

Noodvoorziening wateroverlast Kockengen

Een variantenstudie naar tijdelijke maatregelen
ter beperking van wateroverlast in Kockengen



HOOGHEEMRAADSCHAP
**DE STICHTSE
RIJNLANDEN**

veilige dijken • droge voeten • schoon water

Noodvoorziening wateroverlast Kockengen

Een variantenstudie naar tijdelijke maatregelen
ter beperking van wateroverlast in Kockengen.

Colofon

Auteur	Peter Smorenburg
Studentnummer	500505337
Opleiding	Civiele Techniek, Watermanagement
Onderwijsinstelling	Hogeschool van Amsterdam
Begeleiders	Herman van Rooijen (HDSR) Annelies Straatman (HvA)
Tweede lezer	Rutger van Hogezaand (HvA)
Datum	18 juni 2014
Plaats	Houten

VOORWOORD

Voor u ligt de afstudeerscriptie: Noodvoorziening wateroverlast Kockengen, een variantenstudie naar tijdelijke maatregelen ter beperking van wateroverlast in Kockengen. Deze afstudeerscriptie vormt de afronding van de Bachelor Civiele Techniek, afstudeerrichting Watermanagement, welke ik gevolgd heb aan de Hogeschool van Amsterdam.

Dit onderzoek is uitgevoerd tussen december 2013 en juni 2014 voor het hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden.

De afstudeerperiode bij HDSR heb ik als zeer prettig ervaren. Deze periode is mijn eerste ervaring met een overheidsorganisatie als werkgever geweest. Hier zijn veel vooroordelen ontkracht. De no-nonsense en praktijkgerichte werkcultuur die binnen HDSR, en met name bij de afdeling WSB heerst, spreekt mij heel erg aan.

De manier waarop de collega's met elkaar omgaan is mij in het bijzonder opgevallen. Discussies kunnen soms hard en fel zijn, maar dit raakt nooit het persoonlijk vlak. Daarnaast kan iedereen zijn of haar opvattingen openlijk kwijt zonder dat daar op enige wijze op neergekeken zal worden.

Deze scriptie is uiteraard niet zonder hulp, begeleiding en kennis van anderen tot stand gekomen.

In het bijzonder wil ik Herman van Rooijen, mijn begeleider namens HDSR, bedanken voor alle tijd en energie om mij te begeleiden tijdens het onderzoek. Er was altijd voldoende tijd voor vragen of problemen en door zijn ruime ervaring bij het waterschap wist hij altijd wel wie de persoon met de juiste kennis was. Ook bedankt voor de talloze brainstormsessies met nieuwe ideeën en andere invalshoeken.

Ik wil Annelies Straatman, mijn begeleider namens de HvA bedanken voor alle feedback en ondersteuning tijdens het onderzoek. Dit heeft mij erg geholpen om het overzicht te behouden of weer terug te vinden. De tips en kritiek heb ik als zeer bruikbaar en relevant ervaren.

Epke van de Werf heeft mij geholpen bij het onder de knie krijgen van Sobek en meerdere malen geholpen bij het naar boven halen van fouten in het model. Met hulp van René Zwolsman heb ik een kostenraming kunnen maken van de varianten. Beide wil ik graag bedanken voor hun kennis en kunde.

Esther Kleinveld wil ik graag bedanken voor de zeer bruikbare tips om de rapportage van een overzichtelijk structuur te voorzien en er een samenhangend geheel te maken.

Als laatste wil ik alle collega's van de afdeling Watersysteembeheer (WSB) bedanken. Enerzijds voor de openheid en interesse in mijn onderzoek. Jullie kennis wierpen soms een nieuw licht op het onderzoek, wat mij erg heeft geholpen. Anderzijds voor de prettige werksfeer en het enthousiasme die jullie hebben in het werk. Dat heeft mij zelf ook erg kunnen motiveren om met plezier en energie aan het onderzoek te blijven werken.

Houten, 17 juni 2014

SAMENVATTING

Achtergrond

De dorpskern van Kockengen heeft drie tot vijf keer per jaar te maken met wateroverlast. Dit komt door de geringe drooglegging (ontstaan door bodemdaling) en de afvoercapaciteit uit het gebied. De gemeente Stichtse Vecht heeft de ambitie om de komende tien jaar de straten van Kockengen op te hogen om zo de problemen met de wateroverlast op te lossen. Tot die tijd blijft de situatie echter ongewijzigd en zal op sommige plekken zelfs verslechteren door de voortzettende bodemdaling.

Doel

Het doel van dit rapport is een pakket van verschillende maatregelen die er voor zorgt dat, bij een gebeurtenis die statistisch één keer in de tien jaar voor komt (27 mm in een uur), binnen 24 uur het streefpeil in het onderzoeksgebied weer bereikt is. Deze voorziening moet tien jaar lang dienst doen.

Methode

Het onderzoek is gestart door een analyse uit te voeren van de omstandigheden en het probleem. Vervolgens is een variantenstudie gedaan met drie varianten. Deze zijn met het modelleringsprogramma Sobek doorgerekend om te kunnen beoordelen of ze voldoen aan de gestelde eisen. De resultaten van de varianten zijn getoetst met een kosten-batenanalyse, waaruit een voorkeurvariant naar voren is gekomen.

Modelresultaten

Variant 1 is erg effectief. Op het hoogtepunt van de bui staat er op veel plekken in het onderzoeksgebied 3 tot 6 cm water op straat. Binnen 24 uur is de wateroverlast verdwenen, op de wijk Welgelegen na.

Variant 2 is minder effectief. Er is gebruik gemaakt van één pomp, waardoor het niet lukt om op tijd het overtollige water weg te krijgen.

Variant 3 is met het oog op de wateroverlast het meest effectief. In twee deelgebieden is na 24 uur nog sprake van wateroverlast.

Conclusies

Variant 1 is gekozen als voorkeurvariant. Bij een piekbui van 27 mm in een uur laten de modelresultaten zien dat er tijdelijk wateroverlast plaats zal vinden, maar na 24 uur is dit, op de wijk Welgelegen na, verholpen. De totale kosten van de voorkeursvariant bedragen € 37.500. Hiervoor dienen de volgende maatregelen uitgevoerd te worden:

- Pomp 1 plaatsen bij stuw 15
- Inregeling stuw 15 aanpassen
- Opstelplaats voor pomp 2 bij duiker 14 aanleggen
- Stuw 4, 5, 10 en 14 afsluitbaar maken
- Stuw 12 permanent dicht zetten

Aanbevelingen

Om de voorkeurvariant effectiever te maken zijn twee aanbevelingen gedaan.

1. Verbinding tussen watergang langs Prinses Beatrixweg en Prins Bernhardweg meenemen in het uitvoeringsprogramma van Stichtse Vecht. Zo kan in de toekomst eventuele wateroverlast in de wijk Welgelegen verholpen worden, zonder veel extra kosten te maken.
2. Om kosten te besparen en tijdvertraging te voorkomen, gebruik te maken van een noodpomp van de brandweer van Kockengen in plaats van een pomp inhuren.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	ii
Samenvatting.....	iii
1 Inleiding	1
2 Beschrijving huidige situatie	4
2.1 Geografische beschrijving	4
2.1.1 Algemene informatie Kockengen	4
2.1.2 Afbakening onderzoeksgebied	5
2.1.3 Bodemopbouw.....	6
2.1.4 Rioleringsstelsel	7
2.1.5 Maaiveldhoogte	8
2.1.6 Bodemdaling.....	10
2.2 Beschrijving watersysteem.....	13
2.2.1 Afvoergebied en gemaal de Tol	13
2.2.2 Peilgebieden	15
2.2.3 Inlaten en stromingsrichting.....	15
2.2.4 Waterkwaliteit	16
2.2.5 Kunstwerken	18
2.3 Historie wateroverlast	19
3 Probleemanalyse	21
3.1 Oorzaken van wateroverlast.....	21
3.1.1 Drooglegging	21
3.1.2 Functioneren huidige watersysteem.....	22
3.1.3 Afvoermogelijkheden en -capaciteit uit onderzoeksgebied	25
3.2 Knelpunten in het watersysteem.....	26
4 Mogelijke bergingsgebieden	29
4.1 Bergen in het natuurgebied	30
4.2 Bergingsgebied AGV	31
4.3 Bergen in toekomstige overgangszone	32
4.4 Bergen binnen het onderzoeksgebied	33
4.5 Conclusie bergingsgebieden.....	33
5 Modelstudie met Sobek	34
5.1 Methode van verwerken resultaten uit Sobek.....	34
5.2 Modelresultaten zonder maatregelen	35
6.1 Structuur variantenstudie.....	38

6.2	Uitgangspunten en randvoorwaarden	39
6.3	Algemene maatregelen (meerdere varianten)	41
6.4	Variant 1: niets doen aan het watersysteem, plaatsen van tijdelijke pompen	43
6.4.1	Ingrepen watersysteem	43
6.4.2	Locatie en inregeling pompen	43
6.4.3	Resultaten modelberekeningen variant 1	44
6.5	Variant 2: watersysteem aanpassen, minder gebruik van pompen.....	48
6.5.1	Ingrepen watersysteem	48
6.5.2	Locatie en inregeling pomp	50
6.5.3	Resultaten modelberekeningen variant 2	50
6.6	Variant 3: voldoen aan beleid van vasthouden, bergen, afvoeren.....	53
6.6.1	Ingrepen watersysteem	53
6.6.2	locatie en inregeling pomp	55
6.6.3	Resultaten modelberekeningen variant 3	55
7	Kosten-batenanalyse	58
7.1	Beschrijving analyse methode	58
7.2	Uitgangspunten kosten-batenanalyse	59
7.3	Resultaten kosten-batenanalyse	61
7.3.1	Motivatatie bij toegekende scores	62
7.4	Conclusie kosten-batenanalyse	63
8	Conclusie en aanbevelingen	64
9	Literatuurlijst/bronnen	67
10	Bijlagen	68

1 INLEIDING

Kockengen is een dorp met 1300 huishoudens en ligt middenin het westelijk veenweidegebied. Het ligt in het noordwesten van de provincie Utrecht en aan de noordelijke grens van het beheergebied van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Het dorp is ontstaan omstreeks het jaar 1150. De oude kern is gebouwd op een crevasse-afzetting (zware klei en zware zavel). Na de tweede wereldoorlog is het dorp met een aantal wijken uitgebreid naar het oosten. Deze huizen zijn gebouwd op een veenbodem. Door deze veenbodem en het gebruik van zware materialen bij aanleg van wegen heeft het dorp te maken met sterke bodemdaling.

Wat is het probleem?

De dorpskern van Kockengen heeft de laatste jaren zo'n drie tot vijf keer per jaar te maken met wateroverlast. Dit heeft te maken met het maaiveld dat voortdurend blijft zakken. Hierdoor is de drooglegging sterk verminderd en kan bij hevige neerslag minder regenwater opgevangen worden in de bodem. Omdat het regenwater niet snel genoeg afgevoerd kan worden, komt er water op straat te staan, wat kan leiden tot wateroverlast. Het verlagen van de waterstand, om zo de drooglegging te vergroten, kan tot gevolg hebben dat houten funderingspalen onder de woningen droog komen te staan. Als dat gebeurt bestaat de kans dat er schade aan deze funderingspalen ontstaat. Doordat het hout in contact kan komen met zuurstof, kunnen de palen gaan rotten.

Wat wordt er aan gedaan?

De gemeente Stichtse Vecht heeft in het masterplan 'Kockengen Waterproof' de ambitie om de komende tien jaar de straten van Kockengen allemaal op te hogen om zo de problemen met de wateroverlast op te lossen. Tot die tijd blijft de situatie echter ongewijzigd en zal op sommige plekken zelfs verslechteren door de voortzettende bodemdaling.

Het waterschap heeft in oktober 2013, toen er 30 cm water op straat stond, door inzet van een aantal flinke noodpompen de straten weer droog gekregen. De schatting is dat deze werkwijze ongeveer €9.000 per jaar kost, wat over een periode van tien jaar een totale kostenpost oplevert van ongeveer € 90.000.

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden vindt het maatschappelijk niet verantwoord om de inwoners van Kockengen ook nog de komende tien jaar op te zadelen met verschillende keren per jaar water op straat. Daarnaast denkt ze ook dat de wateroverlast efficiënter verholpen kan worden dan door het inzetten van grof geschut om het water weg te pompen.

Daarom heeft het Hoogheemraadschap laten onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om met beperkte middelen een aantal tijdelijke maatregelen te treffen die de ergste wateroverlast tot aan afronding van de plannen in Kockengen Waterproof kunnen voorkomen. De resultaten van dat onderzoek zijn opgesteld in dit rapport.

Wat wordt in dit onderzoek verstaan onder het begrip wateroverlast?

De definitie bepalen van het begrip wateroverlast is lastig. Dit is namelijk niet voor iedereen en elke situatie hetzelfde. De een ervaart water op straat als wateroverlast, de ander als rioolputten overstromen en weer een ander als niet meer duidelijk zichtbaar is waar de straten en sloten zich bevinden. Het is in Kockengen niet volledig te voorkomen dat er water op straat komt, maar het is zeer onwenselijk dat er situaties ontstaan waardoor de openbare veiligheid in gedrang komt (bijvoorbeeld verschil tussen straat, stoep en watergang niet meer zichtbaar). Om een dergelijke situatie te voorkomen moet de voorziening eerder ingezet worden. Daarom is bepaald dat er in dit onderzoek sprake is van wateroverlast als gemiddeld 3 cm of meer water op straat.

Doelstelling

In dit rapport wordt antwoord gegeven op de volgende vraagstelling:

“Op welke wijze kan er op korte termijn en met minimale (financiële) ingrepen, een voorziening worden ingericht die wateroverlast in Kockengen de komende tien jaar helpt te beperken en tegelijkertijd het vereiste constante waterpeil niet bedreigt?”

Het doel van dit rapport is een pakket van verschillende maatregelen die er voor zorgt dat, bij een gebeurtenis die statistisch één keer in de tien jaar voor komt (27 mm in een uur), binnen 24 uur het streefpeil in het onderzoeksgebied weer bereikt is.

Om dit doel te bereiken en antwoord te geven op de vraagstelling zijn een aantal deelvragen opgesteld. In de leeswijzer zijn deze deelvragen benoemd en is beschreven in welk hoofdstuk antwoord is gegeven op de betreffende deelvraag.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2: Beschrijving huidige situatie en hoofdstuk 3: Probleemanalyse geven een analyse van de huidige situatie en welke problemen er spelen. In deze hoofdstukken zijn de volgende deelvragen beantwoord:

- Hoe zit het huidige watersysteem van Kockengen in elkaar?
- Welke knelpunten bevinden zich in het huidige watersysteem?
- Wat was tot op heden de procedure met betrekking tot het bemalen bij grote neerslag en voorkomen van wateroverlast?
- Voor welk gebied moet de voorziening voor een oplossing zorgen?

In hoofdstuk 4: Mogelijke bergingsgebieden is gekeken of en waar het mogelijk is om een bergingsgebied aan te leggen en deze te gebruiken voor de tijdelijke voorziening.

De effecten van de bedachte maatregelen zijn doorgerekend in het modelleringsprogramma Sobek. Hoofdstuk 5: Modelstudie met Sobek, beschrijft de methode die gebruikt is om de modelresultaten van Sobek te verwerken. Ook zijn de modelresultaten beschreven van de huidige situatie, zodat deze vergeleken kunnen worden met de modelresultaten van de varianten.

In hoofdstuk 6: Variantenstudie zijn de drie bedachte varianten uitgewerkt. In dit hoofdstuk is beschreven welke maatregelen er in de varianten genomen worden en welke resultaten dit oplevert vanuit Sobek. Daarmee wordt antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

- Hoe lang is acceptabel dat wateroverlast optreedt?
- Aan welke eisen moet de voorziening voldoen?
- Welke varianten voor een voorziening zijn er te bedenken?
- Wat zijn mogelijke technische oplossingen voor het probleem?
- Welke aanpassingen zijn er in het huidige watersysteem van Kockengen nodig ter optimalisatie van de voorziening?

Vervolgens is een kosten-batenanalyse van de varianten uitgevoerd. Deze staat beschreven in hoofdstuk 7: Kosten-batenanalyse en geeft daarmee antwoord op de deelvraag:

- Welke variant is het beste naar aanleiding van een kosten-batenanalyse?

In hoofdstuk 8: Conclusie en aanbevelingen is een keuze gemaakt welke variant de voorkeur heeft om uit te voeren en welke aanbevelingen hierbij nog gedaan zijn om de variant te verbeteren.

2 BESCHRIJVING HUIDIGE SITUATIE

In dit hoofdstuk staat de analyse van het onderzoeksgebied. Onder andere hoe het gebied eruit ziet en welke kenmerken het gebied heeft. In de eerste paragraaf komen de geografische kenmerken van het onderzoeksgebied aan de orde en in paragraaf 2.2 de beschrijving van het watersysteem. In paragraaf 2.3 komt de historie van wateroverlast in Kockengen aan bod.

2.1 GEOGRAFISCHE BESCHRIJVING

2.1.1 ALGEMENE INFORMATIE KOCKENGEN

Kockengen is een dorp met ongeveer 1300 huishoudens en 3300 inwoners (Centraal bureau voor de Statistiek, 2013). Het ligt in het noordwesten van de provincie Utrecht en aan de noordelijke grens van het beheergebied van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Tot Kockengen behoren de dorpskern en de omliggende buurtschappen Spengen, Portengen, Portengense Brug, Gieltjesdorp en Laag Nieuwkoop. In de dorpskern zelf staan ongeveer 1100 woningen en wonen ongeveer 2500 mensen.

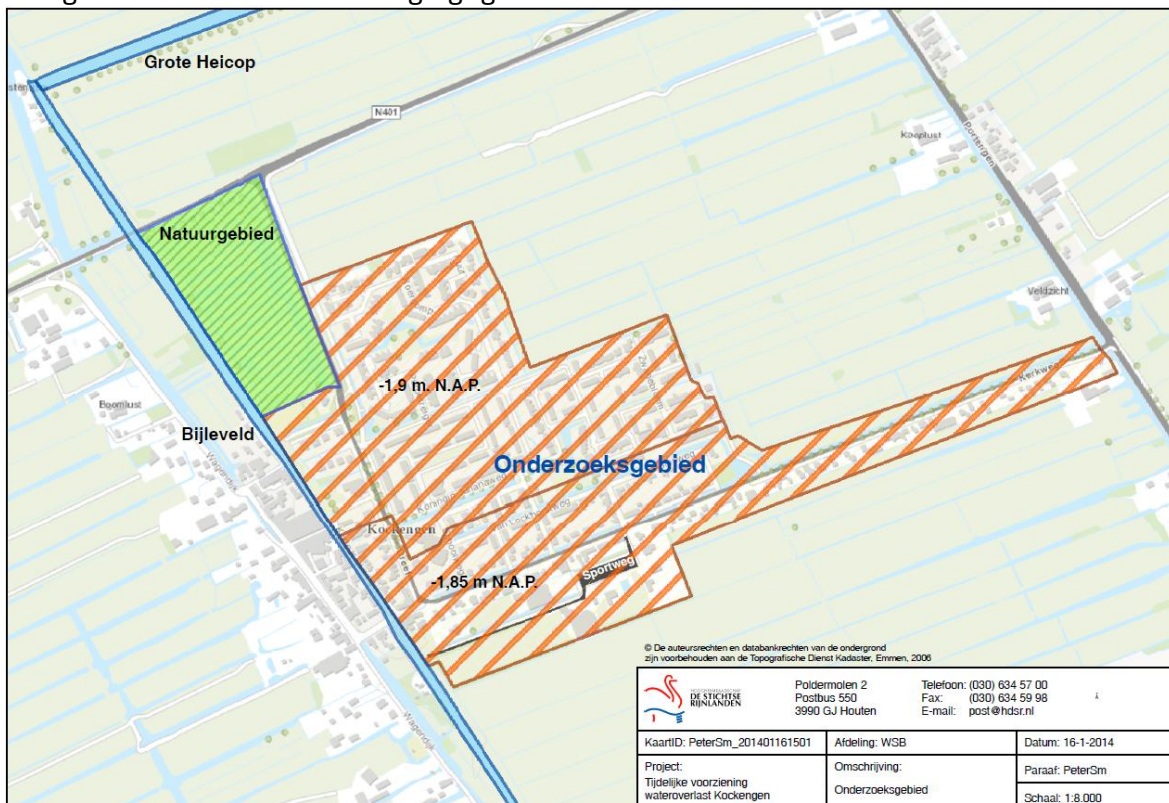


FIGUUR 1: OVERZICHTSKAART KOCKENGEN MET DEELGEBIEDEN (TAUW, 2011)

Kockengen is ontstaan omstreeks het jaar 1150 toen ontginners zich in het veengebied vestigden (Plaatsengids.nl, 2013). Het oudste gedeelte van Kockengen, de Oude Kern is gebouwd op een crevasse-afzetting, ontstaan door een overstroming van de Oude Rijn. Een crevasse is een afzetting van sediment uit een rivier die is doorgebroken, maar niet heeft doorgezet (Kockengen Waterproof, 2013). Doordat deze afzetting (van kleiig zand) draagkrachtiger en hoger lag dan de veenbodem in de omgeving is men hier begonnen met bouwen. Tot aan de 2^e wereldoorlog bestond Kockengen alleen nog maar uit 'de oude Kern' en bebouwing langs de Kerkweg. Na de oorlog is het dorp in fases langzaam vanaf de Bijleveld naar het oosten uitgebreid tot de huidige omvang. Als eerste zijn in de jaren '50 en '60 de huizen tussen de Kerkweg en de van Lockhorstweg gebouwd. De wijk Groenlust I is gebouwd in het begin van de jaren '70 en de wijk Welgelegen in het begin van de jaren '80. De laatste 'grootschalige' uitbreiding van het dorp heeft plaatsgevonden midden in de jaren '90. Dit is de wijk Groenlust II geweest en de vrijstaande woningen aan de rand van de wijk Welgelegen.

2.1.2 AFBAKENING ONDERZOEKSGBIED

Het onderzoeksgebied beperkt zich tot het stedelijk gebied van de dorpskern van Kockengen waar sprake is van wateroverlast (Figuur 2: Onderzoeksgebied). Hieronder vallen de nieuwbouwwijken Welgelegen, Groenlust I en II, Kerkweg/van Lockhorstweg en het Sportpark. De oude kern van Kockengen ligt hoger, waardoor het zelden te maken heeft met wateroverlast. Dit gedeelte van Kockengen hoort dan ook niet bij het onderzoeksgebied. Aan de westzijde vormt de boezem Bijleveld dan ook de grens van het onderzoeksgebied. Aan oost- en zuidzijde is dit het landelijk gebied en de weg Portengen. De bebouwing aan deze weg behoort dus niet tot het onderzoeksgebied. Het natuurgebied aan de noordzijde van Kockengen hoort niet bij het onderzoeksgebied ten aanzien van de problematiek, maar kan wellicht wel in een van de varianten meegenomen worden als bergingsgebied.



FIGUUR 2: ONDERZOEKSGBIED

2.1.1.3 BODEMOPBOUW

Voor het onderzoek is het interessant om te weten hoe de bodemopbouw van het onderzoeksgebied eruit ziet. Dit kan namelijk invloed hebben op het watersysteem en de bodemdaling. Met name de doorlaatbaarheid en afvoercapaciteit zijn hierbij belangrijke factoren.

