



KLIMAATBESTENDIG OUD KRIMPEN

Eindrapport

Opdrachtgever:
Technisch Bureau in de
Krimpenerwaard

Bedrijfsbegeleiders:
Robbert Kamphorst &
Jeroen van den Nouweland

Begeleidend docent:
Wim de Ruijter

Student:
Daniël van Dam 0878124

Datum: 13-06-2017
Versie: Definitief

Voorwoord

Voor u ligt het resultaat van het afstudeeronderzoek “Klimaatbestendig ontwerpen Oud Krimpen” waar ik vanaf februari 2017 tot en met juni 2017 met plezier aan gewerkt heb bij het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard. Het Technisch Bureau wil met dit rapport de problemen binnen de desbetreffende wijk oplossen en verwacht hier ook gebruik van te kunnen gaan maken in andere wijken.

Het resultaat van dit onderzoek bevat een aantal aanbevelingen wat betreft het klimaatbestendig ontwerpen van een bestaande woonwijk. Allereerst wordt een aanbeveling gedaan over richtlijnen waarop een bestaande woonwijk getoetst zou moeten worden. Hierna wordt een aanbeveling gedaan over aan te brengen voorzieningen om regenwater binnen de wijk beter te kunnen verwerken. Als laatste wordt aanbevolen verder onderzoek te doen naar een aantal aspecten. Ik ben tevreden met het eindresultaat omdat ik een bruikbaar onderzoeksrapport afgeleverd heb waar ook het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard tevreden over is.

Het bepalen van richtlijnen waarop de bestaande wijk getoetst moet worden was erg lastig tijdens het onderzoek. De keuze voor een toetsbui moet door de gemeente gemaakt worden op basis van een risico analyse. Dit houdt in dat de gemeente moet bepalen bij welke hoeveelheid neerslag overlast/schade niet acceptabel is en bij welke hoeveelheid neerslag wel. Dit is tot op heden nog niet bepaald. Er zijn verschillende buien bekeken welke allemaal verschilden in neerslaghoeveelheid, extremitet en herhalingstijd. Uiteindelijk is er voor één definitieve extreme bui gekozen. Al snel bleek dat dit eigenlijk een te grote bui is om de wijk op te ontwerpen. Echter kon er geen andere bui aangehouden worden aangezien mijn doel tijdens dit onderzoek het klimaatbestendig ontwerpen van de wijk was. Bij een kleinere neerslaghoeveelheid was dit niet het geval geweest. Zo ontstond er een tweestrijd tussen het feit dat de wijk klimaatbestendig dient te worden en wat realistisch is voor de wijk.

Tijdens mijn onderzoek ben ik ondersteund door een aantal mensen die ik graag wil bedanken. Ik wil mijn begeleiders Jeroen van den Nouweland en Robbert Kamphorst van het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard bedanken voor de begeleiding en vrijheid die ik heb gekregen tijdens mijn afstuderen. Verder wil ik Ruben Dijkstra van het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard bedanken omdat ik bij hem terecht kon wanneer ik vragen had op het gebied van riolering, neerslag, ontwerp en klimaatbestendigheid. Ook Sven van Wingerden wil ik graag bedanken omdat ik altijd bij hem terecht kon met vragen en omdat hij altijd met mij mee wilde denken. Daarnaast wil ik mijn begeleidend docent Wim de Ruijter bedanken.

Als laatste wil ik alle medewerkers binnen het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard bedanken voor de plezierige tijd die ik gehad heb tijdens mijn afstudeerperiode.

Samenvatting

Binnen dit onderzoeksrapport zal onderzoek gedaan worden om een probleem welke zich voordoet in Oud Krimpen te verhelpen. Dit is een bestaande woonwijk en is gelegen in Krimpen aan den IJssel. Het probleem binnen deze wijk is dat er snel wateroverlast optreedt als gevolg van neerslag.

In de nacht van 23 juni 2016 heeft een extreme regenbui voor veel wateroverlast gezorgd binnen Oud Krimpen. Schuurtjes, kelders en zelfs woonkamers hebben deze nacht onder water gestaan. Met het oog op de toekomstige klimaatveranderingen wordt de kans op voorkomen groter. Vanuit de gemeente Krimpen aan den IJssel is daarom de vraag gesteld aan het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard (TBK) om de wijk te onderzoeken en te bekijken of deze wijk klimaatbestendig ingericht kan worden. Deze vraag is omgezet tot de volgende onderzoeksvraag:

“Waar moet de bestaande woonwijk Oud Krimpen in het jaar 2050 aan voldoen, en hoe moet deze worden gerealiseerd, om klimaatbestendig te zijn wat betreft de waterhuishouding?”

De bijbehorende deelvragen komen terug in de inleiding van dit onderzoeksrapport.

Het hoofddoel van dit onderzoek is een oplossing vinden voor Oud Krimpen waarbij de wijk op het gebied van waterhuishouding klimaatbestendig ingericht kan worden en de kans op water in woningen acceptabel is. Daarnaast is het doel van dit onderzoek inzicht te krijgen in verschillende oplossingen voor een wijk en de effecten hiervan. Als laatste doel heeft dit onderzoek het opstellen/aanbevelen van richtlijnen ten behoeve van het (klimaatbestendig) ontwerpen van een woonwijk op extreme regenval.

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is zowel gebruik gemaakt van deskresearch als van fieldresearch. Er is online literatuur geraadpleegd en het archief van het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard en de gemeente Krimpen aan den IJssel zijn ook meerdere malen geraadpleegd. Daarnaast zijn er ook metingen uitgevoerd in de wijk. Met behulp van deze onderzoeksmethoden is een bruikbaar onderzoeksrapport opgeleverd.

Uit het onderzoek is gebleken dat het probleem binnen deze wijk is ontstaan door meerdere factoren. De wijk bestaat uit oude, laagstaande, niet onderheide bebouwing en beschikt over weinig oppervlaktewater. Daarnaast is de hoeveelheid neerslag gedurende een bui de laatste jaren sterk toegenomen als gevolg van klimaatverandering. De buien worden steeds extremer, waar Oud Krimpen niet op ontworpen is. Dit zal er voor zorgen dat er in de toekomst steeds sneller, vaker en heviger wateroverlast op zal treden.

Om een wijk klimaatbestendig in te richten zal men de wijk moeten toetsen op de bui Herwijnen, waarin de toename van de hoeveelheid neerslag tot het jaar 2050 als gevolg van klimaatverandering meegenomen is. Deze bui is opgesteld aan de hand van eerder voorgekomen extreme regenbuien en de klimaatscenario's van het KNMI. Deze bui heeft in het jaar 2050 een herhalingstijd van $T=100$ jaar, waarin 112,5mm neerslag in het eerste uur valt. Dit betekent dat er bij deze hoeveelheid neerslag wel water op straat mag staan, maar niet voor overlast mag zorgen in een woning.

Met behulp van een combinatie van maatregelen zal deze bui opgevangen kunnen worden in Oud Krimpen. Echter moet geconcludeerd worden dat de combinatie maatregelen in die vorm niet realistisch is om aan te brengen. Er zal een waterdoorlatende wegconstructie (de AquafLOW) aangebracht moeten worden, de bestaande riolering zal vervangen moeten worden door een nieuw gemengd en hemelwaterstelsel, er dient een overstort met drempel ter plaatse van de Weteringsingel aangebracht te worden, er dient een groot bergingsbassin met een inhoud van bijna 2000m³ aangebracht te worden en er dient een apart bemalingsgebied gerealiseerd te worden, waar

een pomp met een pompcapaciteit van 2080m³/uur voor benodigd is. Dit is een pomp met een zéér grote pompcapaciteit wat veel geld zal kosten. Daarom is voor dezelfde combinatie maatregelen een variant opgesteld, waarbij een pomp met een pompcapaciteit van 618m³/uur is voorgesteld. Op deze manier is de combinatie een stuk realistischer. Echter zal niet de gehele bui meer opgevangen kunnen worden, maar zal de wijk wel op een realistische manier zo klimaatbestendig mogelijk ingericht worden. Met deze combinatie van maatregelen zal de wijk in het eerste uur 96,8mm neerslag op kunnen vangen.

De combinatie van maatregelen blijft omvangrijk om aan brengen. De beste oplossing voor de wijk zal zijn om een groot deel van de woningen op te vijzelen of nieuwbouw te plegen. Echter zal dit geen optie zijn omdat de wijk bestaat uit particuliere woningen. Toch zal men hier uiteindelijk niet aan ontkomen omdat voorzieningen in de buitenruimte uiteindelijk geen nut meer hebben wanneer woningen te laag komen te staan.

Uiteindelijk kan geconcludeerd worden dat de gemeente Krimpen aan den IJssel eerst een beslissing moet nemen over de hoeveelheid neerslag waarbij er geen water een woning binnen mag stromen, voordat verder naar oplossingen voor Oud Krimpen gekeken kan worden. Daarnaast zal de gemeente ook moeten bepalen tot welk moment zij bereid zijn voorzieningen in de buitenruimte aan te brengen. Wanneer woningen te ver zakken zal er uiteindelijk sprake zijn van “overmacht”.

Als laatste staan hieronder de aanbevelingen puntsgewijs weergegeven.

- Allereerst wordt de gemeente Krimpen aan den IJssel aanbevolen een beslissing te nemen over de hoeveelheid neerslag waar Oud Krimpen op gedimensioneerd dient te worden, voordat er verder naar oplossingsrichtingen gekeken wordt. Voor Oud Krimpen wordt aanbevolen de wijk op een kleinere hoeveelheid neerslag dan de bui Herwijnen met klimaatfactor te ontwerpen;
- Indien de gemeente Krimpen aan den IJssel een willekeurige wijk klimaatbestendig wil inrichten, wordt aanbevolen de bui Herwijnen met klimaatfactor als ontwerp-bui aan te houden;
- Indien de gemeente de wijk Oud Krimpen zo klimaatbestendig mogelijk in wilt richten, zonder dat er maatregelen aan de bestaande bebouwing genomen worden, wordt aangeraden de combinatie van maatregelen met de kleinste pompcapaciteit aan te brengen. Met deze maatregelen wordt, voor de huidige situatie, het maximale uit de wijk gehaald;
- Aangeraden wordt bewoners te stimuleren hun woning op te vijzelen. Dit kan bereikt worden door een minimaal vloerpeil vast te stellen tot waar de gemeente zich verplicht voelt wateroverlast in huis te voorkomen;
- Aangeraden wordt nader onderzoek uit te voeren naar de effecten van een aantal mogelijke oplossingen waar het effect onvoldoende van in beeld gebracht is. Dit was van het aanbrengen van een hemelwaterstelsel, het maken van een apart peilgebied, het aanbrengen van pomputjes, het aanpassen van straatwerkhoogtes, het aanbrengen van een bassin in de tuin, het verlagen van de groenvakken en het aanbrengen van groene daken;
- Aanbevolen wordt bewoners te stimuleren om de behandelde particuliere oplossingen toe te passen. Vaak maken deze net het verschil op het moment dat dit nodig is.

Inhoud

Voorwoord	i
Samenvatting.....	ii
1. Inleiding.....	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Opdracht	2
1.3 Doel.....	2
1.4 Leeswijzer.....	2
2. Wijkonderzoek Oud Krimpen.....	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Bebouwing	3
2.3 Oppervlaktewater.....	4
2.4 Riolering.....	4
2.5 Wegconstructie & straatbeeld	5
2.6 Maaiveldhoogtes & wateroverlast	6
2.7 Berging op straat	8
2.8 Grondwaterstand	9
2.8.1 Peilbuisgegevens.....	9
2.8.2 Ontwateringsdiepte & verantwoordelijkheden	10
2.9 Kabels & leidingen	10
2.10 Klachten en meldingen	11
2.11 Toekomstbeeld.....	11
3. Klimaatveranderingen en -bestendigheid	12
3.1 Algemeen	12
3.2 Klimaatveranderingen	12
3.2.1 Algemeen	12
3.2.2 Neerslag	13
3.2.3 Grondwaterstand.....	15
3.3 Beleid.....	16
3.3.1 Huidig beleid.....	16
3.3.2 Advies toetsing extreme buien.....	17
3.4 Toetsing huidig Oud Krimpen.....	18
4. Onderzoek mogelijke oplossingen	21
4.1 Vervangen riolering	21
4.1.1 Beschrijving oplossing.....	21
4.1.2 Effect	21
4.1.3 Toepasbaarheid	22
4.1.4 Alternatief 1: Aparte buis boven oude stelsel.....	22
4.1.5 Alternatief 2: Overstortcapaciteit vergroten.....	22
4.2 Aanbrengen extra watergang	23
4.2.1 Beschrijving oplossing.....	23
4.3 Apart bemalingsgebied.....	23
4.3.1 Beschrijving oplossing.....	23
4.3.2 Effect	25
4.3.3 Toepasbaarheid	26
4.4 Apart peilgebied (waterstand verlagen).....	27
4.4.1 Beschrijving oplossing.....	27

4.4.2	Effect	27
4.4.3	Toepasbaarheid	27
4.5	Opvijzelen woningen	28
4.5.1	Beschrijving oplossing.....	28
4.5.2	Effect	28
4.5.3	Toepasbaarheid	28
4.6	Aanbrengen pompputten	29
4.6.1	Beschrijving oplossing & effect.....	29
4.6.2	Toepasbaarheid	29
4.7	Aanpassen straatwerkhogtes	30
4.7.1	Beschrijving oplossing.....	30
4.7.2	Effect & toepasbaarheid	30
4.8	Creëren van ondergrondse berging.....	31
4.8.1	Beschrijving oplossing & effect.....	31
4.8.2	Toepasbaarheid	33
4.9	Aanbrengen waterplein	34
4.9.1	Beschrijving oplossing.....	34
4.9.2	Effect	34
4.9.3	Toepasbaarheid	35
4.10	Verlagen groenvakken	35
4.10.1	Beschrijving oplossing.....	35
4.10.2	Effect	35
4.10.3	Toepasbaarheid	35
4.11	Groene daken & waterdaken	36
4.11.1	Beschrijving oplossing.....	36
4.11.2	Effect	37
4.11.3	Toepasbaarheid	37
4.12	Creëren van berging onder de weg	37
4.12.1	Beschrijving oplossing & effect.....	37
4.12.2	Toepasbaarheid	39
4.13	Toepassen verhoogd trottoir	39
4.13.1	Beschrijving oplossing.....	39
4.13.2	Effect	39
4.13.3	Toepasbaarheid	40
4.14	Overige particuliere maatregelen.....	40
4.15	Overzicht mogelijke oplossingen.....	40
4.16	Afbakening functionaliteit oplossingen	42
5.	Ontwerpmogelijkheden.....	43
6.	Conclusies & aanbevelingen.....	47
6.1	Conclusies	47
6.2	Aanbevelingen.....	48
7.	Bronnen- en Literatuurlijst	49

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

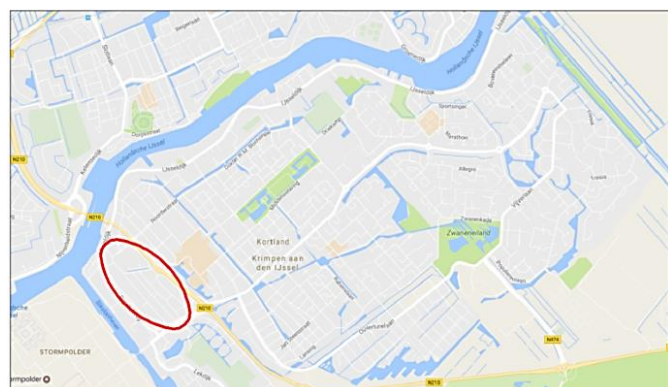
De laatste jaren ondergaat het klimaat sterke veranderingen. Als gevolg van deze klimaatveranderingen wordt de aarde steeds warmer en vallen er extremere regenbuien waardoor in delen van Nederland nu al vaker sprake is van wateroverlast. Dit is ook het geval in Oud Krimpen, de oudste woonwijk in Krimpen aan den IJssel. Water in kelders en zelfs woonkamers zijn hier geen uitzondering. Hier dient nodig wat aan gedaan te worden, zeker met het oog op de toekomst. Vanuit de gemeente Krimpen aan den IJssel is de vraag aan het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard (TBK) gesteld om Oud Krimpen te onderzoeken en te kijken wat de mogelijkheden zijn voor deze wijk. Met de contactpersoon van de gemeente Krimpen aan den IJssel is een kennismakingsgesprek gehouden waarvan de verslaglegging is bijgevoegd in bijlage 1 [1]*. Hierin komen de bekende problemen binnen de wijk en de gestelde doelen voor het onderzoek naar voren. Binnen TBK is deze vraag omgezet naar het ontwerpen van een klimaatbestendig Oud Krimpen.

* Het cijfer tussen de haakjes [1] verwijst naar de bron welke is toegepast. Zie de bronnen- en literatuurlijst voor een overzicht van de toegepaste bronnen.

Tot op heden wordt de afvoercapaciteit van de riolering ontworpen op een standaard ontwerp bui waarbij geen water op straat mag ontstaan. Bij extreme neerslag moet niet alleen de afvoercapaciteit van de riolering worden beschouwd maar ook de “verwerkingscapaciteit” van de bovengrondse ruimte. Echter zijn er voor het verwerken van extreme neerslag nog geen ontwerprichtlijnen opgesteld. Dit komt omdat elke wijk anders is en er nog geen duidelijkheid is over welke risico’s men acceptabel vindt. Dit laatste is een politieke keuze. Belangrijk hierin is de keuze wat men nog acceptabel vindt aan overlast. Een voorbeeld hiervan is dat schade door water in woningen niet acceptabel is maar enige tijd water op straat wel. Daarom dient onderzoek gedaan te worden naar klimaatscenario’s en verschillende extreme regenbuien. Hier dient uiteindelijk een maatgevende bui uit voort te komen waar de wijk op ontworpen zal kunnen worden. Daarnaast zal de wijk zelf onderzocht worden om vast te kunnen stellen wat de huidige capaciteiten van de wijk zijn om neerslag zonder overlast te kunnen verwerken. Hier zal vervolgens uit vastgesteld kunnen worden hoeveel capaciteit toegevoegd moet worden aan de wijk om ook extreme neerslag zonder ontoelaatbare overlast te kunnen verwerken. Daarna kan er naar mogelijke oplossingen gezocht worden.

Het onderzoek is uitsluitend gericht op de klimaateffecten ten aanzien van neerslag en daarom zal alleen naar de waterhuishoudkundige aspecten en capaciteiten binnen de wijk gekeken worden. Klimaateffecten ten aanzien van hitte, energie, droogte, etc. zullen buiten beschouwing gelaten worden omdat deze buiten de scope van het hoofdonderzoek vallen.

De locatie van Oud Krimpen binnen Krimpen aan den IJssel is weergegeven in figuur 1. De wijk ligt in het westen en is gelegen tussen de C.G. Roosweg, Industrieweg, Lekdijk en IJsseldijk. In figuur 2 op de volgende pagina is de wijk uitgelicht met hierin aangegeven het projectgebied en de belangrijkste straatnamen. Vooral in de Tuinstraat en Waalstraat is wateroverlast voorgekomen.



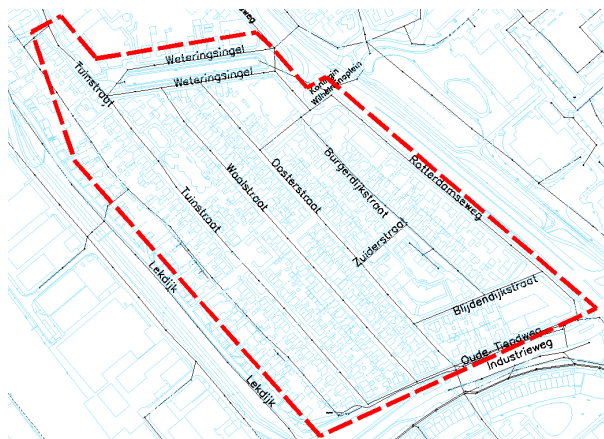
Figuur 1: Locatie Oud Krimpen.

1.2 Opdracht

De vraag vanuit de gemeente aan het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard is omgezet tot de volgende onderzoeksvraag:

“Waar moet de bestaande woonwijk Oud Krimpen in het jaar 2050 aan voldoen, en hoe moet deze worden gerealiseerd, om klimaatbestendig te zijn wat betreft de waterhuishouding?”

In de conclusie van dit onderzoek zal antwoord gegeven worden op deze vraag. Vanuit deze onderzoeksvraag zijn de volgende deelvragen opgesteld:



Figuur 2: Projectgebied Oud Krimpen.

- Wat is klimaatbestendigheid, wanneer kan een wijk klimaatbestendig genoemd worden en wat voor regelgeving geldt hiervoor?
- Met wat voor wijk, omgeving en omstandigheden hebben we te maken tijdens dit onderzoek?
- Op welke manier zal het hemelwater op het straatwerk afgevoerd moeten worden en hoe zal dit vanaf huizen en vanuit tuinen gebeuren?
- Wat voor rioleringsysteem en/of drainagesysteem zal er toegepast moeten worden?
- Hoe zal de dwarsdoorsnede van het wegprofiel er uit moeten komen te zien en wat voor materialen moeten hierbij gebruikt worden?
- Wat voor oppervlaktewatersysteem zal er toegepast moeten worden?

1.3 Doel

Het hoofddoel van dit onderzoek is het vinden van een oplossing voor Oud Krimpen waarmee:

- De wijk op het gebied van waterhuishouding klimaatbestendig ingericht kan worden.
- De kans op water in woningen acceptabel wordt.

Daarnaast heeft dit onderzoek nog twee andere doelen:

- Het in beeld brengen van verschillende mogelijke oplossingen met de effecten hiervan op een bestaande woonwijk.
- Het opstellen of adviseren van richtlijnen ten behoeve van het ontwerpen van woonwijken op extreme regenval.

1.4 Leeswijzer

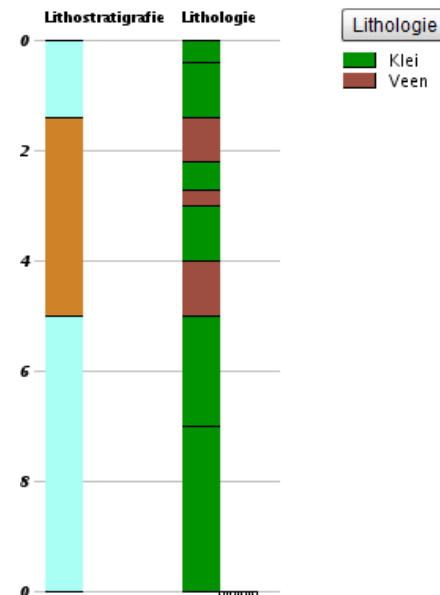
Het onderzoeksrapport is opgedeeld in een aantal hoofdstukken. In hoofdstuk 2 wordt het wijkonderzoek behandeld. Hierin komt naar voren wat voor wijk Oud Krimpen is, waar de wijk over beschikt en wat de capaciteiten zijn binnen de wijk. Vervolgens wordt het klimaataspect behandeld binnen hoofdstuk 3. Hierin komt eerst naar voren wat het inhoudt om klimaatbestendig te zijn. Daarna zullen klimaatveranderingen en klimaatscenario's behandeld worden. Vervolgens zijn richtlijnen opgesteld en aanbevolen waar de wijk aan getoetst en op ontworpen zal moeten worden. In hoofdstuk 4 komen mogelijke oplossingen voor de wijk naar voren, met hierbij vermeld wat het effect zal zijn en of deze toepasbaar is binnen Oud Krimpen. Uiteindelijk zal binnen dit hoofdstuk ook bepaald worden wat de best toepasbare maatregelen zijn. Daarna worden in hoofdstuk 5 enkele ontwerpmogelijkheden behandeld en wordt er ook gekozen voor een oplossing. Hierna zullen de conclusies en aanbevelingen aan bod komen.

2. Wijkonderzoek Oud Krimpen

Voordat er een advies gegeven kan worden voor een nieuwe inrichting van Oud Krimpen dient eerst de huidige situatie onderzocht te worden en waar eventuele knelpunten en/of problemen zich voor kunnen doen. Aan de hand van dit onderzoek kan er naar oplossingen gezocht worden welke goed bij de wijk passen.

2.1 Inleiding

Oud Krimpen is de oudste woonwijk van Krimpen aan den IJssel. Dit is ook te zien aan het straatbeeld. De bebouwing staat er al vele jaren en aan het meeste straatwerk is nooit grootschalig onderhoud gepleegd. Ook is het grootste gedeelte van de riolering in deze wijk nog nooit vervangen. Zoals te zien in figuur 3 bestaat de ondergrond in dit gebied voornamelijk uit kleilagen en is daardoor weinig zettingsgevoelig [2]. Dit is de voornaamste reden dat er tot op heden nog geen reconstructie en rioolvervanging heeft plaatsgevonden. Veel van de huizen zijn niet onderheid [3]. Dit kan een probleem worden in de toekomst. Een ander belangrijk kenmerk van Oud Krimpen is dat de woningen bewoond zijn door particulieren.



Figuur 3: Boormonsterprofiel Oud Krimpen. [2]

2.2 Bebouwing

Het merendeel van de bebouwing in Oud Krimpen bestaat uit woningen (zie figuur 4). Behalve deze woningen staan er nog 3 schoolgebouwen, een kerk, een bakker en een snackbar. De bouwjaren van deze bebouwing is in kaart gebracht in bijlage 2 [4]. Wat opvalt is dat er een patroon te zien is. Het zuidwestelijke gedeelte van Oud Krimpen is gebouwd tussen 1900 – 1930 en het noordoostelijke gedeelte tussen 1931 – 1960. Bijna alle bebouwing van Oud Krimpen is gebouwd binnen deze jaren, en dan vooral tussen 1910 en 1940. Verder staan er nog enkele woningen en gebouwen met een bouwjaar van voor 1900, tussen 1961 – 1990 en van na 1990.



Figuur 4: Bebouwing Oud Krimpen.

Naar schatting is 80% van de woningen in Oud Krimpen niet onderheid [3]. Een aantal woningen beschikken over een houten paalfundering en een appartementencomplex beschikt over een betonnen paalfundering. De overige woningen zijn op staal gefundeerd. Het is daarom erg belangrijk dat de grondwaterstand in Oud Krimpen op hetzelfde peil blijft. Wanneer dit peil zakt kan dit mogelijk resulteren in paalrot en het zetten van woningen. Gezien de leeftijd van de bebouwing, de funderingswijze en de bouwconstructies zijn de woningen ook gevoelig voor ingrepen in de ondergrond. Bij dit type bebouwing is er een groot risico op verzakking en scheurvorming door trillingen.

Waar verder nog rekening mee gehouden moet worden is dat veel woningen in deze wijk erg laag staan in vergelijking met het straatwerk waardoor weinig hemelwater op straat geborgen kan worden.

