

Strategie voor beperken hemelwateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat, Enschede

Bacheloreindopdracht Civiele Techniek



Bacheloropdracht bij gemeente Enschede

Praktijkbegeleider: R. Meijer

Opdrachtgever: I. van Dijk

Begeleidend docent: J.F. Schyns, MSc

Tweede beoordelaar: Prof.dr.ir E. van Berkum

**Gemeente
Enschede** 

UNIVERSITEIT TWENTE.

Jelmer Dijkstra

Universiteit Twente

Studentennummer: S1367404

Opleiding: Civiele Techniek

Datum: 22 juni 2016

Samenvatting

In het onderzoeksgebied, De Heurne en Oldenzaalsestraat, ondervinden winkels problemen bij intensieve regenbuien. Dit heeft in het verleden zelfs tot schade aan enkele panden geleid.

Om de wateroverlast te verminderen zal er gekeken worden naar de mogelijke maatregelen voor het bergen, vertragen of afvoeren van hemelwater in het onderzoeksgebied. Het doel van dit onderzoek is een inzicht te krijgen in de doelmatigheid en de toepasbaarheid van maatregelen om wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te beperken. De hoofdvraag die beantwoord moet worden is: Welke (combinatie van) maatregel(en) is doelmatig in het beperken van wateroverlast in het onderzoeksgebied De Heurne en Oldenzaalsestraat in Enschede, voor zowel huidige situatie als de nabije toekomst (2050)?

Om antwoord op de hoofdvraag te kunnen wordt er eerst meer duidelijkheid verkregen van de wateroverlast. Hierbij wordt de wateroverlast onder Vlaamse composietbuien met een herhalingstijd van T=10, T=50 of T=100 in een model getoond. Vervolgens wordt door middel van het KNMI-rapport (2014) gekeken naar de verschillende klimaatscenario's en de daarbij behorende neerslag extremen.

Na het duidelijk krijgen van de wateroverlast kan er begonnen worden met het bedenken van maatregelen. Aangezien lang niet alle maatregelen ook daadwerkelijk voor De Heurne en Oldenzaalsestraat toepasbaar zijn, vindt er eerst een screening in maatregelen plaats. De overgebleven maatregelen die toepasbaar zijn in het onderzoeksgebied worden vervolgens nader beschreven. Daarbij wordt er onder andere gekeken naar de geschatte kosten van het aanbrengen van de maatregel.

Nadat de maatregelen en de toepassing ervan beschreven is, wordt er onderscheid tussen de maatregelen gemaakt door middel van de doelmatigheidsafweging. Bij deze methode worden de maatregelen beoordeeld door middel van de criteria opgesteld vanuit de gemeente Enschede. De maatgevende criteria zijn veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. Met behulp van een risicomatrix wordt het risico wateroverlast bepaald. Risico is immers kans maal gevolg. Het risico op wateroverlast in de huidige situatie is voor de maatgevende bui T=10 is 'zeer hoog' en dient minimaal met twee niveaus verlaagd te worden naar 'matig'. In dit onderzoek wordt er gekeken naar de maatregelen die genomen moeten worden om het risico op wateroverlast dusdanig te verlagen.

Uit de resultaten van de doelmatigheidsafweging is naar voren gekomen dat strategie 3, het aanleggen van 2.500 m³ waterberging in wadi's langs en 4.500 m³ waterberging in watershell onder de Oldenzaalsestraat, het best scoort. De geschatte kosten komen op 5,7 miljoen, waarbij een deel van de Oldenzaalsestraat opnieuw ingericht zal worden. De resultaten van het rekenmodel laat zien dat een waterberging van 7.000 m³ voldoende wordt geacht om zowel de huidige wateroverlast als toekomstige wateroverlast (2050) zodanig te verminderen dat wateropstraat slechts in beperkte mate voorkomt.

Voorwoord

Als afsluiting van de bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente, dient er een externe, 10 - 12 weken durende bacheloropdracht uitgevoerd te worden. Dit komt in het onderwijsprogramma als slot van de drie jaar durende bachelor. Aangezien deze opdracht extern uitgevoerd wordt, zal naast de onderzoekskant tevens het functioneren binnen een bedrijf of organisatie een belangrijk deel van de bachelor eindopdracht betreffen. Het is daarbij de bedoeling dat de student de tijdens de studie verworven kennis en vaardigheden in de dagelijkse praktijk brengt.

De opdracht heb ik uitgevoerd bij de gemeente Enschede afdeling Stadsdeelbeheer fysieke projecten. De gemeente zorgt voor het waterbeheer van de stad en alle taken die daarmee samenhangen. De opdracht die ik binnen de gemeente uitgevoerd heb, betrof het bedenken van oplossingen voor het beperken van hemelwateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat Enschede. De opdracht bij de gemeente heeft er eveneens voor gezorgd dat ik in aanraking ben gekomen met zowel de ontwerp- als de advieskant van de Civiele Techniek.

Dankzij de opdracht heb ik kunnen ervaren hoe het is om te werken binnen een organisatie en alle aspecten die daarbij komen kijken. Het was de eerste keer dat ik op 'civiel gebied' binnen een organisatie heb gefunctioneerd. Het is dan ook interessant om deel uit te maken van een organisatie en een inhoudelijke bijdrage te kunnen leveren aan een project als het onderzoeken van maatregelen voor het risicogebied De Heurne en Oldenzaalsestraat. De resultaten kunnen een bijdrage leveren aan de onderzoeksfase voor het risicogebied en zo tot een pakket van maatregelen voor het beperken van hemelwateroverlast komen. Dit is een bijkomende stimulans geweest om de opdracht zo nauwgezet mogelijk uit te voeren.

Tot slot wil ik graag de medewerkers van de afdeling Stadsdeelbeheer fysieke projecten van de gemeente Enschede bedanken voor de hulp en betrokkenheid, in het bijzonder de leden van de projectgroep, die mij van informatie hebben voorzien. Erik Dekker van Witteveen+Bos wil ik bedanken voor het maken van de afbeeldingen en filmpjes van de modelweergave van hemelwateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat. Tevens heeft Rik Meijer mij tijdens de gehele periode bij de gemeente op een fijne manier begeleid. Tot slot wil ik Joep Schyns bedanken, die mij vanuit Universiteit Twente begeleid en beoordeeld heeft. Joep heeft mij gedurende het gehele onderzoek van positieve feedback voorzien en mij in de goede richting gewezen wanneer dit nodig was.

Enschede, 22-06-2016

Jelmer Dijkstra

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
Voorwoord.....	3
1 Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Doelstelling	6
1.4 Onderzoeksvragen.....	7
1.5 Leeswijzer.....	7
2 Methode & Data.....	8
2.1 Methodiek.....	8
2.2 Methodiek risicomatrix.....	9
2.3 Data.....	13
3 Probleembeschrijving.....	14
3.1 Wateroverlast in de huidige situatie	15
3.2 Neerslag-extremen.....	17
4 Screening van maatregelen	18
4.1 Screening op basis van riolering.....	18
4.2 Screening op basis van locatie en ondergrond.....	19
4.3 Niet toegepaste maatregelen.....	20
5 Toepasbare maatregelen.....	22
5.1 Bergbezinkbassin.....	22
5.2 Stadsbeek.....	25
5.3 Wadi.....	27
5.4 Waterplein.....	28
5.5 Watershell	31
5.6 Tijdelijke schotten voor winkelpanden.....	32
6 Opstellen van strategieën.....	34
6.1 Doelmatigheid maatregelen.....	34
6.2 Samenstellen van de strategieën	35
7 Resultaten	37
7.1 Modeluitkomsten wateroverlast	37
7.2 Doelmatigheidsafweging.....	40
8 Discussie en aanbevelingen	42
9 Conclusie	43
Referenties.....	44
Bijlagen	45
Bijlage A Watervisie gemeente Enschede.....	45
Bijlage B Overkoepelende effectenmatrix voor Enschede.....	46
Bijlage C Doelmatigheidsafweging.....	47
Bijlage D Klimaatverandering.....	49
Bijlage E Werking van de Stadsbeek	50
Bijlage F Locaties waterplein.....	52

1 Inleiding

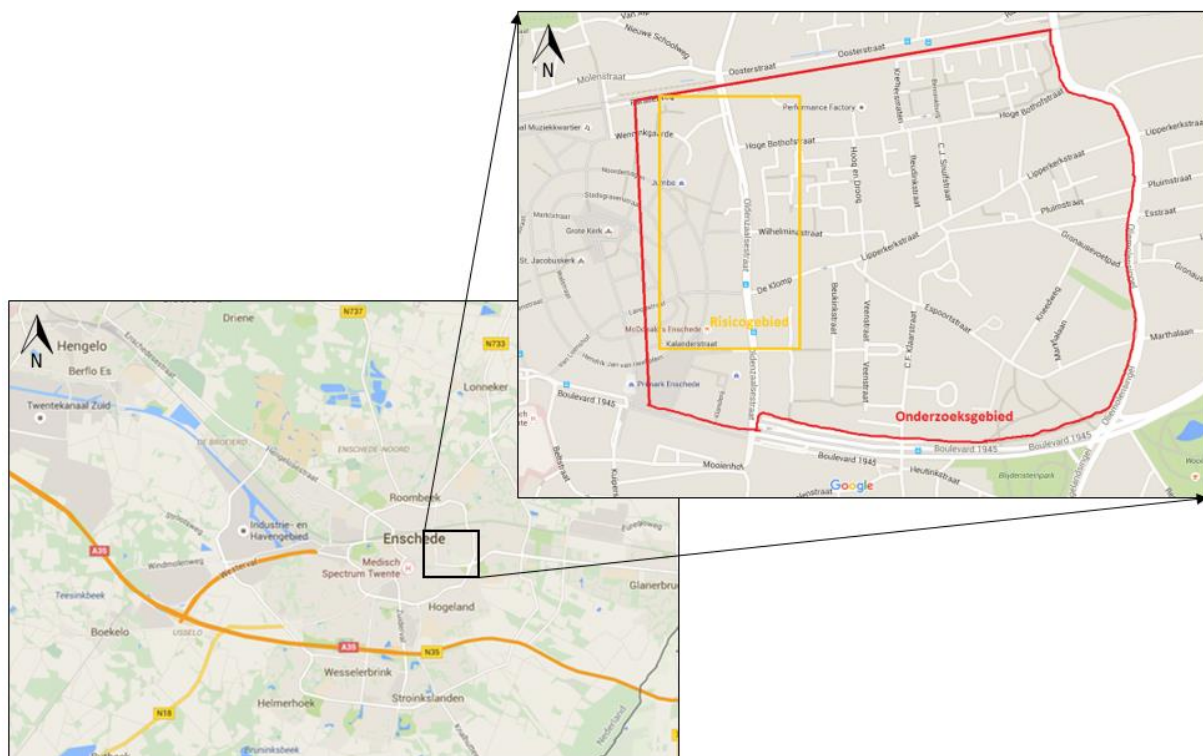
Ter afronding van de Bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente wordt een specifiek wateroverlastknelpunt onderzocht, namelijk De Heurne en Oldenzaalsestraat in Enschede. Het relatief grote hoogteverschil binnen Enschede en de relatief grote hoeveelheid verharding zorgt ervoor dat veel hemelwater naar de lage delen in de stad stroomt. Door de snelheid en waterhoeveelheid schiet de capaciteit van het riool bij hevige regenneerslag te kort (Gemeente Enschede, 2015*).

Uit de notitie van adviesbureau Witteveen+Bos blijkt dat dit gebied zelfs een ‘zeer hoog’ risico heeft op hemelwateroverlast (Dekker, 2015). De gemeente Enschede is dan ook van plan om wateroverlast in dit gebied in de nabije toekomst te beperken. Daarbij zal er gekeken worden naar de mogelijkheden om wateroverlast in het risicogebied te verminderen of dat er buiten De Heurne en Oldenzaalsestraat maatregelen genomen worden. Veel wateroverlast wordt immers veroorzaakt door het afstromen van hemelwater vanaf hoger gelegen gebieden in Enschede (Dekker, 2015)

1.1 Aanleiding

In het onderzoeksgebied, De Heurne en Oldenzaalsestraat, ondervinden zowel bewoners, weggebruikers als winkeleigenaren problemen bij hevige regenbuien. De wateroverlast is in kaart gebracht door adviesbureau Witteveen + Bos (Dekker, 2015). Het onderzoeksgebied heeft een gemengd rioolsysteem, welke snelle afvoer van hemelwater vermoedelijk (Schippers, et al. (2015).

Het risicogebied valt binnen het onderzoeksgebied, welke is weergegeven in Figuur 1.1. Het risicogebied wordt uitgebreid richting het oosten, tot aan de Oliemolensingel, om ook daar voor mogelijke maatregelen te kijken. Hiervoor is gekozen aangezien hemelwater vanuit dit hoger gelegen gebied afstroomt naar de Oldenzaalsestraat. Verder loopt het onderzoeksgebied ten noorden tot de spoorlijn en ten zuiden tot de Boulevard 1945, zoals te zien in Figuur 1.1.



Figuur 1.1 Onderzoeksgebied met daarin het risicogebied in kaart gebracht, Enschede (Googlemaps, 2016)

In Figuur 1.1 is het onderzoeksgebied zichtbaar met daarbinnen het risicogebied, dit is het gebied waar de voornaamste hemelwateroverlast plaats vindt. Uit de notitie van Dekker (2015) blijkt dat veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein de voornaamste redenen zijn om dit knelpunt een 'zeer hoog' risico toe te kennen. Veiligheid en bereikbaarheid spelen door de Oldenzaalsestraat een grote rol. Deze verkeersaders moet veilig zijn en bereikbaar blijven voor verkeer. Tevens zorgt het ontbreken voor putdeksel voor onveilige situaties. De volksgezondheid komt in gevaar als door een overschot aan hemelwater de putten om hoog komen en daarbij het rioolwater op straat komt. Daarnaast zorgt water in winkelpanden voor een slechte score op leefbaarheid particulier terrein.

1.2 Probleemstelling

In het gemeentelijk rioleringsplan van Enschede GRP 2016-2020 staat dat de gemeente de kostenstijging voor het beheer van riolering en afvalwaterketen moet afvlakken (Hartemink & Meijer, 2015). Met dit 'nieuwe' beheer willen ze de risico's voor wateroverlast acceptabel houden en is het beheer van de gemeente risicogestuurd. Hierbij wordt er door het maken van een model gekeken naar de wateroverlast bij verschillende composietbuizen om vervolgens door middel van een risicomatrix te kijken of de wateroverlast aangepakt moet worden.

In de notitie van Dekker (2015) zijn alle hemelwateroverlast knelpunten in Enschede weergegeven. Echter worden hier voornamelijk de risicogebieden voor wateroverlast in Enschede getoond en is er nog weinig onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om deze te verminderen. In dit onderzoek wordt er dan ook onderzocht of er doelmatige maatregelen zijn om de wateroverlast te beperken.

Bij de huidige ideeën uit de notie van Dekker (2015) zou er bij stortbuizen 4000 m³ bovengronds en 2500 m³ ondergronds extra opgevangen, met de mogelijkheid tot overstort op het riool van de Kortenaerstraat, om zo water-op-straat te voorkomen. Echter, de investering die hiervoor nodig is wordt door Witteveen+Bos geschat op 6,2 miljoen euro. Dit lijkt een hoog bedrag, maar bevat slecht enkel de kosten van de maatregelen. Het aansluiten van de riolering investeringskosten, winstmarges, risico's, etc. zijn niet meegenomen. Tevens blijkt deze maatregel door alle ondergronds werken als parkeergarages en kelders vrijwel onmogelijk. De gemeente is daardoor op zoek naar een doelmatige manier om de wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te beperken.

1.3 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is het maken van een strategie om wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te beperken. Dit gebeurt door het aanbieden van een pakket aan maatregel (strategie), welke na toetsing van de kernwaarden als beste naar voren komt. De maatregelen zullen hiervoor getoetst met behulp van de doelmatigheidsafweging van Hartemink en Meijer (2015). Maatregelen tegen wateroverlast zijn noodzakelijk en verstandig. De kosten van het nemen van maatregelen zijn nu namelijk naar verwachting lager dan de kosten van schade in de toekomst, vooral in dichtbevolkt, stedelijke gebied (Runhaar, et al., 2011). Er is echter wel een grote investering voor nodig, waardoor het van belang is dat maatregelen doelmatig zijn.

De bijdrage van het onderzoek is om met behulp van literatuur en het bijbehorende advies met maatregelen te komen om wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat in de toekomst te beperken. Om wateroverlast te beperken wordt aanbevolen om de Oldenzaalsestraat anders in te richten en oppervlakkig afstromend water op te vangen (Dekker, 2015). Om de wateroverlast te verminderen zal er gekeken worden naar de mogelijke maatregelen voor het bergen, vertragen of afvoeren van hemelwater in het onderzoeksgebied. Deze maatregelen zullen later in het onderzoek behandeld worden.

1.4 Onderzoeksvragen

Binnen het onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

Welke (combinatie van) maatregel(en) is doelmatig in het beperken van wateroverlast in het onderzoeksgebied De Heurne en Oldenzaalsestraat in Enschede, voor zowel huidige situatie als de nabije toekomst (2050)?

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Wat is de mate van wateroverlast in zowel de huidige als toekomstige situatie in De Heurne en Oldenzaalsestraat?
2. Welke maatregelen zijn toepasbaar voor het beperken van wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat?
3. Wat onderscheid de maatregelen, bij het uitvoeren van de doelmatigheidsafweging?
4. Op basis van welke kernwaarden dienen de strategieën, voor de wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat, te worden getoetst?
5. Welke strategieën zijn het meest geschikt voor De Heurne en Oldenzaalsestraat?

Met behulp van de deelvragen zal de hoofdvraag beantwoord worden. De deelvragen worden door middel van literatuuronderzoek later in dit verslag behandeld.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het onderzoek ingekaderd en wordt door middel van de methodiek en data het onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 worden de problemen omtrent de wateroverlast beschreven. Hierbij wordt door middel van uitkomsten van het model een weergave van de verwachte wateroverlast gegeven. Daarna worden de gevolgen van extreme neerslag (klimaatverandering) op hemelwateroverlast toegelicht. In hoofdstuk 4 vindt de eerste screening van maatregelen plaats op basis van de locatie, riolering en ondergrond. In hoofdstuk 5 worden de toepasbare maatregelen voor het onderzoeksgebied beschreven met elk de locatie en de scores op basis van de gestelde criteria.

In hoofdstuk 6 wordt de doelmatigheid van de maatregelen bepaald en kan er een onderscheid tussen de maatregelen gemaakt worden. Tevens zullen strategieën van maatregelen worden samengesteld om te kijken of deze gezamenlijk de wateroverlast meer verminderen dan alleen. Hoofdstuk 7 betreft de doelmatigheidsafweging voor de strategieën, welke daarmee het resultaat van het onderzoek zal weergeven. Daarnaast zal door middel van een model de wateroverlast na het toepassen van maatregel voor De Heurne en Oldenzaalsestraat worden getoond. Vervolgens is in hoofdstuk 8 de discussie te lezen met daarbij de eventuele aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Het laatste hoofdstuk 9 betreft de conclusie van het onderzoek. De bijlages zijn achterin het rapport te vinden.

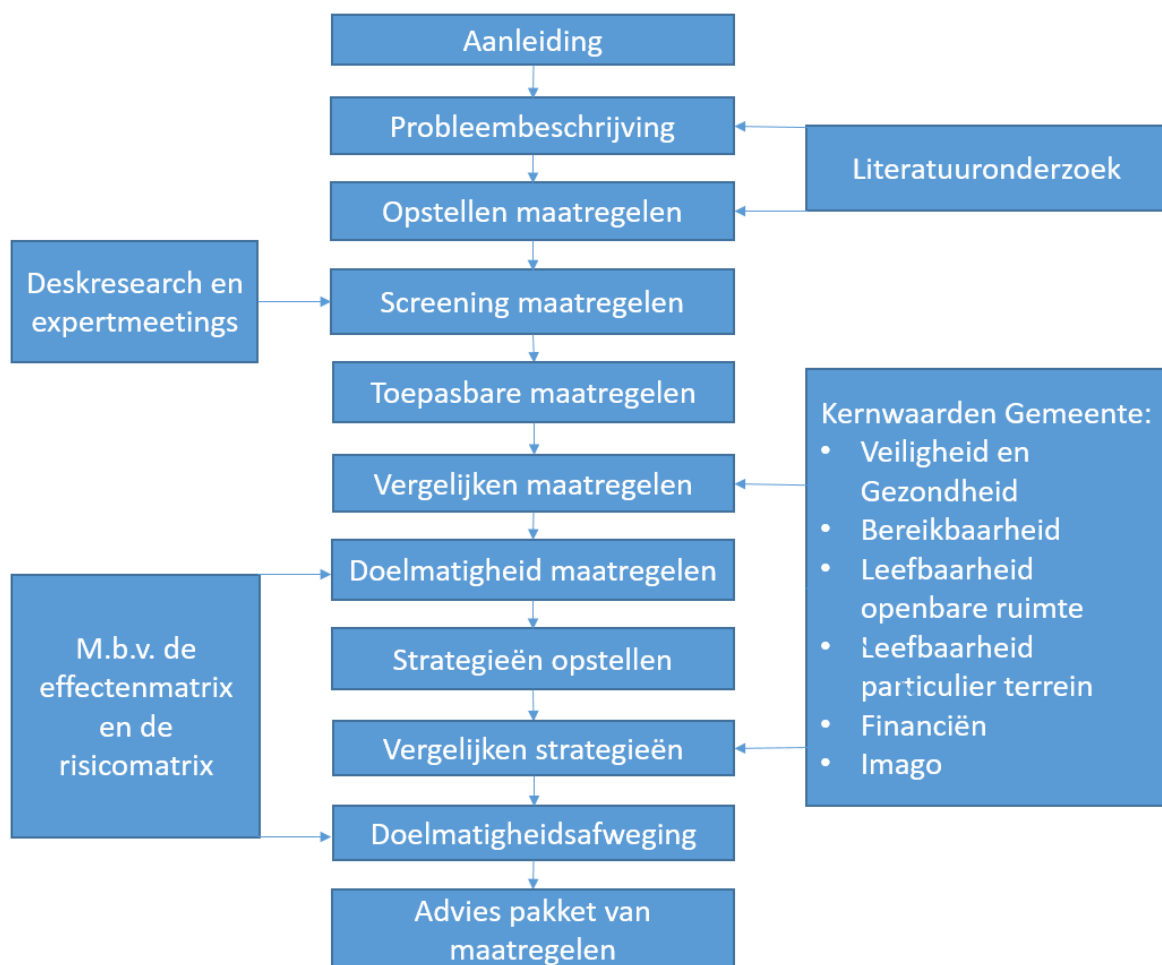
2 Methode & Data

In dit hoofdstuk wordt de methodiek van het onderzoek uitgelegd en de gebruikte data en modellen behandeld.

