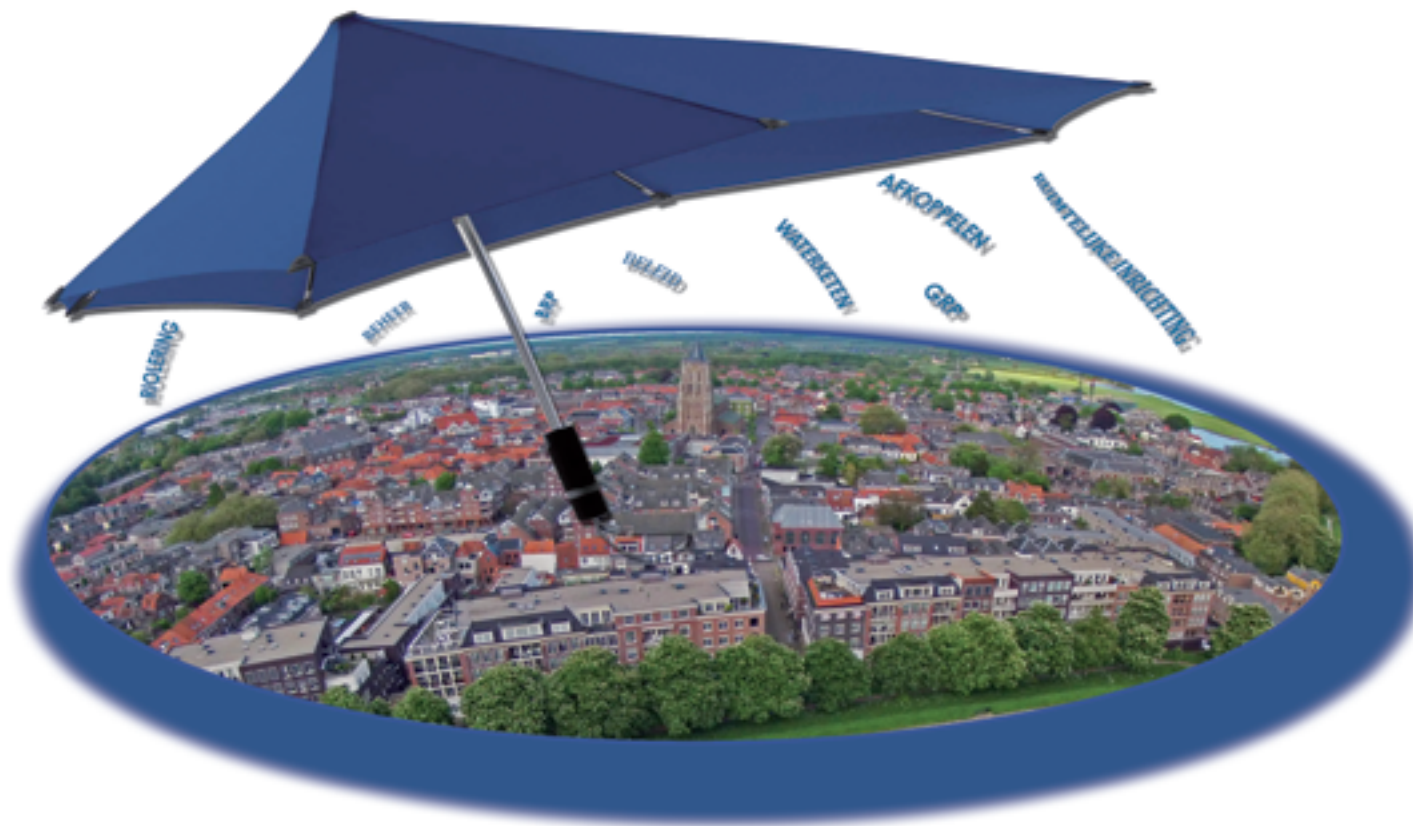


WATER OP STRAAT! IS DE STAD KLAAR VOOR DE STORTBUI?



Madeleine Frelie | Anne Melse | Van Hall Larenstein | Realisatie T&L

COLOFON

Titel:

Water op straat! Is de stad klaar voor de stortbui?

Ondertitel:

Een onderzoek naar praktische oplossingen voor klimaatrobuuste
hemelwatervoorzieningen in bestaand stedelijk gebied

Auteurs:

Madeleine Frelie

madeleine.frelie@gmail.com

Anne Melse

annemelse@gmail.com

Datum:

januari 2013

Opdrachtgever:

Hogeschool van Hall Larenstein

Begeleiding:

Laura Tanis, Hogeschool Van Hall Larenstein

laura.tanis@wur.nl

WATER OP STRAAT!