Kockengen ligt midden in het westelijk veenweidegebied. Dit veengebied is ontstaan in het Holoceen, vanaf ongeveer 10.000 jaar v. Chr. Door de zeespiegelstijging vonden er in grote gebieden van West-Nederland veenafzettingen plaats op oudere zandige rivierafzettingen uit het Pleistoceen. Ter plaatse van Kockengen is het veenpakket ongeveer 6 tot 9 meter dik (Tauw, 2011). Op onderstaande afbeelding is de bodemopbouw van Kockengen en omgeving goed te zien. Ook de crevasse is goed te onderscheiden. Dit is de smalle groene strook die van rechtsonder naar linksboven in de afbeelding loopt (zware klei en zware zavel).

De nieuwbouwwijken van Kockengen zijn bouwrijp gemaakt door middel van de cunettenmethode. Bij deze methode wordt er ter plaatse van de beoogde verharding opgehoogd met zand en de rest met grond. Deze laag is ongeveer een meter dik.



FIGUUR 3: BODEMKAART HDSR

2.1.4 RIOLERINGSSYSTEEM

Het hele onderzoeksgebied is aangesloten op riolering. In het gebied wordt wel gebruik gemaakt van verschillende typen rioleringssystemen. Dit heeft te maken met de periode waarin de verschillende wijken van Kockengen zijn gebouwd.

Gemengd rioolstelsel: Eén leidingsysteem. Het hemelwater en afvalwater wordt via dezelfde leiding afgevoerd naar de rioolzuivering.

Gescheiden rioolstelsel: Twee aparte leidingsystemen. Het hemelwater wordt afgevoerd op de sloten en het afvalwater wordt in een aparte leiding afgevoerd naar de rioolzuivering.

Verbeterd gescheiden rioolstelsel: Twee aparte, maar gecombineerde leidingsystemen. De eerste hoeveelheid hemelwater wordt afgevoerd naar de rioolzuivering. De rest wordt afgevoerd op de sloten. Het afvalwater wordt afgevoerd naar de rioolzuivering.

De bebouwing langs de van Zuylenweg, de van Lockhorstweg, de Dreef, het westelijke gedeelte van de Kerkweg en de Sportweg zijn aangesloten op gemengde riolering. De wijk Welgelegen, het noordelijke gedeelte van de wijk Groenlust II en het oostelijke gedeelte van de Kerkweg zijn aangesloten op gescheiden riolering. Het zuidelijke gedeelte van de wijk Groenlust II is als enige gedeelte aangesloten op verbeterd gescheiden riolering. In Figuur 4: Rioolstelsel Kockengen zijn de verschillende typen rioleringsstelsel geïllustreerd. De blauwe lijn in deze afbeelding geeft de scheidingslijn hiertussen aan.

Het afvalwater uit het hele onderzoeksgebied wordt afgevoerd naar een rioolgemaal midden in de dorpskern van Kockengen. Vanaf dit rioolgemaal wordt het afvalwater met een persleiding getransporteerd naar de RWZI in Breukelen.



FIGUUR 4: RIOOLSTELSEL KOCKENGEN (GRONTMIJ, 2014)

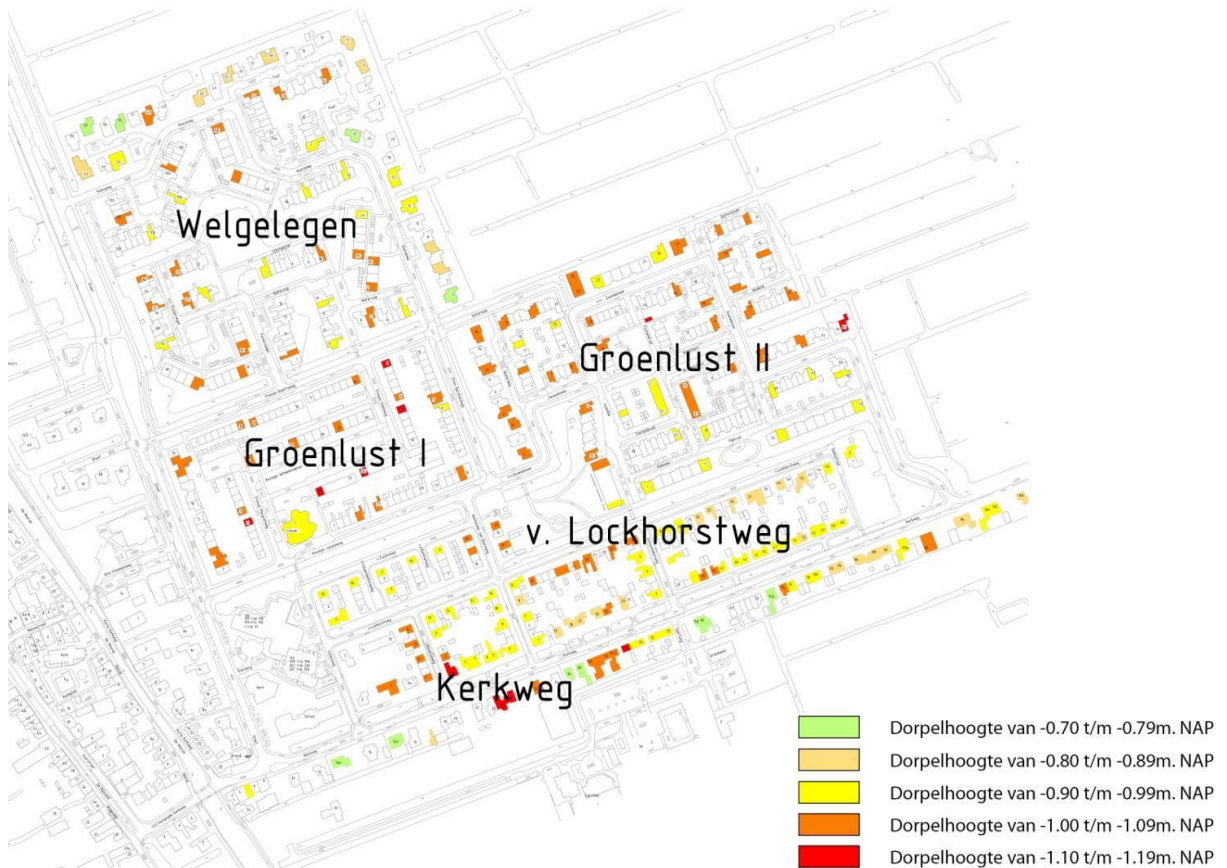
2.1.5 MAAIVELDHOOGTE

Met behulp van de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN) uit 2008 is de maaiveldhoogte in het onderzoeksgebied in kaart gebracht. Figuur 5: maaiveldhoogte Kockengen laat een vlekkenkaart zien van de maaiveldhoogte. De blauwe vlekken geven de hoogste maaiveldhoogtes weer in het onderzoeksgebied. Hier is voldoende drooglegging en is er geen sprake van wateroverlast. Deze situatie komt voornamelijk voor direct naast de huizen en de maaiveldhoogte neemt snel af naarmate de afstand tot de woningen groter wordt. De rode, oranje en gedeeltelijk ook de gele vlekken geven aan waar de maaiveldhoogte kritischer is (max. 30 cm drooglegging). Het is duidelijk te zien dat de straten deze kleuren hebben.

Doordat dat de straten een stuk lager liggen dan de woningen ontstaat er bij hevige neerslag met name wateroverlast door water op straat. Er is echter geen sprake van waterschade doordat water in woningen terecht komt. Figuur 6: dorpelhoogtes Kockengen versterkt deze veronderstelling. Hierop zijn de resultaten van een onderzoek naar de dorpelhoogtes van een flink deel van de vloeren in het onderzoeksgebied ingetekend. De laagste dorpelhoogtes uit deze metingen liggen op -1.19 m. NAP Dat is 65 cm hoger dan het streefpeil.



FIGUUR 5: MAAIVELDHOOGTE KOCKENGEN (GRONTMIJ, 2014)



FIGUUR 6: DORPELHOOGTES KOCKENGEN (GRONTMIJ, 2014)

Om een specifiek beeld te krijgen van de maaiveldhoogte in het onderzoeksgebied, is het gebied opgedeeld in verschillende wijken en is per wijk een gemiddelde maaiveldhoogte bepaald. Hierbij is gekeken naar de hoogte van de straten, omdat daar de wateroverlast plaatsvindt. De resultaten hiervan staat in Tabel 1.

Wijk	Maaiveldhoogte in 2008
1) Welgelegen	-1,60 m. NAP
2) Groenlust 1	-1,75 m. NAP
3) Groenlust 2	-1,55 m. NAP
4) Van Zuylenweg	-1,80 m. NAP
5) Van Lockhorstweg	-1,75 m. NAP
6) Kerkweg	-1,75 m. NAP
7) Sportpark	-1,75 m. NAP
8) Dreef noord	-1,50 m. NAP
9) Dreef zuid	-1,00 m. NAP

TABEL 1: MAAIVELDHOOGTES PER WIJK

2.1.6 BODEMDALING

De oorsprong van de wateroverlastproblematiek in Kockengen zit in de bodemdaling. Door het proces van bodemdaling in combinatie met het vaste waterpeil wat aangehouden moet worden, wordt de drooglegging steeds minder. Door een kleinere drooglegging kan er minder (regen)water opgevangen worden in het watersysteem. De bodemdaling in het stedelijk gebied heeft andere oorzaken dan in het landelijk gebied.

Bodemdaling in landelijk gebied (inklinking)

Het veenweidegebied, waar het onderzoeksgebied in ligt, heeft te maken met een continu proces van bodemdaling door inklinking. Bij inklinking daalt de bodem door twee oorzaken: oxidatie en zetting.

Oxidatie treedt op in de bovenste laag van een veenbodem, die zich boven het grondwater bevindt. Het organisch materiaal, waar veen uit bestaat, verteert doordat het in contact staat met zuurstof.

Bij zetting zakt het veen in elkaar. Dit komt doordat een veenbodem veel water bevat. Als dit water uit het veen verdwijnt (bij droogte of een waterstandverlaging) zakt het veenpakket in elkaar en daalt de bodem. In het landelijk gebied om het onderzoeksgebied heen daalt de bodem ongeveer 0,8 cm per jaar (Tauw, 2011).

Bodemdaling in stedelijk gebied (zetting)

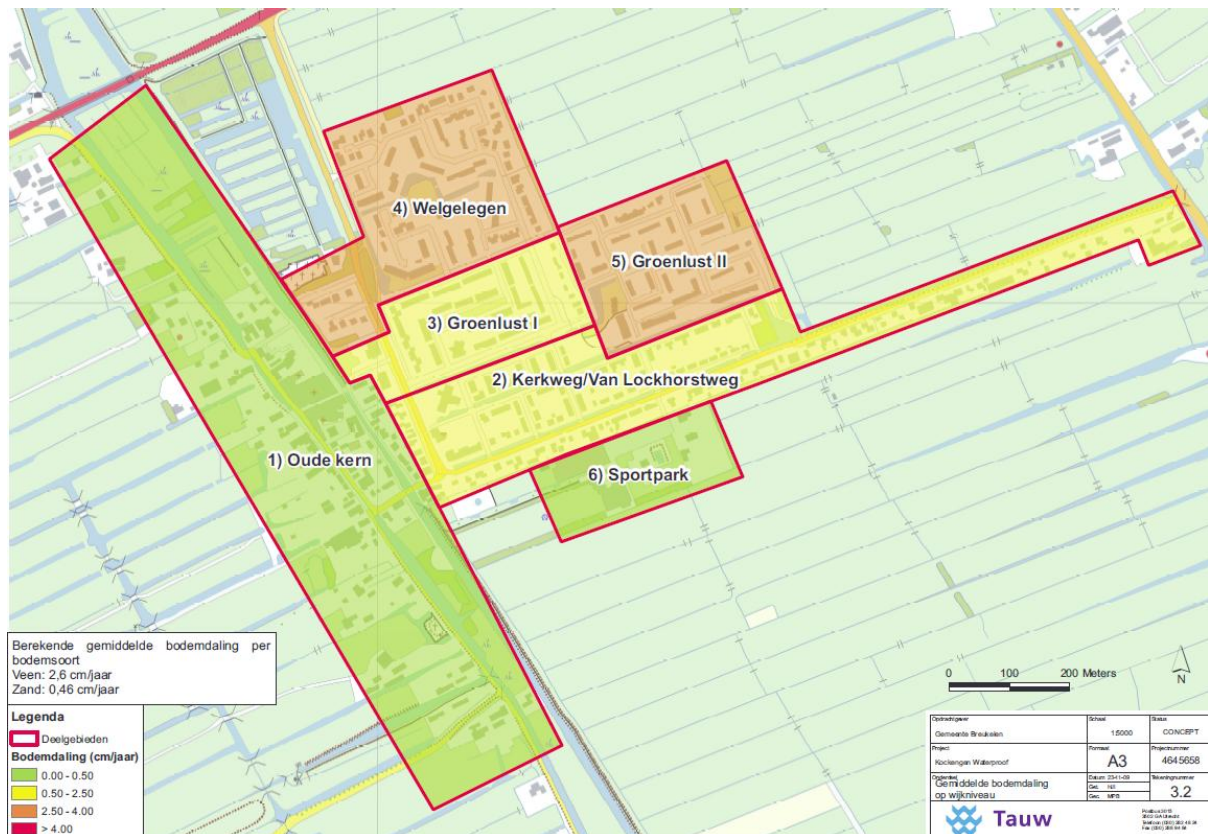
In het onderzoeksgebied (stedelijk gebied) is de oorzaak van de bodemdaling zetting. Een veenbodem heeft een lage draagkracht. Bij de aanleg van woonwijken wordt de veenbodem belast met zware materialen (zand, stenen, asfalt). De veenbodem heeft te weinig draagkracht om dit op te kunnen vangen, waardoor het veen in elkaar wordt geperst en de bodem daalt. Vooral in de eerste jaren na de aanleg van nieuwe woonwijken kan de bodemdaling erg sterk zijn. Na verloop van tijd wordt de zetting steeds minder. Wel is het in stedelijke gebieden in veenweidegebieden vaak noodzakelijk eens in de zoveel jaar de wegen en tuinen op te hogen. In Kockengen is dit in het verleden gedaan met zware materialen (asfalt en zand). Hierdoor werd het zettingproces weer versterkt.

Bodemdaling van veel factoren afhankelijk

De exacte mate van bodemdaling in het onderzoeksgebied bepalen is erg lastig. Er spelen namelijk veel verschillende factoren een rol. De mate van belasting kan bijvoorbeeld op verschillende plekken erg van elkaar verschillen, net als de draagkracht van de bodem. Ook is bekend dat bodemdaling door zetting afneemt in de tijd, maar ook hiervan is zonder gedegen onderzoek niet te bepalen welk verloop dit exact heeft. Voor dit onderzoek is het wel interessant om te weten welke bodemdaling er in de toekomst verwacht kan worden. Dit kan inzicht geven welke plekken in het onderzoeksgebied in de toekomst gevoelig worden voor wateroverlast.

Onderzoek naar bodemdaling door Tauw

Tauw heeft voor de gemeente Stichtse Vecht onderzoek gedaan in Kockengen naar de bodemdaling van de afgelopen 20-30 jaar. De resultaten hiervan staan in het rapport *'Kockengen Waterproof, inventarisatie bodemdaling en invulling zorgplicht Grondwater'*. (Tauw, 2011) Door de hoogte van de rioolbuizen op het moment van meten (2009) te vergelijken met de hoogtes op de revisietekeningen is een gemiddelde bodemdaling per jaar naar voren gekomen, verdeeld over verschillende delen van Kockengen (Figuur 7: bodemdaling in Kockengen).



FIGUUR 7: BODEMDALING IN KOCKENG (TAUW, 2011)

Met de resultaten van dit onderzoek is het niet mogelijk om een verwachte bodemdaling te bepalen. Het onderzoek geeft namelijk een lineair gemiddelde bodemdaling van het verleden weer. Zoals eerder beschreven is er in het onderzoeksgebied sprake van bodemdaling door zetting en neemt deze, afhankelijk van de draagkracht van de bodem en de belasting, steeds verder af. Het is dus te kort door de bocht om te stellen dat een gemiddelde bodemdaling uit het verleden in de toekomst volgens dezelfde lijn door zal zetten. Daarnaast zijn er in het onderzoek per deelgebied niet veel metingen verricht en lopen de resultaten hiervan ver uiteen.

Eigen onderzoek

Omdat de resultaten uit het onderzoek van Tauw niet bruikbaar zijn, is geprobeerd om met andere beschikbare gegevens een beeld te schetsen van de bodemdaling in het onderzoeksgebied. Dit is gedaan door gegevens te vergelijken van rioleringstekeningen van de gemeente Stichtse Vecht uit 2003, de AHN 2008 en een controlemeting van een aantal rioolputten, uitgevoerd door de gemeente Stichtse Vecht, uit 2013. Door de hoogte van dezelfde locaties uit deze drie bronnen naast elkaar te leggen is geprobeerd een lijn in de bodemdaling te herkennen. De gegevens zijn verwerkt in Tabel 2.

Locatie meting	Maaiveldhoogte [m. NAP]		
	Rioleringstekening 2003	AHN 2008	Controlemeting 2013
Kerkweg	-1.60	-1.60	-1.41
Kerkweg	-1.52	-1.60	-1.52
Van Lockhorstweg	-1.41	-1.75	-1.45
Van Zuylenweg	-1.32	-1.45	-1.46
Van Zuylenweg	-1.56	-1.72	-1.74
Van Zuylenweg	-1.59	-1.80	-1.84
Van Zuylenweg	-1.61	-1.76	-1.76
Van Zuylenweg	-1.60	-1.81	-1.85
Van Zuylenweg	-1.68	-1.78	-1.76
Koningin Julianaweg	-1.33	-1.60	-1.60
Prins Bernhardweg	-1.28	-1.60	-1.58
Prins Bernhardweg	-1.22	-1.49	-1.52
Roerdomp	-1.20	-1.56	-1.51
Zwanebloem	onbekend	-1.57	-1.60

TABEL 2: VERGELIJKING MAAIVELDHOOGTES IN 2003, 2008 EN 2013

De lijn in de bodemdaling is echter niet te herkennen. Er zitten sterke verschillen in de hoogtes op dezelfde locaties en op enkele locaties lijkt het zelfs alsof het maaiveld omhoog is gegaan, wat in werkelijkheid natuurlijk niet kan, tenzij de putten zijn opgehaald. In dat geval zou dit bij alle putten het geval moeten zijn. Ook is er geen eenduidige lijn in de bodemdaling te herkennen tussen de verschillende locaties.

Feit is wel dat er bodemdaling plaatsvindt en dat deze in de toekomst ook plaats zal blijven vinden. Om hier in het onderzoek enigszins rekening mee te kunnen houden wordt er in het hele onderzoeksgebied een drooglegging aangehouden van 10 cm. Dit komt neer op een gemiddelde maaiveldddaling van 20 cm in 15 jaar (2008-2023). Op sommige locaties is de drooglegging nu al 10-15 cm. Op deze locaties wordt een drooglegging van 5 cm aangehouden.

2.2 BESCHRIJVING WATERSYSTEEM

In deze paragraaf is de huidige situatie van het watersysteem beschreven. Er is eerst gekeken naar het totale afvoergebied waar het onderzoeksgebied in ligt en vervolgens steeds verder ingezoomd op het systeem, tot aan de kunstwerken in het onderzoeksgebied.

Het watersysteem van Kockengen (en omgeving) is in essentie een standaard voorbeeld van een polder. In de polder stroomt het water via poldersloten in verschillende peilgebieden naar het laagst gelegen gedeelte van de polder alwaar het via een gemaal (De Tol) in een hoger gelegen boezem (de Grote Heicop) wordt gepompt. Aan het 'begin' van de polder zijn bij de boezem (de Bijleveld) inlaten geplaatst vanwaar water in de polders ingelaten kan worden om zo het water op peil te houden in droge perioden of om via doorspoeling de waterkwaliteit te kunnen waarborgen.

2.2.1 AFVOERGEBIED EN GEMAAL DE TOL

Het onderzoeksgebied is onderdeel van een groter afvoergebied. Een afvoergebied is het totaal van verschillende peilgebieden die via hetzelfde gemaal lozen op een boezem. Een kaart van het afvoergebied met de peilgebieden is te vinden in bijlage 1A*. Het afvoergebied waar het onderzoeksgebied zich in bevindt, bestaat naast de peilgebieden in het onderzoeksgebied uit 11 andere peilgebieden en beslaat in totaal een oppervlakte van 1250 ha. Het peilgebied aangrenzend aan het onderzoeksgebied (zp: -1,9 m. NAP, wp: -2,0 m. NAP) is het laagste peilgebied van het afvoergebied. Logischerwijs staat het gemaal De Tol ook in dit peilgebied. Dit heeft tot gevolg dat alle andere peilgebieden direct of indirect lozen in het aangrenzende peilgebied van het onderzoeksgebied.

** De genoemde peilgebieden en peilhoogtes in bijlage 1A wijken in sommige gevallen af van het peilbesluit, dat is vastgesteld in 2008. Dit komt omdat een aantal noodzakelijke aanpassingen (vastgesteld in het watergebiedsplan Kamerik/Kockengen (2008) aan het watersysteem nodig zijn om de peilen volgens het peilbesluit in te regelen. Deze zijn nog niet uitgevoerd en het duurt naar verwachting nog tot 2018 voordat alles gereed is.*

Gemaal de Tol

Gemaal de Tol (Figuur 8: Gemaal De Tol) zorgt ervoor dat het overtollig water uit het afvoergebied weggepompt kan worden. Dit gebeurt door middel van twee axiaalpompen. De hoofdpomp (pomp 1) heeft een pompdebiet van $70 \text{ m}^3/\text{min}$ en de 'reserve'pomp (pomp 2) heeft een pompdebiet van $55 \text{ m}^3/\text{min}$. In normale situaties heeft de hoofdpomp voldoende capaciteit om het overtollig water te kunnen verwerken. In nattere perioden of hevige piekbuien wordt de tweede pomp ingezet om de hoofdpomp te ondersteunen. De pompen zijn automatisch ingeregeld (ook het moment waarop pomp 2 ingezet moet worden) en worden gestuurd op het benedenpeil (waar het water weggepompt wordt). In de zomerperiode wordt een streefpeil van $-1,90 \text{ m. NAP}$ aangehouden en in de winterperiode $-2,0 \text{ m. NAP}$. Met zomer- en winterpeil is een inslagdrempel van 2 cm en een uitslagdrempel van 5 cm ingesteld. Dit houdt in dat de pomp(en) in de zomer aanslaan als het peil boven $-1,88 \text{ m. NAP}$ komt en uitslaan als het peil $-1,95 \text{ m. NAP}$ bereikt.



FIGUUR 8: GEMAAL DE TOL

Voormalen

In situaties waarin er in het gebied al veel neerslag is gevallen, de bodem dus al redelijk verzadigd is en er nog meer regen wordt voorspeld, kan er voor gekozen worden om voor te malen. Dit houdt in dat in een dergelijke situatie de inregeling van de pompen tijdelijk wordt aangepast en er tot een lager waterpeil gepompt wordt dan normaal.

In de praktijk wordt dit zo min mogelijk gedaan in verband met bodemdaling door oxidatie (zie paragraaf 2.1.6 Bodemdaling). Oxidatie is de belangrijkste reden dat er in veenweidegebieden een minimale drooglegging ten opzichte van het functiegebruik, gewenst is. Op het moment dat er voorgemalen gaat worden, wordt het waterpeil, en dus ook de grondwaterstand, naar beneden getrokken en komt er meer veen in contact met lucht. Als vervolgens de verwachte regenbuien niet vallen zal de periode

dat het veen blootgesteld wordt aan de lucht langer duren en kan er versnelde bodemdaling optreden. Dat is niet wenselijk. Daarnaast zouden ook problemen met de houten funderingen onder de gebouwen langs Portengen kunnen ontstaan, omdat deze kunnen gaan rotten als ze in contact komen te staan met lucht. Het is alleen niet bekend hoe snel en in welke mate deze problemen op zullen treden, vandaar dat er voornamelijk uit voorzorg voor wordt gekozen om niet te veel risico te nemen en wordt voormalen zo veel mogelijk beperkt.

