het model is hierbij essentieel gebleken. Aanbevolen wordt om het model en het bijbehorende gegevensplatform dat is opgezet "helemaal af te maken". Door de nog ontbrekende gegevens aan te vullen en extra aandacht te besteden aan de kalibratie kan een solide basismodel worden opgeleverd, dat tevens voor veel andere studies van belang kan zijn.

Aanbevolen wordt om (gebruik makend van het verbeterde model) een aantal maatregelenpakketten nader uit te werken, inclusief een kosten-batenanalyse om zo een goed onderbouwde keuze te kunnen maken. Daarbij moet de aandacht zich in eerste instantie concentreren op de Zuidelijke Amstellandboezem.

Er wordt een aantal vraagtekens geplaatst bij het huidige hoogwaterbestrijdingsplan. Daarnaast is inmiddels de capaciteit van gemaal IJmuiden uitgebreid en dat heeft grote effecten op het beheer van het boezemsysteem. Aanbevolen wordt om het huidige plan gebaseerd op de nieuwe inzichten te screenen. Daarnaast wordt aanbevolen om een real-time calamiteiteninformatiesysteem te gaan gebruiken waarin ook de verwachte aanvoer en boezemwaterstanden worden gepresenteerd en waarmee het effect van voorgenomen maatregelen kan worden getoetst. Op deze wijze kan worden voorkomen dat er onnodig maalbeperkingen worden opgelegd en kan een optimale inzet van noodmaatregelen beter worden gegarandeerd.



Literatuurlijst

Aanvoer IJmeerwater naar Rijnland – WL Delft Hydraulics, 2003

Beheerstrategie 'Omgaan met hoog water' – DWR/AGV 2001

Leidraad 'Toetsing regionale watersystemen met betrekking tot wateroverlast' – Provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht, 2004

Overschrijdingskansen van waterstanden in het Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal en de boezem en polders van HAGV – HKV Lijn in Water, KNMI, SC-DLO, 1999 en 2001

Stroomgebiedsvisie Amstelland – Provincie Utrecht, Provincie Noord-Holland, AGV e.a., 2002

Verlaging maatgevend boezempeil Amstelland – HKV Lijn in Water en Geodelft, 2002





I Overzicht randvoorwaarden

In de onderstaande tabel staat voor de randen van het boezemsysteem (een schatting van) de maximum capaciteit.

	capaciteit (m ³ /s)	
Afvoer		
Maalcomplex IJmuiden	260	
Spuicomplex IJmuiden	700	afhankelijk van w.s. Noordzee
Oranjesluizen bij Schellingwoude	0	
Gemaal Zeeburg	60	
Diemerdammersluis	15,5	afhankelijk van w.s. IJmeer
Ipenslotersluis	13,5	afhankelijk van w.s. IJmeer
Zeesluis Muiden	10	afhankelijk van w.s. IJmeer
Tolhuissluis	0	
Una Centrale (Reliant Energy)	9	noodmaatregel
Totaal afvoer	1068	
Aanvoer		
<i>Vanuit Rijnland:</i>		
Spaarndam	70,3	
Halfweg	32	
Gemalen Ws. Groot Haarlemmermeer	33	
	5,3	zie volgende tabel
<i>Vanuit Noorderkwartier:</i>		
Schellingwouderbeek	63,3	
Kadoelen	1,3	
De Waker	12,5	
Zaangemaal	5,6	
Sluis Nauerna	23,3	
Gemalen voorm. Ws. Het Lange Rond	10,6	
	10,0	zie volgende tabel
<i>Vanuit Lek:</i>		
Beatrixsluizen	15	
Irenesluizen	5	
	10	
<i>Vanuit De Stichtse Rijnlanden:</i>		
Stuw Caspergouwse Wetering	110,2	
Noordergemaal	8,33	
Zuidersluis hoogwaterbemaling	14	
Weerds sluis (ADM de Rode brug)	10,8	
Spuisluis Oog in Al	10	
Oudendam	28	
Kockengen	0,17	
De Tol	1,92	
Overige afvoer HDSR	2	
	35,0	zie volgende tabel
Totaal aanvoer	258,8	



In de onderstaande tabel staat een uitsplitsing van de verzamelposten uit de tabel met de randen van het boezemsysteem op de vorige pagina.

	max capaciteit (m ³ /sec)
Gemalen Ws. Groot-Haarlemmermeer	5,33
Gemaal De Dammers	1
Gemaal Houtrak	3
Gemaal Noordspaarndammer	0,22
Gemaal Rijksweg 22	0,03
Gemaal Zuidspaarndammer	1,08
Gemalen voorm. Ws. Het Lange Rond	9,98
Aagtendijk	0,72
Buitenlanden	0,11
Gemaal Soeteboom	1,62
Gemeente Nauerna	1,63
Meerweide	0,15
Nauernasche polder	0,17
Overtoom	3
Pontweg	0,12
Westzaner polder	0,42
Wijkermeer	1,62
Zaandammer polder	0,42
Overige afvoer HDSR	34,98
Gemaal Bijleveld	4,67
Gemaal Galecop	5,57
Gemaal Goyerbrug	-0,83
Gemaal Harmelerwaard	0,13
Gemaal Kerkeland	-0,83
Gemaal Koppeldijk	-0,75
Gemaal Maarssenbroek	3,33
Gemaal Ouwenaar + Haarrijn	1,50
Gemaal Utrecht	-0,58
Gemaal Vleuterweide midden	1,33
Gemaal Vuylcop-oost	0,25
Gemaal Vuylcop-west	0,83
niet-bemeten posten HDSR	2,15
Schuif Utrecht Vleuterweide-oost	
Stuw Houtense Wetering	3,67
Stuw Kerkeland	4,00
Stuw Koppeldijk	4,00
RWZI Breukelen	0,23
RWZI Houten	0,78
RWZI Leidsche Rijn & Maarssenbroek	0,67
RWZI Wijk bij Duurstede	0,25
RWZI Utrecht	4,17
RWZI De Meern	0,45

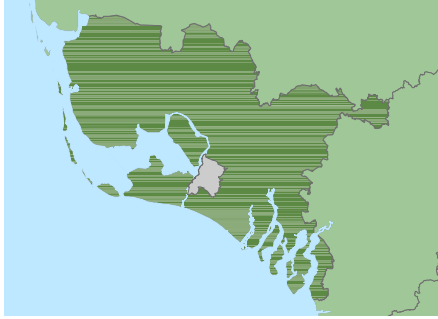


II Overzicht poldergemalen DWR

Code	Naam	Capaciteit (m ³ /s)
1001D001	Wilnis-Veldzijde	85,0
1009D001	Gagelweg	30,0
1018D003	Oukoop	100,0
1021D001	Tweedebedijking	14,0
g1001	Noordse Buurt	50,0
g1020	Molen Oukoop	0,0
g1025	Molen Broekzijds	50,0
g1030	Honswijk	85,0
g145	Flevopark	7,2
g175	Watergraafsmeer	90,0
g230	SP Zuid	1,6
g255	Middelpolder	322,0
g260	Volkstuinencomplex Amstelglorie	6,0
g265	Buitenveldert	128,8
g295	Ondersteunend gemaal Watergraafsmeer	60,0
g315	Portengen	126,0
g335	Overdiempolder	12,7
g340	Zandpad	180,0
g345	Diempolder	50,0
g350	Driemond	120,0
g355	Lange Strammerdijk	45,0
g360	Betlem	5,8
g365	Papelant	55,0
g370	Korte Strammerdijk	34,0
g375	Kruidpad 68	3,0
g380	Maxis	4,0
g385	De Eendracht	41,0
g390	Kruidpad 38	10,0
g40	Gerbrandypark	21,6
g405	Noordpolder	56,0
g415	Zuidpolder	32,0
g420	Molen De Onrust	80,0
g425	B.O.B.M. Polder	40,0
g435	Bovenkerkerpolder	270,0
g445	Bullewijk	217,0
g45	Gemaal sluis Westlandgracht	30,8
g450	Botshol 1 (groot)	22,0
g455	Ronde Hoep	110,0
g460	Holendrecht	15,5
g475	Botshol 2 (klein)	11,0
g480	Waardassacker	75,0
g485	Broekzijds	50,0



