



WERKING WATERSYSTEEM ZWOLLE

Aanzet tot een robuust watersysteem

Definitief

Opdrachtgever: Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD)

Projectnummer: 17i368

Versie: 1.06

22-06-2018



INFRAM B.V.

Postbus 150

3950 AD MAARN

Tel: +(0)343 – 745 600

www.infram.nl

Projectgegevens

Titel: Werking watersysteem Zwolle
Versie: 1.0
Status: Definitief
Datum: 22-06-2018
Opdrachtgever: Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD)
Projectnummer: 17i368
Partners: n.v.t.

Auteurs: Goswin van Staveren
Wouter Mugge

Inhoudsopgave

1	Aanleiding en Kaders	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Kaders en afbakening	4
1.3	Definities rondom robuustheid	6
1.4	Positionering van het document	7
1.5	Leeswijzer	9
2	Geschiedenis van het systeem en (water)opgaves	10
2.1	Geschiedenis van het gebied	10
2.2	Wettelijke opgaves en overige opgaves	14
3	Werking van het systeem	18
3.1	Aanpak	18
3.2	Maatgevende situaties van waterstanden en toekomstscenario's	18
3.3	Werking van systeem in huidige situatie	19
3.4	Werking van systeem in toekomstige afvoersituaties	28
3.5	Conclusies en aanbevelingen	34
4	Gebruikte literatuur	37

1 Aanleiding en Kaders

1.1 Aanleiding

Zwolle wordt tegen hoog water beschermd door primaire keringen langs het water van de IJssel, Zwarte Water en Vecht en door regionale keringen in het gebied van Zwolle-stad en de Sallandse Weteringen. De watersystemen van IJsselmeer, Zwarte Water, Vecht en Sallandse Weteringen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden.

Binnen deze combinatie van watersystemen neemt Zwolle een bijzondere plek in. Het is het laagste punt van het regionale systeem, waardoor water uit het stroomgebied van de Weteringen richting Zwolle stroomt, maar daarbij gehinderd kan worden door de waterstanden op het Zwarte Water. Bij de Keersluis in Zwolle is het overgangspunt tussen het regionale systeem dat wordt gevoed door het hoge land van Salland en het primaire systeem dat onder invloed staat van Zwarte Water, Vecht en IJsselmeer.

Waterveiligheid en bescherming tegen economische schade door wateroverlast zijn en blijven een belangrijk aandachtspunt voor de regio rondom Zwolle. Er wordt hard gewerkt aan de HWBP-projecten langs IJssel, Zwarte Water en Vecht. Ook wordt bezien of huidige norm van de regionale keringen nog passend is. De bovengenoemde opgaven hebben tot doel om de veiligheid van Zwolle en omstreken te borgen voor de lange termijn. De stuurgroep IJssel-Vecht-Delta heeft geconstateerd dat het watersysteem rondom Zwolle verandert en dat de impact (economisch schadebeeld) van een overstroming vanuit het regionaal systeem op de gemeente Zwolle “relatief groot” is. Om deze reden heeft de stuurgroep IJVD besloten deze studie uit te laten voeren. Via de stuurgroep wordt het rapport verspreid naar de individuele partners: Provincie Overijssel, Waterschap Drents Overijsselse Delta en gemeente Zwolle.

Een belangrijke vraag is of de gekozen oplossingen voor bovengenoemde opgaven ook leiden tot een robuust gebied op de lange termijn. Daarmee samen hangt de mogelijkheid en wenselijkheid hoe de beschikbare ruimte binnen het watersysteem in de toekomst gebruikt kan worden. Wat is de samenhang tussen de wateropgaven en de ruimtelijke adaptatieopgave die de regio heeft? Een samenhangend beeld op een robuust toekomstig watersysteem in relatie met de stad Zwolle ontbreekt.

Deze vragen moeten mede worden beantwoord om een visie voor het gebied op te stellen. Een visie voor het gebied bestaat uit een gedeeld toekomstbeeld (geen blauwdruk) met een gezamenlijk onderschreven set aan leidende principes. Daarbij tonen de betrokken overheden (Provincie Overijssel, Waterschap Drents Overijsselse Delta en betrokken gemeentes) eigenaarschap. Voor de afwegingen die leiden tot een gebiedsvisie is onder meer inzicht nodig in de robuustheid van het gebied, zowel in de huidige situatie als in de toekomst. Dit document is specifiek bedoeld om de lezer inzicht te geven in de huidige en verwachte toekomstige werking van het watersysteem rondom Zwolle.

Het doel van dit document is tweeledig. Enerzijds beoogt het een duidelijk beeld te geven van het functioneren van het watersysteem rondom Zwolle in diverse situaties. Daarnaast geeft dit rapport een basis tot een verdere verkenning naar de systeemrobustheid door een definitie van het begrip robustheid te introduceren en de fysieke limieten van het systeem toe te lichten.

1.2 Kaders en afbakening

In dit document wordt een aantal begrippen gebruikt, die een afkadering en definitie nodig hebben.

Kader voor de term functioneren watersysteem

Het functioneren van het watersysteem wordt in dit rapport beschreven en beoordeeld aan de hand van de taken (wettelijk of beleidsmatig) rondom waterveiligheid en wateroverlast. Meer specifiek:

1. Het voorkómen of beperken van slachtoffers als gevolg van dijkdoorbraken of overstromingen. Dit geldt voor het systeem beschermd vanuit primaire veiligheid en voor het systeem beschermd vanuit regionale veiligheid.
2. Het voorkómen of beperken van wateroverlast als gevolg van overstromingen en inundaties. Voor het gehele gebied zijn normen voor wateroverlast vastgelegd conform de NBW-systematiek. Daarnaast zijn gebieden beschermd tegen buitenwater door primaire waterkeringen door regionale keringen. Het gaat om economische overlast en om “gevoelde” overlast¹.
3. Het voorkómen of beperken van overlast² in het stedelijk watersysteem. Het stedelijk watersysteem zelf is geen onderdeel van het functioneel kader, maar wel waar het negatieve effecten betreft, die ontstaan door de relatie met het hoofdwatersysteem. Het gaat om onmogelijkheid van afvoer via riooloverstorten vanwege te hoog waterpeil, problemen met afvoer van stedelijk oppervlaktewater via gemaal of kunstwerk en grondwateroverlast door hoge oppervlaktewaterstanden.

In alle drie de situaties wordt zowel naar de kans als naar het gevolg gekeken bij de beoordeling van robustheid en de verandering van robustheid.

Overige functies van het watersysteem, zoals voldoende water, schoon water, vaarwater en zichtwater worden in deze analyse niet beoordeeld op robustheid, behalve als ze gerelateerd zijn aan de waterveiligheidsopgave of wateroverlastopgave (zie Box 1).

¹ “gevoelde” overlast is overlast die nog niet in wet of beleid is vastgelegd, maar vanuit maatschappelijke urgentie wel aandacht voor is.

² Wateroverlast is een term die niet formeel juridisch is gedefinieerd in de Waterwet. Het is een verzamelterm voor schade, ongemak en ontreddering door hoge waterstanden ten gevolge van overvloedige neerslag en/of onvoldoende ontwatering (bron: helpdesk water). Hierdoor is er beleidsvrijheid bij gemeente, waterschap en provincie om te bepalen welke normen men wil hanteren voor de beperking van wateroverlast.

Box 1: ruimtelijke ordening en waterveiligheid/overlast

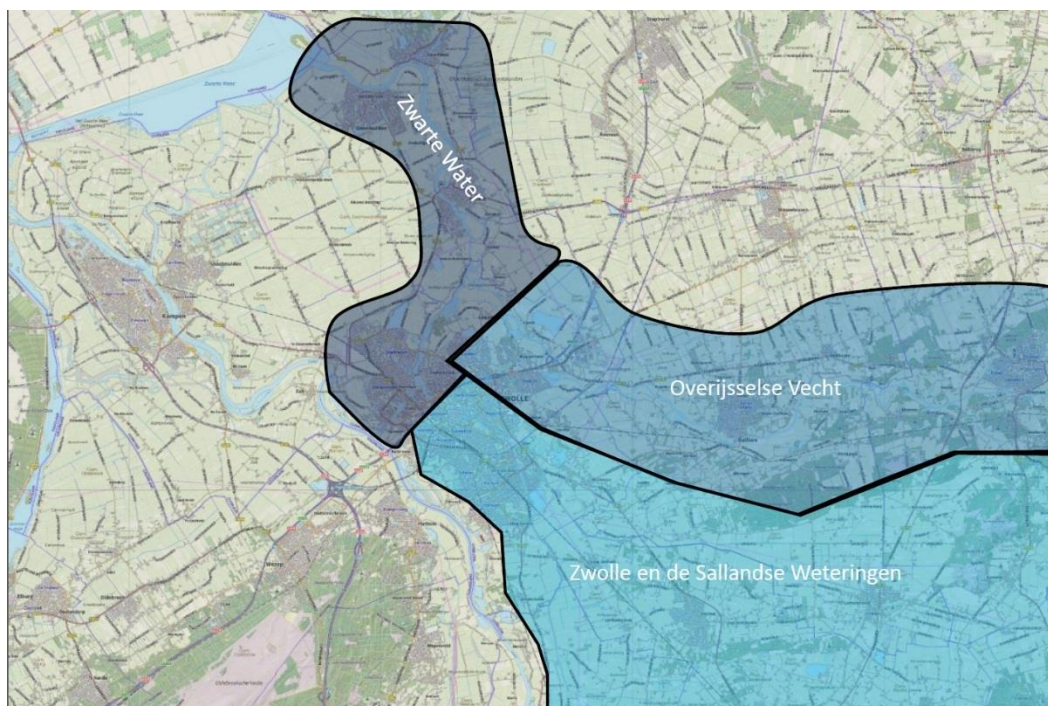
Consequenties voor andere functies worden – waar toepasbaar – wel beschreven, voorzover ze gerelateerd zijn aan de waterveiligheid en het voorkómen of beperken van wateroverlast. Heel belangrijk is bijvoorbeeld de ruimtelijke ordeningsopgave. Wordt de openbare ruimte waterrobuust ingericht of niet? Hoewel men zich dit niet altijd realiseert, is de keuze voor de invulling van de openbare ruimte heel belangrijk om het systeem robuuster te maken. Vaak zijn de keuzes op het “watersysteem” en de keuzes in het “ruimtelijk systeem” communicerende vaten. Als men sterk inzet op het reduceren van de kans dat de waterveiligheid in het geding komt of dat wateroverlast optreedt, dan is de tendens dat bij ruimtelijke plannen minder ingezet op het beperken van gevolgschade. Aangezien investeringen zowel in het waterdomein als in het ruimtelijk domein een lange levenscyclus kunnen hebben, kan dit betekenen dat de toekomst “vast” wordt gezet. Men heeft dan de kans gemist om toekomstbestendig in te richten, wat er toe kan leiden dat de opgaven in de toekomst veel groter worden.

Ruimtelijk afbakening en definitie deelsystemen

Het borgen van waterveiligheid en het voorkómen van wateroverlast kan zowel binnen de grenzen van het watersysteem plaatsvinden als op de achterliggende gebieden die het beschermt. We onderscheiden binnen het ruimtelijk kader drie deelsystemen: het Weteringensysteem inclusief de stad Zwolle, het Zwartewatersysteem en het Vechtsysteem (Figuur 1). De IJssel en de primaire keringen inclusief de Spooldersluis hierlangs worden niet gezien als onderdeel van de ruimtelijke afbakening.

- Het systeem van de Sallandse Weteringen omvat de Soestwetering, het Overijsselsch kanaal, de Nieuwe Wetering plus het Almelose Kanaal en de Stadsgrachten. Dit systeem wordt gevoed door vrije afwatering van regionaal water (watergangen en grondwater) en gemalen uit enkele bemalingsgebieden. Het volledige stroomgebied is onderdeel van het systeem. Daarnaast behoort het gebied dat onder invloed staat van bovengenoemde watergangen wat betreft waterveiligheid en wateroverlast ook tot het ruimtelijk kader. In het bijzonder geldt dit voor Zwolle-stad. Hier wordt ook specifiek gekeken naar het grondwater en problemen met afwatering van stedelijk water via riooloverstort of kunstwerk.
- Het Zwartewatersysteem begint ten westen van de Keersluis Zwolle. Het wordt gevoed door de Sallandse Weteringen, maar staat ook onder invloed van de afvoer van de Overijsselse Vecht en het IJsselmeersysteem, via het Zwarte Meer, het Ketelmeer en daarmee het IJsselmeer. Het deel van het Zwarte Water tot de monding in het Zwarte Meer bij Genemuiden is onderdeel van het ruimtelijk kader alsook het gebied dat beschermd wordt door de primaire keringen langs het Zwarte Water. De effecten van maatregelen rondom de Ramspolkering en ingrepen die het waterpeil van het IJsselmeer veranderen op het aandachtsgebied worden beschouwd.

- Het Vechtsysteem in het kader van deze studie begint bij de N48 bij Ommen en eindigt bij de monding van de Vecht in het Zwarte Water bij het dorp Genne. Dit gebied wordt aan weerszijden begrensd door primaire keringen. Het gebied dat deze keringen beschermen valt ook binnen de ruimtelijke afbakening. Maatregelen bovenstrooms van de brug van de N48, die de maatgevende waterstand van de Vecht kunnen verlagen worden wel beschouwd in het kader van deze studie.



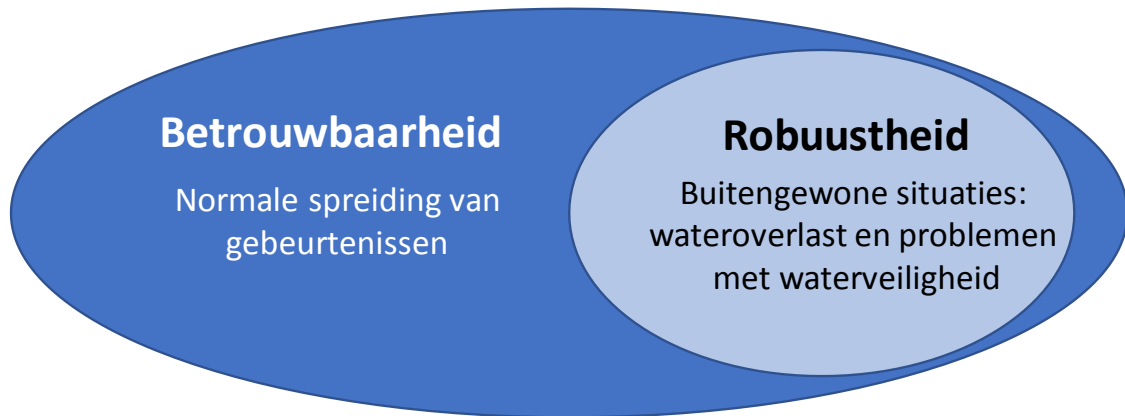
Figuur 1: ruimtelijke afbakening voor deze studie. De figuur is illustratief bedoeld en toont geen precies beeld.