2.3 Oppervlaktewater

Binnen Oud Krimpen bevindt zich één watergang welke is gelegen in de Weteringsingel (zie figuur 5). Deze bevindt zich ongeveer in het midden van de wijk. Aan de hand van de maaiveldhoogtes binnen de wijk kan gezegd worden dat het water slecht naar deze watergang af te voeren is. Dit is ook in de wijk te zien. Aangezien er maar één watergang aanwezig is kan het hemelwater dus nauwelijks naar het oppervlaktewater afgevoerd worden. Dit wordt later verder behandeld.

Deze watergang is verbonden met ander oppervlaktewater door middel van een duiker [5].



Figuur 5: De watergang binnen Oud Krimpen.

2.4 Riolering

De huidige riolering van Oud Krimpen bestaat uit een gemengd stelsel. De oudste riolering binnen de wijk is in 1945 aangebracht. In bijlage 3 is een tabel met bijbehorende overzichtstekening toegevoegd met hierin de soort riolering en het aanlegjaar, uitgezet per straatdeel [6]. In bijna alle straten ligt er momenteel een betonnen ei-buis. Een enkele keer is er gebruik gemaakt van een betonnen mof/spie-riool of PVC-riool.

Dat het een oud rioleringsstelsel is welke zijn theoretische levensduur van 50 jaar heeft overschreden wil niet zeggen dat het riool in de praktijk het einde van de levensduur heeft bereikt. In 2013 is door TBK een onderzoek uitgevoerd naar de restlevensduur van het riool [7]. Uit de inspectie bleek dat er goede en slechte stukken met veel scheuren binnen het riool aanwezig zijn. Geconcludeerd kon worden dat het verstandig is om grootschalig onderhoud uit te voeren binnen deze wijk. Op dit moment onderzoekt de gemeente of er voldoende financiën beschikbaar zijn om dit gebied vanaf 2020 te reconstrueren.

Echter is er zoals eerder vermeld ook een ander probleem binnen deze wijk. Er kunnen mogelijk schades aan woningen ontstaan wanneer rioleringswerkzaamheden uitgevoerd gaan worden. Hierdoor is de gemeente Krimpen aan den IJssel huiverig dit te doen en zal daarom zeer zorgvuldig te werk gaan.

Het rioleringsstelsel van Oud Krimpen heeft momenteel een totale capaciteit van circa 20mm neerslag in één uur, waarvan 10mm bestaat uit berging in het riool [5]. Dit rioolstelsel kan indien nodig gebruik maken van een aantal overstorten met een capaciteit van 40l/s. Deze zijn te zien in het overzicht in bijlage 4 [8]. Sinds kort zijn er twee nieuwe overstorten op de Weteringsingel aangesloten. Deze zijn ook te zien in de bijlage. Eén van de overstorten komt vanaf de noordzijde en één vanaf de zuidzijde. De andere overstorten die op Oud Krimpen aangesloten zijn hebben de nummers 80294 en 160796. Deze zijn aangesloten op oppervlaktewater net buiten de wijk. De gegevens uit het Basisrioleringsplan [5] zijn nog een keer gecheckt met het programma "Infoworks". Dit is een rioolbeheer rekenprogramma waarin alle rioolstelsels van Krimpen aan den IJssel verwerkt zijn en hydraulisch doorgerekend kunnen worden. Hieruit volgt dat de overloopcapaciteit van 90 l/s/ha, welke volgt uit het Basisrioleringsplan, niet klopt in vergelijking met de werkelijkheid. Uit het programma volgt dat een overloopcapaciteit van 40 l/s/ha aannemelijker is.

2.5 Wegconstructie & straatbeeld

Kenmerkend aan Oud Krimpen is dat het beschikt over veel smalle straatjes met wegversmallingen en langspaarkeerplaatsen. De verharding bestaat uit allerlei soorten bestrating en verbanden.

In de Tuinstraat en een groot deel van de Waalstraat en Oosterstraat is in de rijweg gebruik gemaakt van klinkers en tegels. Hetzelfde geldt voor het voetpad welke op hetzelfde niveau als de rijweg ligt en gebruikt wordt voor langsparkeren. Tussen het voetpad en de rijweg is een goot met kolken aangebracht. Behalve parkeerplekken zijn er ook regelmatig verhoogde groenvakken en bomen te zien in het straatbeeld. Deze factoren zorgen ervoor dat de straten vrij smal zijn en dat het verkeer elkaar lastig kan passeren. In de andere delen van de Waalstraat en Oosterstraat is een andere bestrating toegepast waarbij ook de kolken naar het midden van de weg verplaatst zijn. In figuur 6 en 7 zijn de straatbeelden te zien.



Figuur 6&7: Straatbeeld Tuinstraat, Oosterstraat en Waalstraat.

Binnen de Burgerdijkstraat en Blijderdijkstraat is wat meer structuur terug te vinden. Er is gebruik gemaakt van een rijbaan bestaande uit klinkers. Parkeren gebeurt in de vorm van langsparkeren (zie figuur 8). Binnen deze straat is een verhoogd trottoir aangebracht met veel bomen. Voor de afwatering is gebruik gemaakt van trottoirkolken.



Figuur 8: Straatbeeld Burgerdijkstraat.

De Rotterdamseweg, Oude Tiendweg en Weteringsingel zijn wat ruimer opgezet dan de andere straten. Woningen staan in deze straten maar aan één kant en hiervoor is een verhoogd trottoir met trottoirkolken aangebracht. Binnen deze straten wordt er een enkele keer gebruik gemaakt van langsparkeren, veel bewoners parkeren hun voertuig op hun eigen terrein.

Als laatste is er nog de Noorderstraat, deze is anders dan de andere straten. Hier is namelijk een brede middenberm met bomen aangebracht. Verder wordt aan beide zijden van de weg gebruik gemaakt van langsparkeren en is er een verhoogd trottoir met trottoirkolken.

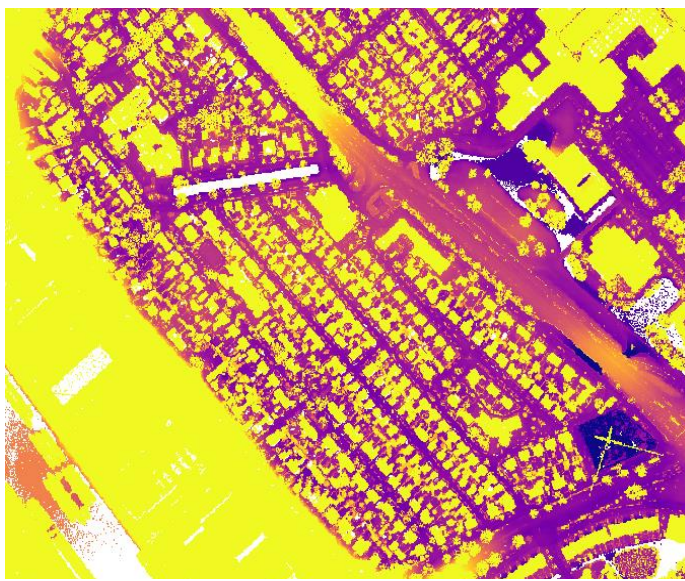
2.6 Maaiveldhoogtes & wateroverlast

Bij zware regenval treedt er snel wateroverlast op binnen de wijk. Dit komt omdat de bebouwing erg laag staat, de vloerpeilen liggen ongeveer 10 tot 30 cm boven de wegas. De ventilatieroosters van kelders/kruipruimtes liggen echter nog lager. In de Waalstraat liggen deze regelmatig maar een paar centimeter boven de wegas en het naastliggende straatwerk. Bij extreme regenval staan deze daardoor snel onder water. Dit zijn de mogelijke probleemgebieden binnen de wijk. Om te bepalen waar deze zich precies bevinden zal eerst de afwatering in beeld gebracht moeten worden. Het is een aantal keer voorgekomen dat woningen onder water stonden. Meldingen van wateroverlast worden in paragraaf 2.10 behandeld.

Behalve dat de woningen erg laag liggen in vergelijking met het straatwerk liggen de tuinen soms nog lager. Dit zorgt op plekken voor extra overlast maar geeft ook extra berging voor het regenwater. Naast het feit dat veel tuinen aflopen, zijn bijna alle tuinen ook helemaal verhard. Hierdoor zal binnen deze tuinen vrijwel geen infiltratie van regenwater plaatsvinden.

Met behulp van een GPS-meetsysteem is de afwatering binnen het gebied in kaart gebracht. Op deze manier is een eerste beeld verkregen van de mogelijke probleemgebieden binnen de wijk. Zie bijlage 5 voor een beschrijving van de meting inclusief de bijbehorende afwateringstekening. Wat opvalt is dat het water in bijna de gehele wijk van de watergang af stroomt. Dit is nadelig vanuit het oogpunt van voorkomen van wateroverlast. De afwatering van het deel ten noorden van de Weteringsingel loopt wel richting de watergang. Wanneer de tekening beter bestudeerd wordt valt op dat de Tuinstraat, Waalstraat en Oude Tiendweg over de laagst gelegen gebieden beschikken, met hoogtes tussen de 1,70m-NAP en 1,80m-NAP.

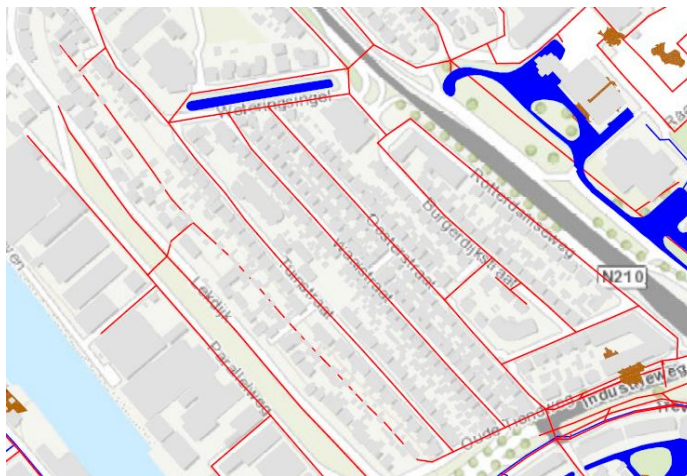
Behalve het uitvoeren van metingen is er ook gebruik gemaakt van de hoogtegegevens uit de AHN3. In de AHN3 zijn de maaiveldhoogtes per 0,5m opgenomen. Met behulp van het programma QGIS is op basis van de data uit de AHN een goed beeld verkregen van de hoogtes binnen de wijk en kunnen ook duidelijke afbeeldingen gemaakt worden. Zie figuur 9 voor een hoogtekaart t.o.v. NAP gemaakt in QGIS [9][10][11]. De donkerste delen liggen het laagst. Deze afbeelding is in bijlage 6 vergroot toegevoegd met bijbehorende legenda. Deze hoogtekaart versterkt het eerder verkregen beeld van de mogelijke probleemgebieden. De laagste punten zijn weer in de Tuinstraat, Waalstraat en Oude Tiendweg. Hierbij lijkt de Oude Tiendweg het minst maatgevend aangezien hier minder bebouwing omheen staat dan bij de andere straten. Daarentegen lijkt de Tuinstraat het meest maatgevend omdat hier de oudste bebouwing staat en de dorpels hier het laagst zijn. Hier wordt later dit verslag verder op ingegaan.



Figuur 9: Hoogtekaart van Oud Krimpen gemaakt in QGIS.

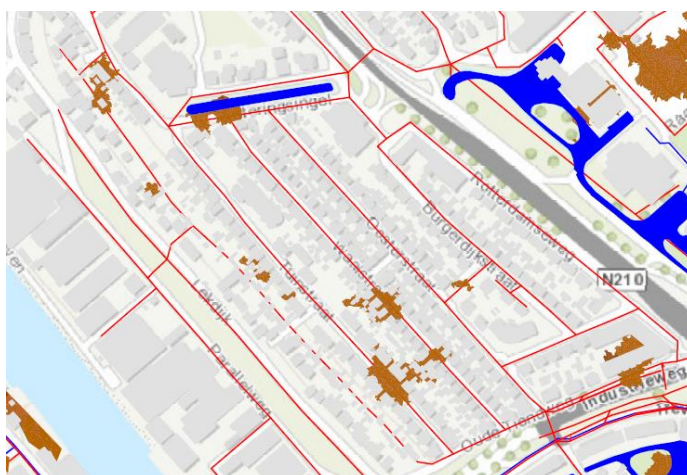
Behalve het in beeld brengen van het verloop van de afwatering, is er ook gebruik gemaakt van het Basisrioleringsplan [5]. Hierin komt aan de hand van drie situaties naar voren wanneer en waar er water op straat komt te staan. Per situatie valt een andere bui over de wijk. Voor de resultaten is gebruik gemaakt van de maaiveldhoogtes uit de AHN en de werking van het riool.

In figuur 10 is in beeld gebracht wat er gebeurt wanneer bui 08 zal vallen. Bui 08 is een maatgevende bui waar gemeentes het riool op dimensioneren. Deze bui heeft een herhalingstijd van $T=2$ jaar waarbij 19,8mm neerslag in 60 minuten valt. Deze bui zal in de toekomst vaker voorkomen. Als gevolg van deze bui mag er géén water op straat staan. De bruine vlakken op de kaart zijn plekken waar water op straat komt te staan. Te zien is dat alleen rechts in de afbeelding, op de Oude Tiendweg dit het geval zal zijn. Dit is geen verrassing omdat dit zoals eerder vermeld een laag punt is.



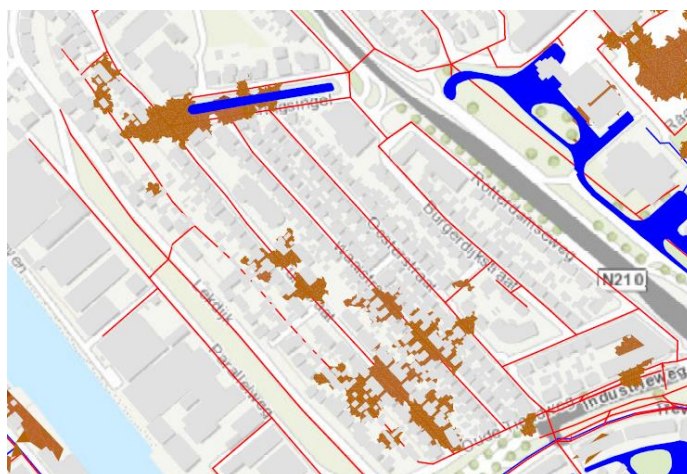
Figuur 10: Overlast bij bui 08. [5]

Het water op straat dat ontstaat bij bui 09 en bui 10 is in beeld gebracht in de figuren 11 en 12. Bui 08 heeft een herhalingstijd van $T=2$ jaar en bui 09 en bui 10 van $T=5$ en $T=10$ jaar. Bij bui 09 valt er 29,4mm in 60 minuten en bij bui 10 valt er 35,7mm in 45 minuten. Binnen deze figuren is al meer water op straat te zien, zeker bij bui 10. Vooral in de laagste delen van de Tuinstraat en de Waalstraat is water op straat te zien. Ook is te zien dat in de tuinen water komt te staan. Verder komt er ook rondom de Weteringsingel water op straat te staan. Dit is waarschijnlijk een verkeerd resultaat aangezien er in dit model geen rekening gehouden is met het afstromen in oppervlaktewater.



Figuur 11: Overlast bij bui 09. [5]

Als laatste is het belangrijk in beeld te hebben wat de hoogtes van het straatwerk zijn ten opzichte van het waterpeil in de Weteringsingel. Het waterpeil ligt op 2.07m-NAP. Uit de meting blijkt dat het straatpeil nergens lager ligt dan het slootpeil.



Figuur 12: Overlast bij bui 10. [5]

2.7 Berging op straat

Er zijn dwarsprofielen gemeten ter plaatse van de eerder bepaalde probleemgebieden. Dit is gedaan met behulp van een waterpasinstrument. Met deze dwarsprofielen kan de maatgevende dorpelhoogte met hierbij de maximale hoeveelheid berging op straat bepaald worden.

De maatgevende dorpelhoogte welke volgt uit de gemeten dwarsprofielen in bijlage 7 ligt op 1,52m-NAP en bevindt zich in de Tuinstraat. Nu is het zaak te bepalen hoeveel water er maximaal op straat kan staan bij dit niveau. Dit zal de maximale hoeveelheid berging op straat zijn. Aan de hand van de volgende stappen wordt de hoeveelheid berging op straat berekend voordat het over de maatgevende dorpel zal stromen:

- Met behulp van QGIS het gebied bepalen waar water op straat komt te staan tot het niveau van 1,52m-NAP. Hier wordt vervolgens de bruto oppervlakte van bepaald;
- Het neerslag-invloeds-gebied bepalen. Dit is het gebied waarvan de gevallen neerslag van invloed is op de hoeveelheid water op straat, welke in aanraking komt met het water ter plaatse van de maatgevende dorpel;
- Met behulp van de gemeten profielen welke te zien zijn in bijlage 7 een maximaal volume water op straat bepalen, dit wordt gedaan aan de hand van de volgende stappen:
 - o Per dwarsdoorsnede zal het gemiddeld aantal millimeters water op straat bepaald worden. Dit wordt gedaan door het volume water op straat welke volgt uit de dwarsprofielen met een waterhoogte van 1,52m-NAP, te delen over de breedte van het dwarsprofiel, welke bepaald is aan de hand van de metingen en met behulp van het water-op-straat-gebied welke volgt uit QGIS.
 - o Hieruit kan een gemiddeld aantal mm berging op straat (per meter) bepaald worden.
 - o Dit gemiddelde aantal mm/m dient vervolgens vermenigvuldigd te worden met de oppervlakte van het gebied met water op straat;
- Wanneer het maximaal volume bepaald is dient dit volume gedeeld te worden door de oppervlakte van het neerslag-invloeds-gebied;
- Zo is het gemiddeld aantal millimeter berging op straat bepaald.

Wat opgemerkt dient te worden is dat de uitkomst hiervan wordt toegepast voor de hele wijk, aangezien deze maatgevend is.

In bijlage 8 is een uitgebreide uitwerking van bovenstaande stappen toegevoegd. Hieruit volgt dat er gemiddeld 32mm (dit is nog gangbaar) beschikbaar is op straat voordat het water boven de laagste dorpel zal komen. In figuur 13 is het voorspelde water op straat gebied in het klein weergegeven. De licht gekleurde delen bootsen het water op straat na. Te zien is dat dit op een groot gebied zal zijn voordat het boven de dorpel komt. De vlek rechtsonder wordt onder andere veroorzaakt doordat in de AHN sprake is van lage maaiveldhoogtes. Tijdens de AHN-metingen was hier sprake van een bouwkuip. Verder ligt de Industrieweg daar laag. Deze ligt buiten het onderzoeksgebied en



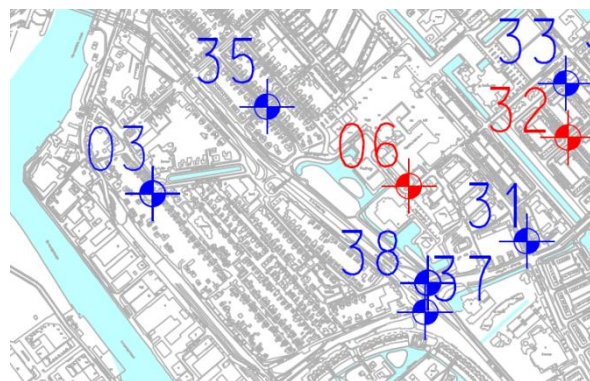
Figuur 13: Voorspelling water op straat.

wordt in dit rapport verder buiten beschouwing gelaten.

2.8 Grondwaterstand

2.8.1 Peilbuisgegevens

Binnen en rondom Oud Krimpen zijn er in het verleden een aantal peilbuizen aangebracht. Met behulp van deze peilbuizen kan er een indicatie verkregen worden van de grondwaterstand binnen de wijk. Voor het bepalen van de grondwaterstand is er gebruik gemaakt van de peilbuizen 03, 35 en 37, welke te zien zijn in figuur 14 [12]. Peilbuis 38 wordt buiten beschouwing gelaten omdat deze over afwijkende gegevens beschikt. Dit komt waarschijnlijk door het feit dat deze aan de andere kant van de grote kruising ligt dan peilbuis 37. Dit kruispunt bestaat uit een onderheide constructie welke van invloed kan zijn op de grondwaterstand. In tabel 1 zijn de gegevens van de peilbuizen weergegeven. Hieruit volgt een gemiddelde grondwaterstand van 2,40m-NAP.



Figuur 14: Peilbuislocaties.[12]

Peilbuis nr.	GHG	Gemiddelde grondwaterstand (mediaan)	GLG
Peilbuis 03	2.12m-NAP	2.39m-NAP	2.44m-NAP
Peilbuis 35	2.32m-NAP	2.48m-NAP	2.70m-NAP
Peilbuis 37	2.18m-NAP	2.44m-NAP	2.65m-NAP

Tabel 1: Grondwaterstandgegevens van peilbuis 03, 35 en 37. [12]

Uit tabel 1 blijkt dat de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) bij geen van de peilbuizen hoger is dan het oppervlaktewaterpeil. Dit ligt namelijk op 2,07m-NAP. Hieruit kunnen twee conclusies getrokken worden:

- Er vindt een drainerende werking binnen het gebied plaats;
- De ontwateringsdiepte zal groter zijn dan de drooglegging in dit gebied.

Mogelijk is dit het gevolg van een lek riool. Wanneer het riool in dit gebied vervangen en waterdicht gemaakt wordt, moet in de gaten gehouden worden dat het grondwaterpeil zal stijgen, wat gevolgen kan hebben voor vocht/water in kruipruimten en kelders. Aangeraden wordt te onderzoeken of er een andere bron is voor deze lage grondwaterstand zoals een particuliere pomp of een foute meting.

Voor het verdere onderzoek wordt een gemiddelde grondwaterstand in Oud Krimpen aangenomen van 2.40m-NAP. Dit is de meest aannemelijke waarde, maar eigenlijk niet betrouwbaar genoeg. Aangezien een drainerende werking plaatsvindt zal de grondwaterstand op plaatsen verlaagd zijn. Indien dit precies ter plaatse van een peilbuis is geeft deze een lagere waarde aan. Het is raadzaam grondwateronderzoek uit te voeren en extra peilbuizen aan te brengen om een beter beeld te krijgen van de grondwaterstand binnen het gebied.

2.8.2 Ontwateringsdiepte & verantwoordelijkheden

Aan de hand van de gemiddelde grondwaterstand van 2.40m-NAP is te bepalen wat de ontwateringsdieptes zijn binnen Oud Krimpen. De ontwateringsdiepte staat voor de afstand tussen het maaiveld en de grondwaterstand. Voor het in kaart brengen van de ontwateringsdiepte zijn de hoogtes van de meting binnen Oud Krimpen (bijlage 5) gebruikt. Deze hoogtes zijn omgezet naar de ontwateringsdieptes. Dit is gedaan door het verschil tussen de maaiveldhoogtes en de gemiddelde grondwaterstand te bepalen. Zie bijlage 9 voor de overzichtstekening hiervan. In de Tuinstraat, Waalstraat en Oude Tiendweg zijn de geringste ontwateringsdieptes te zien. Een aantal keer komt de ontwateringsdiepte hier onder de 0,70m. Deze gegevens geven mogelijk een vertekend beeld van de werkelijkheid als gevolg van het volgende:

- Tijdens de meting is telkens het midden van het straatwerk gemeten. Met uitzondering van de Oosterstraat en een deel van de Waalstraat zal het midden van het straatwerk hoger liggen dan de zijkant van het straatwerk. Op plekken zou de waarde van de ontwateringsdiepte dus wat minder kunnen zijn dan de aangegeven waarde in de tekening;
- Er is geen rekening gehouden met de mogelijke invloed van een lek riool op de grondwaterstand;
- De grondwaterstand is niet constant in zo'n groot gebied, zeker in klei- en veengrond;
- Voor een exactere bepaling van de gemiddelde grondwaterstand binnen Oud Krimpen zouden meer peilbuizen aangebracht moeten worden.

Voor de ontwateringsdiepte gelden een aantal ontwerpcriteria. De algemene ontwerpcriteria zijn vermeld in bijlage 9. Voor Oud Krimpen geldt het streven naar een grondwaterpeil dat gelijk is aan het slootpeil, met een maximale afwijking van 0,25m [13]. Concreet houdt dit in dat er naar gestreefd wordt dat de grondwaterstand en het slootpeil beide op 2,07m-NAP liggen.

Verschillende partijen hebben een aantal verantwoordelijkheden voor de grondwaterstand. Deze zijn vermeld in bijlage 9 [14]. De verantwoordelijkheden van de gemeente, perceeleigenaar, hoogheemraadschap en provincie komen hierin naar voren. Het belangrijkste wat hierin vermeld staat is dat de gemeente verantwoordelijk is voor het grondwaterbeheer in de openbare ruimte en dat de perceeleigenaar verantwoordelijk is voor de ontwatering van zijn eigen perceel.

2.9 Kabels & leidingen

Het verloop van kabels en leidingen kan in de praktijk conflicten met werkzaamheden opleveren. Daarom is het belangrijk hier van tevoren goed onderzoek naar te doen en hier dan ook rekening mee te houden. Echter kan hier tijdens het dimensioneren van oplossingen pas onderzoek naar gedaan worden. De locaties waar oplossingen aangebracht dienen te worden kunnen dan specifiek geanalyseerd worden. Met behulp van proefsleuven kan een duidelijk beeld gecreëerd worden wat wel en niet mogelijk is. Dit proces is nu nog niet van toepassing en wordt daarom niet verder uitgewerkt.

Met behulp van een Klic-melding welke opgevraagd kan worden bij het Kadaster [15] kan een globaal beeld van de ligging van kabels en leidingen verkregen worden. Deze kan wellicht nog van pas komen in het vervolg van het onderzoek en is daarom voor de zekerheid opgevraagd.

2.10 Klachten en meldingen

Zoals eerder vermeld zijn er al meerdere meldingen van wateroverlast gekomen vanuit Oud Krimpen. Vanuit de gemeente Krimpen aan den IJssel is een overzicht (zie tabel 2) [16] verkregen van het aantal meldingen van wateroverlast binnen deze wijk. Helaas wordt hierin geen onderscheid gemaakt in het soort melding. Een melding kan dus zowel van overlast op straat als in een huis zijn.