Code	Naam	Capaciteit (m3/s)
g490	Aetsveld-West	35,0
g500	Aetsveld Oost	120,0
g505	Hoeker-Garsten	40,0
g510	Horn en Kuyer	25,0
g520	Spiegelplas	75,0
g530	Nieuwe Keverdijkse	81,0
g535	Heintjesrak- en Broekpolder	26,0
g540	Hollandsch Ankeveen	45,0
g545	Bovenmeent	15,0
g550	Ondermeent	24,0
g555	Keverdijkse Overscheensche	24,0
g560	Naardermeent, vm RWS	15,0
g570	Zuider Legmeer	120,0
g575	Noorder Legmeer	165,0
g585	Petronella	65,0
g590	Winkel	300,0
g600	De Ruiter	300,0
g605	De Horn	65,0
g620	Lange Coupure	25,0
g625	Baambrugge Oostzijds, ARK	50,0
g635	Molen Hoeker-Gasten	40,0
g640	Dorsewaard	30,0
g645	t' Hemeltje	60,0
g650	Horstermeer	164,0
g690	Buitenwesterpolder	10,0
g700_1	Kromme Mijdrecht 1 (Zevenhoven)	200,0
g700_2	Kromme Mijdrecht 2 (Blokland)	45,0
g710	Derde Bedijking	100,0
g720	Amstelkade	150,0
g735	Holland Sticht en Voorburg	40,0
g740	Breukelerwaard	25,0
g745	Breukelen Proosdij	30,0
g75	Zuidwestelijk deel Overbraker binnenp	0,6
g750	Holland Sticht en Voorburg	80,0
g755	Mijnden	45,0
g760	Loosdrecht	237,0
g770	Loenderveen	27,0
g775	Molen Loenderveen	45,0
g810	Broeckland	6,0
g815	Nijenrode	26,0
g835	Van Eyck	180,0
g870	Vechtdijk	75,0
g95	Tuindorp Oostzaan	30,0
gt1	Uithoornsepolder	50,0
gt2	Lineaus	4,0
gt3		40,0
gt4		5,0
gt5	Una-centrale	30,0



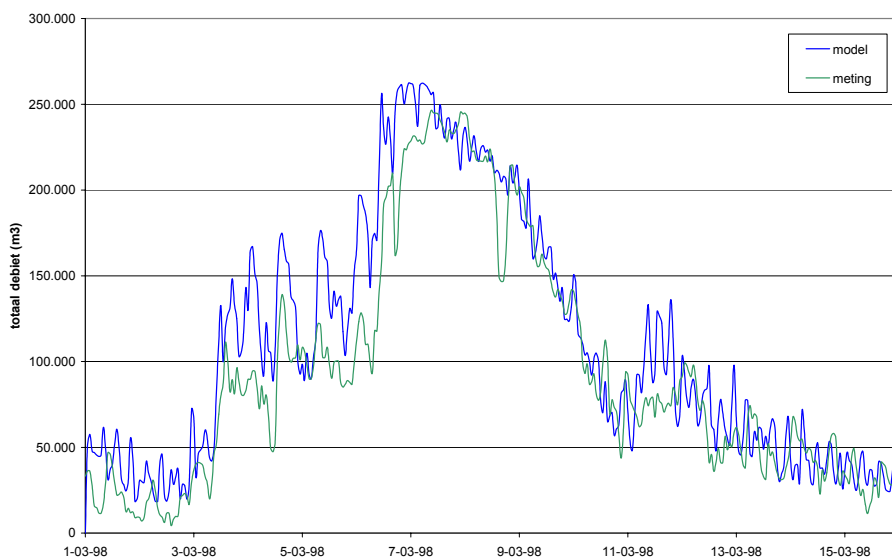
	< 100 m3/min
	100 - 250 m3/min
	> 250 m3/min
	Boezemwater
	Afwateringsgebieder
	Overig DWR-gebieder



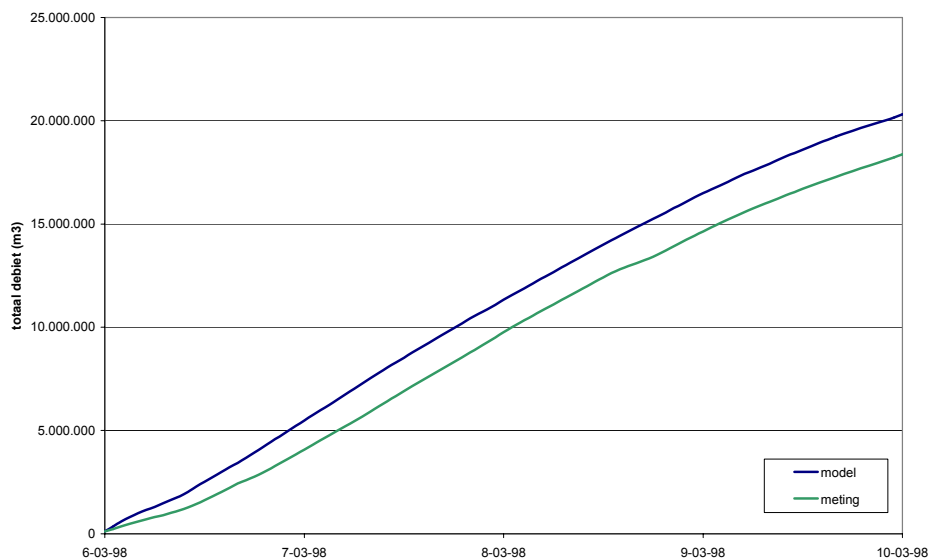
III Kalibratie en verificatie

Afvoer poldergemalen

De afvoer van de afwateringsgebieden naar de boezem is gecontroleerd door de afvoer van de geregistreerde poldergemalen te vergelijken met de berekende afvoer van deze poldergemalen. Daarnaast is ook de cumulatieve afvoer van deze poldergemalen gedurende de neerslagpiek gecontroleerd.



Totaal debiet van de geregistreerde poldergemalen.

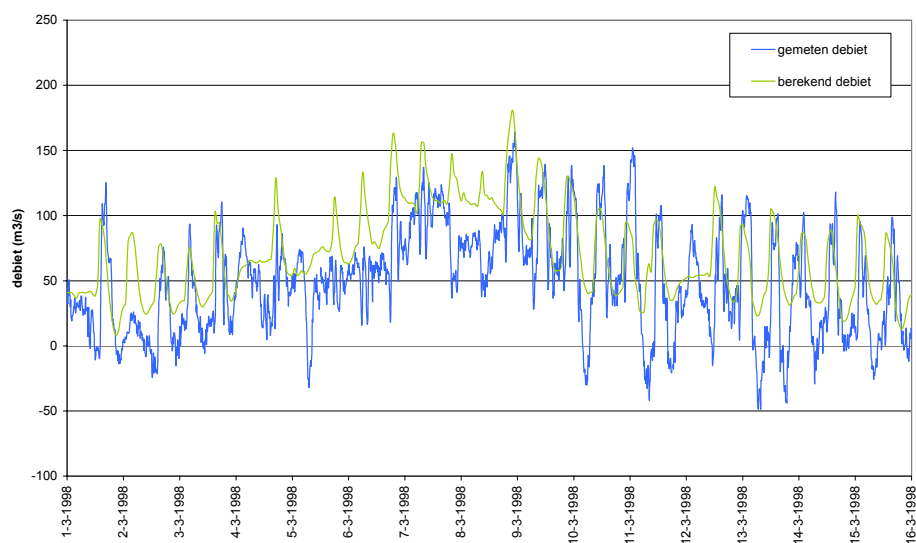


Cumulatief debiet van de geregistreerde poldergemalen gedurende de neerslagpiek.