2.2.2 PEILGEBIEDEN

Het onderzoeksgebied is (ondanks zijn relatief kleine oppervlak) grofweg opgedeeld in drie peilgebieden met een vast waterpeil van -1.85 m. NAP en -1,90 m NAP. Dit (kleine) verschil in peilhoogte heeft te maken met de maaiveldhoogte en de houten funderingen onder de gebouwen. Eigenlijk zouden het twee peilgebieden moeten zijn, maar doordat er een stuk watergang bij de ingang van duiker 10 (zie bijlage 1D) gedempt is, is er geen verbinding meer tussen een aantal watergangen. Het waterpeil in deze twee gebieden is wel nagenoeg gelijk (-1,90 m. NAP). Ook zijn er enkele kleine (tussen)peilgebiedjes in het onderzoeksgebied te vinden met afwijkende peilen. Deze 'afwijkende' peilgebieden hebben als functie het beschermen van de funderingen van een aantal oude woningen in de buurt van de betreffende watergangen. Aan de noordzijde van het onderzoeksgebied bevindt zich ook nog een klein natuurgebied. Hier wordt de waterstand het hele jaar rond vastgehouden op -1,60 m NAP. In bijlage 1B is een kaart met de verschillende peilgebieden in en om de bebouwde kom van Kockengen te vinden.

2.2.3 INLATEN EN STROMINGSRICHTING

De stroomrichting van het watersysteem van Kockengen gaat in de basis van west naar oost. In de onderstaande afbeelding is te zien in welke richting het water van de inlaten naar de stuwen stroomt. De Bijleveld vormt aan de westkant van het gebied de boezem van waaruit water kan worden ingelaten. Dit gaat door middel van vier inlaten, verspreid langs de Bijleveld. In Figuur 9: inlaten en stromingsrichting is een tekening weergegeven met de locatie van de inlaten. De inlaten met de naam *Inlaat Kockengen*, *Inlaat Sportweg* en *Inlaat Bijleveld* zijn geautomatiseerd en van afstand regelbaar. Dit betekent dat de inlaat aan de hand van de waterstanden (benedenpeil) zelf de stand van de schuif inregelt. Van afstand kan gemonitord worden wat de waterstanden (beneden- en bovenpeil) zijn en hoever de schuif open staat. Ook kan eventueel van afstand de schuifstand aangepast worden. *Inlaat Bijleveld* kan nog niet gebruik maken van actuele peilgegevens, waardoor deze inlaat zichzelf dus ook niet automatisch kan regelen. Deze schuif staat nu op een vaste stand. Dit kan handmatig bij de inlaat aangepast worden. De vierde inlaat (zonder naam), ter hoogte van de Kerkweg, is handmatig te verstellen. Deze inlaat heeft door ingebruikname van de *Inlaat Sportweg* geen belangrijke functie meer voor de beheersing van het watersysteem in Kockengen. De functie van deze inlaat beperkt zich tot het doorspoelen van de aangrenzende watergang, zodat de waterkwaliteit gewaarborgd blijft. Overigens is de stroomrichting van deze watergang op onderstaande afbeelding verkeerd weergegeven. Deze gaat in werkelijkheid de andere kant op.



FIGUUR 9: INLATEN EN STROMINGSRICHTING

2.2.4 WATERKWALITEIT

Waterkwaliteit is een belangrijk onderdeel van het waterbeheer. Als de waterkwaliteit niet in orde is kan dat problemen en overlast geven. Denk hierbij aan stank, dode vissen, maar ook aan een slechte doorstroming bij overbegroeiing. Daarom is in deze paragraaf de waterkwaliteit in het onderzoeksgebied beschreven. Het uitvoeren van een maatregel ten behoeve van de waterkwaliteit kan namelijk nadelige gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. Kennis van de huidige waterkwaliteit kan helpen deze gevolgen te voorkomen.

Samen met een waterkwaliteitsbeheerder van HDSR, is gekeken naar de huidige stand van zaken omtrent de waterkwaliteit en welke omstandigheden hier invloed op hebben. In deze paragraaf wordt de huidige waterkwaliteit beschreven. In hoofdstuk 5 is, als dit van belang is, de invloed van een maatregel op de waterkwaliteit beschreven.

Goede waterkwaliteit Bijleveld

De waterkwaliteit in Kockengen is over het algemeen erg goed. In de relatief brede watergangen is een grote verscheidenheid aan waterplanten te vinden en het water is het hele jaar door erg helder. Er zijn weinig tot geen problemen met de waterkwaliteit. Overwoekeringen (van bijvoorbeeld kroos of algen), stankoverlast of dode vissen komen zelden voor. Dit heeft te maken met de boezem de Bijleveld, vanwaar het water het onderzoeksgebied ingelaten wordt. Doordat de Bijleveld een zijtak is van de Grote Heicop, stroomt hier relatief weinig water doorheen en fungeert deze als een soort bezinkbak waar de planten veel voedingsstoffen uit het water opnemen. Hierdoor is het water wat het onderzoeksgebied instroomt redelijk voedselarm.

Waterkwaliteit in het onderzoeksgebied

Voor de waterkwaliteit en de ecologie in het water is het goed als er een grote verscheidenheid aan waterplanten in het water te vinden is en één plantensoort niet de kans krijgt om te gaan woekeren (bijvoorbeeld kroos of algen). Deze plant gaat dan overheersen in de watergang, waardoor andere plantensoorten te weinig ruimte en voedsel overhouden en daardoor zullen verstikken. Ook vermindert de lichtinval in de watergang sterk als een plant gaat overwoekeren. Het gevolg van overwoekering is dat het zuurstofgehalte in het water sterk achteruit gaat. Hierdoor verstikken (de andere) planten en gaan deze verteren. Als er dan te weinig stroming in de watergang is, kan er stank uit het water komen, wat niet gewenst is. Ook voor de vissen en andere waterdieren is overwoekering niet goed. Er is dan te weinig bewegingsvrijheid en door een gebrek aan zuurstof kunnen ze niet overleven. Ze sterven of vertrekken naar een betere leefomgeving.

Twee belangrijke factoren waardoor planten gaan woekeren is grote voedselrijkheid in combinatie met weinig stroming. Door de grote voedselrijkheid heeft de plant voldoende energiebronnen om hard te groeien en door het gebrek aan stroming/wind worden de plant niet uit elkaar gedreven.

Zoals beschreven is het water dat het onderzoeksgebied instroomt redelijk voedselarm en zijn de watergangen in het onderzoeksgebied redelijk breed. Hierdoor heeft de wind de mogelijkheid om voor voldoende woeling en stroming in de watergangen te zorgen en krijgen planten die sterk gedijen in voedselrijk water niet de kans om te gaan woekeren.

Het risico op een verslechterde waterkwaliteit in de watergangen tussen de Dreef en de Bijleveld is groter, doordat deze maar met één duiker in verbinding staat met de rest van het onderzoeksgebied. Daardoor gaat verversing van het water langzaam en kan er zuurstoftekort optreden. Toch lijkt dit probleem mee te vallen. Het water is ook hier erg helder en er groeien veel verschillende soorten planten. Tekenen van kroosvorming en overwoekering zijn op enkele plekken wel te zien, maar het lijkt er niet op dat dit zal leiden tot problemen met de waterkwaliteit of ecologie. Dit geeft aan dat, doordat de waterkwaliteit van zichzelf in Kockengen erg goed is, het niet meteen tot problemen hoeft te lijden als de omstandigheden voor een goede waterkwaliteit niet ideaal zijn.

Een ander voorbeeld van een situatie die niet ideaal is, maar waar toch een goede waterkwaliteit is, is de watergang langs de Prinses Beatrixweg. Doordat duiker 8 erg krap is en de inlaat van duiker 10 door damping afgesloten is (zie betreffende knelpunten in paragraaf 3.2: Knelpunten in het watersysteem en voor de locatie van de duikers bijlage 1D), loopt de watergang langs de Prinses Beatrixweg in feite dood. Dit lijkt in eerste instantie gevolgen te hebben voor de waterkwaliteit te hebben, doordat hier bijna geen doorstroming is. Toch is de waterkwaliteit hier erg goed. Er is veel verschillende vegetatie in de watergang te vinden en vooral de aanwezigheid van Krabbenscheer is een teken dat de waterkwaliteit goed is. De wind ligt in het verlengde van de meest voorkomende windrichting en is met 10 meter redelijk breed. Hierdoor kan de wind veel invloed op de stroming en woeling in de watergang uitoefenen en blijft de waterkwaliteit goed.

Dit geeft aan dat doorspoeling van een watergang niet per se noodzakelijk is om een goede waterkwaliteit in een watergang te waarborgen, maar dat wind hier ook een belangrijke factor in kan zijn.

2.2.5 KUNSTWERKEN

In het onderzoeksgebied bevinden zich naast de inlaten nog meer kunstwerken die onderdeel zijn van het watersysteem. Dit zijn 14 stuwen, 32 duikers en 2 vaste dammen. Deze kunstwerken verbinden of scheiden verschillende peilgebieden en watergangen met elkaar. Voor het onderzoek is het belangrijk om te weten wat functies zijn van deze kunstwerken, welke dimensies ze hebben en in welke staat ze verkeren. Daarom is een inventarisatie gemaakt van deze kunstwerken. Uit het GIS-programma IRIS, waar HDSR over beschikt, is data over de kunstwerken gehaald. Daarnaast is een uitgebreide meting gedaan in het onderzoeksgebied om de nog ontbrekende data te verkrijgen. In bijlage 2 is een uitgebreide inventarisatie hiervan te vinden. In deze paragraaf zijn de belangrijkste bevindingen van deze inventarisatie neergezet. In bijlage 1C en bijlage 1D staan kaarten met de locaties en afmetingen van de kunstwerken.

In het onderzoeksgebied bevinden zich relatief veel stuwen die verschillende peilgebieden in stand houden. In het verleden zijn er peilverlagingen doorgevoerd om de verloren drooglegging door bodemdaling op te vangen. In sommige delen van Kockengen was dit niet mogelijk, omdat er dan schade aan de houten funderingen zou kunnen ontstaan aan. Hierdoor zijn er door middel van stuwen verschillende peilgebieden ontstaan met relatief kleine peilverschillen. Daarnaast zijn er ook redelijk veel stuwen (7 stuks) in het onderzoeksgebied die ervoor zorgen dat het water uit het onderzoeksgebied afgevoerd kan worden. Hiermee kan er overal snel water afgevoerd worden uit het systeem, zodat peilstijgingen worden voorkomen en er zo scherper gestuurd kan worden op het streefpeil.

Automatisch regelbare stuw

Stuw 15 is de enige automatisch regelbare stuw in het onderzoeksgebied. Dit betekent dat de stuw zelf de hoogte van het oppervlaktepeil in de gaten houdt en de stuwstand hierop aanpast. Dit heeft als belangrijk voordeel dat er bij een peilstijging snel gereageerd wordt op de situatie en er meer water afgevoerd kan worden (mits die laatste mogelijkheid er is). Aangezien op deze locatie alle benodigde faciliteiten aanwezig zijn (stroom, gefundeerde constructie en voldoende ruimte) kan dit een geschikte locatie zijn om een pomp te plaatsen ten behoeve van de tijdelijke voorziening,

Duikers

In totaal liggen er in het onderzoeksgebied 32 duikers. Op een enkele duiker na hebben de duikers in het systeem een diameter tussen de 400 en 600 mm. De duikers direct achter de stuwbakken zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Veruit de meeste duikers liggen volledig onder water. De duikers zijn, op een enkeling na, al jaren geleden aangelegd waardoor de meeste door- of scheefgezakt kunnen zijn. Dit hoeft niet per se te betekenen dat de functionaliteit van de duikers achteruit is gegaan. Wel is de kans groter dat er bagger, stenen of andere materialen in de duikers liggen, waardoor de doorstroming deels geremd wordt.

Dammen

De 2 vaste dammen in het watersysteem (op de tekening aangeven als stuwen, nr. 13 en 16) dienen puur als peilscheiding tussen het stedelijk peil en het landelijk peil.

2.3 HISTORIE WATEROVERLAST

Om een beeld te kunnen vormen van de noodzaak van de voorziening en een inschatting te kunnen maken van de frequentie waarin de voorziening dienst zal doen is het goed om te weten hoe vaak er in de afgelopen jaren sprake van wateroverlast is geweest en welke weersomstandigheden hierbij horen. Van daaruit kan beter worden ingeschat op welke momenten de voorziening gebruikt kan worden en hoe deze het best kan werken. Bijvoorbeeld dat de voorziening al eerder in werking wordt gezet om zo meer neerslag te kunnen verwerken.

Geen klachtenregistratie

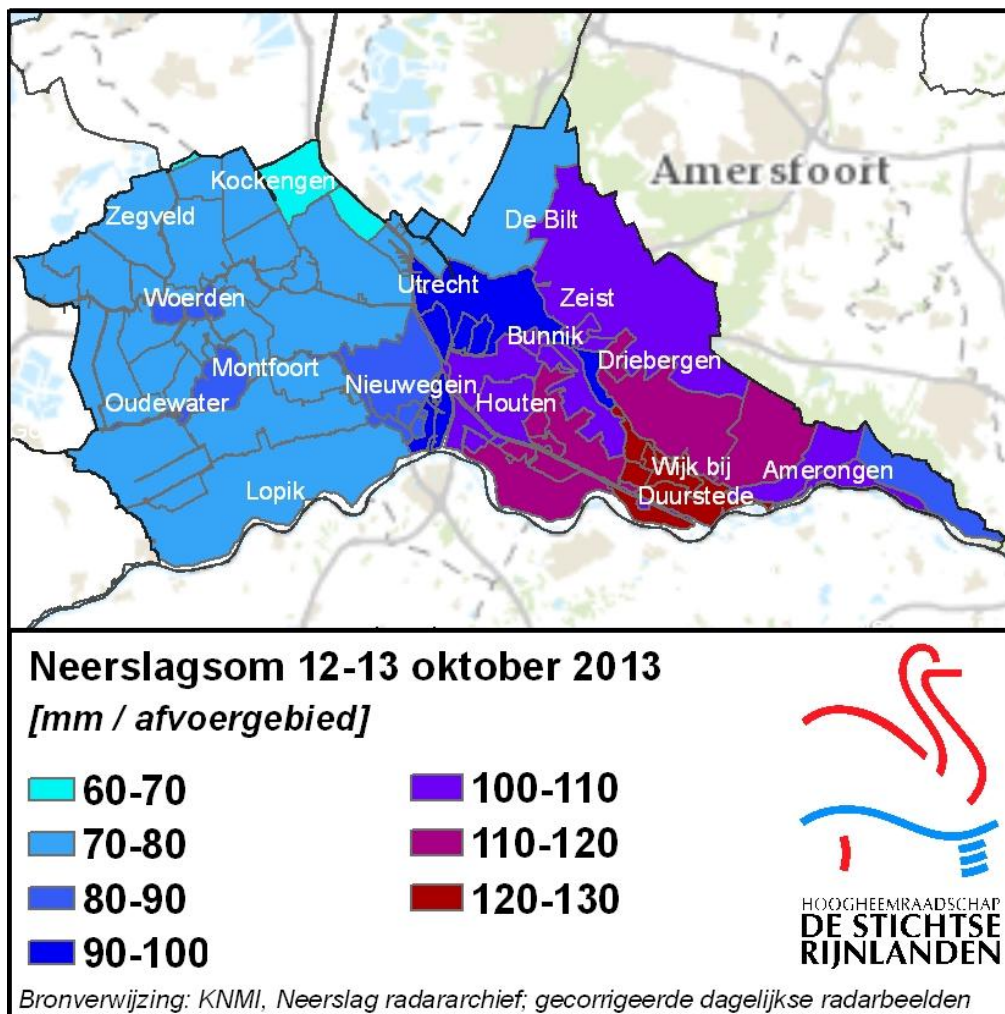
Bij het waterschap en de gemeente Stichtse Vecht is niet exact bekend wanneer er in de afgelopen 5 jaar sprake is geweest van wateroverlast in Kockengen. Bij beide partijen wordt geen database van klachten bijgehouden waaruit klachten over wateroverlast teruggevonden kunnen worden. Ook wordt niet exact geregistreerd wanneer het waterschap of de gemeente maatregelen heeft getroffen om problemen met wateroverlast op te lossen of voorkomen. Dat maakt het lastig om een goed beargumenteerde frequentie en mate van wateroverlast te kunnen omschrijven. Door de gemeente, het waterschap en de media wordt vaak aangehouden dat er zo'n 3 tot 5 keer per jaar sprake is van wateroverlast in Kockengen. Hierbij is (zover bekend) alleen sprake van water op straat en geen sprake van waterschade (ondergelopen kelders en dergelijke). Dit wordt opgemaakt uit de ervaringen van bewoners en medewerkers van de gemeente Stichtse Vecht en het waterschap, maar niet gefundeerd op verzamelde data.

Geen duidelijk verband tussen neerslag en wateroverlast

Er is geprobeerd aan de hand van neerslag- en peilgegevens die zijn verwerkt in het Waterkwantiteit Informatie Systeem van HDSR en verschillende nieuwsberichten te achterhalen wanneer er sprake geweest zou kunnen zijn van wateroverlast in de afgelopen 5 jaar (2008 t/m 2013). Uit deze gegevens komt geen duidelijk beeld naar voren wanneer sprake geweest zou kunnen zijn van wateroverlast. Er was geen duidelijk verband te herkennen tussen perioden met veel neerslag en hoge waterstand. Daarnaast kon er aan de hand van enkele nieuwsberichten van wateroverlast in Kockengen ook geen duidelijk beeld verkregen worden vanaf welke waterstand en/of neerslaghoeveelheid er overlast ontstaat.

Extreme neerslag in oktober 2013 niet representatief

In Figuur 10 is in kaart gebracht hoeveel neerslag er is gevallen in het weekend van 12 en 13 oktober 2013 in het werkgebied van HDSR. Hierbij moet in ogenschouw genomen worden dat er in de periode voor dat weekend ook al erg veel neerslag was gevallen. In dat weekend stond er op het hoogtepunt 30 cm water op straat. Deze gebeurtenis is echter geen goede maatstaf voor de tijdelijke voorziening, aangezien deze gebeurtenis statistisch maar ongeveer eens in de 50 jaar voor komt. Dat is een extremere gebeurtenis dan het ontwerpuitgangspunt van de tijdelijke voorziening, welke is vastgesteld op een gebeurtenis die statisch gezien eens in de 10 jaar voor komt. Bij deze gebeurtenis valt er 65 mm in 48 uur.



FIGUUR 10: NEERSLAGSOM BEHEERGEBIED HDSR, 12-13 OKTOBER 2013

3 PROBLEEMANALYSE

Om tot een goed ontwerp van de tijdelijke voorziening te komen is het verstandig om eerst te bekijken wat de kern van het probleem is. Daarom is in dit hoofdstuk een probleemanalyse uitgevoerd. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 3.1 is gekeken naar de oorzaken van de wateroverlast. Het gaat hierbij om drooglegging, het functioneren van het huidige watersysteem en de afvoermogelijkheden en –capaciteit uit het onderzoeksgebied. In paragraaf 3.2 zijn de knelpunten in het watersysteem beschreven die in de analyse al naar voren zijn gekomen.

3.1 OORZAKEN VAN WATEROVERLAST

3.1.1 DROOGLEGGING

De belangrijkste oorzaak van de wateroverlast is de geringe drooglegging in het onderzoeksgebied. De drooglegging is het hoogteverschil tussen het maaiveld en het oppervlaktewaterpeil. Hoe groter de drooglegging, hoe meer water er opgevangen kan worden in het watersysteem.

Droogleggingsnormen

HDSR heeft in de beleidsnota peilbeheer (HDSR, 2011) uitgangspunten opgesteld aangaande droogleggingsnormen per functie en bodemtype. Voor dit onderzoek zijn de volgende normen van toepassing:

- Voor stedelijk gebied is de droogleggingsnorm 70 tot 100 cm.
- In veenweidegebieden wordt gestreefd naar een gemiddelde drooglegging van 50 cm, maximaal 45 cm bij zomer-, en maximaal 55 cm bij winterpeil.

Deze normen kunnen niet altijd één op één in elk gebied toegepast worden. Daarom wordt bij het opstellen van peilbesluiten elk gebied getoetst wat haalbaar is. Zo is de droogleggingsnorm van 70 cm in Kockengen niet haalbaar. Dit heeft te maken met de houten palen onder de woningen. Deze moeten permanent onder water staan, anders gaan ze rotten. Als het waterpeil in Kockengen omlaag gebracht wordt, is de kans groot dat de palen gedeeltelijk droog komen te staan. Om dan aan de droogleggingsnorm te kunnen voldoen moet het maaiveld tot boven de vloerpeilen van de woningen opgehoogd worden.

In het uitvoeringsprogramma Kockengen Waterproof van de gemeente Stichtse Vecht (Grontmij, 2014) heeft de gemeente gesteld dat de aanleghoogte van de straten - 1.20 m NAP zal zijn. Hiermee is het waterschap in staat om het streefpeil 10 cm te verhogen om zo beter te kunnen garanderen dat de houten palen helemaal onder water staan. In die situatie blijft er een drooglegging over van 55 cm.

Huidige drooglegging in Kockengen

In de meest precare delen van Kockengen is het verschil tussen het maaiveld en het oppervlaktepeil maar een paar centimeter. Hierdoor hoeft het oppervlaktewater maar iets te stijgen voordat er water op straat komt te staan. Gemiddeld is de drooglegging in het onderzoek zo'n 25 cm en als de verwachte bodemdaling in de toekomst meegenomen wordt blijft hier 10 cm van over. Dit is een stuk minder dan de 55 cm die als doelstelling is gesteld door de gemeente Stichtse Vecht en HDSR in het project Kockengen Waterproof.

3.1.2 FUNCTIONEREN HUIDIGE WATERSYSTEEM

Een andere oorzaak van de wateroverlast zou kunnen zijn dat het watersysteem niet goed functioneert. Watergangen kunnen bijvoorbeeld te smal zijn, duikers te klein of verstopt, stuwen te smal, of er zijn te weinig afvoermogelijkheden.

Afvoermogelijkheden

Dit lijkt in Kockengen niet het geval te zijn. De oppervlakte van de bebouwde kom van Kockengen is relatief klein. De afvoerafstanden zijn hierdoor niet groot. In theorie moet overtollig water dus redelijk gemakkelijk uit het gebied afgevoerd kunnen worden. Daarnaast kan het water op maar liefst zeven verschillende plekken het onderzoeksgebied uitstromen. Dit zijn er erg veel en zouden er zelfs minder kunnen zijn. Ook zijn de dimensies van de watergangen groot genoeg om voldoende doorstroming te waarborgen.

Duikers

Op een enkele duiker na hebben de duikers in het systeem een diameter tussen de 400 en 600 mm. De duikers direct achter de stuwbakken zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Tegenwoordig is de norm dat er duikers toegepast worden met een minimale diameter van 500 mm. Hier voldoen dus niet alle duikers aan. Toch wordt niet verwacht dat deze afwijkingen veel negatieve invloed hebben op het watersysteem. De norm die gesteld wordt aan de diameter van een duiker heeft namelijk ook met de waterkwaliteit te maken. Met een grotere diameter is de uitwisseling van vissen makkelijker. Ook is de kans op verstoppingen kleiner.