1.3 Definities rondom robuustheid

In dit rapport wordt het begrip systeemrobuustheid geïntroduceerd voor waterveiligheid en het voorkómen of beperken van wateroverlast.

Robuustheid en betrouwbaarheid zijn begrippen die sterk samenhangen. De verwachting is dat in veel voorkomende situaties het systeem betrouwbaar functioneert zoals we dat maatschappelijk aanvaardbaar vinden voor wateroverlast en veiligheid tegen overstroming en doorbraak. Deze “normale” omstandigheden zijn vaak vastgelegd in normen, zowel in wet als beleid.

Robuustheid gaat over het functioneren van het systeem in omstandigheden die zelden voorkomen, de bovenmaatgevende omstandigheden. De robuustheid van een systeem wordt vergroot door de kans op een gebeurtenis kleiner te maken of de gevolgeffecten van een dergelijke gebeurtenis te verkleinen, kijkend naar bovenmaatgevende omstandigheden.



We definiëren robuustheid daarmee als een deelverzameling van de betrouwbaarheid van het systeem. Roubuustheid is echter een term, die tot verschillende interpretaties leidt afhankelijk van de persoon die toevoort (zie Bijlage C). Een meer specifieke definitie is nodig. We definiëren in het kader van deze studie twee begrippen, waarlangs de robuustheid van het gebied beoordeeld wordt:

- **Systeemrobuustheid** is de mate waarin het huidige systeem geschikt is functioneert in buitengewone omstandigheden. De systeemrobuustheid kan veranderen door autonome of exogene ontwikkelingen of het toepassen van maatregelen.
- **Adaptiviteit** is de capaciteit van het systeem om aanpasbaar te zijn bij veranderingen in de toekomst. De adaptiviteit van het systeem kan veranderen door autonome of exogene ontwikkelingen of het toepassen van maatregelen.

1.4 Positionering van het document

Dit document is bedoeld om de huidige en toekomstige werking van het watersysteem rondom Zwolle te beschrijven en daarmee een basis te genereren voor verdere studie naar de systeemrobuustheid. Het document is bedoeld om de lezer inzichten te geven. De doelgroep zijn ambtenaren die hun bestuurders een zo volledig mogelijke set aan informatie mee te geven om bestuurlijke afwegingen te kunnen maken. Het maken van de inrichtingskeuzes is bij uitstek een bestuurlijke taak.

Een bestuurlijke afweging zal zelden alleen op het criterium robuustheid gebeuren. Andere criteria, zoals bijvoorbeeld technische haalbaarheid, efficiëntie en maatschappelijk draagvlak worden niet uitgebreid behandeld in dit document. Wel wordt naast verandering van robuustheid uitgebreid ingegaan op de impact die maatregelen kunnen hebben op het huidige systeem. Zo beoogt dit document een evenwichtig beeld te geven van de impact van mogelijke maatregelen versus de robuustheidsverandering die ze teweeg brengen.

Box 2: Verschillende bloedgroepen: Invalshoek preventie versus invalshoek gevolgbepanking

Het beschermen van de maatschappij tegen slachtoffers of economische schade doet men door het risico hierop acceptabel te maken. De definitie van risico is de kans van optreden van een gebeurtenis maal het gevolg als de gebeurtenis optreedt. Verkleining van risico kan dus op twee manieren: ofwel door de kans te verkleinen, ofwel door het gevolg te beperken.

In de oertijd verkleinde de mens het risico door op terpen of oeverwallen zijn nederzettingen te bouwen. Deze filosofie wordt ook nu nog af en toe toegepast, door bijvoorbeeld kunstmatige terpen aan te leggen voor bebouwing. Al vrij snel echter kwam het verkleinen van de kans in beeld door de dijk, de dam en diverse kunstwerken. Deze ontwikkeling heeft geleid tot het (laag-)Nederland, zoals we het nu kennen. De veiligheid in Nederland is in de laatste 50 tot 100 jaar voor het overgrote deel geregeld door de preventie van schadelijke gebeurtenissen en veel minder door het beperken van de gevolgen.

In 2009 werd in het Nationaal Waterplan de term meerlaagsveiligheid geïntroduceerd. Deze term behelst drie "lagen", waarin de eerste laag preventie is en de tweede en derde laag ingaan op gevolgbepanking. De reden hiervoor was dat men er rekening mee houdt dat mogelijk in de verdere toekomst preventie niet meer voor alle gebieden de beste optie voor het borgen van veiligheid is. De reden hiervoor is enerzijds klimaatverandering via een hogere zeespiegel en meer benodigde waterafvoer. Anderzijds kan intensiever gebruik van de ruimte door economische groei, leiden tot meer risico.

Onderzoek en discussies in onderzoeksprogramma's (bijvoorbeeld WV21, Deltaprogramma) hebben geleid tot een andere manier om de normen vast te stellen in 2017. In plaats van overschrijdingskansen van waterstanden gaat men nu uit van overstromingskansen. Dit geldt voor de primaire keringen. Voor regionale keringen geldt dit nog niet. Er zijn diverse onderzoeken gaande om de manier van beoordeling van regionale keringen in lijn te brengen met de filosofie van de beoordelingssystematiek van primaire keringen.

Het is inmiddels bekend dat oplossingen met alleen gevolgbepanking in het algemeen zelden zullen leiden tot het halen van de huidige normen en vaak duurder zijn. Oplossingen gericht op preventie zijn in het huidige Nederland vaak de eenvoudigste en goedkoopste oplossing, maar – rekening houdend met het feit dat een investering in veiligheid vaak 50 tot 100 jaar mee moet – is de vraag of dat ook nog geldt voor de toekomstige situatie en voor elk gebied. Bovendien: is het niet verstandig om daar waar het makkelijk kan waterrobuust te bouwen? Waar het nodig is wordt gezocht naar slimme combinaties tussen preventie en gevolgbepanking.

In de discussie rondom preventie en gevolgbepanking zit veel politieke en maatschappelijke gevoeligheid. Daarbij zijn niet alle feiten al bekend en is er onzekerheid hoe de toekomst zich zal ontwikkelen. Het is een moeilijke discussie, waarin sommige organisaties, burgers, ambtenaren en bestuurders eerder in het ene "team" of het andere zitten.

Dit document beoogt onbevooroordeeld te zijn en een gebalanceerde weergave tussen het robuustheidsvoordeel dat maatregelen ter gevolgbepanking meestal hebben, versus het efficiëntie- en effectiviteitsvoordeel dat maatregelen ter preventie meestal hebben.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk twee behandelt de geschiedenis van de genoemde deelsystemen en hoe ze geworden zijn, zoals ze nu zijn. Tevens gaat hoofdstuk twee in op de huidige opgaven van het gebied. Aandacht is er ook voor de urgentie die men voelt om het systeem naar de toekomst toe goed te laten functioneren.

Hoofdstuk drie gaat over de werking van het systeem op de schaal van het hele ruimtelijk kader en meer specifiek op de deelsystemen. Daarnaast bevinden de conclusies en aanbevelingen van deze studie zich in hoofdstuk drie.

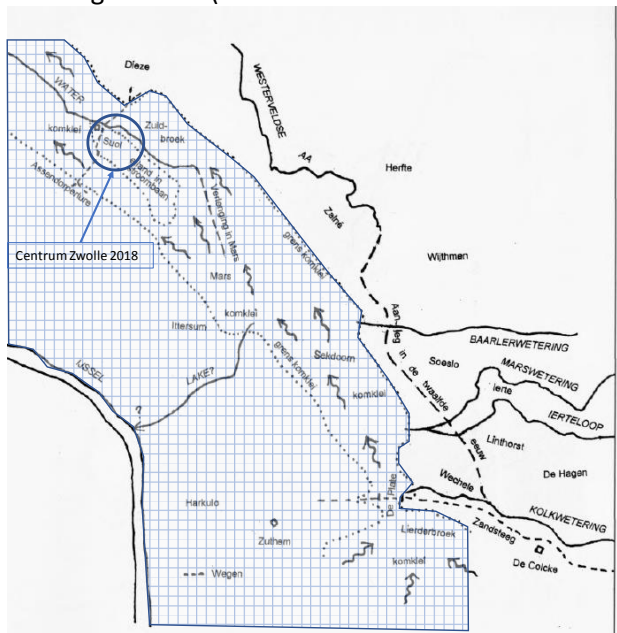
2 Geschiedenis van het systeem en (water)opgaves

2.1 Geschiedenis van het gebied

De verschillende elementen in het gebied hebben elk hun eigen geschiedenis. Deze wordt hieronder kort beschreven per deelsysteem.

2.1.1 Systeem stad Zwolle en Sallandse Weteringen

De geschiedenis van het huidige systeem is ontstaan rondom het jaar 1100 toen een nederzetting werd gebouwd op een natuurlijke hoogte in een natuurlijke laagte in het winterbed van de IJssel. Deze nederzetting op dit eiland in de stroombaan van de IJssel werd Zwolle genoemd (Suol is oud-Nederlands voor heuvel).



Figuur 2: Situatie rond het jaar 1100. Zwolle is ontstaan aan de rand van een weg langs een zandheuvel in het stroombed van de toenmalige IJssel. De arcering geeft ongeveer het stroombed aan, de pijltjes de stromingsrichting van het rivierwater bij hoge afvoer over de IJssel, als het gehele zomerbed is gevuld. Bij lagere afvoer stroomt er ook water van Zwolle naar de IJssel. Figuur is afkomstig uit “hoe de Aa de Weteringen aantrok” (Van der Schrier, van den Berg, 2001)

Er waren nog geen stadsgrachten, noch waren er de huidige Sallandse Weteringen. Wel ontsprong aan de noordwestkant van de zandheuvel het riviertje de Aa, later het Zwarte Water genoemd. Dit is een natuurlijke rivier die van oudsher gevoed werd door krekens in de komgronden rondom Zwolle.

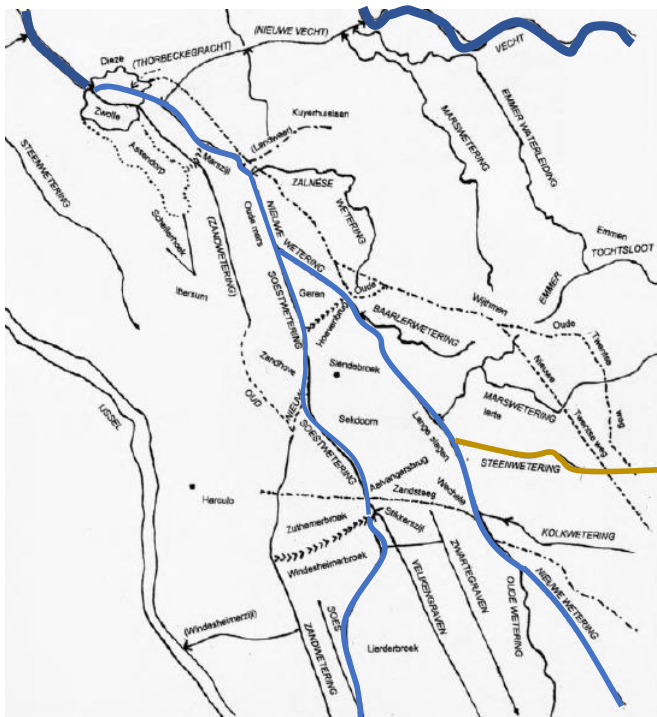
Zwolle is niet begonnen als waterstad. Dit kwam in de eeuwen die volgden. Vanaf het jaar 1200 werden de komgronden ten zuidoosten van Zwolle ontgonnen voor de landbouw. De natuurlijke afwatering van het grootste deel van de komgronden naar de stroomgeul van de IJssel werd verlegd naar het noordwesten richting het Zwarte Water. Voor deze afwatering werden in de periode van 1200 tot 1400 de Weteringen gegraven. In het begin van de 15^e

eeuw bestond de afwatering van Salland uit een wirwar van weteringen, zoals is te zien in figuur 3.

Om de Weteringen heen lagen op veel plaatsen al keringen, die niet zozeer voor bescherming van het omringende land bedoeld waren, maar vooral werden aangelegd om het afvoerdebiet van de Weteringen te verhogen.

De stadsgrachten van Zwolle dateren grotendeels uit de veertiende eeuw. De huidige Thorbeckegracht is op de plaats van het oude riviertje de Aa. De overige grachten zijn gegraven voor het faciliteren van handel (Stadsgracht) en later in de 18^e eeuw in het kader van de aanleg van vestingwerken (Achtergracht).

Van de weteringen die destijds zijn gegraven zijn nu nog de Soestwetering en de Nieuwe Wetering over. In 1854 is begonnen met grootschalige kanalisatie in Overijssel. Een stuk van de Nieuwe Wetering is herdoopt tot Almelose kanaal en geschikt gemaakt voor scheepvaart. Daarnaast is het Overijsselsch Kanaal gegraven voor een verbinding tussen de Twentse textielindustrie en de haventoeegang naar de Zuiderzee in Zwolle. Figuur 3 toont de situatie in plusminus 1850 waarbij de huidige hoofd-afwaterstructuur van het systeem Zwolle/Sallandse Weteringen in het blauw zijn weergegeven. Het Overijsselsch kanaal bestond destijds nog niet en is in de figuur met een afwijkende kleur (bruin) weergegeven. In 2005 is een formele knip gemaakt tussen het Zwarte Water en de stadsgracht wat betreft waterveiligheid door de aanleg van de keersluis Zwolle. Het systeem benedenstrooms van de keersluis bij Zwolle valt sindsdien onder de zogeheten primaire veiligheid. Het systeem bovenstrooms ervan wordt beschermd vanuit regionale veiligheidsnormen.