Debiet bij Weesp

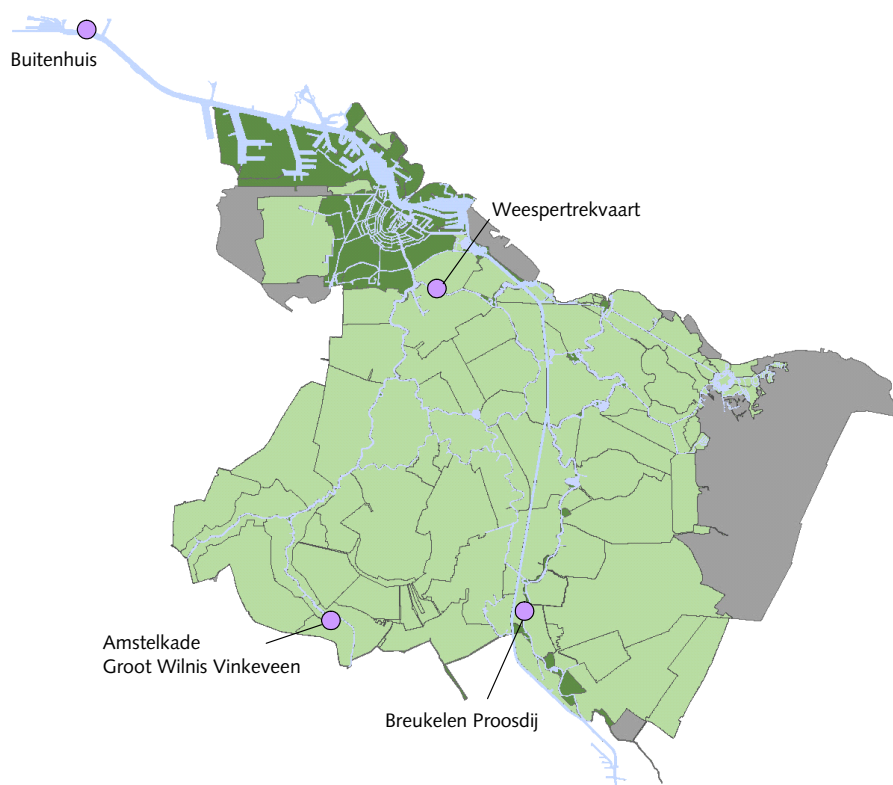
De debietmeting in het ARK bij Weesp wordt vergeleken met het berekende debiet.

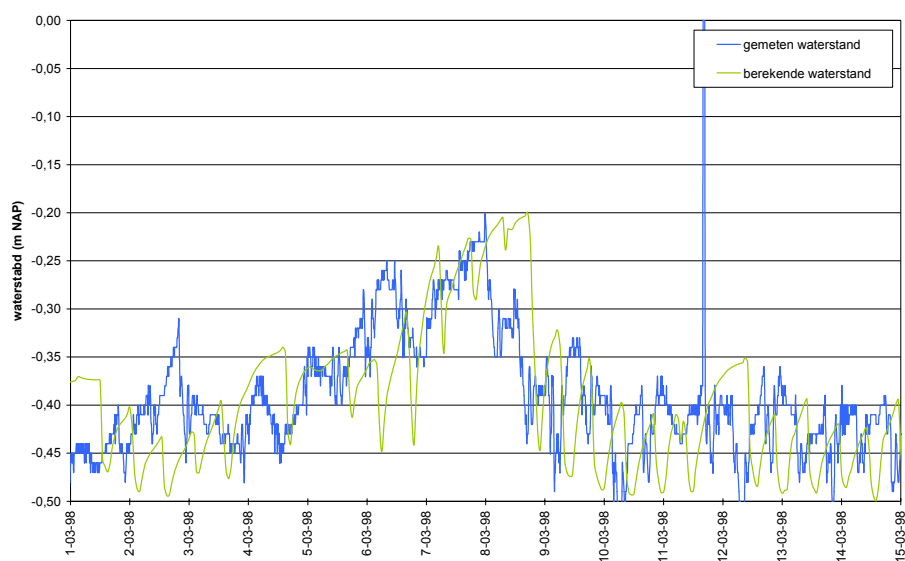


Debiet in het Amsterdam-Rijnkanaal, lokatie Weesp

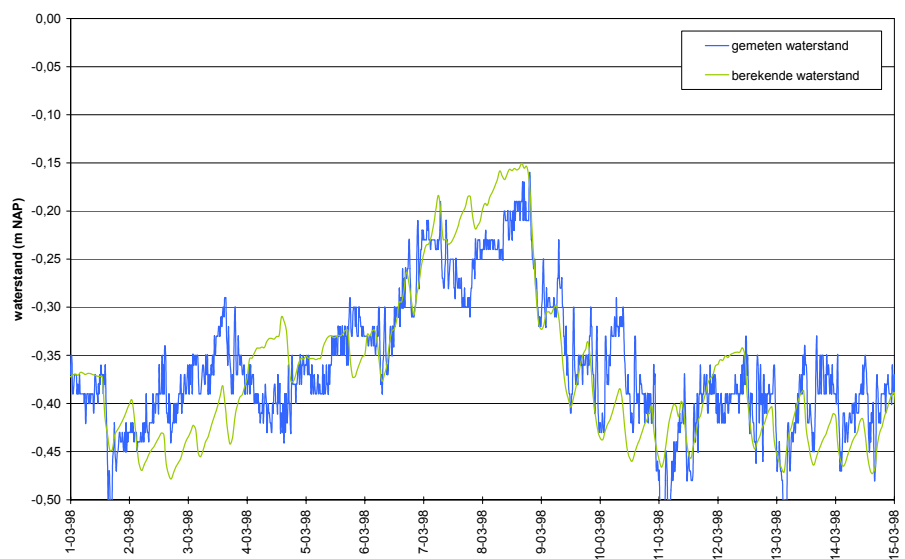
Waterstandverloop in het boezemsysteem

Op een aantal lokaties in het boezemsysteem is het berekende waterstandverloop vergeleken met het gemeten waterstandverloop (zie onderstaande figuur).





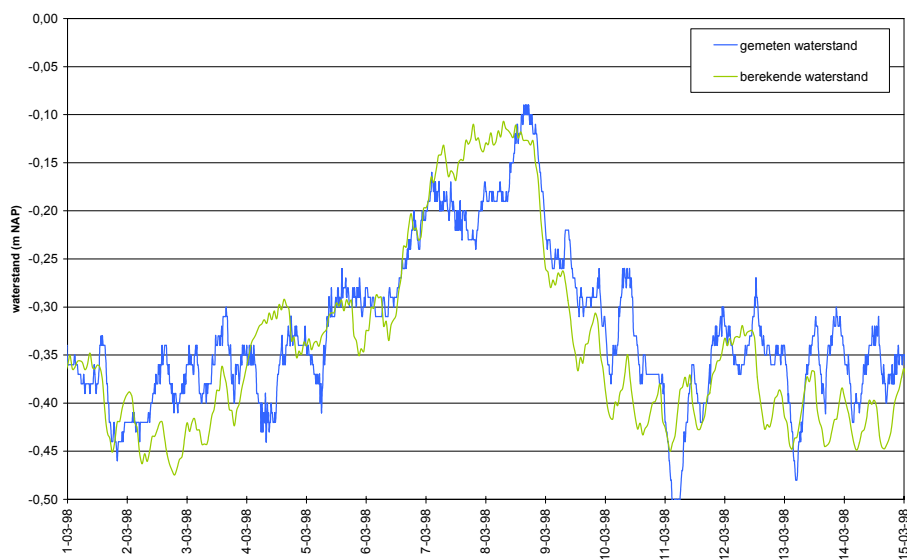
Waterstand in het Noordzeekanaal, lokatie Buitenhuis



Waterstand in de noordelijke Amstellandboezem, lokatie Weespertrekvaart (13)



Waterstand in de zuidelijke Amstellandboezem, lokatie Groot Wilnis Vinkeveen Amstelkade (49)



Waterstand in de zuidelijke Vechtboezem, lokatie Breukelen Proosdij (46)



IV Praktijkgegevens hoogwaters AGV

Praktijkgegevens hoogwaters AGV in de periode 1987-2004 (bron: hoogwatersverslagen AGV)