2.1 Methodiek

Het onderzoek betreft een literatuuronderzoek om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Het modelleren van het probleemgebied met betrekking tot wateroverlast is uitgevoerd door Witteveen+Bos (Dekker, 2015). Tijdens het onderzoek zal ook het ontwerpen van oplossingen voor hemelwateroverlast en het modelleren ervan naar voren komen. Dit maakt het onderzoek meer dan alleen een literatuuronderzoek. Er zal vooral aandacht besteed worden aan het zoeken naar oplossingen met behulp van literatuuronderzoek en berekeningen van de doelmatigheid van de maatregelen.

Met behulp van de risicomatrix voor Enschede bestaande uit: de effectmatrix, een risicomatrix en een uitwerkingsmatrix uit het rapport 'Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer' van (Hartemink & Meijer, 2015) zal de doelmatigheidsafweging plaatsvinden. Door gebruik te maken van deze methodiek opgesteld door de gemeente Enschede voor het bepalen van risico's bij wateroverlast past het onderzoek bij de gebruikelijke opdrachten binnen de gemeente.



Figuur 2.1 Diagram om de gebruikte methodiek weer te geven

De indeling van het onderzoek is door middel van een diagram weergegeven in Figuur 2.1. In de probleemstelling wordt het probleem verder onderzocht, waarin zowel de wateroverlast in de huidige als toekomstige is behandeld. Door middel van literatuuronderzoek worden de mogelijke maatregelen opgesteld. Bij het zoeken van maatregelen hielp het onderzoek naar afkoppelmogelijkheden in Enschede van Schepers, et al. (2015). In dit vooronderzoek van Schepers, et al. worden enkele maatregelen voor het afkoppelen van hemelwater kort behandeld.

Nadat de maatregelen zijn opgesteld vindt de eerste screening plaats. Hierin wordt er gekeken welke maatregelen in het onderzoeksgebied toegepast kunnen worden. De screening vindt plaats met behulp van overleg tijdens expertmeetings en deskresearch bij de gemeente. Hierdoor blijven alleen maatregelen die mogelijk zijn in het onderzoeksgebied. Hierna worden deze toepasbare maatregelen verder beschreven en vergeleken door middel van de opgestelde kernwaarden. Door het toepassen van een doelmatigheidsafweging is er onderscheid tussen de maatregelen mogelijk en kan er een tweede screening plaatsvinden. Daarna worden de strategieën opgesteld, waarbij er gekeken wordt naar onderlinge samenhang en de locatie waar de maatregelen de wateroverlast verminderden. Het is immers niet vanzelfsprekend dat de beste maatregelen ook samen de beste strategie vormen. Het samenvoegen van strategieën wordt onderzocht, omdat maatregelen zelden enkel en alleen een oplossing vormen. Vaak kan door maatregelen te combineren doelmatiger wateroverlast beperkt worden.

De strategieën worden onderling vergeleken door middel van kernwaarden, waarna de doelmatigheidsafweging plaatsvindt. Hierbij is het risico van het probleemgebied van belang. Na het uitvoeren van de doelmatigheidsafweging op de strategieën zal een pakket van maatregelen als beste naar voren komen. Vervolgens zal hieruit en met behulp van het model van Dekker (2016) een modelweergave verkregen worden en kan een conclusie getrokken worden.

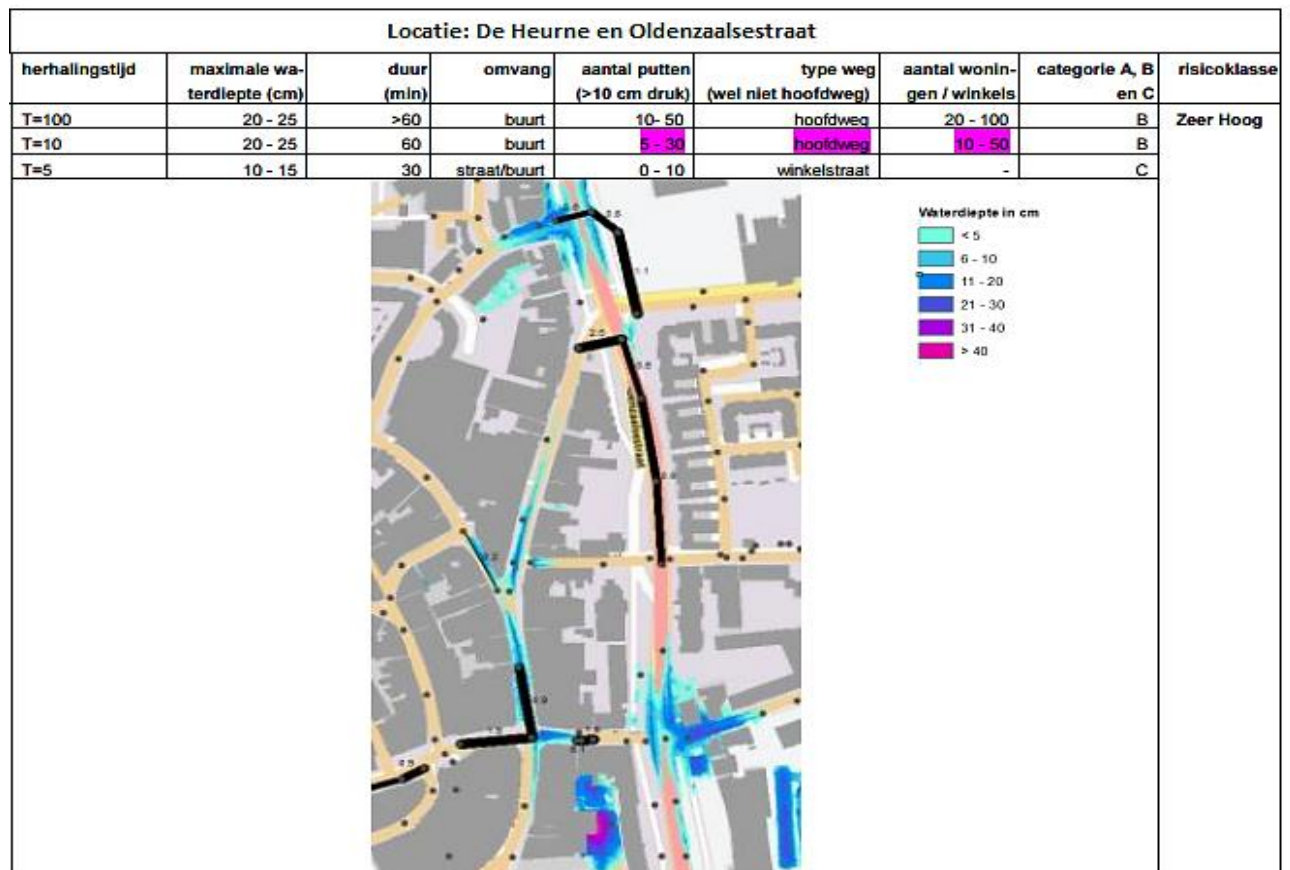
Het toetsen van de doelmatigheid wordt in de methodiek risicomatrix behandeld en wordt de methode van 'Proeftuin Enschede' van Hartemink & Meijer (2015) toegelicht.

2.2 Methodiek risicomatrix

Voor het beoordelen van het risico wordt gekeken naar de kernwaarden van de gemeente Enschede (Hartemink & Meijer, 2015):

- Veiligheid & gezondheid;
- Kwaliteit leefomgeving, onderverdeeld in:
 - Bereikbaarheid
 - Leefbaarheid openbare ruimte
 - Leefbaarheid particulier terrein
- Financiën (het schadebedrag of de meerkosten bij een gebeurtenis van een zekere ernstcategorie)
- Imago en imago schade, met daarin de beoordeling van politiek en bestuur.

Deze kernwaarden zijn nodig om het risico van wateroverlast te kunnen bepalen. Een schematische weergave van de wateroverlast voor De Heurne en Oldenzaalsestraat tijdens bui T=10 is in Figuur 2.2 te vinden. Voor deze locatie is aangegeven wat het risico op wateroverlast is op basis van de maatgevende maatstaven conform de overkoepelende effectenmatrix (Bijlage B). De overkoepelende effectenmatrix van (Hartemink & Meijer, 2015) wordt gebruikt voor het bepalen van het effect, deze is echter wel algemeen opgesteld en geldt ook voor de riolering bijvoorbeeld. Er is ook nog een toegepaste effectenmatrix opgesteld voor hemelwateroverlast, deze wordt straks behandeld.



Figuur 2.2 Overzicht risicogebied wateroverlast bij T = 10, De Heurne en Oldenzaalsestraat, Enschede (Dekker, 2015)

In Figuur 2.2 zijn de resultaten weergegeven voor een neerslagbelasting met een herhalingstijd van T=2 t/m T=100 jaar. Met zwarte lijnen is aangegeven wanneer water-op-straat naar een ander gebied stroomt. Tevens is met een paarse arcering aangegeven welk criterium bepalend is voor de indeling in de risicoklasse. In het algemeen geldt dat zodra er water op een hoofdweg komt te staan, voor langer dan 1 uur, het risico al snel 'zeer hoog' is, dit is echter wel afhankelijk van de herhalingstijd. Daarnaast is water in woningen/ winkelpanden maatgevend voor de risicoklasse. Bij een hogere frequentie van water-op-straat is daarnaast ook de waterdiepte en het aantal putdeksels dat los kan komen maatgevend. Deze criteria hebben er gezamenlijk voor gezorgd dat het risicogebied De Heurne en Oldenzaalsestraat risicoklasse 'zeer hoog' aangewezen krijgt.

Voor het bepalen van deze risicoklasse is de effectenmatrix en de risicomatrix gebruikt. In Tabel 2.2 is de effectenmatrix voor wateroverlast te vinden. Op het verticale as staat de ernstcategorie en op de horizontale as staan de waarden voor het beoordelen van hemelwateroverlast in Enschede. Door middel van Tabel 2.1 kan de ernstcategorie van een effect omgeschreven worden naar een getal, welke zal helpen de risicomatrix in te vullen.

Tabel 2.1 Toegepaste scores voor het beoordelen van de effectiviteit van de maatregelen

Zeer ernstig	1000
Ernstig	100
Aanzienlijk	10
Matig	1
Klein	0,1
Verwaarloosbaar	0,01

Tabel 2.2 Effectenmatrix met voorwaarden voor optreden ernstcategorie voor hemelwateroverlast (Hartemink & Meijer, 2015)

		waarden					
		veiligheid & gezondheid	kwaliteit leefomgeving			kosten en financiën schade bedrag kapitaalvernietiging	imago
			bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	leefbaarheid openbare ruimte (functie zoals bedoeld kan niet meer worden vervuld) tijdsduur is mede bepalend	leefbaarheid particulier terrein tijdsduur is mede bepalend		
ernstcategorie	zeer ernstig	Doordat de riolering overbelast is, staat er in meer dan 25% van de stad of op meer dan 10 hoofd- wegen gedurende meerdere uren (verdund) rioolwater op straat of ontstaat er een waterdiepte van meer dan 0,5m op doorgaande wegen, en/of komen op zeer grote schaal putdeksels omhoog (>1.000 over de gehele stad of >100 per buurt/wijk)	-	-	Gehele stad: Er staat water in meer dan 10 gebouwen cat. A en/of er staat water in meer dan 100 gebouwen cat. B welke een peil hebben van enkele decimeters boven straatpeil en/of in 1.000 achtertuinen.	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door water- overlast.	Op stads- of wijkniveau: uit het hele gebied klachten over zeer ernstige wateroverlast
	ernstig	Doordat de riolering overbelast is, staat er in 5-25% van de stad of op enkele hoofdwegen gedurende 1-2 uur (verdund) rioolwater op straat, of komen op grote schaal putdeksels omhoog (>100 over de gehele stad of >10 per buurt/wijk)	Meerdere locaties categorie A niet meer bereikbaar door ernstige water op straat (>20cm) stadsniveau: op diverse locaties op doorgaande wegen water op straat (>20cm) waardoor grote delen van de stad niet of slecht bereikbaar zijn dat leidt tot blokkering van deze wegen	op diverse locaties in de stad is de openbare ruimte gedurende meer dan 1 dag niet bruikbaar door wateroverlast vanuit de riolering	Gehele stad: Er staat water in 1-10 gebouwen cat. A en/of er staat water in 10-100 gebouwen cat. B, welke een peil hebben van enkele decimeters boven straatpeil en/of er staat water in 100-1.000 achtertuinen	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door water- overlast.	Op wijkniveau: uit het hele gebied klachten over ernstige wateroverlast
	aanzienlijk	Doordat de riolering overbelast is, staat er in <5% van de stad of op enkele van de hoofd- wegen gedurende 30-60 minuten (verdund) rioolwater op straat (ook buiten de trottoirbanden), of komen op sommige plaatsen putdeksels omhoog (>10 over de gehele stad of enkele per buurt/wijk)	Stadsniveau: Er staat gedurende 1-2 uur 10-20 cm water op straten in gebieden cat. A (omvang 300-1.000 gebouwen). Wijkniveau: Er staat gedurende meerdere uren 5-10 cm water in gebieden cat. A (300-1.000 gebouwen) en 10-20 cm water op straten in gebieden cat. B (omvang 300-1000 gebouwen).	op 1 locatie in de stad is de openbare ruimte gedurende meer dan 1 dag niet bruikbaar door wateroverlast vanuit de riolering	Op wijkniveau: Er staat water in 1-10 gebouwen cat. B, welke een peil hebben van enkele decimeters boven straatpeil en/of er staat water in 100 achtertuinen.	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door wateroverlast.	Op buurtniveau: uit het hele gebied klachten over water-overlast
	matig	Doordat de riolering overbelast is, staat er in <5% van de stad of op enkele van de hoofdwegen gedurende minder dan 30 minuten (verdund) rioolwater op straat (wel tussen de trottoirbanden, opletten waar je rijdt of loopt), of komt er een enkele putdeksel omhoog,	Wijkniveau: Er staat gedurende 1-2 uur 5-10 cm water op straten in gebieden cat. A (omvang 100-300 gebouwen) en 10-20 cm in gebieden cat. B (300-1000 gebouwen). Buurtniveau: Er staat gedurende meerdere uren <5 cm water op straten in gebieden cat. A (omvang 100-300 gebouwen) en <10 cm water op straten in gebieden cat. B (omvang <300 gebouwen).	op diverse locaties in de stad is de openbare ruimte gedurende enkele uren niet bruikbaar door wateroverlast vanuit de riolering	Op buurtniveau: Water in 1 gebouw dat een aanlegpeil heeft van enkele decimeters boven het straatpeil of in 10 achtertuinen.	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door water- overlast.	Op straatniveau: uit het hele gebied klachten over water-overlast
	klein	Er staat op meerdere plekken water op straat maar dat blijft binnen de trottoirbanden.	Buurtniveau/straatniveau: Er staat gedurende 1-2 uur <5 cm water op straten in gebieden cat. A (omvang <100 gebouwen) en <10 cm in gebieden cat. B (100-300 gebouwen).	Op 1 locatie in de stad is de openbare ruimte gedurende enkele uren niet bruikbaar door wateroverlast vanuit de riolering	Op straatniveau: Water in gebouwen en achtertuinen	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door water- overlast.	Cluster van enkele woningen: lokaal zijn er klachten over wateroverlast
	verwaarloosbaar	Er staan op meerdere plekken kleine plassen op straat.	Cluster van enkele gebouwen: Er staan flinke plassen op straat.	Door wateroverlast vanuit de riolering zijn enkele gebieden in de stad gedurende maximaal 1 uur niet te gebruiken voor de functie waarvoor zij zijn ingericht	Cluster van enkele woningen: Water in gebouwen en achtertuinen	- kosten voor tijdelijk oplossen wateroverlast - gevolgschade die ontstaat door water- overlast.	Enkele klachten en meldingen per jaar, verdeeld over de stad

Tabel 2.3 Categorie indeling betekenis waarde 'bereikbaarheid'

Indeling in categorieën	
categorie A , erg belangrijk: - ziekenhuizen; - brandweerkazerne;- risicovolle bedrijven a. productieprocessen mogen niet worden onderbroken; b. toegankelijkheid i.g.v. calamiteit.	categorie B , tamelijk belangrijk: - bedrijven met groot economisch belang a. veel aan en afvoer van producten; b. toegankelijkheid i.g.v. calamiteit.

De indeling in categorieën in Tabel 2.3 wordt gebruikt om het onderscheid in categorieën weer te geven. De voorwaarden die tot een bepaald effect leiden zijn weergegeven in Tabel 2.2 weergegeven. Vervolgens kan met behulp van de risicomatrix in Tabel 2.4 het risico van de bijbehorende herhalingstijd bepaald worden, welke noodzakelijk zijn om de doelmatigheid te berekenen. Deze hanteert een indeling met de verwachte frequentie van voorkomen. Dat wil zeggen: de kans dat een incident met bepaalde gevolgen optreedt in relatie tot het bijbehorende effect. De kans op een incident loopt van 'vrijwel onmogelijk' (nog niet eerder in de sector voorgekomen) tot 'vaak' (verschillende keren per maand). Per gebeurtenis is nu het risico te bepalen door een relatie te leggen tussen de ernstcategorie van het effect en de kans dat dit optreedt. Het risico kan variëren van een zeer laag risico tot een extreem hoog risico. Risico is immers de kans dat een gebeurtenis optreedt, vermenigvuldigd met het effect van die gebeurtenis.

Tabel 2.4 Risicomatrix (Hartemink & Meijer, 2015)

		(vrijwel) onmogelijk	onwaarschijnlijk	mogelijk	waarschijnlijk	geregeld	vaak
		< 1/1000 jaar	> 1/1000 jaar < 1/100 jaar	> 1/100 jaar < 1/10 jaar	> 1/10 jaar < 1 jaar	> 1 jaar < 1/maand	> 2/mnd
ernstcategorie	zeer ernstig (1000)	M	H	ZH	EH	EH	EH
	ernstig (100)	L	M	H	ZH	EH	EH
	aanzienlijk (10)	ZL	L	M	H	ZH	EH
	matig (1)	ZL	ZL	L	M	H	ZH
	klein (0,1)	ZL	ZL	ZL	L	M	H
	zeer klein (0,01)	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M

ZL	zeer laag risico	H	hoog risico
L	laag risico	ZH	zeer hoog risico
M	matig risico	EH	extreem hoog risico

Om de beginrisico's, risico in de huidige situatie, voor De Heurne en Oldenzaalsestraat op te stellen wordt gebruik gemaakt van de risicoanalyse uit Figuur 2.2 (blz. 11). Hierbij wordt gekeken naar Vlaamse composietbui met een herhalingstijd van 10 jaar. De bepalende factoren, welke in het paars zijn gearceerd in Figuur 2.2 (blz. 10), worden beoordeeld door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Wanneer de effectenmatrix gecombineerd wordt met de risicomatrix uit Tabel 2.4 kan risico op wateroverlast voor de locatie bepaald worden. In Figuur 2.3 is dit gedaan voor de huidige situatie bij een bui T=10.

Kernwaarden							(vrijwel) onmogelijk	onwaarschijnlijk	mogelijk	waarschijnlijk	geregeld	vaak
Ernst categorie	Veiligheid & gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën	Imago	<1/1000	≥ 1/1.000 <1/100 jaar	≥1/100 jaar < 1/10 jaar	≥ 1/10 jaar <1 jaar	≥1 jaar < 1/maand	≥5/maand
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid OR	Leefbaarheid particulier			M	H	ZH	EH	EH	EH
zeer ernstig 1000	één of meerdere dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zieken)				> 10 M€		M	H	ZH	EH	EH	EH
Ernstig 100	1-5 zwaar gewonden (of ernstig zieken) en/of meer dan 10 licht gewonden of zieken	1. meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 2. op stadsniveau grootschalige wegzettingen, afsluitingen gedurende meerdere uren	op stadsniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt op grote schaal vervulling, verloedering en stankoverlast op.	op stadsniveau: 1. woongenot is in meerdere wijken van de stad ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. meer dan 5 woningen onbewoonbaar	>1M€ <10M€	af treden wethouder of lid dagelijks overlast waterschap	L	M	H	ZH	EH	EH
Aanzienlijk 10	1 zwaar gewonde of ernstig zieke/5-10 licht gewonden of zieken	één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende meerdere uren of 3. op stadsniveau wegzettingen en afsluitingen gedurende 1-2 uur of 4. op wijkniveau wegzettingen en afsluitingen gedurende meerdere uren	op wijkniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt op grote schaal vervulling, verloedering en stankoverlast op.	1. woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 1 tot 5 woningen onbewoonbaar	>100k€ < 1M€	op grote schaal klachten, forse negatieve publiektest in media en RTV, en/of meerdere raadvragen	ZL	L	M	H	ZH	EH
Matig 1	1-5 lichtgewonden of zieken	1. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. op wijkniveau wegzettingen en afsluitingen gedurende 1-2 uur	buurtniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervulling, verloedering en stankoverlast op.	woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende 1-2 dagen, op buurtniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>10k€ < 100 k€	klachten en negatieve publiciteit op wijkniveau	ZL	ZL	L	M	H	ZH
Klein 0,1	1 licht gewonde of zieke	op buurtniveau: wegzettingen en wegzettingen. Gedurende 1-2 uur of op straatniveau: wegzettingen en wegzettingen. Gedurende meerdere uren	1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervulling, verloedering en stankoverlast op.	woongenot is in één buurt ernstig aangetast gedurende 1-2 dagen, op straatniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>1k€ < 10 k€	meerdere klachten in een straat	ZL	ZL	ZL	L	M	H
Verwaarloosbaar 0,01	geen gewonden of zieken	cluster van enkele woningen: wegzettingen en wegzettingen. Gedurende maximaal 1-2 uur	cluster van enkele woningen: 1. delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervulling, verloedering en stankoverlast op.	cluster van enkele woningen: woongenot is enigszins aangetast gedurende 1-2 dagen	< 1k€	individuele klacht	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M

Figuur 2.3 Bepalen risico huidige situatie m.b.v. de effectenmatrix en risicomatrix

In Bijlage B is de effectenmatrix voor Enschede uitgebreid weergegeven. De waarde van het beginrisico van Veiligheid en Gezondheid bedraagt 100, wat staat voor 'ernstig'. Samen met Leefbaarheid particulier terrein vormen ze de maatgevende factoren voor de uiteindelijke classificering van 'zeer hoog', zie Figuur 2.3. Om het risico naar beneden te brengen zullen de maatregelen in elk geval voor een afname van de kernwaarden: Veiligheid en Gezondheid en Leefbaarheid particulier terrein moeten zorgen. Het doel van de gemeente is om het risico het minimaal twee niveaus te verlagen naar 'matig'.