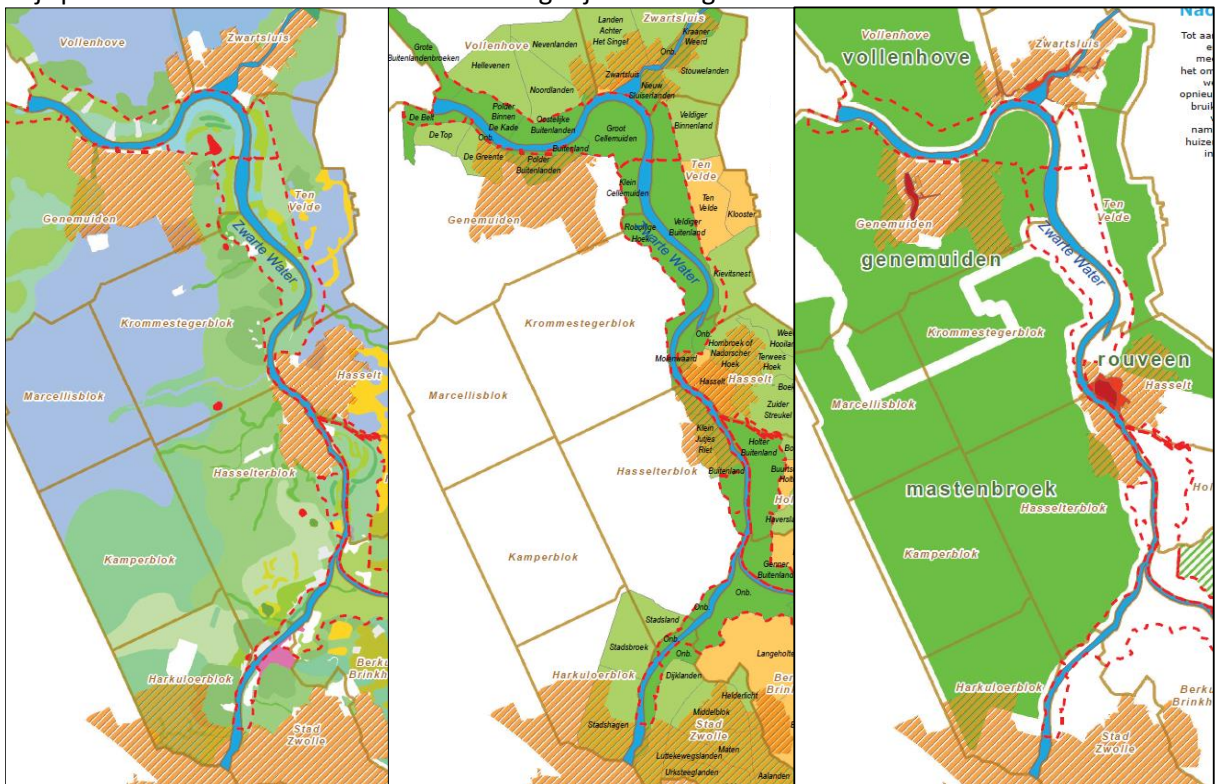


Figuur 3: Situatie Weteringen-systeem en Zwolle rond 1850. Het huidige hoofdafwatersysteem is in blauw aangegeven. Het Overijsselsch Kanaal is afwijkend (bruine kleur) weergegeven, aangezien dit nog niet aangelegd was in 1850. Figuur is afkomstig uit "hoe de Aa de Weteringen aantrok" (Van der Schrier, van den Berg, 2001)

2.1.2 Systeem Zwarte Water

Het Zwarte Water is van origine een riviertje dat naar de toenmalige Zuiderzee afwaterde. Bij het dorp Genne voegt zich de afvoer van de Overijsselse Vecht bij het water van het Zwarte Water. Bij Zwartsluis voegt het water van het Meppelerdiep zich bij het Zwarte Water. Bij Genemuiden mondt het water uit in het Zwarte Meer, voorheen onderdeel van de Zuiderzee.

Voordat de mens zijn stempel drukte op het landschap toonde het Zwarte Water de meanderende karakteristieken van een traag stromende rivier. Deze bestaan onder andere uit migratie van de stroomgeul door het land, de vorming van oeverwallen, komgronden en kronkelwaarden (zie Figuur 4, linkerfiguur). De groene kleur toont de komgronden, de gele kleur toont de oeverwallen; onder de laag met bebouwd gebied liggen ook oeverwallen. De eerste nederzettingen werden gebouwd op verhogingen. In deze situatie had de rivier nog vrij spel en stond sterk onder invloed van de getijdewerking van de Zuiderzee.



Figuur 4: Systeem Zwarte water inclusief verandering van omliggend grondgebruik. De linkerfiguur toont de "natuurlijke ondergrond", de middelste figuur toont de verandering in grondgebruik na aanleg van bedijking (ca 14e eeuw), de rechter figuur toont via het groene vlak het gebied dat lager ligt en waar de waterstand sterk beheerst wordt. De bebouwing op de lagere delen is vooral na de tweede wereldoorlog tot stand gekomen, toen de mogelijkheden tot waterbeheersing sterk verbeterden. Figuren zijn afkomstig uit "informatieboekje Zwarte Water en Vecht (provincie Overijssel en samenwerkende partners, datum onbekend).

In de middelste figuur van Figuur 4 is de situatie veranderd. Rond de 14^e eeuw kwam de doorgaande bedijking rond het Zwarte Water en de monding van de Vecht gereed. Dit betekende dat de gronden achter de dijk ineens beschermd waren in het grootste deel van de tijd. Dit zorgde voor een grote ommekeer in gebruik. Deze grond werd in cultuur gebracht

en gebruikt als landbouw/weidegrond. Hiermee ontstond ook de afhankelijkheid van de dijken. Het toevoegen van economische waarde aan de gronden maakte dat de dijken sterk en hoog genoeg moesten zijn en blijven.

In de 20^e eeuw werd door ruilverkaveling en betere ontwatering het mogelijk om de infrastructuur te verbeteren, intensievere landbouw mogelijk te maken en zelfs bewoning mogelijk te maken in de komgronden van voorheen. In de rechterfiguur van Figuur 4 is te zien dat gemeentes langs het Zwarte Water hebben uitgebreid door de oranje-groene arcering. Het gevolg hiervan was dat de waarde van het te beschermen gebied toenam en dat het nóg belangrijker werd om het gebied te beschermen tegen het water. De dijken werden groter en sterker.

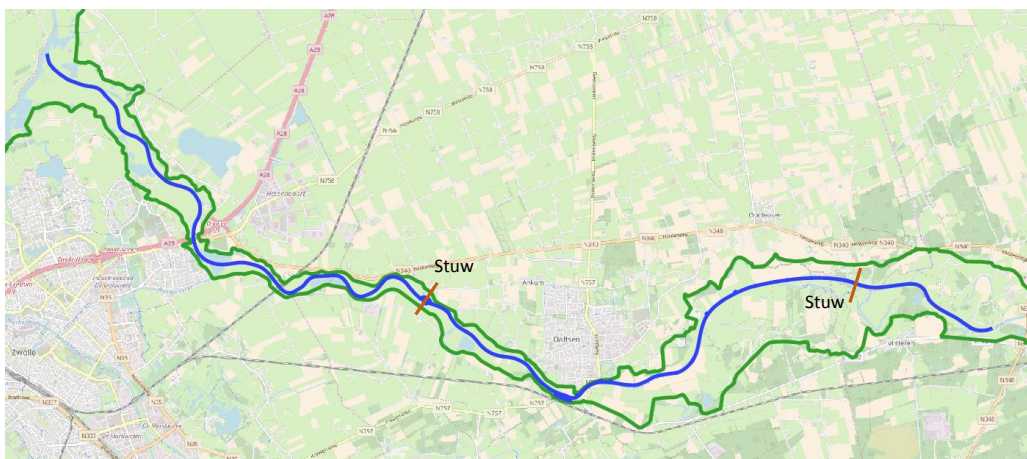
Sinds 1932 is de Zuiderzee het IJsselmeer geworden door de aanleg van de Afsluitdijk. Getijdewerking verdween hiermee geheel uit het systeem. Sinds 2002 is in het Zwarte Meer de balgstuw bij Ramspol aangelegd, die sluit als het waterpeil bij de stuw boven 0,50m NAP komt. Dit komt in het algemeen door opstuwing van het meerpeil bij (noord/zuid)-westelijke wind.

2.1.3 Systeem Vecht

De Overijsselse Vecht is een regenwaterrivier die zijn oorsprong heeft in Duitsland. De rivier vertoont net als het Zwarte Water de karakteristieke meandering van een in het algemeen traag stromende rivier. Bijzonder aan de Vecht is dat – afhankelijk van de hoeveelheid neerslag in het stroomgebied – binnen een jaar er een heel hoog debiet en heel laag debiet kan ontstaan, beide met bijbehorende hoge en lage waterstanden.

Vergelijkbaar met het Zwarte Water is aan weerszijden van de Vecht landbouwgebruik ontstaan na het bedijken van de oevers van de Vecht in de 14^e eeuw. Door waardetoevoeging als intensievere landbouw en bebouwing is de noodzaak voor bescherming steeds belangrijker geworden; in ieder geval langs het traject van Ommen tot het Zwarte Water. Dit laatste traject valt dan ook onder de normen voor primaire veiligheid.

De Vecht is van oudsher belangrijk voor de scheepvaart geweest, in ieder geval van de 12^e tot het eind van de 19^e eeuw. Na kanalisatie begin 20^e eeuw is de afvoergolf versneld, waardoor vaker lagere waterstanden voorkwamen. Het bleek noodzakelijk om stuwen aan te leggen in de Vecht. De meest benedenstroomse stuw ligt bij Dalfsen. De grens van het ruimtelijk kader in deze studie is de Vecht tot aan de N348 bij Ommen.



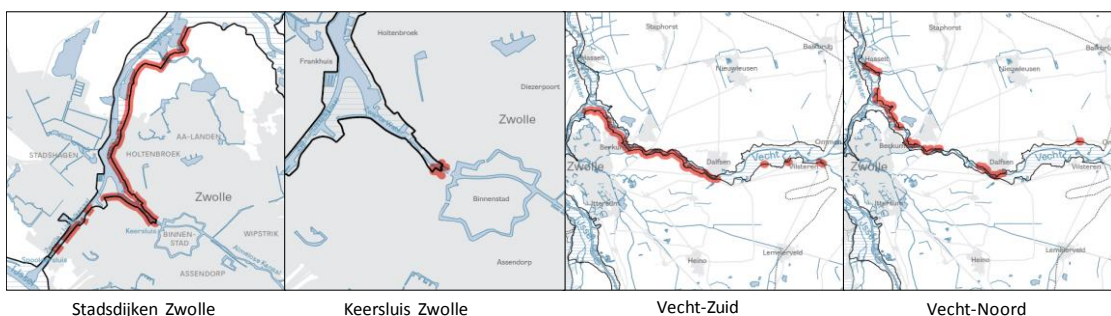
Figuur 5: ligging zomerbed Vecht en primaire keringen tot aan de N348 bij Ommen. Twee stuwen zijn aangegeven in de tekening

2.2 Wettelijke opgaves en overige opgaves

In het systeem zijn ten tijde van dit schrijven verschillende opgaves, waar het watersysteem niet voldoet aan de normen. Dit zijn de wettelijke opgaves. Tegelijkertijd worden ook opgaves herkend, die niet nog in wet of norm staan bijvoorbeeld omdat ze ontstaan vanwege klimaatverandering. Een voorbeeld hiervan is de opgave om ruimtelijk adaptief te zijn en daarmee gesteld te staan voor de toekomst. Beide soorten opgaves worden beschreven in deze paragraaf.

2.2.1 Wettelijke opgaves

Binnen het ruimtelijk kader van dit project zijn vier dijktrajecten met primaire keringen afgekeurd in het kader van de derde en de verlengde toetsronde van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP (2018):



Figuur 6: HWBP Opgaven bij Zwolle

Voor **Stadsdijken Zwolle** is inmiddels het voorkeursalternatief vastgesteld. Het gaat om 7,5 kilometer die wordt versterkt. De dijken bleken bijna overal te laag. Ook het risico op piping of het falen van de dijk vanuit macrostabiliteit was her en der te groot.

De keersluis Zwolle is in 2016 afgekeurd met een toetsing conform de veiligheidsnormen die formeel pas in 2017 zijn ingegaan. De keersluis faalt op het criterium hoogte.

In het traject **Vecht-Zuid** voldoet in de nadere veiligheidsanalyse 27,5 kilometer niet aan de nieuwe normen. Faalmechanismen zijn vooral piping (in het westelijk deel), macrostabiliteit, stabiliteit van de bekleding en op een enkele plek de hoogte.

Traject **Vecht-Noord** heeft een opgave van 29,3 kilometer dijk, die niet aan de (nieuwe) normen voldoet. Faalmechanismen zijn piping, macrostabiliteit, bekleding en her en der hoogte.

Formeel voldoen in het regionale systeem de regionale keringen aan de norm conform de laatste toetsing uitgevoerd in 2014. Wel is er op diverse trajecten nauwelijks overhoogte of oversterkte (mondelinge mededeling Waterschap Drents Overijsselse Delta).

Uit recente studies ((HKV, 2014a; HKV, 2018), zie paragraaf 2.2.2.) blijkt dat volgens huidige systematiek de normen niet meer voldoen. Dit wordt vooral veroorzaakt door de verwachte schade bij een overstroming, vanwege de economische ontwikkeling van Zwolle. Er is geen afspraak over het moment van formele toetsing. Waterschap en Provincie zijn ten tijde van dit schrijven in overleg over de normering van de Weteringen.

Bij de toetsing van wateroverlast conform de NBW-normen voldoen een aantal gebieden niet aan de norm. Een toetsrapportage van 2016 (Nelen&Schuurmans, 2016) geeft een eerste, maar niet complete, aanzet om dit inzichtelijk te maken.