IS DE STAD KLAAR VOOR DE STORTBUI?

Een onderzoek naar praktische oplossingen voor klimaatrobuuste hemelwatervoorzieningen in bestaand stedelijk gebied



Auteurs

Madeleine Frelie | Anne Melse

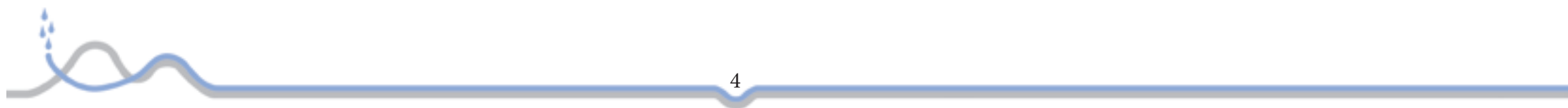
Afstudeerrichting

Realisatie Tuin- en Landschapsinrichting

Plaats en datum

Velp, januari 2013





VOORWOORD

Met veel plezier hebben wij de afgelopen vier maanden gewerkt aan ons afstudeeronderzoek naar wateroverlast in de stad, die voor een deel het gevolg is van klimaatverandering. Voorliggend rapport is hiervan het resultaat. Het door ons gekozen onderwerp bleek een sterk onderwerp te zijn: wateroverlast in de stad komt regelmatig in het nieuws en is daarmee een actueel thema. Dat bleek ook uit de gesprekken en interviews met veel professionals: men praat graag en met bevologenheid over dit onderwerp. Ook blijkt uit de voortdurend nieuw opkomende ontwikkelingen en inzichten betreffende klimaatadaptatie in de stad dat hierover het laatste woord nog niet is gezegd.

De contacten met de professionals waren voor ons erg stimulerend en daarom willen wij graag alle deskundigen bedanken met wie wij een interview of gesprek hebben gehad. Het feit dat zij met betrokkenheid en enthousiasme hun kennis en ervaring met ons wilden delen heeft ons enorm geholpen.

Bijzondere dank gaat uit naar Ronald Bos, bestuursadviseur bij het Cluster Beleid en Regie van de gemeente Arnhem voor zijn hartelijk onthaal en motiverende gesprekken over de problematiek van het stedelijk water. Ook zijn wij veel dank verschuldigd aan Theo van der Kroon en zijn collega's van de afdeling riolering- en waterbeheer van de gemeente Arnhem voor het ruimhartig verstrekken van alle benodigde informatie.

Onze dank gaat verder uit naar Hiltrud Pötz, die ons in eerste instantie op weg heeft geholpen om de onderzoeksvraag te formuleren.

Tenslotte veel dank aan Laura Tanis voor haar goede en enthousiaste begeleiding vanuit de hogeschool Van Hall Larenstein.

Madeleine Frelie & Anne Melse
Major Realisatie, Tuin- en Landschapsinrichting
Hogeschool Van Hall Larenstein

Velp, 23 januari 2013

SAMENVATTING

Wateroverlast in de stad is regelmatig in het nieuws. Het KNMI heeft vastgesteld dat door de klimaatverandering de extreme neerslag de laatste jaren inderdaad extremer wordt en ook vaker voorkomt. Wateroverlast wordt meestal veroorzaakt door het toenemend aantal hevige buien. Gezien de mogelijk verdergaande klimaatverandering is het van belang de problematiek van wateroverlast in stedelijke gebieden aan een nader onderzoek te onderwerpen. Kortom: 'Is de stad klaar voor de stortbui?'

De stedelijke bevolking heeft in de loop van de geschiedenis de natuurlijke stroom van water vaak aangepast: waterlopen werden omgelegd, beekjes en stroompjes werden gekanaliseerd of juist onder de grond gestopt, meestal in de vorm van riolering. De aanpassingen aan het natuurlijke watersysteem en de waterketen, hebben hun grens bereikt. Door de klimaatverandering regent het vaker en harder waardoor er een tekort aan bergingscapaciteit in het rioolstelsel en het oppervlaktewater in de stad ontstaat.