2.3 Data

Voor het verkrijgen van informatie zijn literatuurbronnen gebruikt. Daarnaast is met behulp van besprekingen van het projectteam kennis vergaard. Voor de modellering van de wateroverlast wordt gebruikt van het wateroverlast model voor Enschede van Dekker (2016). Dekker heeft voor de modelweergave van wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat gezorgd. Het rekenmodel houdt rekening met het maaiveld en de riolering die op dit moment aangesloten is. Het rekenmodel is gevalideerd met waarde verkregen van wateroverlast die de gemeente Enschede in het verleden heeft ondervonden, om zo verschil met de werkelijkheid te minimaliseren.

De wateroverlast is berekend met behulp van Vlaamse composietbuizen. De Vlaamse composietbuizen zijn opgesteld om te gebruiken voor het hydrodynamisch modelleren van rioleringsystemen (Williams, 2016). Williams (2016) verklaart dat Vlaamse composietbuizen zich richten op een langere concentratietijden (tijd die druppels nodig hebben om groter te worden en zich tot een bui te vormen) dan de oorspronkelijke 360 minuten, vandaar dat momenteel concentratietijden tot 2 dagen worden toegepast. Hierdoor komen de modelbuizen beter overeen met de werkelijk gemeten waarden.

Bij de probleembeschrijving is door middel van het rekenmodel de wateroverlast in de huidige situatie weergegeven onder buien met verschillende herhalingstijden. Dit verduidelijkt de problemen omtrent water-op-straat in het onderzoeksgebied.

3 Probleembeschrijving

Dit hoofdstuk is gericht op het omschrijven van de wateroverlast in het onderzoeksgebied. Dit betreft zowel huidige als toekomstige situaties. Toekomstige scenario's worden meegenomen door te kijken naar de Klimaatscenario's voor Nederland (KNMI, 2014). Hierin zal 2050 als uitgangspunt genomen worden voor de eventuele toename van neerslag en daarbij behorende toename van water-op-straat. Het beantwoorden van de toekomstige wateroverlast zal later in dit hoofdstuk behandeld worden. Eerst wordt de huidige wateroverlast bij Vlaamse composietbui T=10, bui die eens in de 10 jaar voorkomt met een intensiteit van 36 mm/uur, behandeld voor De Heurne en Oldenzaalsestraat.

Aanzienlijke wateroverlast treedt op vanaf Vlaamse composietbui T=10. De wateroverlast die hierbij ontstaat komt voornamelijk van hoger gelegen gebied (Schepers, et al., 2015). Volgens Dekker (2015) kan het anders inrichten van de Oldenzaalsestraat in combinatie met waterberging wateroverlast beperken. Figuur 3.1 geeft een extreem beeld van de mogelijke wateroverlast in De Heurne. Een modelweergave van de wateroverlast van het risicogebied wordt op de volgende pagina in 'wateroverlast in de huidige situatie' getoond.

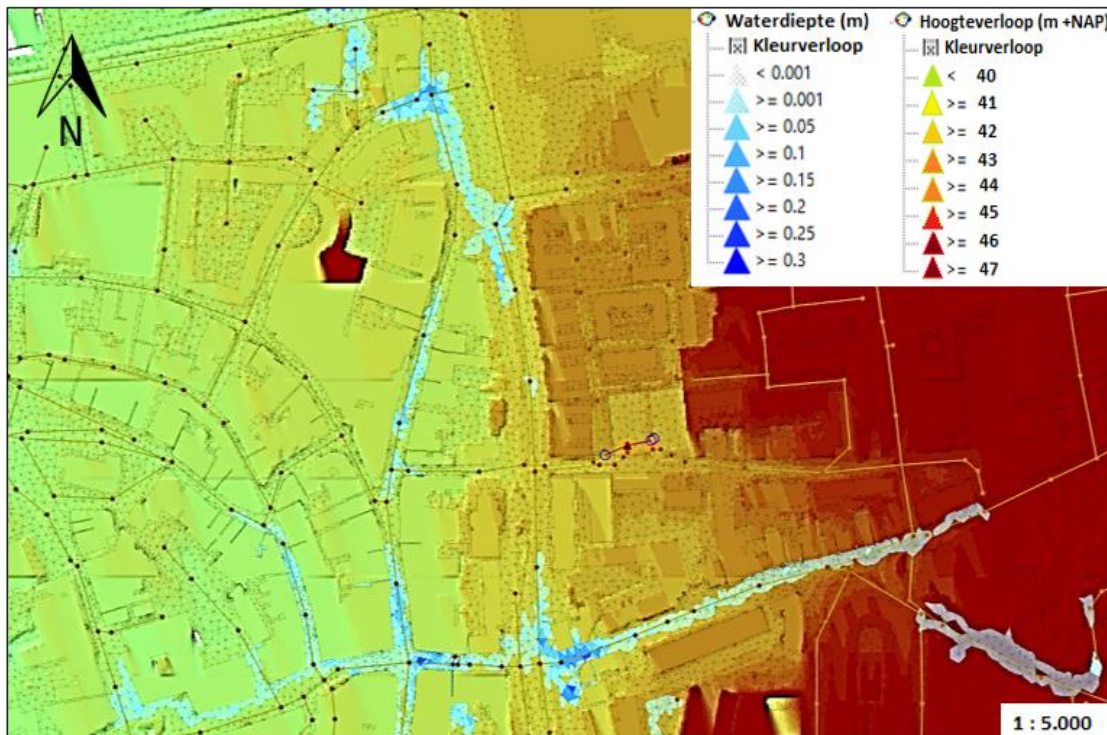


Figuur 3.1 Wateroverlast in De Heurne in 2010 bui met geschatte herhalingstijd van T=200, Enschede (Eenschoten, 2016)

3.1 Wateroverlast in de huidige situatie

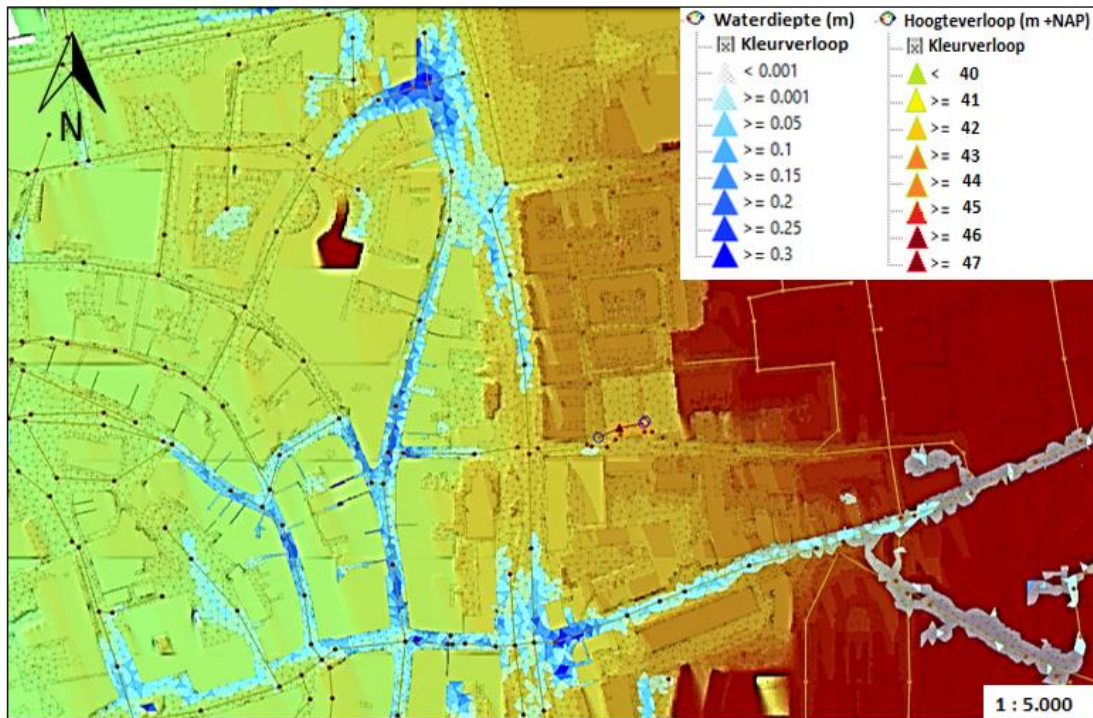
Een overzicht van de mate van wateroverlast bij de herhalingstijden $T=10$, $T=50$ en $T=100$ (op basis van de Vlaamse composietbuizen) is weergegeven in Figuur 3.2 t/m 3.4. Op basis van deze modelweergaven blijft het risico op wateroverlast 'zeer hoog'.

De waterdieptes worden in de afbeeldingen weergegeven in verschillende tinten blauw. Verder is ook het hoogteverloop zichtbaar in de figuren. In het onderzoeksgebied wordt met behulp van het rekenmodel van Dekker (2016) de verwachte wateroverlast tijdens verschillende Vlaamse composietbuizen uitgerekend. De wateroverlast tijdens een $T=10$ bui heeft in de huidige situatie water-op-straat als weergegeven in Figuur 3.2.

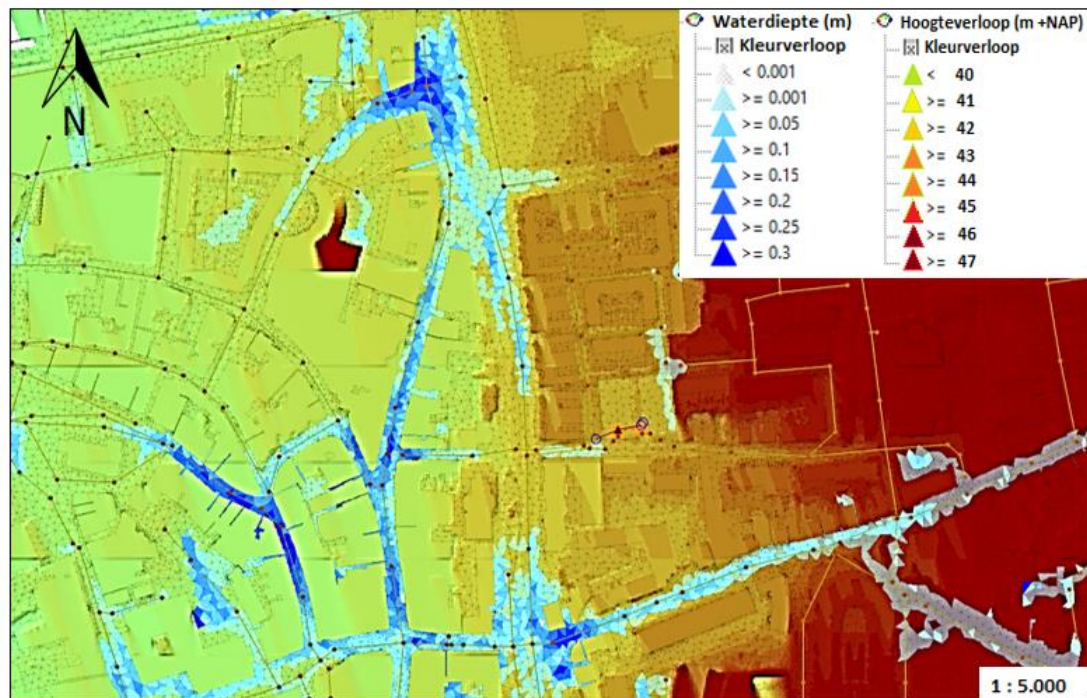


Figuur 3.2 Modelweergave van water-op-straat tijdens bui $T=10$ in de huidige situatie

Het rekenmodel is vervolgens ook gebruikt om de wateroverlast te berekenen voor Vlaamse composietbuizen van $T=50$ en $T=100$, waarbij T de herhalingstijd betreft. De resultaten zijn zichtbaar in Figuur 3.3 voor een bui van $T=50$ en Figuur 3.4 voor een bui van $T=100$.



Figuur 3.3 Modelweergave van water-op straat tijdens bui T=50 in de huidige situatie



Figuur 3.4 Modelweergave van water-op straat tijdens bui T=100 in de huidige situatie

De ernst van de wateroverlast neemt toe naar mate de herhalingstijd hoger is. De situatie met de meeste wateroverlast hoeft niet het maatgevende wateroverlast probleem te zijn. Wateroverlast die relatief gezien vaker voorkomt zal namelijk erger ondervonden worden dan wateroverlast die zelden voorkomt. Om hierin onderscheid te maken wordt de risicomatrix gebruikt.

3.2 Neerslag-extremen

Extreme neerslagintensiteiten nemen in alle vier de scenario's het hele jaar door toe (KNMI, 2014). Dit is het gevolg van de toename van de hoeveelheid waterdamp in de lucht bij een opwarmend klimaat, zie Bijlage D. Williams (2016) zegt dat vooral voor lange concentratietijden er een meer expliciete stijging in extreme neerslag te zien is, waardoor het gebruik van Vlaamse composietbuizen beter toegepast kan worden. De neerslagextremen kunnen door twee meteorologische verschijnselen ontstaan, namelijk passage van fronten die samenhangen met depressies of buien als gevolg van sterke lokale verticale bewegingen in de atmosfeer (KNMI, 2014). Fronten komen vooral voor in de winter en buien in de zomer, maar vaak treden ze ook tegelijk op (KNMI, 2014).

Om de wateroverlast in de toekomst te kunnen beschrijven wordt er gebruik gemaakt van gegevens verkregen uit het KNMI (2014) rapport over de temperatuursverandering en de toename van extreme neerslag. Voor 2030 is deze gegeven en voor 2050 en 2085 is deze te berekenen door de temperatuurverandering te vermenigvuldigen met het gegeven dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming (KNMI, 2014). De uitkomsten zijn in Tabel 3.1 weergegeven. De gevolgen hiervan zijn dat een bui T=10, welke nu gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomt, in 2085 al eens in de 6-8 jaar voor kan komen.

Tabel 3.1 Schatting toename extreme neerslag door klimaatverandering

	Scenario	Basisjaar 1990 (1981-2010)	2030 (KNMI, 2014) (2016-2045)	2050* (2036-2065)	2085* (2071-2100)
Temperatuur verandering	Laag	0 °C	0,5 °C	1 °C	1,5 °C
	Hoog	0 °C	1 °C	2 °C	3,5 °C
Verandering extreme neerslag	Laag	0	5,5%	12%	18%
	Hoog	0	11%	24%	42%

*geschatte waarden op basis van het gegeven dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming (KNMI, 2014)

Uit de klimaatscenario's van het KNMI (2014) blijkt dat de neerslag extremen verder zullen toenemen, zie Bijlage D. Vanwege de risicoklasse 'zeer hoog' moeten de maatregelen minimaal voor twee niveaus verlaging zorgen ('matig' risico), zodat ook in de toekomst bij klimaatverandering het risico onder de norm blijft. Dit is de reden dat de verlaging van twee niveaus vereist is bij gemeente Enschede. De uitkomsten van Tabel 3.1 laten duidelijk zien dat verwachting is dat maatregelen voor De Heurne en Oldenzaalsestraat in de toekomst noodzakelijker worden. De mogelijke maatregelen voor het beperken van deze hemelwateroverlast worden in hoofdstuk 4 behandeld.

4 Screening van maatregelen

In dit hoofdstuk wordt de eerste screening van maatregelen uitgevoerd. Dit betreft het bestuderen van het onderzoeksgebied om vervolgens een schifting te kunnen maken op basis van fysieke eigenschappen van de maatregelen. Om deze eerste screening te maken, is onder andere informatie over de riolering, locatie en ondergrond opgezocht.

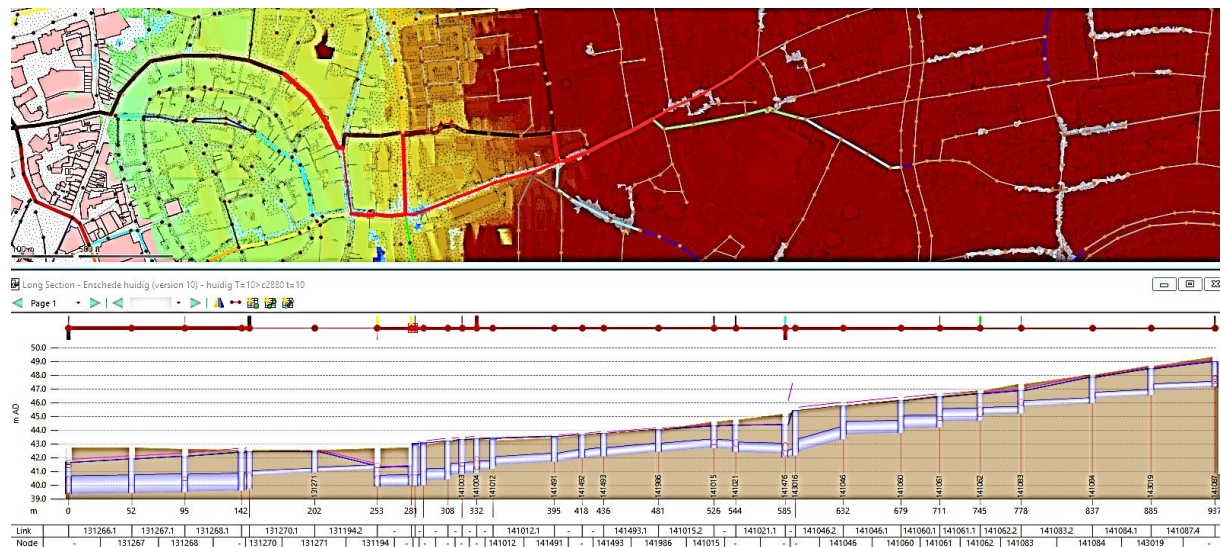
4.1 Screening op basis van riolering

De leeftijd van de riolering is van belang voor het bepalen van de maatregelen. Het vervangen van de riolering is een grote kostenpost en neemt veel arbeidsuren in beslag. Wanneer er gekeken wordt naar Figuur 4.1 is te zien dat het rioolsysteem van de Heurne en Oldenzaalsestraat grotendeels uit 1976 t/m 1980 stamt (licht blauw). Gemiddeld wordt na 70 jaar functioneren de riolering vervangen (Gemeente Enschede, 2015). Het huidige rioolsysteem in De Heurne en Oldenzaalsestraat ligt er ongeveer 40 jaar en is nog niet aan vervanging toe. Het nieuwe beleid van de gemeente zorgt ervoor dat de riolering alleen vervangen wordt wanneer deze niet meer naar behoren functioneert (Gemeente Enschede, 2015). Dit zorgt ervoor dat de gemiddelde leeftijd waarop een riool aan vervanging toe is steeds hoger zal zijn.



Figuur 4.1 Riolering van De Heurne en Oldenzaalsestraat met daarbij weergegeven bouwjaar, Enschede

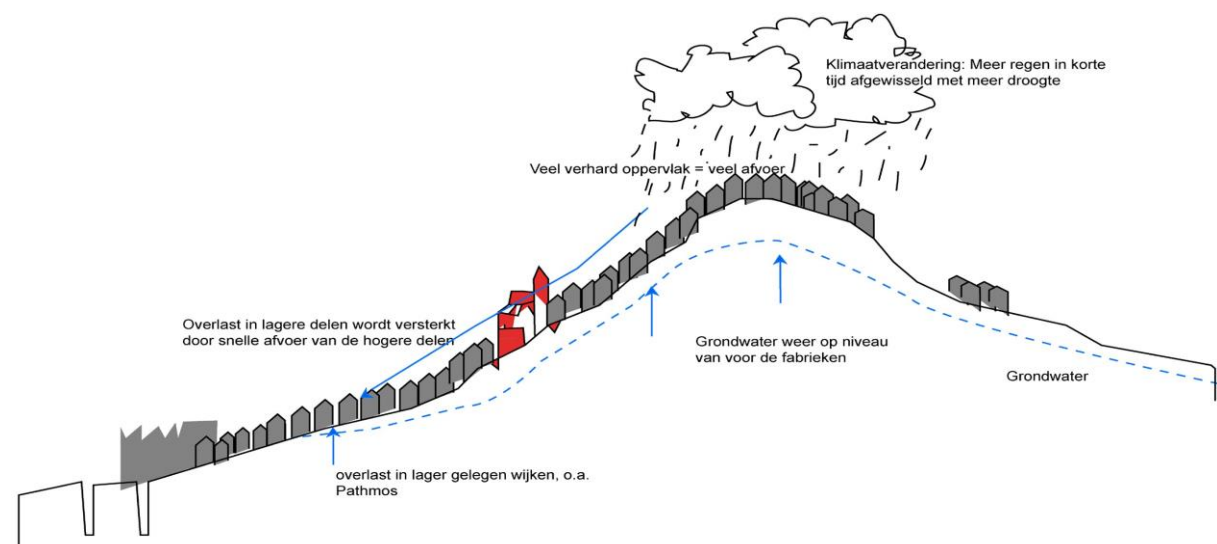
In het rekenmodel wordt het riolsysteem gemodelleerd als weergegeven in Figuur 4.2. De rode lijn geeft hierin de ligging van het belangrijkste deel van het rioolstelsel weer. De afbeelding toont zowel de doorsnede van de riolering als het hoogteverloop in het onderzoeksgebied.