Hydraulische berekening huidige systeem met Sobek

Deze veronderstellingen worden bekrachtigd door een hydraulische berekening van het huidige watersysteem. Dit is gedaan met het modelleringsprogramma Sobek. De werking van dit modelleringsprogramma en de opbouw van het model staat beschreven in bijlage 3. Het huidige watersysteem is doorgerekend met een constante bui van 13 mm per dag. Deze komt overeen met de landelijk afgesproken afvoernorm van 1,5 l/s/ha (Cultuurtechnische vereniging, 1988). Het waterschap houdt deze afvoernorm ook aan als vuistregel bij het uitvoeren van watertoetsen.

Als deze bui gedurende een aantal dagen in het model wordt doorgerekend is te zien waar er opstuwing bij duikers en stuwen ontstaat. In Figuur 11 en Figuur 12 is respectievelijk te zien wat de waterstand bovenstrooms en benedenstrooms is. Door het verschil hiertussen te bepalen is de opstuwing te achterhalen.



FIGUUR 11: WATERSTAND BOVENSTROOMS BIJ NORMAFVOER



FIGUUR 12: WATERSTAND BENEDENSTROMS BIJ NORMAFVOER

Uit de waterstanden in bovenstaande figuren blijkt dat de opstuwing bij de kunstwerken nihil is. De grootste opstuwing is waar te nemen bij duiker 8 en bedraagt 3 cm. Dit is erg veel. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de watergang bovenstrooms van de duiker maar 100 m bedraagt en de geringe diameter van de duiker daardoor weinig impact op het watersysteem heeft.

Bij duiker 32 is een opstuwing van 3 mm te zien. Dit is een belangrijke duiker in het watersysteem waar veel water doorheen moet. Met 3 mm voldoet deze duiker nog aan de norm van 5 mm [6].

De rest van de kunstwerken zorgen voor een opstuwing van ongeveer een tiende van een millimeter, wat te verwaarlozen valt. Deze resultaten geven aan dat het huidige watersysteem (op duiker 8 na) goed functioneert als gekeken wordt naar de maatgevende afvoernorm.

Inspectie duikers

De gemeente Stichtse Vecht heeft een aantal duikers laten inspecteren met een rijdende camera. Hieruit bleek dat de duikers weliswaar door de bodemdaling lager liggen dan de aanleghoogte, maar nog wel goed functioneren en niet kapot of ingestort zijn. Ook het doorzakken van de duikers onder de weg valt erg mee.

De kans is altijd aanwezig dat er duikers verstopt zijn, maar dit zou tot gevolg hebben dat er alleen plaatselijk wateroverlast op zou treden en niet zo structureel als nu sprake van is. Daarnaast zouden de problemen met betrekking tot wateroverlast zich in het geval van een slecht functionerend watersysteem ook (sneller) voordoen in 'normale' situaties. Doordat er weinig drooglegging in het gebied is, zou er nog vaker water op straat staan en zou het voornamelijk langer duren voordat het water weer weg zou zijn.

3.1.3 AFVOERMOGELIJKHEDEN EN -CAPACITEIT UIT ONDERZOEKSGBIED

Zoals al eerder beschreven wordt het overtollig water uit het onderzoeksgebied onder vrij verval via een aantal stuwen afgevoerd op een lager peilgebied. Dit zijn er nu in totaal zeven, wat meer dan voldoende uitlaatpunten zijn. Het peilverschil tussen het onderzoeksgebied en de omliggende agrarische polder is in de zomerperiode (zomerpeil) echter maar maximaal 5 cm. Als vervolgens door neerslag het oppervlaktewater in de polder gaat stijgen, verdrinken de stuwen door het kleine peilverschil al snel en wordt de afvoer van overtollig water uit het onderzoeksgebied gestremd. In sommige gevallen stroomt er zelfs water vanuit de polder het onderzoeksgebied in, wat uiteraard niet ten goed komt aan de waterhuishouding in het onderzoeksgebied. Deze peilstijging van enkele centimeters komt vooral in natte perioden regelmatig voor omdat het simpelweg niet mogelijk is om het peil strak op één niveau te houden. Een tijdelijke afwijking van het stuurpeil van 5 cm valt daarnaast ook binnen de juridische marges waar het waterschap zich onder normale omstandigheden aan moet houden.

Dit kleine peilverschil heeft veel invloed op de wateroverlast in Kockengen. Het is dan ook verstandig om in het ontwerp een maatregel mee te nemen waarmee gerealiseerd kan worden dat er geen water uit de polder het onderzoeksgebied in kan stromen, maar dat overtollig water wel afgevoerd kan worden uit het gebied. Deze veronderstelling wordt versterkt door het feit dat het watersysteem in de winterperiode, wanneer het peilverschil groter is, in de meeste gevallen prima werkt. Volgens medewerkers binnen het waterschap is er in de periode met een winterpeil voor zover bekend nog geen wateroverlast voorgekomen, terwijl er in deze periode minstens zoveel neerslag valt als in de zomer als gekeken wordt naar de langjarige gemiddelde maandneerslagen. Dit zegt uiteraard niets over de daadwerkelijke neerslagsituaties. In de zomer vinden namelijk meer en hevigere piekbuien plaats, die over het algemeen meer kans op wateroverlast geven.

Gebiedsregeling

Wat geprobeerd kan worden om peilstijging in het landelijk gebied gering te houden is scherp reageren op een peilstijging bij gemaal De Tol. Zo wordt de kans kleiner dat het peil in de polder boven de -1,85 m NAP uit komt. Daarnaast kan het water zo lang mogelijk vastgehouden worden in peilgebieden die lozen op de polder rondom het onderzoeksgebied. Op die manier kan een (flinke) peilstijging in de polder rondom Kockengen voorkomen worden. Dit kan door middel van het instellen van een gebiedsregeling. In een gebiedsregeling wordt beschreven hoe verschillende automatisch geregelde kunstwerken met elkaar kunnen communiceren. Voor het onderzoeksgebied is wel een plan voor een gebiedsregeling opgesteld, maar deze is nog niet ingesteld. Dit heeft te maken met verschillende hardware- en softwarematige oorzaken. Naar verwachting is dit aan het eind van de zomer van 2014 opgelost en kan de gebiedsregeling ingeregeld worden. Dit betekent dat de gebiedsregeling wel meegenomen kan worden in het onderzoek.

Voor het onderzoek zijn de volgende regelingen relevant:

- Als het polderpeil rondom het onderzoeksgebied hoger komt dan -1,90 m. NAP, worden de stuwen Kortrijk en Portengen respectievelijk maximaal 15 en maximaal 10 cm opgetrokken ten opzichte van het huidige bovenpeil aldaar. Op het moment dat het bovenpeil nog verder stijgt dan de gestelde extra centimeters, of het benedenpeil zakt onder de -1,90 m. NAP, dan kunnen de stuwen weer lozen op het benedenpeil.
- Als het waterpeil in het onderzoeksgebied hoger dan -1,85 m. NAP komt, gaan de inlaten dicht. Iedere inlaat is in het benedenpeil verbonden met een zogenaamde opnemer die de waterpeilen kan registreren. Iedere inlaat kan dus onafhankelijk reageren op de waterstand.
- De stuw Kerkweg Noord wordt opgetrokken op het moment dat het benedenpeil hoger komt te staan dan -1,85 m. NAP. Dit voorkomt dat er water vanuit de polder het peilgebied van het onderzoeksgebied (streefpeil -1,85 m. NAP) instroomt. Een voorwaarde hierbij is dat de inlaten op dat moment allemaal direct dicht gaan.

3.2 KNELPUNTEN IN HET WATERSYSTEEM

Uit de analyse van het watersysteem zijn een aantal knelpunten naar voren gekomen. Misschien zijn niet alle knelpunten direct relevant voor het onderzoek, maar het is toch handig om deze ook in ogenschouw te nemen bij het ontwerp van de varianten. Wellicht is het mogelijk om in het ontwerp van de varianten meteen een aantal knelpunten in het watersysteem weg te nemen. Daarom zijn deze knelpunten in deze paragraaf beschreven en staan er ook mogelijke oplossingen beschreven. Zo kunnen de beschreven knelpunten dienen als bouwstenen voor de variantenstudie. De kaarten in bijlage 1C en 1D verduidelijken de locatie van de genoemde kunstwerken in deze paragraaf.

Peilgebieden

In het onderzoeksgebied worden vijf verschillende peilgebieden in stand gehouden, waarvan drie samen 95% van het oppervlak beslaan. Dit heeft tot gevolg dat er meerdere ingrepen nodig zullen zijn om het hele watersysteem in het onderzoeksgebied te kunnen beïnvloeden. Met minder verschillende peilgebieden kan het aantal ingrepen teruggedrongen worden.

Stuw 4, 10 en 12: overbodig

Deze stuwen hebben op dit moment de functie om water uit het onderzoeksgebied af te laten voeren naar het landelijk gebied. Deze functie is bij alle drie eigenlijk overbodig en daarom kunnen deze stuwen worden verwijderd. Stuw 4 en 12 zit namelijk aan het begin van het watersysteem, waardoor water dat even voor de stuw is ingelaten, direct het watersysteem weer uit gaat. Stuw 10 heeft naast de hierboven genoemde functie ook de functie om doorstroming in de (doodlopende) watergang te kunnen bewerkstelligen. Deze functie wordt overbodig als duiker 10 vervangen wordt, zie een van de volgende knelpunten. De aangrenzende duikers (4, 16 en 30) dienen dan uiteraard wel afgesloten of verwijderd te worden.

Het nadeel van deze ingrepen kan zijn dat de waterwaterkwaliteit in een gedeelte van de achterliggende watergangen (benedenstrooms) achteruit gaat, doordat deze watergangen doodlopen. Als deze knelpunten in de variantenstudie (hoofdstuk 5) aan bod komen zullen de gevolgen hiervan nader bekeken en beschreven worden.

Stuw 11: oud en slecht bereikbaar

Dit is een schotbalkstuw en ligt tussen twee achtertuinen in. Hierdoor is het erg lastig om bij deze stuw in de buurt te komen voor onderhoud of om een schotbalk te plaatsen of weg te halen. Daarnaast is de staat van de stuw flink aan het verslechteren en is daarom zo langzamerhand aan vernieuwing toe. Het is daarom verstandig om de stuw te vervangen en gelijktijdig te verplaatsen naar een gemakkelijker te bereiken locatie. De voorkeur hierbij gaat uit naar eenzelfde type (kunststof) schotbalk stuw als stuw 5 en deze te plaatsen bij de instroom van duiker 14.

Duiker 7: te lang

Deze duiker is met een lengte van 172 m en een doorsnede van 160 mm een erg lange en krappe duiker. Deze duiker is van oorsprong aangelegd als hemelwaterafvoer riool en in de loop van de tijd geïntegreerd in het watersysteem. Via deze duiker stroomt water van Inlaat Kockengen naar de watergang langs de Prinses Beatrixweg. Deze duiker heeft ondanks de geringe diameter een continue doorstroming. Dit komt doordat het oppervlaktewaterpeil bij de instroom 15 cm hoger is dan bij de uitstroom. Hierdoor wordt er onnodig veel water ingelaten bij Inlaat Kockengen. Door de instroom af te sluiten wordt dit voorkomen, kan met betrekking tot het watersysteem afscheid genomen worden van deze duiker en hoeft deze alleen nog maar aan de functie te voldoen waar hij is aangelegd; hemelwater afvoeren naar de sloot.

Duiker 8: te klein

Duiker 8 heeft een zeer geringe diameter van 130 mm. Dit is voor een goede waarborging van de doorstroming te klein. Ook is de kans op verstopping, doorzakking en schade aan de duiker groter door de kleine diameter. Het geniet dan ook de voorkeur om deze duiker te vergroten. Met name bij verbetering van het volgende knelpunt is het noodzakelijk om deze duiker te vergroten. Anders is de meerwaarde van die verbetering betrekkelijk.

Duiker 10: te lang en te klein

Duiker 10 is met een lengte van 200 m en een doorsnede van 300 mm een erg lange en krappe duiker. Deze duiker is van oorsprong aangelegd als hemelwaterafvoer riool en in de loop van de tijd geïntegreerd in het watersysteem. Deze duiker moet de watergang langs de Prinses Beatrixweg en de watergang langs de Koningin Julianaweg met elkaar verbinden. De instroom bij de Prinses Beatrixweg is echter afgesloten doordat hier ooit een stuk watergang is gedempt. Hierdoor is er geen werkende verbinding meer tussen de twee watergangen en wordt het peilgebied in twee delen geknipt. Daarnaast is het door de lengte en diameter nog maar de vraag in hoeverre er doorstroming door de duiker zou plaatsvinden als deze verbinding hersteld zou worden. Beter zou zijn om door middel van een duiker de watergang langs de Prinses Beatrixweg en de watergang langs de Prins Bernhardweg te verbinden. Daarmee wordt de verbinding tussen de watergangen hersteld en de doorstroming gewaarborgd.

Duiker 18 t/m 24: risico op verkleind doorstroomprofiel

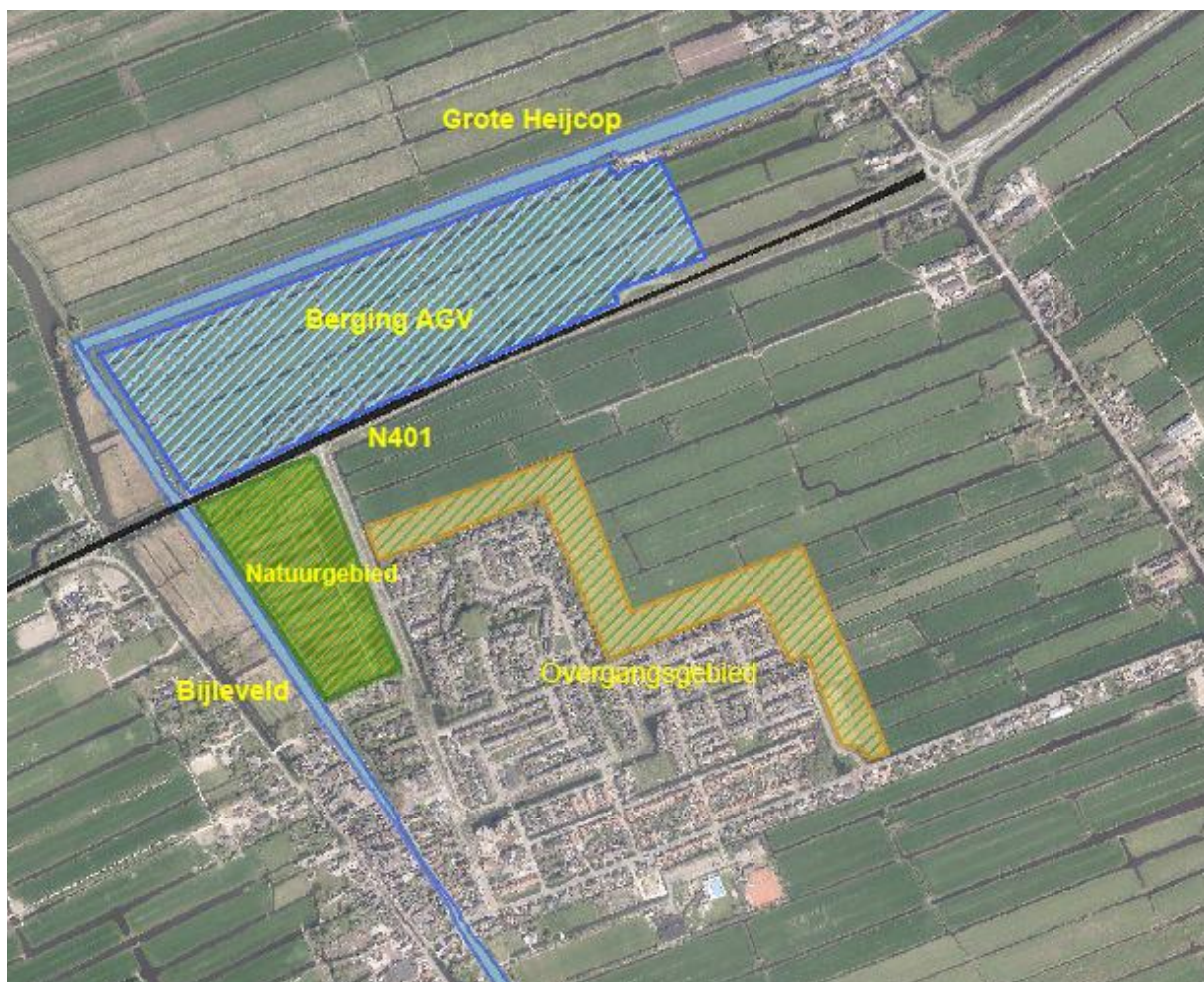
Deze duikers liggen erg diep onder water. Bij inventarisatie in het onderzoeksgebied bleek dat er redelijk veel bagger, stenen en waterplanten rondom en voor de in- en uitstroom van de duikers lag. Hierdoor is het de vraag in hoeverre de duikers verstopt zitten en dus nog voldoende doorstroming hebben. Uit ervaring van werknemers bij HDSR blijkt dat de watergang hier na hevige neerslag niet (veel) langer een hogere waterstand heeft. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de duikers niet volledig verstopt zijn, maar dat er in (model)berekeningen wel rekening gehouden moet worden met een verkleind doorstroomprofiel.

4 MOGELIJKE BERGINGSGBIEDEN

In Nederland (en dus ook bij HDSR) wordt het beleid van vasthouden, bergen, afvoeren aangehouden. Doordat er in het onderzoeksgebied een gering drooglegging is en er snel wateroverlast kan ontstaan, kan aan dit principe niet voldaan worden. Bij wateroverlast wordt het water vrijwel direct afgewenteld op het lagere peilvak rondom het onderzoeksgebied. Om beter aan het beleid van vasthouden, bergen, afvoeren te kunnen volgen is er in dit hoofdstuk beschreven of er bergingsmogelijkheden in of rondom Kockengen te ontwikkelen zijn.

Per paragraaf is een andere locatie bekeken. In de laatste paragraaf (3.5) is een conclusie getrokken welke locaties bruikbaar zijn voor de varianten. In Figuur 13 is een kaart te zien met de locaties van de mogelijke bergingsgebieden.

Om te bepalen of het betreffende bergingsgebied voldoende water kan opvangen wordt een grove capaciteitsberekening gemaakt. Hierbij wordt gerekend met een neerslaggebeurtenis van 65 mm in 2 dagen ($T=10$, zie paragraaf 6.2: Uitgangspunten en randvoorwaarden), waarbij 15 mm in het onderzoeksgebied kan worden opgevangen en de rest wordt afgevoerd naar het bergingsgebied.



FIGUUR 13: MOGELIJKE BERGINGSGBIEDEN

4.1 BERGEN IN HET NATUURGEBIED

Aan de noordkant van de bebouwde kom van Kockengen bevindt zich een natuurgebied van ongeveer 7 ha. Het gebied bestaat voor ongeveer 1/3 uit oppervlaktewater en 2/3 uit een aantal verschillende eilandjes, verbonden door een wandelpad. Op de eilandjes groeien veel verschillende soorten planten, op sommige eilandjes riet en op een klein gedeelte is ook bebossing te vinden. Rondom het natuurgebied ligt een dijkje van ongeveer 50 cm hoog. Het natuurgebied heeft een eigen peilgebied en wordt het hele jaar vastgehouden op -1,60 m. NAP. Via een kleine handmatig te bedienen inlaat wordt het natuurgebied gevoed met water. Door middel van een kleine pomp wordt het water op de gewenste manier door het natuurgebied gevoerd. Het gebied is eigendom van de gemeente Stichtse Vecht en wordt volledig beheerd door IVN (Instituut voor natuureducatie en duurzaamheid).

Een ruwe schatting geeft aan dat een gebeurtenis van 65 mm neerslag in 48 uur, die volledig geborgen wordt in het natuurgebied een peilstijging geeft van 35 cm. Bijkomend voordeel is het dijkje wat rondom dit natuurgebied ligt, wat grote investeringen om het gebied als berging in te richten voorkomt.

Door de ligging en de grootte van het natuurgebied kan het goed functioneren als bergingsgebied. Er ligt al een duiker (met stuw) onder de Dreef door die het natuurgebied verbindt met het peilgebied van het stedelijk gebied.

Het nadeel van deze locatie als bergingsgebied is het feit dat er een pomp nodig is om het water op de gewenste plek te krijgen. Het peil in het natuurgebied ligt namelijk 30 cm hoger dan in het onderzoeksgebied. Het is niet wenselijk om gebruikt te maken van een pomp water naar een bergingsgebied toe te krijgen omdat er bij een piekbui snel veel water naar het bergingsgebied toe moet kunnen stromen. Er is dan een hele grote pomp nodig is om dit te kunnen bewerkstelligen.

Een andere reden waarom bergen in het natuurgebied niet wenselijk is, is de natuurfunctie van dit gebied. Het gebied is namelijk zo ingericht dat er een gunstige waterkwaliteit heerst voor planten (met name planten die goed gedijen in voedselarm water) die tegenwoordig niet veel voorkomen in de regio, maar vroeger deel uitmaakten van het ecologische systeem. Er zijn een aantal natuurbeheertypen die in het natuurgebied worden onderhouden. In Figuur 14 is de indeling van het natuurgebied en de betreffende beheertypen terug te zien.

- beheertype: NO4.O2 Zoete Plas (blauw)
- beheertype: NO5.O1 Moeras (grijs)
- beheertype: N10.O1 Nat schraalland (geel)
- beheertype: N12.O2 Kruiden- en faunarijk grasland (groene rand)
- beheertype: N14.O2 Hoog- en laagveenbos (turkoois)

Bij wateroverlast in het dorp wordt het water in de straten vervuild met rioolwater. Dit water bevat meer meststoffen (stikstof en fosfaat) dan het water in het natuurgebied. Bij lozing van dit water in het natuurgebied zal eutrofiëring (ook wel vermessing genoemd) optreden (Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, 2012). De meeste genoemde beheertypes zijn hier erg gevoelig voor. Hierdoor ontstaat het risico dat zeldzame plantensoorten in het gebied zullen verdwijnen. Dit is uiteraard een

ongewenste ontwikkeling. Om deze planten te kunnen beschermen is het niet wenselijk om water te bergen in het natuurgebied.



FIGUUR 14: NATUURBEHEERTYPEN POLDERRESERVAAT KOCKENGEN. (PROVINCIE UTRECHT, 2013)

4.2 BERGINGSGBIED AGV

Het gedeelte van de Bijleveld, ten zuiden van de N401 behoorde vroeger tot het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV). Dit gebied is met de ingebruikname van een hoogwaterstuw ter hoogte van de N401 in beheer van HDSR gekomen. Ter compensatie voor de vermindering van de bergingscapaciteit waar AGV hierdoor mee te maken heeft gekregen is een stuk polder ingericht als noodberging. Zo heeft AGV in geval van extreem hoge waterstand alsnog de gewenste bergingscapaciteit.

Bij de gemeente Stichtse Vecht en vanuit de bevolking zijn er ideeën naar voren gekomen om overtollig water uit de bebouwde kom van Kockengen ook te lozen in dit bergingsgebied. Door een pijp onder de N401 door te leggen en een poldersloot op verschillende plekken af te dammen kan het peilgebied van de bebouwde kom van Kockengen verbonden worden met het bergingsgebied. Technisch is dit zeker mogelijk en de capaciteit van het bergingsgebied is groot genoeg, maar hier zitten wel een aantal haken en ogen aan. De kosten van de aanleg van deze constructie zijn namelijk ontzettend hoog. Het aanleggen van een pijp onder de provinciale weg door is erg kostbaar. Ook het afdammen van sloten en dichtstoppen van duikers om het peilgebied van Kockengen te verleggen heeft veel voeten in aarde. Door deze ingrepen is de kans groot dat er teveel en/of te lange sloten dood lopen, waardoor andere ingrepen in het watersysteem van het landelijk gebied noodzakelijk zijn.