Straat	Aantal meldingen per jaar		
	2014	2015	2016
Lekdijk	0	4	8
Tuinstraat	2	0	5
Waalstraat	1	4	3
Oosterstraat	0	3	2
Burgerdijkstraat	1	3	4
Industrieweg	0	2	2
Blijdendijkstraat	0	0	1
Weteringsingel	0	0	3
Totaal	4	16	28

Tabel 2: Aantal meldingen van wateroverlast per straat. [16]

Uit tabel 2 kan opgemaakt worden dat er vrij veel meldingen van wateroverlast zijn gekomen vanuit Oud Krimpen en dat dit aantal sterk is gestegen. Deze stijging had alles te maken met extreme regenval op 23 juni 2016 [1]. In die nacht zijn er verschillende schuren, laag gelegen souterrains en aangebouwde keukens welke lager liggen dan de woning onder water gelopen. Daarnaast zijn daadwerkelijk 5 meldingen gekomen van onder water gelopen woningen [1].

Tijdens het uitvoeren van metingen gaven bewoners binnen de wijk ook aan veel last te hebben van wateroverlast.

2.11 Toekomstbeeld

Aan de hand van het toekomstbeeld kunnen keuzes gemaakt worden over de toekomstige inrichting van de wijk. Aangezien de meeste bebouwing bestaat uit particuliere woningen is het geen optie om grootschalig nieuwbouw te plegen en de wijk voldoende op te hogen. Onderhoud en aanpassingen aan de huidige situatie zijn dus de enige opties. Herinrichting van de openbare ruimte zal afgestemd moeten worden op de bestaande bebouwing. Daarbij moet in ogenschouw worden genomen dat het zettingsproces doorgaat en de wijk steeds lager komt te liggen ten opzichte van het omliggend gebied en oppervlaktewater. Hierdoor zal, ook zonder klimaatontwikkeling, de kans op wateroverlast in de toekomst toenemen.

Bij de herinrichting van de openbare ruimte zal moeten worden onderzocht of en hoe kan worden voldaan aan nog te formuleren beleidsuitgangspunten op het gebied van (grond)wateroverlast in de toekomst. Dit komt aan bod in hoofdstuk 3.

Met behulp van goede communicatie zal een integrale oplossing bedacht moeten worden voor de huidige omstandigheden zoals zakkende, slecht gefundeerde bebouwing en verkeer maar ook voor de toekomstige omstandigheden zoals de toename van neerslag.

3. Klimaatveranderingen en -bestendigheid

In dit hoofdstuk komt naar voren wanneer een wijk klimaatbestendig is. Daarnaast worden er ook uitspraken gedaan over klimaatveranderingen en verschillende soorten buien waar een wijk op gedimensioneerd dient te worden.

3.1 Algemeen

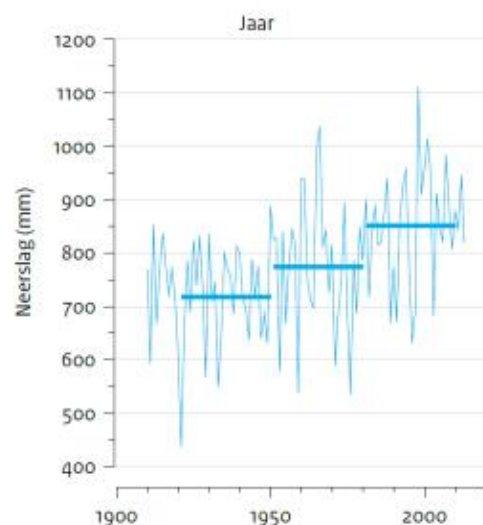
De letterlijke vertaling van klimaatbestendigheid volgens de Nederlandse encyclopedie luidt: “Zodanig ingericht dat de effecten van de klimaatverandering opgevangen kunnen worden.” [17]. Dit betekent dat een woonwijk bestand is tegen de effecten van klimaatverandering. Een goed voorbeeld van klimaatverandering is de toename van de hoeveelheid neerslag tijdens een regenbui. Winters worden natter en de buien worden steeds heviger [18]. Daarnaast gaan buien ook toenemen in mate van plaatsvinden, intensiteit, neerslaghoeveelheid en in grootte van het gebied [21]. Wanneer de wijk dit water goed kan verwerken met behulp van de hemelwaterafvoervoorzieningen zoals de riolering en berging, zonder dat dit leidt tot ontoelaatbare overlast of schade, kan er gezegd worden dat deze wijk op dit gebied klimaatbestendig is.

Wanneer een wijk niet als klimaatbestendig bestempeld kan worden, of wanneer deze het in de toekomst zeker niet meer zal zijn, zal deze aangepast moeten worden aan de toekomstige klimaatscenario's. In dit geval zullen er gegevens van het KNMI gebruikt gaan worden.

3.2 Klimaatveranderingen

3.2.1 Algemeen

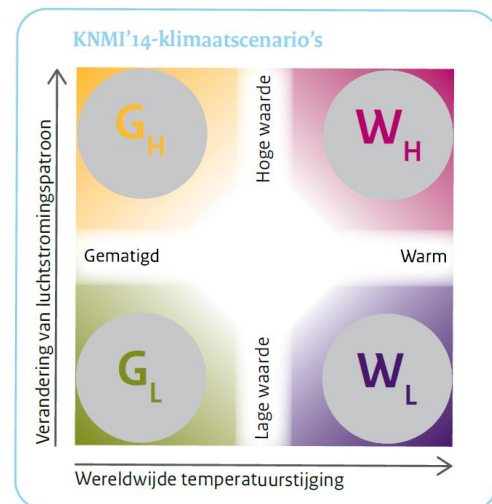
De laatste jaren is het klimaat sterk aan het veranderen. Alle seizoenen behalve de zomer zijn natter geworden. Tussen 1910 en 2013 nam de jaarlijkse neerslag in Nederland toe met 26%. Tussen 1951 en 2013 was dit 14% [18] (zie figuur 15). Hiernaast is het aantal dagen per jaar met ten minste 10mm neerslag in de winter en minimaal 20mm neerslag in de zomer ook toegenomen en is sinds 2000 een sterke toename van extreme neerslaghoeveelheden boven de 50mm te zien. Echter veranderde het totaal aantal natte dagen niet. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de regenbuien heviger zijn geworden.



Figuur 15: Waargenomen jaarlijkse neerslag in Nederland. [18]

Deze toename van de hoeveelheid neerslag is een gevolg van de opwarming van de aarde. Uit waarnemingen blijkt dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming [18][19]. Daarnaast is de hoeveelheid waterdamp in de lucht ook toegenomen door de stijging van de temperatuur. Dit verklaart ook gedeeltelijk de toename van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag.

Om een voorspelling te kunnen doen van de veranderingen van het klimaat, heeft het KNMI vier klimaatscenario's opgesteld: de KNMI'14-klimaatscenario's [18]. Ieder scenario geeft een met elkaar samenhangend beeld van veranderingen in onder andere temperatuur, neerslag, zeespiegel en wind. Het gaat om veranderingen van het gemiddelde klimaat en van de extremen zoals de maximum neerslag in een uur. De veranderingen gelden voor het klimaat rond 2050 en 2085 ten opzichte van het klimaat in de referentieperiode van 1981-2010.

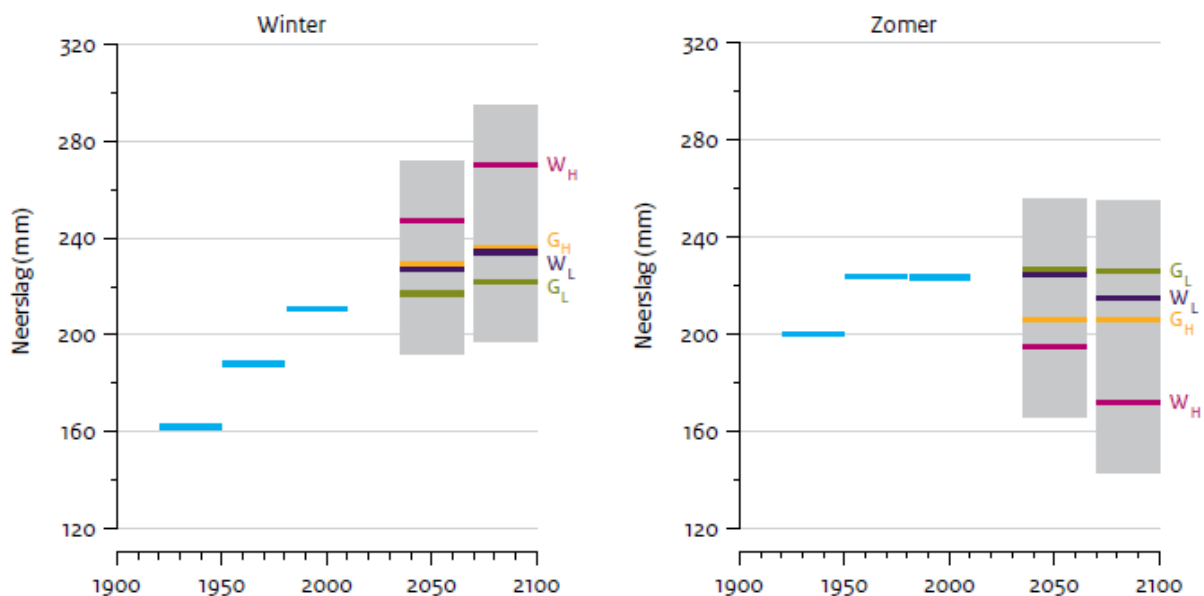


Figuur 16: De KNMI'14-klimaatscenario's. [18]

De KNMI'14-scenario's bestaan uit vier scenario's welke opgebouwd zijn uit een waarde voor de temperatuurstijging, "Gematigd" en "Warm", en een waarde voor de mogelijke verandering van het luchtstromingspatroon, "Lage waarde" en "Hoge waarde". Samen beschrijven deze het vlak waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk zal voltrekken (zie figuur 16).

3.2.2 Neerslag

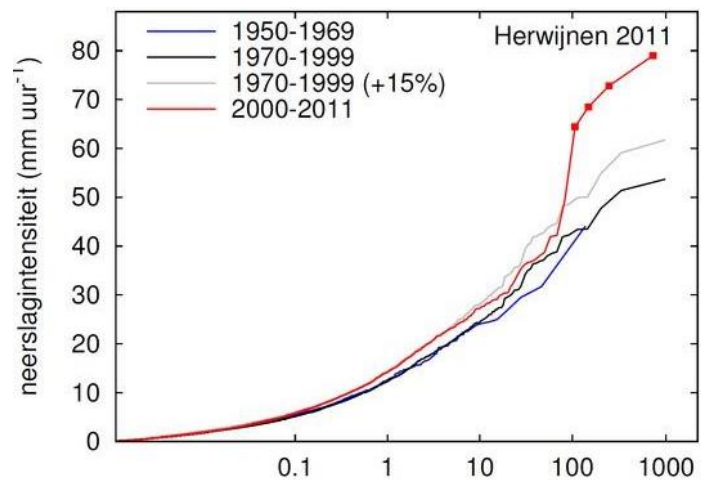
Voorspellingen en berekeningen zijn niet eenduidig of de gemiddelde neerslag in de zomer toe- of afneemt, dit is zichtbaar in de scenario's (zie figuur 17). De voorspellingen zijn niet eenduidig omdat de scenario's verschillen over hoe het luchtstromingspatroon gaat veranderen, in welke mate de bodem uitdroogt en wat dit betekent voor de bewolking en de neerslag.



Figuur 17: Voorspellingen van de gemiddelde neerslag volgens de KNMI'14-scenario's. [18]

Zoals eerder vermeld neemt de neerslag in alle seizoenen toe, met uitzondering van de zomer. Wel nemen in alle seizoenen, in elk scenario, de extreme neerslagintensiteiten toe. Dit geldt dus zelfs voor de G_H - en W_H -scenario's waarin de zomerneerslag afneemt. Dit is het gevolg van een opwarmend klimaat met een toename van de hoeveelheid waterdamp in de lucht.

In figuur 18 is een grafiek te zien met hierin de neerslagintensiteiten per bui met een verschillende herhalingsstijd in jaren [20]. Elke lijn stelt een periode voor zoals aangegeven in de legenda binnen de grafiek. In juni 2011 viel in een uur ruim 94mm neerslag op het KNMI-station Herwijnen. Dit is de hoogst gemeten uur-neerslag ooit op een KNMI-station en de klokuur-neerslag van deze bui staat ook vermeld binnen de grafiek hiernaast. De klokuur-neerslag is de neerslag gedurende een klokuur en is dus niet de maximale uur-neerslag van de desbetreffende bui.



Figuur 18: Neerslagintensiteiten uitgezet tegenover een variërende herhalingsstijd. [20]

Wat duidelijk wordt m.b.v. de grafiek is dat de extreme neerslag de laatste jaren flink gestegen is. De komende jaren zal dit nog meer gaan stijgen. Door middel van de klimaatscenario's kan hier een voorspelling van gedaan worden.

In tabel 3 staan de veranderingen van de neerslag als gevolg van klimaatverandering tussen de jaren 1951-1980 in vergelijking met de referentieperiode van 1981-2010 weergegeven. Hieruit volgt dat de gemiddelde hoeveelheid neerslag over die periode gestegen is. Daarnaast stijgt de waarde van de dagelijkse hoeveelheid neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden en stijgt de maximum uur-neerslag per jaar.

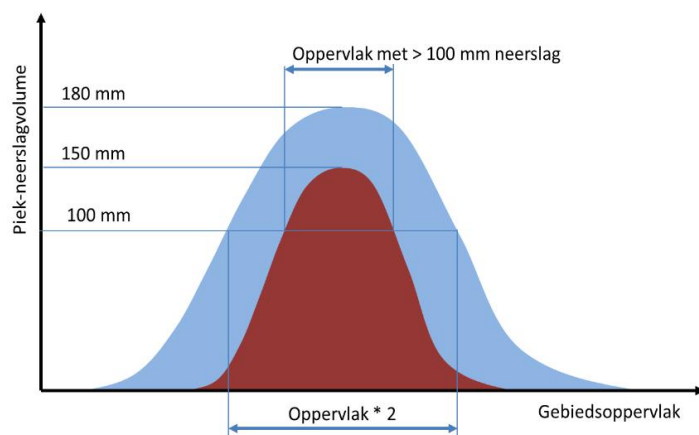
		Klimaat 1951-1980	Klimaat 1981-2010 (referentieperiode)	Klimaat 2036-2065*	Klimaat 2071-2100*
Jaar	Gemiddelde hoeveelheid neerslag	774 mm	851 mm	898 mm	911 mm
Winter	Gemiddelde hoeveelheid neerslag	188 mm	211 mm	247 mm	274 mm
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	80 mm	89 mm	104 mm	111 mm
	Aantal dagen ≥ 10 mm	4,1 dagen	5,3 dagen	7,2 dagen	8,5 dagen
Lente	Gemiddelde hoeveelheid neerslag	148 mm	173 mm	192 mm	195 mm
Zomer	Gemiddelde hoeveelheid neerslag	224 mm	224 mm	227 mm	226 mm
	Dagelijkse hoeveelheid die eens in de 10 jaar wordt overschreden	44 mm	44 mm	53,7 mm	61,6 mm
	Maximum uurneerslag bui T=1	14,9 mm/uur	15,1 mm/uur	18,9 mm/uur	21,9 mm/uur
	Maximum uurneerslag bui T=10	24,0 mm/uur	30,0 mm/uur	37,5 mm/uur	43,5 mm/uur
	Maximum uurneerslag bui T=100	42,0 mm/uur	71,0 mm/uur	88,8 mm/uur	103,0 mm/uur
	Aantal dagen ≥ 20 mm	1,6 dagen	1,7 dagen	2,2 dagen	2,3 dagen
Herfst	Gemiddelde hoeveelheid neerslag	214 mm	245 mm	265 mm	274 mm

*De maatgevende waarde vanuit de KNMI'14-scenario's is weergegeven.

Tabel 3: Klimaatveranderingen uitgezet tegenover referentieperiode. [18]

Naast de gegevens over de periodes van 1951-1980 en 1981-2010 staan de voorspellingen van de veranderingen van het klimaat ook in tabel 3 weergegeven. Deze zijn uitgezet over de periodes 2036-2065 en 2071-2100. Eigenlijk zijn dit dus de voorspellingen voor de jaren 2050 en 2085. Per onderdeel is de waarde van het maatgevende scenario weergegeven binnen de tabel. Er is dus niet voor een bepaald scenario gekozen. Te zien is dat in de meeste gevallen sterke neerslagtoenames verwacht worden. Behalve de gemiddelde neerslag zal de maximum neerslagintensiteit ook sterk gaan stijgen. Deze neerslagintensiteiten zijn uitgezet per bui met een verschillende herhalingsstijd. Voor het jaar 2050 bedraagt de stijging van de maximum uur-neerslag 25% en voor het jaar 2085 bedraagt deze 45% [18].

Behalve dat de neerslagintensiteiten toenemen worden de buien ook grootschaliger [21]. Hierdoor regent het langer en harder binnen een bepaald gebied. Uit modellen komt naar voren dat het gebied met 100mm neerslag bijna twee keer zo groot wordt. Deze situatie is in beeld gebracht in figuur 19. Gegeven deze situatie, waarbij de piek toeneemt van 150 naar 180mm en waarbij het gebied met minimaal 100mm neerslag twee keer zo groot wordt, neemt het totale neerslagvolume in de bui toe met 100%.



Figuur 19: Toename piek-neerslagintensiteit met groter gebiedsoppervlak.[21]

2.2.3 Grondwaterstand

De klimaatveranderingen zijn van invloed op de grondwaterstand. Doordat er meer neerslag valt in de winter kan de grondwaterstand als gevolg van een neerslagoverschot gaan stijgen. Daarnaast kan de grondwaterstand als gevolg van meer verdamping en minder neerslag in de zomer verder gaan zakken [22]. Dit betekent dat de grondwaterstand grotere fluctuaties kan ondergaan. Daarom is het belangrijk in de zomer het water 'vast' te houden en in de winter juist een snellere afvoer naar het oppervlaktewater te creëren. Het is afhankelijk van de lokale situatie wat zich precies voor zal doen.

Enkele woningen binnen Oud Krimpen hebben een houten paalfundering [3]. Deze fundering is erg kwetsbaar voor grondwaterstandverlagingen. Daarnaast ontstaan veel schades doordat er regelmatig lekke riolen met een drainerende werking liggen binnen het gebied.

Geconcludeerd kan worden dat de grondwaterstand door middel van drainage gestuurd zal moeten worden. Echter zal de eventuele verandering van de grondwaterstand als gevolg van klimaatverandering verwaarloosd worden binnen het hoofdonderzoek. Dit wordt gedaan omdat de maaiveldvaling en factoren zoals een lek riool van veel grotere invloed zijn. Daarnaast zal de grondwaterstand in de toekomst ook meer gestuurd gaan worden en zullen de klimaatveranderingen van weinig invloed zijn op de uiteindelijke grondwaterstand in Oud Krimpen.

3.3 Beleid

Alle gemeenten hebben een hemelwaterzorgplicht die wettelijk is vastgelegd [5] (artikel 3.5 van de waterwet). In het kort houdt dit in dat de gemeente zorg draagt voor het doelmatig inzamelen en verwerken van afvloeiend hemelwater. Gemeenten mogen zelf bepalen wat zij onder een doelmatige inzameling en verwerking verstaan. Zo mogen zij zelf bepalen welke hoeveelheid neerslag het rioolstelsel nog moet kunnen verwerken zonder dat water op straat ontstaat. Duidelijk mag zijn dat de afvoercapaciteit van het rioolstelsel niet oneindig groot kan worden omdat dit kostentechnisch niet haalbaar is. Met de keuze voor de afvoercapaciteit van de riolering bepaald de gemeente feitelijk wanneer (vanaf welke neerslaghoeveelheden) zij accepteert dat ook van de bovengrondse ruimte gebruik wordt gemaakt om hemelwater te bergen (water op straat) en af te voeren (afstroming over maaiveld). Ook daaraan zal een grens gesteld moeten worden: bij welke neerslaghoeveelheden moet water in woningen nog worden voorkomen en wanneer is er sprake van overmacht en kan zelfs water woningen binnenlopen?

3.3.1 Huidig beleid

In het Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan (vGRP) Krimpen aan den IJssel 2013 – 2017 staan een aantal eisen waar de riolering aan moet voldoen zodat een acceptabel veiligheidsniveau behaald wordt. Een van deze eisen is dat bestaande openbare rioleringssystemen minimaal 19,8mm neerslag in 1 uur kunnen verwerken zonder dat dit leidt tot water op straat [8]. Deze hoeveelheid is voortgekomen uit “bui 8”, welke eens in de 2 jaar voorkomt. Uit het wijkonderzoek blijkt dat bestaande openbare vuilwaterstelsels in Oud Krimpen een neerslaghoeveelheid van ca. 20mm in 1 uur kunnen verwerken. Dit voldoet dus nog net aan deze eis.

Voor nieuwe stedelijke gebieden is een andere eis opgesteld binnen het rapport, afgestemd op bui 09. Dit is een zwaardere bui dan bui 08. Nieuwe rioolstelsels moeten minimaal 28,4mm neerslag in 1 uur kunnen verwerken zonder dat dit leidt tot water op straat [8].

Bij extreme neerslag is het acceptabel dat wanneer de totale capaciteit van de riolering benut is, er in bestaand gebied water op straat komt te staan zolang de tijdsduur daarvan beperkt is, het water niet tot schade leidt en straten niet onbereikbaar worden. Er wordt in dat geval gebruik gemaakt van de bergingscapaciteit van de openbare ruimte. Niet acceptabel is dat:

- Overtollig water vanaf openbaar gebied woningen, bedrijfsruimten en openbare voorzieningen binnenstroomt (materiële schade);
- Overtollig afvalwater in grote mate uit de riolering op straat stroomt zodat er kans is dat burgers in aanraking komen met afvalwater. Dit levert gezondheidsrisico's op;
- Water op straat belangrijke verkeersaders blokkeert of woonstraten langdurig (>2-4 uur) onbereikbaar maakt. Hierdoor zouden hulpdiensten mogelijk niet op hun bestemming kunnen komen.

Bovenstaande eisen en acceptaties gelden momenteel. Echter is er nog geen maatstaf voor de neerslag opgesteld om te kunnen toetsen of aan de eisen voldaan kan worden. In het volgende hoofdstuk wordt een advies gegeven voor de te hanteren toetsbuien.

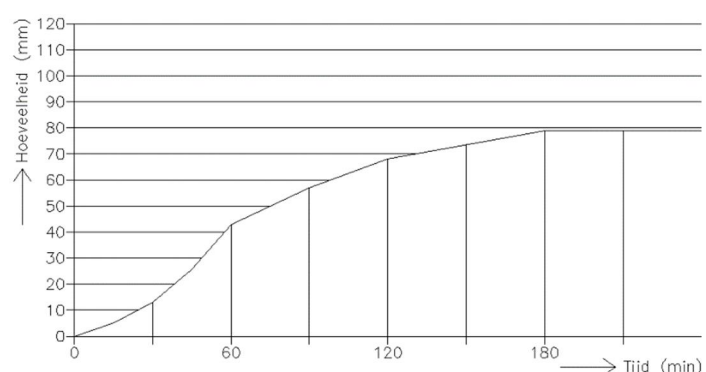
3.3.2 Advies toetsing extreme buien

Binnen deze paragraaf wordt een advies gegeven om de genoemde acceptaties te kunnen toetsen aan een extreme bui in het jaar 2050. De huidige acceptaties en eisen voor de riolering zullen in de toekomst grotendeels hetzelfde blijven en daarom wordt hier geen nieuw beleid voor geadviseerd.

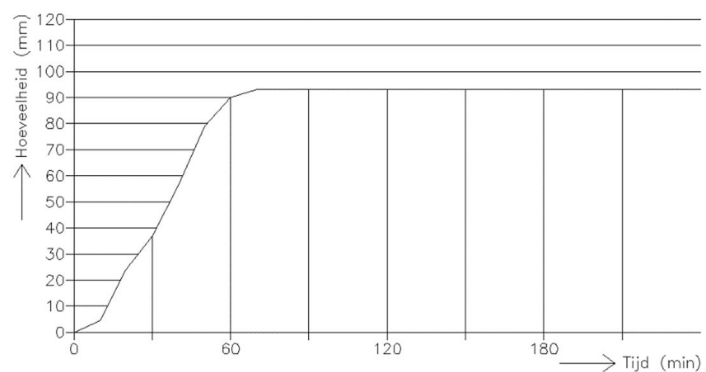
Binnen het huidige beleid is er rekening gehouden met bui 08 met een herhalingstijd van $T=2$ jaar voor het dimensioneren van een rioolstelsel. Aan de hand van deze bui kan een wijk dus niet getest worden op wateroverlast. Het uitgangspunt binnen het huidige beleid voor wateroverlast is dat het water niet tot schade mag leiden en dat de wijk het water dus moet kunnen verwerken. De gemeente dient te bepalen welk risico zij nog acceptabel vindt. Dit houdt in dat zij moeten bepalen bij welke kans op voorkomen (herhalingstijd) van een neerslaghoeveelheid er geen water in een woning mag komen. Aangezien dit nog niet gedaan is wordt een zo realistisch mogelijke aanname gedaan aan de hand van alle onderzochte informatie zoals verschillende extreme neerslag gegevens en klimaatscenario's.

Als maatgevende extreme bui(en) worden twee buien aangehouden: bui De Bilt en bui Herwijnen [23][24]. Bui De Bilt is geconstrueerd als een interpretatie van de regenduurstatistieken van het KNMI [23]. Dit is een extreme bui waarbij 79mm neerslag in drie uur valt, waarvan 43mm in het eerste uur. Bui Herwijnen is op 28 juni 2011 geregistreerd in een automatisch station van het KNMI in het dorp Herwijnen. Tijdens deze bui viel er 93mm neerslag in 70 minuten waarvan 90mm in het eerste uur. Zie figuur 20 en 21 voor het verloop van deze buien.

Deze buien zijn gekozen omdat bui De Bilt momenteel een herhalingstijd heeft van $T=50$ jaar en bui Herwijnen van iets groter dan $T=100$ jaar [23]. Dit zijn reële herhalingstijden om een wijk op te toetsen/ontwerpen. Het zou



Figuur 20: Bui De Bilt.

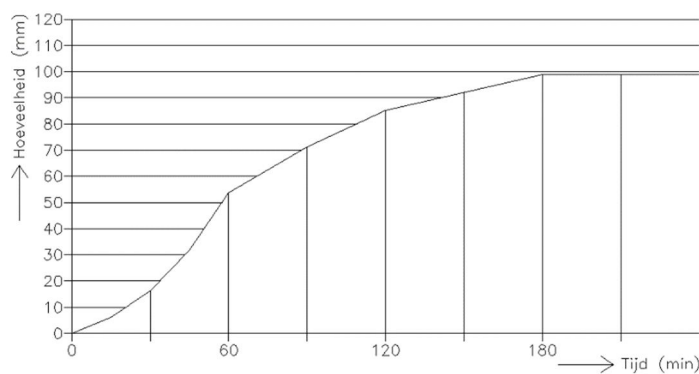


Figuur 21: Bui Herwijnen.