Tegenwoordig heeft bijna iedere stad te maken met wateroverlast. De noodzaak om hiertegen maatregelen te treffen is in bijna alle lagen van de gemeentelijke organisatie doorgedrongen. Uit dit onderzoek blijkt dat bij stedenbouwkundigen dit bewustzijn nog niet overal voldoende aanwezig is. Dit kan te maken hebben met een mogelijk gebrek aan kennis over klimaatadaptatie of het vasthouden aan de traditionele manier van werken.

Het grootste deel van de rioolstelsels bestaat nog uit een gemengd systeem,

wat betekent dat er veel schoon regenwater naar de RWZI gaat. Ook hebben, zoals hiervoor al aangeduid, deze gemengde stelsels door het toenemend aantal extreme buien onvoldoende afvoercapaciteit. Gevolg is dat er water op straat komt te staan, de RWZI de toestroom niet aan kan en er vuil water in het oppervlaktewater en op straat terecht kan komen. Worden gemengde stelsels nu massaal omgebouwd tot gescheiden stelsels, ofwel afgekoppeld? Nee, afkoppelen gebeurt eigenlijk alleen in samenloop met andere projecten, het autonoom afkoppelen is veel te duur. Bovendien is er niet altijd voldoende ruimte voor een tweede riool en kunnen sterk verontreinigende straten niet eenvoudig worden afgekoppeld.

Er is een voorzichtige tendens op gang gekomen om steden meer te 'vergroenen'. Er wordt op kleine schaal gekeken waar in de stad de verharding plaats zou kunnen maken voor groen, zoals op pleinen en stroken tussen gescheiden rijbanen. Het regenwater kan op die manier in de bodem infiltreren in plaats van via de verharding af te vloeien naar het riool. De gemeentelijke afdelingen die groen, verkeer, riolering en regenwaterafvoer beheren zitten hierbij vaak nog niet op één lijn. De afdeling riolering ziet graag het regenwater vanaf de weg afstromen naar het groen, de afdeling groen ziet liever dat het regenwater afvloeit naar de weg en dus naar het riool, en de afdeling verkeer wil geen belemmering voor de weggebruikers op wat voor manier dan ook. Eén ding staat vast: de goedkoopste maatregel wordt meestal doorgevoerd.

Wat betreft de ruimtelijke inrichting en 'ruimte voor water' in de stad:

beleidsmatig is vastgelegd dat bovengrondse afvoer van regenwater de voorkeur heeft boven ondergrondse afvoer. Dit heeft te maken met het feit dat bovengrondse afvoer vaak goedkoper is in aanleg en beheer. Daarbij is het ook zo dat bovengrondse afvoer meer capaciteit heeft om piekbuien op te vangen dan de gangbare rioolstelsels. Bovendien versterkt een zichtbare afvoer van regenwater het bewustzijn van de waterkringloop bij bewoners. In de praktijk blijkt dat van deze voorkeur nog maar weinig terecht is gekomen. Het principe 'ruimte voor water' vergt een lange adem van plan tot realisering; er worden doorgaans pas (ruimtelijke) maatregelen getroffen bij herstructurering van bestaand gebied. Een mooi voorbeeld van zo'n herstructureringsproject zijn de waterpleinen in Rotterdam of de reconstructie van de A2 in Maastricht waarbij tegelijkertijd de hemelwaterafvoer van omliggend gebied is verbeterd.

Beheer en monitoring van de regenwatervoorzieningen is het niet altijd goed op orde, bleek uit de interviews. De voorzieningen worden aangelegd en vervolgens wordt er minder aandacht besteedt aan monitoring en onderhoud dan gewenst. Door te weinig onderhoud functioneren voorzieningen niet naar behoren en kan in het ergste geval de voorziening als verloren worden beschouwd. Ook de monitoring krijgt vaak weinig aandacht zodat men niet weet hoe een voorziening functioneert. Wat precies de oorzaak is voor dit gebrek aan aandacht voor onderhoud en monitoring is niet eenduidig aan te geven. Waarschijnlijk door een gebrek aan tijd en mankracht. Ook kan de onbekendheid met het beheer van de nieuwste voorzieningen een oorzaak zijn of gebreken bij het stellen van prioriteiten en het maken van planningen.

Veel geïnterviewden staan afwijzend tegenover het afkoppelen van bestaand particulier terrein. Men is vaak bang voor foutieve aansluiting van de gescheiden afvoersystemen. Wanneer er wel subsidie voor het afkoppelen aan particulieren wordt verstrekt, wegen de administratieve kosten die hiervoor gemaakt moeten

worden niet altijd op tegen de baten wat betreft regenwaterafvoer.