Periode	Hoogste gemeten peilen	Oorzaken	Operationeel
30 dec. 02-5 jan. 03	NZK Surinamekade -0.08, ARK Nieuwegein -0.03, ARK Maarssen -0.05, Amstelsluizen -0.13, Uithoorn -0.12, Amstel bij Eerste Bedijking en bij Derde Bedijking -0.10, Kromme Mijdrecht -0.01, Vecht -0.07, 's-Gravelandsevaart -0.06	Ca. 115 mm in 12 dagen (en vorst); 2 kleine spuis bij IJmuiden, daarna 1 gemiste spui (1 en 2 jan). Op 28-29 dec. geen/weinig spui; op gemaal 30-12 IJmuiden enige uren eruit, Zeeburg 3 uur eruit op 4-1	30 dec. 8 u Zeeburg aan tot 31-12 2:00 u., Oranjesluizen ingezet (40 m ³ /s) 10-15 u, Amstelsluizen deels dicht 1-1 22 u: Zeeburg weer aan, op 2-1 om 19:30 u. oostelijk IJfront dicht, 21 u. sluiting westelijk IJfront, 22 u: UNA wordt ingezet komende 24 u; 22:30 u. ARK-front dicht, Ip. en Diem.sluis lozen, Muiden vanaf 3-1 0:30, Oranjesluizen ook. Zaangemaal, Spaarndam en Halfweg uit 4-10 u; 13:30 Sluiting Ip.sluis en Diem.sluis; 4-1 10:00 ARK- en westelijk IJ-front open tijdens goed verloop spui IJmuiden, 12-17 u inzet Tolhuissluis (ca. 5 m ³ /s) voor zuidelijke boezem. polderdiesels/nood: Bovenkerkerpolder, Middelpolder, lange coupure, Mijnden, Bullewijk, Gemeenschapspolder; overloop kaden op 5 plekken
24 aug. 2002	M.n. tussenboezems veel te hoog peil; boezem niet boven -0.20 gekomen.	Neerslag: 50-150 mm in 1 dag	Veel noodpompen polders ingezet
2-7 jan. 2001	Amstel ZLP -0.18, Amstelsluizen -0.21	2 spuis (waarschijnlijk meer) gemist	Zeeburg ingezet
9-11 nov. 2000	Amstelkade -0.20, ARK -0.20, Kromme	2x slechte spui IJmuiden door 15 cm	Zeeburg ingezet, draait eerst maar met 2



	Mijdrecht -0.10	verval, ook weinig gemaal IJmuiden	pompen,
25 okt.- 7 nov. 1998	Vecht bij Breukelen 0.0, NZK -0.09, ARK +0.02 (Wijk bij Duurstede)	Aanhoudende westenwind, daardoor geen spui (12 keer) en bemaling IJmuiden belemmerd, daarnaast Markermeer hoog peil	Zeebrug continu (m.u.v. 28 okt) sluiting IJ-front en ARK-front 5 en 6 nov, UNA 30 okt-7 nov (m.u.v. 3 nov), Ip.sluis 25-27 okt, Diem. sluis 25-29 okt, Muiden 25- 29 okt af en toe, Halfweg uit op 5-6 nov (33 m³/s)
6-9 maart 1998	NZK -0.22, Kromme Mijdrecht en Geer - 0.05	Veel regen (90 mm in 5 dagen, T = 25), op 7-8 maart noordenwind waardoor vrije spuis niet meer mogelijk waren.	Veel noodpompen polders bijgeplaatst; op 8 maart 3-5 uur maalstop 7 polders op Amstel. UNA-afvoer ingezet, Zeeburg ook. Zie voor uitgebreid verslag hieronder.
27-29 dec. 1994	Angstel -0.10, Kromme Mijdrecht -0.11, De Ruiter -0.12, stadsboezem -0.18		Zeeburg ingezet. Lichte overstroming Angsteltkade bij Baambrugge
15-19 sept. 1994	NZK bij A'dam -0.17, boezem bij gemaal Holland-Sticht -0.09, bij De Ruiter -0.08, Amsteltkade -0.10, Westveen -0.15, Zevenhoven 0.00, Rode Brug 0.00 (wellicht Uithoorn ook +0.04, zie onder)	Veel neerslag (102 mm in 9 dagen), NW wind	IJ-front dicht, Zeeburg ingezet ,meeste poldergemalen halve kracht, een paar maalstops
30 dec 93-1 jan 94	Amstelsluizen -0.18, Amstel bij ZLP -0.15 ARK bij Breukelen -0.13, Weespertrekvaart -0.13, Vecht Oudzuilen -0.05, Kromme Mijdrecht Westveen -0.03, Zevenhoven -0.06, Noordse buurt -0.05	Op 30-12 1 kleine spui en 1 gemist, 31- 12 2 kleine spuis. Ruim 50 mm in 2 dagen.	Zeeburg ingezet, oostelijk IJ-front dicht (daarvoor stopt Zeeburg driekwartier à 1.45 u.), gemalen district Amstel halve kracht en maalstop per 31-12 (Proosdij deels halve kracht, geen kade- overloop, wel kadeophogingen), Spaarndam 40%, Halfweg 80%
13-15 nov.	Zevenhoven -0.10m	Gemaal IJmuiden	Kades bij Nessersluis,



1993	Amstel ZLP -0.13, Weespertrekvaart -0.16, Amstelsluizen -0.21, Oukoop -0.10, Kockengen en Geerkade -0.11, NZK -0.20, Rode Brug -0.03, Westveen -0.07	uitgevallen en 2 of 3 spuis gemist, westerstorm. Door deze storm ook Kromme Mijdrecht in problemen. Ruim 40 mm neerslag in 5 dagen.	Kockengen en Portengen bijna overgelopen, Zeeburg volle kracht, gemaal IJmuiden 3 uur uitgevallen vanwege hoge zeestand; veel poldergemalen op halve kracht
14-15 april 1989	NZK -0.10, Stad -0.18, Geer -0.13, Uitermeer -0.14, Ouderkerk -0.20, Kockengen -0.15	Slechte spuis, NW-wind stormachtig, neerslag 26 mm in 1 dag	Zeeburg ingezet, IJ-front dicht
18-23 nov. 1987	NZK -0.09, ARK(Nieuwegein) 0.0, Vecht (De Horn) -0.10, Ouderkerk -0.16, Amstelsluizen -0.19	Veel neerslag (60-90 mm in 10 dagen, waarvan 30-45 mm op 19-11-), geen spuis op 19-11 en 20-11	IJ-front en Amstelfront gesloten, Zeeburg ingezet. Overlopen boezemkaden Leidse Rijn en Waver (bij ca. -0.10)
2 en 3 maart 1987	Amstelsluizen -0.22, Ouderkerk -0.24, De Hoef (Kr. Mijdrecht) -0.11, Uithoorn -0.08.	Veel neerslag (>20 mm), bevroren bodem, NO-wind, debiet ARK ca. 0.	Normale spuis, in tussentijd pompen IJmuiden volle kracht en Zeeburg ook een tijdje. Geen fronten gesloten.

Hoogwatersverslag maart 1998

Bij de poldergemalen hebben de volgende extra's/diesels gedraaid:

- diesel Middelpolder 6 maart 17:00 tot zondagmorgen (8-3) vroeg;
- diesel Nieuwe Bullewijk 7 maart 8:00 u tot zondagmiddag;
- diesel Bovenkerkerpolder 7 maart 7:00 u tot zondagmiddag;
- extra trekkerpomp 8-3 12:00 tot 9-3 12:00 u voor polder Nieuwe Bullewijk (capaciteit niet bekend);
- extra trekkerpomp in polder Baambrugge Oostzijds bij Abcoude, op maandag 9-3 de hele dag;
- de molen van de Broekzijdse polder is op 8 maart 5 uur lang aangeweest met 40 m³/min;
- op 8 maart 15:00 tot 9 maart 13:00 is een mobiele noodpomp ingezet voor polder Hoeker-Garsten, capaciteit ca. 12m³/min;
- Daarna heeft dezelfde pomp 9-3 12:00 u tot 10-3 12:00 gedraaid voor Hilversumse Bovenmeent;
- Voor de Aetsveldse polder is gedurende 48,5 uur 12 m³/min noodpomp bijgeplaatst.

Omdat men de neerslag en het hoge water heeft zien aankomen zijn m.n. in het boezembeheer vooraf maatregelen genomen, nl. een zo goed mogelijke spui op 6 maart. Er zijn geen hele spuis gemist, wel waren er erg kleine spuis 7 maart avond en 8 maart ochtend. 8 maart avond prima spui. Op 6-7 maart waren de waterstanden IJmeer lager dan



gebruikelijk en is via Oranjesluizen, Ipenslotersluis, Diedammersluis, Grote Zeesluis en Stenen Beer optimaal gebruik gemaakt van vrije lozing bij ZW wind. Op 8 maart was vrije lozing niet mogelijk vanwege gedraaide wind. De wind is pas hard gaan waaien in nacht 6-7 maart, en is zuidwest geweest op 7 maart hele dag en is in ochtend 8 maart gedraaid via west naar noordoost.