Figuur 4.2 Lengteprofiel van model riolering voor bui T= 10 huidige situatie

4.2 Screening op basis van locatie en ondergrond

“In de voorlaatste ijstijd, het Saalien (200.000 tot 125.000 jaar geleden) werd Enschede bedekt door landijs. Lagen klei en zand die in het Tertiair waren gevormd werden opzij gedrukt en werden als grote schubben dakpansgewijs over elkaar heen gestapeld. Op deze manier is de stuwwal van Enschede ontstaan. In deze periode is keileem bestaande uit een mengsel van keien, grind, zand en leem in het gebied afgezet” (Schepers, et al., 2015). Deze laag is voor water slecht doorlatend, maar is vaak met een laag zand bedekt. Hierdoor is infiltratie in het onderzoeksgebied mogelijk, maar slecht tot een bepaalde diepte afhankelijk van deze zandlaag.



Figuur 4.3 Ontstaan wateroverlast in Enschede (Eenschoten, 2016)

Figuur 4.3 toont de ligging van Enschede aan een stuwwal en geeft daarbij het ontstaan van wateroverlast weer. Over het algemeen kan gesteld worden dat op de stuwwal in het oosten van Enschede het hemelwater in de bodem infiltreert, zie Figuur 4.3. Een deel van dit water stroomt af als freatisch grondwater. De rest dringt door de slecht doorlatende laag heen en komt uiteindelijk in het dieper watervoerend pakket terecht (Schepers, et al., 2015). Water dat op hogere gelegen delen is geïnfilteerd heeft een hogere stijghoogte. Hierdoor is er drukverschil en treedt het diepe grondwater onderaan de stuwwal als kwel op (Schepers, et al., 2015). Het gevolg is dat het water zich in het centrum verzamelt, maar het achterliggende probleem ligt bovenstreams. Met het infiltreren van hemelwater in het onderzoeksgebied moet rekening gehouden worden dat dit slechts in beperkte mate kan en soms aanpassing van de ondergrond nodig is.

4.3 Niet toegepaste maatregelen

De eerste screening die plaatsvindt betreft de toepasbaarheid van maatregelen. Sommige maatregelen zijn namelijk simpelweg niet mogelijk in het onderzoeksgebied. Denk hierbij aan de riolering die nog lang niet aan vervanging toe is of de ondergrond welke diepinfiltratie belemmerd. Daarnaast is er in het onderzoeksgebied geen oppervlaktewater aanwezig of een locatie om dit op grote schaal te creëren (Googlemaps, 2016). In Tabel 4.1 worden de niet toepasbare maatregelen weergegeven met een korte beschrijving, waarom deze niet goed toepasbaar zijn voor het beperken van wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat.

Tabel 4.1 Screening van maatregelen

Maatregel	Uitleg niet toepasbaar in het onderzoeksgebied
Afkoppelen bestaand verhard oppervlak	Het onderzoeksrapport Afkoppelstrategie Enschede van Schepers et al., (2015) betreft een strategie over hoe om te gaan met grond- en regenwater voor gebieden met een gemengd rioolstelsel. Echter bestaan in het onderzoeksgebied geen goede mogelijkheden tot het uitvoeren van deze afkoppelstrategie. *
Diepinfiltratie	Mogelijk indien toegepast op een diepte van minimaal 80 meter door de grote leemlaag onder Enschede. Echter ontstaan hierbij problemen met grondwaterwinning in dit gebied. *
Drempels voor winkelpanden	Drempels zijn een mogelijkheid, maar winkeliers willen deze niet. Zij vinden het belangrijker dat klanten met een rolstoel of rollator tijdens dagelijkse inkopen geen problemen ondervinden door drempels. *
DT-riool	Drainage transport heeft weinig toegevoegde waarde, er is geen grondwater problematiek in het onderzoeksgebied. (Gemeente Enschede, 2012)
Groene daken	Op de locatie waar deze het best toepasbaar zijn worden al plannen voor uitgewerkt, dit betreft het polaroid terrein. Voor particulieren huishoudens is er nauwelijks interesse, bovendien zal het een zeer groot project worden, waarbij zelf de dakconstructies van huizen getest moet worden. *
Hemelwater vertragen d.m.v. versperringen op de weg	Drempels liggen er definitief, terwijl grote wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat slechts een herhalingstijd van eens in de 10 jaar heeft. (Dekker, 2015)
Infiltratie kratten	Kleinschalig en beter toe te passen voor particulieren, voor grootschalige toepassing is watershell beter alternatief. Tevens weinig toegevoegde waarde voor infiltratie transport. De ondergrond van Enschede heeft een leemlaag, wat infiltratie op grote schaal lastig maakt. *
IT-riool	
Oppervlaktewater	Geen oppervlaktewater beschikbaar in het onderzoeksgebied, in dit stedelijk gebied is tevens geen mogelijkheid tot het creëren van oppervlaktewater. (Googlemaps, 2016)
Overstorten	In het betreffende onderzoek is geen oppervlaktewater en dus ook geen ruimte voor overlaat. (Googlemaps, 2016)
Profiel aanpassing Heurne	De Heurne betreft een winkelstraat waarvan de drempels van winkelpanden zich op straat hoogte bevinden. Als gevolg hiervan betekent water-op-straat ook gelijk water in de winkel. Het verlagen van de straat kan slechts enkel centimeters door de riolering en andere buizen die vlak onder de bestrating bevinden.*
Putten knevelen	Is een mogelijkheid, maar lost alleen het probleem van opdrijvende putdeksels op. Het knevelen brengt ook weer andere problemen met zich mee.*
Retentiegebieden	Het onderzoeksgebied bevindt zich midden in de stad en er is geen ruimte voor een retentiegebied. (Googlemaps, 2016)
Riool vergroten	Zeer grote investering voor nodig en beperkt effect, stroomt verderop vast in riolering. Er bestaat wel de mogelijkheid om rioolverbreding toe te passen voor vervoer naar b.v. een bergbezinkbassin. *
RWA-riool	In het onderzoeksgebied ligt een gemengd rioolstelsel. De aanleg van RWA-riool vraagt aanpassing en afsluiten van de riolering, wat voor het onderzoeksgebied niet van toepassing is aangezien het rioolstelsel pas 40 jaar oud is. (Gemeente Enschede, 2015*)
Verkeersmaatregelen Oldenzaalsestraat	Probleem met de winkels in De Heurne wordt nu niet aangepast, veel schade en ongenoegen. De wateroverlast in dit gebied zullen aangepast moeten worden aangezien extreme neerslag in de toekomst alleen maar zal toenemen. (KNMI, 2014)
Waterdoorlatende verharding	Klinkers voor de Oldenzaalsestraat zijn niet gewenst. De Oldenzaalsestraat betreft een hoofdweg welke voorzien moet zijn van asfalt verharding.*

*Informatie gewonnen uit expertmeetings

5 Toepasbare maatregelen

In dit hoofdstuk is gekeken naar de toepasbaarheid van maatregelen in het onderzoeksgebied. Hierbij wordt onder andere aandacht besteed aan beschikbare ruimte/locaties, mogelijkheden tot afvoeren naar oppervlaktewater. De toepasbare maatregelen zijn in dit hoofdstuk verder uitgewerkt. Daarnaast wordt er door middel van de kernwaarden van de gemeente begonnen met het onderscheid te maken tussen de doelmatigheid van de maatregelen. In Tabel 5.1 is kort samengevat welke maatregelen in dit hoofdstuk behandeld worden.

Tabel 5.1 Samenvatting toepasbare maatregelen

Toepasbare maatregelen	
Oorzaak aanpakken	
Bergbezinkbassin	Vaak toegepaste maatregel waardoor veel kennis over werking, efficiëntie en kosten beschikbaar is. Mogelijk op locaties met ruimte onder de grond, denk aan parkeerplaatsen en groenvoorzieningen, zie Figuur 5.1
Stadsbeek	De Stadsbeek wordt voor een deel al aangelegd vanaf het Twentekanaal tot aan het Volkspark (Projectteam Stadsbeek, 2015). Voor het tweede deel is kennis van de afvoercapaciteit noodzakelijk.
Wadi	In verschillende groottes en locaties toepasbaar. Kost relatief gezien veel oppervlak voor waterberging. (Eenschoten, 2016)
Waterplein	Enkele locaties geven hiervoor toepassing (zichtbaar in Bijlage F). De toepassing van een waterplein brengt echter wel de nodige kennis van de ondergrond.*
Watershell	Mogelijk onder wegdek als de Oldenzaalsestraat, door de grote ruimtes tussen de watershellblokken is het mogelijk om bestaande ondergrondse infrastructuur grotendeels te laten liggen. (Waterblock BV, 2016)
Gevolg aanpakken	
Tijdelijke schotten voor winkelpanden	Mogelijk, echter de vraag is of de wateroverlast voldoende wordt voorkomen naar de vereiste 2 niveaus van de gemeente.*

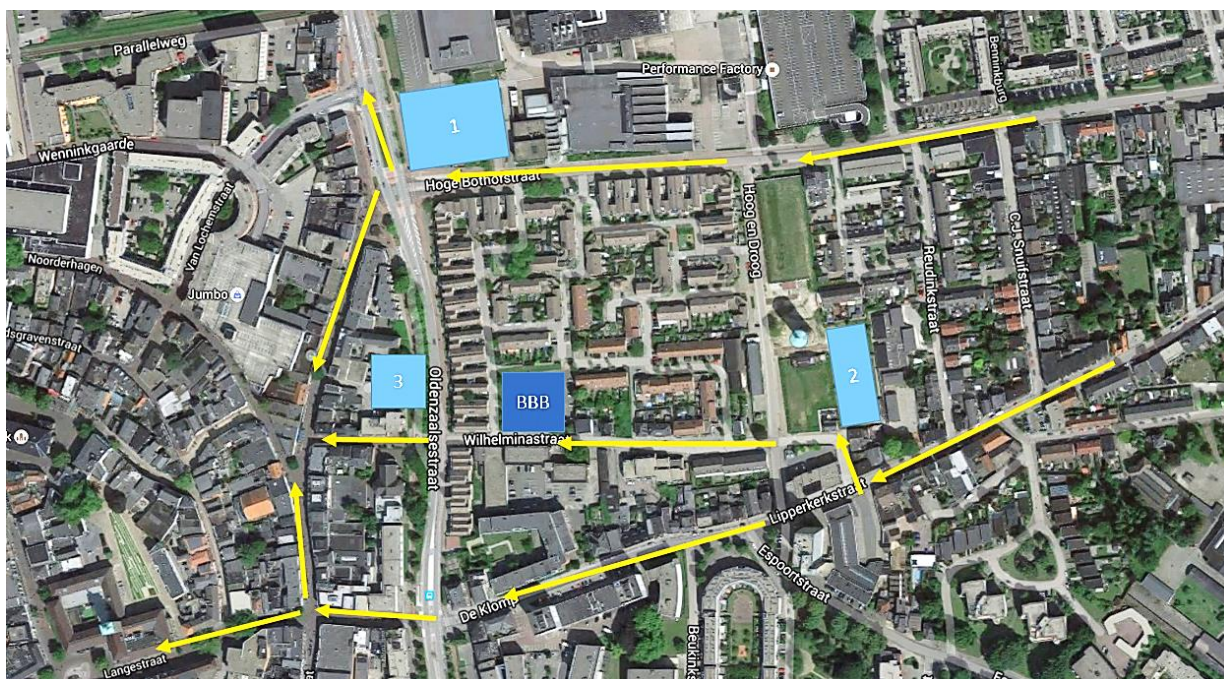
*Informatie gewonnen uit expertmeetings

Om wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat aanzienlijk te verminderen is gebleken uit het rekenmodel van Dekker (2016) dat 7000 m³ aan waterberging nodig is om het overige hemelwater op te vangen. Voor het toepassen van de maatregelen wordt er van deze 7.000 m³ aan waterberging, tenzij deze hoeveelheid berging door een maatregel niet mogelijk wordt geacht.

5.1 Bergbezinkbassin

Een bergbezinkbassin (BBB) is een overdekte betonnen constructie waarin het overstortwater wordt opgevangen. De werking berust op twee principes een bergingsfunctie en vuilreductie door bezinking (Kraker, Augustijn, & Wolf, 2004). Bij een bergbezinkbassin wordt het geborgen rioolwater na de bui afgevoerd naar de zuiveringsinstallatie.

Figuur 5.1 geeft een duidelijk beeld over hoe het water-op-sstraat (oranje pijlen) zich verplaatst binnen het onderzoeksgebied De Heurne en Oldenzaalsestraat. Deze gegevens zijn verkregen door het analyseren van een kort filmpje van het rekenmodel van Dekker (2016) van de waterlast in het onderzoeksgebied. In donkerblauw is de huidige bergbezinkbassin aan de Wilhelminastraat aangegeven, deze ligt onder de parkeerplaats. In lichtblauw zijn de mogelijke locaties voor bergbezinkbassins in het onderzoeksgebied weergegeven. De voorkeur gaat uit naar grote bassins aangezien de kosten relatief per kubieke meter minder zijn. Verder speelt de locatie een grote rol, voor zowel het bergen van hemelwater als de kosten voor aanleg.



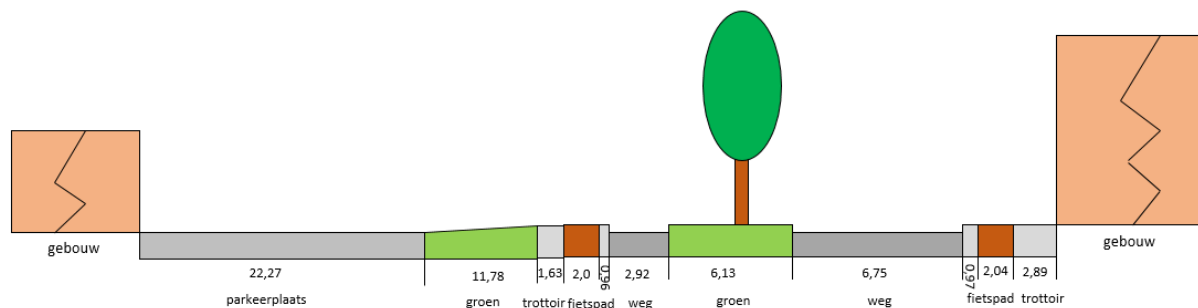
Figuur 5.1 Mogelijke locaties in het onderzoeksgebied voor de plaatsing van een bergbezinkbassin, inclusief stromingsrichting water-op straat na hevige buien

Tabel 5.2 geeft het potentieel oppervlak van de verschillende locaties weer. Deze is bepaald door met het oppervlak met Googlemaps (2016) te meten, waarbij er minimaal een meter afstand van eventuele gebouwen genomen is.

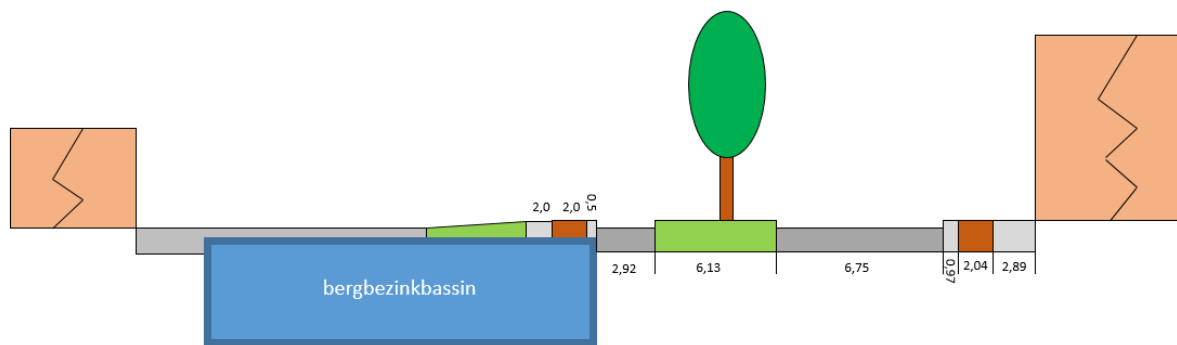
Tabel 5.2 Potentieel oppervlak voor plaatsing bergbezinkbassin

Locatie bergbezinkbassin	Potentieel oppervlak
Locatie 1	3600 m ²
Locatie 2	1900 m ²
Locatie 3	1200 m ²

In Figuur 5.2 is het huidige profiel van de Oldenzaalsestraat te zien, hierbij is een doorsnede genomen ter hoogte van de Wilhelminastraat. In Figuur 5.3 is vervolgens het nieuwe profiel weergegeven, wanneer er op die locatie een bergbezinkbassin geplaatst wordt. Het profiel van de Oldenzaalsestraat blijft onveranderd en slechts het fiets- en voetpad samen met de parkeerplaats moet voor het plaatsen van een bergbezinkbassin aangepast worden.



Figuur 5.2 Doorsnede huidige profiel Oldenzaalsestraat ter hoogte van de Wilhelminastraat, Enschede



Figuur 5.3 Nieuwe profiel Oldenzaalsestraat met bergbezinkbassin op locatie 3, Enschede

5.1.1 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.3 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo gaat kernwaarde veiligheid en gezondheid van 'ernstig' naar 'klein', door minder water op de straten en het voorkomen van oprijvende putdeksels.

Tabel 5.3 Verandering in score op de kernwaarden voor de aanleg van 7000 m³ aan BBB

Maatregel BBB	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1170

5.1.2 Schatting kosten

Voor kosten van BBB kan er gerekend met het kerngetal van 1.000 m³ berggen kost 1 miljoen euro (Bouwformatie, 2016). Echter door de volle bebouwing en het groot aantal leidingen en andere infrastructuur komen hogere kosten uit de nota van de Stadsingenieurs. De investeringskosten zouden 20.100.000 euro bedragen voor 12.000 m³ aan waterberging (Eenschoten, 2016). Bij deze kost zit het vervangen van de Oldenzaalsestraat wel inbegrepen. De 12.000 m³ waterberging komt van de eerste schatting vanuit de gemeente op basis van het bovenstrooms verhard oppervlak. Wanneer er van 7.000 m³ aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 11,7 miljoen euro zijn..

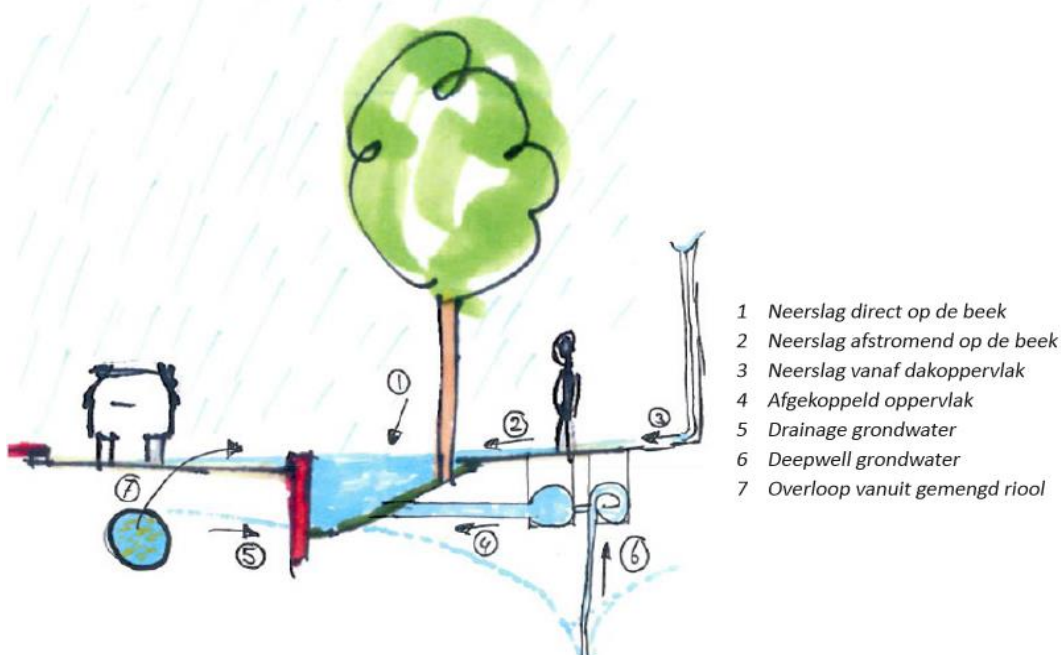
5.2 Stadsbeek

Een stadsbeek houdt in dat er een beek door de stad loopt welke zoveel mogelijk het oorspronkelijke tracé van waterwegen volgt (Projectteam Stadsbeek, 2015). De aanleg van het eerste deel van de Stadsbeek vindt in 2016 plaats. In dit onderzoek zal er tevens gekeken worden naar de eventuele belangen en mogelijkheden voor de aanleg van het tweede deel van de Stadsbeek. Figuur 5.4 laat de mogelijkheden zien van het verlengen van tracé Westerval (Stadsbeek) voor bovengronds afvoeren van hemelwater vanuit de Oldenzaalsestraat. Aan de aanleg van het 1e deel van de Stadsbeek kan begonnen worden. Van het 2e deel van de Stadsbeek ligt het tracé en de komst nog niet vast, zie stippellijn Figuur 5.4.