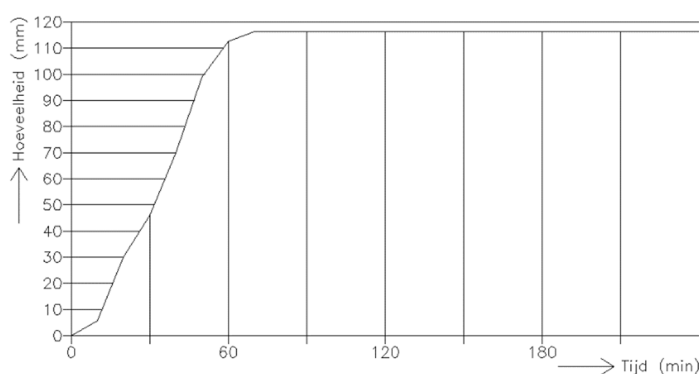
onrealistisch zijn om een wijk te ontwerpen op een bui met een nog grotere herhalingstijd aangezien de kosten dan te veel oplopen in vergelijking met wat het zal opleveren.

Momenteel gelden de herhalingstijden voor de buien De Bilt en Herwijnen nog, maar in het jaar 2050 zullen deze als gevolg van klimaatverandering al vaker voorkomen. Daarom dient eerst nog een percentage, welke volgt uit de verwachte toename van de hoeveelheid neerslag (klimaatfactor), over de buien gerekend te worden alvorens aan de hand van deze buien een uitspraak gedaan kan worden. Zoals eerder vermeld zal de hoeveelheid neerslag tijdens extreme buien in het meest ongunstige scenario met 25% toenemen [18]. Hieruit volgt een klimaatfactor van 1,25. Wanneer deze klimaatfactor over de buien gerekend wordt zullen de buien hun herhalingstijd behouden. In figuren 22 en 23 op de volgende pagina zijn de toekomstige buien te zien.

Wanneer de figuren 20 en 21 vergeleken worden met de figuren 22 en 23 kan geconcludeerd worden dat er een flinke stijging van de hoeveelheid neerslag plaats zal vinden. Waar 43mm in het eerste uur viel bij bui de Bilt valt er 54mm in het jaar 2050. Waar 90mm in het eerste uur viel bij de bui Herwijnen valt er 112,5mm in het jaar 2050. Verder zijn de totale neerslag hoeveelheden gedurende deze buien in het jaar 2050 gestegen van 79mm naar 98,75mm bij bui De Bilt en van 93mm naar 116,25mm bij Bui Herwijnen. Geadviseerd wordt een wijk op een van boven genoemde neerslag hoeveelheden te toetsen. Deze neerslag moet opgevangen worden door het riool, de overstort, gemaakte berging op straat en evt. andere voorzieningen.



Figuur 22: Bui De Bilt met klimaatfactor 1,25.



Figuur 23: Bui Herwijnen met klimaatfactor 1,25.

3.4 Toetsing huidig Oud Krimpen

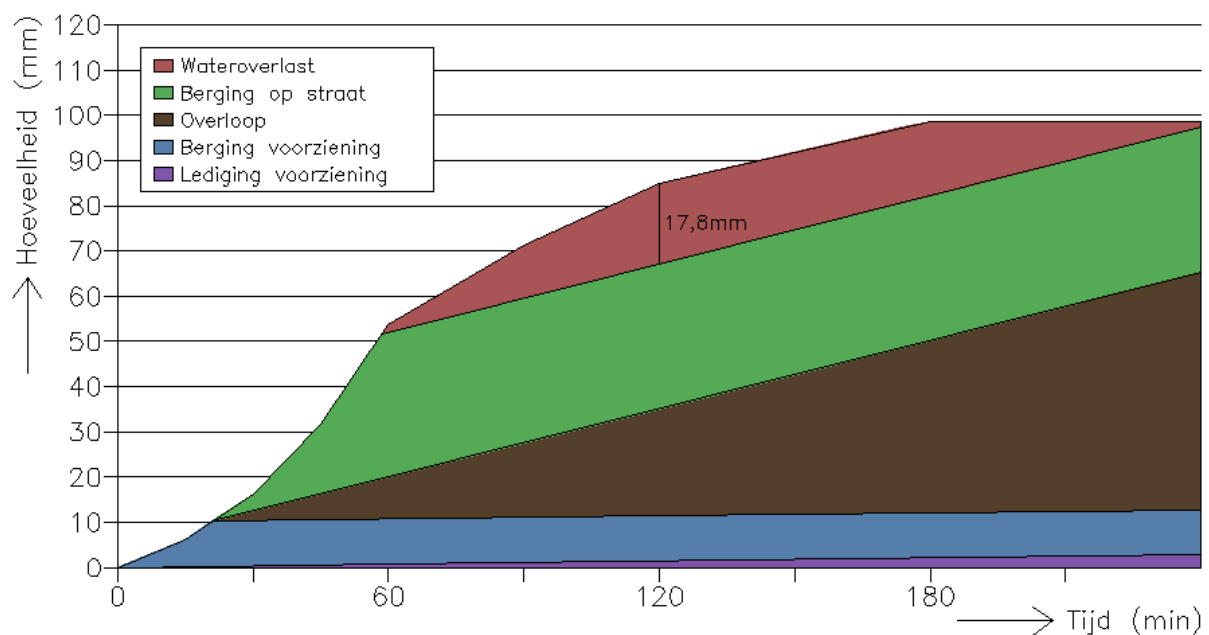
Om te kunnen bepalen hoeveel regenwaterafvoer en/of –berging aan het gebied toegevoegd moet worden dient de huidige situatie eerst getoetst te worden. Dit wordt gedaan aan de hand van de geadviseerde maatgevende buien. Binnen deze toetsing wordt er gebruik gemaakt van de huidige omstandigheden welke naar voren zijn gekomen in het wijkonderzoek. Hieruit volgt:

- Berging in riool: 10 mm
- Overloopcapaciteit: 40 l/s/ha
- Berging op straat: 32 mm
- Lediging: 0,70 mm/uur (= pompcapaciteit gemaal)

Factoren zoals “infiltratie” (het indringen van water in de grond) en “evapotranspiratie” (bestaat uit evaporatie en transpiratie, evaporatie is de beweging van water naar de atmosfeer, transpiratie is het opnemen en verbruiken van water door planten) zijn verwaarloosd binnen de toetsing. Reden hiervoor is dat beide factoren verwaarloosbaar klein zijn. De infiltratie speelt gewoonlijk wel degelijk een rol maar is in dit geval erg klein. Dit komt doordat bijna heel het gebied verhard is en de ondergrond bestaat uit klei en veen. Verder zal de grond ook snel verzadigd raken.

Voor de toetsing van de wijk is geen gebruik gemaakt van 3D-toetsingsmodellen. Reden hiervoor is dat hierover niet beschikt wordt en dat de kennis hiervoor ook ontbreekt. Daarom is voor een grafische aanpak gekozen. Binnen deze toetsing kunnen verschillende regenwatervoorzieningen ingevuld worden in de geschematiseerde buien. Aan de hand hiervan kan bepaald worden hoeveel wateroverlast op zal treden. De grafische aanpak is iets minder nauwkeurig dan wanneer gebruik gemaakt wordt van 3D-modellen. Echter is de aanpak zeer geschikt om snel en eenvoudig in beeld te brengen of en in welke mate water op straat zal ontstaan en/of wat het effect zal zijn van bepaalde maatregelen. Bij de uiteindelijke dimensionering van oplossingen wordt geadviseerd deze middels 3D-modellen te toetsen zodat ook de dynamische processen worden meegenomen.

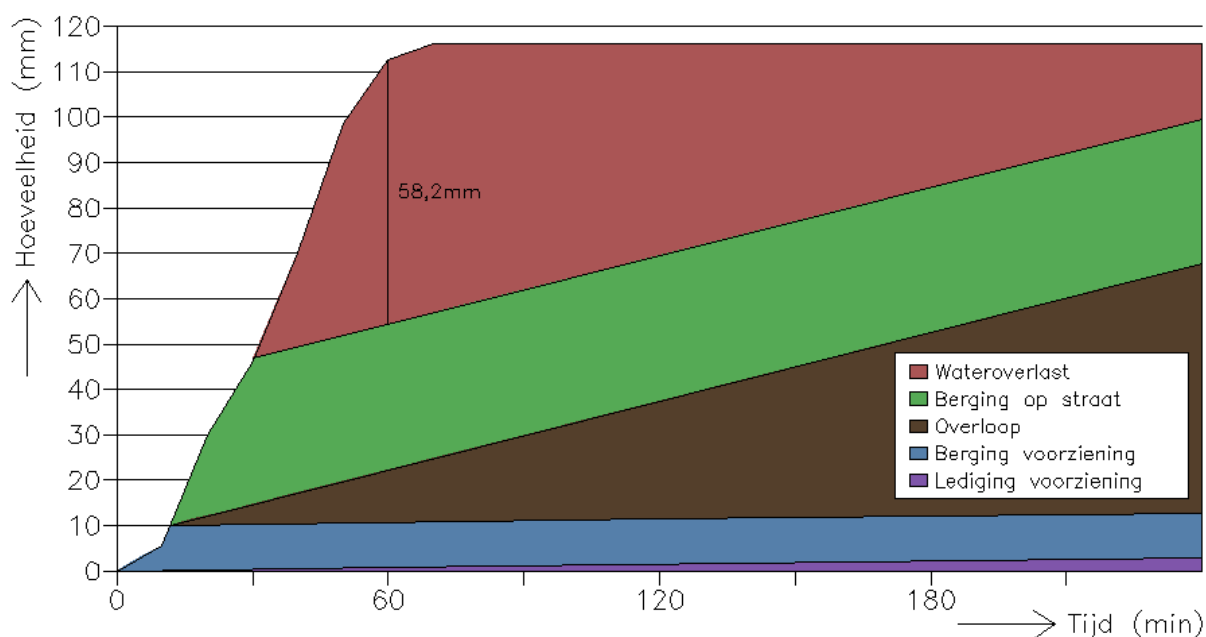
In figuur 24 is de huidige wijk getoetst aan de hand van bui De Bilt met een klimaatfactor van 1,25. Te zien is dat er na ongeveer 20 minuten water op straat (ont)staat en dat er binnen het uur wateroverlast optreedt. In dit geval zal dit zijn dat het water over de maatgevende dorpel (gemeten tijdens het wijkonderzoek) loopt. Wat opgemerkt dient te worden is dat er in deze benadering vanaf dit moment pas gesproken wordt van wateroverlast, omdat vanaf dit moment het water een huis binnen zal stromen. Voor het water het niveau van de dorpel bereikt heeft is er dus al wateroverlast op straat. Op het diepste punt zal er al 250mm water op straat staan. Ongeveer twee uur na het begin van de bui zal de wateroverlast het hevigst zijn. Hierbij is er een wateroverlast van rond de 18mm en zal er dus gemiddeld $18 + 32 = 50\text{mm}$ water op straat staan. Ongeveer drie uur na het begin van de wateroverlast zal het waterniveau op straat weer onder de maatgevende dorpel in de Tuinstraat komen. Dit betekent echter niet dat de wateroverlast voorbij is aangezien het water dat boven de dorpel gekomen is nog steeds voor overlast in huis zorgt. Ook zal er nog steeds veel water op straat staan.



Figuur 24: Toetsing huidige Oud Krimpen aan de hand van bui De Bilt met een klimaatfactor van 1,25.

Wat opgemerkt dient te worden is dat de eerder genoemde tijden en hoeveelheden welke volgen uit de grafiek zich nooit precies voor zullen doen. Dit komt omdat de buien in werkelijkheid altijd verschillend zijn omdat dit met meer aspecten te maken zal hebben dan in deze grafiek is weergegeven. Wel geeft deze weergave een goed beeld van de hoeveelheid overlast dat op kan treden.

In figuur 25 is het huidige Oud Krimpen getoetst aan de hand van bui Herwijnen met een klimaatfactor van 1,25. Hieruit volgt dat er na ruim 10 minuten al water op straat (ont)staat en dat er binnen een half uur al wateroverlast ontstaat. Ook hier zal vanaf dit moment het water weer boven de maatgevende dorpel in de Tuinstraat komen. Ongeveer één uur na het begin van de bui zal de wateroverlast het hevigst zijn. Hierbij is er gemiddeld een wateroverlast van iets minder dan 60mm (volgt uit de figuur) en zal er gemiddeld 90mm water op straat staan. Na 4,5 uur zal het waterniveau weer onder de maatgevende dorpel komen. Het mag duidelijk zijn dat deze situatie zich in werkelijkheid nooit voor mag doen. Deze situatie overschrijdt alle vooraf afgesproken acceptaties.



Figuur 25: Toetsing huidig Oud Krimpen aan de hand van bui Herwijnen met een klimaatfactor van 1,25.

Uit voorgaande figuren kan opgemaakt worden dat veel moet veranderen binnen de woonwijk om de veranderingen ten gevolgen van het klimaat aan te kunnen. Wanneer dit niet gedaan wordt zal er steeds vaker en ook steeds heviger wateroverlast optreden.

Wanneer er voor gekozen wordt een nieuw rioolstelsel aan te brengen in Oud Krimpen, welke 30mm in één uur kan verwerken, betekent dit dat de resterende hoeveelheid neerslag elders opgevangen moet worden zonder dat dit een woning binnen stroomt. Bij bui De Bilt betekent dit dat deze hoeveelheid 24mm bedraagt en bij bui Herwijnen zal dit 82,5mm(!) zijn. Wanneer er voor gekozen wordt de bestaande riolering te relinen betekent dit dat de capaciteit van 20mm niet vergroot kan worden. In dat geval dient er nog 10mm extra opgevangen te worden.

In het volgende hoofdstuk zullen maatregelen onderzocht worden om te bezien of deze kunnen functioneren als oplossing voor Oud Krimpen. Effecten van maatregelen zullen over het bruto oppervlakte van de wijk gerekend worden aangezien er over extreme regenbuien gesproken wordt. In dit geval speelt heel het oppervlak binnen de wijk mee op het volume water op straat en dus niet alleen het netto verhard oppervlak. Hiermee wordt gerekend wanneer bui 08 gehanteerd wordt en er dus nog geen water op straat mag staan. Verder zullen de effecten van maatregelen in de bui Herwijnen uitgezet worden.

4. Onderzoek mogelijke oplossingen

In dit hoofdstuk zullen verschillende mogelijke oplossingen voor Oud Krimpen behandeld worden. Van deze maatregelen wordt een beschrijving gegeven, het effect beschreven en de toepasbaarheid bepaald. Om herhaling te voorkomen wordt een aantal keer een combinatie van deze aspecten in dezelfde paragraaf behandeld. Onderstaande maatregelen zullen aan bod komen:

- 4.1 Vervangen riolering
- 4.2 Extra watergang
- 4.3 Apart bemalingsgebied (4 opties)
- 4.4 Apart peilgebied
- 4.5 Opvijzelen woningen
- 4.6 Aanbrengen pomputjes
- 4.7 Aanpassen straatwerkhoogtes
- 4.8 Creëren ondergrondse berging (4 opties)
- 4.9 Aanbrengen waterplein
- 4.10 Verlagen groenvakken
- 4.11 Groene daken & waterdaken
- 4.12 Creëren van berging onder de weg (2 opties)
- 4.13 Toepassen verhoogd trottoir
- 4.14 Overige particuliere maatregelen

4.1 Vervangen riolering

4.1.1 Beschrijving oplossing

Een voor de hand liggende oplossing is het vervangen van de bestaande riolering door een riool met een grotere diameter. Het riool kan dan meer water bergen en beschikt wellicht ook over een grotere maximale afvoercapaciteit.

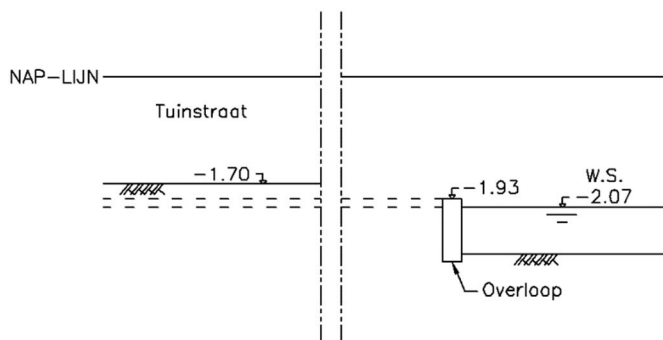
Om een nieuw rioolstelsel aan te brengen is het verstandig eerst het oude riool te verwijderen. De meest gekozen manier om deze werkzaamheden uit te voeren is door gebruik te maken van een open sleuf. Later komt aan bod welk type stelsel de voorkeur heeft.

Het vervangen van het riool in de tuinen van de Tuinstraat is vrijwel onmogelijk met behulp van een open ontgraving. Dit komt omdat in het verleden veel bijgebouwen zoals schuurtjes boven de leiding zijn aangebracht. De enige oplossing, zonder te veel schade aan te richten aan deze (bij)gebouwtjes en tuinen, is door de rioolbuizen te relinen. Dit riool blijft een gemengd stelsel.

4.1.2 Effect

Momenteel beschikt het rioolstelsel in Oud Krimpen over een bergingscapaciteit van 10mm. Wanneer deze verdubbeld kan worden betekent dit dat het rioolstelsel over een bergingscapaciteit van 20mm kan beschikken. Waar de wijk eerst ongeveer 20mm aankon, zal de wijk na rioleringswerkzaamheden minimaal 30mm aankunnen.

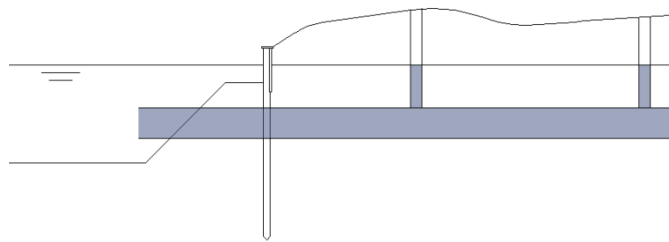
Echter is, aan de hand van het verschil tussen de maaiveldhoogtes en de drempelhoogtes, geconcludeerd dat deze oplossing weinig effect zal hebben op het beter functioneren van de wijk wanneer gekozen wordt voor een gemengd stelsel. Een grotere rioolbuis zal de bergingscapaciteit zeker vergroten, alleen geldt dit niet voor de afvoercapaciteit. De oorzaak hiervan is dat de drempel van de laagste overstort waar deze riolering op aangesloten is niet veel lager ligt dan het maaiveld in de probleemgebieden in de Tuinstraat [5] (zie figuur 26). Dit betekent dat de druk in dit riool tijdens een extreme bui snel zal oplopen en dat er alsnog snel water op straat komt te staan. Bij een overstortende straal van <23cm is hier reeds sprake van. Nu is er aan gedacht de overloopcapaciteit van deze overstort te vergroten door deze



Figuur 26: Schematisering maaiveldhoogte in Tuinstraat en drempelhoogte overloop.

te verbreden. Echter bestaat de afstand tussen het maaiveld en de drempelhoogte maar uit 23cm. Dit betekent dat de overlopende straal niet groter zal zijn. Het substantieel verkleinen van de overstortende straal vraagt daarom om een zeer brede drempel terwijl de werking dan nog steeds zeer beperkt zal zijn, ook omdat er in het stelsel vrijwel geen opstuwing mag plaatsvinden.

Indien er gekozen wordt om een gescheiden stelsel aan te brengen zou een compleet andere situatie ontstaan. Het regenwater-riool zou, tenzij gekozen wordt voor een bemalen HWA-stelsel, continue vol staan aangezien er geen gebruik gemaakt zal worden van een overstort (zie figuur 27). Als gevolg hiervan zal de bergingscapaciteit van het riool verloren



Figuur 27: Schematisering waterniveaus in HWA-riool.

gaan, maar kan het water wel sneller afgevoerd worden naar het oppervlaktewater. In deze situatie is er geen vaste afvoercapaciteit. Geconcludeerd kan worden dat er nader onderzoek uitgevoerd dient te worden voordat het effect van deze maatregel precies in beeld gebracht kan worden, dit is niet meegenomen in dit afstudeeronderzoek.

Naast het feit dat de riolering vergroot en vernieuwd wordt heeft deze ingreep ook nog een ander effect op de omgeving. De grondwaterstand zal een stijging ondervinden als gevolg van het verwijderen van het lekke riool. Hierdoor zal de grondwaterstand van onder het slootpeil tot boven het slootpeil gaan stijgen. Aangezien dit veel effect kan hebben op de omgeving zal een degelijke drainage of gesloten leiding waar bewoners op aan kunnen sluiten mee gelegd moeten worden naast de riolering. Op deze manier komt de grondwaterstand op hetzelfde niveau als het slootpeil.

4.1.3 Toepasbaarheid

Binnen de gemeente Krimpen aan den IJssel vroeg men zich af of de riolering binnen Oud Krimpen wel vervangen kan worden omdat deze wijk over erg oude bebouwing beschikt. In bijlage 10 [3][25] is een risicoanalyse toegevoegd met hierin de beoordeling of rioleringswerkzaamheden toepasbaar zijn. Hieruit volgt dat het vervangen van de riolering wel degelijk toepasbaar is omdat verschillende voorzorgsmaatregelen getroffen kunnen worden om de aanwezige risico's te verkleinen en te voorkomen.

4.1.4 Alternatief 1: Aparte buis boven oude stelsel

Wanneer men het uiteindelijk toch niet aandurft de oude riolering te verwijderen en een gescheiden stelsel aan te brengen, kan er ook nog voor gekozen worden een rioolbuis hoger dan het oude stelsel aan te brengen. In dit geval zal dit waarschijnlijk een buis alleen voor regenwater zijn. Op deze manier zal niet diep gegraven hoeven te worden. Wanneer dit als een goed alternatief bevonden wordt, wordt aangeraden te onderzoeken of dit praktisch wel haalbaar is.

4.1.5 Alternatief 2: Overstortcapaciteit vergroten

Zoals eerder vermeld heeft het verbreden van de huidige overstorten weinig nut in verband met de bijbehorende hoogtes en omstandigheden. Echter kan wel de keus gemaakt worden een extra overstort aan te brengen. Op deze manier kan de totale overstortcapaciteit wel vergroot worden. Indien deze overstort op een gunstige locatie aangebracht kan worden is het mogelijk dat deze over een grotere overloopcapaciteit beschikt dan de huidige overstorten. Binnen deze optie moet, in verband met een eventueel nieuw rioolstelsel, nog bezien worden op wat voor stelsel deze vervolgens aangesloten wordt.

4.2 Aanbrengen extra watergang

4.2.1 Beschrijving oplossing

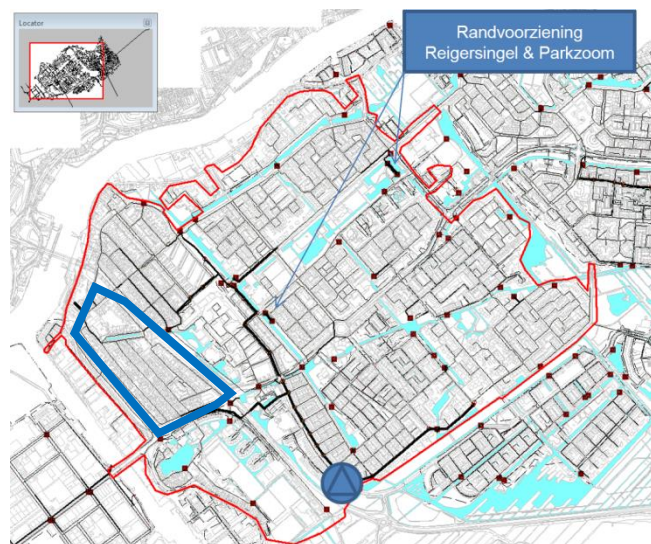
Wanneer een extra watergang gegraven zou kunnen worden binnen Oud Krimpen betekent dit dat er veel meer water geborgen zou kunnen worden tijdens een bui. Echter zal dit binnen Oud Krimpen niet makkelijk gaan omdat dit is volgebouwd. De enige optie zal zijn om wat in de tuinen van bewoners te realiseren. De gemeente zou hier een poging tot kunnen wagen middels een bewonersparticipatie maar dit zal waarschijnlijk zonder succes zijn. Naast een watergang zou er ook voor gekozen kunnen worden om wadi's aan te brengen. Echter zal ook hier weinig ruimte voor zijn tenzij heel het straatbeeld aangepast zou worden.

Deze opties worden verder niet behandeld omdat het zeer onwaarschijnlijk is dat deze uitgevoerd zullen worden.

4.3 Apart bemalingsgebied

4.3.1 Beschrijving oplossing

Een bemalingsgebied is een gebied wat bemaalt wordt door een eigen gemaal en is afgesloten van andere rioolstelsels. Door middel van een gemaal kan het overtollige water uit dit rioolstelsel gepompt worden. Momenteel maakt Oud Krimpen deel uit van het bemalingsgebied Kortland [5]. Dit bemalingsgebied is weergegeven in figuur 28.



Figuur 28: Overzicht bemalingsgebied Kortland (Oud Krimpen bevindt zich links in de figuur). [5]

Wanneer (een deel van) Oud Krimpen afgesloten zou worden van dit bemalingsgebied zou het water beter beheerst kunnen worden in de wijk. De wijk zou minder last hebben van water uit omliggende wijken en het water wat voor overlast zorgt zou weggepompt kunnen worden met behulp van een gemaal [26]. Door middel van dit gemaal zou het overtollige water naar de Hollandsche IJssel gepompt kunnen worden. Nu kan voor verschillende varianten gekozen worden. Heel de wijk zou afgesloten kunnen worden van het huidige bemalingsgebied, maar een deel kan ook. De keuze hiervoor hangt af van het beoogde doel van dit bemalingsgebied. Besloten dient te worden of met deze oplossing een deel van de bui opvangen moet worden of dat zelfs heel de bui. Wanneer dit gecombineerd wordt met de grootte van het gebied kunnen hier benodigde pompcapaciteiten uit volgen. Voor de volgende vier opties kan gekozen worden:

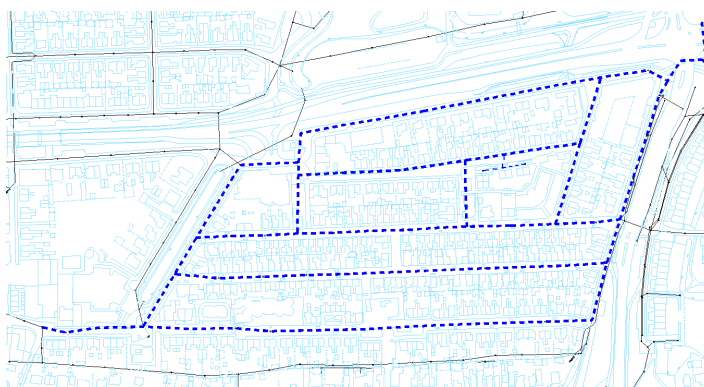
	Heel Oud Krimpen bemalen	Deel van Oud Krimpen bemalen
Heel de bui opvangen	Optie 1	Optie 2
Deel van de bui opvangen	Optie 3	Optie 4

Tabel 4: Opties voor het toepassen van een apart bemalingsgebied.