De inzet van Zeeburg is als volgt geweest: 6 maart avond met 3 pompen (2300 m³/min), 2e helft 7 maart erg teruggevallen in debiet, tegen middernacht weer 3 pompen, halverwege 8 maart enige uren 4 pompen en 9 maart weer 3 pompen. De UNA-afvoer is op 8 maart aangeweest. Gemaal IJmuiden heeft met alle vier de pompen gedraaid op 6 en 7 maart.

Het ARK-front is helemaal niet dicht geweest. I.v.m. met vrije lozing op IJmeer was dit op 6 en 7 maart ook ongewenst geweest. Op 8 maart was het wel gewenst geweest, maar heeft Zeeburg dus vooral ARK-water staan verpompen.

De 3-5 uur maalstop van polders Amstelland is gebeurd nadat Kromme Mijdrecht -0.05 stond op 8 maart. In overleg met RWS en Rijnland is ook de afvoer van Rijnland via IJmuiden deels stopgezet een paar uur op 8 maart en is de afvoer van 2 gemalen van HDSR gehalveerd (zonder namen, maar t.b.v. Geerkade, dus ongetwijfeld in die hoek).

Volgens de gegevens van IM zijn de volgende maximale waarden of 90 percentiel maxima bekend uit de periode 1994-2004:

Stad (Rapenburg) -0.14 (voorjaar/zomer '98)

Uithoorn +0.04 (zomer '94, daarna voorjaar '98 ca. -0.10)

Amstelkade (Kr. Mijdrecht) -0.02 (najaar 2003; -0.05 jan. 03 en najaar -98)

Ruwielsekade (nabij Geerkade) -0.02 (begin '02 en begin '03)

Holendrecht 0.00 (sinds 1998 halfjaarlijks -0.10, altijd -0.20, klopt dat?)

Uitermeer Vecht -0.05 (eenmalig, najaar '94)

Uitermeer, 's-Gravelandsevaart 0.00 (volgens meetdata 2 jaar lang 2000-2001, klopt dus niet)

Vecht Horn- en Kuijer (Nigtevecht) +0.10 (volgens meetdata regelmatig, sterke twijfel of dit klopt)

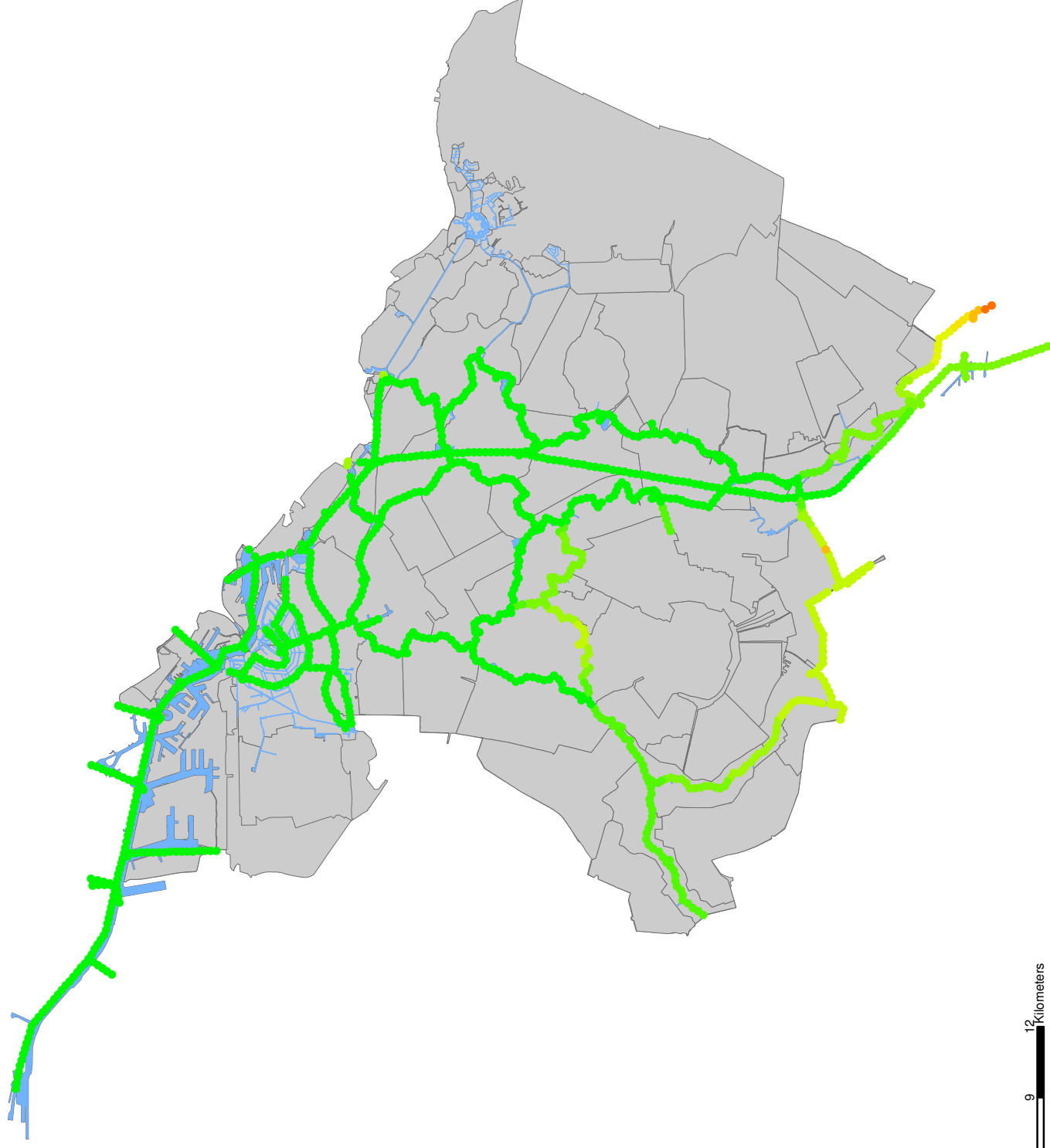
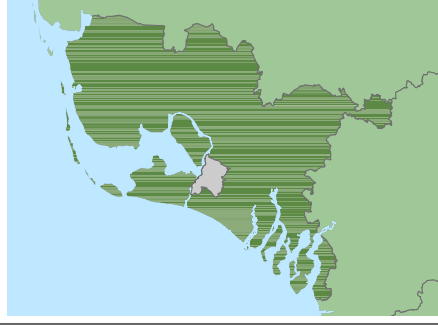
Vecht Breukelen 0.00 (volgens meetdata sinds '98 bijna T=1)

Vecht Utrecht +0.37 (in ieder geval +0.03) (volgens meetdata regelmatig +0.10)