In Zwolle kan af en toe overlast plaats vinden doordat riooloverstorten niet meer kunnen overstorten bij hoge waterstanden op de Stadsgracht in combinatie met een piekbui boven Zwolle-stad, hoewel de gemeente in haar beheer hierop anticipeert. Daarnaast kunnen de grondwaterstanden in delen van Zwolle soms hoog zijn, wat vaak samenhangt met een hoge waterstand op de IJssel. De zorg voor hemelwaterafvoer en grondwater is vastgelegd in de Waterwet en beleid rondom grondwater, hemelwater en afvoer van riolering is vastgelegd in het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) en de omgevingsvisie.

2.2.2 Overige opgaves

Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie: waterrobuust en klimaatbestendig inrichten

Zwolle merkt de gevolgen van klimaatverandering. De waterafvoer vanuit de IJssel, de Sallandse Weteringen en de Vecht nemen toe. De binnenstad van Zwolle ligt buitendijks en staat in open verbinding met het IJsselmeer. Delen van Zwolle zijn gevoelig voor hoge grondwaterstanden door stijgende waterpeilen. En ook Zwolle wordt geconfronteerd met intensievere buien en lange natte periodes, waarbij de stad afhankelijk is van de ruimte in het hoofdwatersysteem om het regenwater af te kunnen voeren. Door al dat water van alle kanten is Zwolle een echte Deltastad. Klimaatscenario's laten zien dat Zwolle kwetsbaar kan zijn en voorbereid moet zijn op nog meer water én langere perioden van droogte en hitte.

Aansluitend op de ambities van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wil Zwolle haar weerbaarheid vergroten. In 2020 is het in en rond Zwolle vanzelfsprekend ("het nieuwe Normaal") dat in ruimtelijke ontwikkelingen, projecten, beheer en onderhoud en

werkzaamheden aan het watersysteem klimaatverandering standaard wordt meegenomen. Dit betekent robuuste uitgangspunten en meerwaarde creëren van integrale opgaven in plaats van minimale normen. Om dit te bereiken werkt Zwolle aan een adaptatiestrategie waarin bewoners, bedrijven, onderwijs, onderzoek en ook de overheden ieder hun rol en handelingsperspectief hebben.

In 2050 wil Zwolle en de regio waterrobuust en klimaatbestendig zijn ingericht zodat de regio aantrekkelijk is en blijft om te wonen, werken en recreëren.

Herzien normering regionale keringen

Uit studies in 2014 en 2018 (HKV, 2014a; HKV 2018) blijkt dat de gevolgschade door overstroming als gevolg van een doorbraak in de regionale kering op twee locaties passend is bij een schadeklasse met een herhalingstijd van 1:1000 per jaar bij toepassing van de landelijke systematiek voor regionale keringen. Het gaat om breslocaties bij Windesheim en bij Zwolle Spoorlijn Oost. Er is berekend dat een doorbraak hier voor Windesheim een schade oplevert van 800-1200 miljoen euro. Voor de locatie Spoorlijn Oost is dit 700-900 miljoen euro.



Figuur 7: locaties die vallen binnen schadeklasse behorend bij 1:1000 veiligheidsnorm

De kades langs de Sallandse Weteringen zijn nu genormeerd op een herhalingstijd van 1:200. De norm lijkt op bovengenoemde locaties te laag te zijn, de landelijke systematiek volgende. Daarnaast geldt voor andere locaties dat deze op basis van een quickscan uitgevoerd in 2014 (HKV, 2014a) en een verdere studie in 2018 (HKV, 2018) juist een lagere norm zouden moeten hebben (variërend van 1:10 tot 1:300).

Het proces voor het herijken van de normen van de regionale keringen naar de landelijke systematiek is nog gaande. Voor de Sallandse Weteringen geldt hierbij dat meerdere oplossingen mogelijk zijn, zoals bijvoorbeeld meerlaagse veiligheid, normdifferentiatie of dijkverhoging. Het differentiëren van normen (vooral het naar beneden bijstellen) brengt de uitdaging met zich mee om aan de omgeving uit te leggen dat in de toekomst gebieden minder zekerheid tegen wateroverlast krijgen.

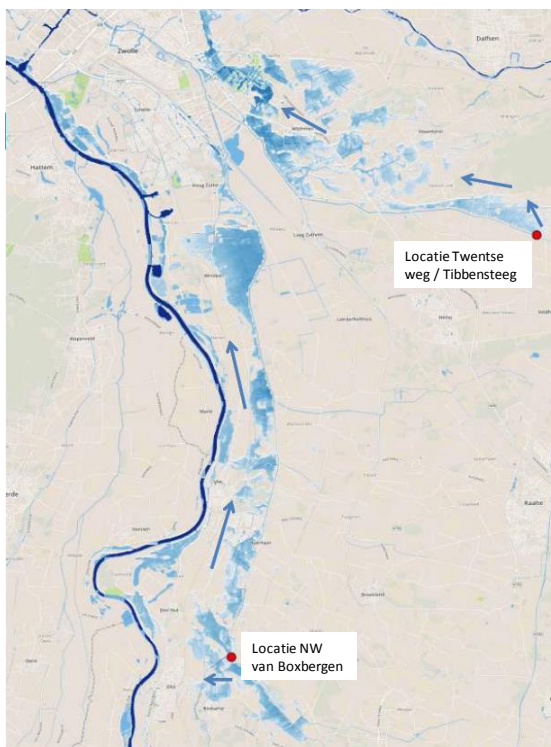
Overtopping overige keringen

Bij hoge afvoergolven over de Sallandse Weteringen treedt het effect op dat een deel van het water over de kades heen gaat in plaats van dat het bij Zwolle afgevoerd wordt naar het Zwarte Water. Het profiel van de Weteringen is op dat punt dan te smal om een grote

hoeveelheid water (groter dan ca 75 m³/s) af te voeren. Dit proces heet overtopping. Overtopping vindt plaats ter hoogte van de 'overige keringen', waaraan geen primaire of regionale veiligheidsnorm is gekoppeld.

Langs het Overijssels kanaal is dit ter plaatse van de Twentse weg en de Tibbensteeg. Voor de Soestwetering gaat het om het traject ten noordwesten van Boxbergen (HKV, 2010). Door de overtopping stroomt water het gebied in, wat op zichzelf al leidt tot enige economische schade (precieze hoeveelheid schade/overlast is niet bekend). Het water stroomt in de richting van de buitenwijken van Zwolle, die lager liggen dan de omgeving. Dit kan zorgen voor overlast. Zoals in figuur 9 is te zien, kan het water Zwolle bereiken. Dit duurt echter wel enkele dagen, waarbij de duur en de hoeveelheid water in het stedelijk gebied beperkt is

Figuur 8 toont voor beide overtoppingslocaties hoe het water zich door het gebied verspreidt. De pijlen geven de richting aan.



Figuur 8: overtopping bij situatie 1:200 bij in de tekst genoemde locaties (WDOD, gemeente Zwolle, provincie Overijssel, 2017). Het water stroomt langzaam via het land richting Zwolle, zoals aangegeven met de pijlen. Dit is een situatie waarbij er geen gemaalcapaciteit beschikbaar is om het water terug de Soestwetering in te pompen.

3 Werking van het systeem

Het watersysteem in Zwolle en omgeving is complex en gedraagt zich anders in verschillende omstandigheden. Dit hoofdstuk heeft als doel de lezer inzicht te geven in de werking van het systeem in verschillende omstandigheden. De werking van het systeem wordt gezien voor de functies voorkomen van slachtoffers, voorkomen van wateroverlast (economische schade) en overlast in het stedelijk gebied van Zwolle vanwege interactie met het hoofdwatersysteem.

Disclaimer: In verband met het ontbreken van een integraal model van het watersysteem, zijn de resultaten van dit hoofdstuk gebaseerd op resultaten van voorgaande studies (zie Bijlage A) in combinatie met expert judgment en opgedane kennis tijdens werksessies.

3.1 Aanpak

Waterschap, gemeente en provincie hebben vele studies laten uitvoeren om de werking van het systeem te onderzoeken. Dit heeft een grote hoeveelheid inzichten opgeleverd. De studies zijn echter meestal gericht op onderdelen van het systeem en niet op de effecten op het gehele systeem. Daarnaast zijn studies meestal gericht op een specifieke functie van het systeem en niet op alle functies.

De informatie is er grotendeels wel, maar is gefragmenteerd en ondergebracht bij verschillende instanties. Dit rapport vat de inzichten uit de rapporten samen en heeft als doel de werking van het systeem op overzichtelijke wijze te presenteren.

Hiervoor is een metastudie uitgevoerd. Een uitgebreide selectie aan rapporten is in factsheets samengevat. Deze factsheets zijn opgenomen in bijlage A. De bijlage opent met een literatuurlijst van de gebruikte bronnen. De factsheets zijn op dezelfde manier opgebouwd. De bijlagen zijn bedoeld als naslagwerk voor specialisten en geïnteresseerden die meer willen weten over de precieze details. Ze geven echter nog geen overzicht van de werking van het systeem in alle situaties. Gebruikmakend van de informatie uit de factsheets is hiervoor in samenwerking met deze studie begeleidende projectgroep een serie infographics gemaakt, die een snel overzicht beogen te geven van de werking van het systeem. De infographics zijn voorzien van bronvermeldingen, zodat de link met de factsheets in bijlage A duidelijk is voor de lezer.

Paragraaf 3.3 toont deze infographics en een uitgebreide beschrijving van de deelsystemen. Tijdens het samenvatten van de rapporten bleek dat sommige informatie nog niet onderzocht is. In een tweetal werksessies met experts zijn hiervoor aannames gedaan. De infographics laten zien wanneer expert judgment is gebruikt. In paragraaf 3.4 staat een lijst met aanbevelingen om deze inschattingen met onderzoek te onderbouwen en kwantificeren.

3.2 Maatgevende situaties van waterstanden en toekomstscenario's

Het meest interessant voor de opgaves genoemd in hoofdstuk 2 zijn de maatgevende situaties. De maatgevende situaties zijn situaties die de samenleving beschouwd als grens tussen "normale" omstandigheden en "buitengewone" omstandigheden. Deze worden bepaald door de overheid en onderbouwd met maatschappelijke kosten-baten-analyses.

Maatgevende situaties komen niet vaak voor. De incidentie van maatgevende situaties wordt beschreven met een statistische term, de herhalingstijd.

De maatgevende situaties uitgedrukt in herhalingstijden zijn anders voor onderdelen van het systeem. Dit komt bijvoorbeeld doordat het gevolg van een buitengewone situatie niet overal even erg is, bijvoorbeeld in weinig bewoonde gebieden versus stedelijk gebied. De norm hoeft in het eerste geval niet zo streng te zijn. Als er sprake is van overlijdensrisico dan is de norm veel strenger en heeft de bijbehorende maatgevende situatie een veel grotere herhalingstijd.

Deze studie beschrijft de werking van het systeem voor een waterstand met een herhalingstijd van 1:200 per jaar en een herhalingstijd van 1:1000 per jaar. De herhalingstijd van 1:200 is interessant omdat uit berekeningen blijkt dat de maximale afvoercapaciteit van de Sallandse Weteringen dan wordt bereikt, waarbij het volledig profiel van de Weteringen wordt benut. Het water staat dan tot de kruinen van de regionale keringen. Bij hogere afvoeren vindt overtopping van deze regionale kades in en rond het stedelijk gebied plaats. Tevens is voor deze herhalingstijd data beschikbaar vanuit berekening voor de toetsing van de regionale keringen.

De herhalingstijd van 1:1000 per jaar is interessant omdat dit de maximale herhalingstijd is die men beziet bij het toetsen van regionale keringen conform de leidraad toetsen regionale keringen van de STOWA.

3.3 Werking van systeem in huidige situatie

Deze paragraaf gaat in op de werking van het systeem in diverse omstandigheden. De werking van het gehele systeem – op grote schaal - wordt beschreven, maar ook de deelsystemen genoemd in het hoofdstuk 1 en 2. De beschrijving van de deelsystemen gaat in meer detail in op specifieke aspecten.

3.3.1 Werking van systeem in gemiddelde afvoersituatie

Sallandse Weteringen en Zwolle

Tijdens een gemiddelde afvoersituatie worden in het watersysteem rondom en in de stad Zwolle geen problemen ervaren. Het water dat afkomstig is vanuit het stroomgebied van de Sallandse Weteringen (50.000 ha) wordt door de Soestwetering, Nieuwe Wetering en het Overijsselse kanaal richting Zwolle geleid. Ter hoogte van gemaal Langeslag, ten noorden van Laag-Zuthem, sluit het Overijsselse Kanaal aan op de Nieuwe Wetering. De Nieuwe Wetering voegt zich vervolgens samen met de Soestwetering op industrieterrein de Marslanden in Zwolle. Vanaf dit punt heet de watergang het Almelose kanaal. Dit water komt samen met de stadswateren (grachten) in het centrum van Zwolle. Vanuit de stadswateren stroomt het water naar het Zwarte Water via de keersluis midden in Zwolle (Gemeente Zwolle, 2013; Van Goor, 2010).



Figuur 9: samenkomst Nieuwe Wetering en Soestwetering

De Overijsselse Vecht

De Overijsselse Vecht heeft een belangrijke waterhuishoudkundige functie in de afwatering van grote delen van Overijssel, een deel van Drenthe en een deel van Duitsland. De afvoer van de Vecht is neerslag gerelateerd en voert dit water, uiteindelijk via het Zwarte Water, af richting het IJsselmeer (Gemeente Zwolle, 2013).

Het Zwarte Water

Het Zwarte Water kan worden gezien als een korte rivier die de Sallandse Weteringen en de Overijsselse Vecht bij elkaar brengt. Daar waar de Vecht en het Zwarte Water bij elkaar komen (Vechtmonding), voert het Zwarte Water het water vanuit zowel de Sallandse Weteringen als de Vecht, naar het Zwarte Meer en vervolgens, naar het IJsselmeer. Naast de afvoer vanuit de Sallandse Wetering en de Vecht, bepaalt dus ook het IJsselmeer de waterstand op het Zwarte Water. In normale omstandigheden is dit geen probleem, maar bij storm kan de opstuwing vanuit het IJsselmeer tot hoge waterstanden leiden. Hierom kan het Zwarte Meer worden afgesloten van het IJsselmeer met de balgstuw bij Ramspol. Dit gebeurt alleen in bijzondere omstandigheden (Gemeente Zwolle, 2013).