Figuur 5.4 Voorgestelde ligging Stadsbeek (Dekker, 2015), met risicogebied De Heurne en Oldenzaalsestraat, Enschede

Door de middel van de stadsbeek wordt getracht hemelwater af te voeren en zo water-op straat te voorkomen. Figuur 5.5 geeft de werking van een stadsbeek weer. Om een beter idee te krijgen over de gebruik van een stadsbeek wordt Project Stadsbeek nader toegelicht in Bijlage E.



Figuur 5.5 Werking Stadsbeek, Enschede (Projectteam Stadsbeek, 2015)

Voor de aanleg van de beek moet er een groot stuk grond uitgegraven worden. De voornaamste kosten zullen echter zitten in de ondergrondse delen. Hiervoor zullen een groot aantal duikers aangelegd moeten worden. De nieuwe beek die wordt aangelegd heeft een lengte van ongeveer 2300 meter met een gemiddelde doorsnede van 4 m². De aanleg van de beek zorgt ervoor dat enkele woningen slechter bereikbaar zijn. Om dit te voorkomen worden er bruggen voor fietsers en voetgangers aangelegd, zodat de woningen goed bereikbaar blijven.

Het eerste deel van de stadsbeek zal een grotere doorsnede noodzakelijk zijn, omdat de geplande doorsnede niet ook nog het hemelwater van De Heurne en Oldenzaalsestraat kan afvoeren (Projectteam Stadsbeek, 2015). Hier zullen de meeste problemen ook ontstaan en maken de uitvoering van een tweede van de stadsbeek zeer ingewikkeld.

5.2.1 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.4 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo gaat kernwaarde bereikbaarheid van 'aanzienlijk' naar 'matig', door minder water op de straten.

Tabel 5.4 Verandering in score op de kernwaarden bij de aanleg van het tweede deel van de Stadsbeek

Maatregel Stadsbeek	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	10	1	0,1	1	0,1	1	900

5.2.2 Schatting kosten

Het schatten van de kosten voor de aanleg van een tweede deel van de Stadsbeek zijn moeilijk in te schatten. Dit komt mede doordat het bestaande deel van de stadsbeek al aan zijn afvoercapaciteit zit. Hierdoor zal het bestaande tracé in dimensionering aangepast moeten worden. Tevens ontstaan bij het aanleggen van het nieuwe tracé vele vraagstukken. Hierbij kan gedacht worden aan liggende leidingen van gas, riool en water, maar ook aan de ruimte voor een beek in dit volgebouwde gedeelte van Enschede. De kosten zijn gebaseerd op mogelijkheid tot aanleggen en is een persoonlijke grove schatting van 9 miljoen euro, naast het feit dat de stadbeek benedenstroom vele aanpassingen nodig heeft om het water te kunnen vervoeren.

5.3 Wadi

Het gebruik van wadi's kan wateroverlast verminderen en is tevens gedurende de rest van het jaar een groene zone in een drukke stad als Enschede. Een voorbeeld van hoe wadi eruit kan zien is gegeven in Figuur 5.6, deze wadi ligt in de wijk Ruwenbos. Om de wateroverlast in het onderzoeksgebied enigszins op te kunnen lossen, zal bij gebruik van enkel wadi's deze over de gehele Oldenzaalsestraat toe worden gepast.

Het aanbrengen van wadi's betekent dat het profiel van de Oldenzaalsestraat aangepast moet worden. Hierbij wordt er meer ruimte voor groen gecreëerd en speelt de berging van hemelwater een zichtbare rol. De wadi's zullen lopen vanaf de spoorwegovergang tot aan Boulevard 1945. Deze optie is door Marina Eenschoten van afdeling ontwerpen vormgegeven, te zien in Figuur 5.7. Zij heeft hierbij alle beschikbare ruimte voor wadi's ingedeeld en hierbij gekeken naar de hoeveelheid water dat geborgen kan worden (Eenschoten, 2016).

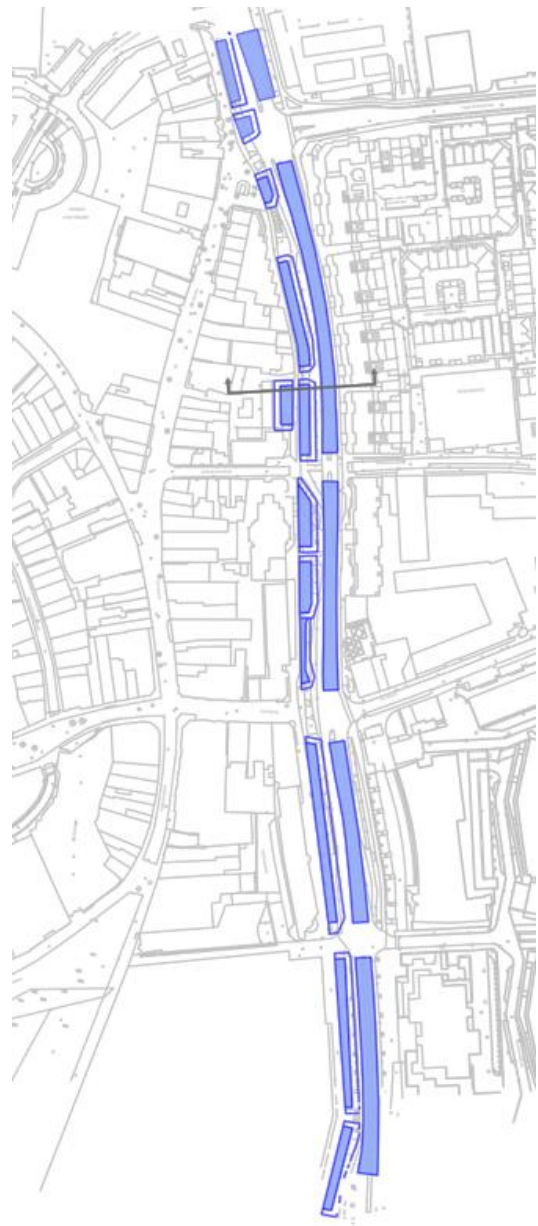
Het toepassen van wadi's alleen zal de wateroverlast niet voldoende verminderen. Dit komt voornamelijk door de matige infiltratie en de lastige opgave om het hemelwater naar de wadi's te verplaatsen. Zo is er de mogelijkheid om wadi's te combineren met het opslaan van water onder de weg met behulp van watershell. Dit wordt later in hoofdstuk 5.5 beschreven.

5.3.1 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.5 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo gaat kernwaarde leefbaarheid openbare ruimte van 'matig' naar 'klein', door minder water in de wijk.



Figuur 5.6 Wadi in Ruwenbos, Enschede



Figuur 5.7 Ontwerp wadi's langs Oldenzaalsestraat, Enschede (Eenschoten, 2016)

Tabel 5.5 Verandering in score op de kernwaarden bij het aanleggen van 7.000 m³ aan waterberging d.m.v. van wadi's

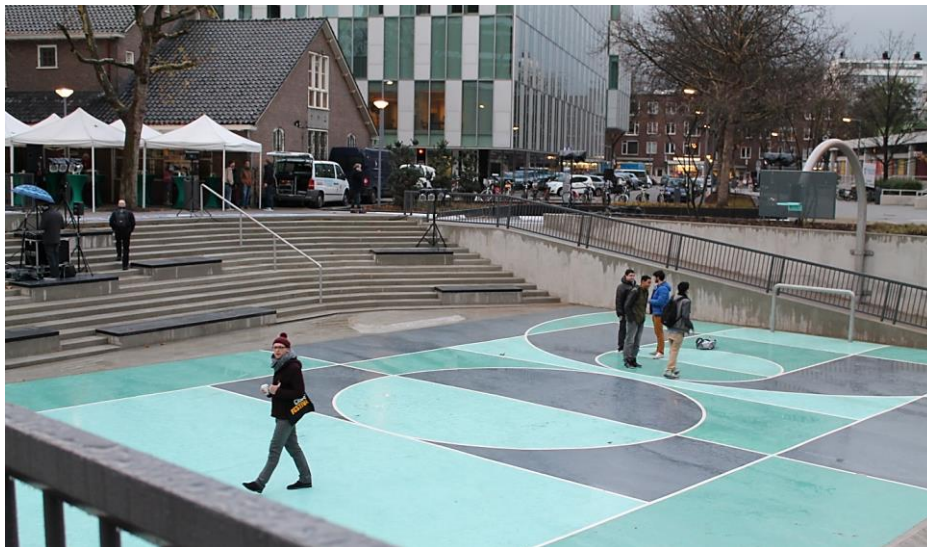
Maatregel Wadi	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	540

5.3.2 Schatting kosten

Voor het bepalen van de kosten is gebruik gemaakt van de nota van de Stadsingenieurs. In De investeringskosten worden 9.290.000 euro geschat voor 12.000 m³ aan waterberging (Eenschoten, 2016). Hierbij moet wel genoteerd worden dat het straatprofiel van de Oldenzaalsestraat wordt aangepast en het vervangen en watershell is toegepast. Dit aangezien het toepassing van enkel wadi's niet mogelijk wordt geacht om aan 7.000 m³ waterberging te komen. Wanneer er van 7.000 m³ aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 5,4 miljoen euro zijn.

5.4 Waterplein

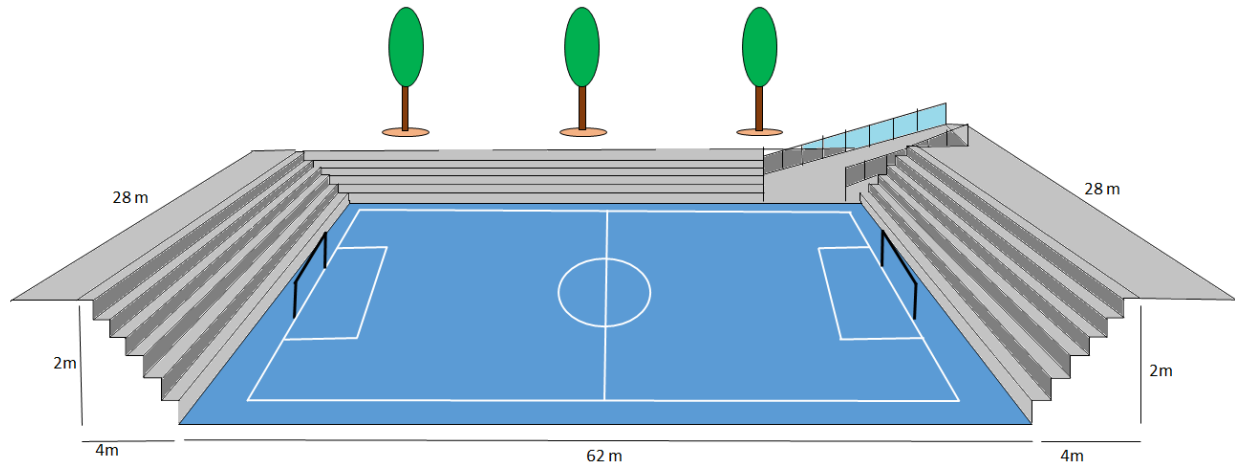
Een andere mogelijkheid voor het bergen van hemelwater is het plaatsen van een waterplein. Het idee hierachter is dat het plein gebruikt kan worden voor sport en recreatie. Wanneer er een zeer hevige bui plaatsvindt zal dit waterplein vol lopen met water van de straten. Het plein zorgt voor waterberging en voorkomt daarmee water-op-s straat elders in het onderzoeksgebied. Het idee van een waterplein is al uitgevoerd in Rotterdam, bij het Benthemplein, zie Figuur 5.8.



Figuur 5.8 Waterplein Benthemplein, Rotterdam

Voor het maken van een waterplein in het onderzoeksgebied zijn twee potentiële locaties gevonden. De eerste mogelijkheid voor een waterplein bevindt zich bij de watertoren en geeft ruimte voor een sportveld, zie het ontwerp in Figuur 5.9. De tweede bevindt zich bij de kruising tussen De Klomp en de Beukinkstraat en geeft ruimte voor een klein Romeins theater. De exacte locatie en oppervlakte is te vinden in Bijlage F. De locatie voor het sportveld bevindt zich naast de Openbare basisschool de Bothoven. Op de huidige locatie ligt een grote zandvlakte met daarop een voetbalveldje. Dit komt mede door de plannen om van de omgeving rond de Watertoren een park te maken. Het terrein is echter eigendom van de basisschool en zal dus gekocht moeten worden door de gemeente.

Een waterplein zal op deze locatie een mooie toevoeging voor de sportieve activiteiten en tijdens hevige buien, wanneer kinderen binnen zijn, ook voor waterberging zorgen. Na een stortbui zal het waterplein wel gereinigd moeten worden van achtergebleven vuil. De totale waterberging van het sportveld zal ongeveer 3200 m³ bedragen.

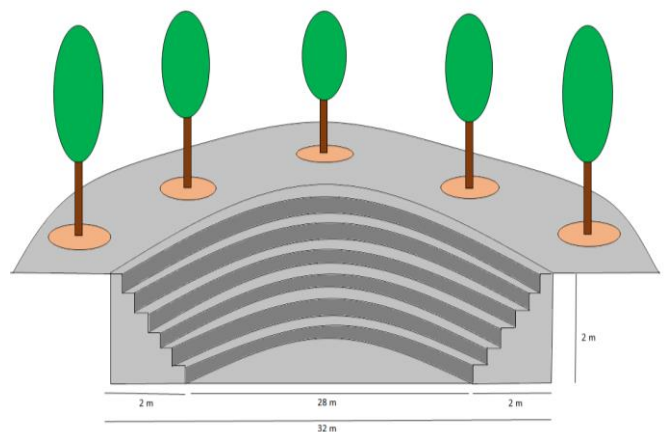


Figuur 5.9 Ontwerp sportveld als waterplein bij basisschool de Bothoven, Enschede

Bij een Romeins theater wordt er gedacht aan Figuur 5.10. Dit is uiteraard niet mogelijk om te plaatsen op de gekozen locatie. Het klein Romeins theater zal er naar verwachting uit zien als in Figuur 5.11. Hierbij zal er tijdens droog weer door kinderen voorstellingen gehouden kunnen worden of kan er gespeeld worden op het pleintje. Tijdens hevige neerslag zal water-op-straat verminderd worden, doordat dit in de kuil stroomt en hiermee helpt om tijdelijk water te bergen. Wanneer de bui voorbij is zal het water via de riolering naar de RWZI worden afgevoerd. De totale berging bedraagt ongeveer 800 m³.



Figuur 5.110 Romeins theater in Bosra, Syrië



Figuur 5.101 Ontwerp klein Romeins theater aan de Klomp, Enschede

5.4.1 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.6 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo gaat kernwaarde leefbaarheid particuliere ruimte van 'ernstig' naar 'matig', door minder water in woningen en winkelpanden.

Tabel 5.6 Verandering in score op de kernwaarden bij de aanleg van 4.000 m² aan waterberging d.m.v. waterpleinen

Maatregel Waterplein	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	10	1	0,1	1	1	1	600

5.4.2 Schatting kosten

Het bepalen van de kosten voor het aanleggen van een waterplein is een lastige opgave. Het idee bestaat pas kort en er zijn nog geen kostenramingen van te vinden. Een aantal factor zijn erg van invloed op de prijs en mogelijkheid tot plaatsen namelijk, de ondergrond en de grondwaterstand voor het eventuele gevaar van opdrijving. Voor het nader bepalen van de kosten zal extra onderzoek op de locatie moeten worden uitgevoerd. Om toch een schatting te kunnen maken is het ervan uitgegaan dat de kosten 1,5 miljoen euro per 1000 m³ waterberging (1,5 keer BBB) zijn wat een totaalbedrag van 6 miljoen geeft.

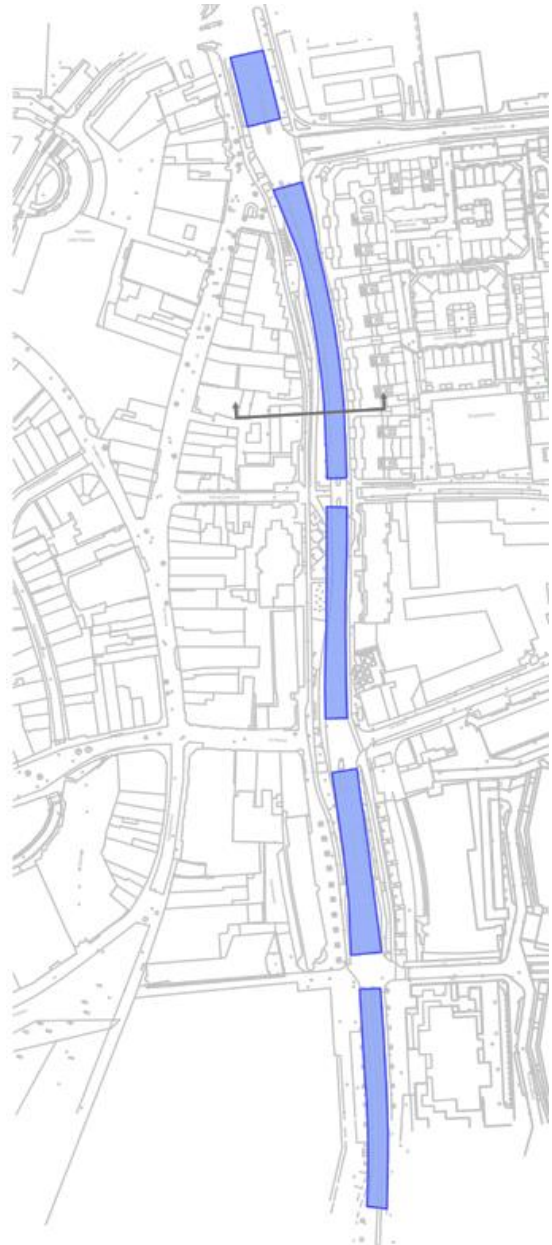
5.5 Watershell

Watershell betreft een draagkrachtig fundering van ophoogmateriaal (b.v. beton) om water onder te kunnen bergen (Waterblock BV, 2016). Het toepassen van watershell onder de weg wordt enkel gedaan wanneer besloten wordt de Oldenzaalsestraat aan te passen. Dit aangezien de watershell onder weg komt te liggen en deze helemaal opengebrouwen moet worden en hier grote kosten bij komen kijken. De watershell zal op de volgende locaties onder de weg komen te liggen, zichtbaar in Figuur 5.12.

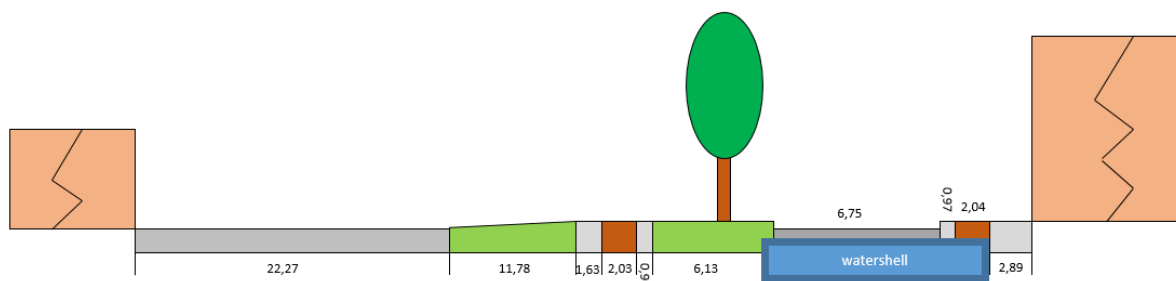
Het gehele straatprofiel van de Oldenzaalsestraat vanaf de spoorweg tot aan de Boulevard 1945 krijgt watershell onder de weg. Hierbij zijn de kruispunten wel uitgesloten, aangezien het aanbrengen van watershell op deze locaties een hogere investering vergt. Om een impressie te krijgen van het straatbeeld is in Figuur 5.15 een doorsnede van het nieuwe straatprofiel te zien. Hierin is ook zichtbaar dat de watershell naast de weg ook deel onder het fietspad loopt. De geschatte breedte voor dit ontwerp bedraagt namelijk 8 meter om zo meer water te kunnen bergen.

Het gebruik van watershell voor het bergen van hemelwater heeft de volgende voordelen (Waterblock BV, 2016):

- Inspecteerbaar
- Reinigbaar
- Besparing op beton
- Hoge draagkracht
- Eenvoudig aan te leggen



Figuur 5.12 Ontwerp ligging watershell onder de Oldenzaalsestraat, Enschede (Eenschoten, 2016)



Figuur 5.15 Nieuwe profiel Oldenzaalsestraat met watershell onder de weg

5.5.1 Waterbergingskelder

Naast het gebruik van watershell onder de weg is het ook mogelijk een waterbergingskelder aan te brengen. Een voorbeeld hiervan is aan de Voorsweg in Roombeek, Enschede. De enige locatie die hiervoor in aanmerking zou komen is het terrein bij de Watertoren van de Openbare basisschool de Bothoven. Dit is dezelfde locatie als het waterplein als sportveld eerder beschreven.

5.5.2 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.7 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo gaat kernwaarde financiën van 'matig' naar 'klein', door de afname van waterschade.

Tabel 5.7 Verandering in score van de kernwaarden met 7.000 m³ waterberging d.m.v. watershell onder de Oldenzaalsestraat

Maatregel Watershell	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	600

5.5.3 Score maatregel op de criteria

Voor het bepalen van de kosten is gebruik gemaakt van de nota van de Stadsingenieurs, de investeringskosten zouden 10,4 miljoen euro bedragen voor 12.000 m³ aan waterberging (Eenschoten, 2016). Wanneer er van 7.000 m³ aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 6 miljoen euro zijn. Hierbij moet wel genoteerd worden dat het straatprofiel van de Oldenzaalsestraat wordt aangepast en vervangen.