Daarnaast is het gebied ingericht als noodberging, wat inhoudt dat de grond in normale situatie voor andere doeleinden gebruikt wordt (in dit geval agrarische doeleinden) en alleen als berging gebruikt wordt bij extreme situaties. In een dergelijk geval wordt de landeigenaar schadeloos gesteld. Dat betekent dat op het moment dat er water uit Kockengen in dit gebied geloosd wordt, HDSR een schadevergoeding uit zal moeten keren voor de eventueel geleden schade. Ook dit is erg kostbaar.

Uit deze argumenten is op te maken dat het gebruiken van dit bergingsgebied voor overtollig water uit de bebouwde kom van Kockengen in geen geval rendabel zal zijn. De kosten om het technisch mogelijk te maken en de gebruikskosten zijn vele malen hoger dan de baten die het oplevert.

4.3 BERGEN IN TOEKOMSTIGE OVERGANGSZONE

Binnen het project 'Kockengen Waterproof' wordt ook naar de toekomst gekeken. Daarin wordt bekeken hoe ervoor gezorgd kan worden dat Kockengen ook in de verre toekomst om kan gaan met de bodemdaling. Hierin is een optie meegenomen om een overgangszone aan te leggen tussen de bebouwde kom van Kockengen en het landelijke gebied hieromheen. De overgangszone moet het peilverschil tussen dorp en het landelijk gebied, wat in de loop van de jaren steeds groter wordt, op gaan vangen. Dit kan de aanleg van een kering rondom het dorp om het grote peilverschil op te vangen voorkomen. De overgangszone moet een strook met een voornamelijk groen karakter worden, met wellicht een aantal woningen tussendoor. Deze overgangszone kan, als hier bij het ontwerp rekening mee wordt gehouden, goed dienst doen als bergingsgebied. Doordat de hoofdfunctie natuur en groen zal zijn, is er veel ruimte en mogelijkheid om (tijdelijk) water te bergen, zonder dat hier overlast bij ontstaat.

Er is nog geen duidelijkheid over de exacte invulling van deze overgangszone. Onder andere over de grootte van het gebied, de exacte ligging en inrichting. Dat maakt het lastig om een duidelijk beeld van de bergingsmogelijkheden te krijgen. In dit rapport wordt uitgegaan van een strook van gemiddeld 100 m breed aan de oostkant om het dorp heen. Dit geeft een oppervlakte van ongeveer 13 ha. Uitgaande van een gebeurtenis T=10 (65 mm neerslag in 48 uur) en 15 mm berging in het onderzoeksgebied komt dat neer op een peilstijging van ongeveer 20 cm.

Bij instandhouding van de huidige streefpeilen in de overgangszone (zp -1,90 m. NAP, wp -2,0 m. NAP) zullen er pompen nodig zijn om het water in de overgangszone te krijgen. Dit is niet gewenst. Om onder vrij verval in dit gebied te kunnen lozen, dient er dus een peilverlaging toegepast te worden van 20 cm.

Vervolgens zal het water uiteindelijk wel weer afgevoerd moeten worden naar de omliggende polder. Dit kan gedaan worden met een pomp.

Nadeel van het bergen in de overgangszone is dat deze eerder aangelegd moet worden. Verwacht wordt dat volgens de huidige plannen de aanleg van deze zone nog een aantal jaren op zich zal laten wachten. Er zal dus snel een besluit genomen moeten worden over de aanleg van een overgangszone en de invulling daarvan om de noodvoorziening gebruik te kunnen laten maken van de overgangszone. Ook de aanleg van een dergelijke zone kost tijd. Dit vertraagt dus het in gebruik nemen van de noodvoorziening.

Aanleg van een nieuw bergingsgebied, enkel en alleen ten behoeve van de tijdelijke voorziening is financieel niet haalbaar. De kosten daarvoor zijn veel te hoog. Aanleg van een bergingsgebied op deze locatie voor de lange termijn kan wel zinvol en rendabel zijn. Op deze wijze zou in Kockengen beter vastgehouden kunnen worden aan het principe: vasthouden, bergen, afvoeren.

4.4 BERGEN BINNEN HET ONDERZOEKSGBIED

Ook is gekeken of er binnen het onderzoeksgebied zelf ruimte gecreëerd kan worden om water te bergen. De oppervlakten van alle parkjes, voetbalvelden en speeltuinen zijn bij elkaar opgeteld. Dat geeft een totale bergingsmogelijkheid van ongeveer 13.500 m².

Uitgaande van maximaal 20 cm bergingscapaciteit over de totaal mogelijke bergingsoppervlakte van 13.500 m² geeft dit een maximale bergingscapaciteit van 3.000 m³. Over het totale oppervlak van het onderzoeksgebied betekent dit dat er 7 mm neerslag opgevangen kan worden. Dit is erg gering, vergeleken met de gestelde 65 mm in 48 uur. Helemaal als gekeken wordt naar de noodzakelijke investeringen die gedaan moeten worden om dit te bereiken is dit niet rendabel.

4.5 CONCLUSIE BERGINGSGBIEDEN

Uit de voorgaande paragrafen komt naar voren dat er maar één haalbare mogelijkheid is om regenwater te bergen in het onderzoeksgebied of in de buurt daarvan, namelijk bergen in de overgangszone.

Bergen in het natuurgebied is niet wenselijk omdat hiermee het huidige ecosysteem mee beschadigd wordt.

Om gebruik te maken van het bergingsgebied AGV moeten er veel kostbare technische ingrepen gedaan (o.a. pijp onder de N401 door, sloten afdammen) worden om dit te realiseren.

Bergen in het onderzoeksgebied heeft weinig zin omdat er veel te weinig bergingscapaciteit te realiseren is.

Daarmee blijft de optie om te bergen in de overgangszone als enige reële optie over om te gebruiken in dit onderzoek. Hierbij moeten uiteraard wel de kosten even buiten beschouwing gelaten worden. Deze zullen erg hoog zijn.

5 MODELSTUDIE MET SOBEK

Met het modelleringsprogramma Sobek zijn de huidige situatie (zonder maatregelen) en de varianten doorgerekend met de maatgevende gebeurtenis (zie paragraaf 6.2: Uitgangspunten en randvoorwaarden). Hoe dit programma werkt en hoe het model is opgebouwd staat beschreven in bijlage 3. In dit hoofdstuk is ingegaan op de wijze waarop de berekeningsresultaten verkregen zijn en hoe deze zijn verwerkt in het rapport. De methode die gebruikt is staat beschreven in paragraaf 5.1: Methode van verwerken resultaten uit Sobek.

Er is een modelberekening gemaakt van de situatie waarin er geen maatregelen getroffen zijn en er niet ingegrepen wordt met noodpompen. De resultaten hiervan staan beschreven in paragraaf 5.2: Modelresultaten zonder maatregelen. Deze resultaten dienen ter vergelijking van de uitgewerkte varianten. Zo ontstaat een goed beeld van de effectiviteit van de bedachte oplossingen.

5.1 METHODE VAN VERWERKEN RESULTATEN UIT SOBEK

De resultaten van de modelberekeningen van de varianten zijn verwerkt in de variantenstudie. In deze paragraaf is beschreven hoe deze resultaten zijn verwerkt in het rapport.

Deelgebieden in het model

Het onderzoeksgebied is in het model opgedeeld in een aantal kleine deelgebiedjes om de afstroom van regenwater (via het maaiveld en/of hemelwaterafvoerriool) naar de watergangen zo realistisch mogelijk te simuleren. De verdeling van deze deelgebiedjes is afgeleid van het rioleringsstelsel en de afstroomrichting van het maaiveld. In bijlage 4A is een kaart te zien met de verdeling, de naam van elk deelgebiedje en de gebruikte maaiveldhoogte. Sobek geeft van elk deelgebiedje bij elke rekenstap de huidige waterstand in de betreffende watergang.

Resultaten uit Sobek

De resultaten van de wateroverlast komen niet één op één uit Sobek rollen. Dit heeft te maken met hoe Sobek omgaat met overschrijding van de waterstand boven het maaiveld. Als de waterstand hoger dan het maaiveld komt, trekt Sobek als het ware het talud van de watergang vanaf het maaiveld recht omhoog om het water op te kunnen vangen. Dit heeft tot gevolg dat de berekende waterstanden in het model niet representatief zijn voor de werkelijkheid. In werkelijkheid zal het water uitstromen over het maaiveld (inundatie). Dit oppervlak is veel groter dan de watergang, waardoor de werkelijke waterstand lager zal zijn dan Sobek aangeeft. De kaarten in bijlage 4B t/m 4H met de hoogst gemeten waterstanden en de waterstand 24 uur na het begin van de wateroverlast geven dus geen beeld van de werkelijkheid weer, maar geven wel een indicatie over het verloop van de wateroverlast.

Validatie resultaten

Het is wel noodzakelijk om te weten wat de werkelijk te verwachten waterstand zal zijn. Daarom zijn de resultaten van de varianten met de hand gevalideerd. Dit is gedaan door van elk deelgebiedje de overschrijding van de waterstand ten opzichte van het maaiveld in Sobek te delen door de oppervlakte van het verhard oppervlak en de oppervlakte van de watergangen. Daarmee wordt een reële waterstand verkregen en is op te maken hoeveel centimeter water er op straat komt te staan.

In de paragrafen 6.4.3, 6.5.3 en 6.6.3, waarin de resultaten van de modelberekeningen staan beschreven, zijn de gevalideerde resultaten weergegeven in een tabel.

Maaiveldhoogte

De berekeningen die gedaan zijn in Sobek gaan uit van de situatie aan het eind van de gebruikperiode (2025) van de voorziening. Dit betekent dat er bij de meeste deelgebieden uitgegaan wordt van een kleinere drooglegging dan in 2014 sprake van is in verband met de verwachte bodemdaling.

De uitkomsten van Sobek laten de te verwachten situatie in 2025 zien. Het model berekent daardoor wateroverlast op plaatsen, waar dit tot nog toe niet is voorgekomen.

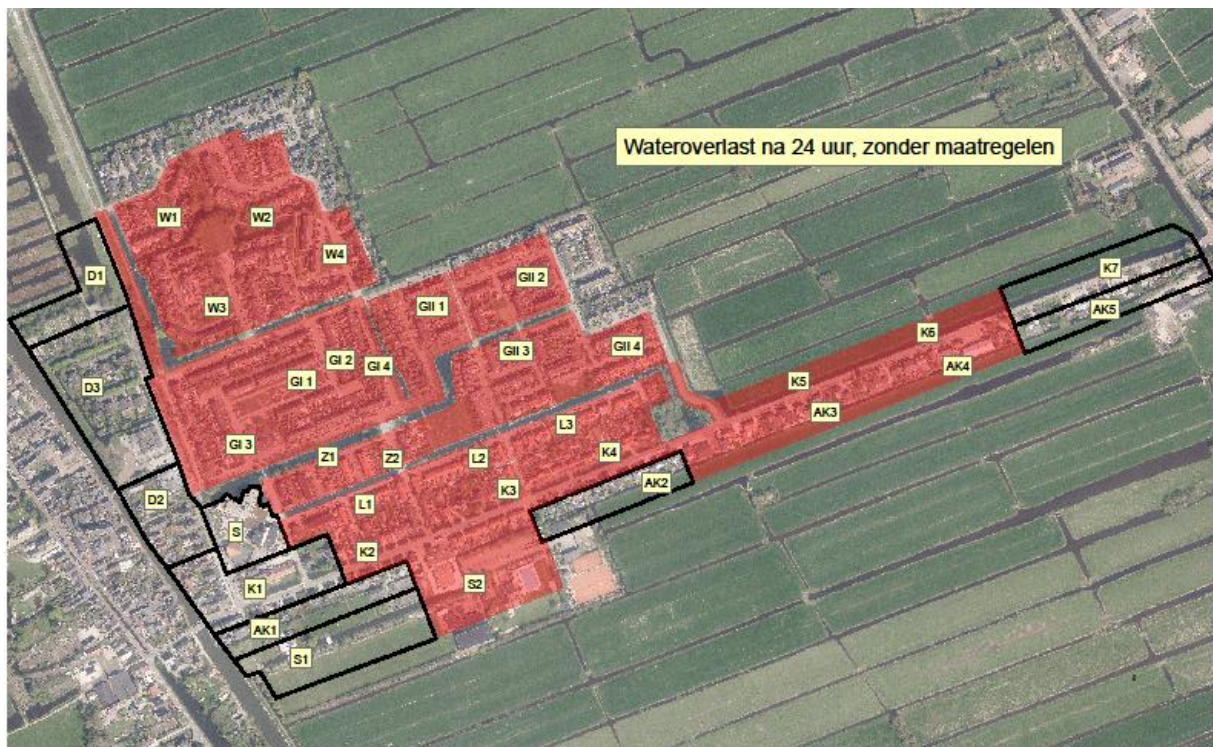
5.2 MODELRESULTATEN ZONDER MAATREGELEN

Voordat de varianten doorgerekend zijn in Sobek, is ook de situatie doorgerekend met de maatgevende bui ($T=10$), zonder dat er maatregelen genomen zijn om wateroverlast te beperken. Daarmee ontstaat een goede vergelijking met de resultaten van de varianten. In Tabel 3: resultaten model zonder maatregelen, in 2025 zijn de resultaten te zien van deze berekeningen. Dit zijn de gevalideerde resultaten zoals beschreven in paragraaf 5.1 Methode van verwerken resultaten uit Sobek. Per deelgebied is in de tabel te zien wat het hoogst berekende waterstand in de watergang is en hoeveel centimeter water er op straat staat. In bijlage 4 staan kaarten met de in Sobek berekende waterstanden. Op kaart 4B staan de waterstanden op het hoogtepunt van de wateroverlast.

Deelgebied	Maaiveldhoogte [m. NAP]	Waterstand na 24 uur [m. NAP]	Water op straat [cm]	Overlast voorbij na 24 uur
Welgelegen 1	-1,80	-1,68	12	Nee
Welgelegen 2	-1,80	-1,68	12	Nee
Welgelegen 3	-1,80	-1,68	12	Nee
Welgelegen 4	-1,80	-1,66	12	Nee
Groenlust I 1	-1,85	-1,68	17	Nee
Groenlust I 2	-1,85	-1,66	19	Nee
Dreef 1	-1,40	-1,68	0	Ja
Dreef 3	-1,60	-1,68	0	Ja
Groenlust I 3	-1,85	-1,72	13	Nee
Groenlust I 4	-1,85	-1,74	11	Nee
Van Zuylenweg 1	-1,85	-1,72	13	Nee
Schoolweg	-1,40	-1,72	0	Ja
Groenlust II 1	-1,85	-1,74	11	Nee
Groenlust II 2	-1,85	-1,74	11	Nee
Groenlust II 3	-1,80	-1,74	6	Nee
Van Zuylenweg 2	-1,80	-1,68	12	Nee
Van Lockhorstweg 1	-1,80	-1,68	12	Nee
Van Lockhorstweg 2	-1,80	-1,68	12	Nee
Van Lockhorstweg 3	-1,75	-1,68	7	Nee
Groenlust II 4	-1,70	-1,68	2	Nee
Dreef 2	-1,20	-1,67	0	Ja
Kerkweg 1	-1,70	-1,69	1	Ja
Kerkweg 2	-1,75	-1,69	6	Nee
Kerkweg 3	-1,75	-1,69	6	Nee
Kerkweg 4	-1,75	-1,69	6	Nee
Kerkweg 5	-1,75	-1,69	6	Nee
Kerkweg 6	-1,75	-1,69	6	Nee
Kerkweg 7	-1,70	-1,69	1	Ja
Sportweg 1	-1,70	-1,69	1	Ja
Sportweg 2	-1,80	-1,69	11	Nee
Achter Kerkweg 1	-1,70	-1,69	1	Ja
Achter Kerkweg 2	-1,70	-1,69	1	Ja
Achter Kerkweg 3	-1,75	-1,69	6	Nee
Achter Kerkweg 4	-1,75	-1,69	6	Nee
Achter Kerkweg 5	-1,70	-1,69	1	Ja

TABEL 3: RESULTATEN MODEL ZONDER MAATREGELEN, IN 2025

Op een aantal hoger gelegen deelgebieden na is er in het hele onderzoeksgebied sprake van wateroverlast. Deze wateroverlast ontstaat al snel na het hoogtepunt van de bui. Doordat er geen mogelijkheid is om het water af te voeren blijft de wateroverlast toenemen tot het einde van de bui. 24 uur na het begin van de wateroverlast staat er in de wijken Welgelegen, Groenlust I en rondom de van Zuylenweg ongeveer 12 cm water op straat. Bij de Kerkweg staat er op dat moment ongeveer 6 cm water op straat. In Figuur 15 is te zien in welke deelgebieden er water op straat zal staan als er geen maatregelen getroffen worden.



FIGUUR 15: WATEROVERLAST NA 24 UUR ZONDER MAATREGELEN, IN 2025

Deze resultaten geven aan dat het belangrijk is dat er maatregelen getroffen worden om de wateroverlast te beperken. Als er niets gedaan wordt, zal rond 2025 in de meeste delen van het onderzoeksgebied wateroverlast plaatsvinden bij een neerslaggebeurtenis die statistisch gezien een keer in de tien jaar voorkomt.

6 VARIANTENSTUDIE

In dit hoofdstuk zijn de verschillende varianten uitgewerkt, beschreven en de resultaten van de modelberekeningen verwerkt. In de eerste paragraaf staat beschreven hoe de structuur van de varianten is opgebouwd.

In paragraaf 6.2 zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden opgesteld, waar de varianten aan dienen te voldoen.

In de ontwerpfase zijn een aantal maatregelen naar voren gekomen die in alle varianten uitgevoerd worden. Deze maatregelen staan opgesteld in paragraaf 6.3.

In paragraaf 6.4, 6.5 en 6.6 zijn respectievelijk variant 1, 2 en 3 uitgewerkt.

6.1 STRUCTUUR VARIANTENSTUDIE

In dit onderzoek is door middel van een variantenstudie gekeken naar verschillende oplossingen van het probleem. Er zijn drie verschillende varianten uitgewerkt. Om tot verschillende oplossingen te komen is als basis voor elke variant een andere uitgangspositie opgesteld van waaruit de oplossingen en maatregelen bedacht zijn. In de paragrafen met de beschrijving van de varianten wordt deze uitgangspositie nader verklaard. In het kort komt het neer op de volgende uitgangsposities:

Variant 1: niets doen aan het watersysteem

Variant 2: watersysteem aanpassen, minder gebruik van pompen

Variant 3: voldoen aan beleid van vasthouden, bergen, afvoeren.

Om een eenduidig en overzichtelijk beeld van de varianten te krijgen is ervoor gekozen om de beschrijving van de verschillende varianten met dezelfde structuur op te stellen. Als eerst zijn de bedachte maatregelen beschreven. Hierbij komen eerst de aanpassing of plaatsing van kunstwerken aan bod en vervolgens de eventuele locaties en inregeling van pompen. Daarna zijn de resultaten van de modelberekeningen beschreven.

6.2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Voor het onderzoek zijn een aantal uitgangspunten en randvoorwaarden opgesteld, die voor alle varianten gelden, zodat de varianten goed onderling te vergelijken zijn. Het ontwerp van de varianten zal getoetst worden aan deze uitgangspunten. Als in de varianten om bepaalde redenen bewust afgeweken wordt van de uitgangspunten, zal dit in de betreffende variant beargumenteerd worden. Ook kan het zijn dat sommige uitgangspunten voor een variant niet relevant zijn.

Maatgevende gebeurtenis

Er dient vastgesteld te worden tot welke gebeurtenis de voorziening in staat moet zijn om de wateroverlast in Kockengen te verwerken. Dit wordt aangeduid aan de hand van een gebeurtenis die zich statistisch gezien eens in een bepaalde periode (jaren) voordoet. In het rapport Kockengen Waterproof, agenda 2063 (waarin de toekomstvisie van het watersysteem van Kockengen wordt beschreven) wordt voor de wegen, parken en groenvoorzieningen rekening gehouden met een vrijwaring van wateroverlast bij een gebeurtenis die zich statistisch gezien eens in de tien jaar voor zal doen. Deze normering is afgeleid uit het rapport Nationaal Bestuursakkoord Water waarin deze normeringen zijn vastgesteld.

Voor dit onderzoek wordt dezelfde normering aangehouden. Het KNMI heeft onderzocht (KNMI, 2013) hoeveel millimeter neerslag er bij een dergelijke gebeurtenis statistisch gezien zal vallen. Hierbij wordt gekeken naar kortdurende situaties van enkele uren (piekbuien) tot langdurige situaties van enkele dagen. Afhankelijk van de situatie en omstandigheden is de invloed van een gebeurtenis verschillend. Voor dit onderzoek wordt gerekend met een kortdurende bui. Het onderzoeksgebied is namelijk stedelijk gebied met veel verhard oppervlak. Bij een korte piekbui wordt het watersysteem het meest belast omdat er dan in korte tijd veel neerslag valt die snel wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. Volgens de statistieken van het KNMI dient rekening gehouden te worden met een neerslaggebeurtenis van 27 mm in één uur.

In dit onderzoek ook gekeken is naar het gebruik van bergingsgebieden (Hoofdstuk 4). Hiervoor is het uiteraard nodig om te bepalen welke bergingscapaciteit een dergelijk gebied moet hebben. Hiervoor is het beter om te kijken naar een langdurige gebeurtenis die statistisch gezien eens in de tien jaar voorkomt. In een dergelijke situatie valt over een langere periode meer regen dan bij een korte piekbui. Afgeleid van de statistieken van het KNMI wordt een neerslaggebeurtenis van 65 mm in 2 dagen aangehouden.

Peilstijging

Peilstijging voorkomen is technisch niet te voorkomen. Een voorziening ontwerpen die het voorkomen van peilstijging garandeert is dus niet realistisch. Wel is het verstandig om deze peilstijging zo klein mogelijk te houden. Dan blijft er in het onderzoeksgebied meer speling over om bij een eventuele opvolgende (piek)bui water op te vangen.

Door de voorziening direct in werking te laten treden op het moment dat het waterpeil hoger dan streefpeil komt te staan, krijgt de voorziening de meeste tijd en kans om te anticiperen op hevige regenval. De verwerkingstijd van het water is dan maximaal. Als het water na verloop van tijd weer onder het streefpeil zakt treedt de voorziening weer uit werking.

Ontwerphoogte kunstwerken

Als er stuwen of andere kunstwerken aangepast moeten worden om deze ook inzetbaar te maken als kering (bij hoog water in de polder) zal dit tot hoogstens -1,63 m NAP gebeuren. Dit heeft meerdere redenen. De klepstuw bij het eind van de Kerkweg kan opgetrokken worden tot -1.63 m NAP. Het kost erg veel geld om deze zo aan te passen dat de stuw hoger kan keren. Daarnaast komt een waterstand hoger dan -1,63 m NAP zelden voor. In het weekend van 12 en 13 oktober 2013 is deze waterstand een aantal uren bereikt, maar dit was vergelijkbaar met een gebeurtenis die statistisch gezien maar 1 keer in de 50 jaar voorkomt. Daarnaast zal het water via het land om de kunstwerken heen alsnog het onderzoeksgebied instromen als het water in de polder hoger stijgt dan -1.63 m NAP.

Verwerkingstijd wateroverlast

In geval van piekbuien en langdurige regenval (tot een statistische gebeurtenis $T=10$) dient de voorziening binnen 24 uur het overtollige water te kunnen verwerken en de straten droog te krijgen.