Veel gemeenten maken gebruik van de categorieën 'hinder', 'ernstige hinder' en 'overlast' wanneer er water op straat staat of erger. Meestal pas bij 'overlast' worden er maatregelen getroffen. Water op straat dat tussen de trottoirbanden blijft, valt onder de categorie 'hinder' en wordt ook steeds meer als een manier van tijdelijke waterberging beschouwd.

Dit laatste inzicht hoort bij een vrij nieuw bewustzijn onder beheer- en beleidsmedewerkers: de acceptatie van water op straat. Helaas is de communicatie naar bewoners hierover niet altijd voldoende. De gemeenten zouden, wat dit betreft, moeten aanhaken bij de vele berichten in de media over de klimaatverandering. Vervolgens de burgers voorlichten over welke klimaatadaptieve maatregelen getroffen worden en wat dit betekent voor bewoners. Alleen de grootste steden zijn actief bezig met een klimaatprogramma voor bewoners of een voorlichtingscampagne.

Voor het toetsen van praktische en klimaatadaptieve maatregelen is voor dit onderzoek een casusgebied in Arnhem gekozen. Het gaat om een dichtbebouwde oude woonwijk met veel verhard oppervlak en weinig openbaar groen. Aan de hand van een uitgebreide inventarisatie en analyse van het gebied is een beslisboom opgesteld. Hieruit zijn tien voorstellen naar voren gekomen voor klimaatadaptieve maatregelen voor dit gebied. Tevens zijn bij het maken van keuzes de volgende principes gehanteerd: houd de maatregelen eenvoudig, probeer het regenwater zoveel mogelijk bovengronds af te voeren of ter plekke te infiltreren en maak gebruik van de 'best practices' uit andere steden met een vergelijkbare woonwijk. Tenslotte is geconcludeerd dat de (klimaatadaptieve) oplossing voor deze woonwijk ligt in een combinatie van maatregelen en dat maatwerk geboden is.



INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	5	4. Arnhem	41
Samenvatting	6	4.1 Stedelijk water Arnhem	43
1. Inleiding	11	4.2 Casusgebied St. Marten	51
1.1 Aanleiding onderzoek	12	4.3 Afkoppelen regenwater St. Marten	56
1.2 Probleemstelling	15	5. Maatregelen	59
1.3 Doel van het onderzoek	16	5.1 Groen benutten	60
1.4 Methoden van onderzoek	16	5.2 Groene daken	62
1.5 Leeswijzer	16	5.3 Waterbekkens	64
1.6 Publiek	17	5.4 Speels water	66
2. Water in de stad	19	5.5 Trottoirs	68
2.1 Functioneren watersysteem en waterketen	20	5.6 'Ontharden'	70
2.2 Gemengd en gescheiden rioolstelsel	21	5.7 Waterpasserende verharding	72
2.3 Hoeveel water accepteer je op straat?	23	5.8 Verticale infiltratie	74
2.4 Berekeningsgrondslagen riolering en watersysteem	24	5.9 Infiltratieputten	76
2.5 Oplossingsstrategieën	25	5.10 Acceptatie	78
2.6 Wettelijk kader	26	6. Conclusie	81
3. Is de stad klaar voor de stortbui?	29	6.1 Conclusie	82
3.1 Algemeen	30	6.2 Aanbevelingen	83
3.2 Klimaatverandering	31	Bronnen	84
3.3 Huidige rioolsystemen en omgang met regenwaterafvoer	32	Bijlage I Begrippenlijst	86
3.4 Planvorming en beleid	33	Bijlage II Vragenlijst interviews	88
3.5 Maatregelen	35	Bijlage III Deelnemers interviews	90
3.6 Ruimtelijke inrichting	37	Bijlage IV Voorbeelden buitenland	92
3.7 Beheer en monitoring	38		
3.8 Best practices	39		
3.9 Conclusie	39		



1. INLEIDING

Gedurende vier maanden hebben wij onderzoek gedaan naar wateroverlast in de stad, welke mede veroorzaakt wordt door de klimaatverandering. In dit hoofdstuk wordt de aanleiding voor ons onderzoek uiteengezet. Hierin bekijken we kort wat de klimaatverandering betekent voor de stad en hoe de stad zou kunnen omgaan met één van de gevolgen ervan: wateroverlast. Hieruit volgt onze probleemstelling met bijbehorende deelvragen. Vervolgens worden kort het doel van het onderzoek en de gebruikte methoden van onderzoek besproken. Tot slot volgt een leeswijzer voor het rapport en wordt toegelicht voor welk publiek het rapport is geschreven.