De opties in tabel 4 zullen in het vervolg van dit hoofdstuk eerst beschreven worden, daarna wordt het effect bepaald en aan het eind wordt beschreven waar het water heen gepompt zal kunnen worden.

Optie 1&3:

Optie 1&3 bestaan uit het apart bemalen van heel Oud Krimpen. Het verschil zit in de hoeveelheid op te vangen neerslag. De riolen welke binnen dit bemalingsgebied zullen komen zijn weergegeven in figuur 29. Het gebied welke van invloed is op dit rioolstelsel bevat een bruto oppervlakte van circa 10ha. Gekozen is om met het bruto oppervlak te rekenen omdat in de praktijk bij hevige buien meer afwatert

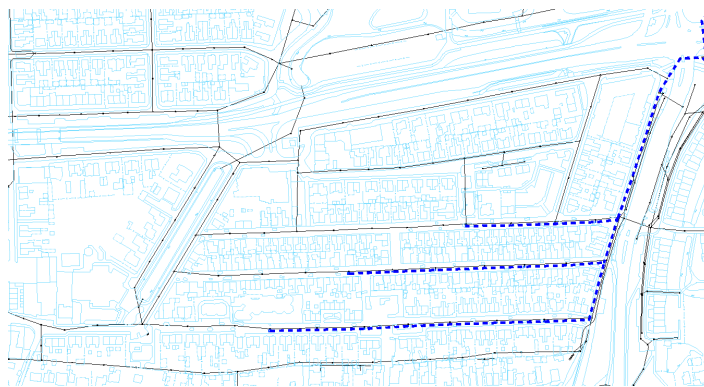


Figuur 29: Optie 1&3, Oud Krimpen als apart bemalingsgebied.

dan alleen water vanaf het verharde oppervlak. Dit is gelijk het nadeel van deze twee opties, het bemalingsgebied is nogal groot. Waarschijnlijk dient een heel groot (duur) gemaal aangebracht te worden om heel dit gebied te kunnen bemalen.

Optie 2&4:

Optie 2&4 bestaan uit het apart bemalen van een deel van Oud Krimpen. Het verschil tussen deze twee opties zit weer in de hoeveelheid op te vangen neerslag. In dit geval bedraagt dit deel rioolstrengen van de Tuinstraat, Waalstraat, Oosterstraat en de Oude Tiendweg. Hiervoor is gekozen omdat hier de meeste wateroverlast voorkomt. Het bemalingsgebied is weergegeven in figuur 30 en heeft een bruto



Figuur 30: Optie 2&4, deel van Oud Krimpen als apart bemalingsgebied.

oppervlakte van ongeveer 3,5ha. Dit is aanzienlijk kleiner dan wanneer gekozen wordt voor optie 1 of 3. Dit betekent dat een kleiner gemaal benodigd zal zijn wanneer gekozen wordt voor een van deze opties. Wat opvalt is dat bovenin de figuur de riolering ook bij het bemalingsgebied lijkt te horen. Echter zorgt deze streng alleen voor de aansluiting op de overstort (later wordt uitgelegd waarom hier nog op is aangesloten). Dit deel zal niet van invloed zijn op het bruto oppervlak van dit gebied.

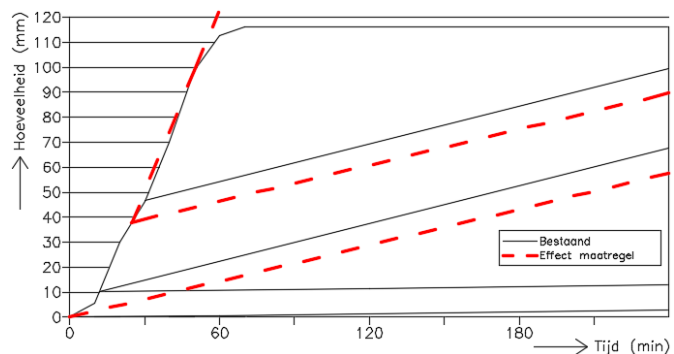
Naast deze verschillende opties zal er ook een systeem ontwikkeld moeten worden welke het in werking treden van het gemaal regelt. Dit is nodig aangezien het gemaal niet bij elke bui in werking hoeft te treden. Wanneer het stelsel aangesloten zal zijn op een overstort met drempel, zal er een systeem ontwikkeld kunnen worden dat het gemaal in werking treedt bij een bepaald overstortdebit. Vandaar dat er in de figuren 29 en 30 aangesloten is op de overstort. Daarnaast kan er ook een systeem ontwikkeld worden waarbij de overstortbemaling in werking treedt wanneer er een bepaalde waterhoogte in de pompput behaald wordt. Op deze manier treedt het gemaal alleen in werking wanneer het echt nodig is. Daarnaast dient er ook nog een keuze gemaakt te worden of een nieuw gemengd stelsel bemalen gaat worden, of dat er een apart HWA-stelsel aangebracht wordt. Wanneer er voor een gemengd stelsel gekozen wordt heeft dit natuurlijk nadelen aangezien er dan ook vuilwater in de Hollandsche IJssel geloosd zal worden. Ook zal er dan nog meer water verwerkt moeten worden door het gemaal. Een HWA-riool zou aanzienlijk gunstiger zijn in de gebruiksfase. Wanneer er voor deze oplossing gekozen wordt zal dit in het vervolg van het onderzoek definitief uitgewerkt worden.

4.3.2 Effect

Opties 1 t/m 4 kunnen veel effect hebben op het verwerken van water binnen Oud Krimpen. Echter hangt dit heel sterk af van de grootte van het gemaal welke aangebracht zal worden. In hoofdstuk 3.4 “Toetsing huidige Oud Krimpen” is er bepaald dat wanneer de huidige situatie intact blijft er ongeveer 60mm neerslag extra afgevoerd dient te worden dan de wijk nu aankant. Wanneer er gebruik gemaakt gaat worden van een apart regenwaterstelsel zal de berging voor het in beeld brengen van het effect van deze maatregel verloren gaan aangezien dit stelsel in de maatgevende situatie vol zal staan met water. Alleen wanneer het stelsel leeggepompt is zal deze berging weer beschikbaar zijn. De lediging voorziening van bemalingsgebied Kortland zal blijven bestaan aangezien er ook een gemengd stelsel zal blijven bestaan. De hoeveelheid berging in dit riool wordt in deze benadering verwaarloosd aangezien het onduidelijk is hoeveel deze in de toekomst zal bedragen. Dit betekent dat er ca. 70mm neerslag extra afgevoerd dient te worden. Binnen deze benadering wordt er vanuit gegaan dat er een regenwaterstelsel toegepast gaat worden met een overstort met dezelfde capaciteit als nu het geval is.

Optie 1&2:

Bij optie 1&2 wordt er vanuit gegaan dat heel de bui opgevangen dient te worden zonder dat er andere maatregelen genomen gaan worden. Deze situatie is geschematiseerd in figuur 31. Te zien is dat het overtollige water na ongeveer een half uur opgevangen dient te worden om geen overlast te veroorzaken. Dit resulteert in een pompcapaciteit van 130 mm/uur. Dit dient vervolgens nog vermenigvuldigd te worden met de grootte van de gebieden van de verschillende opties. Bij optie 1 bedroeg dit 10ha. Hieruit resulteert een totaal benodigde pompcapaciteit van $0,130 * 100000 = 13000 \text{ m}^3/\text{uur}$ (!). Bij optie 2 bedroeg het gebied 3,5ha. Hieruit volgt een totaal benodigde pompcapaciteit van $0,130 * 35000 = 4550 \text{ m}^3/\text{uur}$. (Ter vergelijking: Heel bemalingsgebied Kortland is aangesloten op een gemaal met een pompcapaciteit van $940 \text{ m}^3/\text{uur}$. Dit gemaal heeft ongeveer €500.000,- gekost exclusief toevoerleiding) [5].

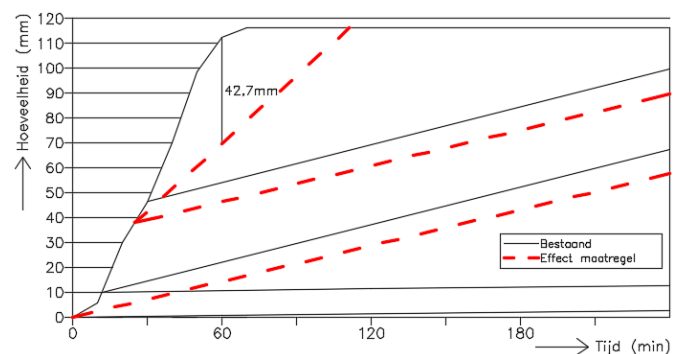


Figuur 31: Optie 1&2 geschematiseerd in bui Herwijnen.

Geconcludeerd kan worden dat het absurd is om heel de bui alleen met behulp van een gemaal te verwerken. Deze pompcapaciteiten zijn veel te groot en zijn daarom zeer onrealistisch om toe te passen.

Optie 3&4

Bij optie 3&4 wordt er vanuit gegaan dat er maar een deel van de bui opgevangen dient te worden en dat de resterende hoeveelheid met behulp van andere voorzieningen verwerkt wordt. Deze situatie is geschematiseerd in figuur 32. In dit geval is er gekozen voor een pompcapaciteit van 40 mm/uur. Dit resulteert in het geval van optie 3 in een pompcapaciteit van $0,040 * 100000 = 4000$



Figuur 32: Optie 3&4 geschematiseerd in bui Herwijnen.

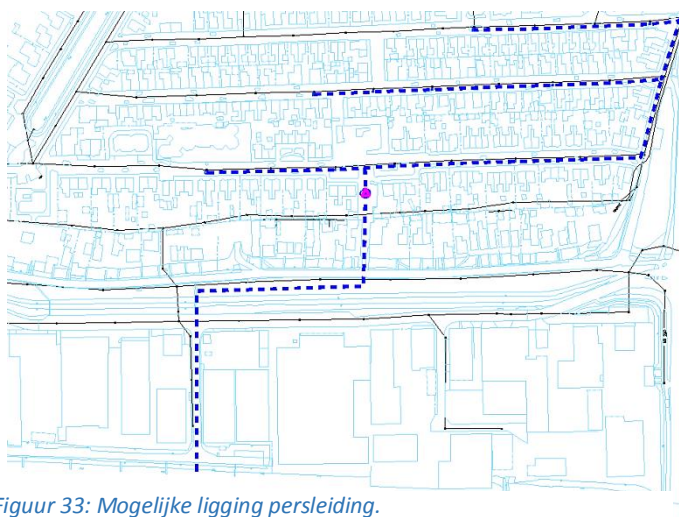
m³/uur. Bij optie 4 zal dit $0.040 \cdot 35000 = 1400$ m³/uur. Het gaat hier nog steeds over zeer forse pompcapaciteiten waar een erg groot gemaal voor benodigd is.

Wanneer er in de toekomst daadwerkelijk een apart bemalingsgebied gecreëerd wordt zullen de opties 1 en 2 gelijk uitgesloten worden. In deze gevallen is er een veel te grote pompcapaciteit benodigd. Bij optie 3 en 4 is dit momenteel ook nog het geval. Echter kan hier na verder onderzoek wel een goed ontwerp voor gemaakt worden wanneer een realistische pompcapaciteit aangehouden wordt. Afhankelijk van het budget wat beschikbaar gesteld zal worden om de wijk aan te passen kunnen er keuzes gemaakt worden over de grootte van het gemaal. Aan de hand hiervan kan de grootte van het bemalingsgebied nog aangepast gaan worden. Daarnaast kan er besloten worden de helft van de daken bijvoorbeeld op het schoonwaterriool aan te sluiten en de andere helft op het gemengde stelsel.

4.3.3 Toepasbaarheid

Het creëren van een apart bemalingsgebied binnen Oud Krimpen kan een erg goede oplossing zijn binnen de wijk. Echter zal deze oplossing zoals eerder vermeld nog wel verder onderzocht en uitgewerkt moeten worden wanneer hier daadwerkelijk voor gekozen wordt.

Deze oplossing is pas mogelijk wanneer een goede afvoer (met behulp van pompen en een persleiding) naar de Hollandsche IJssel gecreëerd kan worden. Andere overheden zoals Rijkswaterstaat zullen het hier ook mee eens moeten zijn. In figuur 33 is een mogelijke ligging van de persleiding weergegeven. Het (in dit kaartje) van oost naar west lopende gedeelte bevindt zich in een brede groenstrook en de van noord naar zuid lopende delen liggen onder een openbare weg. Op deze manier komt de leiding niet op particulier terrein te liggen.



Figuur 33: Mogelijke ligging persleiding.

Wellicht dat met behulp van een gestuurde boring ook andere mogelijke tracés naar voren komen.

Wanneer deze deel oplossing toegepast gaat worden zal er waarschijnlijk voor gekozen worden een apart HWA-stelsel in heel de wijk aan te brengen. Daarnaast zal er ook een gemengd stelsel aangebracht worden waar het vuile water op aangesloten wordt. Dit riool wordt nog een gemengd riool genoemd omdat er nog een aantal andere gemengde riolen op aan zullen sluiten. Denk aan het riool welke in de tuinen van de huizen in de Tuinstraat ligt. Daarnaast zal misschien niet alles zoals sommige dakgoten aan de achterkant van een huis afgesloten kunnen worden van het gemengde riool.

Verder lijkt optie 4 de meest reële optie. Een deel van het nieuwe HWA-stelsel zal aangesloten worden op het nieuw aan te brengen gemaal en het andere deel zal dan alleen op de overstorten aangesloten worden. Aan de hand van de wijze waarop het gemaal in werking treedt zal er besloten worden of allebei de stelsels op een overstort aangesloten zullen worden. Indien mogelijk zou een extra buis onder de kruising van de C.G. Roosweg/Industrieweg/Nieuwe Tiendweg aangelegd kunnen worden voor een nieuwe overstort. Dit zal wel moeten gebeuren op een moment dat heel het kruispunt afgesloten is.

4.4 Apart peilgebied (waterstand verlagen)

4.4.1 Beschrijving oplossing

Oud Krimpen maakt momenteel deel uit van een peilgebied dat bestaat uit Krimpen aan den IJssel en een deel van Krimpen aan de Lek. Hierin bevinden zich ook nog een aantal kleine peilgebiedjes. Nu zou het een oplossing voor het waterprobleem binnen Oud Krimpen kunnen zijn om er een apart peilgebied van te maken. Dit betekent dat het oppervlaktewater afgesloten zal worden van de omgeving, bijvoorbeeld door middel van een stuw. Tevens dient hier ook een gemaal voor nodig te zijn om het lagere peil in stand te houden. Op deze manier kan er een ander slootpeil gecreëerd worden binnen een gebied. Het verlagen van het slootpeil resulteert ook in een lagere grondwaterstand. Hier zitten een aantal voordelen aan maar er komen daarentegen ook veel risico's bij kijken.

Het verlagen van het slootpeil kan een oplossing zijn omdat op deze manier meer bergingscapaciteit in de grond gecreëerd kan worden [27]. Wanneer het slootpeil verlaagd wordt zal de grondwaterstand ook dalen. Waterberging onder de wegconstructie zou op dit moment interessant kunnen worden. Ook kan tijdens een bui meer regenwater infiltreren in de grond.

4.4.2 Effect

Het verlagen van het slootpeil binnen Oud Krimpen zal veel effect hebben op dit gebied. Naast het positieve effect dat er meer regenwater in het gebied geborgen kan worden brengt deze aanpassing vooral grote risico's met zich mee:

- Er kan een versnelde maaiveldddaling optreden. Dit treedt op als gevolg van inklinking van de bodem en oxidatie van organisch materiaal in het deel van de bodem dat boven het grondwaterpeil is komen te liggen [27].
- Er kunnen verzakkingen van bebouwing optreden. Houten paalkoppen in funderingen kunnen gaan rotten en het draagvlak van op staal gefundeerde bebouwing kan mogelijk ook wegvallen als gevolg van de maaiveldddaling [27].
- Watergangen moeten waarschijnlijk verbreed en verdiept worden, wat weer resulteert in het noodzakelijk aanpassen van beschoeiingen [27]. Waarschijnlijk zullen dit damwand-achtige constructies worden. Dit is een grote kostenpost.
- Overbelasting van de Weteringsingel. Wanneer het slootpeil in Oud Krimpen verlaagd wordt zal er tijdens hevige regenval juist meer water uit ander gebied naar de Weteringsingel stromen, aangezien het peil hier lager is en het water over de stuw zal stromen.
- Versnelde afname van toegevoegde berging als gevolg van maaiveldddaling.

Er dient nader onderzoek uitgevoerd te worden voordat de effecten op het waterbeheer als gevolg van deze maatregel precies in kaart gebracht kunnen worden. Dit is niet meegenomen in dit afstudeeronderzoek.

4.4.3 Toepasbaarheid

Het verlagen van het slootpeil in Oud Krimpen is technisch gezien haalbaar. Echter is dit niet aan te raden voor de wijk. De eerder genoemde positieve effecten vallen in het niet in vergelijking met de genoemde risico's welke een enorme impact zullen hebben op het gebied. Daarom wordt het ook afgeraden nader onderzoek uit te voeren om de effecten op het waterbeheer in kaart te brengen.

4.5 Opvijzelen woningen

4.5.1 Beschrijving oplossing

Het opvijzelen van woningen is het omhoog brengen en/of rechtzetten van een woning [28] en is een particuliere oplossing. In dit geval is het omhoog brengen interessant. Dit zal een erg goede oplossing zijn om te voorkomen dat regenwater in de toekomst nog een woning binnen zal stromen. Onderstaand zijn de kenmerken en gevolgen van deze oplossing opgesomd:

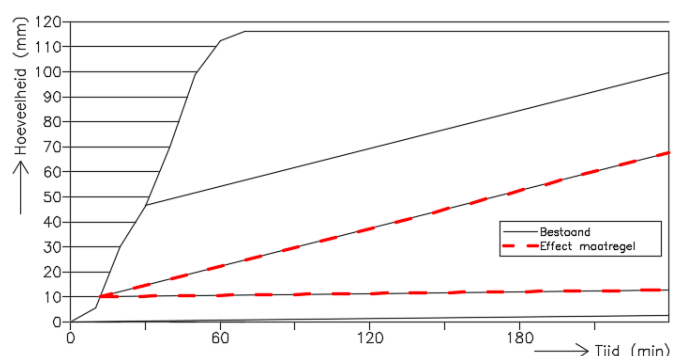
- Woningen zullen een hoger vloerpeil krijgen waardoor het water op straat niet meer boven de maatgevende dorpel zal komen.
- Het straatpeil zal opgehoogd kunnen worden. Dit zal veel kosten met zich meebrengen maar hierdoor treedt wel minder snel water op straat op.
- Bij extreme regenval zal de straat vol staan met water. Hoewel dit niet een woning binnen zal stromen, zullen de straten gedurende een lange tijd onbegaanbaar zijn in deze situatie.

Kosten van het opvijzelen van een woning kunnen erg hoog oplopen. De kosten worden over het algemeen over de oppervlakte van de begane grond gerekend, wat ongeveer €900,-/m² is [29]. Hieruit volgt dat het ongeveer €50.000,- tot €100.000,- per woning zal kosten om een woning op te vijzelen. Echter zijn de woningen na afloop beter gefundeerd waardoor minder scheurvorming op zal treden en het huis zal een hogere verkoopwaarde krijgen. Zeker 20 tot 25 woningen zullen opgevijseld moeten worden voordat deze maatregel effect zal hebben.

Bewoners kunnen er misschien toe gezet worden hun woning op te vijzelen wanneer er een minimale dorpelhoogte vastgesteld wordt door de gemeente, tot waar zij zich verplicht voelen maatregelen ten aanzien van wateroverlast te nemen. Wanneer een woning dus onder deze hoogte komt zal de gemeente geen maatregelen treffen en zal de bewoner eerder zelf stappen ondernemen.

4.5.2 Effect

Afhankelijk van het niveau waartoe de woningen opgevijseld worden zullen er uitspraken gedaan kunnen worden over het effect van deze maatregel. Wanneer de toekomstige laagste dorpel binnen de wijk na werkzaamheden zo'n 20cm hoger ligt dan de huidige laagste dorpel, kan er indirect gezegd worden dat er ongeveer 200mm extra opgevangen worden door de wijk. Hoeveel dit precies zal zijn hangt af van de maaiveldhoogtes binnen het gebied en of hier aanpassingen aan verricht worden. Uit figuur 34 volgt dat het water niet langer voor overlast zal zorgen in een huis omdat de dorpels hoger zijn komen te liggen. De bergingslijn ligt 200mm hoger dan de bovenste rode stippellijn in de figuur. Wanneer de toekomstige laagste dorpel na werkzaamheden 100mm hoger ligt dan in de huidige situatie zou de wijk ook al voldoen.



Figuur 34: Effect opvijzelen woningen.

4.5.3 Toepasbaarheid

Als gevolg van de hoge kosten die gemaakt moeten worden om de woningen op te vijzelen binnen Oud Krimpen zal er waarschijnlijk niet voor deze oplossing gekozen worden. De oplossing zelf is erg effectief alleen moet men zich afvragen of men nog zo veel geld wil investeren in oude woningen, welke wellicht nog maar een beperkte restlevensduur hebben. De enige situatie waarbij er een woning opgevijseld zal worden zal zijn wanneer de bewoners dit zelf beslissen. Het is raadzaam aan het eind van het onderzoek de kosten van de gekozen oplossing te vergelijken met de kosten van het opvijzelen van woningen.

4.6 Aanbrengen pompputten

4.6.1 Beschrijving oplossing & effect

Wanneer vloerpeilen van woningen lager dan of gelijk aan de wegas komen te liggen kan er voor gekozen worden een pompput aan te brengen. Deze zal in de voortuin van een woning aangebracht worden en zorgt vervolgens voor de afvoer van water van deze woning naar het riool.

De bedoeling met deze pompputten is het voorkomen dat water richting de woningen zal stromen of dat rondom het huis te lang water zal staan, wat misschien tot schade kan leiden. Ook zal water van het perceel verwijderd kunnen worden wanneer de afvoerleiding niet onder afschot ligt. Het huishoudelijk afvalwater, water uit dakgoten en het water van een kolk in de tuin kan via deze pompput naar een gemengd rioolstelsel gepompt worden. In bijlage 11 is dit principe in een tekening weergegeven. De functionaliteit van dit systeem wordt geregeld door de persleiding van de pompput en de bijbehorende terugslagklep. Wanneer de persleiding defect raakt kan het water ook via de terugslagklep afgevoerd worden naar het riool. Er zal een HWA- en een gemengd stelsel benodigd zijn. In figuur 35 is een pompput weergegeven welke de boven genoemde functies zou kunnen vervullen.



Figuur 35: Voorbeeld pompput. [30]

Met deze maatregel zal het HWA-stelsel ontlast worden omdat een deel van het totale dakoppervlak en de geplaatste kolk niet langer op dit stelsel aangesloten zullen zijn. Echter zal dit systeem tijdens extreme regenval alleen werken wanneer het perceel afgeschermd is van openbaar gebied (mini poldertje). Het systeem werkt namelijk niet goed wanneer het gemengd stelsel al vol zit. Bij een normale bui zal het stelsel niet overbelast raken aangezien een geringe hoeveelheid hemelwater op dit stelsel aangesloten zal zijn. Maar bij een extreme bui zal het stelsel wel vol staan. In dit geval zorgt deze pomp juist voor meer water op straat, aangezien het aangesloten is op een vrijvervalriool. Indien het water vanaf de rijbaan toch naar het perceel zal kunnen stromen resulteert dit in het rondpompen van water tussen het perceel en het riool. Hieruit blijkt ook dat deze maatregel bijna geen effect zal hebben op het verwerken van extreme neerslag.

Hoewel deze pompput dus zo goed als geen bijdrage levert aan het verwerken van extreme neerslag, zorgt deze er wel voor dat bewoners hun toilet kunnen spoelen en dat dit afvalwater ook wegspoelt. De terugslagklep is benodigd zodat dit water niet terug zal stromen richting de woning. Het afvalwater zal dus in het riool gepompt worden. Dan bestaat de kans dat dit tijdens extreme regenval ook op straat komt te staan. Echter is dit wenselijker dan in huis.

De pompputten zullen wanneer deze oplossing toegepast wordt alleen in de probleemgebieden binnen de wijk aangebracht worden. Reden hiervoor is dat in de hoger gelegen delen zich geen afstromingsproblemen voordoen. De kosten van de pompput bedraagt ongeveer €5000,-, inclusief aanbrengen [31]. Aangeraden wordt nader onderzoek uit te voeren om het effect van deze pompputten beter in beeld te brengen zoals dit ook bij eerdere maatregelen gedaan is. Hierbij zal eerst bepaald moeten worden in welke mate deze pompputten aangebracht zullen worden.

4.6.2 Toepasbaarheid

Deze oplossing is goed toe te passen binnen Oud Krimpen. Het is een systeem dat tot op zekere hoogte goed zal functioneren op de locaties waar het nodig is. Bij woningen met een hoog vloerpeil

zal het niet nodig zijn. Daarom zal het alleen in de probleemgebieden binnen de wijk en ter plaatse van laag gelegen woningen aan te raden zijn.

Duidelijk is dat dit een oplossing is die vooral de problemen op particulier terrein zal verhelpen. Aangezien de perceeleigenaar zelf verantwoordelijk is voor de waterafvoer op zijn perceel zal de gemeente moeten beslissen of zij bereid is (een deel van) de kosten te dekken aangezien het ook het HWA-riool zal ontlasten.

4.7 Aanpassen straatwerkhoogtes

4.7.1 Beschrijving oplossing

Zoals in het wijkonderzoek naar voren gekomen is zit er veel verschil tussen de straatwerkhoogtes binnen de wijk. De probleemgebieden, zoals bijvoorbeeld in de Tuinstraat, liggen aanzienlijk lager dan de rest van de straat. Hierdoor zal een groot neerslaggebied van invloed zijn op dit straatdeel. Wanneer de straatwerkhoogtes op delen aangepast kunnen worden zal dit betekenen dat de grootte van het neerslaggebied (welke van invloed is op het probleemgebied) zal afnemen. Wanneer de straat op gelijke hoogte is aangebracht zal het water zich namelijk verspreiden in plaats van dat het op één plek opgevangen wordt. Zo zal een relatief kleiner neerslaggebied dus op een relatief groter gebied opgevangen kunnen worden.