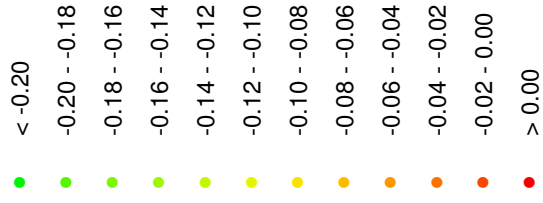


V Kaarten stationaire afvoersituatie

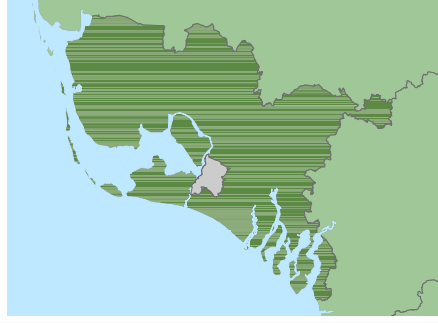
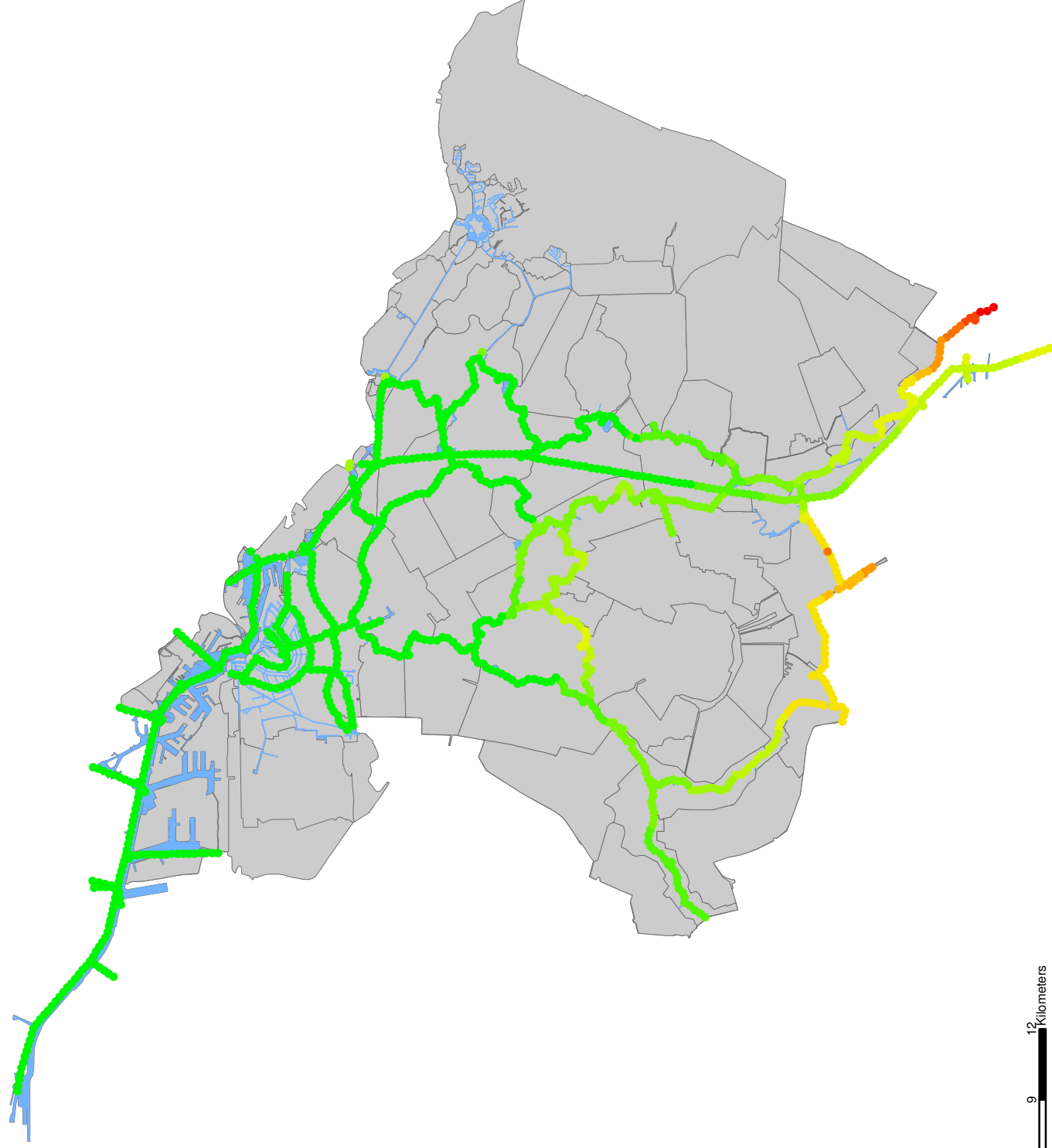




Maximum waterstand
(in m. t.o.v. NAP)



Maximum waterstand stationaire situatie met wind





VI Verval kunstwerken

Keringen en sluizen: gegevens en verval in stationaire afvoersituatie

Nummer	Code	Naam	Bodemhoogte (m NAP)	Breedte (m)	Verval (cm)
A 102	sl165	Keersluis A.R.K.	-4,60	50,00	2,6
A 11	sl260	BWO-kering Weespertrekvaart	-3,30	28,85	0,0
A 110	sl370	Schutsluis Driemond (BWO ?)	-3,15	9,00	0,2
A 12	sl245	BWO-kering Ringvaart Watergraafsmeer	-1,55	4,74	0,4
A 15	sl275	Kering De Diem - ARK	-2,60	8,80	0,8
A 16	sl300	Kering in de Muidertrekvaart	-2,50	6,80	1,6
A 17	sl315	Weesperpoortschutsluis	-2,30	4,50	2,1
A 18	sl305	Schutsluis tussen Smalweesp en Vecht	-2,70	8,10	0,8
A 19	sl385	Kering Smalweesp- ARK	-3,10	9,10	0,4
A 20=B2-17	sl360	BWO-kering in het Gein	-2,70	11,85	0,2
A 22	sl380	Schutsluizen ARK-Vecht bij Nigtevecht	-3,70	12,00	0,7
A 23	sl450	Kering in de Angstel (B.W.O.)	-2,50	6,00	0,0
A 24	sl355	Damsluis in de Angstel (B.W.O.)	-1,90	5,00	0,0
A 25	sl350	Kering in de Holendrecht (B.W.O.)	-2,50	6,70	0,0
A 26	sl440	Kering in de Winkel	-1,80	4,25	0,1
A 27	sl345	Damsluis in de Waver (B.W.O.)	-2,45	5,00	1,0
A 28	sl430	Damsluis in de Oude Waver (B.W.O.)	-1,90	5,00	0,3
A 29	sl425	Keersluis in de Oude Waver	-1,90	5,00	0,6
A 30		Damsluis in Oude Waver (B.W.O.) Nessersluis	-2,20	5,00	0,9
A 31	sl340	B.W.O.-kering in de Bullewijk	-2,20	12,00	0,4
A 32	sl400	Damsluis in de Kromme Mijdrecht (B.W.O.)	-3,40	7,20	0,5
A 44	sl455	Kering Angstel/Loenersloot	-2,04	6,12	0,0
A 45	sl500	Kering ARK - Nieuwe Wetering (west)	-2,70	7,85	0,6
A 46	sl535	Kering Heinoomsvaart/Kromme Mijdrecht (B.W.O.)			0,0
A 47	sl545	Kering Grote Heijcop/Joostendam (B.W.O.)	-2,20	5,50	0,2
A 48	sl550	Kering Grote Heijcop/ARK	-2,20	6,25	1,1
A 55	sl580	Schutsluis Vecht - ARK (Maarssen)	-2,70	8,00	1,4
A 63	sl505	Noodkering ARK-Nieuwe Wetering (oost)	-2,70	7,85	0,3
A 9	sl175	Kering ARK-Nieuwe Diep	-2,60	8,80	0,1
B1-1	sl90	Amstelsluizen	-2,83	8,22	1,7
B1-10	sl100	Rapenburg	-3,82	8,77	0,2
B1-12	sl225	Stadionschutsluis	-3,00	12,00	0,0
B1-14	sl30	Westerkanaal	-4,00	13,45	0,2
B2-3	sl105	Nieuwe Vaart	-3,75	16,80	2,3
B1-7	sl60	Nieuwe Haarlemmer	-3,40	7,80	0,2
B2-11	sl80	St. Antonie	-3,65	9,60	0,4
B2-13	sl135	BWO-kering Ringvaart Watergraafsmeer	-1,75	4,86	0,4
B2-35 = B2-5	sl35	Westerkeersluis	-4,00	15,82	0,1
B2-4	sl25	BWO-kering in de Singelgracht (Leidse Bosje)	-2,70	16,00	0,3
B2-7	sl120	Waterkering Dageraad	-3,50	10,57	3,3



Bruggen (1): gegevens en verval in stationaire afvoersituatie

Nummer	Naam	Lengte (m)	Breedte (m)	Verval (cm)
BR_3985		20	122,0 *	0,02
BR_4025		20	11,0 *	0,12
BR_4042		5	28,0	0,02
BR_4053		20	5,0 *	0,48
BR_4080		20	11,0 *	0,12
BR_4081		20	17,0 *	0,05
BR_4132	Spoorbrug	20	22,0	0,01
BR_4134		20	20,0 *	0,04
BR_4140		20	18,5	0,02
BR_4141	Diemerbrug	15	8,7	0,08
BR_4190		40	33,5	0,05
BR_4200		10	4,3	1,31
BR_4209		10	4,4	0,42
BR_4210	Botsholsebrug	10	4,5	0,01
BR_4253		20	10,0 *	2,98
BR_4274	Spoorwegbrug	15	3,0	1,08
BR_4402	Brug A9	40	25,0	0,04
BR_4499		20	6,0 *	1,30
BR_4502		20	22,0 *	0,00
BR_4526		20	10,0 *	0,37
BR_4547		20	8,0 *	0,34
BR_4551		20	11,0 *	0,77
BR_4557		20	82,0 *	0,00
BR_4563		20	9,0 *	0,04
BR_4608		20	9,0 *	0,47
BR_4715		15	10,0 *	0,02
BR_4769		10	9,1	0,46
BR_4785		20	55,0 *	0,01
BR_4796		20	54,0 *	0,02
BR_4965	Westveense brug	5	7,2	0,00
BR_4967	Kollenbrug?	10	5,8	0,00
BR_4992	Waverbrug	5	4,1	1,39
BR_5008	Draaibrug	5	4,6	0,39
BR_5014	Nellesteinsebrug	10	4,2	0,03
BR_5035	N201	20	21,0	0,00
BR_5036	Slotbrug	5	3,8	0,01
BR_5037	Donkervlietbrug	10	4,3	0,01
BR_5058		20	4,0 *	0,12
BR_5059		5	3,9 *	0,12
BR_5060		5	4,0 *	0,88
BR_5061		5	4,2	0,05
BR_5082		40	17,5	0,08
BR_5107	Wilhelminabrug	10	4,7	0,03
BR_5109	Geerbrug	15	5,2	0,02
BR_5122	Oudendambrug	5	7,0	0,01
BR_5172		20	24,0 *	0,01
BR_5181	Portengese brug	15	5,0	0,54
BR_5184	Breukelen	5	5,6	0,11
BR_5185		20	11,0 *	0,34
BR_5186	Breukelen Rijks	10	3,7	0,31