5.6 Tijdelijke schotten voor winkelpanden

Naast het nemen van maatregelen om de kans op wateroverlast te verminderen is het ook mogelijk om deze te accepteren en de gevolgen te verminderen. Risico is immers kans maal gevolg. Het plaatsen van tijdelijke schotten voor de winkelpanden is hier een goed voorbeeld van. De schotten worden geplaatst wanneer er dreiging is van wateroverlast en kunnen daarna weer verwijderd worden, zodat er geen verdere last wordt ondervonden. Een schot bestaat uit een of meerdere boven elkaar geplaatste panelen. Een schot kan voor een opening (oprit, poort, deur, raam) geplaatst worden om te voorkomen dat er daar water naar binnendringt. In De Heurne gaat het voornamelijk om deuropeningen, de lage waterstand maakt het niet nodig om ook voor ramen deze schotten te plaatsen. Bij hogere waterstanden zal het water naar andere delen van de stad verplaatsen.

Voor tijdelijke schotten gelden volgende algemene opmerkingen:

(Vlaamse Milieumaatschappij, 2015)

- Wateroverlast valt niet altijd te voorspellen, zodat je de schotten soms niet tijdig kunt plaatsen.
- De winkeleigenaren moeten weten op welke manier de schotten aangebracht moeten worden.
- Ook als de schotten goed geplaatst zijn, kan er altijd nog wat water doorsijpelen, afhankelijk van de waterhoogte en de duur van de wateroverlast.



Figuur 5.136 Deurschot met inklemsysteem (Vlaamse Milieumaatschappij, 2015)

Voor het winkelgebied De Heurne zijn er twee soorten schotten het best toepasbaar, namelijk deur- en raamschotten met een inklemsysteem en deur- en raamschotten op aanslagrails (Vlaamse Milieumaatschappij, 2015).

5.6.1 Score maatregel op de criteria

Voor het beoordelen van de maatregelen wordt de verandering ten opzichte van de huidige situatie vergeleken. Hierbij is het van belang dat de maatregel zorgt voor een verlaging van de maatgevende kernwaarden: veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein. De verandering van de kernwaarden zijn te vinden in Tabel 5.8 deze zijn bepaald door middel van de effectenmatrix in Tabel 2.2. Zo blijft kernwaarde imago 'matig' aangezien winkeliers in Enschede geen genoeg zullen nemen met afschermen van winkels voor water.

Tabel 5.8 Verandering in score op de kernwaarden bij de plaatsing van tijdelijke schotten

Maatregel Schotten	Kernwaarden						
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein			
Voor	100	10	1	100	1	1	0
Na	100	10	1	1	0,1	1	20

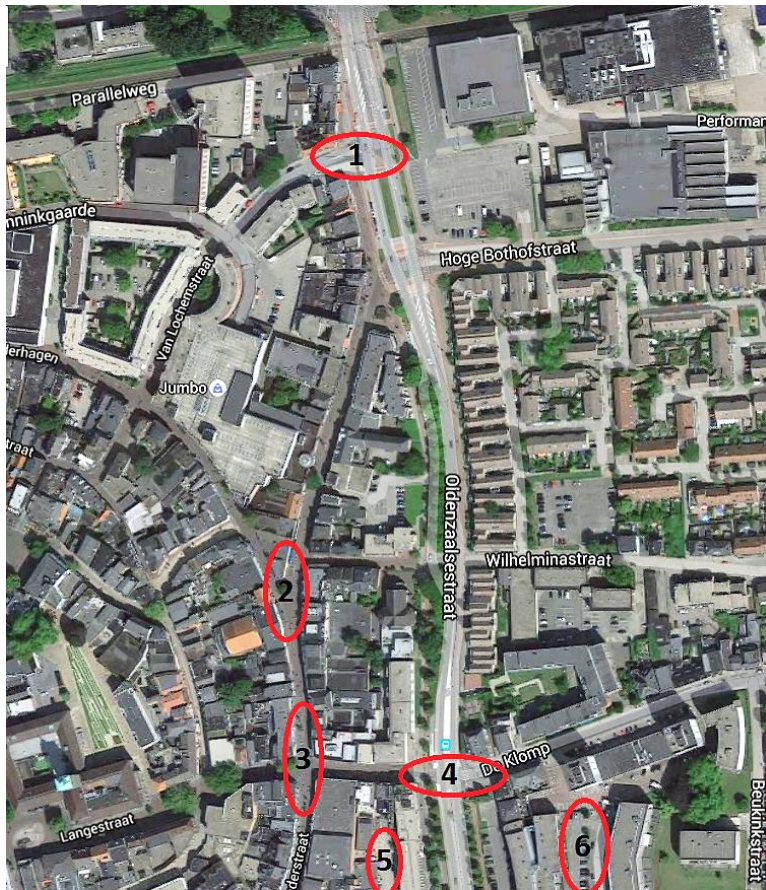
5.6.2 Schatting kosten

Het aantal winkelpanden waar wateroverlast kan optreden zijn er ongeveer 100, als blijkt uit het model voor wateroverlast van Dekker (2015). De kosten van schotten per winkel zijn gemiddeld 1100 euro wat de totale kosten 110.000 euro brengt (Vlaamse Milieumaatschappij, 2015). Inclusief het vervoer en overige kosten zal deze maatregel ongeveer 200.000 euro bedragen.

6 Opstellen van strategieën

Voor het opstellen van de doelmatigheidsafweging zijn de scores van de kernwaarden in het vorige hoofdstuk bepaald. De kernwaarden zorgen ervoor dat de maatregelen getoetst kunnen worden, om zo vervolgens onderscheid te kunnen maken in de doelmatigheid.

Met betrekking tot effectiviteit is er gekeken naar op welke locaties de maatregelen wateroverlast verminderen. Hierbij wordt gekeken of de oplossing ook echt effect of dat het water nu op andere locaties uit de putten stroomt. Voor de wateroverlast is er gekeken naar de effecten van maatregelen op de zes voornaamste locaties van wateroverlast. De locaties met meer dan 10 cm water-op-straat zijn weergegeven in Figuur 6.1.



Figuur 6.1 Wateroverlast knelpunten binnen het onderzoeksgebied 'De Heurne en Oldenzaalsestraat', Enschede (Googlemaps, 2016)

6.1 Doelmatigheid maatregelen

De doelmatigheid wordt berekend met behulp van de methode 2 van Hartemink en Meijer (2015) en wordt als volgt omschreven:

$$(a+b+c+d+e) - (a'+b'+c'+d'+e')$$

kosten (per € 10.000)

Waarin:

a = (beginrisico bedrijfswaarde 1) en a' = (restrisico bedrijfswaarde 1)

b = (beginrisico bedrijfswaarde 2) en b' = (restrisico bedrijfswaarde 2)

c = (beginrisico bedrijfswaarde 3) en c' = (restrisico bedrijfswaarde 3) etc.

Een uitgebreidere toelichting van deze methode is te vinden in Bijlage D. Met behulp van de doelmatigheidsafweging is voor de maatregelen de doelmatigheid bepaald welke in Tabel 6.1 is weergegeven.

Tabel 6.1 Doelmatigheidsafweging met de scores op de kernwaarden voor de toepasbare maatregelen

Maatregelen	Kernwaarden							Doelmatigheid
	Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)	
		Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein				
Beginsituatie	100	10	1	100	1	1	0	
Schotten	100	10	1	1	0,1	1	20	5,00
Wadi's	1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	540	0,39
Watershell	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	600	0,35
Waterplein	10	1	0,1	1	1	1	600	0,33
Stadsbeek	10	1	1	1	0,1	1	900	0,22
BBB	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1170	0,18

Meest doelmatig	Doelmatig	Minst doelmatig
-----------------	-----------	-----------------

In Tabel 6.1 zijn de toepasbare maatregelen beoordeeld op basis van de doelmatigheidsafweging. De uitkomsten maken het mogelijk om een onderscheid in de toepasbare maatregelen te maken. Uit de gegevens blijkt dat tijdelijke schotten voorwinkelpanden de hoogst scorende maatregel is. Echter blijkt de maatregel niet aan de gestelde eis van twee niveaus risico afname te voldoen. Als er gekeken wordt naar de maatgevende kernwaarden veiligheid en gezondheid, bereikbaarheid en leefbaarheid particulier terrein, neemt enkel leefbaarheid particulier terrein af. Het plaatsen van tijdelijke schotten is niet te combineren met andere maatregelen, omdat hierbij de gevolgen aangepakt worden en niet het probleem. Om deze reden zal het plaatsen van tijdelijke schotten in het maken van de strategieën niet meegenomen worden.

Wadi's, waterplein en watershell zijn de maatregelen die de voorkeur hebben bij het samenstellen van de strategieën. Zij zorgen voor een grote afname in de maatgevende kernwaarden en zijn te combineren met andere maatregelen. Indien noodzakelijk worden maatregelen die minder doelmatig zijn toch in een strategie gebruikt. Dit geldt voornamelijk voor BBB aangezien deze goed zijn te combineren met andere maatregelen. In samenstellen van strategieën zal met behulp van deze maatregelen strategieën bedacht worden om de wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te beperken.

6.2 Samenstellen van de strategieën

Bij het opstellen van de strategieën is gekozen voor drie verschillende varianten. Bij het bepalen van de strategieën is het van belang op welke locaties de maatregelen komen. Om te kunnen bepalen op welke locaties er maatregelen genomen moeten worden, wordt er onder andere gebruik gemaakt van Afkoppelingstrategie Enschede van Schepers, et al. (2015) en de notitie van Dekker (2015). Uit deze bestanden inclusief de verworven kennis tijdens dit onderzoek zullen de strategieën worden samengesteld om vervolgens getoetst te worden.

De drie best scorende maatregelen na de tijdelijke schotten zijn de wadi's langs de Oldenzaalsestraat, het plaatsen van watershell onder de Oldenzaalsestraat en het aanleggen van een waterplein. Verder is er bij het opstellen van de strategieën gebruik gemaakt van de bergbezinkbassins in plaats van de Stadsbeek. Het gebruik van BBB is makkelijker toepasbaar met ander maatregelen en bovendien komt bij het verlengen van de Stadsbeek veel vraagstukken nog kijken, zoals de problemen omtrent de capaciteit van het tracé.

Bij het formuleren van de strategieën zijn een aantal principes leidend. Zo is het van belang dat de maatregelen niet op dezelfde locatie geplaatst worden. Daarnaast wordt er gekeken op welke wateroverlast knelpunten de maatregelen effect hebben. Als laatste is het van belang dat de maatregel zo doelmatig mogelijk is.

De eerste strategie bestaat uit het aanleggen van het sportveld als waterplein van 3.200 m³ in combinatie met wadi's langs de Oldenzaalsestraat 3.800 m³. De investeringskosten zouden naar schatting 6 miljoen euro bedragen voor beide waterpleinen. Bij het sportveld van 3.200 m³ aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 4,8 miljoen euro zijn. De investeringskosten zouden 9,3 miljoen euro bedragen voor 12.000 m³ aan waterberging (Eenschoten, 2016). Wanneer er van 3.800 m³ wadi's aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 2,9 miljoen euro zijn. Totale kosten worden geschat op 7,7 miljoen euro.

De tweede strategie bestaat uit een bergbezinkbassin op locatie 1 (Figuur 5.1) van 3.000 m³ met een koker of watershell met een berging van 4.000 m³ onder de Oldenzaalsestraat (watershell) om zowel water te bergen als naar de BBB te krijgen. De investeringskosten voor BBB worden op dezelfde manier bepaald als bij strategie 1, voor 3.000 m³ komen de kosten op ongeveer 5 miljoen euro. Voor het bepalen van de kosten van de koker is gebruik gemaakt van de nota van de Stadsingenieurs, de geschatte investeringskosten bedragen 10,4 miljoen euro voor 12.000 m³ aan waterberging (Eenschoten, 2016). Wanneer er van 4.000 m³ aan waterberging wordt uitgegaan zullen de investeringskosten ongeveer 3,4 miljoen euro zijn. De totale kosten worden geschat op 8,4 miljoen euro.

De derde strategie bestaat uit wadi's en watershell bij de Oldenzaalsestraat waarbij 2.500 m³ aan wadi geplaatst wordt en er voor 4.500 m³ watershell onder de Oldenzaalsestraat. De verhoudingen zijn hierin gelijk als de doorgerekende ontwerp van Eenschoten (2016). Investeringskosten worden geschat op 5,7 miljoen euro. Ondanks dat deze kosten hoger uitvallen dan enkel gebruik van wadi's, wordt er voor gekozen om deze strategie te volgen de kosten zijn 0,3 miljoen hoger. Echter de uitvoering en werking is meer verzekerd dan bij het verkrijgen van 7.000 m³ aan wadi's wat zeer waarschijnlijk niet mogelijk is bij de Oldenzaalsestraat, zoals blijkt uit het rapport van Eenschoten (2016).

In hoofdstuk 7 worden deze strategieën met behulp van de doelmatigheidsafweging vergeleken en beoordeeld. Daarna zal door middel van het rekenmodel een weergave van de effecten van de maatregelen op de Vlaamse composietbuien getoond worden.

7 Resultaten

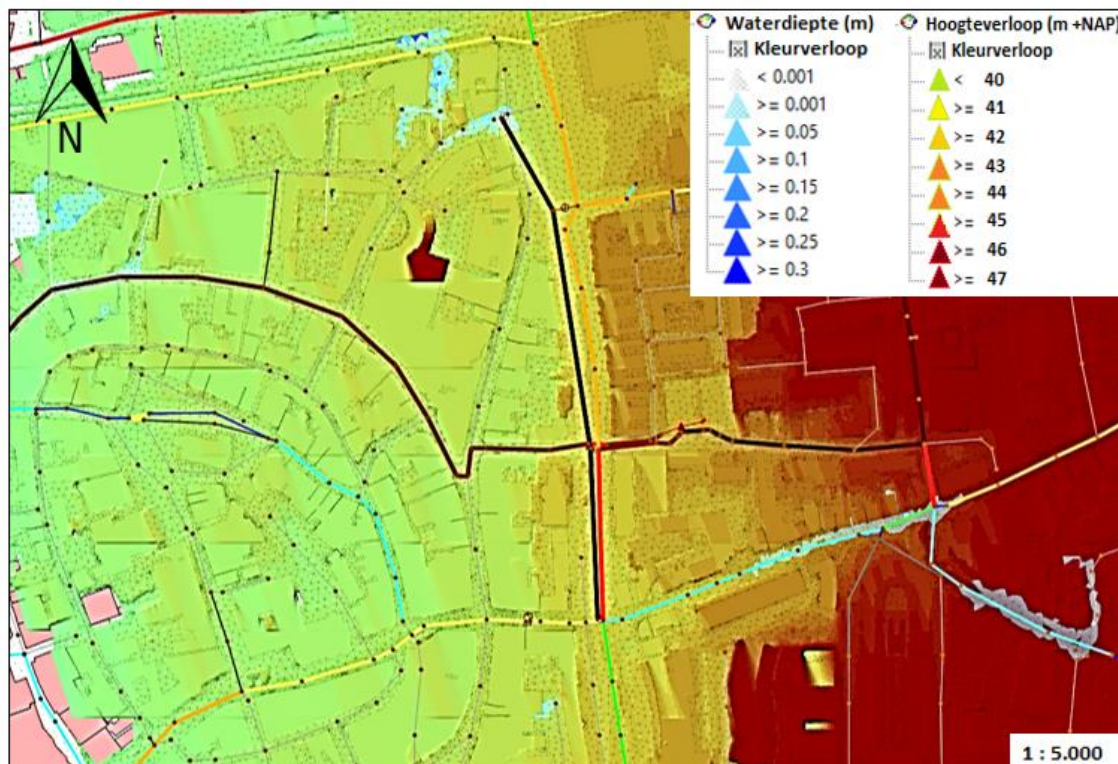
De resultaten van het onderzoek worden in dit hoofdstuk beschreven. De resultaten zijn in twee delen opgedeeld, namelijk in de modeluitkomsten van de wateroverlast en in de doelmatigheidsafweging. De doelmatigheidsafweging is uitgevoerd door de toepasbare maatregelen in hoofdstuk 6 scores aan toegewezen zijn te combineren tot strategieën. De opgestelde strategieën geven als uiteindelijke uitkomst van een pakket aan maatregelen die volgens dit onderzoek het meest doelmatig is om de wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te beperken. De modeluitkomsten van de wateroverlast na het toepassen van maatregelen geven de gevolgen weer bij Vlaamse composietbuizen van T=10, T=50 en T=100.

7.1 Modeluitkomsten wateroverlast

De resultaten zijn verkregen door modellering van Erik Dekker van Witteveen+Bos. Om de huidige wateroverlast bij bui T=10 aanzienlijk te verminderen is 7.000 m³ waterberging nodig als blijkt uit het rekenmodel van Dekker (2016).

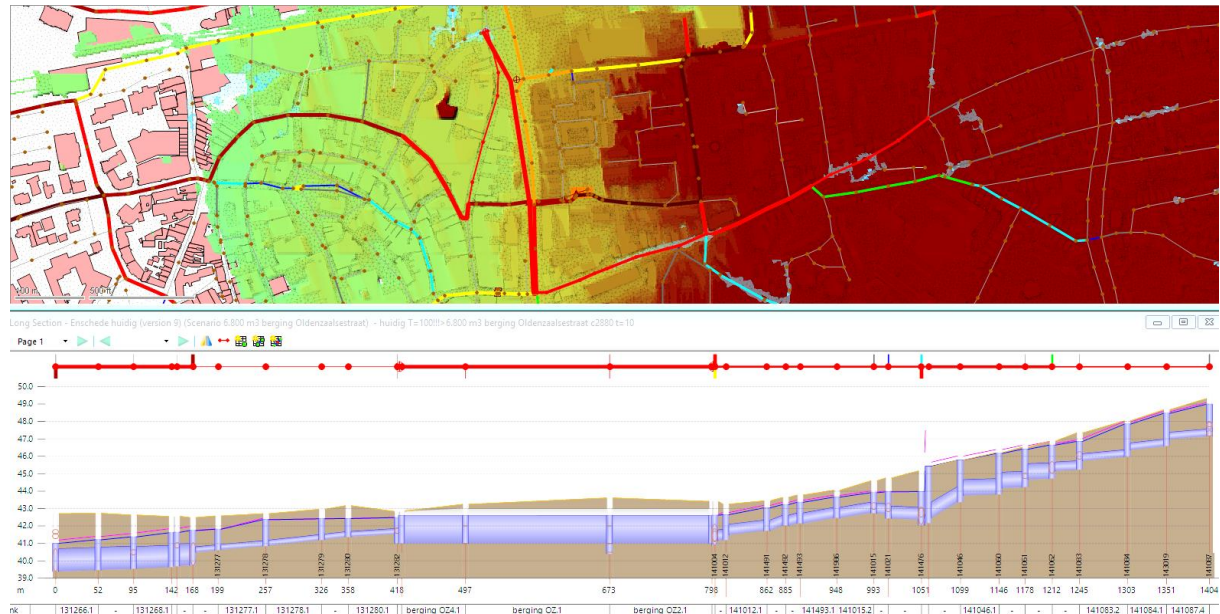
De maatregel welke in het model verwerkt wordt als volgt beschreven. Het model gaat uit van de aanleg van in totaal 7.000 m³ berging in de Oldenzaalsestraat. Hiervan is 3.000 m³ verdeeld over twee bergingsbassins. Eén van 1.500 m³ nabij de kruising Oldenzaalsestraat en Hoge Bothofstraat en een van 1.500 m³ op de kruising Oldenzaalsestraat en Wilhelminastraat. Daarnaast is nog 4.000 m³ berging gemodelleerd in een koker/ watergang van 5 m breed en 2 meter diep tussen de Van Lochemstraat en De Klomp. Deze berging is ook verboden met beide bergingsbassins. De maatregelen die in het model worden uitgevoerd komen zo goed als overeen met strategie 2. Echter in plaats een enkele bergbezinkbassin van 3.000 m³ worden er twee bergbezinkbassins van 1.500 m³ gebruikt. Vanwege kostenbesparing is eerder gekozen voor een enkele bergbezinkbassin.

In Figuur 7.1 is de maximale wateroverlast in het onderzoeksgebied tijdens een bui die eens in de 10 jaar voorkomt weergegeven. Zoals zichtbaar is er vrijwel geen sprake meer van wateroverlast en bedraagt de maximale waterhoogte 5 cm.