De vraag is nu of men er slim aan doet om de straat op te hogen, of juist te verlagen. Wanneer er voor ophogen van de lage delen gekozen wordt zal het straatwerk alleen maar hoger komen te liggen in vergelijking met de lage dorpels in de straat. Daarom kan deze optie gelijk al uitgesloten worden. Waar dan wel voor gekozen kan worden is om enkele drempels aan te brengen binnen de wijk. Deze kunnen functioneren als dam die er voor zorgt dat het water niet naar een probleemgebied zal stromen. Wanneer er meerdere aangebracht zullen worden kan het water dus op verschillende delen van de straat opgevangen worden en wordt het probleem over de lengte van de straat verdeeld. Echter dient er hierbij wel aan gedacht te worden dat het water via de kolken toch nog naar een ander straatdeel kan komen.

Daarnaast zal het straatwerk in de hoge delen van de wijk dus ook verlaagd kunnen worden. Dit zorgt ervoor dat een groter deel van de straat op gelijke hoogte ligt. Echter brengt dit ook nadelen met zich mee. De afstand tussen de dorpels en het straatwerk zal te groot worden, of de tuin zal erg steil aangelegd moeten worden. Daarnaast beschikt Oud Krimpen over een ontwateringsdiepte van ongeveer 70cm. Hierdoor kan het verlagen van het straatwerk mogelijk onwenselijk zijn. Hier komt nog bij dat de grondwaterwaterstand waarschijnlijk zal gaan stijgen na de eventuele verwijdering van het oude riool.

4.7.2 Effect & toepasbaarheid

Het effect van het verlagen of verhogen van het straatwerk zal zijn dat het water beter verspreidt zal worden over de straat. Op deze manier zal het water zich niet meer verzamelen in de probleemgebieden binnen de wijk, omdat deze stukken dan op gelijke hoogte liggen. Echter zal het verhogen van het straatwerk zoals eerder vermeld onwenselijk zijn omdat de dorpels binnen de straat dan relatief nog lager komen te liggen, misschien zelfs onder het straatwerk. Daarnaast zal te veel verlagen van het straatwerk ook niet wenselijk zijn in verband met ontwateringsdieptes en dorpelhoogtes. Het enige wat dan van toepassing lijkt te zijn is het aanbrengen van drempels. Op deze manier kan het water tegengehouden worden om richting het probleemgebied te stromen en zal het water dus toch verspreidt kunnen worden over de wijk. Aangeraden wordt nader onderzoek uit te voeren naar het effect van deze maatregel. Dit is niet meegenomen in dit afstudeeronderzoek. Dit hangt namelijk ook sterk af van de soort riolering welke toegepast zal worden, aangezien het water via kolken en rioolbuizen alsnog op het laagste punt zal kunnen komen.

4.8 Creëren van ondergrondse berging

4.8.1 Beschrijving oplossing & effect

Tijdens extreme regenval valt er erg veel neerslag wat nooit allemaal afgevoerd kan worden door het riool. Daarom is het belangrijk zo veel mogelijk water op te kunnen vangen in de vorm van berging. Dit wil zeggen dat het ergens opgeslagen kan worden zonder dat dit leidt tot schade. Binnen deze oplossing worden een aantal opties bekeken die extra berging in de ondergrond creëren. Vooraf dient opgemerkt te worden dat het creëren van berging alleen werkt wanneer deze ook geleegd wordt zodat deze bij de volgende bui weer volledig beschikbaar is.

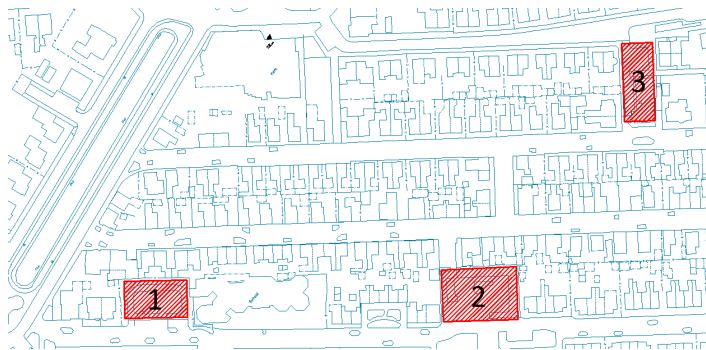
Optie 1: Kleine tanks tussen riolering

Allereerst kan er voor gekozen worden meerdere relatief “kleine” regenwaterbassins aan te brengen tussen de rioolbuizen. Afhankelijk van de afmetingen en hoeveelheid van deze bassins kan er gezegd worden hoeveel invloed deze maatregel zal hebben. Wanneer er heel veel kleine bassins aangebracht zullen worden moet er misschien aan gedacht worden het riool zelf te vergroten. Dit zal zowel in aanleg als aanschaf goedkoper zijn. Naast het feit dat het erg duur is om bijvoorbeeld om de 5 meter een klein regenwaterbassin aan te brengen kan dit wellicht ook problemen opleveren met de aansluiting van kolkleidingen en het beheren. Optie 1 wordt afgeraden toe te passen.

Optie 2: Aanbrengen groot bassin

Optie 2 bevat de optie om één of meerdere grote bassins aan te brengen. Deze zal alleen gebruikt worden in geval van extreme regenval. Een groot bassin zal veel water kunnen bergen, maar hier moet wel een geschikte locatie voor gevonden worden. Afhankelijk van waar het bassin aangebracht zal worden kan er iets gezegd worden over afmetingen en dus de invloed van het bassin.

In figuur 36 zijn drie mogelijke locaties voor het aanbrengen van een bassin weergegeven. Nummer 1 is ter plaatse van een voetbalveldje in de Tuinstraat en heeft een oppervlakte van 570m². Nummer 2 is ter plaatse van de speeltuin in de Tuinstraat en beschikt over een oppervlakte van 960m². Nummer 3 is ter plaatse van het speeltuintje in de Zuiderstraat en heeft een oppervlakte van 590m². Deze

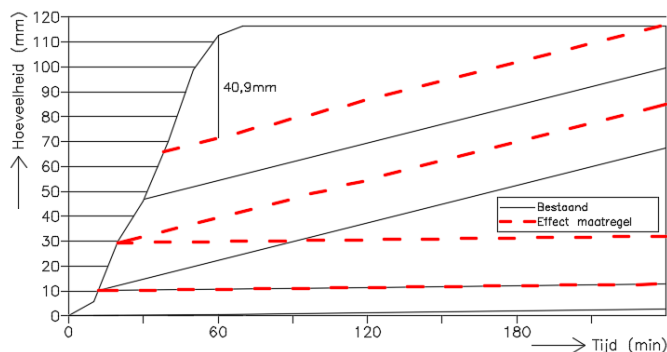


Figuur 36: Mogelijke locaties bergingsbassin.

Deze bassins zouden met verschillende dieptes aangebracht kunnen worden. Wanneer er aan de hand van berekeningen gekozen wordt voor een diepte van twee meter kan bij de nummers 1&3 ruim 1000m³ water geborgen worden. Bij nummer 2 zal dit wat minder dan 2000m³ zijn.

Voor het in beeld brengen van het effect van het aanbrengen van een bassin wordt aangenomen dat alleen bassin nummer 2 met een diepte van twee meter aangebracht zal worden. In dit geval zal het effect bepaald worden wanneer (bijna) de gehele wijk hierop aangesloten is. Hiervoor wordt de oppervlakte van het in hoofdstuk 4.3 bepaalde bemalingsgebied (neerslaggebied) gebruikt. Dit bedroeg 10ha. Aan de hand hiervan en het bassinvolume kan het aantal mm berging bepaald worden.

In figuur 37 valt te zien dat extra berging aan het gebied is toegevoegd. Deze bedraagt 19,2mm. Nu kan er ook nog voor gekozen worden maar een deel van de wijk op dit bassin aan te sluiten, wat ook het geval was bij het aparte bemalingsgebied. De optie tot het creëren van dit kleinere bemalingsgebied had een oppervlakte van 3,5ha. Wanneer hier voor gekozen wordt zal dit bassin 54,9mm op kunnen vangen in plaats van 19,2mm. Het nadeel in dit geval is dat alleen een groot deel van de problemen in dit deel van de wijk verholpen zullen zijn. Weliswaar zijn dit de kwetsbare gebieden binnen de wijk.



Figuur 37: Effect van bassin nummer 2 op Oud Krimpen.

Naast het feit dat grote bergingsbassins veel water kunnen opvangen is het ook een groot voordeel dat deze onder de grond aangebracht kunnen worden. Op deze manier wordt er efficiënt omgegaan met de ruimte en wordt er geen onnodig grote hoeveelheid water op straat gecreëerd. Voor het aanbrengen van deze bassins dient alles echter wel verwijderd te worden.

Wanneer er in de toekomst voor deze oplossing gekozen wordt is het geen noodzaak een duur gescheiden stelsel aan te brengen. Dit is echter wel aan te raden. Afvalwater zal het bassin erg vervuilen waardoor er meer onderhoud benodigd zal zijn.

De kosten van deze maatregel kunnen vrij hoog oplopen. Allereerst dient de huidige inrichting verwijderd te worden. Hierna zal er uitgegraven moeten worden tot gewenste niveau. Tegelijkertijd moet tegengegaan worden dat de wanden in zullen storten en dat schade aan de omgeving aangericht wordt. Hierna dient heel de betonconstructie nog gemaakt te worden en het systeem in werking gebracht te worden. De omgeving zal ook aangepast moeten worden op deze maatregel. Dit is een oplossing die veel zal helpen, alleen zit er wel een prijskaartje aan.

Optie 3: Bassin in tuin

Optie 3 bevat het aanbrengen van een bassin op particulier terrein waarmee hemelwater opgevangen en hergebruikt wordt [32]. De werking van dit regenwateropvangsysteem is eenvoudig. Regenwater gaat via de regenpijp door een filter om bladeren, takjes en andere vervuiling van het water te scheiden. Hierna komt het regenwater in een opslagtank terecht. Het opgevangen water zuivert in deze tank nog na, zodat zware vuildeeltjes naar de bodem zakken. Lichte vervuiling en insecten drijven via een overloop in het riool. Vervolgens kan het water gebruikt worden om bijvoorbeeld het toilet mee door te spoelen, de was te doen, de auto te wassen of de tuin te sproeien. Deze maatregel zorgt er dus voor dat hier regenwater voor gebruikt kan



Figuur 38: Regenwateropvangsysteem. [32]

worden in plaats van drinkwater [32]. In figuur 38 is dit systeem geschematiseerd weergegeven. Het is aan de particulier zelf om dit systeem aan te brengen. Er zijn wel gemeentes in Nederland die subsidie geven voor maatregelen zoals deze waarmee het hemelwater afgekoppeld wordt. Om het effect van deze maatregel in kaart te brengen dient nader onderzoek uitgevoerd te worden.

Optie 4: Plastic Road

Optie 4 van ondergrondse waterberging is de Plastic Road (zie figuur 39). Dit is een innovatieve ontwikkeling van KWS Infra welke bestaat uit 100% gerecycled plastic. De Plastic Road heeft een bouwtijd van dagen in plaats van maanden, de weg gaat tot 3x langer mee, er is weinig tot geen onderhoud benodigd en de beschikbare ruimte zal dubbel gebruikt kunnen worden [33]. De holle ruimte in de constructie kan namelijk gebruikt worden als waterberging en als ruimte voor kabels en leidingen. Op deze manier zal dus onder de gehele weg water geborgen kunnen worden en zal dit niet langer op straat hoeven gebeuren.



Figuur 39: Plastic Road. [33]

Momenteel wordt er nog gewerkt aan prototypes. Deze optie is dus nog geen “waterdichte” oplossing aangezien het nog niet toegepast zal kunnen worden. Echter kan dit misschien wel indien de Plastic Road een snelle ontwikkeling zal ondergaan. Het effect van deze maatregel valt momenteel nog niet te bepalen.

4.8.2 Toepasbaarheid

Binnen dit onderdeel zullen alleen opties 2&3 beschouwd worden. De opties 1&4 zijn namelijk al uitgesloten toe te passen.

Optie 2 zal zeker toepasbaar zijn binnen Oud Krimpen. Van de drie (mogelijke) locaties voor een groot bergingsbassin zal er zeker één geschikt zijn. Nummer 3 ter plaatse van de Zuiderstraat lijkt echter wel het minst aantrekkelijk om voor te kiezen aangezien op de eerder opgevraagde Klik-melding [15] te zien is dat hier veel kabels en leidingen liggen. Er zal voordat er daadwerkelijk begonnen wordt met de werkzaamheden goed onderzocht moeten worden op wat voor manier er te werk gegaan dient te worden in verband met de ouderdom van de omliggende bebouwing. Verder dient de omgeving nog ontworpen te worden op een bassin. Dit geldt vooral voor de riolering en eventuele bovengrondse waterafvoeren richting het bassin.

Optie 3 zal ook zeker toepasbaar zijn binnen Oud Krimpen. De achtertuinen binnen de wijk zijn doorgaans vrij groot en daarom zal hier zeker een opslagtank aangebracht kunnen worden. Wel dient er tijdens de uitvoering weer rekening gehouden te worden met de ouderdom van de bebouwing. Deze oplossing is zoals eerder vermeld een particuliere oplossing. Wel zal de gemeente hier profijt van hebben aangezien regenwater op deze manier afgekoppeld wordt.

4.9 Aanbrengen waterplein

4.9.1 Beschrijving oplossing

Een variant op het aanbrengen van een ondergronds waterbassin is het waterplein. Een waterplein is een verdiept plein waar regenwater vanuit de omgeving tijdelijk opgeslagen kan worden (zie figuur 40). In plaats van onder de grond zal dit nu dus boven de grond zijn. Waterpleinen zijn al eerder aangebracht, de eerste was in Rotterdam.



Figuur 40: Voorbeeld van een waterplein. [34]

Een waterplein is een goed voorbeeld van multifunctioneel ruimtegebruik. In droge periodes kan er op deze pleinen gespeeld worden en wanneer het regent vult het plein zich met water en functioneert het als berging [35]. Het regenwater uit de omgeving zal via open afvoeren of een regenwaterriool op dit plein aangesloten worden.

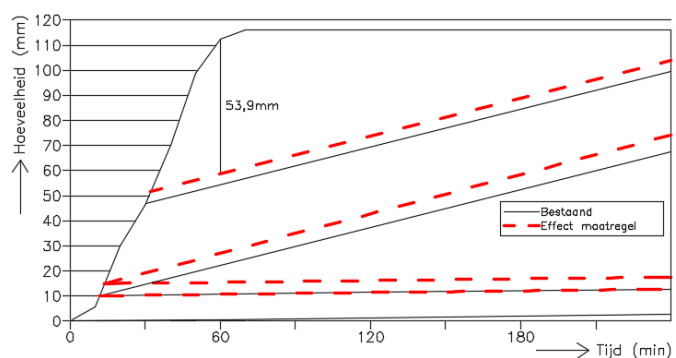
Voor deze oplossing gelden dezelfde mogelijke locaties als voor het ondergrondse regenwaterbassin, welke eerder zijn weergegeven in figuur 36. Momenteel zijn dit al speelplekken voor kinderen dus de bestemmingen van deze locaties zullen hetzelfde blijven, alleen wordt er wat extra's aan toegevoegd, namelijk: waterberging. Om een waterplein aan te brengen is er relatief veel ruimte benodigd. Vandaar dat er geen andere mogelijke locaties voor een waterplein zijn binnen Oud Krimpen.

Waterpleinen hebben als kenmerk veel onderhoud nodig te hebben [35]. Iedere keer nadat het plein volgelopen en leeggepompt is moet het schoongemaakt worden. Vandaar dat het gemakkelijk schoon te maken moet zijn. Er kan voor gekozen worden verschillende niveaus aan te brengen. Op deze manier kan het ook zijn dat er maar een deel van het plein vol komt te staan. Als laatste is het belangrijk dat het waterplein gemakkelijk te verlaten is voor kinderen. Hier kan voor gezorgd worden door het aanleggen van een niet al te steile of getrapte rand.

4.9.2 Effect

Waterpleinen hebben een minder groot effect op de omgeving dan een waterbassin. Een bassin kan als een bak aangebracht worden, waarvan de diepte dus veel groter kan zijn dan bij een waterplein. Een waterplein kan namelijk niet recht naar beneden aflopen omdat deze goed toegankelijk moet zijn (voor kinderen). Verder zal een waterplein ook beschikken over verschillende niveaus, waardoor minder berging toegevoegd kan worden.

Er is geen ontwerpdiepte vastgesteld voor een waterplein. Dit zal per locatie en aan de hand van de grootte van het waterplein bepaald worden. Om het effect van deze maatregel in beeld te brengen wordt wederom aangenomen dat locatie nummer 2 aangebracht zal worden. Uitgaande van een maximale diepte van 1m, wordt aangenomen dat de gemiddelde diepte 0,5m bedraagt. Hieruit volgt dat het waterplein 480m³ zal kunnen bergen, wat gelijk staat aan 4,8mm in vergelijking tot Oud Krimpen. Dit effect is ook weergegeven in figuur 41.



Figuur 41: Effect waterplein op Oud Krimpen. [34]

4.9.3 Toepasbaarheid

Een waterplein is goed toepasbaar binnen Oud Krimpen. Locatie nummer 2 ter plaatse van de speeltuin in de Tuinstraat heeft wel degelijk effect op de omgeving. Echter is het wel de vraag of een waterplein gewenst is binnen de wijk. Ten eerste is Oud Krimpen een woonwijk waar veel jonge kinderen spelen. Ouders zullen wellicht niet blij zijn met alle op- en afstapjes binnen het plein omdat kinderen hier kunnen vallen. Ten tweede kan het waterplein ook gevaarlijk zijn voor kleine kinderen wanneer deze vol staat met water. Ten derde zal het waterplein veel onderhoud nodig hebben. Geconcludeerd kan worden dat een waterplein in de grote stad meer voordelen heeft dan in Oud Krimpen.

4.10 Verlagen groenvakken

4.10.1 Beschrijving oplossing

In de huidige situatie beschikt de wijk Oud Krimpen over verhoogde groenvakken. Deze zijn zoals te zien in figuur 42 omringd door palissade palen. Op deze manier kunnen de groenvakken weinig water opvangen tijdens een regenbui, terwijl hier juist water in de grond zou kunnen infiltreren. Het idee is deze groenvakken te verlagen. Dit betekent dat er op gelijke hoogte van het straatwerk een trottoir/opsluitband aangebracht zal worden en hierachter de grond verlaagd aangelegd wordt. Op deze manier kan er water infiltreren in deze grond, en kan er hier ook water geborgen worden. Zie figuur 43 voor een verduidelijking van dit principe.



Figuur 42: Verhoogd groenvak in Oud Krimpen.

4.10.2 Effect

Afhankelijk van de mate waarin deze vakken aangebracht worden zal het effect van deze oplossing variëren. Binnen Oud Krimpen is het mogelijk enkele vakken te verlengen, maar deze kunnen niet helemaal doorgetrokken worden. Hiervoor is te weinig ruimte beschikbaar, tenzij er een éénrichtingsweg gerealiseerd wordt. Meer groen binnen een wijk is goed voor het straatbeeld en op deze manier ook goed voor het opvangen van regenwater. Daarom wordt in de meeste



Figuur 43: Voorbeeld verlaagd groenvak. [36]

gevallen geadviseerd zo veel mogelijk groen aan te brengen. De grond zal ongeveer 35 centimeter onder de band aangebracht worden. Aangeraden wordt te onderzoeken in welke mate deze verlaagde groenvakken aangebracht kunnen worden. Wanneer hier duidelijkheid over is kan het effect van deze maatregel in kaart gebracht worden zoals dat ook bij eerdere maatregelen gedaan is.

4.10.3 Toepasbaarheid

Deze maatregel is zeer goed toepasbaar binnen Oud Krimpen. Nu kan er nog voor gekozen worden alleen de verhoogde groenvakken aan te passen, of dat ook de normale verlaagd worden. Daarnaast kan er zoals eerder vermeld ook voor gekozen worden nog extra groenstroken aan te brengen.

4.11 Groene daken & waterdaken

4.11.1 Beschrijving oplossing

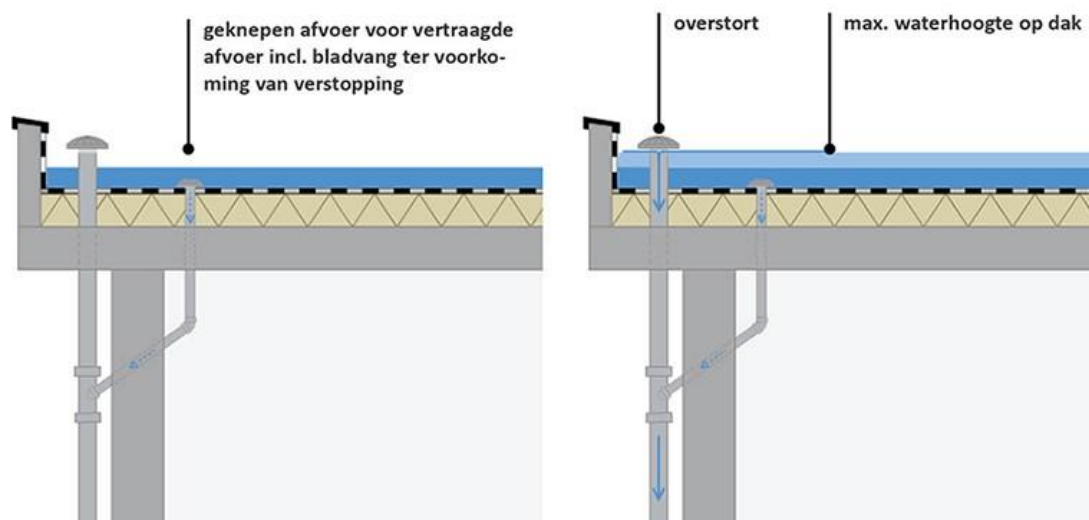
Een groen dak is een dak dat begroeid is met planten (zie figuur 44) [37]. Afhankelijk van het soort beplanting en het gebruik zijn er verschillende soorten groene daken. Deze hebben elk hun eigen voordelen en kwaliteiten. Alleen de voordelen wat betreft waterbeheer zullen in dit geval beschouwd worden. De voordelen zijn:



Figuur 44: Voorbeeld groendak. [38]

- Een groen dak kan ongeveer 50% van het regenwater opnemen en terug afgeven in de atmosfeer;
- Bij een groen dak ontstaat er een buffereffect: wanneer de regen op het groendak valt, dringt het in het dak en wordt het door de verschillende lagen vertraagd zodat het pas in een later stadium de afvoer bereikt. Hierdoor wordt ook een gedeelte van het vocht opgenomen door de planten;
- Verbetering waterkwaliteit door filterende werking groendak.

Bij waterdaken blijft het regenwater tijdelijk op het dak staan. Het water wordt afgevoerd door een geknepen afvoer, zodat er voor de volgende bui weer genoeg opslagcapaciteit is [39]. Wanneer er tijdens een regenbui te veel water op het dak zal komen te staan zal dit water afgevoerd worden door een overstort (zie figuur 45).



Figuur 45: Schematische doorsnede waterdak. [39]

Waterdaken moeten constructief gezien sterk genoeg zijn om hoeveelheden water te kunnen bergen. Tijdens hitte kan het opgevangen water het dak flink verkoelen. Een nadeel is dat de verkoelende werking op het gebouw fluctueert, omdat ook de hoeveelheid water op het dak fluctueert. Daarom kan het zelfs wenselijk zijn om bewust water op het dak te laten staan. Met een slim afvoerregime zou een dak op basis van weerverwachtingen te ledigen zijn zodat de berging op dat moment wel maximaal beschikbaar is. Een waterdak kan alleen op een plat dak aangebracht worden.

4.11.2 Effect

Groene daken zullen effect hebben op de jaarlijkse afvoer van regenwater naar de zuivering. Dit komt omdat een groen dak ongeveer 50% van de jaarlijkse neerslag kan verdampen. Echter zal een groen dak weinig tot geen invloed hebben op het verwerken van extreme buien. Binnen deze maatregel is daarom geen grafiek toegevoegd met het effect, omdat dit niet te zien zou zijn. Op een groen dak zal namelijk maar ongeveer 10mm water kunnen staan en het verdampt ongeveer 3mm per dag [23]. Daarnaast zorgt deze ook voor een vertraagde afvoer naar het riool. Dit is gunstig maar zal dus niet veel invloed hebben.

Bij het waterdak zal er veel water tijdelijk geborgen kunnen worden. Dit is een veel eenvoudiger (en goedkoper) alternatief dan een groen dak. Afhankelijk van hoe het waterdak aangebracht zal worden kan er gezegd worden hoeveel mm regenwater er geborgen zou kunnen worden. Een berging van 50mm is zeker realistisch. Echter is er binnen deze maatregel geen grafiek met het effect op de wijk toegevoegd, omdat in het volgende onderdeel “Toepasbaarheid” naar voren komt dat het niet binnen Oud Krimpen toegepast zal kunnen worden.

4.11.3 Toepasbaarheid

Groene daken kunnen op platte en op schuine daken aangebracht worden. Hiervoor zijn verschillende systemen en lagen ontworpen. Wanneer de hellingsgraad groter is dan 35 graden dient er een speciale techniek toegepast te worden om de verschillende lagen op hun plek te houden [38]. Echter kan een waterdak alleen op een plat dak aangebracht worden. Oud Krimpen beschikt vrijwel alleen over schuine daken, vandaar dat een waterdak niet toegepast kan worden binnen de wijk. Een groen dak kan dus wel toegepast worden. Behalve voordelen wat betreft waterbeheer beschikken groene daken over meer voordelen. Het heeft effect op de temperatuur-regulatie binnenshuis. Hierdoor is het zeker aantrekkelijk voor particulieren om een groen dak aan te brengen. Voor de gemeente Krimpen aan den IJssel zal deze maatregel weinig toepasbaar zijn aangezien bijna alle bebouwing van Oud Krimpen bestaat uit particuliere woningen. Daarnaast wil de gemeente dit ook niet subsidiëren aangezien het een verwaarloosbaar effect heeft op het verwerken van extreme regenbuien.