Ingrepen watersysteem

In het ontwerp worden alleen aanpassingen in het watersysteem meegenomen ter optimalisering van de voorziening en niet gekeken naar verbeteringen in het watersysteem zelf.

Gebruiksperiode tijdelijke voorziening

Gezien de huidige situatie wil het waterschap (en de gemeente) de voorziening zo snel mogelijk in gebruik kunnen nemen. Het is dus verstandig om in de ontwerpfase mee te nemen dat de aanleg en voorbereidingsfase niet te veel tijd in zal nemen. Een gemaal bouwen duurt bijvoorbeeld veel langer dan het plaatsen van een kleine pomp of duiker. Ook in de besluitvormingsfase zullen deze keuzes invloed hebben op processnelheid. Gezien deze processen wordt gestreefd om de voorziening in gebruik te nemen op het moment dat in 2015 het zomerpeil wordt ingesteld. Meestal is dit medio april.

Op dit moment is de verwachting dat het permanent verhelpen van de problemen in Kockengen (het ophogen van de straten, vervangen van de riolering, etc.) ongeveer tien jaar in beslag zal nemen. Als al deze werkzaamheden zijn afgerond is de voorziening als het goed is niet meer nodig en kan deze weggehaald worden. De voorziening zal dan ook ongeveer tien jaar, tot 2025, dienst doen.

Drooglegging

In dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat het gehele onderzoeksgebied een gemiddelde drooglegging heeft van 10 cm. Omdat het maaiveld op sommige plekken al lager is wordt er op die plekken afgeweken van en wordt een drooglegging aangehouden van 5 cm.

6.3 ALGEMENE MAATREGELEN (MEERDERE VARIANTEN)

In de ontwerpfasen van de variantenstudie zijn een aantal maatregelen bedacht die voor alle varianten inpasbaar of zelfs noodzakelijk zijn. Deze worden in deze paragraaf beschreven. De laatst beschreven maatregel wordt alleen in variant 1 en 2 toegepast.

Stuw 12 permanent dicht zetten

Deze stuw is voor het watersysteem van Kockengen niet belangrijk. Het heeft geen belangrijke functie om water af te voeren, doordat deze stuw aan het begin van het watersysteem zit en maar een beperkte capaciteit heeft. Bij een hoge waterstand in het landelijk gebied kan er wel water het onderzoeksgebied instromen. Daarom zou het beter zijn om deze stuw weg te halen en de verbinding met het onderzoeksgebied af te sluiten. Rekening houdend met de waterkwaliteit is dit toch niet verstandig. De sloot waar de stuw in staat loopt namelijk dood (aan de kant van de stuw) en de enige mogelijkheid om door te spoelen is via de stuw. Dat hoeft niet meteen tot problemen met de waterkwaliteit te leiden, maar andere omstandigheden vergroten de kans hierop samen met de geringe doorspoeling wel. Aan een kant van de watergang staat een rij bomen en struiken die lichtinval in de watergang verminderen en waarvan veel blad in de watergang kan vallen. Aan de andere kant ligt een kade. Hierdoor kan de wind weinig vat op het water krijgen om voor woeling en stroming te zorgen.

Desondanks deze omstandigheden is het water wel helder en is er voldoende vegetatie in de watergang te zien. Daarom wordt er voor deze stuw een schot gemaakt die in de gleuf van de stuw geschoven kan worden. Dit schot zit permanent in de stuw. Mocht toch blijken dat de waterkwaliteit ernstig achteruit gaat en doorspoeling vereist wordt, kan deze tijdelijk open gezet worden.

Stuw 14 afsluitbaar maken

Om te voorkomen dat er bij peilstijging in de polder water uit de polder het onderzoeksgebied in stroomt, moet stuw 14, een vaste stuw, afgesloten kunnen worden. Dit kan relatief gemakkelijk door de stuw een klein beetje aan te passen zodat er een schot in geplaatst kan worden. Hiervoor hoeven alleen een paar korte planken tussen twee balken weggehaald te worden, die geen functie hebben. In de gleuf die dan ontstaat kan een schot geplaatst worden. Bij een hoge waterstand in het lage pand, kan het schot in de gleuf geplaatst worden door de Rayonmedewerker.

Inregeling stuw 15 aanpassen

De regelbare stuw wordt anders ingeregeld om te voorkomen dat water vanuit de polder het onderzoeksgebied in kan stromen. Naast de huidige in- en uitslagpeilen van -1,85 m. NAP en -1,88 m. NAP (bovenpeil) moet de stuw ook het benedenpeil in de gaten houden. Als het benedenpeil hoger dan -1,84 m. NAP komt gaat de klepstuw direct omhoog, ongeacht het niveau van het bovenpeil. Zakt het benedenpeil vervolgens weer onder -1,87 m. NAP dan zakt de stuw weer (afhankelijk van het bovenpeil).

Stuw 5 afsluitbaar maken (alleen variant 1 en 2)

Om te voorkomen dat er bij peilstijging in de polder water uit de polder het onderzoeksgebied in stroomt, moet de stuw afgesloten kunnen worden. Dit kan door de bovenste schotbalk, het overstortframe, tijdelijk vervangen door schotplanken, waarmee de hele stuw afgesloten kan worden. Dit is de goedkoopste manier, doordat er alleen een aantal aluminium schotplanken gemaakt hoeven te worden. Het nadeel is wel dat deze ergens opgeslagen moeten worden en in geval van hevige neerslag eerst opgehaald moeten worden en vervolgens stuk voor stuk geplaatst moeten worden.

6.4 VARIANT 1: NIETS DOEN AAN HET WATERSYSTEEM, PLAATSEN VAN TIJDELIJKE POMPEN

In variant 1 is de uitgangspositie niets doen aan het watersysteem. De gedachte achter deze uitgangspositie is om op zoek te gaan naar de simpelste oplossingen, die met de minste inspanningen uitgevoerd kan worden. Op deze manier ontstaat een variant die het snelst en met de minste (financiële) middelen uitgevoerd kan worden. Het realiseren van aanpassingen aan het watersysteem (bijvoorbeeld kunstwerken of peilgebieden aanpassen) kost al snel veel geld en tijd. Daarnaast is het goedkoper om dergelijke aanpassingen te doen op het moment dat de gemeente Stichtse Vecht de straten op de betreffende locatie op gaat hogen. Dan kan er werk met werk gemaakt worden. Het nadeel van deze variant kan zijn dat de effectiviteit van de maatregelen niet voldoende is.

6.4.1 INGEPEN WATERSYSTEEM

Naast de maatregelen die zijn beschreven in paragraaf 6.3, worden in variant 1 ook nog de volgende maatregelen getroffen. Alle maatregelen die getroffen worden voor variant 1 staan ook weergegeven op de kaart in bijlage 1E.

Stuw 4 en 10 afsluitbaar maken

Om te voorkomen dat er bij peilstijging in de polder water uit de polder het onderzoeksgebied in stroomt, moeten de uitlaten afgesloten kunnen worden. Dit kan door de bovenste schotbalk, het overstortframe, tijdelijk vervangen door schotplanken, waarmee de hele stuw afgesloten kan worden. Dit is de goedkoopste manier, doordat er alleen een aantal aluminium schotplanken gemaakt hoeven te worden. Het nadeel is wel dat deze ergens opgeslagen moeten worden en in geval van hevige neerslag eerst opgehaald moeten worden en vervolgens stuk voor stuk geplaatst moeten worden.

6.4.2 LOCATIE EN INREGELING POMPEN

Als het oppervlaktewater in de polder stijgt worden de stuwen, zoals hierboven beschreven, dichtgezet. In dat geval kan er geen water meer het onderzoeksgebied uitgelaten worden. Om ervoor te zorgen dat dit wel mogelijk is, worden er op twee plekken pompen geplaatst. Dit is nodig omdat er in twee peilgebieden in het onderzoeksgebied sprake is van (de meeste) wateroverlast. De stuwbak tussen deze twee peilgebieden is met 40 cm doorstroombreedte te smal om al het water snel genoeg naar het lagere peilgebied te kunnen laten stromen.

Pomp 1

Pomp 1 komt bij stuw 15 te staan in het peilgebied met streefpeil -1,85 m. NAP Deze pomp kan het overtollige water in de watergangen langs de kerkweg en de van Lockhorstweg verwerken. Het grote voordeel van deze locatie is dat een aantal benodigde voorzieningen op deze plek al aanwezig zijn. De regelbare stuw heeft een stevige constructie waar de pomp aan opgehangen kan worden en er is een stroomaansluiting aanwezig. HDSR heeft een vopo pomp (verticaal opgebouwde pomp) in bezit die hiervoor gebruikt kan worden. De pomp heeft een capaciteit van 5 m³/min. Op de foto in Figuur 16 is de pomp te zien die geplaatst zal worden.



FIGUUR 16: VOPO POMP

Aan de pomp wordt een vlottersysteem gemonteerd. Deze schakelt de pomp aan als het water boven -1.85 m. NAP komt te staan. Gelijktijdig wordt er een alarm verstuurd naar de betreffende rayonmedewerker. Deze kan dan pomp 2 gaan plaatsen.

Pomp 2

Pomp 2 wordt geplaatst bij duiker 14 in het peilgebied met streefpeil -1,90 m. NAP. Deze pomp zal het overtollige water uit de meest kritische delen van het onderzoeksgebied verpompen, namelijk de watergang tussen de Koningin Julianaweg en de van Zuylenweg.

Op deze locatie zijn nog geen voorzieningen aanwezig om een pomp gemakkelijk te kunnen plaatsen. Er is geen stroomvoorziening aanwezig en ook geen robuuste constructie waar een pomp aangehangen kan worden. Daarom is er hier gekozen om in geval van nood tijdelijk een dieselpomp te plaatsen. Hiervoor hoeft dan alleen een opstelplaats (in de vorm van een stelconplaat) gemaakt te worden waar de pomp op kan staan. De zuigslang wordt in de watergang gehangen en de persslang in de duiker. Zo wordt het water tegen de druk vanuit de polder ingeduwd. HDSR heeft enkele noodpompen staan met een verschillende (ruim voldoende) capaciteit.

Wateroverlast in de wijk Welgelegen

Doordat er geen verbinding meer is tussen de watergang langs de Prinses Beatrixweg en de watergang langs de Koningin Julianaweg, kunnen deze twee pompen geen overtollig water wegpompen uit dit gedeelte van het onderzoeksgebied. In deze variant wordt er ook geen pomp in dit gedeelte geplaatst. Mocht er wateroverlast optreden in dit gedeelte kan er tijdelijk een mobiele pomp geplaatst worden bij stuw 4 of 5 om het water weg te pompen. Deze afweging is gemaakt omdat de kans dat hier wateroverlast optreedt een stuk lager is dan in de rest van het onderzoeksgebied. Dit komt doordat het maaiveld hier hoger ligt, waardoor de drooglegging groter is en er meer water opgevangen kan worden in de watergangen. Bij de extreme neerslag in oktober 2013 was er in dit gedeelte van het onderzoeksgebied ook geen sprake van wateroverlast.

6.4.3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN VARIANT 1

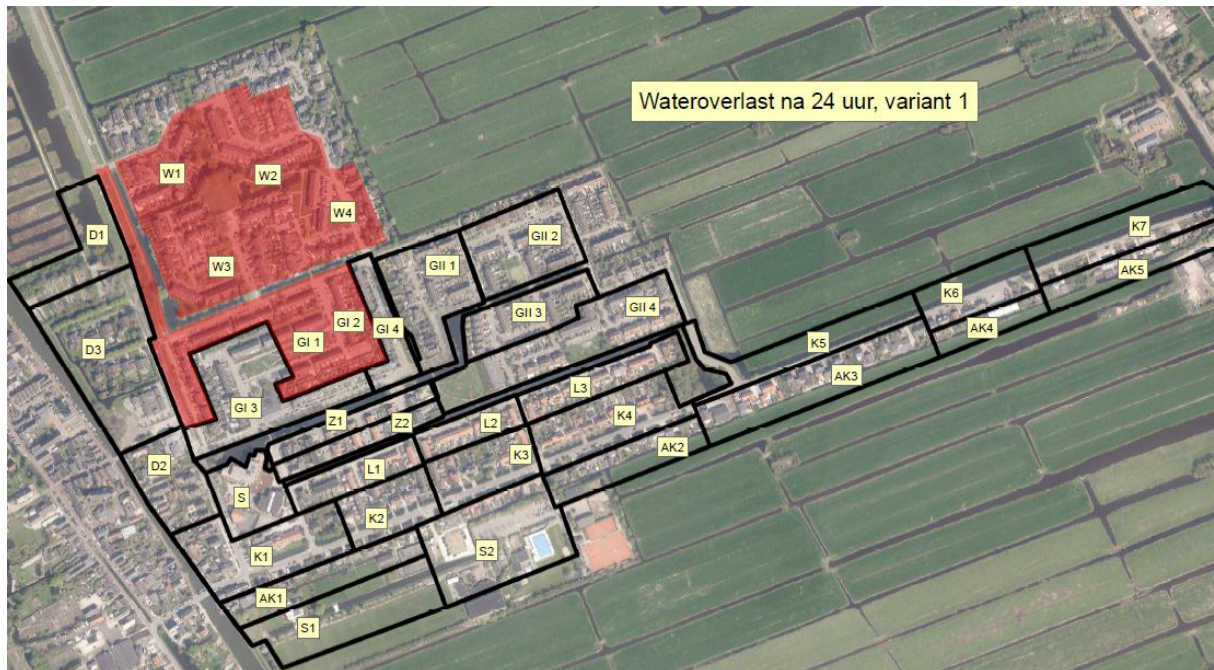
De maatregelen zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn ingebouwd in het model in Sobek. Vervolgens heeft Sobek aan de hand van de maatgevende bui ($T=10$) gesimuleerd hoeveel waterstandstijging er in het onderzoeksgebied plaatsvindt. In Tabel 4 staan de resultaten van deze simulatie. Dit zijn de gevalideerde resultaten zoals beschreven in paragraaf 5.1: Methode van verwerken resultaten uit Sobek. Per deelgebied is in de tabel te zien wat de hoogst berekende waterstand in de watergang is en hoe hoog deze waterstand is 24 uur na het optreden van wateroverlast. In bijlage 4 staan kaarten met de in Sobek berekende waterstanden. Op kaart 4C staan de waterstanden op het hoogtepunt van de wateroverlast en op kaart 4D de waterstanden 24 uur na het begin van de wateroverlast.

Uit de resultaten blijkt dat de toegepaste maatregelen effect hebben. Op de wijk Welgelegen na, is de wateroverlast binnen 24 uur verholpen. Dit geeft aan dat het gebruiken van twee pompen simpel, maar effectief is.

Deelgebied	Maaiveld- hoogte [m. NAP]	Hoogste waterstand [m. NAP]	Water op straat [cm]	Waterstand na 24 uur [m. NAP]	Water op straat [cm]	Overlast voorbij na 24 uur
Welgelegen 1	-1,80	-1,68	12	-1,69	11	Nee
Welgelegen 2	-1,80	-1,68	12	-1,69	11	Nee
Welgelegen 3	-1,80	-1,68	12	-1,69	11	Nee
Welgelegen 4	-1,80	-1,66	14	-1,69	11	Nee
Groenlust I 1	-1,85	-1,68	17	-1,69	16	Nee
Groenlust I 2	-1,85	-1,66	19	-1,69	16	Nee
Dreef 1	-1,40	-1,68	0	-1,69	0	Ja
Dreef 3	-1,60	-1,68	0	-1,69	0	Ja
Groenlust I 3	-1,85	-1,79	6	-1,85	0	Ja
Groenlust I 4	-1,85	-1,80	5	-1,85	0	Ja
Van Zuylenweg 1	-1,85	-1,79	6	-1,85	0	Ja
Schoolweg	-1,40	-1,79	0	-1,85	0	Ja
Groenlust II 1	-1,85	-1,80	5	-1,85	0	Ja
Groenlust II 2	-1,85	-1,80	5	-1,85	0	Ja
Groenlust II 3	-1,80	-1,80	0	-1,85	0	Ja
Van Zuylenweg 2	-1,80	-1,75	5	-1,88	0	Ja
Van Lockhorstweg 1	-1,80	-1,75	5	-1,88	0	Ja
Van Lockhorstweg 2	-1,80	-1,75	5	-1,88	0	Ja
Van Lockhorstweg 3	-1,75	-1,75	0	-1,88	0	Ja
Groenlust II 4	-1,70	-1,75	0	-1,88	0	Ja
Dreef 2	-1,20	-1,68	0	-1,75	0	Ja
Kerkweg 1	-1,70	-1,70	0	-1,75	0	Ja
Kerkweg 2	-1,75	-1,70	5	-1,88	0	Ja
Kerkweg 3	-1,75	-1,71	4	-1,88	0	Ja
Kerkweg 4	-1,75	-1,71	4	-1,88	0	Ja
Kerkweg 5	-1,75	-1,72	3	-1,88	0	Ja
Kerkweg 6	-1,75	-1,72	3	-1,88	0	Ja
Kerkweg 7	-1,70	-1,72	0	-1,88	0	Ja
			0			
Sportweg 1	-1,70	-1,72	0	-1,88	0	Ja
Sportweg 2	-1,80	-1,72	8	-1,88	0	Ja
Achter Kerkweg 1	-1,70	-1,72	0	-1,88	0	Ja
Achter Kerkweg 2	-1,70	-1,72	0	-1,88	0	Ja
Achter Kerkweg 3	-1,75	-1,72	3	-1,88	0	Ja
Achter Kerkweg 4	-1,75	-1,71	4	-1,88	0	Ja
Achter Kerkweg 5	-1,70	-1,71	0	-1,88	0	Ja

TABEL 4: RESULTATEN MODEL VARIANT 1, IN 2025

In bijna het hele onderzoeksgebied is (korte tijd) sprake van wateroverlast. Alleen in de hoger gelegen delen van het onderzoeksgebied komt er geen water op straat te staan (maaiveld hoger dan -1,70 m. NAP). In de laagste gebieden van het onderzoeksgebied (aan de zuidkant van de wijk Groenlust I en rondom de Van Zuylenweg) is op het hoogtepunt sprake van ongeveer 5 cm water op straat. Ook langs de Kerkweg staat er op het hoogtepunt ongeveer 5 cm water op straat.



FIGUUR 17: LOCATIES MET WATER OP STRAAT, 24 UUR NA BEGIN WATEROVERLAST (VARIANT 1, IN 2025)

Doordat er op twee locaties een pomp ingezet wordt om het water te verwerken, is de wateroverlast in deze gebieden binnen 24 uur na het ontstaan daarvan verdwenen. Na 24 uur is het streefpeil van de watergangen op veel plekken alweer bereikt. Op Figuur 17 is een kaart te zien, met daarop in rood gearceerd de plekken waar na 24 uur nog water op straat staat. De overige straten in het onderzoeksgebied zijn droog. Om de afbeelding overzichtelijk te houden zijn de deelgebieden zoals genoemd in Tabel 4 afgekort.

Dit geeft aan dat het inzetten van twee pompen zeer effectief is en dat de capaciteit van twee pompen ruim voldoende is om het overtollige water na een zware piekbui te verwerken.

Pomp 1 is vast gemonteerd aan stuw 14 en kan dus direct ingezet worden als de waterstand gaat stijgen. Pomp 2 is een noodpomp die geplaatst moet worden op het moment dat een medewerker van het waterschap een melding krijgt. In het model is er vanuit gegaan dat deze pomp 3 uur na het optreden van wateroverlast in werking gezet kan worden. Als deze pomp pas later ingezet kan worden, zal de wateroverlast erger zijn en wellicht niet binnen 24 uur verholpen. Dat is een kwetsbaar punt van deze variant.

Anders is de situatie in de wijk Welgelegen. Doordat er in deze wijk geen voorzieningen zijn getroffen om het overtollige water af te voeren en het water nergens heen kan, ontstaat hier flinke wateroverlast en is dit ook 24 uur na het ontstaan van wateroverlast het geval. In deze wijk staat er ongeveer 11 cm water op straat en aan de noordkant van de wijk Groenlust I 16 cm.

Hierin voldoet deze variant dus niet aan de eis om de wateroverlast in 24 uur te kunnen verwerken.

De verwachting is dat deze mate van overlast voorlopig nog niet zal voordoen in de wijk Welgelegen. In de maaiveldhoogte die in het model is gebruikt is namelijk de verwachte bodemdaling meegenomen. De gebruikte situatie is dus representatief voor over 10 jaar. In de eerste jaren ligt het maaiveld nog hoger en zal er minder of geen sprake zijn van wateroverlast.

6.5 VARIANT 2: WATERSYSTEEM AANPASSEN, MINDER GEBRUIK VAN POMPEN

De uitgangspositie van variant 2 is het omgekeerde van die van variant 1. Deze variant heeft als doel, het zo lang mogelijk in werking houden van het huidige systeem. Dat houdt in dat geprobeerd is door middel van een aantal aanpassingen en/of verbeteringen aan het watersysteem de problemen met de wateroverlast op te lossen. Alleen als het niet anders kan worden er ingrepen gedaan die alleen ten bate komen van de tijdelijke voorziening, bijvoorbeeld een pomp. De gedachte achter deze variant is dat de ingrepen die voor deze variant gedaan worden niet alleen ten dienste zijn van de tijdelijke voorziening, maar ook van het watersysteem zodat de ingrepen ook nog van waarde zijn nadat het project Kockengen Waterproof volledig is uitgevoerd.

6.5.1 INGEPEN WATERSYSTEEM

Naast de maatregelen die zijn beschreven in paragraaf 6.3: Algemene maatregelen (meerdere varianten), worden in variant 1 ook nog de volgende maatregelen getroffen. Alle maatregelen die getroffen worden voor variant 2 staan ook weergegeven op de kaart in bijlage 1F.

Stuw 4 permanent dicht zetten

Stuw 4 zit direct naast de stuw vanwaar water het onderzoeksgebied ingelaten wordt. Hierdoor stroomt er direct water het onderzoeksgebied weer uit. Dit komt de efficiëntie van het watersysteem niet ten goede. Het water wordt namelijk ingelaten om enerzijds het streefpeil aan te kunnen houden en anderzijds om doorspoeling in het watersysteem te creëren. Als deze stuw wordt dichtgezet zal de doorspoeling verbeteren hoeft er minder water ingelaten te worden. Hierdoor hoeft er uiteindelijk bijemaal de Tol minder water weggepompt te worden. Het permanent dichtzetten van deze stuw heeft ook een voordeel voor de tijdelijke voorziening. Het is op deze plek dan niet meer mogelijk dat er water vanuit de polder via de stuw het onderzoeksgebied instroomt. In feite komt de functie van deze stuw te vervallen. Toch wordt voor de zekerheid deze stuw niet weggehaald. Dit heeft te maken met de watergang 'achter' de stuw. Dit is een doodlopende watergang met een lengte van ongeveer 50 meter. De waterkwaliteit in deze watergang is op dit moment goed. Er is veel verschillende vegetatie te vinden, het water is helder en er is veel lichtinval in de watergang. De verwachting is dan ook dat, ondanks dat de doorstroming in deze watergang zal verminderen als de stuw wordt dichtgezet, de waterkwaliteit en flora en fauna niet uit balans zullen raken. Nadeel is wel dat de watergang niet in het verlengde van de meest voorkomende windrichting ligt. Hierdoor kan de wind niet altijd voor voldoende stroming en woeling in de watergang zorgen en is de kans op bijvoorbeeld kroosvorming groter. Door de stuw niet weg te halen kan er in een dergelijke uitzonderlijke situatie tijdelijk via de stuw water in de watergang gelaten worden om deze door te spoelen en zo de waterkwaliteit te waarborgen.