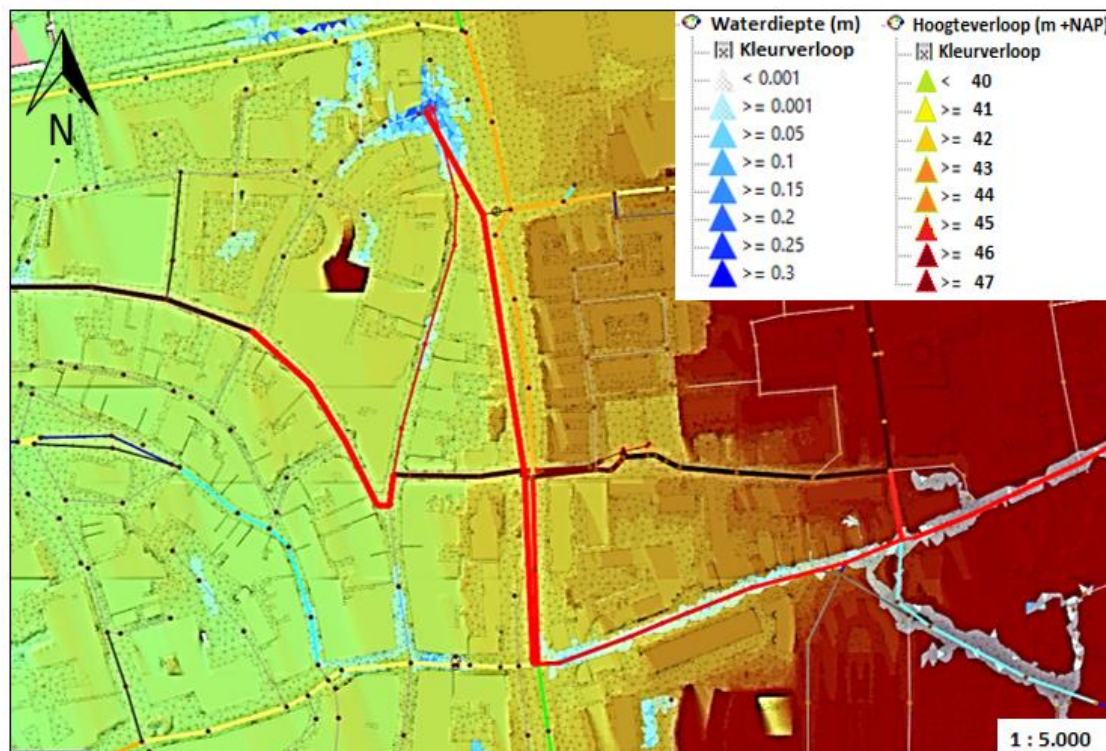
Figuur 7.1 Modelweergave van water-op-straat tijdens bui T=10 na maatregelen (berging 7000 m³)

Figuur 7.2 geeft het lengteprofiel van de belangrijkste riolering in het onderzoeksgebied. Het lengteprofiel loopt van west naar oost en geeft daarnaast tevens de Oldenzaalsestraat weer. De Oldenzaalsestraat is weergegeven met de grote koker welke in Figuur 7.2 goed zichtbaar is. Door de maatregelen is langs het hele tracé geen sprake van water-op straat met slechts een kleine uitzondering van het bovenste stuk van De Klomp en het begin van de Lippenkerkstraat.



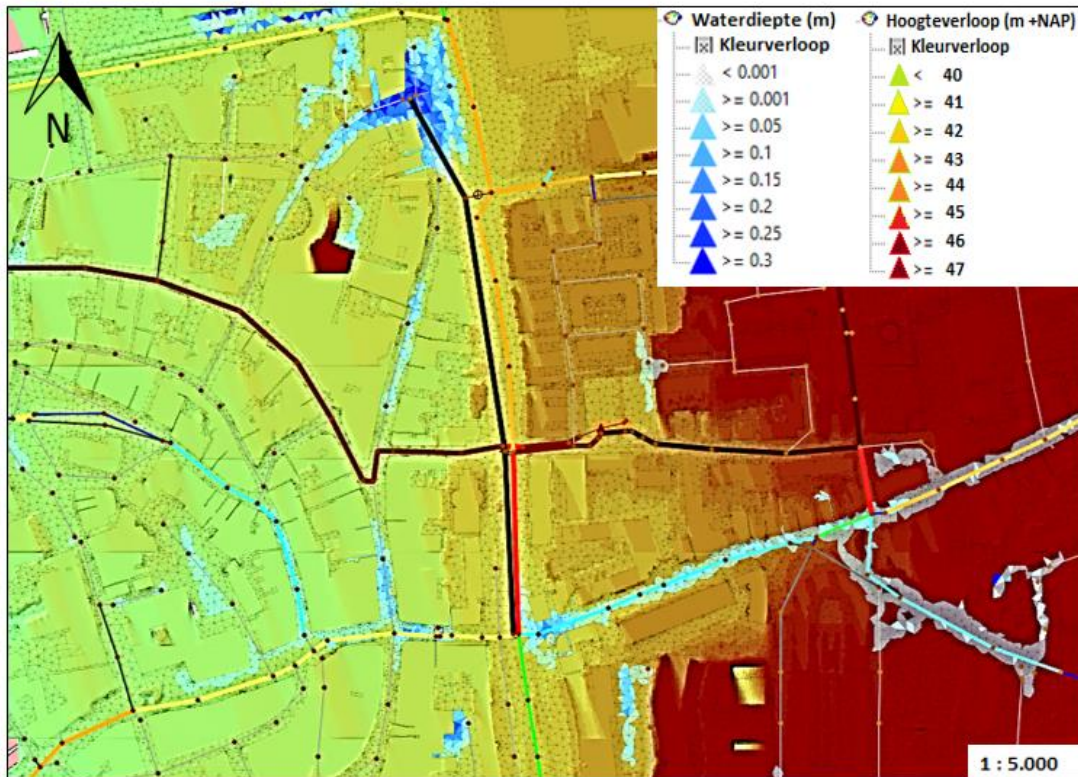
Figuur 7.2 Lengteprofiel van model riolering voor bui T = 10 (berging van 7.000 m³)

In Figuur 7.3 is maximale wateroverlast voor T = 50 weergegeven. Hierin is het effect van de koker onder de Oldenzaalsestraat zichtbaar. De koker zorgt ervoor dat het water van de kruising met De Klomp naar boven wordt afgevoerd tot aan van Lochemstraat. Aangezien dit het laagste punt in de omgeving betreft stroomt het water hier wel uit de putten en zorgt het voor een maximale waterstand van 15 cm.



Figuur 7.3 Modelweergave van water-op straat tijdens bui T=50 na maatregelen (berging 7000 m³)

In Figuur 7.4, welke de wateroverlast voor T = 100 toont, is water-op straat in bij de kruising tussen de Oldenzaalsestraat en de Lochemstraat een probleem geworden. Om dit te verminderen kan een drukriool worden aangelegd, waarbij door middel van een pompinstallatie voorkomen wordt dat het rioolwater in deze mate uit de putten komt.



Figuur 7.4 Modelweergave van water-op straat tijdens bui T=100 na maatregelen (berging 7.000 m³)

Wanneer de afbeeldingen vertaald worden naar concrete waarden komen de gegevens te lezen in Tabel 7.1 naar voren. Zoals bekend is de huidige risicoklasse voor een bui van T=10 bij De Heurne en Oldenzaalsestraat 'zeer hoog'. Na het toepassen van 7.000 m³ waterberging zal de risicoklasse naar verwachting 'zeer laag' worden.

Tabel 7.1 Risicoklasse opgesteld per scenario en herhalingstijd (rekenmodel Dekker (2016))

Scenario	Herhalingstijd	Maximale waterdiepte (cm)	Duur (min)	Omvang	Aantal putten	Type weg	Aantal woningen / winkels	Risicoklasse
Huidig	T = 100	20 - 25	> 90	buurt	10 - 50	hoofdweg/winkelstraat	20 - 100	hoog
	T = 50	20 - 25	> 90	buurt	10 - 40	hoofdweg/winkelstraat	20 - 80	hoog
	T = 10	20 - 25	> 90	buurt	5 - 30	hoofdweg/winkelstraat	10 - 50	zeer hoog
Na maatregelen	T = 100	10 - 15	90	straat	2	winkelstraat	5 - 10	laag/matig
	T = 50	5 - 10	60	straat	0	winkelstraat	0 - 5	laag/matig
	T = 10	0 - 5	30	straat	0	winkelstraat	0	zeer laag
Na maatregelen in 2050	T = 100	10 - 15	> 90	straat	2	winkelstraat	10 - 20	matig
	T = 50	10 - 15	90	straat	2	winkelstraat	5 - 10	matig
	T = 10	5 - 10	60	straat	0	winkelstraat	0	laag

De afname betreft vier risicoklassen (van 'zeer hoog' naar 'laag') en daarmee wordt de problematiek van een bui met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar sterk verminderd. Ook voor de andere herhalingstijden T=100 en T=50 is een grote verandering zichtbaar. Wanneer er na 2050 wordt gekeken met het toepassen van de maatregelen zijn de verwachtingen dat de risicoklassen omhoog zullen gaan door meer extreme neerslag. Echter de verwachting is dat de maatregelen in 2050 nog effectief genoeg zijn voor het verminderen van wateroverlast in het risicogebied, zie Tabel 7.1.

7.2 Doelmatigheidsafweging

Na het opstellen van de strategieën worden deze met de doelmatigheidsafweging getoetst. De uitkomsten zijn in Tabel 7.2 te zien. Uit deze tabel blijkt dat strategie 3 de hoogst scorende doelmatigheid heeft. Deze bestaat uit het aanleggen van wadi's langs de Oldenzaalsestraat in combinatie met het plaatsen van watershell onder de Oldenzaalsestraat. Door gebruik te maken van de Doelmatigheidsafweging, verder toegelicht in Bijlage C, kan de uiteindelijke doelmatigheid van de strategieën bepaald worden.

Tabel 7.2 Doelmatigheidsafweging van de opgestelde strategieën

Kernwaarden							
Veiligheid & Gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Financiën (schadebedrag)	Imago (schade)	Kosten (*€10.000)	Doelmatigheid
	Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte	Leefbaarheid particulier terrein				
Beginsituatie voor De Heurne en Oldenzaalsestraat							
100	10	1	100	1	1	0	
Strategie 1: Waterplein, sportveld (3.800 m ³) + wadi's en watershell Oldenzaalsestraat (3.200 m ³)							
0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	722	0,28
Strategie 2: BBB-locatie 1 (3.000 m ³) + koker/watershell onder de Oldenzaalsestraat (4.000 m ³)							
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	849	0,25
Strategie 3: Wadi's (2.500 m ³) + watershell onder de Oldenzaalsestraat (4.500 m ³)							
0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	570	0,37

Strategie 3, het aanleggen van 2.500 m³ aan wadi's en 4.500 m³ aan watershell onder de Oldenzaalsestraat, zorgt voor een totaal van 7.000 m³ aan waterberging om de wateroverlast in het risicogebied te verminderen. Hiernaast heeft strategie 3 ook nog enkele positieve neveneffecten, zo is bij het aanleggen van de watershell en de wadi's het noodzakelijk dat de Oldenzaalsestraat voor een deel wordt opengebrouwen en vervangen. De Oldenzaalsestraat verkeert niet in de gewenste staat en komt in de nabije toekomst op de planning om aangepakt te worden. Door het plaatsen van de watershell zal de Oldenzaalsestraat enkele jaren vervroegd aangepakt worden, maar bestaat wel de mogelijkheid om andere beheerders te betrekken in dit project. Naast het vervangen van de Oldenzaalsestraat zorgen de wadi's voor meer groen in de buurt een daarmee voor een betere leefomgeving van de omwonenden. Meer groen in de stad wordt als rustgevend beschouwd en helpt hittestress te verminderen (Runhaar, et al., 2011).

De verandering van de risicomatrix en daarmee de risicoklasse van De Heurne en Oldenzaalsestraat is te vinden in Tabel 7.3. Hierin zijn de huidige scores op de kernwaarden weergegeven door middel van stippellijnen en die scores op de kernwaarden na het toepassen van strategie 3 zijn weergegeven in de cirkels. Door de pijlen is de verlaging van de kernwaarden op de effectenmatrix duidelijk weergegeven. Op de risicomatrix is te zien hoe de risicoklasse van 'zeer hoog' naar 'laag' gaat, een verlaging van drie niveaus.

Tabel 7.3 Verandering risicomatrix na het uitvoeren van de 7.000 m3 waterberging d.m.v. wadi's en watershell bij de Oldenzaalsestraat

		Kernwaarden												
		Veiligheid & gezondheid		Kwaliteit leefomgeving			Financiën	Imago	(vrijwel) onmogelijk	onwaarschijnlijk	mogelijk	waarschijnlijk	geregeld	vaak
				Bereikbaarheid	Leefbaarheid OR	Leefbaarheid particulier			<1/1000	≥ 1/1.000 <1/100 jaar	≥1/100 jaar < 1/10 jaar	≥ 1/10 jaar <1 jaar	≥1 jaar < 1/maand	≥5/maand
		Ernst categorie	zeer ernstig 1000	één of meerdere dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zieken)	-	-	-	> 10 M€	-	M	H	ZH	EH	EH
Ernstig 100	1-5 zwaar gewonden (of ernstig zieken) en/of meer dan 10 licht gewonden of zieken		1. meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 2. op stadsniveau grootschalige wegafzettingen. 3. gedurende meerdere uren	op stadsniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt op grote schaal vervuiling, verloederend en stankoverlast op.	op stadsniveau: 1. woongenot is in meerdere wijken van de stad ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. meer dan 5 woningen onbewoonbaar.	>1M€ <10M€	af treden wethouder of lid dagelijks bestuur waterschap	L	M	H	ZH	EH	EH	
Aanzienlijk 10	1 zwaar gewonde of ernstig zieke/5-10 licht gewonden of zieken		1. één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende meerdere uren of 3. op stadsniveau wegafzettingen en afsluitingen gedurende 1-2 uur of 4. op wijkniveau wegafsluitingen gedurende meerdere uren	op wijkniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt op grote schaal vervuiling, verloederend en stankoverlast op.	1. woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 1 tot 5 woningen onbewoonbaar	>100k€ < 1M€	op grote schaal klachten, forse negatieve publiciteit in media en RTV, en/of meerdere raadvragen	ZL	L	M	H	ZH	EH	
Matig 1	1-5 lichtgewonden of zieken		1. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. op wijkniveau wegafzettingen en afsluitingen gedurende 1-2 uur	op buurtniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloederend en stankoverlast op.	woongenot is in één wijk aangetast gedurende 1-2 dagen, op buurtniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>10k€ < 100 k€	klachten en negatieve publiciteit op wijkniveau	ZL	ZL	L	M	H	ZH	
Klein 0,1	1 licht gewonde of zieke		op buurtniveau: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende 1-2 uur of op straatniveau: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende meerdere uren	op straatniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloederend en stankoverlast op.	woongenot is in één buurt aangetast gedurende 1-2 dagen, op straatniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>1k€ < 10 k€	meerdere klachten in een straat	ZL	ZL	ZL	L	M	H	
Verwaarloosbaar 0,01	geen gewonden of zieken		cluster van enkele woningen: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende maximaal 1-2 uur	cluster van enkele woningen: 1. delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloederend en stankoverlast op.	cluster van enkele woningen: woongenot is enigszins aangetast gedurende 1-2 dagen	< 1k€	individuele klacht	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M	

8 Discussie en aanbevelingen

Uit het onderzoek komen een aantal discussiepunten naar voren. De discussiepunten hebben zowel betrekking op de maatregelen, gebruikte methode als de resultaten. Na het uitvoeren van het onderzoek zijn er eventueel mogelijkheden tot verbreding of verdieping voor dit onderwerp. In de onderstaande alinea's worden de discussiepunten en bijbehorende aanbevelingen toegelicht.

Naast de gegeven criteria in doelmatigheidsafweging worden er geen positieve neveneffecten meegenomen, zoals waterbeleving of de gevolgen voor het milieu. Hiervoor is gekozen aangezien deze waarden lastig te meten zijn en bovendien erg verschillen per persoon. Echter hebben positieve neveneffecten vaak wel invloed op de besluitvorming van projecten. Als vervolgonderzoek wordt aangeraden om punten als waterbeleving, de gevolgen voor het milieu en toevoeging aan de leefbaarheid van de openbare omgeving mee te nemen in de besluitvorming voor het bepalen van de uiteindelijke strategie. Hierbij kan een kansenmatrix misschien een uitkomst bieden. Waar de strategieën op deze punten onderling vergeleken worden zonder er directe waarden aan te hechten. Zo kan er indien strategieën na de doelmatigheidsafweging dicht bij elkaar liggen toch de beste keuze gemaakt worden.

De kosten van de maatregelen zijn schattingen en kunnen in werkelijk aanzienlijk verschillen, wat weer invloed heeft op de doelmatigheidsafweging. Echter aangezien strategie 3, wadi en watershell bij de Oldenzaalsestraat, een verschil heeft van 2 miljoen met de op een volgende goedkoopste strategie wordt verwacht dat strategie 3 de hoogst scorende strategie blijft. Echter om het onderzoek kwalitatief te verbeteren is nader onderzoek nodig naar de kosten van de maatregelen. Dit voornamelijk vanwege de grote invloed van de kosten op de doelmatigheidsafweging en daarmee op de keuze van strategie. Wanneer de kosten van de toepasbare maatregelen nader onderzocht worden kan dit ook voor meer duidelijkheid over toepassing van een waterplein of een Stadsbeek zorgen.

De uitkomsten van de modellering van de wateroverlast zijn gedaan voor het plaatsen van twee bergbezinkbassins in combinatie met een koker van 5 meter breed en 2 meter diep. Deze maatregel verminderen wateroverlast beter dan de gekozen strategie 3 uit dit onderzoek, waarbij een deel van het water door middel van wadi's wordt geborgen. Het hemelwater dat door en wadi wordt opgevangen zal minder goed water bergen dan bergezinkbassin, hierdoor zal er een groot oppervlak aan wadi's noodzakelijk zijn. Hiernaar gekeken zijn de verwachtingen dat bij uitvoering van strategie 3 er relatief gezien sneller water-op-straat zal staan dan het rekenmodel laat blijken.

Om het onderzoek te verbeteren wordt er aanbevolen om alle opgestelde strategieën door te laten rekenen met het model van Dekker (2016) voor water-op-straat in Enschede. Dit geeft een beter beeld van de effectiviteit van de maatregelen en heeft daarmee ook invloed op de uiteindelijke keuze. Hierdoor wordt het effect van het gebruik van wadi's (2.500 m³) in plaats van BBB duidelijk en kan blijken dat risicoklasse naar boven aangepast moet worden of dat er extra waterberging moet worden aangelegd om aan de verwachtingen te voldoen. Het gaat hierbij natuurlijk nog steeds om een modelweergave van de werkelijkheid, maar de gevolgen van het toepassen van de maatregelen worden wel beter zichtbaar.

9 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt de conclusie van het onderzoek beschreven. Dit is tevens het einde van het hoofdverslag, waarna de referenties en de bijlagen volgen.

Het onderzoek helpt een inzicht te krijgen in de doelmatigheid en de toepasbaarheid van maatregelen om wateroverlast in De Heurne en Oldenzaalsestraat te verminderen. Uit de resultaten van de doelmatigheidsafweging is naar voren gekomen dat strategie 3, het aanleggen van wadi's langs en watershell onder de Oldenzaalsestraat, het best scoort. De resultaten van het rekenmodel laat zien dat een waterberging van 7.000 m³ voldoende wordt geacht om zowel de huidige wateroverlast als toekomstige wateroverlast (2050) zodanig te verminderen dat water-op-sstraat slecht in beperkte mate voorkomt.

Strategie 3, waarbij er wadi's (2.500 m³) langs de Oldenzaalsestraat + watershell onder de Oldenzaalsestraat (4.500 m³) als waterberging wordt aangebracht, komt als beste naar voren. Er zijn verschillende redenen waarom deze strategie hoog scoort. De voornaamste reden is de relatief lage kosten in verhouding tot de andere strategieën, namelijk 5,7 miljoen. Dit in combinatie met het effectief bergen van hemelwater in het risicogebied zorgt voor een hoge doelmatigheid van de strategie. De geschatte kosten hebben grote invloed op de doelmatigheid, doordat alle maatregelen de wateroverlast zodanig verminderen dat water-op-sstraat bij een bui met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar nauwelijks zeer beperkt is.

Naast de hoge score op doelmatigheid heeft strategie 3 een aantal positieve neveneffecten. Zo zal de Oldenzaalsestraat worden opgebroken voor het plaatsen van watershell en wordt de straat, anders ingericht. De Oldenzaalsestraat verkeert niet in de gewenste staat en komt in de nabije toekomst op de planning om aangepakt te worden. Naast het vervangen van de Oldenzaalsestraat zorgen de wadi's voor meer groen in de buurt en daarmee voor een betere leefomgeving van de omwonenden. Meer groen in de stad wordt immers als rustgevend beschouwd en voorkomt hittestress.

Door het aanleggen van wadi's en watershell aan de Oldenzaalsestraat wordt het risico op wateroverlast verlaagd van 'zeer hoog' en 'hoog' naar 'matig tot zelfs 'zeer laag'. De maatgevende kernwaarden Veiligheid & Gezondheid en Leefbaarheid particulier terrein hebben een afname van 100 (ernstig) naar 0,1 en 0,01 (klein/verwaarloosbaar). Echter zal naar verwachting door klimaatverandering het risico op wateroverlast in 2050 weer toenemen tot 'matig' en 'laag', zoals zichtbaar in Tabel 7.1 (blz.42). Hiermee voldoen de maatregelen ruimschoots aan het gestelde doel van het verlangen van minimaal twee niveaus in de risicoklasse tabel. Daarnaast is het aanleggen van de wadi's (2.500 m³) langs de Oldenzaalsestraat en watershell onder de Oldenzaalsestraat (4.500 m³) de meest doelmatige strategie om de hemelwateroverlast in het risicogebied te beperken.