4.12 Creëren van berging onder de weg

4.12.1 Beschrijving oplossing & effect

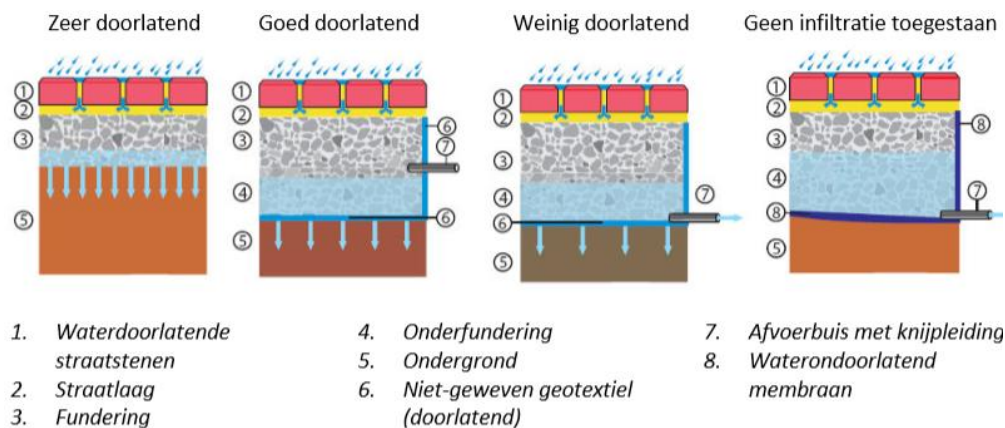
Binnen deze mogelijke oplossing worden behalve de Plastic Road nog twee vormen van berging onder de weg behandeld. Deze twee opties passen eigenlijk hetzelfde principe toe. Het verschil zit in de manier waarop het water in deze berging zal komen.

Optie 1: Aquaflow

Bij optie 1 zal er gebruik gemaakt worden van het aquaflowsysteem. Dit systeem is ontworpen om regenwater op een snelle en veilige manier te bufferen, zuiveren en af te voeren [40]. Het principe bij dit systeem is het tijdelijk bergen van regenwater in de wegfundering, wat vervolgens in de ondergrond kan infiltreren. Het regenwater kan gemakkelijk onder de weg komen doordat er waterdoorlatende bestrating toegepast wordt. Op deze manier hoeven er ook geen andere regenwaterafvoersystemen aangelegd te worden. Afhankelijk van de soort ondergrond zal dit proces snel of langzaam verlopen [41]. Met dit systeem wordt een eventueel dalende grondwaterstand ook op peil gehouden.

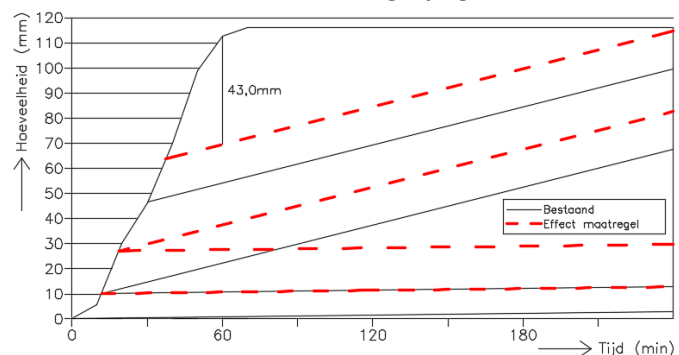
Het aquaflowsysteem beschikt over verschillende varianten. Bij goed doorlatende grond is er een ander systeem ontworpen dan bij slecht doorlatende grond. Aangezien Oud Krimpen beschikt over slecht doorlatende grond (klei en veen) zal alleen deze variant aan bod komen.

Bij de bergende variant van de Aquaflow wordt regenwater in de wegfundering gebufferd en geleidelijk afgevoerd via een horizontale uitstroomopening [40]. Deze variant is ook goed toepasbaar bij een hoge grondwaterstand doordat het systeem minder dan 50cm dik is. De wegfundatie heeft een grove en open structuur met bijna 40% holle ruimte, waarin afhankelijk van de fundatiedikte ca. 15 - 140 liter hemelwater per m² geborgen kan worden. Regenwater kan in dit systeem 150 m/uur horizontaal door de fundatie stromen. Vervolgens dient er uitgestroomd te worden naar bijvoorbeeld een sloot, vijver of regenwaterriool. De opbouw van dit systeem is weergegeven in figuur 46. Opgemerkt dient te worden dat de opties “weinig doorlatend” en “geen infiltratie toegestaan” toegepast kunnen worden.



Figuur 46: Opbouw waterdoorlatende bestrating bij verschillende ondergronden. [42]

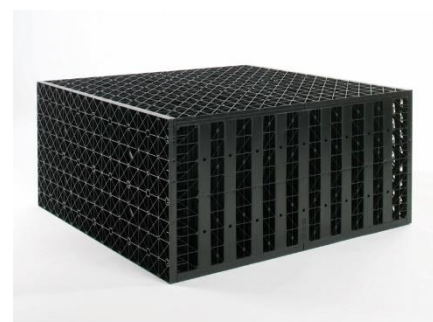
Aan de hand van de lengte en breedte van de weg, de dikte van de fundering en de grootte van het gebied kan het effect van deze maatregel op het gebied bepaald worden. Binnen de berekening wordt er weer gerekend met het neerslaggebied van 10ha. Verder bedraagt het totale wegooppervlak 12060m² en is de dikte van de fundering 35cm [43]. Het maximaal volume water wat geborgen kan worden zal zijn: $12060 * 0,35 * 0,4$ (poriëngetal) = 1688m³. Wanneer deze gelijk gesteld wordt aan het neerslaggebied kan er geconcludeerd worden dat er met deze maatregel 16,9mm water geborgen kan worden. In figuur 47 is het effect van deze maatregel verwerkt. Echter dient nader onderzoek uitgevoerd te worden om conclusies te kunnen trekken. Het is momenteel nog onduidelijk of deze maatregel invloed zal hebben op de maximale berging op straat of de overstortcapaciteit.



Figuur 47: Effect Aquaflow op Oud Krimpen. [44]

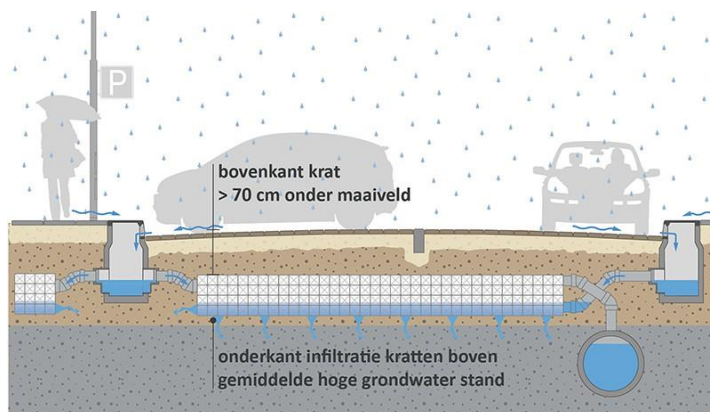
Optie 2: Infiltratiekratten

Optie 2 bevat het toepassen van infiltratiekratten als waterbergingsconstructie onder de weg (zie figuur 48). In dit geval zal het water niet door waterdoorlatende bestrating onder de bestrating komen, maar zal het met behulp van kolken geregeld worden. In deze kratten kan meer regenwater geborgen worden dan in de fundatie welke in optie 1 naar voren gekomen is. Dit komt omdat deze kratten van binnen bijna helemaal hol zijn en er dus niet alleen over een poriënvolume beschikt kan worden. Dit zorgt er ook voor dat dit een erg lichte constructie is.



Figuur 48: Infiltratiekrat. [44]

Ook hier kan water in de ondergrond infiltreren. Echter kunnen deze kratten ook op een HWA-stelsel aangesloten worden zodat de kratten alleen als extra berging kunnen dienen. Dit principe is te zien in figuur 49. Hierin valt ook gelijk het nadeel van deze optie te zien, de grondwaterstand dient laag te staan. De bovenkant van de kratten dienen minimaal 70cm onder het maaiveld aangebracht te worden. Daarnaast dient de onderkant van de kratten boven de grondwaterstand te liggen. Hieruit volgt meteen dat deze optie niet toepasbaar is binnen Oud Krimpen, omdat de ontwateringsdiepte op veel plekken nog geen 70cm is.



Figuur 49: Schematische doorsnede van infiltratiekratten onder de weg. [45]

4.12.2 Toepasbaarheid

De bergende Aquaflow variant in optie 1 is toepasbaar binnen Oud Krimpen. Deze variant is geschikt voor gebieden met een hoge grondwaterstand en/of een slecht doorlatende ondergrond. Aangeraden wordt nader onderzoek uit te voeren om beter in beeld te brengen wat voor effect deze maatregel heeft. Wat geconcludeerd kan worden is dat bovenstaande systemen sterk afhankelijk zijn van de ondergrond en grondwaterstand.

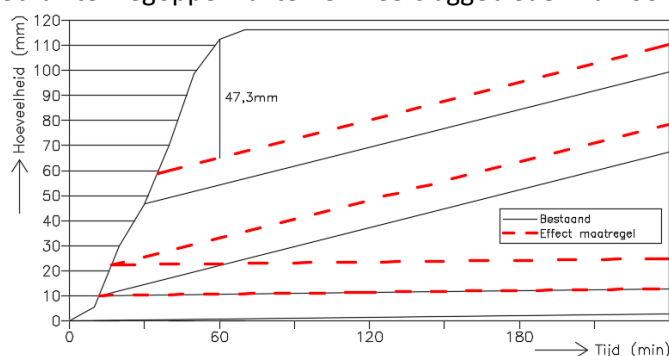
4.13 Toepassen verhoogd trottoir

4.13.1 Beschrijving oplossing

Binnen deze mogelijke oplossing zal nog een maatregel beschreven worden om extra berging op straat te creëren. In plaats van onder de weg, zoals hiervoor behandeld bij de Aquaflow variant, wordt er binnen deze maatregel juist op de weg extra berging gecreëerd. Het aanbrengen van een verhoogd trottoir zal hier voor kunnen zorgen. Wanneer de huidige trottoirhoogtes behouden worden, maar de straat verlaagd wordt aangebracht, kan extra water tussen de banden geborgen worden. Een afstand van 10cm tussen bovenkant straatwerk en bovenkant band is realistisch en gebruikelijk.

4.13.2 Effect

Met behulp van de in het vorige hoofdstuk gebruikte wegooppervlakten en neerslaggebieden kan ook voor deze variant het effect op de wijk in beeld gebracht worden. Het totale wegooppervlak bedroeg 12060m² en voor het neerslaggebied is er weer gerekend met 10ha. Hieruit volgt dat het totale volume water wat aan berging toegevoegd wordt aan het gebied $12060 \cdot 0,1\text{m} = 1206\text{m}^3$ bedraagt. Dit staat gelijk aan 12,1mm. Dit effect is weergegeven in figuur 50. Behalve dit effect zal er dus ook



Figuur 50: Effect aanbrengen verhoogd trottoir.

een ander straatbeeld ontstaan. Met deze maatregel zal het straatwerk met 10cm verlaagd worden. Dit betekent dat de geringe ontwateringsdiepte binnen het gebied nog minder zal worden. Of dit een effect heeft op het gebied kan niet met zekerheid gezegd worden. Aangezien het over een kleine verlaging gaat wordt dit niet verwacht maar het wordt daarentegen wel aangeraden dit nog nader te onderzoeken. Een bijkomend voordeel is nog dat kinderen op het trottoir kunnen spelen.

4.13.3 Toepasbaarheid

Het aanbrengen van dit verhoogde trottoir is mogelijk binnen Oud Krimpen. Echter dient er wel rekening gehouden te worden met de geringe ontwateringsdiepte binnen de wijk. Op deze manier zal deze nog kleiner worden. In het ergste geval komt water naar boven of zal de wegconstructie zijn sterkte niet kunnen behalen als gevolg van de hoge grondwaterstand. Wanneer dit het geval is wordt het afgeraden deze maatregel toe te passen, tenzij heel de straat opgehoogd zal worden en de weg dus niet omlaag gebracht hoeft te worden. Dit brengt echter wel nadelen met zich mee in verband met de lage dorpels binnen de wijk. Zoals eerder vermeld wordt het aangeraden de effecten van deze maatregel nader te onderzoeken.

4.14 Overige particuliere maatregelen

Behalve de gemeente Krimpen aan den IJssel zullen de bewoners zelf ook de nodige maatregelen kunnen treffen om wateroverlast te voorkomen of te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van onderstaande maatregelen:

- Vergroening van tuinen.
- Schotje bij de voordeur om water af te schermen (zie figuur 51).
- Luchtroosters richting kruipruimte/kelder afschermen (zie figuur 52).
- Plaatsen van een regenton.
- Aanbrengen verlaagde groenstroken (mini wadi).
- Afkoppelen regenwater op eigen terrein.
- Woning opvijzelen (eerder behandeld).
- Pompput rondom huis (eerder behandeld).
- Bassin in tuin (eerder behandeld).
- Groendak (eerder behandeld).



Figuur 51: Schot in deuropening. [26]



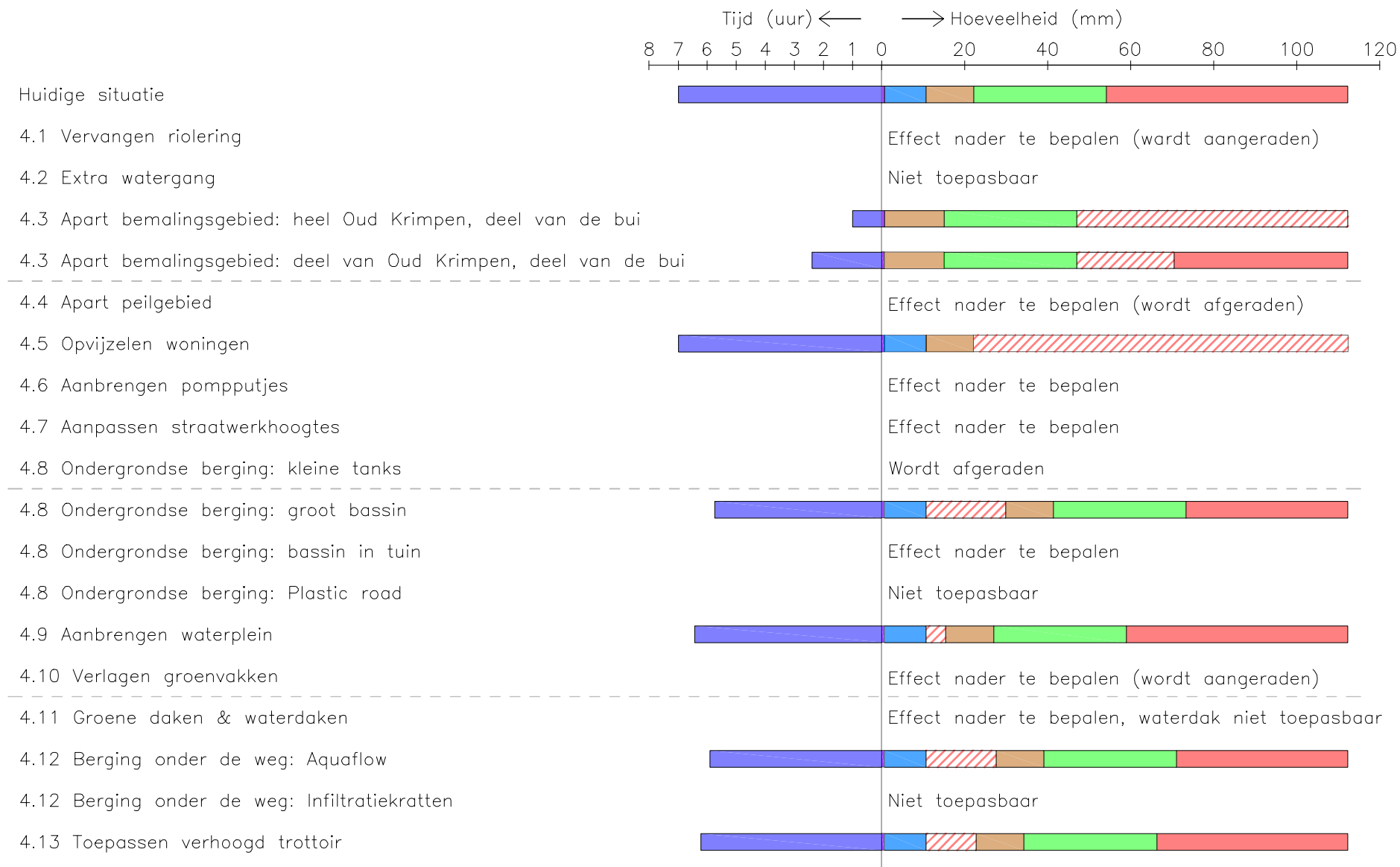
Figuur 52: Afschermen luchtrooster.

Maatregelen op particulier terrein zullen sterk kunnen bijdragen aan het voorkomen van regenwateroverlast. Hoewel de effecten van deze maatregelen niet groot zullen zijn op het verwerken van extreme regenbuien, kunnen deze maatregelen wel net het verschil bieden om regenwateroverlast te voorkomen. Een schotje in de deuropening en het afschermen van luchtroosters zijn simpele, goedkope maatregelen, doch met een groot effect.

4.15 Overzicht mogelijke oplossingen

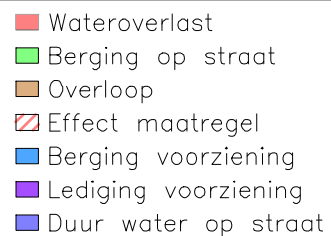
Op de volgende pagina is een overzicht toegevoegd met hierin de effecten van de verschillende oplossingen. Hierin valt te zien welke maatregelen het meeste effect hebben. In het overzicht staat ook vermeld welke maatregelen nog nader onderzocht dienen te worden voordat hier een definitief effect van in beeld gebracht kan worden. In het vervolg van het rapport zullen wel de verwachtingen behandeld worden. Verder staat in het overzicht welke oplossingen afgeraden worden, welke als niet toepasbaar zijn bestempeld en ook hoelang water op straat zal staan.

In het overzicht komt naar voren dat de aparte bemalingsgebieden en het opvijzelen van woningen van grote invloed zullen zijn. Ditzelfde geldt voor het aanbrengen van een groot regenwaterbassin en de Aquaflow variant. Echter valt ook te zien dat er in de meeste gevallen nog erg lang veel wateroverlast op straat zal zijn. Dit komt simpelweg door de extremiteit van de hoeveelheid te verwerken regenwater. Er zullen maatregelen gecombineerd moeten worden om het regenwater te kunnen verwerken, het is (bijna) onrealistisch om dit met één oplossing te gaan doen.



De lediging voorziening ook nog meegenomen bij alle maatregelen binnen het overzicht. Dit komt omdat het gemengde stelsel (waarschijnlijk) blijft bestaan.

Per maatregel is er alleen naar het effect van de maatregel zelf gekeken. In deze situatie zal het gemengde stelsel dus absoluut nog aanwezig zijn.



	Gemeente: Krimpen aan den IJssel		Tek. nummer	
	Overzicht mogelijke oplossingen			A4
	getekend:	Daniel van Dam	datum:	08-05-2017
			schaal:	

4.16 Afbakening functionaliteit oplossingen

Voordat geconcludeerd kan worden welke mogelijke oplossing het beste zal functioneren binnen de wijk dient eerst een verhouding tussen de hoeveelheid berging en de afvoer van regenwater opgesteld te worden. Dit is noodzakelijk omdat het onrealistisch is om héél de bui te bergen of héél de bui af te voeren.

Er wordt naar gestreefd om ongeveer 1/3 (33,3%) van de bui af te voeren en 2/3 (66,7%) van de bui te bergen. Hiervoor is gekozen omdat het onrealistisch zal zijn om een grotere hoeveelheid af te voeren. Om aan grote afvoeren te kunnen voldoen dient in het algemeen veel geld in pompen/gemalen geïnvesteerd te worden. Dit is zonde aangezien deze alleen tijdens extreme regenval gebruikt worden. Wanneer veel water tijdelijk opgeslagen kan worden resulteert dit in een kleinere afvoercapaciteit aangezien op deze manier meer tijd vrijgemaakt wordt om het water af te voeren. Daarnaast zal het goedkoper zijn wanneer de beschikbare berging niet gebruikt wordt, in plaats van dat een duur pompgemaal niet gebruikt wordt.

Nu bepaald is wat de verhouding tussen de berging en afvoer dient te zijn kunnen de sterke en zwakke punten van de oplossingen zelf met elkaar vergeleken worden. Met behulp van een Multi Criteria Analyse (MCA) is dit in beeld gebracht. Hierin komt aan de hand van primaire en secundaire criteria naar voren welke oplossingen het beste zullen functioneren binnen Oud Krimpen. Elk criteria heeft een eigen weging welke in samenspraak met TBK zijn bepaald. Deze MCA is bijgevoegd achterin bijlage 12. Hierin wordt eerst een uitgebreide uitleg gegeven over de werking van deze MCA.

Uit de MCA volgt dat de maatregelen “Apart bemalingsgebied: deel van Oud Krimpen, deel van de bui”, “Ondergrondse berging: groot bassin” en “Berging onder de weg: AquafLOW” het beste als oplossingen voor de wijk kunnen dienen. Hiervan heeft het aanbrengen van een groot bassin de hoogste score behaald, de AquafLOW variant volgde en daarna het aparte bemalingsgebied. Het was te verwachten dat deze maatregelen het beste uit de MCA komen. Alle drie zijn het maatregelen die een vrij groot effect hebben op het verwerken van regenwater, maar zijn niet zo kolossaal en duur als bijvoorbeeld het opvijzelen van alle woningen en het aanbrengen van een (nog groter) geemaal. Vandaar dat gezegd kan worden dat de MCA aan de verwachtingen voldoet. Wat gunstig is aan deze uitkomst van de MCA is dat het afvoer- en bergingsvoorzieningen zijn. Zo kan er gemakkelijker voldaan worden aan de eerder opgestelde verhouding van 1/3 afvoer en 2/3 berging.

Welke net buiten de top 3 vallen zijn het bemalen van heel Oud Krimpen en het opvijzelen (particulier) van de woningen. Naast deze maatregelen hebben de maatregelen “Ondergrondse berging: bassin in tuin” en “Groen dak” ook een relatief hoge score gehaald. Dit zijn particuliere maatregelen die weinig tot geen effect hebben op het verwerken van extreme regenval (vandaar dat de score niet hoger is), maar ze zijn wel klimaatvriendelijk. Deze kunnen dus bijdragen om klimaatveranderingen tegen te gaan. Aangeraden wordt de bewoners te stimuleren dit soort maatregelen te nemen.

Zoals eerder vermeld dient er nog nader onderzoek uitgevoerd te worden naar de effecten van een aantal oplossingen. Echter wordt niet verwacht dat er na een andere uitkomst uit de MCA zal komen. Er zijn wel verwachtingen van deze effecten, alleen konden ze niet precies in beeld gebracht worden.

5. Ontwerpmogelijkheden

Met behulp van het overzicht in paragraaf 4.15 is duidelijk geworden dat het (bijna) onmogelijk is om bui Herwijnen met klimaatfactor op te vangen met maar één maatregel. Daarom zullen meerdere maatregelen gecombineerd aangebracht moeten worden om de wijk klimaatbestendig in te richten.

Nu de effecten van de verschillende maatregelen in beeld gebracht zijn en het duidelijk is dat maatregelen gecombineerd aangebracht moeten worden is het tijd om vast te stellen welke maatregelen in ieder geval aangeraden worden en over welke afvoer- en bergingscapaciteiten Oud Krimpen dus sowieso zal beschikken. Dit geldt voor het vervangen van de riolering. Aangeraden wordt om een gemengd en een schoonwaterriool aan te brengen. Zoals al eerder aan bod is gekomen zal niet alles binnen Oud Krimpen afgekoppeld kunnen worden. Ten eerste ligt er een gemengd riool achter in de tuinen van de huizen in de Tuinstraat. Ten tweede zullen niet alle dakgoten aan de achterzijde van een huis ontkoppeld kunnen worden omdat deze geregeld onder een huis door op het vuile water aangesloten zijn. Daarnaast is er voor een schoonwaterriool gekozen zodat er minder afvalwater op de sloten zal worden geloosd. Bij dit schoonwaterriool dient opgemerkt te worden dat dit een bemalen stelsel met overstort zal worden. Later komt aan bod waarom. Nu is het zaak te bepalen hoeveel water deze rioolstelsels samen zouden moeten kunnen bergen. In de huidige situatie beschikt het stelsel over een berging van 10mm [5]. Achteraf gezien dient hier een kanttekening bij gemaakt te worden. Dit is over het netto verhard oppervlak gerekend en niet over het bruto oppervlak waar bij extreme regenval mee gerekend wordt. Uit berekeningen blijkt dat een gemiddelde diameter van Ø700mm benodigd is om 10mm water te kunnen bergen. Momenteel ligt dit niet in Oud Krimpen. Echter maakt dit niet uit voor de uiteindelijke maatregelen. Aangeraden wordt het gescheiden en gemengde stelsel zo te dimensioneren dat deze in totaal minimaal 10mm aankunnen. Uit hydraulische berekeningen zal moeten volgen welke diameters er nodig zijn voor voldoende afvoercapaciteit richting de overstort. Dit zal gedaan moeten worden met rioleringsmodellen. Naar schatting zal de diameter van het schoonwaterriool gemiddeld Ø500mm á Ø600mm worden.

Aangeraden wordt een overstort met drempel aan te brengen in de Weteringsingel en hier vervolgens het schoonwaterriool op aan te sluiten. Zo beschikt het schoonwaterriool over een eigen overstort en zal deze niet in contact komen met het afvalwater. Er zal eenzelfde overstortcapaciteit als in de huidige situatie behaald worden als gevolg van het hydraulische verloop. Deze bedroeg 14,4mm/uur. Als gevolg van de drempel in deze overstort zal het stelsel dus leeggepompt kunnen worden waardoor de bergingscapaciteit dus ook benut kan worden. Verder wordt voor de maximale berging op straat weer 32mm aangehouden en speelt de lediging voorziening ook nog mee.

Nu duidelijk is waar Oud Krimpen over zal beschikken kan er naar combinaties van maatregelen gezocht worden om de hele bui op te kunnen vangen. Allereerst zal natuurlijk bekeken worden of de drie maatregelen welke het beste uit de MCA in bijlage 12 zijn gekomen gecombineerd aangebracht kunnen worden. De kenmerken van deze drie maatregelen zijn weergegeven in onderstaande tabel:

	Soort riolering	Plaats van aanbrengen	Invloed op	Berging/afvoer
Ondergrondse berging: groot bassin	HWA-riool / gemengd riool	Onder de speeltuin	Heel Oud Krimpen	Berging
Aquaflow	Geen riool benodigd, HWA-riool wel toepasselijk	Wegconstructie	Heel Oud Krimpen	Berging/afvoer
Apart bemalingsgebied: deel van Oud Krimpen, deel van de bui	HWA-riool	Onder de weg	Deel van Oud Krimpen	Afvoer
Evt. complicaties: (Ja/Nee)	Nee	Nee	Ja	Nee

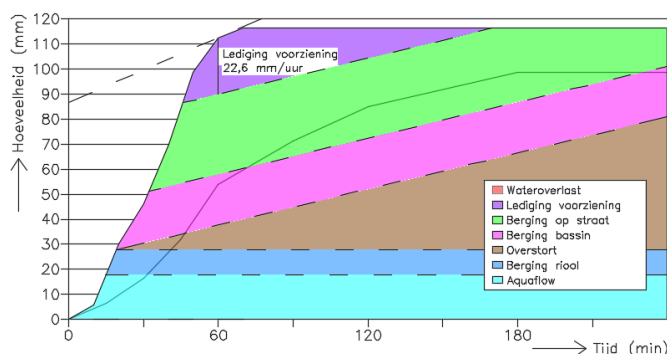
Tabel 5: Kenmerken maatregelen.