Verbinding tussen watergang langs Prinses Beatrixweg en Prins Bernhardweg

Zoals al eerder beschreven is er eens stuk watergang langs de Prins Beatrixweg gedempt. Hierdoor is er geen werkende verbinding meer tussen watergangen in de wijk Welgelegen en de wijk Groenlust I en II (duiker 7). De huidige duiker herstellen is geen optie omdat de duiker erg lang is en de diameter te klein.

Het is verstandiger om door middel van een duiker de watergang langs de Prinses Beatrixweg te verbinden met de watergang langs de Prins Bernhardweg. Hiermee wordt een robuuste verbinding met een betere doorstroming gecreëerd. De diameter van deze duiker zal volgens de richtlijnen van het waterschap een diameter krijgen van 800 mm.

Stuw 10 verwijderen en duiker 16 dicht maken/verwijderen

Door de aanleg van de verbinding die hiervoor is beschreven wordt stuw 10 overbodig. Zoals al eerder beschreven zijn er namelijk al voldoende uitlaten in het onderzoeksgebied. Daarnaast loopt de watergang langs de Prins Bernhardweg door de aanleg van de duiker niet meer dood en is doorspoeling door middel van een stuw overbodig.

Als de stuw weg wordt gehaald, stopt hiermee ook de mogelijkheid om de watergang 'achter' de stuw door te spoelen. Dit zal echter geen gevolgen hebben voor de waterkwaliteit die op dit moment erg goed is. Deze watergang (waarvan het doodlopende stuk 50 meter lang is) is namelijk redelijk breed en ligt precies in het verlengde van de meest voorkomende windrichting. Daardoor zal de wind voor voldoende woeling en doorstroming in de watergang zorgen. Dit voorkomt stilstaand water en de mogelijkheid voor bijvoorbeeld kroos om te gaan woekeren. Daarnaast zorgt de reeds aanwezige vegetatie voor voldoende zuurstof in het water.

Duiker 8 vergroten

Uit metingen is gebleken dat de diameter van duiker 8 een diameter heeft van 130 mm. Dit is uiteraard veel te klein om een goede doorstroming te waarborgen. De kans op verstoppingen, doorzakken en schade (bijvoorbeeld instorten) aan de duiker is ook groter door de kleine diameter. Om een beter doorstroming te kunnen creëren zal deze duiker vervangen moeten worden door een exemplaar van een grotere diameter. Volgens de normen van het waterschap dient deze diameter 800 mm te zijn.

Stuw 11 vervangen

De locatie en huidige staat van deze schotbalkstuw laat te wensen over. Doordat deze stuw tussen twee achtertuinen ligt is het lastig om schotbalken te plaatsen of te verwijderen. Aangezien de stuw ook verouderd is, is het verstandig om op een andere locatie een nieuwe stuw te plaatsen. Hiervoor kan handig gebruik gemaakt worden van een van de twee verwijderde stuwputten (stuw 4 of 10). Deze kan aangesloten worden op de instroom van duiker 14. Deze locatie is openbaar terrein en dus altijd toegankelijk. Daarnaast is het prettig om op verschillende plekken zoveel mogelijk gebruik te maken van dezelfde typen kunstwerken.

Stuw 9 aanpassen

Stuw 9 is een vaste overstort van 40 cm breed. Deze stuw wordt zo aangepast dat de stuw een schotbalkstuw wordt. Als de pomp aangezet wordt, kunnen de schotten verwijderd worden, zodat het hele onderzoeksgebied met één pomp af kan. In de volgende paragraaf wordt dit nader uitgelegd.

6.5.2 LOCATIE EN INREGELING POMP

In deze variant wordt één pomp toegepast. Deze pomp komt bij stuw 15 te staan in het peilgebied met streefpeil -1,85 m. NAP Het grote voordeel van deze locatie is dat een aantal benodigde voorzieningen op deze plek al aanwezig zijn. De regelbare stuw heeft een stevige constructie waar de pomp aan opgehangen kan worden en er is een stroomaansluiting aanwezig. HDSR heeft nog een vopo pomp (verticaal opgebouwde pomp) in bezit die hiervoor gebruikt kan worden. De pomp heeft een capaciteit van 5 m³/min, zie Figuur 16.

Aan de pomp wordt een vlottersysteem gemonteerd. Deze schakelt de pomp aan als het water boven -1.85 m. NAP komt te staan. Gelijktijdig wordt er een alarm verstuurd naar de betreffende rayonmedewerker. Deze persoon kan dan direct in actie komen om de schotten in stuw 5 te plaatsen en de schuif op stuw 14 naar beneden draaien. De pomp verlaagt de waterstand in het hogere peilvak van het onderzoeksgebied. Na een paar uur is de waterstand voldoende gezakt om het schot uit stuw 9 te verwijderen. Hiermee kan ook het water uit het lagere peilgebied weggepompt worden. In feite wordt de stromingsrichting tijdelijk omgedraaid. Als het overtollige water vervolgens is weggepompt wordt het schot weer teruggeplaatst en worden de peilgebieden weer gescheiden.

6.5.3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN VARIANT 2

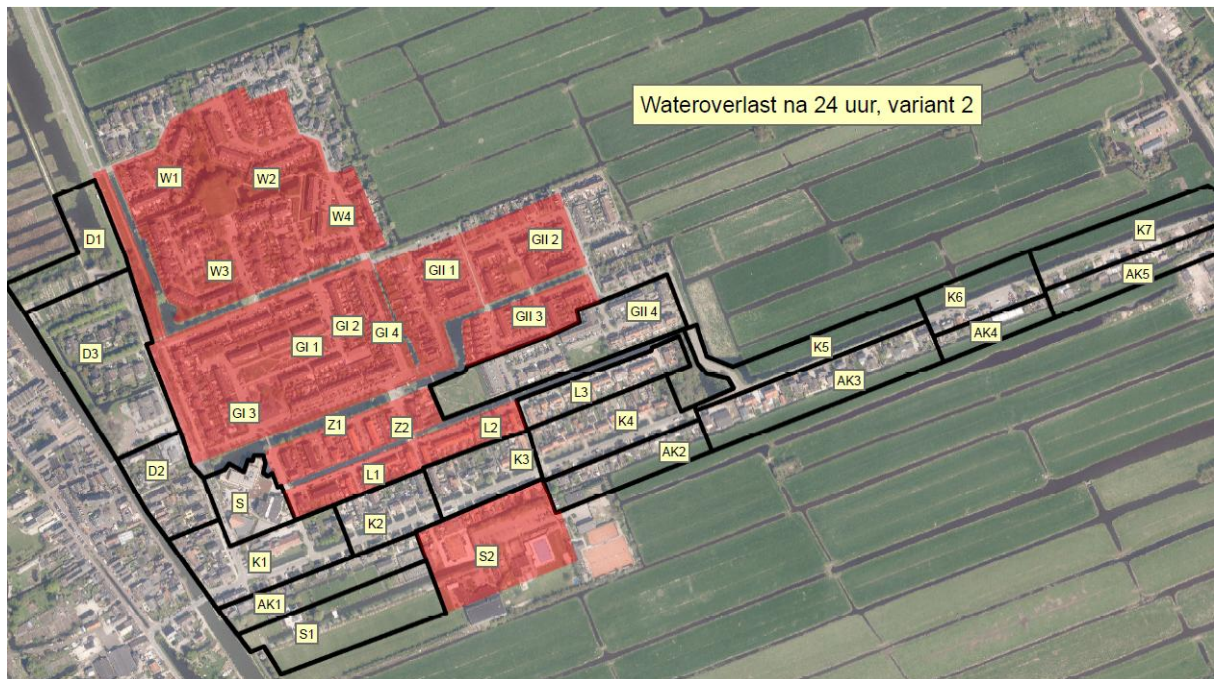
De maatregelen zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn ingebouwd in het model in Sobek. Vervolgens heeft Sobek aan de hand van de maatgevende bui (T=10) gesimuleerd hoeveel waterstandstijging er in het onderzoeksgebied plaatsvindt. In Tabel 5 staan de resultaten van deze simulatie. Dit zijn de gevalideerde resultaten zoals beschreven in paragraaf 5.1: Methode van verwerken resultaten uit Sobek. Per deelgebied is in de tabel te zien wat de hoogst berekende waterstand in de watergang is en hoe hoog deze waterstand is 24 uur na het optreden van wateroverlast. In bijlage 4 staan kaarten met de in Sobek berekende waterstanden. Op kaart 4E staan de waterstanden op het hoogtepunt van de wateroverlast en op kaart 4F de waterstanden 24 uur na het begin van de wateroverlast.

Met de maatregelen die bedacht zijn in deze variant kan niet overal voldaan worden aan de eis dat de wateroverlast binnen 24 uur verholpen is. Vooral in de wijken Groenlust I en II en rondom de van Zuylenweg staat er na 24 uur nog steeds water op straat. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat de pomp te ver weg van de meest kwetsbare gebieden staat en de capaciteit van deze pomp.

Deelgebied	Maaiveld- hoogte [m. NAP]	Hoogste waterstand [m. NAP]	Water op straat [cm]	Waterstand na 24 uur [m. NAP]	Water op straat [cm]	Overlast voorbij na 24 uur
Welgelegen 1	-1,80	-1,73	7	-1,74	6	Nee
Welgelegen 2	-1,80	-1,73	7	-1,74	6	Nee
Welgelegen 3	-1,80	-1,73	7	-1,74	6	Nee
Welgelegen 4	-1,80	-1,73	7	-1,74	6	Nee
Groenlust I 1	-1,85	-1,73	12	-1,74	11	Nee
Groenlust I 2	-1,85	-1,73	12	-1,74	11	Nee
Dreef 1	-1,40	-1,73	0	-1,74	0	Ja
Dreef 3	-1,60	-1,73	0	-1,74	0	Ja
Groenlust I 3	-1,85	-1,74	11	-1,76	9	Nee
Groenlust I 4	-1,85	-1,74	11	-1,75	10	Nee
Van Zuylenweg 1	-1,85	-1,74	11	-1,75	10	Nee
Schoolweg	-1,40	-1,74	0	-1,76	0	Ja
Groenlust II 1	-1,85	-1,74	11	-1,75	10	Nee
Groenlust II 2	-1,85	-1,74	11	-1,75	10	Nee
Groenlust II 3	-1,80	-1,74	6	-1,75	5	Nee
Van Zuylenweg 2	-1,80	-1,73	7	-1,76	4	Nee
Van Lockhorstweg 1	-1,80	-1,73	7	-1,76	4	Nee
Van Lockhorstweg 2	-1,80	-1,73	7	-1,76	4	Nee
Van Lockhorstweg 3	-1,75	-1,73	2	-1,77	0	Ja
Groenlust II 4	-1,70	-1,73	0	-1,77	0	Ja
Dreef 2	-1,20	-1,69	0	-1,72	0	Ja
Kerkweg 1	-1,70	-1,70	0	-1,72	0	Ja
Kerkweg 2	-1,75	-1,70	5	-1,75	0	Ja
Kerkweg 3	-1,75	-1,70	5	-1,76	0	Ja
Kerkweg 4	-1,75	-1,71	4	-1,77	0	Ja
Kerkweg 5	-1,75	-1,71	4	-1,77	0	Ja
Kerkweg 6	-1,75	-1,72	3	-1,78	0	Ja
Kerkweg 7	-1,70	-1,72	0	-1,78	0	Ja
Sportweg 1	-1,70	-1,72	0	-1,75	0	Ja
Sportweg 2	-1,80	-1,72	8	-1,75	5	Nee
Achter Kerkweg 1	-1,70	-1,72	0	-1,75	0	Ja
Achter Kerkweg 2	-1,70	-1,72	0	-1,75	0	Ja
Achter Kerkweg 3	-1,75	-1,72	3	-1,75	0	Ja
Achter Kerkweg 4	-1,75	-1,72	3	-1,75	0	Ja
Achter Kerkweg 5	-1,70	-1,72	0	-1,75	0	Ja

TABEL 5: RESULTATEN MODEL VARIANT 2, IN 2025

Ook in deze variant is er op het hoogtepunt van de neerslagperiode in bijna het hele onderzoeksgebied wateroverlast en ook op dezelfde locaties. Door de aanleg van de nieuwe duikers is de hoogste waterstand die bereikt wordt in de wijk Welgelegen lager dan in variant 1. Dit komt doordat het water naar het laagste punt stroomt. Het is dan ook te zien dat de hoogste waterstand in de aangrenzende gebieden hoger is, vergeleken met variant 1.



FIGUUR 18: LOCATIES MET WATER OP STRAAT, 24 UUR NA BEGIN WATEROVERLAST (VARIANT 2, IN 2025)

Wat opvalt is dat, 24 uur na het begin van de wateroverlast, alleen langs de Kerkweg de wateroverlast verholpen is. In de rest van het onderzoeksgebied is de waterstand weliswaar lager dan tijdens het hoogtepunt, maar staat er nog wel water op straat. Op Figuur 18 is duidelijk te zien op welke plekken na 24 uur nog water op straat staat. Dit zijn de rood gearceerde vlekken. De rest van de straten in het onderzoeksgebied zijn droog. Om de afbeelding overzichtelijker te houden zijn de deelgebieden zoals genoemd in Tabel 5 afgekort.

Dit heeft te maken met de pompcapaciteit en de afstanden die het water af moet leggen om bij de pomp te komen.

Doordat er maar één pomp geplaatst is, bij stuw 14, moet het water uit bijvoorbeeld de wijk Welgelegen een flinke afstand afleggen voordat het bij de pomp is en afgevoerd kan worden. Dit kost veel tijd en levert stremming op, waardoor het water niet snel genoeg verwerkt kan worden.

Daarnaast is de capaciteit van de pomp te klein. De pomp kan met 5 m³/min te weinig water verwerken om in het hele onderzoeksgebied een peilverlaging te bewerkstelligen. Bij de watergang waar de pomp in staat lukt dit nog redelijk (-1,77 m. NAP) maar in de rest van het gebied niet.

6.6 VARIANT 3: VOLDOEN AAN BELEID VAN VASTHOUDEN, BERGEN, AFVOEREN.

Bij het waterschap (en in de rest van Nederland) wordt het beleid aangehouden van vasthouden, bergen, afvoeren. Dit houdt in dat elk gebied probeert het overtollige water eerst in eigen gebied probeert vast te houden, vervolgens te bergen en pas als laatste af te voeren. Hiervoor is een norm opgesteld die zegt dat de maximale afvoer uit een stedelijk gebied 1,5 l/s/ha is. De rest moet opgevangen kunnen worden in het eigen gebied.

In de eerste twee varianten wordt hier niet aan voldaan doordat er maatregelen zijn getroffen die het overtollige water zo snel mogelijk het onderzoeksgebied uitvoeren. In variant 3 is gezocht naar een oplossing waarbij wel voldaan kan worden aan het beleid van vasthouden, bergen en afvoeren, met een maximale afvoernorm van 1,5 l/s/ha. Om dit mogelijk te maken is er gebruik gemaakt van een bergingsgebied. Dit heeft wel tot gevolg dat de kosten van de maatregelen in deze variant erg hoog zijn.

6.6.1 INGEPEN WATERSYSTEEM

Naast de maatregelen die zijn beschreven in paragraaf 5.1: Methode van verwerken resultaten uit Sobek, worden in variant 3 ook nog de volgende maatregelen getroffen. Alle maatregelen die getroffen worden voor variant 3 staan ook weergegeven op de kaart in bijlage 1G.

Bergingsgebied

In de eerste twee varianten wordt het overtollige water bij wateroverlast zo snel mogelijk het onderzoeksgebied uitgevoerd. Hiermee wordt niet voldaan aan het principe van vasthouden, bergen en afvoeren waar het waterschap aan wil voldoen. Met dit principe wordt voorkomen dat het ene gebied snel van zijn water af is en het naastliggende gebied daardoor in de problemen komt. Bij dit principe is afgesproken dat een gebied maximaal 1,5 l/s/ha mag afvoeren en de rest vast moet houden in het eigen gebied. In deze variant is geprobeerd om wel aan dit principe te voldoen met behulp van een bergingsgebied.

In hoofdstuk 3 zijn een aantal opties bekeken. Hieruit is naar voren gekomen dat alleen het bergen van overtollig water in een toekomstige overgangszone aan de rand van het onderzoeksgebied haalbaar is.

Deze overgangszone is een strook van gemiddeld 100 meter breed aan de rand van het onderzoeksgebied, met een totaal oppervlak van 13 ha.

Het idee van een bergingsgebied is dat er onder vrij verval snel water het gebied ingelaten kan worden als dat nodig is, zonder dat hier pompen voor nodig zijn. Omdat het huidige peilverschil tussen het onderzoeksgebied en het landelijk gebied maar 5 cm is, moet het peil in de overgangszone omlaag gebracht worden. Dit is ook nodig om voldoende capaciteit in het bergingsgebied te creëren.

Als gerekend wordt met een bui die statistisch gezien een keer in de 10 jaar voor komt (65 mm in 48 uur), moet het bergingsgebied 15.000 m³ water kunnen bergen. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er 15 mm in het onderzoeksgebied zelf kan worden geborgen en dat er voldaan wordt aan de maximale afvoer van 1.5 l/s/ha. Het is namelijk niet mogelijk om al het regenwater, zonder iets af te voeren, op te slaan in het bergingsgebied. De waterstand moet dan dusdanig worden verlaagd, dat het verschil in de grondwaterstanden tussen het onderzoeksgebied, het bergingsgebied en de weilanden om het bergingsgebied te groot wordt.

Om dit volume te kunnen bergen in het bergingsgebied en het water hier onder vrij verval in te kunnen lozen, zal het waterpeil in het bergingsgebied omlaag gebracht moeten worden ten opzichte van het huidige peil. Dit is -1,90 m NAP zomerpeil en -2,0 m NAP winterpeil. Om te voorkomen dat beschoeiingen wegzakken of dat er problemen met de funderingen aan de rand van het onderzoeksgebied ontstaan, wordt er aan de rand van het onderzoeksgebied een ander peil aangehouden dan aan de 'buitenkant' het bergingsgebied. Aan de kant van de bebouwing wordt een vast peil aangehouden van -2 m NAP. Aan de buitenkant van het bergingsgebied wordt in de watergangen een peil aangehouden van -2,20 m. NAP. Via peilscheidingsdammen met een hoogte van -2 m NAP kunnen deze twee peil in stand gehouden worden, maar kan het water wel gemakkelijk over de dammen heen de rest van het bergingsgebied instromen.

Er wordt vanuit gegaan dat er in het bergingsgebied een gemiddelde drooglegging zal zijn van 15 cm en dat 35 % open water is.

In de waterpartijen in het bergingsgebied kan dan _____ water geborgen worden. De rest (_____) van het water zal inunderen over het land heen. Dit geeft een extra waterschijf van _____

Dat geeft een totale waterstandstijging van 21 cm t.o.v. het streefpeil.

Uitgaande van het streefpeil van -2,20 m NAP geeft dit een hoogste waterstand van -2,01 m NAP en kan er nog steeds onder vrij verval geloosd worden.

Aanpassen vaste dam

Om ervoor te zorgen dat ook het water in de watergang langs de Kerkweg gemakkelijk afgevoerd kan worden naar het bergingsgebied wordt de vaste dam die nu als vaste peilscheiding dient tussen het peilgebied van het dorp (Figuur 19: vaste dam langs Kerkweg) en het landelijk gebied aangepast tot een vaste overlaat. Door een aantal palen in de dam (deze zitten 'in' de kunststof planken) dieper in de bodem te drukken, met als overloophoogte van -1,85 m. NAP ontstaat er een vaste overlaat en kan het water onder vrij verval in het bergingsgebied lozen.



FIGUUR 19: VASTE DAM LANGS KERKWEG

6.6.2 LOCATIE EN INREGELING POMP

Als het bergingsgebied vol is gelopen na een flinke regenbui moet ook dit water uiteindelijk afgevoerd worden op de aangrenzende polder zodat gemaal de Tol het kan wegpompen op de Grote Heicop. Aangezien het streefpeil van de aangrenzende polder hoger is dan het streefpeil in het bergingsgebied, zal dit met een pomp moeten gebeuren. Deze pomp komt aan de rand van het bergingsgebied te staan. Op deze locatie zijn geen stroomvoorzieningen aanwezig. Deze voorzieningen zullen dus aangelegd moeten worden. Net als in de eerste twee varianten wordt gebruik gemaakt van de vopo pomp met een debiet van 5 m³/min. waar HDSR al over beschikt.

In normale situaties houdt deze pomp het bergingsgebied op het streefpeil (aan de rand van het gebied) van -2,20 m. NAP Dit gaat door middel van een vlottersysteem, gemonteerd aan de pomp. De pomp slaat aan als het oppervlaktewaterpeil boven -2,15 m. NAP komt en slaat weer uit als het oppervlaktewaterpeil gezakt is onder -2,23 m NAP.

6.6.3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN VARIANT 3

De maatregelen zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn ingebouwd in het model in Sobek. Vervolgens heeft Sobek aan de hand van de maatgevende bui (T=10) gesimuleerd hoeveel waterstandstijging er in het onderzoeksgebied plaatsvindt. In Tabel 6 staan de resultaten van deze simulatie. Dit zijn de gevalideerde resultaten zoals beschreven in paragraaf 5.1: Methode van verwerken resultaten uit Sobek. Per deelgebied is in de tabel te zien wat de hoogst berekende waterstand in de watergang is en hoe hoog deze waterstand is 24 uur na het optreden van wateroverlast. In bijlage 4 staan kaarten met de in Sobek berekende waterstanden. Op kaart 4G staan de waterstanden op het hoogtepunt van de wateroverlast en op kaart 4H de waterstanden 24 uur na het begin van de wateroverlast.

Als gekeken wordt naar de uitgangspunten om de wateroverlast zo veel mogelijk te beperken en als er wateroverlast ontstaat deze zo snel mogelijk te beperken zijn de resultaten van variant 3 het beste. In een enkel deelgebied is tijdelijk sprake van wateroverlast, maar wordt al snel verholpen. Dit komt doordat het water snel en gemakkelijk af kan stromen naar het bergingsgebied.