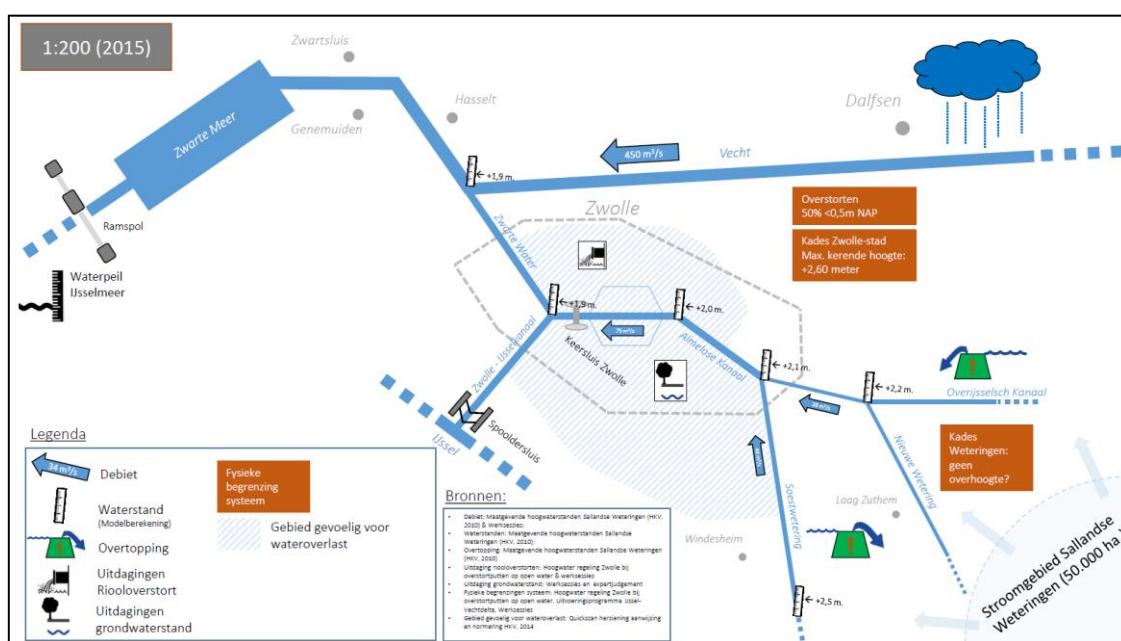


Figuur 10: Zwarte Water ter hoogte van Stadshagen gezien vanaf Twistvlietbrug

3.3.2 Werking van huidig systeem in afvoersituatie 1:200

Bovenstaande paragraaf geeft een beeld van de werking van het systeem in een gemiddelde situatie. Tijdens een maatgevende situatie is het belangrijk om de integraliteit van het systeem goed te begrijpen.

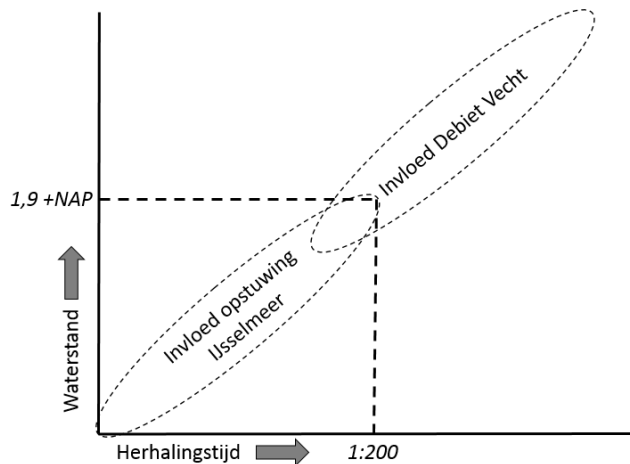
Figuur 11 toont in het klein een schematische weergave van een infographic van de werking van het huidige systeem tijdens een maatgevende situatie (herhalingstijd 1:200), inclusief belangrijke fysieke grenzen in het systeem. De infographics zijn opgenomen als A3-kaarten in bijlage B.



Figuur 11: Infographic van het watersysteem wat effect heeft op de stad Zwolle

Allereerst moet worden vastgesteld dat een stijging van de waterstanden in het systeem veroorzaakt kan worden door twee fenomenen: 1) opstuwung vanuit het IJsselmeer en 2) toename van debiet in de Sallandse Weteringen en de Vecht als gevolg van neerslag. Deze twee stochasten kunnen zowel individueel of gezamenlijk tot een maatgevende hoogwaterstand leiden. Bovenstaande figuur gaat uit van een situatie met een herhalingstijd van 1:200, dat bij de huidige normen maatgevend is voor de Sallandse Weteringen. In deze specifieke situatie wordt de waterstand voornamelijk bepaald door toename van het debiet vanuit de Vecht en Sallandse Weteringen. Een stijging van de waterstanden met een lagere herhalingstijd (herhalingstijd < 1:200) wordt voornamelijk veroorzaakt door opstuwung vanwege windopzet vanuit het IJsselmeer³. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 12.

³ Ingebrachte expert judgement tijdens werksessie 22 februari



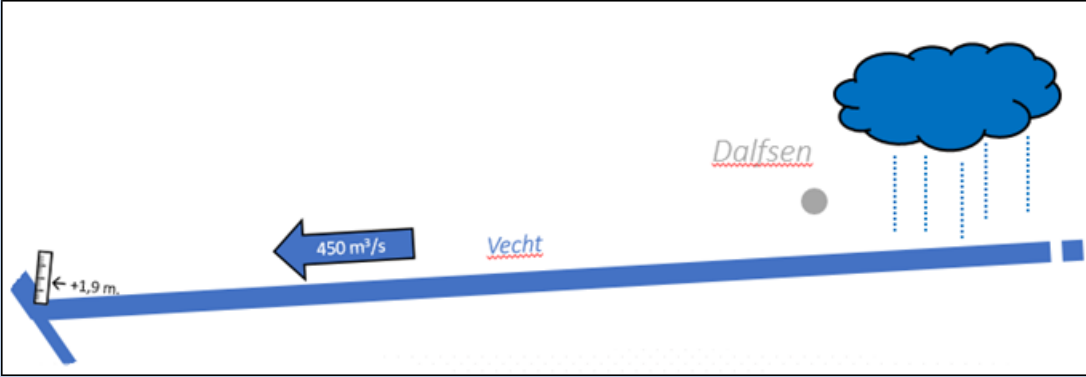
Figuur 12: Schematisering invloed IJsselmeer en Vecht op 1:200 situatie

Bij de hier beschouwde afvoersituatie in Figuur 11 neemt het debiet van de Overijsselse Vecht toe tot $450 \text{ m}^3/\text{s}$ in een 1:200 situatie. In een dergelijke situatie is ook te verwachten dat het debiet in de Sallandse Weteringen toe zal nemen tot ongeveer $75 \text{ m}^3/\text{s}$ ter hoogte van de keersluis in Zwolle (HKV, 2010; Van Goor, 2010). Doordat het debiet in de Vecht aanzienlijk toeneemt in verhouding tot een gemiddelde situatie, zal als gevolg de waterstand ter hoogte van de Vechtmonding stijgen tot 1,9 meter +NAP (HKV, 2010). Deze stijging van de waterstand werkt door in het deelsysteem van de Sallandse Weteringen en Zwolle. Mede hierdoor zijn de Sallandse Weteringen gebonden aan een fysisch maximum in de hier beschouwde maatgevende situatie. Doordat de waterstand toeneemt, zijn de Sallandse Weteringen niet in staat om meer dan ca. $75 \text{ m}^3/\text{s}$ water af te voeren bij de keersluis Zwolle. Dit komt omdat ter hoogte van de overige keringen overtopping plaats vindt. Het profiel van de Weteringen is daar te laag om verdere stijging op te vangen en dus stroomt het water over de regionale keringen met wateroverlast tot gevolg. Wanneer het debiet op de Vecht resulteert in lagere waterstand dan 1,9 meter +N.A.P., neemt het fysisch afvoermaximum van de Weteringen toe maar daalt alsnog de algehele waterstand in het systeem, met name nabij Zwolle (HKV, 2010). Dit toont aan dat de waterstanden op de Weteringen bij maatgevende omstandigheden vooral bepaald worden door de afvoer van de Vecht en de invloed op de waterstand bij de Keersluis Zwolle. Bij een hogere waterstand bij de keersluis (bij een herhalingstijd van meer dan 1:200) wordt het verhang van de waterstanden dusdanig dat overstroming plaats vindt en het afvoerdebiet van de Weteringen bij de keersluis Zwolle afneemt.

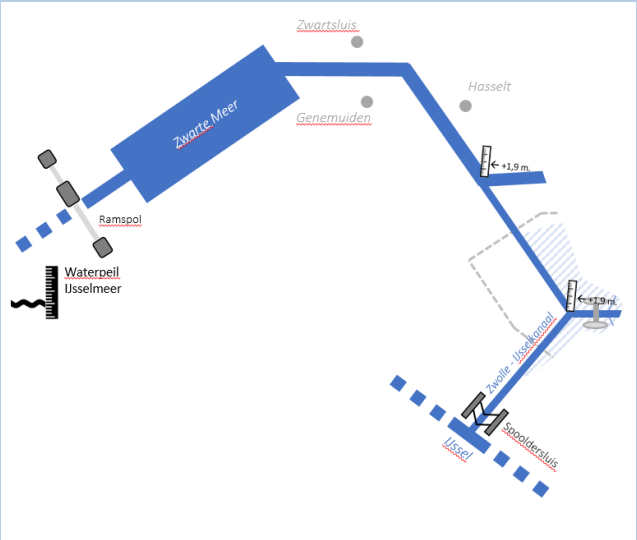
Geconcludeerd kan worden dat de voor het regionale systeem maatgevende waterstanden in Zwolle in een situatie van 1/200 per jaar op Vecht en Weteringen worden bepaald door het debiet op de Vecht of opstuwing vanuit het IJsselmeer, wat voor stijging van de waterstand op de Vechtmonding zorgt. Maatregelen die zorgen voor afvoerbepierking op de Weteringen hebben daarom niet of nauwelijks nut om de veiligheid en overlastbepierking bij Zwolle te verbeteren.

Uit onderzoek (HKV, 2010) is gebleken dat een toename van debiet op de Sallandse Weteringen niet tot nauwelijks voor een verhoging van de waterstand in Zwolle zorgt, maar dat de stijging van de waterstand op de Vecht bovenstrooms doorwerkt in de Sallandse

Weteringen, wat in een fysisch maximum en overtopping resulteert. Onderstaande tabellen geven inzicht in eigenschappen van de verschillende deelsystemen.

Deelsysteem Vecht, huidige situatie (1:200)	
	
Afvoer	Tijdens een maatgevende situatie (1:200) neemt het maximale debiet toe tot ongeveer 450 m ³ /s (Deltares, 2016).
Opgaven	De primaire kering langs de vecht telt aan de noordkant 38,6 kilometer en aan de zuidkant 27,5 kilometer. De resultaten van de Nadere Veiligheidsanalyse (2017) tonen aan dat van de noord- en zuidkeringen respectievelijk 29,3 kilometer (76%) en 25,5 kilometer (93%) is afgekeurd met het oog op een toenemend debiet als het gevolg van klimaatverandering. De Overijsselse Vechtdijken zijn dan ook opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (2018): Vecht-Zuid & Vecht-Noord De POV Hoogwaterperspectief Overijsselse Vecht (POV Vecht, 2017) haakt hier op aan en wil op technisch gebied meer inzicht verkrijgen in: • daadwerkelijke ontwerpogave gegeven de werking van het stroomgebied van de Vecht onder extreme condities inclusief klimaateffecten; • de haalbaarheid van maatregelen op en rondom het rivierbed in relatie tot de ontwerpogave van de primaire keringen; • de haalbaarheid van maatregelen in het stroomgebied in relatie tot de ontwerpogave van de primaire keringen. Daarnaast wil de POV HOV (2017) ook meer inzichtkrijgen op het gebied van governance in: • effectiviteit van instrumenten (bestuurlijk, juridisch, planologisch) voor het uitwerken van de stroomgebiedsbenadering;

	Verankering van afspraken, borging en doorwerking van kennis naar waterbeheerders.
“Maatgevende waterstanden”	Het debiet van de Vecht heeft direct invloed op de waterstanden in het systeem. In dit deelsysteem geldt de volgende waterstand (HKV, 2010): Vechtmonding: 1,9 meter +NAP
Limieten in het systeem	De bepalende limiet voor de afvoer van dit deelsysteem is het stroomprofiel van de Overijsselse Vecht: breedte van het stroomprofiel en de hoogte van de primaire keringen.

Deelsysteem Zwarte Water, huidige situatie (1:200)	
	
Afvoer	Afvoer van het Zwarte Water wordt bepaald door het debiet op de Sallandse Weteringen en het debiet op de Vecht. Deze komen via het Zwarte Water ten noorden van Zwolle bij elkaar bij de Vechtmonding.
Opgaven	7,5 kilometer dijk langs het Zwarte Water en het Zwolle-IJsselkanaal voldoen niet aan de nieuwe waterveiligheidsnormen. Deze dijken zijn afgekeurd op piping, hoogte en stabiliteit. Hiervoor is het HWBP programma 'Stadsdijken Zwolle' in het leven geroepen. De verwachting is dat in 2024 dit project is afgerond. (Hoogwaterbeschermingsprogramma, 2018). Naast het project stadsdijken is ook de Keersluis Zwolle opgenomen in het HWBP. De opgave van de keersluis in Zwolle wordt nader toegelicht in Bijlage D
“Maatgevende waterstanden”	In dit deelsysteem gelden de volgende hoogwaterstanden bij de situatie 1:200 (HKV, 2010): Vechtmonding: 1,9 meter +NAP; Keersluis Zwolle: 1,9 meter +NAP.
Limieten in het systeem	De bepalende limieten van dit deelsysteem worden bepaald door het stroomprofiel dat wordt gevormd door dijkkring 53, 10 en 9.