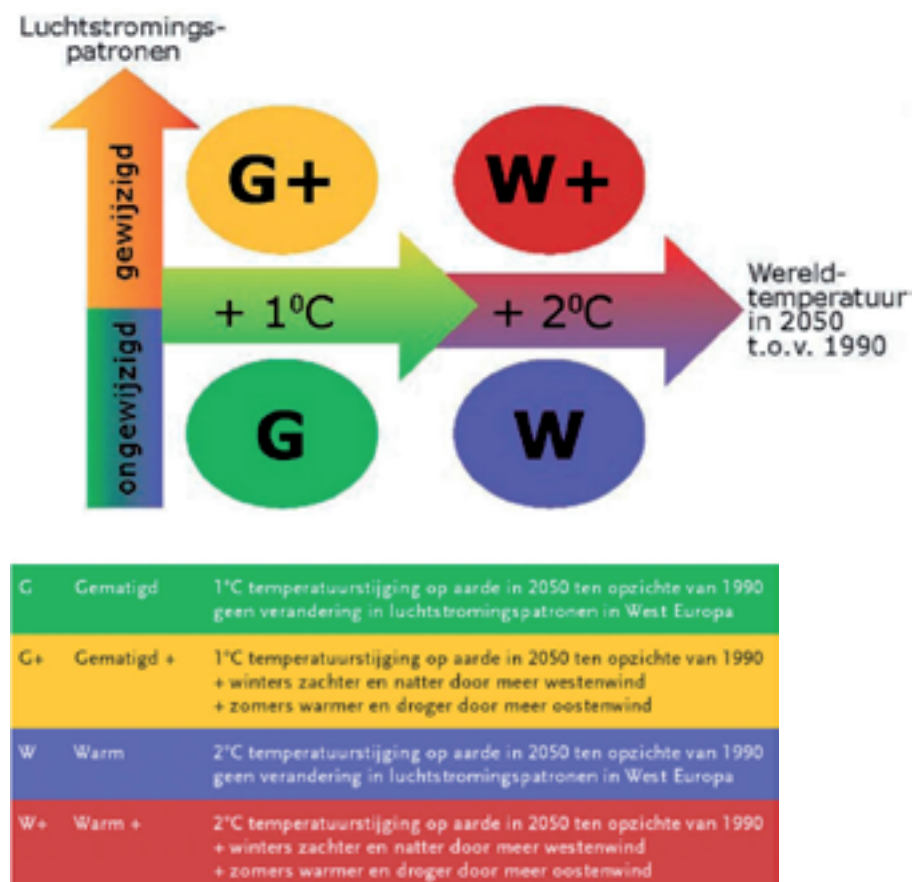
1.1 Aanleiding onderzoek

1.1.1. Klimaatverandering: hoe ernstig is dit eigenlijk?

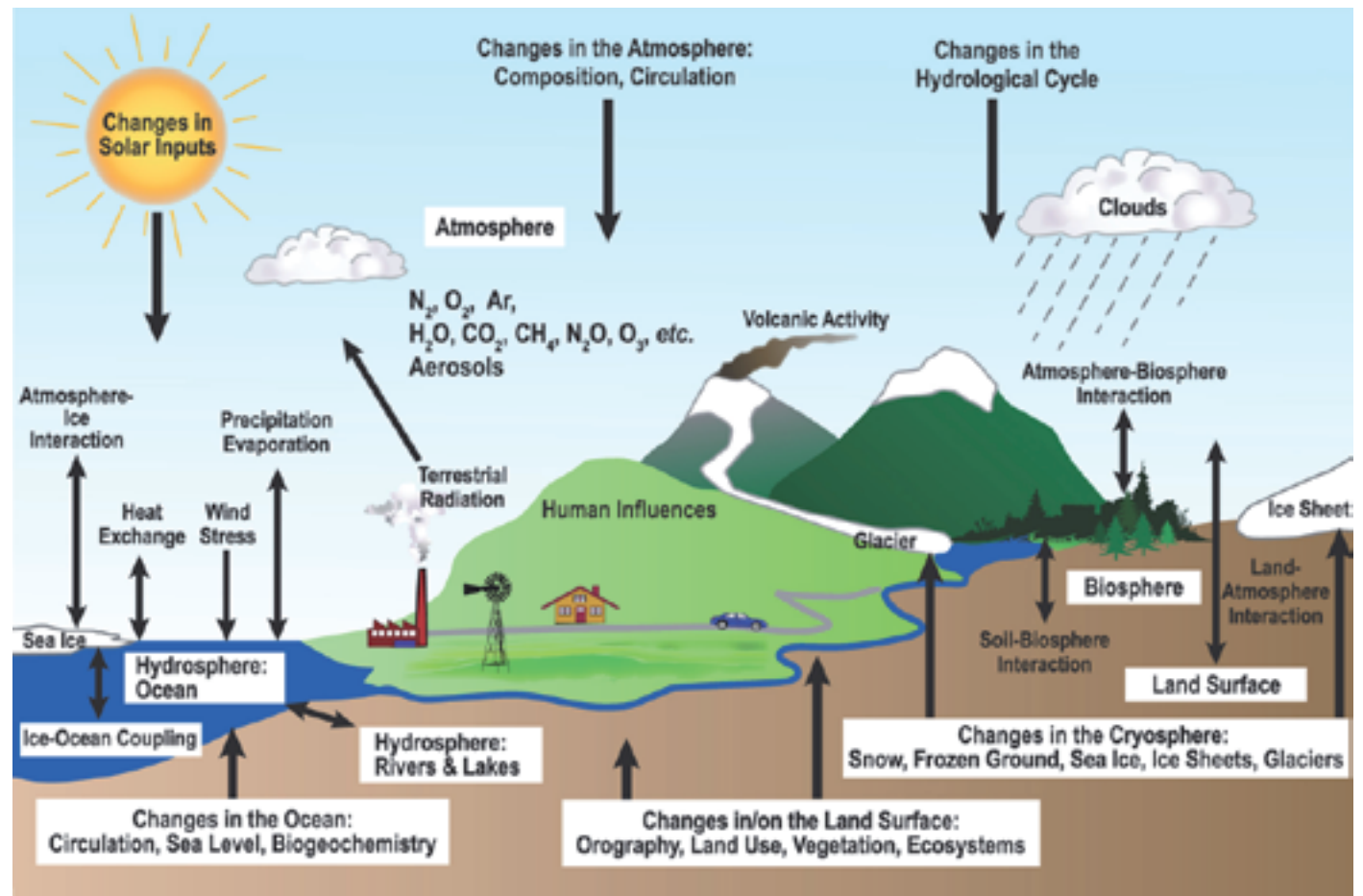
Het klimaat verandert onder invloed van natuurlijke factoren en, sinds het midden van de 20e eeuw, mede onder invloed van de mens¹ via het versterkte broeikaseffect (www.knmi.nl). De klimaatverandering zorgt mondiaal voor onder andere een groter aantal overstromingen, verandering in de waterkringloop, toenemende droogte en meer ziektes. Ook in Nederland is de klimaatverandering merkbaar: het KNMI bevestigt de waarneming dat de winters natter worden, extreme regenbuien (met name in de zomer) vaker voorkomen en het voorjaar en de zomer langere droogteperiodes kennen. Daarbij stijgt geleidelijk de gemiddelde jaartemperatuur(www.knmi.nl). Dit alles betekent dus dat ons land periodiek natter, droger en warmer wordt.

Van deze gevolgen van de klimaatverandering hebben we met name in de stad last. Het kan extreem heet worden in de stad en het water kan tijdens extreme regenbuien niet snel genoeg worden afgevoerd. Hierdoor komen straten vaker onder water te staan (www.knmi.nl), kan er schade aan het riool ontstaan en wordt het overschot aan afvalwater tijdens extreme buien direct geloosd via de overstort op het oppervlaktewater (Eigenhuijsen et al., z.d.). Bovendien kan (riool)water op straat een directe bedreiging vormen voor de volksgezondheid. Omdat een steeds groter percentage van de bevolking in de stad woont, is het belangrijk om de stad klimaatadaptief te maken (Pötz, Bleuzé, 2012). Gezien de mogelijk verdergaande klimaatverandering en de wateroverlast, waar Nederlandse steden nu reeds mee te maken hebben, is het van belang de problematiek van wateroverlast in stedelijke gebieden aan een nader onderzoek te onderwerpen.