*) Breedte geschat o.b.v. GBKN

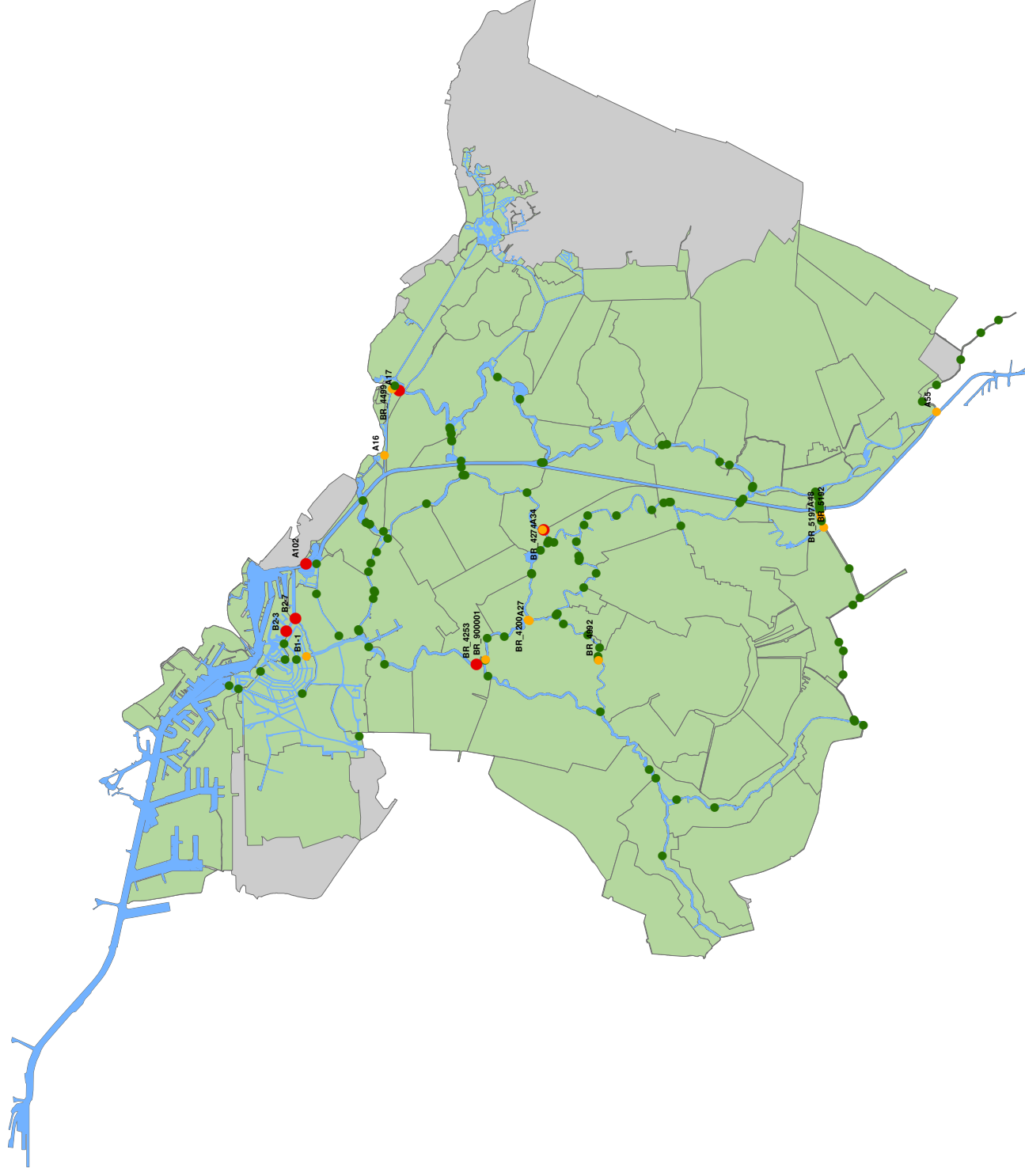
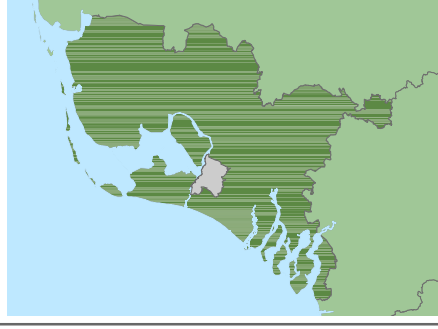


Bruggen (2): gegevens en verval in stationaire afvoersituatie

Nummer	Naam	Lengte (m)	Breedte (m)	Verval (cm)
BR_5190		15	6,0	0,93
BR_5192	Galgenwaardse Brug	10	5,2	1,46
BR_5194	Rijksweg A2	40	6,0	0,92
BR_5196		10	6,0	0,83
BR_5197	Spoorbrug	15	6,0	1,03
BR_5208		20	6,0 *	0,52
BR_5233		20	45,0 *	0,01
BR_5242	Spoorbrug	15	7,3	0,77
BR_5266		20	18,0 *	0,13
BR_5268		20	50,0 *	0,02
BR_5273		20	19,0 *	0,10
BR_5623		20	21,0 *	0,25
BR_5633		20	39,0 *	0,15
BR_5656		20	21,0 *	0,22
BR_5671		20	23,0 *	0,14
BR_5685		20	10,0 *	0,85
BR_5899		20	82,0	0,03
BR_5917	Gooiseweg	40	31,0	0,02
BR_5919	Spoorwegbrug	40	25,8	0,02
BR_5924		20	61,0 *	0,00
BR_41591		20	53,0 *	0,05
BR_900001		10	4,7	1,63
BR_900002		10	7,0	0,89
BR_900003	onder A2	40	13,0	0,02
BR_900004	Heinkuitenbrug?	10	4,6	0,01
BR_900005	Hulksbrug	15	4,5	0,09
BR_900006	Dorpsbrug BB	10	4,1	0,00
BR_900007	Geinboogbrug	15	4,8	0,76
BR_900008	Wilhelminabrug?	5	6,7	0,11
BR_900009	Abcoude	10	3,6	0,33
BR_900010	Draaibrug	5	4,6	0,40
BR_900011	Draaibrug	5	4,2	0,71
BR_900012	Benedenhoofd	5	3,9	0,18
BR_900013	Venserbrug	15	9,5	0,07
BR_900029	Lepenbrug	5	4,2	0,02