In tabel 5 valt te zien dat er alleen complicaties optreden bij het onderdeel “invloed op”. De eerste twee maatregelen hebben invloed op heel Oud Krimpen maar het aparte bemalingsgebied zal invloed hebben op maar een deel van Oud Krimpen. Dit conflict kan gemakkelijk opgelost worden wanneer het bemalingsgebied, of het invloedgebied van de andere twee maatregelen aangepast zal worden. Bij een groter bemalingsgebied zal een nog grotere pomp benodigd zijn, maar wanneer het invloedgebied op het bassin verkleind wordt zal deze juist een groter effect krijgen.

Er is voor gekozen om van heel Oud Krimpen een apart bemalingsgebied te maken. Vandaar dat de eerder behandelde overstort aangebracht en aangesloten op het hemelwaterstelsel dient te worden. Dit was ook een van de maatregelen binnen de eerder behandelde MCA. Hiervoor is gekozen omdat anders alleen de problemen in een deel van de wijk verholpen zullen worden. Een deel van Oud Krimpen als apart bemalingsgebied was erg aantrekkelijk omdat dit de goedkopere oplossing is. Ook zou hiermee de hinder in de absolute probleemgebieden binnen de wijk verholpen worden. Echter kan en mag hier uiteindelijk niet voor gekozen worden omdat de problemen als gevolg van lage dorpels in bijvoorbeeld de Burgerdijkstraat dan niet verholpen worden. In dat geval zou deze straat afgesloten worden van de het bemalingsgebied en dus ook van het bassin. Voor deze straat worden in dat geval dus geen maatregelen genomen. Een deel van Oud Krimpen als apart bemalingsgebied had wel mogelijk geweest wanneer andere invloedrijke maatregelen mogelijk waren voor dit deel van de wijk. Binnen het ontwerpproces zit men dus vast aan heel Oud Krimpen als bemalingsgebied.

Het is dus mogelijk de drie maatregelen gecombineerd aan te brengen. Dit zal ook verder uitgewerkt worden. Aangezien het gemengde rioolstelsel ook een deel van het regenwater zal verwerken kan gezegd worden dat het invloedgebied op zowel het bassin, de Aquaflow als op de pompcapaciteit wat kleiner zal zijn dan eerst. Aan de hand van het verwachtte niet-af-te-koppelen dakoppervlak en eventuele kolken in tuinen wordt aangenomen dat 5% van het neerslaggebied verwerkt zal worden door het gemengde stelsel. Dit resulteert in een invloedgebied met een oppervlakte van 9,5ha. Hierdoor zal het regenwaterbassin 20,2mm kunnen verwerken en zal de aquaflow 17,8mm kunnen verwerken. Aan de hand van alle bovenstaande gegevens kan grafisch, met behulp van bui Herwijnen de benodigde pompcapaciteit voor het bemalingsgebied bepaald worden.

In figuur 53 is de situatie uitgebeeld wanneer een combinatie van de drie eerder behandelde maatregelen aangebracht wordt. Onderaan is de berging voorziening in de Aquaflow wegfundering te zien. Hier zal het water het eerst inkomen. Vervolgens zijn de berging in het riool en de overstortcapaciteit weergegeven. Daarna is de berging voorziening van het aan te brengen regenwaterbassin uitgebeeld. Hierna komt de berging op straat en helemaal bovenin staat pas de lediging voorziening van het HWA- en gemengde stelsel. Deze staat bovenin omdat anders de benodigde capaciteit van het bemalingsgebied niet bepaald kon worden. Te zien is dat de afvoerlijn al bij minuut 1 begint. Dit komt omdat de pomp in werking treedt vanaf het moment dat de relatief kleine pompkelder vol stroomt. In totaal bedraagt de lediging voorziening 22,6mm/uur. Hiervan is 0,7mm/uur de lediging in het gemengde stelsel en is er dus een pompcapaciteit van minimaal 21,9mm/uur benodigd voor het bemalingsgebied. Dit resulteert in een pompcapaciteit van 2080m³/uur. Dit betekent dat er één zeer groot gemaal benodigd zal zijn wat in verband met de hoge kosten niet realistisch is.



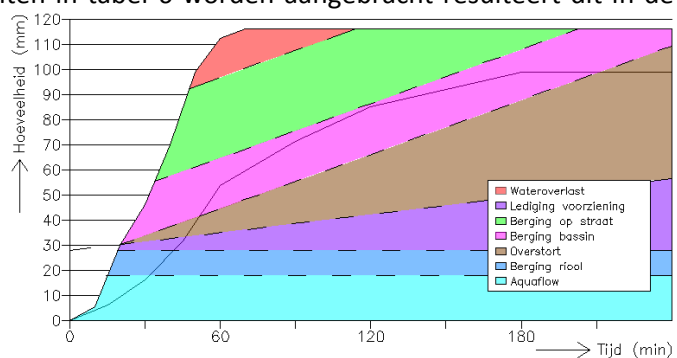
Figuur 53: Functioneren Oud Krimpen na aanbrengen maatregelen.

Om bui Herwijnen zonder wateroverlast te verwerken binnen Oud Krimpen zal de combinatie van de eerder genoemde maatregelen aangebracht moeten worden. Technisch gezien is dit haalbaar om uit te voeren maar het wordt wel erg groot, veel en duur. Zeker het aanbrengen van een gemaal met een pompcapaciteit van 2080m³/uur, voor een klein bemalingsgebied als Oud Krimpen, is niet erg realistisch. Daarom wordt aangeraden wateroverlast boven een bepaalde hoeveelheid neerslag te accepteren, of de wijk aan de hand van een andere bui (bijvoorbeeld bui De Bilt) te toetsen. In dit geval zal er een (realistischere) pompcapaciteit aangenomen worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de duur waarin het stelsel weer leeggepompt moet zijn. De totale bergingscapaciteit van riool, bassin, Aquaflow en op straat bedraagt 78,1mm. Realistisch is om deze binnen 12 uur leeggepompt te hebben wanneer de volledige berging benut is. Hiervoor is een afvoer van 6,51mm/uur benodigd. Dit resulteert in een pompcapaciteit 618m³/uur. In tabel 6 zijn de capaciteiten weergegeven waar Oud Krimpen op dat moment over beschikt.

Lediging voorziening gemengd stelsel	0,7 mm/uur
Lediging voorziening HWA-stelsel	6,51 mm/uur
Berging op straat	32 mm
Berging in bassin	20,2 mm
Overstortcapaciteit	14,4 mm/uur
Berging in rioolstelsels	10 mm
Berging Aquaflow	17,8 mm

Tabel 6: Overzicht capaciteiten Oud Krimpen na maatregelen.

Wanneer de voorzieningen met de capaciteiten in tabel 6 worden aangebracht resulteert dit in de situatie welke is uitgebeeld in figuur 54. In deze situatie zal een deel van de bui niet opgevangen kunnen worden en het water zal, wanneer deze bui valt, de woningen binnen komen. De overlast in de figuur bedraagt 15,7mm. Binnen de figuur valt ook de eerder behandelde extreme bui De Bilt te zien. Deze bui wordt op deze manier wel gemakkelijk opgevangen. De pompcapaciteit zou zelfs nog gereduceerd kunnen worden of het bergingsbassin kan verkleind of zelfs weggelaten worden. Hieruit volgt nogmaals dat bui Herwijnen erg extreem is om een wijk als Oud Krimpen op te dimensioneren.



Figuur 54: Functioneren Oud Krimpen na aangepaste maatregelen.

In bijlage 13 is een ontwerp van Oud Krimpen toegevoegd. Hierin zijn de Aquaflow wegconstructie, de pompkelder en het bergingsbassin te zien. Daarnaast zijn er binnen dit ontwerp ook voorstellen en aannames gedaan over bijvoorbeeld het ontwerp van de pompkelder [46], de toekomstige ligging van het riool en het wegontwerp. Binnen dit ontwerp is er alleen ingegaan op het gebied rondom het bergingsbassin en de aansluiting hierop. In de rest van de wijk zal dezelfde wegconstructie en riolering komen te liggen.

In bijlage 14 is een kostenraming opgesteld van de uit te voeren werkzaamheden [47][48][49][50]. De totale kosten bedragen inclusief onvoorziene kosten, planontwikkeling, voorbereiding en toezicht iets meer dan 4,75 miljoen euro. Het grootste gedeelte hiervan bestaat uit de reconstructie werkzaamheden, het vervangen van het riool en het straatwerk. De kosten voor het bergingsbassin inclusief pompkelder komt uit op ruim €400.000,-. Voor de benodigde pomp is een bedrag van €350.000,- opgenomen en voor de bijbehorende persleiding ruim €18.000,-. Het aanbrengen van de Aquaflow inclusief aansluitingen kost ruim €800.000,-. Ter vergelijking: Wanneer 25 woningen opgevijsd moeten worden zal dit ongeveer 1,25 tot 2,5 miljoen euro kosten.

In de toekomst zal Oud Krimpen goed beheersbaar zijn. Het aan te brengen bergingsbassin, de riolering en de pomp zullen niet veel onderhoud nodig hebben. Deze dienen na een aantal jaren

alleen schoongemaakt te worden. De Aquaflow constructie zal iets meer, maar ook niet veel onderhoud vereisen. Als gevolg van de sterke fundering zullen er niet snel zettingen optreden. Echter zal men de voegen tussen de klinkers wel schoon moeten houden om de waterdoorlatendheid te waarborgen.

Behalve het accepteren van overlast bij bui Herwijnen of het aanhouden van een andere bui, kan er met het oog op de toekomst ook voor gekozen worden de maatregelen/investeringen gefaseerd aan te brengen. Op deze manier kan over een aantal jaren opnieuw naar klimaatvoorspellingen gekeken worden en zal men zien of alle maatregelen daadwerkelijk nodig zullen zijn. Ook zal de wijk dan nog verder verouderd zijn. Wellicht zullen er dan eerst maatregelen aan de bebouwing getroffen moeten worden voordat het aanbrengen van extra voorzieningen nut zal hebben. Bij de fasering kan er bijvoorbeeld voor gekozen worden om alleen het gemengde en hemelwaterstelsel en de Aquaflow aan te brengen. De riolering en het straatwerk zijn momenteel erg verouderd en zullen sowieso vervangen moeten worden. Daarnaast kan er in het begin ook een stuk kleinere pomp aangebracht worden die het water misschien nog wel naar de Weteringsingel kan pompen in plaats van via een persleiding naar de Hollandsche IJssel.

Er dient nog opgemerkt te worden dat de werking van een aantal maatregelen, met oog op de toekomstige maaiveldafval, af zal nemen. De Aquaflow constructie zal tot onder de grondwaterstand kunnen zakken en het straatwerk zal onder de drempelhoogte van de overstort kunnen komen, waardoor deze capaciteiten zullen verminderen. Hierdoor zal er ook sneller water op straat komen te staan. De verwachtingen zijn dat deze problemen zich binnen 20 jaar al voor zullen doen.

De wijk dient in samenspraak met de bewoners aangepakt te worden. Het is tijd dat het probleem binnen de wijk besproken gaat worden en dat men inzicht krijgt in wat in de toekomst zal komen. Men zal af moeten spreken wat acceptabel is en wat voor maatregelen realistisch zijn. Door middel van een goede communicatie en bewonersparticipatie zal men tot een overeenkomst komen over wat reëel is voor de wijk.

6. Conclusies & aanbevelingen

Vanuit de gemeente Krimpen aan den IJssel is de vraag gesteld aan het Technisch Bureau in de Krimpenerwaard of de wijk Oud Krimpen klimaatbestendig ingericht kan worden. Dit houdt in dat de wijk zodanig ingericht wordt dat de effecten van klimaatverandering opgevangen kunnen worden. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

“Waar moet de bestaande woonwijk Oud Krimpen in het jaar 2050 aan voldoen, en hoe moet deze worden gerealiseerd, om klimaatbestendig te zijn wat betreft de waterhuishouding?”

Ten behoeve van dit vraagstuk zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd. In dit hoofdstuk zullen conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan.

6.1 Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat Oud Krimpen, zeker met oog op de toekomst, aangepakt moet worden. Bij hevige regenval treedt snel wateroverlast op binnen de wijk. Behalve kelders, kruipruimtes en schuurtjes is het ook voorgekomen dat woonkamers onder water stonden. In de toekomst zal dit alleen nog maar vaker voorkomen. Dit is allemaal het gevolg van oude, laagstaande, niet onderheide bebouwing, weinig oppervlaktewater en de toename van de hoeveelheid neerslag. De restlevensduur van Oud Krimpen zal daarom, indien er geen maatregelen aan de bestaande bebouwing genomen worden, niet heel lang zijn. Dit ook in verband met de toekomstige bodemdaling en het nog verder zakken van de bebouwing.

Er zijn richtlijnen opgesteld om een wijk klimaatbestendig in te kunnen richten. Deze zijn opgesteld aan de hand van eerder voorgekomen extreme regenbuien en de klimaatscenario's van het KNMI. Hieruit is gebleken dat men een wijk moet toetsen op de bui Herwijnen, waarin de toename van de hoeveelheid neerslag tot het jaar 2050 als gevolg van klimaatverandering (klimaatfactor) meegenomen is. Deze bui heeft in het jaar 2050 een herhalingstijd van $T=100$ jaar, waarin 112,5mm neerslag in het eerste uur valt. Dit betekent dat bij deze hoeveelheid neerslag er wel water op straat mag staan, maar niet een woning binnen mag komen.

Echter dient geconcludeerd te worden dat bui Herwijnen met klimaatfactor te groot is om Oud Krimpen, in de huidige situatie, op te dimensioneren. Met een onrealistische combinatie van maatregelen kan de bui in zijn geheel opgevangen worden. De combinatie bevat het aanbrengen van een nieuw gemengd en hemelwaterstelsel, het aanbrengen van een overstort met drempel ter plaatse van de Weteringsingel, het vervangen van het straatwerk door een waterbergende wegconstructie (de Aquaflow), het aanbrengen van een groot bergingsbassin (bijna 2000m³) en het aanbrengen van een gemaal met een pompcapaciteit van 2080m³/uur ten behoeve van het creëren van een apart bemalingsgebied. Hiervan zijn de vervanging van het riool en straatwerk werkzaamheden die absoluut benodigd zijn omdat deze sterk verouderd zijn en hun functie niet goed meer kunnen vervullen. Het benodigde gemaal is zéér groot en zal erg veel geld kosten. Daarom is voor dezelfde combinatie maatregelen een variant opgesteld waarbij een kleinere pomp met een capaciteit van 618m³/uur is voorgesteld. Hiervoor zijn een ontwerp en kostenraming opgesteld welke bijgevoegd zijn in bijlage 13 en 14. Deze situatie is een stuk realistischer en zal in het eerste uur 96,8mm neerslag op kunnen vangen. Het bergingsbassin, etc. blijven in deze variant dus onveranderd. De grootste kostenposten binnen deze combinatie zijn de reconstructie werkzaamheden die absoluut benodigd zijn.

Bij de huidige omstandigheden kan met bovenstaande maatregelen het maximale uit de wijk gehaald worden. Afgezien daarvan zal de beste oplossing voor Oud Krimpen zijn om een groot deel van de bebouwing op te vijzelen of nieuwbouw te plegen. Echter bestaat de wijk uit particuliere woningen,

daarom is het geen optie om nieuwbouw te plegen en de bewoners hebben veelal onvoldoende geld om hun woning op te vijzelen. De gemeente zal moeten beslissen of zij hier een bijdrage aan willen leveren.

Het aanbrengen van de combinatie van maatregelen is voor de gemeente dus de enige oplossing om Oud Krimpen zo klimaatbestendig mogelijk te maken. Met het oog op de toekomst kunnen de maatregelen/investeringen ook gefaseerd aangebracht worden. Op deze manier kan, over een aantal jaren, opnieuw naar klimaatvoorspellingen gekeken worden en zal men zien of alle maatregelen daadwerkelijk nodig zijn. Daarnaast dient opgemerkt te worden dat het effect van een aantal maatregelen, zoals van de Aquaflow, in de toekomst afneemt. De verwachtingen zijn dat dit na 20 jaar al het geval is als gevolg van bodemdaling.

De wijk dient in samenspraak met de bewoners aangepakt te worden. Het is tijd dat het probleem binnen de wijk besproken gaat worden en dat men inzicht krijgt in wat in de toekomst zal komen. Men zal af moeten spreken wat acceptabel is en wat voor maatregelen realistisch zijn. Door middel van een goede communicatie en bewonersparticipatie zal men tot een overeenkomst komen over wat reëel is voor de wijk.

Geconcludeerd wordt dat de gemeente Krimpen aan den IJssel eerst een beslissing moet nemen over de hoeveelheid neerslag waarbij er geen water een woning binnen mag komen, voordat definitief gezegd kan worden wat de oplossing zal zijn voor Oud Krimpen. Daarnaast zal de gemeente ook moeten bepalen in hoeverre zij bereid zijn voorzieningen in de buitenruimte aan te brengen. Het probleem ligt tenslotte vooral aan de bebouwing. Uiteindelijk zullen woningen misschien zelfs tot onder het oppervlaktewaterpeil zakken. Op deze manier kunnen voorzieningen bij wijze van spreken aangebracht worden, maar zal ook dat geen nut meer hebben en dient de bebouwing vervangen/opgevijseld te worden.

6.2 Aanbevelingen

Dit onderzoek is de basis voor een nadere afweging door TBK voor de gemeente Krimpen aan den IJssel. Naast het opgestelde ontwerp en de getrokken conclusies staan hieronder puntsgewijs de aanbevelingen behandeld.

- Allereerst wordt de gemeente Krimpen aan den IJssel aanbevolen een beslissing te nemen over de hoeveelheid neerslag waar Oud Krimpen op gedimensioneerd dient te worden, voordat er verder naar oplossingsrichtingen gekeken wordt. Voor Oud Krimpen wordt aanbevolen de wijk op een kleinere hoeveelheid neerslag dan de bui Herwijnen met klimaatfactor te ontwerpen;
- Indien de gemeente Krimpen aan den IJssel een wijk klimaatbestendig wil inrichten, wordt aanbevolen de bui Herwijnen met klimaatfactor als ontwerp-bui aan te houden;
- Indien de gemeente de wijk Oud Krimpen zo klimaatbestendig mogelijk in wilt richten, zonder dat er maatregelen aan de bestaande bebouwing genomen worden, wordt aangeraden de combinatie van maatregelen met de kleinste pompcapaciteit aan te brengen. Met deze maatregelen wordt, voor de huidige situatie, het maximale uit de wijk gehaald;
- Aangeraden wordt bewoners te stimuleren hun woning op te vijzelen. Dit kan bereikt worden door een minimaal vloerpeil vast te stellen tot waar de gemeente zich verplicht voelt wateroverlast in huis te voorkomen;
- Aangeraden wordt nader onderzoek uit te voeren naar de eerder behandelde mogelijke oplossingen waar het effect onvoldoende van in beeld gebracht is;
- Aanbevolen wordt bewoners te stimuleren om de behandelde particuliere oplossingen toe te passen. Vaak maken deze net het verschil op het moment dat dit nodig is.

7. Bronnen- en Literatuurlijst

- [1] Jan Kalkman. Beleidsmedewerker wegen, riolering en constructies gemeente Krimpen aan den IJssel.
- [2] Dinoloket. Ondergrondgegevens. <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>
- [3] Technisch Bureau in de Krimpenerwaard. Bouwarchief. Krimpen aan den IJssel.
- [4] Het kadaster (Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)), (z.d.). BAG viewer. <https://bagviewer.kadaster.nl/lvbag/bag-viewer/index.html?geometry.x=160000&geometry.y=455000&zoomlevel=0>
- [5] RoyalHaskoningDHV, 6 december 2013. Basisrioleringsplan Krimpen aan den IJssel. Rotterdam.
- [6] Haskoning. Beheerkaarten riolering Krimpen aan den IJssel.
- [7] Technisch Bureau in de Krimpenerwaard, 8 juli 2013. Rapport beoordeling riolering Oud Krimpen. Krimpen aan den IJssel.
- [8] Technisch Bureau in de Krimpenerwaard, 8 november 2012. 20121108 - Definitief vGRP Krimpen 2013-2017 - incl bijlagen. Krimpen aan den IJssel.
- [9] Actueel Hoogtebestand Nederland. AHN viewer. <http://www.ahn.nl/index.html>
- [10] QGIS. QGIS trainingshandleiding. http://docs.qgis.org/2.2/nl/docs/training_manual/index.html
- [11] Carleton University. Exploring the hydrological tools in QGIS. http://gracilis.carleton.ca/CUOSGwiki/index.php/Exploring_the_Hydrological_Tools_in_QGIS
- [12] RoyalHaskoningDHV, 19 juli 2016. Grondwatermeetnet Krimpen aan den IJssel. Rotterdam
- [13] Project Bureau TU Delft, 10-05-2007. Publicatie 'Ontwatering in stedelijk gebied'. Delft.
- [14] RoyalHaskoningDHV, 16 april 2013. Grondwaterbeleidsplan gemeenten Bergambacht. Nederlek, Schoonhoven, Vlist. Rotterdam
- [15] Het kadaster. Klic-melding oriëntatieverzoek. <https://www.kadaster.nl/-/orientatieverzoek>
- [16] Melddesk gemeente Krimpen aan den IJssel. Overzicht aantal meldingen uitgesplitst per straat. Krimpen aan den IJssel.
- [17] Encyclo online encyclopedie. <http://www.encyclo.nl/begrip/klimaatbestendig>
- [18] Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, mei 2014. KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. <http://www.wpm.nl/binaries/content/assets/wpm---website/bestuur/ab/2016/0316/04h1-klimaatscenarios.pdf>
- [19] Stichting RIONED. Extreme buien. <https://www.riool.net/thema-s/extreme-buien>
- [20] Stichting RIONED. Extreme neerslag wordt inderdaad extremer. <https://www.riool.net/-/extreme-neerslag-wordt-inderdaad-extremer>
- [21] Stichting RIONED. Grootschalige extreme buien op komst? <https://www.riool.net/-/grootschalige-extreme-buien-op-komst>
- [22] University of Twente. Invloed klimaatverandering op grondwaterstand in stedelijk gebied. <http://essay.utwente.nl/66373/>
- [23] Stichting RIONED. April 2015. Regenwatersystemen op de testbank. Benchmark functioneren bij extreme neerslag. Ede.
- [24] Ir. Harry van Luijtelaar (Stichting RIONED). Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied, "Verder kijken dan bui08...". https://www.riool.net/c/document_library/get_file?uuid=bb258f86-53f7-4da3-8edc-d3c086b7f80d&groupId=10180&targetExtension=pdf
- [25] Google. Google maps. <https://www.google.nl/maps/@51.9121659,4.5878677,16z?hl=nl>

- [26] RoyalHaskoningDHV, 6 oktober 2016. Burgerparticipatie verminderen wateroverlast Oosterstraat Schiedam. Rotterdam.
- [27] Hoogheemraadschap van Delfland, mei 2011. Toelichting Peilbesluit cluster Delft.
- [28] Aannemingsbedrijf W. Visser & ZN. Opvijzelen.
<http://www.aannemingsbedrijfwwisser.nl/opvijzelen/>
- [29] OfferteAdviseur. Funderingsherstel.
<https://www.offerteadviseur.nl/categorie/bouw/verbouwing/funderingsherstel/>
- [30] Beuker kunststof leidingssystemen. Pompputten. <http://www.beuker-bkl.com/producten/kunststof-putten/pompputten/>
- [31] Aquafix Milieu. Pompput. <https://aquafix.nl/nl/categorieen/pompput>
- [32] Regenwateropvangsystemen. Regenwater opvangen en hergebruiken. 's Hertogenbosch. <http://www.regenwateropvangsystemen.nl/>
- [33] Plastic Road. A revolution in building roads. <https://www.plasticroad.eu/>
- [34] Jean-Paul Opperman, (fotograaf). <http://tielse.nl/steekwoord/de-urbanisten-waterplein-tiel/>
- [35] Visscher R. (2013). Waterplein maakt Rotterdam regenproof.
<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/waterpleinen>
- [36] Saskia Naafs, 10 mei 2016. Groen en droog in Zuidas. <https://www.rainproof.nl/groen-en-droog-zuidas>
- [37] Groendak. Wat is een groendak? <http://www.groendak.info/>
- [38] Mijn-dakdekker.nl. Groendak: types, opbouw & voor- en nadelen. <https://www.mijn-dakdekker.nl/groendak>
- [39] Merlijn Michon. Waterdaken.
<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/waterdaken>
- [40] Aquaflow. Aquaflowsysteem. <http://www.aquaflow.nl/body.php?page=169>
- [41] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2008. Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen. Brussel. <http://www.stradusinfra.be/pdf/documentatie/ocw-dossier-5-waterdoorlatende-bestratingen-nl.pdf>
- [42] Docplayer. Software waterdoorlatende bestratingen – gebruikershandleiding.
<http://docplayer.nl/5093731-Software-waterdoorlatende-bestratingen-gebruikershandleiding.html>
- [43] Aquaflow. Zuiver water bergen in wegen. “De sloot begraven onder de weg”.
<http://www.aquaflow.nl/mediastore/pdf/leaflet-algemeen/aquaflow-leaflet-waterbergende-weg.pdf>
- [44] Beuker kunststof leidingssystemen. Infiltratiekratten. <http://www.beuker-bkl.com/producten/infiltratie/infiltratiekratten/>
- [45] Merlijn Michon. Infiltratiekratten.
<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/infiltratiekratten>
- [46] TAUW (09-07-2010). Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Technisch advies De Groote Zaag, DO RG Krimpen aan de Lek.
- [47] Technisch Bureau in de Krimpenerwaard. PO-raming / VO-raming. Krimpen aan den IJssel.
- [48] Technisch Bureau in de Krimpenerwaard. DO-raming / Bestekraming. Krimpen aan den IJssel.
- [49] Bouwformatie. Bouwkosten. <http://bouwkosten.bouwformatie.nl/civiele-techniek/>
- [50] Bouwkosten. Bouwdeelkosten (element (SfB 1)).
[http://www.bouwkosten.nl.ezproxy.hro.nl/zoeken.aspx?secondnavigation=kostenkengetallen&product=EBKKNB&tabeldeel=7907&classificatie=Element+\(SfB+1\)](http://www.bouwkosten.nl.ezproxy.hro.nl/zoeken.aspx?secondnavigation=kostenkengetallen&product=EBKKNB&tabeldeel=7907&classificatie=Element+(SfB+1))