¹ Over de stelling of de mens invloed heeft op de klimaatverandering worden al jaren verhitte discussies. Voor dit onderzoek sluiten wij ons aan bij de stelling van het KNMI. Zie ook http://www.knmi.nl/klimaatverandering_en_broeikaseffect/



Figuur 1 KNMI'06 klimaatscenario's (Bron: KNMI)



Figuur 2 Schematische weergave van de elementen, processen en onderlinge interacties van het klimaatsysteem (Bron: KNMI)

1.1.2. Hoe kan de stad omgaan met wateroverlast?

Het stedelijk watersysteem zou klimaatadaptief ingericht moeten worden, zodat een toename van extreme regenbuien zo goed mogelijk gehanteerd kan worden. Op welke wijze steden te maken hebben met wateroverlast als gevolg van klimaatveranderingen verschilt. Ook de mate waarin steden ruimte hebben om maatregelen te treffen verschilt. Een integrale oplossing van een toename van wateroverlast vanwege de klimaatverandering, zoals bijvoorbeeld het afkoppelen van regenwater van het gemengd rioolstelsel, zal aangepast moeten worden aan de omstandigheden van elke stad afzonderlijk. Maatwerk is geboden!

De klimaateffecten hebben naast wateroverlast op straat ook diverse andere ernstige gevolgen zoals: lage grondwaterstanden bij lange droogteperiodes, bodemdaling door uitdroging en hittestress (de stad als hitte-eiland). De stedelijke bevolking is zich in meer of mindere mate bewust van deze (water) problemen. Een deel van het klimaatprobleem is gelegen in het feit dat menig een zich nog niet voldoende bewust is van het bestaan van het probleem. Als men zich hier niet van bewust is, is ook niet duidelijk waarom er naar oplossingen gezocht moet worden door de overheid. Meer bewustzijn verhoogt ook de kans dat bewoners zelf actie gaan ondernemen om problemen te verminderen door bijvoorbeeld een regenton aan te schaffen, een groen dak aan te leggen of de regenpijp af te zagen en het water in hun tuin te laten infiltreren.

Bij het tegengaan van de wateroverlast in de stad dient naar een integrale oplossing gezocht te worden. Het scheiden van regenwater van het afvalwaterriool (ofwel 'afkoppelen') is hierbij een logische maatregel. Het afkoppelen van het verhard oppervlak in de openbare ruimte is inmiddels algemeen toegepast en ook het afkoppelen op particulier terrein wordt door

gemeenten gestimuleerd. Bij het afkoppelen kan het regenwater worden hergebruikt, het kan infiltreren in de bodem of het kan worden afgevoerd naar lokaal oppervlaktewater (www.riool.net).

Binnen de stedelijke omgeving verschilt de ruimte voor waterberging, infiltratie en zuivering. Zo is er op bedrijventerreinen, in stedelijk groen, waterlandschappen en suburbaan gebied vaak voldoende ruimte. In (hoog) stedelijk gebied is echter de ruimte beperkt (Van de Ven et al., 2009). Het is daarom nodig de waterstructuur van deze gebieden te onderzoeken.

Een vergelijking van verschillende steden wat betreft de omgang met water levert nuttige informatie op over het treffen van zinvolle klimaatadaptieve maatregelen. Om deze informatie in de praktijk te kunnen brengen hebben wij een casusgebied, de wijk St. Marten/Sonsbeek-Zuid (verder kortweg St. Marten genoemd) in Arnhem, gekozen. In hoofdstuk vier van dit rapport wordt een korte analyse gegeven van het stedelijk water in Arnhem en de specifieke kenmerken van het casusgebied. In hoofdstuk vijf worden de voorgestelde klimaatadaptieve maatregelen voor het casusgebied weergegeven.

Ook in het buitenland wordt nagedacht over de omgang met wateroverlast in de stad. In bijlage IV zijn een aantal voorbeelden opgenomen die in Nederland nog niet of nauwelijks worden toegepast, maar wel heel effectief kunnen zijn om wateroverlast tegen te gaan.

Met dit onderzoeksrapport willen wij een bijdrage leveren aan het klimaatrobuust maken van het stedelijk watersysteem door te zoeken naar praktische oplossingen.