*) Breedte geschat o.b.v. GBKN





Verval kunstwerken

- < 1 cm
- 1 tot 2 cm
- > 2 cm

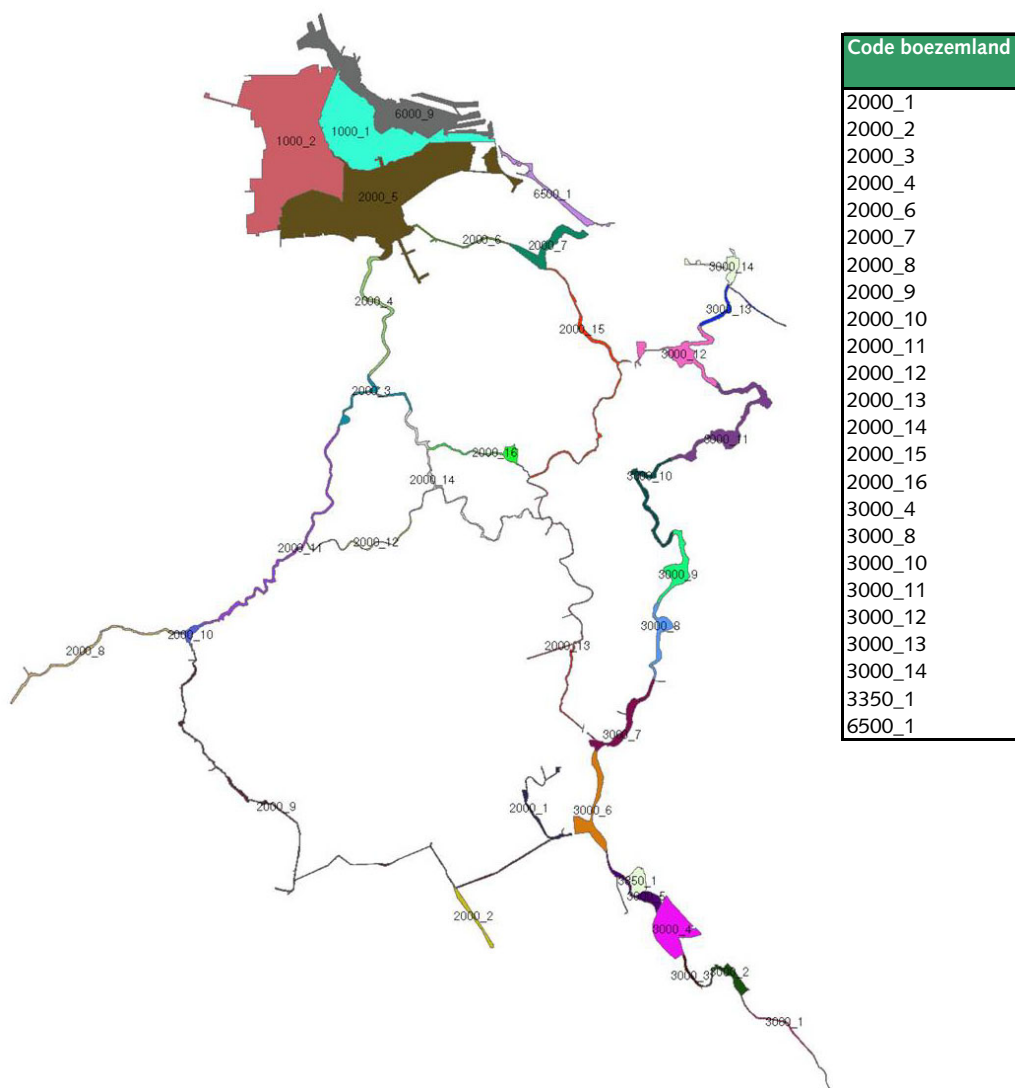
- Boezemwater
- Afwateringsgebieden
- Overig DWR-gebied



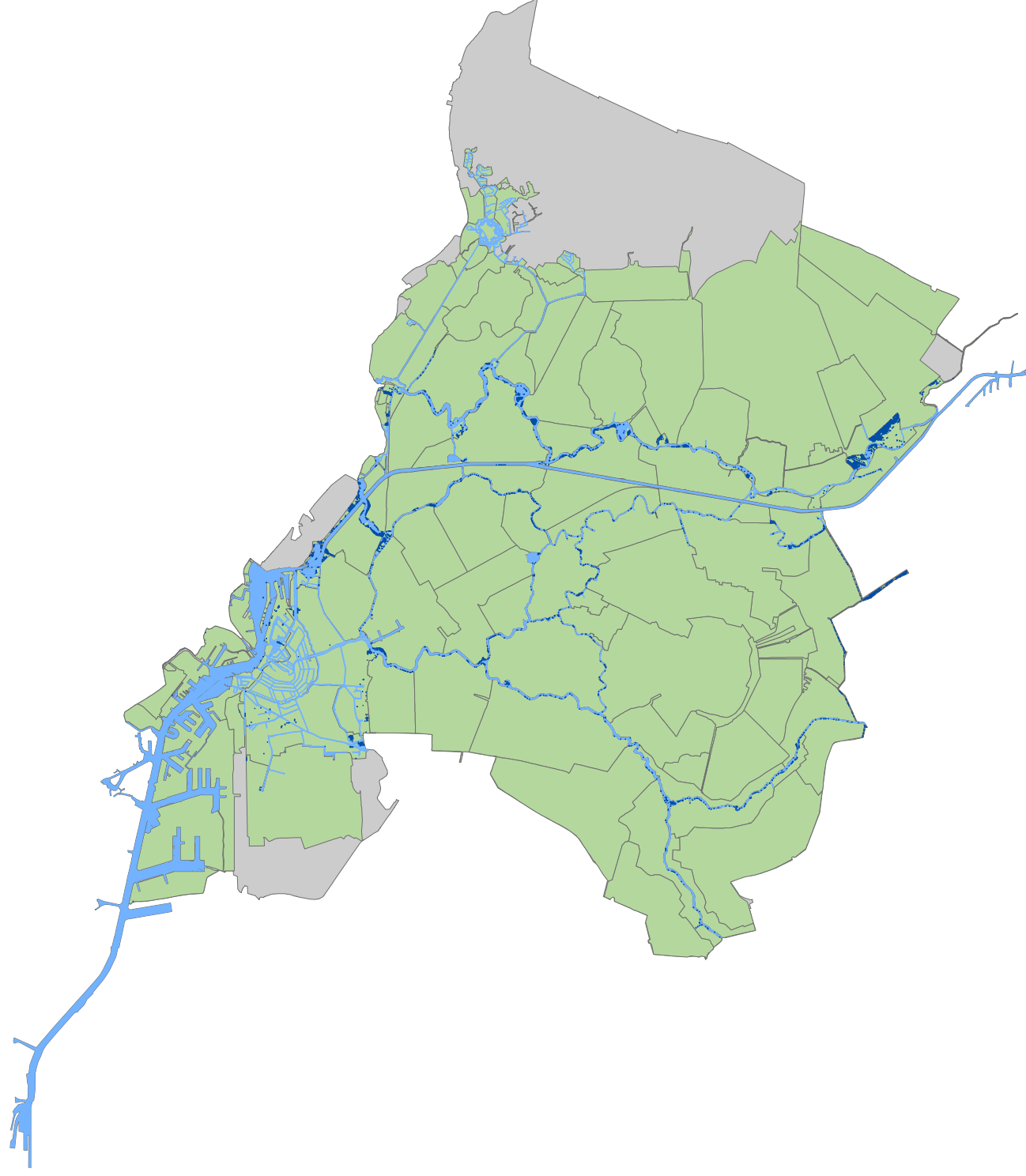
VII NBW toetsing boezemland

Voor bebouwd gebied is een minimale toetshoogte gesteld van NAP 0,0 m. Bij nadere analyse van de inundatie bij NAP 0,0 m blijkt dat er verschillende delen met landgebruik 'bebouwd' volgens de LGN inunderen. Voor deze analyse is het boezemland opgesplitst in deelgebieden. In de onderstaande tabel is aangegeven in welke deelgebieden boezemland er bebouwd gebied beneden NAP 0,0 m ligt, de nummers corresponderen met de onderstaande figuur.

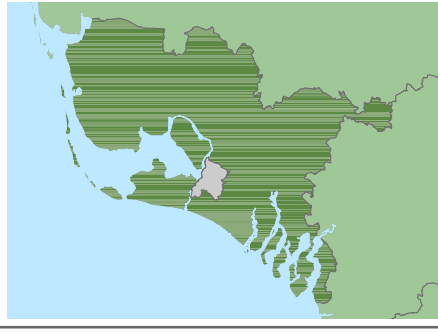
Om vast te stellen of in deze gebieden daadwerkelijk huizen onder water lopen, moeten deze gebieden moeten nog nader worden geanalyseerd. Mogelijk is de begrenzing van de boezem niet exact of inunderen er boorhuizen.



Inundatie boezemland bij 0 NAP



0 1.5 3 6 9 12
Kilometers



Legenda

- Inundatie bij 0 m NAP
- Boezemwater
- Afwateringsgebieden
- Overig DWR-gebied