Referenties

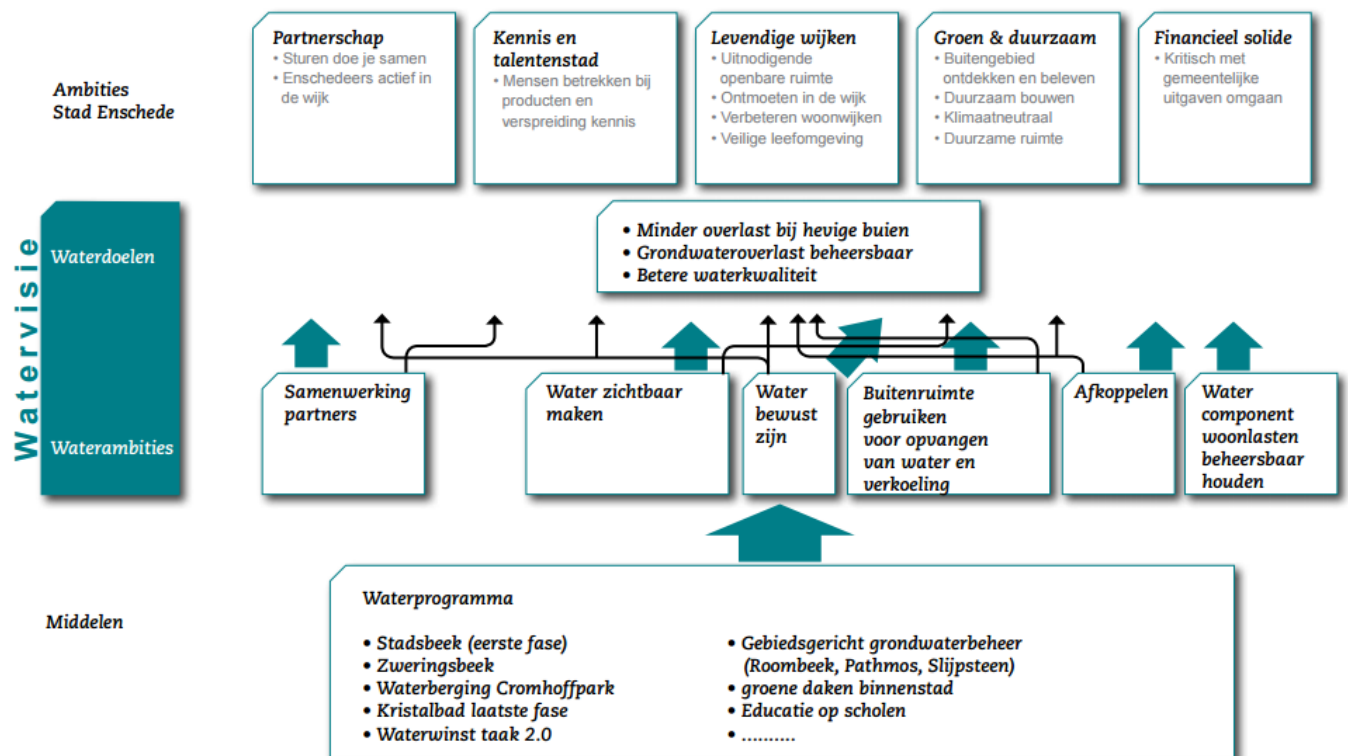
- Bouwformatie. (2016). *Bouwformatie, Bouwkosten Civiele Techniek*. Opgehaald van Bouwformatie: <http://bouwformatie.nl/bouwkosten-online/civiele-techniek/kengetallen>
- Dekker, i. E. (2015). *Risicoanalyse wateroverlast en ontwerp oplossingen, Enschede*. Deventer: Adviesbureau Witteveen+Bos.
- Eenschoten, M. (2016). *Water bergen in de Oldenzaalsestraat*. Enschede: Gemeente Enschede.
- Elsinga, W. (2007). *Water leeft, in de integrale gebiedsontwikkeling?* Enschede: Universiteit Twente.
- Gemeente Enschede. (2012). *"Water verbindt" Watervisie Enschede 2013-2025*. Enschede: Gemeente Enschede.
- Gemeente Enschede. (2015). *Gemeentelijk rioleringsplan 2016-2020 veilig en op maat*. Enschede: Gemeente Enschede.
- Gemeente Enschede. (2015*). *Bijlagen GRP 2016-2020*. Enschede: Gemeente Enschede.
- Googlemaps. (2016). *Googlemaps*. Opgehaald van Google: <https://www.google.nl/maps>
- Hartemink, J., & Meijer, R. (2015). *Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer*. Enschede: Stowa, Stichting Rioned.
- KNMI. (2014). *Klimaatscenario's voor Nederland*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Ministerie van Infrastructuur en Milieu .
- Kraker, J. d., Augustijn, D., & Wolf, I. d. (2004). *Helofytenfilter als alternatief voor een bergbezinkbassin* . DHV Oost Nederland.
- Projectteam Stadsbeek. (2015). *Programma van eisen Stadsbeek Enschede*. Enschede.
- Runhaar, H., Mees, H., Wardekker, A., van der Sluijs, J., & Driessen , P. (2011). Omgaan met hittestres en wateroverlast in de stad. *Milieudosier*, 22-25.
- Schepers, N., Kolkman, A., Boogaard, F., & Wentink, R. (2015). *Afkoppelstrategie Enschede*. Deventer: Tauw bv.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2015). *Fiche-6 Schotten*. Vlaanderen: Vlaamse Milieumaatschappij.
- Waterblock BV. (2016, april 21). *Watershell Neptunis* . Opgehaald van Waterblock BV innovatieve technieken: http://www.waterblock.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=223&slideopen=2§ionid=4&Itemid=21
- Williams, P. (2016, 5 12). *Variabiliteit van de neerslag in tijd*. Opgehaald van Hydraulics Laboratory, Katholieke Universiteit Leuven: http://www.kuleuven.be/hydr/temprain_nl.htm

Bijlagen

Bijlage A Watervisie gemeente Enschede

Binnen de gemeentelijke organisatie wordt er ook gewerkt aan het waterbeheer van de stad. Dit betreft het oppervlaktewater, de riolering en de watervoorziening binnen Enschede. Hierbij wordt nauw samengewerkt met Rijkswaterstaat, de waterschappen en waterzuiveringsbedrijven.

Binnen de gemeente Enschede treedt Rik Meijer (senior beleidsadviseur) als begeleider op en is in overleg met Ina van Dijk (gedelegeerd opdrachtgever fysieke projecten) de opdracht opgesteld. Het betreft het onderzoeken van een specifiek wateroverlastknelpunt, De Heurne en Oldenzaalsestraat. De opdracht valt binnen de ambities van de gemeente en haar watervisie, "Minder overlast bij hevige buien"



Figuur 0.1 Watervisie (Gemeente Enschede, 2012)

Bijlage B Overkoepelende effectenmatrix voor Enschede

Tabel 0.1 Overkoepelde effectenmatrix, matrix met waarden en restcategorieën (Hartemink & Meijer, 2015)

		waarden					
		veiligheid & gezondheid	kwaliteit leefomgeving			kosten en financiën schade bedrag kapitaalvernietiging	imago
			bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	leefbaarheid openbare ruimte (functie zoals bedoeld kan niet meer worden vervuld) tijdsduur is mede bepalend	leefbaarheid particulier terrein tijdsduur is mede bepalend		
ernstcategorïe	zeer ernstig	één of meerdere dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zieken)	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	> 10 M€	aftreden gehele college of dagelijks bestuur waterschap
	ernstig	1 - 5 zwaar gewonden en/of ernstig zieken, meer dan 10 licht gewonden of zieken	1. meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 2. op stadsniveau grootschalige wegafzettingen. 3. gedurende meerdere uren	op stadsniveau: 1. flinke delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar en/of 2. er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op .	op stadsniveau: 1. woongenot is in meerdere wijken van de stad ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. meer dan 5 woningen onbewoonbaar	>1M€ <10M€	aftreden wethouder of lid dagelijks bestuur waterschap
	aanzienlijk	1 zwaar gewonde of ernstig zieke/5-10 licht gewonden of zieken	1. één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende meerdere uren of 3. op stadsniveau diverse wegafzettingen en - afsluitingen gedurende 1-2 uur of 4. op wijkniveau veel wegafsluitingen gedurende meerdere uren	op wijkniveau: 1. delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op .	1. woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 1 tot 5 woningen onbewoonbaar	>100k€ <1M€	op grote schaal klachten, forse negatieve publiciteit in media en RTV, en/of meerdere raadsragen
	matig	1 - 5 lichtgewonden of zieken	1. één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 0-1 uur of 2. één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur 3. op wijkniveau wegafzettingen en - afsluitingen gedurende 1-2 uur	buurniveau: 1. delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op .	woongenot is in één wijk aangetast gedurende 1-2 dagen, op buurniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>10k€ < 100 k€	klachten en negatieve publiciteit op wijkniveau
	klein	1 licht gewonde of zieken	op buurniveau: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende 1-2 uur of op straatniveau: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende meerdere uren	straatniveau: 1. delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op.	woongenot is in één buurt aangetast gedurende 1-2 dagen, op straatniveau is het woongenot aangetast gedurende meerdere dagen	>1k€ < 10 k€	meerdere klachten in een straat
	zeer klein	geen gewonden of zieken	cluster van enkele woningen: wegafzettingen en wegafsluitingen. Gedurende maximaal 1-2 uur	cluster van enkele woningen: 1. kleine delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op.	cluster van enkele woningen: woongenot is enigszins aangetast gedurende 1-2 dagen	< 1k€	individuele klacht

Bijlage C Doelmatigheidsafweging

Voor het berekenen van de doelmatigheid van de maatregelen is er gekozen voor de methode gebruikt door Hartemink en Meijer (2015). In het rapport 'Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer' wordt deze methode beschreven en deze wordt door de gemeente Enschede gebruikt voor het bepalen van de doelmatigheid van maatregelen.

Naar verwachting zijn met de beschikbare middelen (passend binnen de afgesproken stijging van de rioolheffing voor de komende jaren) niet alle knelpunten op korte termijn op te lossen. Door voor alle locaties met een te groot risico de doelmatigheid van maatregelen te berekenen, kunnen we maatregelen ten opzichte van elkaar prioriteren met de methode. Methode 1 ziet er in formulevorm als volgt uit:

$$\frac{(\text{beginrisico}) - (\text{restrisico})}{(\text{Methode 1}) \text{ kosten (per € 10.000)}}$$

We kunnen ook breder kijken dan naar het verlagen van het maatgevende risico. Door te kijken naar de maatregelen die het meest bijdragen aan vermindering van de risico's op alle organisatiewaarden, wordt een bredere afweging gemaakt. Methode 2 ziet er in formulevorm als volgt uit:

$$\frac{(a+b+c+d+e) - (a'+b'+c'+d'+e')}{(\text{Methode 2}) \text{ kosten (per € 10.000)}}$$

Waarin:

a = (beginrisico bedrijfswaarde 1) en a' = (restrisico bedrijfswaarde 1) b = (beginrisico bedrijfswaarde 2) en b' = (restrisico bedrijfswaarde 2) c = (beginrisico bedrijfswaarde 3) en c' = (restrisico bedrijfswaarde 3) etc.

Op de volgende pagina worden de methodes door middel van een rekenvoorbeeld verder uitgelegd.

Een rekenvoorbeeld, met aannames voor de begin- en restrisico's op de verschillende organisatiewaarden:

Tabel 0.2 Rekenvoorbeeld doelmatigheid

Waarden	Beginrisico	Restrisico
Veiligheid & gezondheid	10 (hoog risico)	10 (hoog risico)
Kwaliteit leefomgeving	10 (hoog risico)	10 (hoog risico)
Financiën	100 (zeer hoog risico)	1 (matig risico)
Imago	100 (zeer hoog risico)	1 (matig risico)

Met een (fictieve) investering van € 500.000 levert dit de volgende doelmatigheid op voor methode 1:

$$\frac{(100) - (1)}{50} = 2,0$$

Met methode 2 levert dit een doelmatigheid op van:

$$\frac{(10+10+100+100) - (10+10+1+1)}{50} = 4,0$$

Onzekerheden

Soms is een effect of ernstcategorie goed te bepalen, maar vaak is een inschatting nodig. Door de grote stappen tussen de verschillende effecten (elke stap een factor 10) ondervangen we een deel van die onzekerheid. Daarnaast is het ook afhankelijk van hoe hoog het effect (dat niet goed te bepalen is) scoort ten opzichte van de andere effecten.

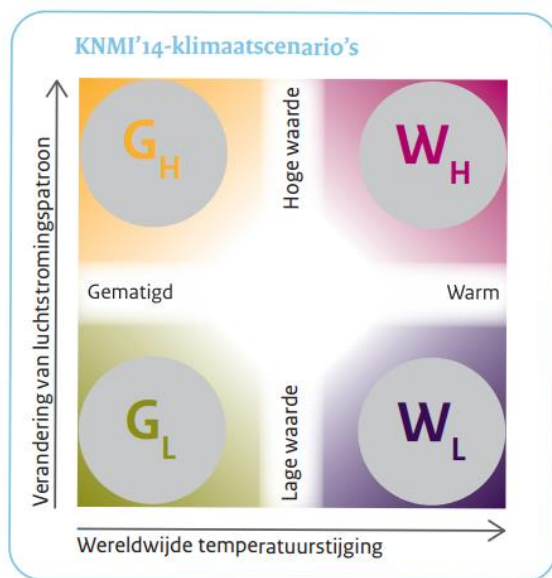
Stel, het is lastig om van een bepaalde gebeurtenis het precieze effect te bepalen, maar dat effect zal voor de organisatie waarde nooit tot het hoogste, maatgevende effect leiden. Dan is het niet nodig veel tijd en energie te steken in het beter bepalen van het effect op die desbetreffende organisatie waarde. Omgekeerd werkt het hetzelfde en kan het zijn dat er verder onderzoek nodig.

Een voorbeeld: het verwachte maatgevende effect op een bepaalde organisatie waarde ligt op verwaarloosbaar of klein niveau. Dan vullen we de effecten van klein en verwaarloosbaar allebei in de risicomatrix in. Stel dat de kans nooit groter is dan tussen eenmaal per jaar en eenmaal per maand, dan wordt het risico nooit groter dan 'matig'. Bij een grenswaarde voor actie van 'hoog' hoeven we deze situatie dus niet aan te pakken en is geen nader onderzoek naar het precieze effect nodig (klein of zeer klein).

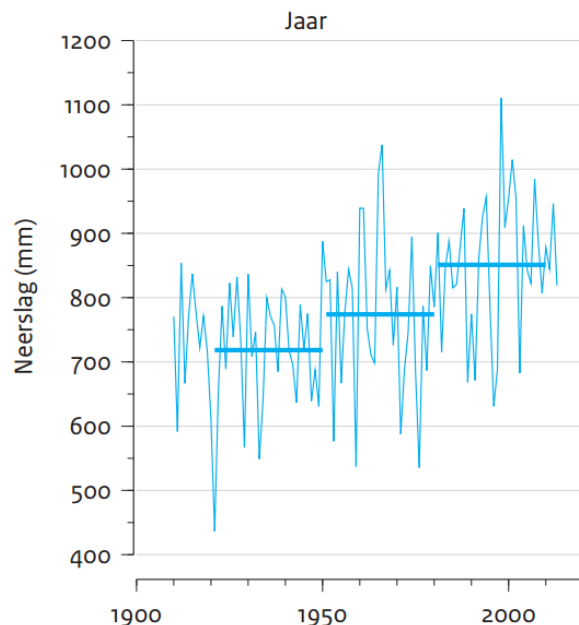
Bijlage D Klimaatverandering

Het KNMI (2014) presenteert vier scenario's welke een samenhangend beeld geven van veranderingen in twaalf klimaatvariabelen, waaronder temperatuur, neerslag, zeespiegel en wind. Het gaat om veranderingen niet alleen in het gemiddelde klimaat, maar ook in de extremen, zoals de koudste winterdag en de maximum uur neerslag per jaar. De veranderingen gelden voor het klimaat rond 2050 en 2085 ten opzichte van het klimaat in de referentieperiode 1981-2010. De KNMI (2014) scenario's zijn de vier combinaties van twee uiteenlopende waarden voor de wereldwijde temperatuurstijging, 'Gematigd' en 'Warm', en twee mogelijke veranderingen van het luchtstromingspatroon, 'Lage waarde' en 'Hoge waarde'. Met deze KNMI (2014) scenario's biedt het KNMI een leidraad voor berekeningen van de gevolgen van klimaatverandering en voor het ontwikkelen van mogelijkheden en strategieën voor adaptatie.

De klimaatscenario's zijn weergegeven in Figuur 0.2. In de H-scenario's waait het in de winter vaker uit het westen. Ten opzichte van de L-scenario's betekent dit een zachter en natter weertype. In de H-scenario's hebben hogedrukgebieden in de zomer een grotere invloed op het weer. Vergeleken met de L-scenario's zorgen ze voor meer oostenwinden, die in Nederland warmer en droger weer met zich meebrengen.



Figuur 0.2 KNMI'14 Klimaatscenario's Nederland



Figuur 0.3 Waargenomen jaarlijkse neerslag in Nederland

Door de toename van de temperatuur is ook de hoeveelheid waterdamp in de lucht toegenomen sinds 1950. Dit verklaart gedeeltelijk de toename van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag. Het effect op zware buien is nog groter. Uit waarnemingen blijkt dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming (KNMI, 2014). Tussen 1910 en 2013 nam de jaarlijkse neerslag in Nederland toe met 26%. Tussen 1951 en 2013 bedroeg de toename 14%, zie Figuur 0.3.

Bijlage E Werking van de Stadsbeek

“Door aanleg van de Stadsbeek dragen we bij aan de duurzaamheidsdoelstellingen, in combinatie met het afkoppelen van hemelwater van het gemengde rioolstelsel. Op deze manier blijft schoon regenwater schoon. In tegenstelling tot de huidige situatie waarin veel schoon regenwater via het gemengde riool wordt afgevoerd richting de zuivering. Bij afvoer van schoon regenwater via een stadsbeek vermindert de wateroverlast en bestrijden we hittestress en verdroging.” (Projectteam Stadsbeek, 2015)



Figuur 0.4 Ontwerp van de Stadsbeek, Enschede (Projectteam Stadsbeek, 2015)

Waar er bovengronds ruimte beschikbaar is zal de beek een groene uitstraling krijgen. Hier kan gedacht worden aan gras, riet en andere planten. Om te voorkomen dat de stadbeek bijna altijd droog staat zal de beek door een waterpomp van water worden voorzien (Projectteam Stadsbeek, 2015). Er komt een koppeling tussen het bestaande rioolstelsel en de beek. De beek komt te liggen op een natuurlijke blauwe ader van het gebied. Hierdoor zal het water zijn natuurlijke loop terugkrijgen en zichtbaar zijn voor bewoners in de wijk. Waterbeleving in de stadontwikkeling is belangrijk voor de bewoners (Elsinga, 2007).

Het opstellen van de plannen en verkrijgen van vergunning zal naar verwachting enkele jaren in beslag nemen. Eerst zal er gekeken worden of het eerste deel van de stadsbeek naar behoren functioneert. Bij de uitvoeringsfase zal veel tijd gaan zitten in het aanpassen van het straatprofiel aangezien de straat hiervoor opengelegd moet worden. Een schematische weergave van de werking van een Stadsbeek is te vinden op de volgende bladzijde.

Droog Weer (90% van de tijd)

De beek wordt gevoed met een kleine hoeveelheid grondwater afkomstig van drainage en pompen dat een rustig kabblend stroompje vormt. Door het stroompje smal te houden warmt het water niet teveel op en wordt algengroei beperkt.



Normale neerslag (de meeste neerslagsituaties)

De beek vult zich naast grondwater met regenwater dat op de beek valt en toestromend water van wegen en daken. Ook vanuit afgekoppelde gebieden wordt water aangevoerd.



Bui 8 Hevige neerslag (eens per jaar)

Een grote hoeveelheid regenwater en grondwater stroomt naar de beek. De beek is volledig gevuld. het gemengd riool kan nog net al het afvalwater en regenwater afvoeren.



bui 10: Extreme neerslag (eens per 10 jaar)

De aanvoer van water is dermate groot dat het rioolsysteem en het beekstelsel met elkaar in verbinding staan. In het wegprofiel wordt water geborgen, het water raakt vervuild met water uit het rioolsysteem.



Figuur 0.5 Werking van de Stadsbeek uitgelegd per situatie (Projectteam Stadsbeek, 2015)

Bijlage F Locaties waterplein

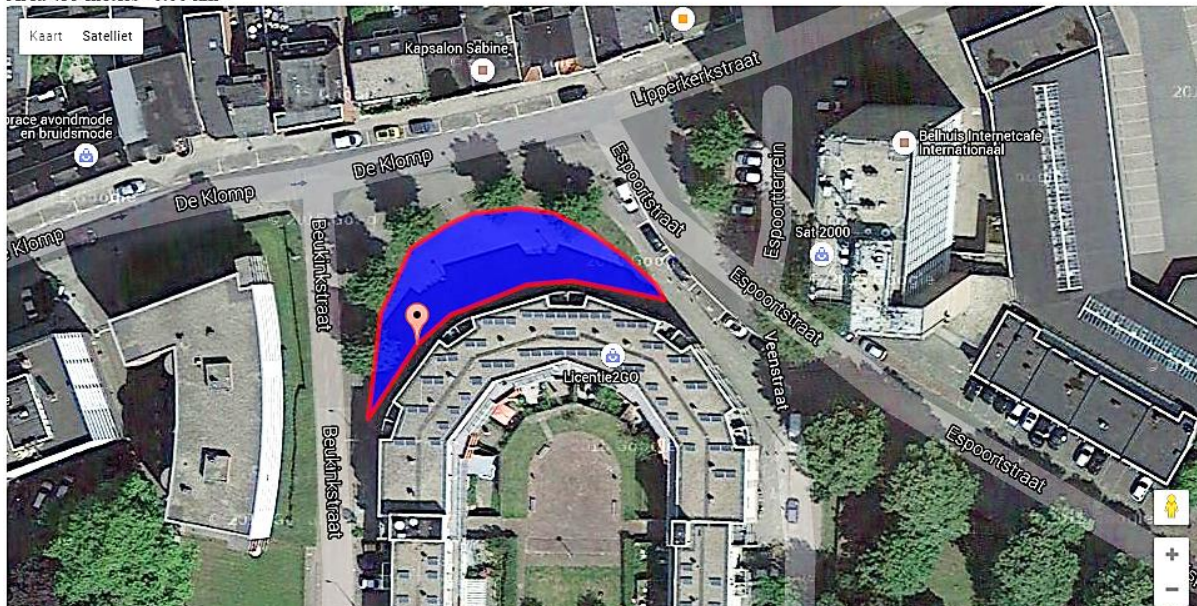
Voor het toepassen van een waterplein zijn twee locaties in het onderzoeksgebied gevonden.

Area 1958 meters² 0.00 km²



Figuur 0.6 Locatie waterplein, sportveld bij Openbare basisschool de Bothoven, Enschede (Googlemaps, 2016)

Area 435 meters² 0.00 km²



Figuur 0.7 Locatie waterplein, klein Romeins theater aan De Klomp, Enschede (Googlemaps, 2016)