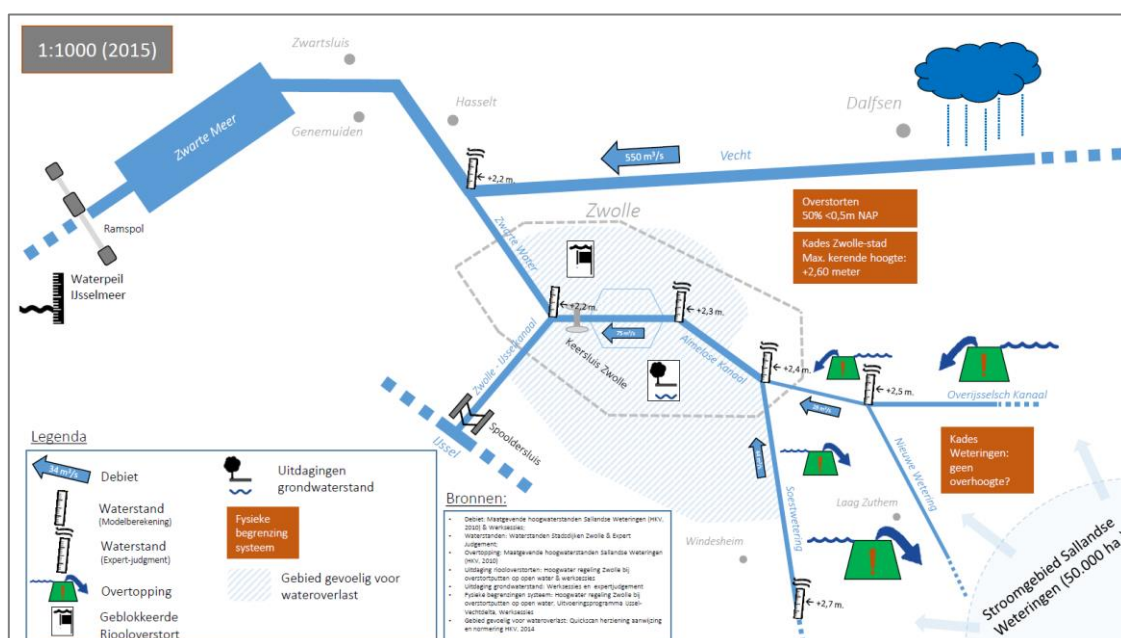
Deelsysteem Weteringen en Zwolle stad	
Afvoer	Tijdens een maatgevende situatie van 1:200 is de afvoer van de Sallandse Wetering ter hoogte van de keersluis Zwolle ongeveer gelijk aan $75 \text{ m}^3/\text{s}$. Als resultaat van een verhoogde waterstand in dit deelsysteem door toedoen van het debiet in de Vecht, zijn de Sallandse Weteringen ten tijde van een maatgevende situatie (1:200) gebonden aan een fysisch maximum. Wanneer het debiet in de Vecht afneemt en daarmee ook de waterstanden, neemt dit fysisch maximum toe, zonder noemenswaardige gevolgen op de waterstanden (HKV, 2010).
Opgaven	Momenteel zijn de keringen langs de Sallandse Weteringen genormeerd voor een maatgevende situatie van 1:200 (HKV, 2014a). Uit onderzoek (HKV, 2014a; HKV, 2014b) is gebleken dat de keringen op twee plekken een hogere norm toebedeeld moeten krijgen indien de landelijke systematiek voor regionale keringen wordt toegepast. Het onderzoek van HKV stelt dat bij een eventuele doorbraak van de kering aan de westkant van de Soestwetering bij Windesheim en de oostkering van het Almelose Kanaal ter hoogte van de spoorlijn er dermate veel schade optreedt tijdens een

	maatgevende situatie dat een normering van 1:200 hier niet volstaat volgens de landelijke systematiek. Aanbeveling is een normering van 1:1000. Tijdens een voor de Weteringen en stadsgrachten maatgevende situatie van 1:200 wordt het voor verschillende riooloverstorten onmogelijk om overtollig hemelwater te lozen op het oppervlakte water. Dit vanwege het feit dat 50% van de riool overstorten gepositioneerd is op 0,5 meter +NAP of lager (Gemeente Zwolle, 2014).
“Maatgevende” waterstanden	Op de volgende locaties zijn de hoogwaterstanden passend bij de situatie 1:200 bepaald binnen het deelsysteem van de Sallandse Weteringen (HKV, 2010): • Keersluis: 1,9 meter +NAP; • Schoenkuipenbrug: 2,0 meter +NAP; • Gerenvonder: 2,14 meter +NAP; • Langeslag: 2,20 meter +NAP; • Wijhe: 2,45 meter +NAP. Deze waterstanden in de weteringen rondom Zwolle worden voornamelijk bepaald door het debiet op de Vecht. Meer bovenstrooms wordt de waterstand bepaald door de afvoer van de Sallandse Weteringen zelf.
Limieten in het systeem	Zoals onder ‘afvoer’ staat beschreven, wordt dit deelsysteem begrensd door het fysisch maximum van de Weteringen. In een maatgevende situatie is dit ca. 75 m³/s. Het deelsysteem kan in zo’n maatgevende situatie niet meer water afvoeren vanwege de overtopping die dan plaatsvindt van het Overijsselse Kanaal en in mindere mate de Soestwetering (HKV, 2010). Vanaf een waterstand van 1,80 meter +NAP lopen bepaalde delen van de binnenstad van Zwolle onderwater. Momenteel is een ontwerpwaterstand (waterstand die wordt gehanteerd ten behoeve van een robuuste ruimtelijke inrichting) van 2,60 meter +NAP uitgangspunt bij bepaalde projecten, inclusief een waakhogte van 30 centimeter. Een waterstand van 2,30 meter +NAP geldt in deze situatie als absolute limiet. Bij hogere waterstanden bestaat de kans dat niet alleen het buitendijkse centrum van Zwolle schade krijgt, maar tevens het gehele centrum, hetgeen als onacceptabel wordt beschouwd.

3.3.3 Werking van huidig systeem in afvoersituatie 1:1000

Figuur 13 toont in het klein een schematische weergave van een infographic van de werking van het huidige systeem tijdens een maatgevende situatie (herhalingstijd 1:1000). Voor een grotere versie zie bijlage B.

Voor deze herhalingstijd is veel minder informatie aanwezig. Op diverse punten moeten aannames worden gedaan. De beschrijving vindt alleen op het hele systeem plaats. De informatie op deelsysteemniveau is vergelijkbaar met de vorige paragraaf.



Figuur 13: waterstanden in het systeem bij een afvoersituatie met een herhalingstijd van 1:1000

De werking van het systeem in deze situatie is vergelijkbaar met de situatie 1:200, maar de gevolgen zijn ingrijpender. Het bij de 1:1000 situatie horende afvoerdebiet van de Vecht is ongeveer $550 \text{ m}^3/\text{s}$ (Deltares, 2016). De berekeningen gedaan voor de voorbereiding van project van stadsdijken Zwolle (afwegingsnotitie VKA Stadsdijken Zwolle, WDOD, 2017) tonen een waterstand van +2.20m NAP bij de keersluis Zwolle. Vanuit de gedachte dat deze vooral veroorzaakt wordt door de hogere afvoer van de Vecht, leidt dit tot een geschatte waterstand van eveneens +2.20m NAP aan de monding van de Vecht⁴. Het is wel mogelijk dat de berekende 1:1000 situatie toch ook veroorzaakt wordt door effecten op het IJsselmeer, waardoor deze waterstand uitsluitend op de aanname berust dat het systeem vergelijkbaar is met een 1:200 situatie. Meer kennis is hier nu niet over bekend.

⁴ Verval tussen Keersluis Zwolle en Vechtmonding wordt in deze studie verwaarloosd

De waterstanden langs de Weteringen zijn niet bekend. Wel is het mechanisme bekend dat het debiet over de Weteringen eerder lager zal worden in de situatie bij 1:200 per jaar dan hoger. Dit is vanwege de hogere “drempelwaterstand” bij de keersluis en de overtopping van de regionale keringen. Als worst-case inschatting is in de figuur een vergelijkbaar verhang met de 1:200 per jaar situatie gekozen, waardoor de waterstanden in de Weteringen oplopen tot +2.70 NAP bij Wijhe.

De waterstand van +2.20 m NAP is lager dan de limiet van +2.30 m NAP in Zwolle, waardoor dit niet direct tot onoverkomelijke problemen bij de nieuwbouw in Zwolle langs de grachten leidt. Wel is de verwachting dat de overlast significant is vanwege het feit dat verschillende delen van het centrum al bij een waterstand van +1,80 m NAP overstromen, door overstroming van het buitendijkse deel van het centrum, door niet werkende riooloverstorten, door grondwaterproblemen en door ondergelopen kelders.

Met de huidige hoogte van de kades zal een 1:1000 situatie dus leiden tot overlast op grote schaal. In enkele rapporten is gerekend (o.a. Hydrologic, Provincie Overijssel, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Gemeente Zwolle, 2017) met doorbraken van keringen bij een afvoergolf van 1:1000. Het gevolg van overstromingen bij een 1:1000 afvoergolf als geen bres optreedt in de keringen is niet bekend.

3.4 Werking van systeem in toekomstige afvoersituaties

3.4.1 Toekomstscenario's

Verskillende ontwikkelingen zullen er in de toekomst toe leiden dat de opgaven voor het watersysteem van Zwolle en omgeving groter worden, omdat de impact van overstromingen en overlast toeneemt. Er zijn verschillende studies uitgevoerd om een inschatting te maken van de effecten die deze ontwikkelingen hebben op het watersysteem. Voor een aantal toekomstscenario's is het effect op het watersysteem zichtbaar gemaakt in maatgevende situaties. In het kader van de totstandkoming van het voorkeursalternatief voor het project Stadsdijken is al een aantal scenario's doorgerekend. Van deze berekeningsresultaten wordt hier mede gebruik gemaakt. We kijken zowel naar de periode tot 2050 alsook naar de periode tot 2100. Door beide periodes te beschouwen kunnen we een goed beeld vormen of en hoe lang het huidige systeem nog functioneert in het licht van klimaatverandering.

De gekozen scenario's zijn illustratief bedoeld. We kunnen nog niet weten hoe de toekomst zich ontwikkelt en de interactie tussen verschillende ontwikkelingen is nog niet uitputtend onderzocht.

De volgende toekomstscenario's worden gezien:

- 1) **Het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt met 50 centimeter in de periode van 2050-2100**

Dit scenario komt voort uit de afwegingen in het Deltaprogramma IJsselmeer. Er is in de Deltabeslissing in 2014 uitgesloten dat het IJsselmeerpeil tot 2050 zal stijgen. Daarna wordt echter een stijging van het winterpeil met maximaal 50 cm mogelijk geacht.

Dit scenario heeft de volgende uitgangspunten:

- De afvoer van de Vecht is gelijk aan die in de huidige situatie. Dat dit ook gebeurt ligt niet voor de hand, maar zonder toename van de afvoer van de Vecht worden de effecten van de stijging van het IJsselmeerpeil beter geïllustreerd.
- Toename van waterstanden door een hogere IJsselafoer worden niet beschouwd.
- Veranderingen in de waterstanden/afvoerdebiet van de IJssel omdat benedenstrooms het IJsselmeerpeil hoger staat en daardoor veranderingen in de maatgevende waterstanden op het Zwarte Water/Stadsgrachten/Vecht worden niet expliciet beschouwd.
- Veranderingen in windstatistiek na 2050 zijn niet meegenomen.

2) Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien

De meest recente berekeningen van het KNMI (2014) indiceren een toename van circa 40% bij piekbuien met een herhalingsdij van 1:200 jaar. Voor de Vecht en de Sallandse Weteringen betekent dit een forse toename van de afvoer.

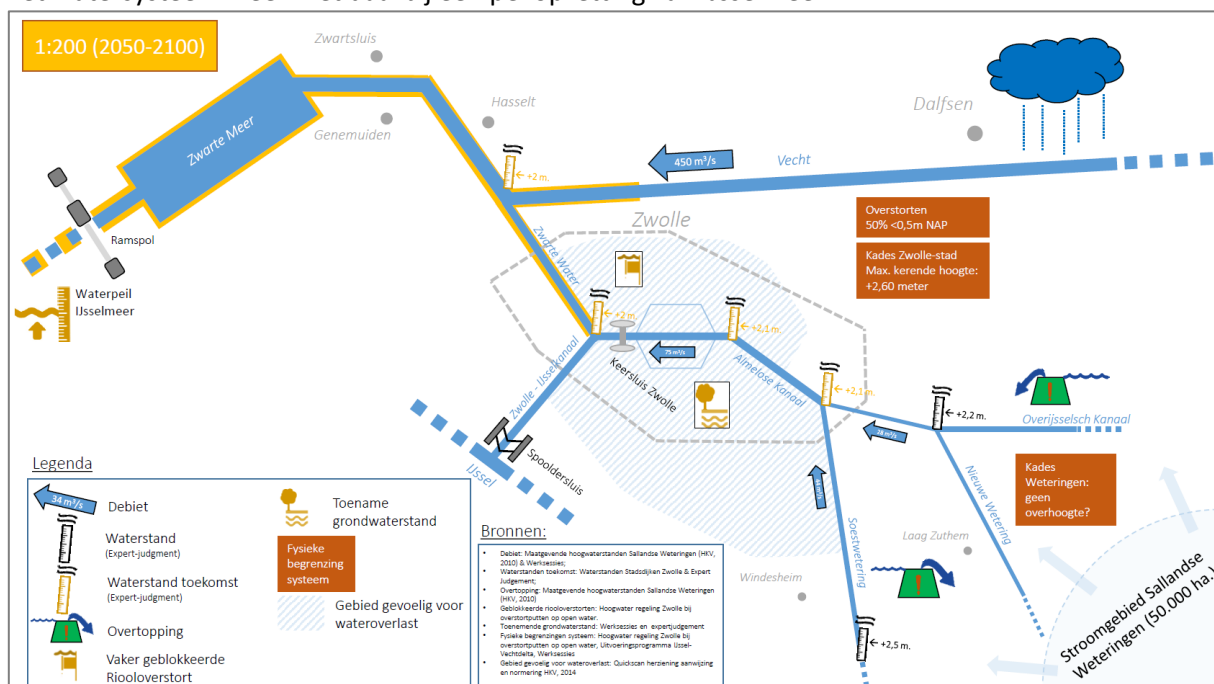
Dit scenario heeft de volgende uitgangspunten:

- Uit ervaringen blijkt dat een piekbui in het stroomgebied van de Vecht vrijwel altijd bij een weersysteem hoort dat ook een piekbui boven het stroomgebied van de Sallandse Weteringen veroorzaakt. Hiervan worden dus geen individuele scenario's gemaakt. Zowel de Vecht als de Sallandse Weteringen krijgen te maken met een toename van 40% in 2050.
- In werkelijkheid zijn er allerlei factoren die ervoor zorgen dat de 40% toename van een piekbui niet leidt tot een 40% hogere afvoer. De potentiële berging in de ondergrond kan bijvoorbeeld een belangrijke factor zijn. Deze is mede afhankelijk van de recente geschiedenis van neerslag en verdamping. Ook zijn een aantal toevoergebieden van de Weteringen bemaal. Er kan voor gekozen worden om een maaltop te doen, waardoor er minder water in de afvoergolf van de Weteringen komt. Deze factoren zijn niet bekend. De aanname is dat de volle 40% toename van de piekbui ook tot 40% toename van de afvoer van Vecht en Weteringen leidt.
- Het IJsselmeerpeil is vergelijkbaar met het huidige. Dit is conform de verwachte situatie in 2050.
- De afvoer over de IJssel is vergelijkbaar met de huidige.
- Veranderingen in windstatistiek na 2050 zijn niet meegenomen.