Deelgebied	Maaiveld- hoogte [m. NAP]	Hoogste waterstand [m. NAP]	Water op straat [cm]	Waterstand na 24 uur [m. NAP]	Water op straat [cm]	Overlast voorbij na 24 uur
Welgelegen 1	-1,80	-1,78	2	-1,80	0	Ja
Welgelegen 2	-1,80	-1,78	2	-1,80	0	Ja
Welgelegen 3	-1,80	-1,78	2	-1,80	0	Ja
Welgelegen 4	-1,80	-1,76	4	-1,77	3	Nee
Groenlust I 1	-1,85	-1,78	7	-1,85	0	Ja
Groenlust I 2	-1,85	-1,76	9	-1,77	8	Nee
Dreef 1	-1,40	-1,75	0	-1,75	0	Ja
Dreef 3	-1,60	-1,78	0	-1,80	0	Ja
Groenlust I 3	-1,85	-1,83	2	-1,85	0	Ja
Groenlust I 4	-1,85	-1,84	1	-1,86	0	Ja
Van Zuylenweg 1	-1,85	-1,83	2	-1,85	0	Ja
Schoolweg	-1,40	-1,83	0	-1,85	0	Ja
Groenlust II 1	-1,85	-1,84	1	-1,86	0	Ja
Groenlust II 2	-1,85	-1,84	1	-1,86	0	Ja
Groenlust II 3	-1,80	-1,84	0	-1,86	0	Ja
Van Zuylenweg 2	-1,80	-1,77	3	-1,80	0	Ja
Van Lockhorstweg 1	-1,80	-1,77	3	-1,80	0	Ja
Van Lockhorstweg 2	-1,80	-1,77	3	-1,80	0	Ja
Van Lockhorstweg 3	-1,75	-1,77	0	-1,80	0	Ja
Groenlust II 4	-1,70	-1,77	0	-1,80	0	Ja
Dreef 2	-1,20	-1,70	0	-1,73	0	Ja
Kerkweg 1	-1,70	-1,72	0	-1,75	0	Ja
Kerkweg 2	-1,75	-1,73	2	-1,79	0	Ja
Kerkweg 3	-1,75	-1,74	1	-1,79	0	Ja
Kerkweg 4	-1,75	-1,74	1	-1,79	0	Ja
Kerkweg 5	-1,75	-1,75	0	-1,79	0	Ja
Kerkweg 6	-1,75	-1,75	0	-1,80	0	Ja
Kerkweg 7	-1,70	-1,75	0	-1,80	0	Ja
Sportweg 1	-1,70	-1,75	0	-1,79	0	Ja
Sportweg 2	-1,80	-1,76	4	-1,79	1	Ja
Achter Kerkweg 1	-1,70	-1,76	0	-1,79	0	Ja
Achter Kerkweg 2	-1,70	-1,76	0	-1,79	0	Ja
Achter Kerkweg 3	-1,75	-1,74	1	-1,79	0	Ja
Achter Kerkweg 4	-1,75	-1,74	1	-1,79	0	Ja
Achter Kerkweg 5	-1,70	-1,73	0	-1,79	0	Ja

TABEL 6: RESULTATEN MODEL VARIANT 3, IN 2025

24 uur na het begin van de wateroverlast staat er nog maar op twee locaties water op straat. Dit zijn de deelgebieden Groenlust I 2 en Welgelegen 4. Dit komt doordat het stuk watergang waar deze deelgebieden het water op afvoeren aan één kant doodloopt en er aan de andere kant een smalle duiker van 12 cm doorsnede zit.

7 KOSTEN-BATENANALYSE

De resultaten van de variantenstudie kunnen nu vergeleken worden door middel van een kosten-batenanalyse. Aan de hand van een kosten-batenanalyse kan een gedegen keuze gemaakt worden tussen de varianten voor het definitief ontwerp met een goede afweging tussen de kosten en de effectiviteit van een variant. In paragraaf 7.1 is de analysemethode beschreven. Vervolgens is in paragraaf 7.2 gekeken naar de uitgangspunten van deze analyse en een onderbouwing van de kosten. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk zijn de resultaten van de kosten-batenanalyse beschreven.

7.1 BESCHRIJVING ANALYSE METHODE

De methode van de kosten-batenanalyse die gebruikt is in dit onderzoek is afgeleid van de methode die door HDSR zelf is opgesteld en gebruikt wordt om voor grotere projecten een goede afweging te maken tussen verschillende varianten.

In deze methode worden de verschillende varianten tegen elkaar en een nulalternatief afgezet. Dit nulalternatief laat zien wat de gevolgen zijn (met name voor de baten) als er niets aan het probleem gedaan wordt. Vervolgens zijn daarnaast de kosten en baten van de verschillende alternatieven te zien.

De kosten zijn in de analyse per maatregel uitgedrukt in euro's. In deze kosten zijn ook de voorbereidingskosten, ontwerpkosten en onderhoudskosten meegenomen. Met hulp een projectleider van het Ingenieursbureau van HDSR is een reële inschatting gemaakt van deze kosten. In staan van elke variant de totale kosten weergegeven. In bijlage 5 staat een meer gedetailleerde kostenspecificatie.

De toetsing van de baten is onderverdeeld in twee delen met verschillende factoren waaraan getoetst is. In het eerste deel staan de factoren die HDSR algemeen als doelen stelt aan haar werkzaamheden en welke effecten de alternatieven hebben op verschillende vlakken (onder andere economie, milieu en maatschappij). Deze zijn voor dit onderzoek niet altijd goed meetbaar doordat het project daar te kleinschalig voor is of de gebruiksperiode te kort. Dit is aangegeven in de tabellen van de analyse.

In het tweede deel zijn de factoren opgesteld waaraan de alternatieven zijn getoetst ten behoeve van de doelstelling van de tijdelijke maatregelen. Hierin wordt getoetst aan de uitgangspunten en randvoorwaarden die zijn opgesteld in paragraaf 6.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden.

De baten krijgen per onderdeel een score toebedeeld. De laagste score die gegeven kan worden is – en de hoogste ++. Daartussen liggen de scores -, 0 en +.

7.2 UITGANGSPUNTEN KOSTEN-BATENANALYSE

In Tabel 7: Resultaten kosten-batenanalyse (paragraaf 7.3) zijn de varianten getoetst aan de verschillende baten. Zoals gesteld in paragraaf 7.1 is een gedeelte van deze baten afkomstig vanuit de beleidsdoelen van HDSR en een gedeelte afkomstig van de doelen van de tijdelijke voorziening. In deze paragraaf worden de afzonderlijke baten nader verklaard

Doelen HDSR

Veilige dijken

Eén van de doelen van HDSR is dat de dijken in haar werkgebied voldoen aan de gestelde normen. Aangezien er niets gedaan wordt aan de dijk (van de Bijleveld) in het onderzoeksgebied en er geen maatregelen getroffen worden die invloed hebben op deze dijk, is deze factor niet van toepassing in de analyse

Voldoende water

Bij deze factor wordt getoetst of de alternatieven voldoen aan de normen voor voldoende water in het watersysteem, opgesteld in het Nationaal Bestuursakkoord Water. Aangezien er voldoende inlaatmogelijkheden zijn vanuit de boezem en er in dit onderzoek alleen gekeken wordt naar de problematiek met betrekking tot wateroverlast (dit punt komt verderop aan de orde) is ook deze factor niet van toepassing.

Schoon water

Het waterschap heeft als doelstelling er voor te zorgen dat de waterkwaliteit in haar werkgebied goed genoeg is. In dit onderzoek zijn geen maatregelen getroffen met als doel het verbeteren van de waterkwaliteit. Wel kunnen de maatregelen er voor zorgen dat er minder water op straat komt te staan, waardoor er ook minder afvalwater uit het riool op straat en in de watergangen terecht komt. De mate waarin de alternatief hier invloed op heeft wordt getoetst bij deze factor.

Waterketen

Ook deze factor is niet van toepassing voor dit onderzoek. Deze factor heeft als doel het streven naar doelmatigheid door samenwerking in de afvalwaterketen. Aangezien er geen ingrepen in de afvalwaterketen worden gedaan, is deze factor niet van invloed.

Klimaat

De bedrijfsvoering van het waterschap is gericht op duurzaamheid. HDSR wil de bijdrage aan klimaatverandering minimaliseren (reductie CO₂). Voor dit onderzoek heeft deze factor betrekking op de energievoorziening van de maatregelen en het (her)gebruik van materialen.

Leefomgeving

De toegepaste maatregelen in de alternatieven kunnen positieve en/of negatieve gevolgen hebben op het milieu. In dit onderzoek moet hierbij voornamelijk gedacht worden aan verbetering of verslechtering van de waterkwaliteit, flora en fauna bij het verbinden of juist afsluiten van watergangen.

Overige effecten

Economie

Bij deze factor wordt getoetst of de uitvoering van de alternatieven invloed hebben op het functioneren van bijvoorbeeld de land- en tuinbouwsector, de watersector of recreatie.

Schade

Bij deze factor wordt getoetst of er door uitvoering van de maatregelen schade kan ontstaan bij huishoudens, bedrijven, openbare ruimte of gezondheid. Dit is voor dit onderzoek niet van toepassing, omdat de maatregelen zelf geen invloed hebben op de omgeving. Een pomp of schot kan immers zelf geen schade aanrichten. De wateroverlast die ontstaat door de neerslag wel, maar dat wordt bij een ander factor getoetst.

Risico

Aan het uitvoeren van maatregelen kunnen risico's verbonden zijn met betrekking tot de uitvoering zelf (bijvoorbeeld vertraging of kans op schade tijdens het werk) en de financiering (de kans dat het project duurder wordt dan begroot).

Imago waterschap

Het waterschap wil ambitie in samenleving zichtbaar maken. Bij deze factor wordt getoetst wat de uitvoering van de alternatieven betekent voor het imago van het waterschap. Voor dit onderzoek gaat het hierbij met name om hoe goed en snel de wateroverlast verholpen wordt en in hoeverre de inwoners last zullen ondervinden van het uitvoeren van de maatregelen.

Samenwerking

Bij deze factor wordt gekeken of er samenwerking plaatsvindt met andere partijen, met als doel een grotere efficiëntie (werk met werk maken). Hier is geen sprake van in de alternatieven en dus niet van toepassing.

Effecten voorziening

Voorkomen/beperken wateroverlast

Het is geen eis aan de tijdelijke voorziening, maar het is uiteraard een voordeel als de voorziening wateroverlast kan voorkomen of in ieder geval de mate waarin wateroverlast plaatsvindt kan verminderen. Bij deze factor wordt getoetst in hoeverre de voorziening hier aan kan voldoen.

Snelheid verwerken wateroverlast

Een van de eisen aan de tijdelijke voorziening is dat op het moment dat er sprake is van wateroverlast in het onderzoeksgebied, deze wateroverlast binnen 24 uur verholpen is.

Ingebruikname tijdelijke voorziening

Als uitgangspunt is gesteld dat de voorziening in het voorjaar van 2015 in gebruik genomen kan worden. Als dit eerder kan is dat uiteraard een voordeel. Bij deze factor wordt getoetst of het alternatief op tijd inzetbaar is.

7.3 RESULTATEN KOSTEN-BATENANALYSE

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de kosten-batenanalyse te zien. In paragraaf 7.3.1 is de motivatie achter de gegeven scores te lezen

uitkomsten kosten-batenanalyse				
Kosten (looptijd 10 jaar)				
	0-alternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Initiële investeringen	€ 0	€ 12.700	€ 53.600	€ 1.380.400
Jaarlijkse kosten	€ 8.900	€ 2.300	€ 0	€ 0
Totale kosten	€ 89.000	€ 35.700	€ 53.600	€ 1.380.400
Effecten				
	0-alternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Doelen HDSR				
Veilige dijken	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Voldoende water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Schoon water	--	0	0	+
Waterketen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Klimaat	--	0	+	+
Leefomgeving	--	0	+	++
Overige effecten				
Economie	0	0	0	--
Schade	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Risico	n.v.t.	+	-	--
Imago waterschap	--	++	+	++
Samenwerking	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Effecten voorziening				
Voorkomen/beperken wateroverlast	--	-	-	+
Snelheid verwerken wateroverlast	--	+	-	++
In gebruik name voorziening	n.v.t.	++	+	--

TABEL 7: RESULTATEN KOSTEN-BATENANALYSE

7.3.1 MOTIVATIE BIJ TOEGEKENDE SCORES

Schoon water

Bij variant 1 en 2 is er op het hoogtepunt van de neerslagsituatie sprake van wateroverlast in de gebieden met een gemengd rioleringsstelsel. Hierdoor bestaat de kans dat er afvalwater op straat en in de watergangen terecht komt. Bij variant 3 is dit zo goed als niet het geval.

Klimaat

In variant 1 wordt gebruik gemaakt van een dieselpomp. Dit maakt de variant door uitstoot van uitlaatgassen minder duurzaam. In alle varianten worden dezelfde materialen toegepast en geen van deze materialen gaan ten koste van de duurzaamheid.

Leefomgeving

In variant 2 worden twee doodlopende watergangen met elkaar verbonden. Dit bevordert doorspoeling en verversing van de watergangen en daarmee de waterkwaliteit.

In variant 3 liggen veel kansen om het bergingsgebied op zo'n manier in te richten dat er een grote verscheidenheid aan flora en fauna in het gebied te creëren is.

Economie

Op dit moment heeft de locatie van het bergingsgebied (variant 3) een agrarische functie. Door aanleg van dit gebied verdwijnt deze functie en daarmee ook de economische waarde die het gebied heeft.

Risico

In variant 1 zijn het aantal ingrepen en de kosten die hieraan verbonden zijn gering. Dat maakt dat er ook weinig risico's verbonden zijn aan deze variant. In variant 2 worden twee duikers aangelegd. Het risico bij de aanleg van deze duikers is dat er kabels en leidingen in de grond zitten, wat de aanleg kan vertragen. Ook is het risico op schade (aan deze leidingen) tijdens het werk groter. Door de hoge kosten van de aanleg van het bergingsgebied in variant 3 is ook het risico dat de aanleg hiervan duurder uit gaat vallen dan begroot erg groot. De kans op tegenvallers door de omvang van het project is groot.

Imago waterschap

Niets doen is zeer slecht voor het imago van het waterschap. De boodschap van droge voeten, die het waterschap uitdraagt, wordt zeer sceptisch opgevat.

Variant 1 is doeltreffend, goedkoop en geeft zeer geringe overlast voor de inwoners tijdens de aanleg.

Variant 2 geeft meer overlast aan de inwoners door de aanleg van twee nieuwe duikers. Hierdoor kunnen mensen wellicht tijdelijk niet goed bij hun huizen komen. Ook blijft er bij deze variant langer water op straat staan.

Variant 3 zorgt ervoor dat er bijna geen wateroverlast meer plaats zal vinden in het onderzoeksgebied (bij een statistische gebeurtenis die eens in de tien jaar voorkomt). Daarnaast kan het bergingsgebied de leefwaarde (extra natuur) in Kockengen vergroten. De hoge kosten kunnen het imago van het waterschap wel schaden.

Voorkomen/beperken wateroverlast

Alleen variant 3 zorgt ervoor dat de wateroverlast aanzienlijk beperkt wordt. In de ander varianten ontstaat er alsnog wateroverlast.

Snelheid verwerken wateroverlast

In variant 1 en 3 zijn binnen 24 uur na het ontstaan van wateroverlast de straten weer droog. In variant 1 zal er in de wijk Welgelegen na 24 uur nog wel water op straat staan. Dit hangt er echter vanaf of de verwachte bodemdaling ook daadwerkelijk zal plaatsvinden. Als dit niet het geval is, zal er minder of geen wateroverlast zijn. Als de verwachte bodemdaling wel zal doorzetten is er alleen in de laatste jaren van de gebruikperiode van de tijdelijke voorziening wateroverlast. In variant 2 en het O-alternatief is er sowieso na 24 uur nog sprake van wateroverlast.

Ingebruikname voorziening

Variant 1 en 2 kunnen binnen de gestelde tijd in gebruik genomen worden. Variant 1 zelfs sneller doordat de ingrepen door HDSR zelf uitgevoerd kunnen worden zonder tussenkomst van een aannemer. Door de aanleg van het bergingsgebied zal variant 3 pas na enkele jaren in gebruik genomen kunnen worden, doordat er een lange ontwerp- en uitvoeringsfase nodig is (de aanschafprocedure van de grond wordt hierbij nog buiten beschouwing gelaten).

7.4 CONCLUSIE KOSTEN-BATENANALYSE

Uit de resultaten van de kosten-batenanalyse komt naar voren dat variant 1 de beste variant is om uit te voeren. Deze variant brengt de laagste kosten (€ 37.500) met zich mee, maar levert tegelijkertijd ook de grootste baten op. In Tabel 8 is een verdeling weergegeven van de verschillende scores per variant. Hieruit valt op te maken dat variant 1 over de hele linie gezien het beste scoort. Variant 3 heeft weliswaar meer positieve scores, maar ook drie zeer negatieve.

	Aantal - -	Aantal -	Aantal 0	Aantal +	Aantal ++
O-variant	6	0	1	0	0
Variant 1	0	1	4	2	2
Variant 2	0	3	2	4	0
Variant 3	3	0	0	3	3

TABEL 8: VERDELING SCORES KOSTEN-BATENANALYSE

Variant 2 is een stuk minder effectief dan variant 1 en de kosten van deze variant liggen (met name door de aanleg van twee nieuwe duikers) hoger. Door gebruik van een pomp met grotere capaciteit is de effectiviteit van variant 2 te verhogen, maar de kosten zullen dan nog hoger uitvallen doordat er een nieuwe pomp aangeschaft zal moeten worden (ca. €15.000). Daarmee is door de lange afstand die het water naar de pomp moet afleggen nog niet gegarandeerd dat de wateroverlast op tijd verholpen zal zijn.

Variant 3 is door de zeer hoge kosten en de tijd die nodig is om het bergingsgebied te realiseren niet haalbaar. Het geeft wel aan dat er technische mogelijkheden in Kockengen zijn om de waterhuishouding zo in te richten dat er voldaan kan worden aan het beleid van vasthouden, bergen en afvoeren.

8 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Voorkeurvariant

De doelstelling van dit onderzoek was het bedenken van een pakket van verschillende maatregelen, waarmee de wateroverlast in Kockengen de komende tien jaar, met minimale (financiële) ingrepen, beperkt kan worden.

Variant 1 voldoet het best aan deze doelstelling en is daarom gekozen als voorkeursvariant.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de wateroverlast in het grootste gedeelte van het onderzoeksgebied binnen 24 uur verholpen kan worden met dit maatregelenpakket. Bij een piekbui van 27 mm in een uur laten de resultaten zien dat er tijdelijk wateroverlast plaats zal vinden. De mate van deze overlast is echter een stuk lager in vergelijking met de andere varianten, of als er niets wordt gedaan. Variant 3 scoort wel beter op dit punt, maar de exponentieel hoge kosten van deze variant wegen niet op tegen de resultaten.

Variant 2 is niet gekozen omdat uit de modelberekeningen blijkt dat deze variant niet effectief genoeg is om de wateroverlast binnen 24 uur te verwerken. Daarnaast zijn de kosten van variant 2 hoger dan variant 1.

Bij de keuze van variant 1 als voorkeurvariant moet wel de kanttekening geplaatst worden dat de wijk Welgelegen in feite niet mee wordt genomen in de tijdelijke voorziening en dat hier (als de verwachte bodemdaling ook plaats zal vinden) alsnog langer dan 24 uur water op straat zal staan.

Samenvatting te nemen maatregelen

- Pomp 1 (elektrisch, 5 m³/min) plaatsen bij stuw 15
- Inregeling stuw 15 aanpassen
- Opstelplaats voor pomp 2 (mobiele dieselpomp, 5m³/min) bij duiker 14 aanleggen
- Stuw 4, 5, 10 en 14 afsluitbaar maken
- Stuw 12 permanent dicht zetten

Aanbevelingen voorkeurvariant

Met een aantal extra maatregelen kan de effectiviteit van de voorkeurvariant vergroot worden. Zo kan er onder andere voor gezorgd worden dat ook in de wijk Welgelegen in de toekomst de wateroverlast verholpen kan worden.

Verbinding tussen watergang langs Prinses Beatrixweg en Prins Bernhardweg

De gemeente Stichtse Vecht heeft in het uitvoeringsprogramma Kockengen Waterproof (Grontmij, 2014) een volgorde opgesteld waarin de straten en tuinen van Kockengen in delen worden opgehoogd (Figuur 21). In deze volgorde zijn de deelgebieden Van Zuylenweg (fase 1), van Lockhorstweg (fase 2) en Groenlust I (fase 3) als eerste aan de beurt en is de planning dat deelgebied Groenlust I halverwege 2016 opgehoogd zal zijn.



FIGUUR 21: OPTIMALISATIE VOORKEURVARIANT INGEPAST IN MOGELIJKE PLANNING OPHOGEN DEELGEBIEDEN
(GRONTMIJ, 2014)

Tijdens de werkzaamheden van de gemeente Stichtse Vecht is HDSR van plan om gelijk de duikers waar nodig te vervangen en/of vergroten. Tijdens de uitvoering van fase 3, het ophogen van deelgebied Groenlust I, kan de aanleg van de nieuwe duiker zoals beschreven in variant 2 (paragraaf 6.5.1) meegenomen worden in het werk. Hiermee ontstaat een verbinding tussen de watergangen in de wijk Welgelegen en Groenlust I en Groenlust II (waar pomp 2 in staat). Daarmee kan in de toekomst de wateroverlast in de wijk Welgelegen ook verholpen worden, zonder dat er veel extra kosten gemaakt hoeven te worden. HDSR hoeft dan alleen een duiker aan te schaffen (geschatte kosten € 6.500).

Pomp 2

In variant 1 is er vanuit gegaan dat pomp 2 een pomp is die door HDSR ingehuurd en geplaatst wordt. Dit is een kwetsbaar punt van de variant, omdat de plaatsing hiervan tijd kost en door onvoorziene omstandigheden vertraging op kan lopen, waardoor er langer water op straat zal blijven staan.

De brandweer van Kockengen heeft een noodpomp in bezit die opgeslagen staat in de kazerne in het onderzoeksgebied. Door gebruik te maken van deze pomp kan de vertraging van het plaatsen van een pomp beperkt worden. De brandweer heeft al aangeboden op dit punt samen te willen werken met HDSR. HDSR dient hiervoor nog wel in gesprek te gaan met de brandweer om vast te stellen of de pompcapaciteit voldoende is. Vervolgens kan samen met de brandweer een procedure opgesteld worden wie de pomp moet plaatsen en hoe de pomp geplaatst moet worden.

9 LITERATUURLIJST/BRONNEN

Centraal bureau voor de Statistiek, 2013. *bevolking en huishoudens; viercijferige postcode, 1 januari 2013*.

[Online]

Available at: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=82245ned&D1=0,63-70&D2=1127&VW=T>

[Geopend 15 februari 2014].

Cultuurtechnische vereniging, 1988. *Cultuurtechnisch vademecum*, Utrecht: Brouwerij offset B.V..

Grontmij, 2014. *Masterplan Dorp, uitvoeringsprogramma - versie 2014*, Houten: sn

HDSR, 2011. *Beleidsnotat peilbeheer, basis voor opstellen en uitvoeren peibesluiten en watergebiedsplannen*, Houten: sn

KNMI, 2013. *Neerslagstatistiek*, De Bilt: sn

Kockengen Waterproof, 2013. *Kockengen Waterproof, proeftuinen voor klimaatadaptatie bestaande stad 2013*, Stichtse Vecht: sn

Plaatsengids.nl, 2013. *plaatsengids Kockengen*. [Online]

Available at: <http://www.plaatsengids.nl/kockengen>

[Geopend 15 februari 2014].

Provincie Utrecht, 2013. *natuurdoeltypenkaart*, sl: sn

Tauw, 2011. *Kockengen Waterproof, Inventarisatie bodemdaling en invulling zorgplicht Grondwater.*, Utrecht: sn

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, 2012. *natuurkennis.nl*. [Online]

Available at:

<http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=2&niveau=4&subgroep=103&subsubgroep=1007&subsubsubgroep=410&deel=bedr>

[Geopend 21 mei 2014].

10 BIJLAGEN

Bijlage 1: kaarten

- 1A. Afvoergebied
- 1B. Peilgebieden Dorp
- 1C. Stuwen & Inlaten
- 1D. Duikers
- 1E. Maatregelen variant 1
- 1F. Maatregelen variant 2
- 1G. Maatregelen variant 3

Bijlage 2: Inventarisatie kunstwerken

Bijlage 3: Beschrijving model

Bijlage 4: Resultaten modelberekeningen

- 4A. Verdeling oppervlakten voor Sobek
- 4B. Resultaten modelberekening: huidige situatie
- 4C. Resultaten modelberekening: Variant 1. hoogste waterstand
- 4D. Resultaten modelberekening: Variant 1. Waterstand na 24 uur
- 4E. Resultaten modelberekening: Variant 2. hoogste waterstand
- 4F. Resultaten modelberekening: Variant 2. Waterstand na 24 uur
- 4G. Resultaten modelberekening: Variant 3. hoogste waterstand
- 4H. Resultaten modelberekening: Variant 3. Waterstand na 24 uur

Bijlage 5: kostenspecificatie