Door klimaatverandering zullen er veranderingen gaan plaatsvinden in het watersysteem en de maatgevende situatie zoals deze nu is vastgesteld.

3.4.2 Situatie 1:200 : Het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt met 50 centimeter in de periode van 2050-2100

Onderstaande Figuur 14 geeft aan de hand van een infographic de maatgevende situatie in het watersysteem weer met daarbij een peilopzetting van IJsselmeer.



Figuur 14: Systeemwerking maatgevende situatie 1:200 met peilopzetting IJsselmeer (2050 – 2100). Veranderingen ten opzichte van de huidige situatie zijn weergegeven in oranje.

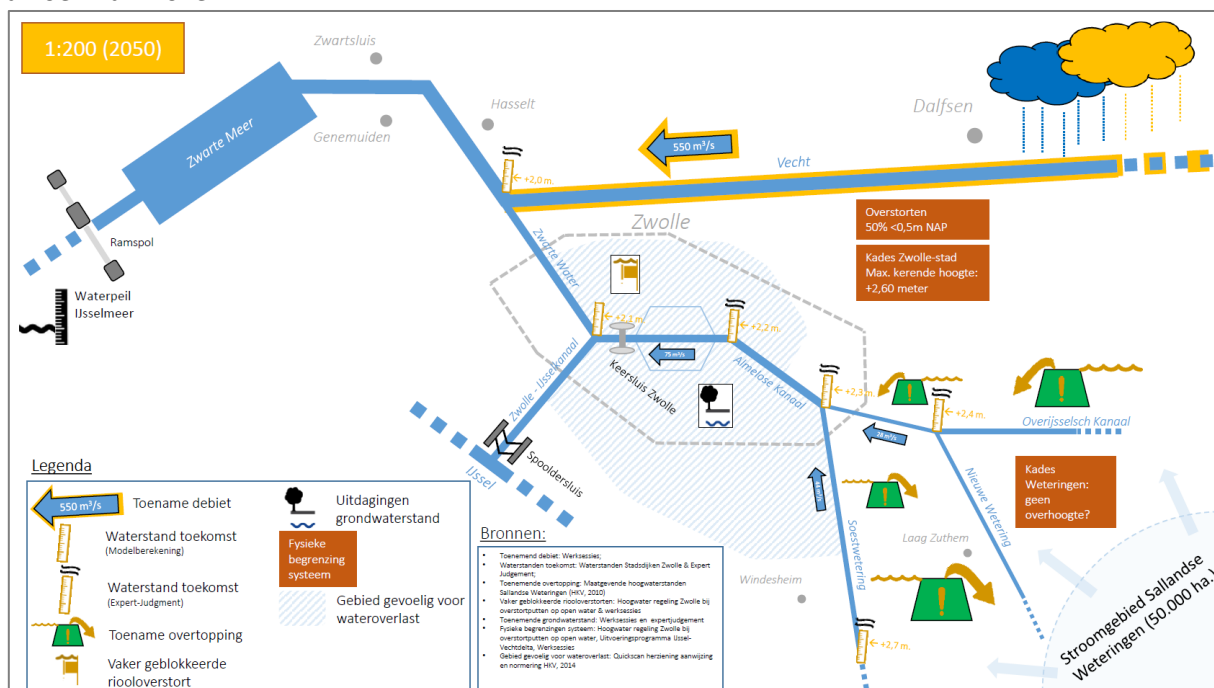
In het oranje zijn de (verwachte) wijzigingen in het watersysteem weergegeven als gevolg van de peilopzetting van het IJsselmeer. Vanuit expert judgment (expertsessies met specialisten van Waterschap Drents Overijsselse Delta) is de verwachting dat de peilopzetting van 0,1 meter –NAP naar 0,4 meter +NAP zal doorwerken bovenstrooms in het watersysteem. De waterstanden bij een 1:200 situatie zullen bij de Vechtmonding, de keersluis en het Amelose Kanaal met zo'n 10 centimeter toenemen. Dit betekent in de praktijk dat de riooloverstorten in het stedelijk watersysteem vaker geblokkeerd raken. Daarnaast betekent een peilopzetting van het IJsselmeer een peilstijging in de rivier de IJssel, het Zwarte Water en de Stadsgrachten. De IJssel heeft direct invloed op het grondwaterpeil in Zwolle, wat bij een peilopzetting van het IJsselmeer zal leiden tot hogere grondwaterstanden in Zwolle⁵.

3.4.3 Situatie 1:200 : Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien in 2050

Onderstaande figuur geeft aan de hand van een infographic de situatie in het watersysteem weer bij een 1:200 situatie in het jaar 2050. Hierbij is rekening gehouden met een toename van het debiet van zowel de Overijsselse Vecht als de Sallandse Weteringen. Meer afvoer

⁵ Conclusies aan de hand van expert judgment.

over de Weteringen dan in de huidige situatie leidt tot meer overtopping en niet tot met afvoer via Zwolle.

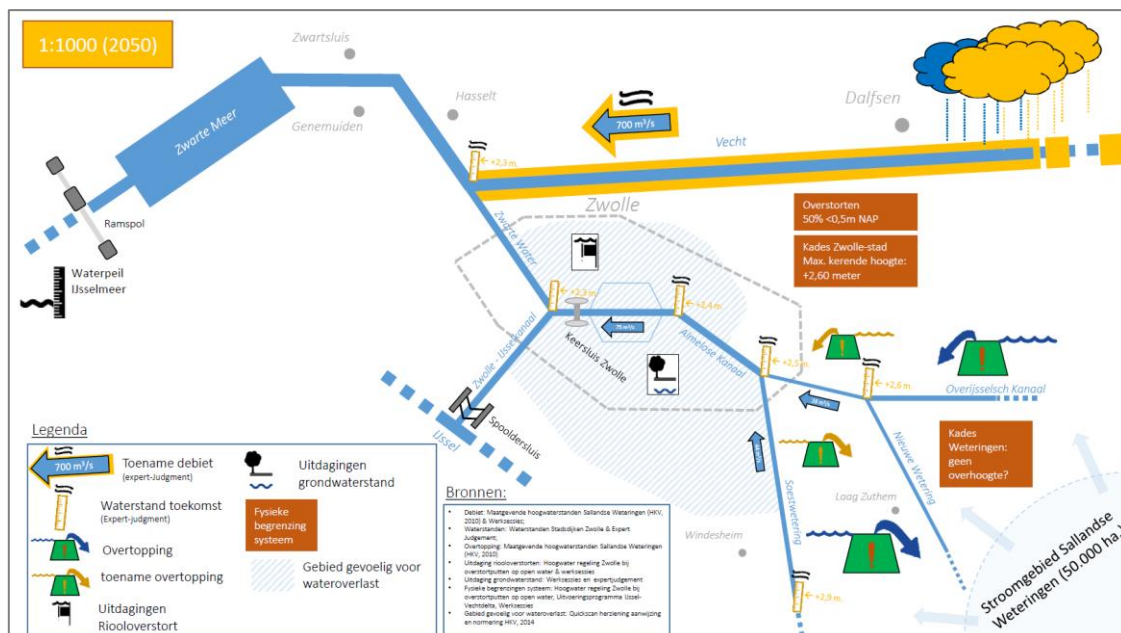


Figuur 15: Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien. Veranderingen ten opzichte van de huidige situatie zijn weergegeven in oranje.

Als gevolg van klimaatverandering zal het debiet van Overijsselse Vecht en de Sallandse Weteringen gaan toenemen. Gevolg hiervan zijn hogere waterstanden in het systeem, welke voornamelijk veroorzaakt worden door de toename van het debiet in de Vecht. Uit onderzoek (Waterschap Drents Overijsselse Delta, 2017) is gebleken dat bij een 1:200 situatie in het jaar 2050 de waterstand bij de keersluis zal stijgen tot 2,1 meter +NAP ten opzichte van 1,9 meter +NAP in de huidige situatie. Deze waterstand heeft als gevolg dat de waterstanden in de Sallandse Weteringen bovenstrooms ook zullen stijgen. Vanwege het relatief grotere effect van een toenemende afvoer op de Vecht op de Weteringen is de stijging van de waterstanden op de Weteringen groter dan het scenario (met een hoger IJsselmeerpeil) in de vorige paragraaf. Het debiet in de Sallandse Weteringen benedenstrooms zal niet toenemen vanwege het fysisch maximum. Door de stijging van de waterstand benedenstrooms zal dit fysisch maximum zelfs nog verder afnemen, vanwege het feit dat op meer plekken de waterstand gelijk zal zijn aan de keringhoogte. Dit leidt tot meer overtopping en daarmee ook meer wateroverlast in het landelijk gebied. Dit effect wordt versterkt door een toename van neerslag in het stroomgebied van de Sallandse Weteringen⁶.

⁶ Conclusies aan de hand van expert judgment

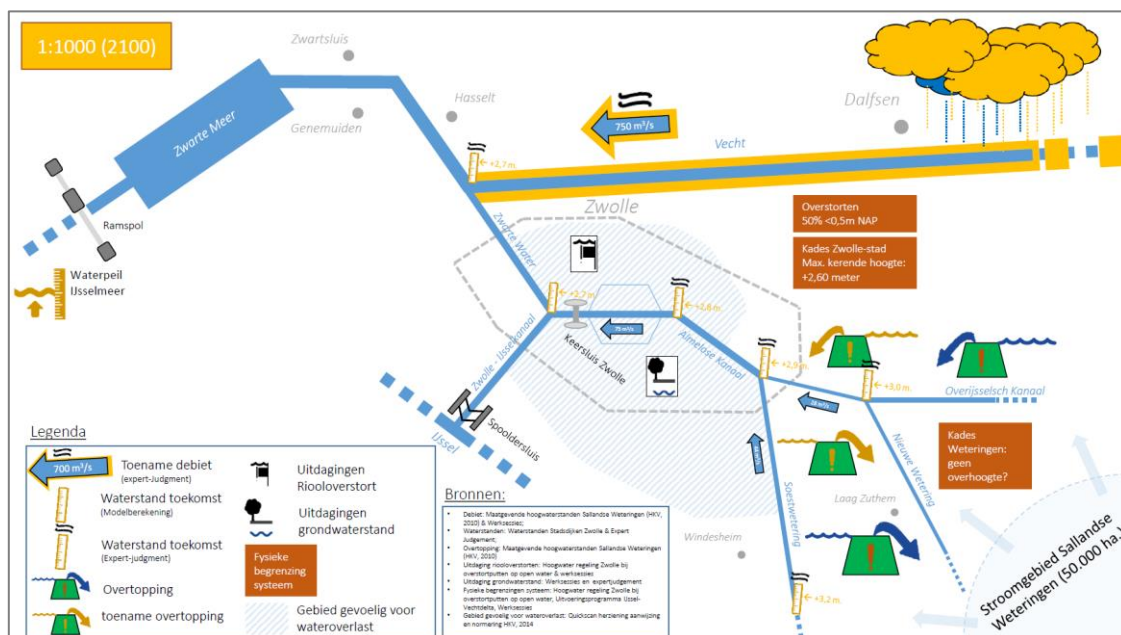
3.4.4 Situatie 1:1000 : Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien



Figuur 16: Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien

Bovenstaande Figuur 16 geeft een inschatting weer van een 1:1000 situatie in het jaar 2050. Te zien is dat het debiet op de Vecht toeneemt, wat tot hogere waterstanden leidt in het watersysteem. Uit onderzoek (Waterschap Drents Overijsselse Delta, 2017) blijkt dat in een dergelijke situatie de waterstand bij de keersluis Zwolle toeneemt tot ongeveer 2,3 meter +NAP. Op basis van expert judgment is een inschatting gemaakt hoe deze verhoging in de waterstand doorwerkt op het systeem van de Sallandse Weteringen. Ook in dit stroomgebied zal de neerslag in het jaar 2050 in een 1:1000 situatie significant toenemen in vergelijking met de huidige situatie, maar vanwege het fysisch maximum van de Sallandse Weteringen, zal het debiet op dit deelsysteem niet verder toenemen. Wel zullen, als een resultaat van een hoger debiet op de Vecht, de waterstanden in de Sallandse Weteringen voornamelijk benedenstrooms toenemen. Dit heeft als gevolg dat op de plekken waar in een huidige situatie (voornamelijk overige keringen Overijssels Kanaal) overtopping plaatsvindt, dit fenomeen zal toenemen. Daarnaast zal benedenstrooms langs de regionale keringen ook overtopping plaats gaan vinden door de stijgende waterstanden. Daarbij zullen in het stedelijke systeem riool overstorten in een dergelijke situatie niet meer functioneren door een te hoge buitenwaterstand. Ook wordt het voor het stedelijk watersysteem moeilijk om water te lozen op het hoofdwatersysteem.

3.4.5 Situatie 1:1000 in 2100 : Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien en peilstijging IJsselmeer met 50 cm.



Figuur 17: Toename van de afvoer via Vecht en Weteringen door toename intensiteit piekbuien en peilstijging IJsselmeer met 50 cm.

In het jaar 2100 zal het systeem, naast toename in de intensiteit van piekbuien, te maken krijgen met een peilopzetting vanuit het IJsselmeer. Bovenstaande Figuur 17 geeft een inschatting van een 1:1000 situatie in het jaar 2100. De afvoer over de Vecht is geschat op basis inzichten uit het rapport “Afvoerbeperkingen van de Vecht in extreme omstandigheden” (HKV, 2016), waaruit blijkt dat vanaf een debiet van 580 m³/s over de Vecht er water over de dijken loopt, waardoor het debiet asymptotisch nadert tot 700-750 m³/s voor hoge tot zeer hoge herhalingstijden. De herhalingstijd voor afvoergolven passend bij de klimaatstatistiek in 2100 is niet bekend. Het in de figuur genoemde debiet m³/s van 750 is dus zeer indicatief.

Door zowel een toename in afvoerdebiet over de Vecht als een stijgend IJsselmeerpeil krijgt Zwolle te maken met een waterstand van 2,7 meter +NAP ter hoogte van de keersluis op basis van berekeningen die zijn gedaan in het kader van de Stadsdijken Zwolle (Waterschap Drents Overijsselse Delta, 2017). In de berekeningen is de veranderde afvoer in de Weteringen niet meegenomen. Het effect hiervan op de waterstanden langs de Weteringen is ingeschat met expert judgment.

Het stijgen van de waterstand tot +2.7M NAP bij de Keersluis Zwolle werkt bovenstrooms door in het systeem wat zal leiden tot een grote toename van overtoppingen over zowel de overige als de regionale keringen⁷. Het debiet van de Sallandse Weteringen zal niet verder

⁷ Conclusies aan de hand van expert judgment

toenemen vanwege het fysisch maximum. Deze situatie zal als significante wateroverlast worden ervaren in de stad zelf. Ook zal het voor het stedelijk watersysteem en de riooloverstorten niet mogelijk zijn om hun water kwijt te raken op het hoofdwatersysteem, wat ook zal leiden tot wateroverlast en schade.

3.5 Conclusies en aanbevelingen

3.5.1 Conclusies watersysteem

- In hoogwatersituaties is de hoogte van de waterstand bij de Keersluis Zwolle de bepalende factor voor de waterstanden in de stadsgrachten van Zwolle en op het Almelose kanaal.
- Het maximale debiet over de Weteringen bovenstrooms is 70 tot 80 m³/s. Als er meer water verwerkt moet worden vanuit het afvoergebied, dan treedt bovenstrooms overtopping op: het water stroomt over de keringen het achterland in. Bij toenemende toekomstige neerslaghoeveelheden zal de overtopping bovenstrooms verder toenemen.
- Toename van het debiet over de Weteringen leidt dus niet tot veel hogere waterstanden bij Zwolle.
- In hoogwatersituaties met een herhalingstijd van 200 jaar en van 1000 jaar zijn de afvoer van de Vecht samen met opstuwing uit het IJsselmeer (in een 1:200 situatie) de belangrijkste factoren voor de hoogte van de waterstand bij de keersluis Zwolle.
- Vermindering van de afvoer over de Weteringen draagt niet of zeer beperkt bij aan het verlagen van de waterstanden in Zwolle (met open Keersluis).
- De regionale keringen voldoen aan de huidige norm. Vanuit de evaluatie van deze normering volgt dat deze norm op 2 locaties langs de Weteringen te laag is. In dit kader wordt de normering van de keringen langs de Weteringen opnieuw onderzocht. Dit kan eventueel leiden tot bijvoorbeeld normdifferentiatie maar ook aanpassingen in het achterliggende gebied of dijkverhoging.
- De huidige maatgevende waterstand voor ontwikkelingen in binnenstad van Zwolle is 1.90 m +NAP. De binnenstad van Zwolle is kwetsbaar voor maatgevende hoogwatersituaties en dit zal in de toekomst nog verder toenemen.
- Het huidige systeem komt in de buurt van zijn grenzen, ook in reguliere natte omstandigheden. Delen van de binnenstad van Zwolle lopen nu al onder water vanaf een waterstand van 1.80 m +NAP. Het systeem van de binnenstad van Zwolle moet daarom groeien naar de ontwerpwaterstand van 2.30 m +NAP. Rond 2050 loopt het systeem tegen zijn grenzen en zal ook een ontwerpwaterstand van 2.30 m +NAP niet meer voldoen. Naar verwachting zal de waakhoogte van 30 cm dan niet altijd meer beschikbaar zijn. Hier ligt een belangrijke opgave voor Zwolle om tot 2050 op te anticiperen met aanvullende maatregelen.
- De mogelijke stijging van het IJsselmeer zorgt naar verwachting beperkt voor hogere waterstanden op de Sallandse Weteringen in hoogwatersituaties. Dit heeft waarschijnlijk ten dele te maken met het feit dat de Ramspolkering dicht gaat bij

opstuwing uit het IJsselmeer, hoewel de Ramspolkering niet bij elk mogelijk scenario sluit, waardoor we niet precies weten wat het effect is. Nader onderzoek is nodig.

- De structurele verhoging van Zwarte Water vanuit een toekomstige opzet van het IJsselmeerpeil leidt tot hogere grondwaterstanden en meer problemen met het overstorten van riolen in een gemiddelde situatie. De mate van overlast die ontstaat is niet onderzocht.
- Ook ligt er op dit moment ligt er een opgave om de normering van de regionale keringen te herzien. Enerzijds komt dit omdat het beschermingsniveau in Zwolle omhoog gaat. Anderzijds door klimaatverandering en/of ontwikkelingen in het hoofdwatersysteem. Uit de beschikbare berekeningsresultaten en inzichten blijkt dat deze ruimte rond 2050 is opgeslokt.
- De bovenstrooms gelegen gebieden zullen in de gehanteerde klimaatscenario's vaker te maken hebben met overtopping van water vanuit de Sallandse Weteringen. Alle extra neerslagaanvoer boven de afvoergrens van ca. 80 m³/s zal lokaal moeten worden verwerkt in het landelijk gebied.

Bovenstaande conclusies maakt het nodig om in de nabije toekomst maatregelen te treffen voor het watersysteem in en nabij Zwolle. Dat kan via preventie, via gevolgbepierking of een combinatie van beide.

3.5.2 Aanbevelingen watersysteem

- Uit deze studie blijkt dat op relatief korte termijn (eerder dan, en rond 2050) er grote problemen met veiligheid en overlast in Zwolle kunnen ontstaan. Door de stuurgroep IJssel-Vecht-Delta is besloten om een integrale visie op het gebied op te stellen. De aanbeveling is om hier na afronding van de onderhavige studie mee te starten. Gezien de koppelingen tussen de watersystemen van Vecht, IJsselmeer en Weteringen moet dit integraal gebeuren. Tevens is de aanbeveling om dit direct te koppelen aan ontwikkelingen in het deltaprogramma ruimtelijke adaptatie.
- De visie moet worden voorzien van een uitvoeringsprogramma, dat de integraliteit van de oplossingsrichtingen borgt. Oplossingen moeten worden gevonden in watersysteem en ruimte.
- Een integrale visie met bijbehorend uitvoeringsprogramma vraagt om een overkoepelende governance, vergelijkbaar met die van de stuurgroep IJssel-Vecht-Delta.
- De resultaten die zijn gebruikt in deze studie zijn niet alle gedragen door berekeningen en vaak is expert judgment gebruikt. De sterke aanbeveling is om in het kader van het opstellen van de integrale visie verdiepende berekeningen uit te voeren. In het hiervolgende staan suggesties.
- Resultaten zijn soms afkomstig zijn uit verschillende rekenmodellen en uit verschillende jaren. Daarbij is er een bandbreedte De aanbeveling is om een integraal modelinstrumentarium te ontwikkelen dat zowel primair als regionaal systeem schematiseert met de meest recente kennis als uitgangspunten. Een dergelijk

integraal instrument is veel beter in staat om de integrale visievorming te helpen onderbouwen.

- De aanbeveling is om te onderzoeken in hoeverre schade en overlast optreedt in Zwolle, als gevolg van het vaker inunderen van het centrum, het vaker optreden van hogere grondwaterstanden en het vaker voorkomen van problemen met overstorten. Hierbij ook kijkend naar situaties met kleinere herhalingstijd.
- De aanbeveling is met modelberekeningen te onderzoeken in hoeverre de maatgevende waterstanden in en nabij Zwolle stijgen bij een stijging van het gemiddeld winterpeil in het IJsselmeergebied.

3.5.3 Aanbevelingen systeemrobustheid

Uit deze studie is gebleken dat er nu nog enige ruimte in het watersysteem zit om de waterstand bij Zwolle te laten stijgen. Deze wordt echter snel kleiner. Enerzijds komt dit omdat het beschermingsniveau van Zwolle omhoog gaat, anderzijds door klimaatverandering en/of ontwikkelingen in het hoofdwatersysteem. Uit de beschikbare berekeningsresultaten en inzichten blijkt dat deze ruimte rond 2050 is opgeslokt.

Het toekomstbeeld van een adaptief en robuust watersysteem wordt bereikt langs een pad waarin voortdurend gezocht wordt naar mogelijkheden om gevolgbepierking uit te voeren, maar daarbij via preventiemaatregelen veiligheid wordt geborgd op een acceptabel niveau.

Deze studie benadrukt de verbondenheid van het watersysteem aan en de belangrijkste mechanismen op gemiddelde en maatgevende omstandigheden. Hieruit blijkt dat het noodzakelijk is om iedere maatregel in het systeem aan de (toekomstige) belangen van het hele systeem te toetsen.

De aanbeveling is om bij iedere (water)opgave binnen dit systeem (of de gehele IJssel-Vechtdelta) in het vervolg de vraag te stellen: *“Wat kunnen we doen om het systeem robuuster te maken?”* Deze intentie kan een leidend principe zijn voor de op te stellen integrale gebiedsvisie. Het is daarbij wel nodig om de vraag te instrumentiseren, bijvoorbeeld door altijd een robuustheidstoets uit te voeren (analoog aan de watertoets) of door een “meest robuust” scenario uit te voeren (analoog aan de MER-systematiek) of een andere methodiek waardoor het leidend principe geborgd wordt bij projecten.

4 Gebruikte literatuur

- Deltares. (2016). *Waterstandsverlopen Vecht- en IJsseldelta*. Geraadpleegd van http://publications.deltares.nl/1220082_002b.pdf
- Gemeente Zwolle. (2013). *Watersysteembeschrijving Zwolle Perspectief waterveiligheid* (Bijlage A van het onderzoeksproject "Deltaproof Binnenstad Zwolle"). Geraadpleegd van n.v.t.
- Gemeente Zwolle. (2014). *Overstorten op open water* (controleren kleppen en draaien schuiven bij hoogwater). Geraadpleegd van n.v.t.
- HKV. (2010). *Maatgevende hoogwaterstanden Sallandse Weteringen*. Geraadpleegd van n.v.t.
- HKV, Havinga, F., & Van der Zwet, J. (2014a). *Regionale keringen Overijssel* (Quickscan herziening aanwijzing en normering). Geraadpleegd van n.v.t.
- HKV, Leenders, J., & Versteeg, R. (2014b). *Overstromingsberekeningen Sallandse Weteringen* (Memo resultaten - CONCEPT). Geraadpleegd van n.v.t.
- HKV, Jungermann N., en Horn, G. (2016). *Afvoer(beperkingen) van de Overijsselse Vecht in extreme omstandigheden*. Geraadpleegd van n.v.t.
- HKV, Leenders, J. (2018). *Evaluatie normering regionale keringen*. Geraadpleegd van n.v.t.
- KNMI. (2014). *KNMI'14-klimaatscenario's Kerncijfers*. Geraadpleegd van <http://www.klimaatscenario's.nl/kerncijfers/>
- Hoogwaterbeschermingsprogramma. (2018). *Projectenboek 2018*. Geraadpleegd van www.hoogwaterbeschermingsprogramma.nl/
- Hydrologic, Provincie Overijssel, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Gemeente Zwolle. (2017). *Watercasco Zwolle: effectiviteit van het Watercasco bij overstromingen vanuit het regionale systeem*. Geraadpleegd van n.v.t.
- Nelen&Schuurmans. (2016). *NBW toetsing Drents Overijsselse Delta Zuid: risico wateroverlast gedetailleerd in beeld*. Geraadpleegd van n.v.t.
- POV Vecht. (2017). *Waterveiligheid kent geen grenzen*. Geraadpleegd van n.v.t.
- Provincie Overijssel, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Gemeente Zwolle, Gemeente Zwartewaterland, Rijkswaterstaat, LTO-Noord, Staatsbosbeheer (datum onbekend). *Informatieboekje Zwarte Water en Vecht*. Geraadpleegd van n.v.t.
- Van der Schrier, van den Berg (2001). *Hoe de Aa de Weteringen aantrok*. Geraadpleegd van n.v.t.

- Van Goor, G. R. (2010). *Watersysteemanalyse Sallandse Weteringen en Zwolle* (Verkennd onderzoek naar mogelijke waterstandsverlagende maatregelen). Geraadpleegd van <http://docplayer.nl/7798149-Watersysteemanalyse-sallandse-Weteringen-en-zwolle-verkennd-onderzoek-naar-mogelijke-waterstandsverlagende-maatregelen.html>
- Van Rooijen, A. (2013). *Uitvoeringsprogramma IJssel-Vechtdelta* (Project 10: deltaproof herstructurering: Kraanbolwerk en binnenstad Zwolle). Geraadpleegd van n.v.t.
- Waterschap Drents Overijsselse Delta. (2017). *Waterstanden Stadsdijken Zwolle* (notitie). Geraadpleegd van n.v.t.
- Waterschap Drents Overijsselse Delta, Gemeente Zwolle, Provincie Overijssel (2016). *Achtergronddocument waterrobuust en veilig vanuit de Sallandse Weteringen*. Geraadpleegd van n.v.t.



Amersfoortseweg 9
3951 LA Maarn

Postadres:
Postbus 150
3950 AD Maarn

T: +31 (0)343 - 745 600
info@infram.nl

www.infram.nl