1.2 Probleemstelling

Het klimaatrobuust maken van het stedelijke watersysteem is een probleem dat hoog op de agenda hoort te staan. Onze onderzoeksvraag luidt daarom:

Water op straat! Is de stad klaar voor de stortbui? Een onderzoek naar praktische oplossingen voor klimaatrobuuste hemelwatervoorzieningen in bestaand stedelijk gebied.

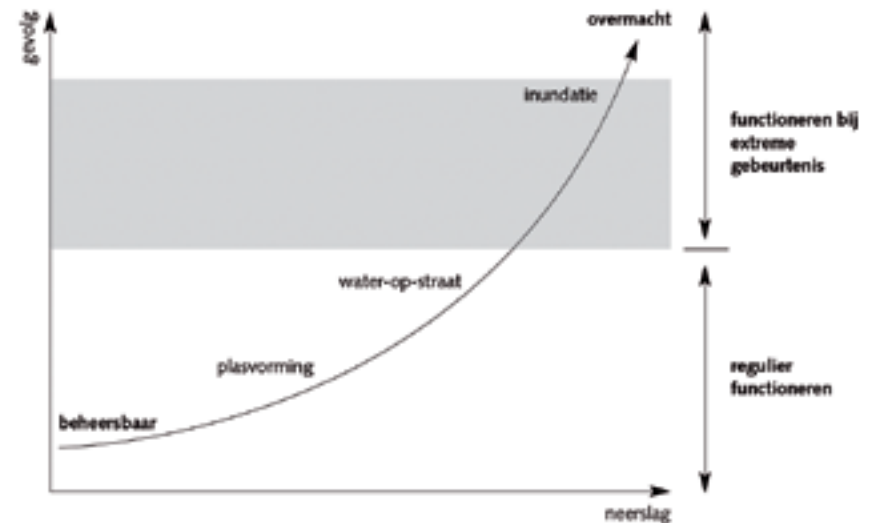
Als basis voor het opstellen van praktische klimaatadaptieve maatregelen voor het bestaande stedelijke watersysteem hebben wij de volgende deelvragen geformuleerd:

1. Wat is het wettelijk kader voor het afkoppelen van bestaande wijken in Nederlandse steden?
2. Wat is de huidige stand van zaken in Nederlandse steden wat betreft rioolstelsels, afkoppelen, klimaatadaptatie, acceptatie van 'water-op-straat'? Hoe verhouden deze gegevens zich tot elkaar?
3. Hoe kan er ontwerptechnisch worden omgegaan met het afkoppelen van regenwater in een dichtbebouwde bestaande wijk?

1.2.1. Definitie stortbui

Wat wordt er in dit onderzoek verstaan onder een 'stortbui'? Hiermee bedoelen wij de stortbui, of extreme neerslaggebeurtenis, die de reguliere, goed functionerende riolering niet meer kan verwerken. Het reguliere functioneren is niet eenduidig vast te leggen. Binnen juridische randvoorwaarden van goed bestuur mag een gemeente zelf de frequentie van water op straat bepalen waarop zij de riolering laat ontwerpen. Zij legt daarmee de grens voor het reguliere functioneren vast. Als het harder regent dan waarop de riolering is ontworpen, is sprake van extreme neerslag. De riolering is dan overbelast

en het water zoekt een andere uitweg, vaak via het oppervlak. Dit heet: het functioneren bij een extreme gebeurtenis. Verdere neerslagtoename leidt uiteindelijk tot (grootschalige) inundatie.



Figuur 3 Model functioneren riolering bij (extreme) neerslag (Bron: Module C2150, Rioned)

1.3 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is te komen tot concrete aanbevelingen voor het zoveel mogelijk bovengronds vasthouden, bergen en afvoeren van regenwater in dichtbebouwd stedelijk gebied. Deze aanbevelingen zullen na afronding van dit onderzoek uitgewerkt worden op detail- en materiaalniveau.

1.4 Methoden van onderzoek

Om onze onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden hebben we literatuuronderzoek gedaan, interviews gehouden met o.a. water- en rioolbeheerders van twaalf grote steden in Nederland en een symposium bezocht.

1.4.1. Literatuuronderzoek

Voor het definiëren van de door ons gebruikte begrippen zoals klimaatverandering, hinder en overlast van water op straat, afkoppelen, waterketen en waterpartners hebben wij een literatuurstudie uitgevoerd via internet en de bibliotheek. Hierbij hebben wij ons beperkt tot recente literatuur en internetbronnen uit Nederland.

Voor het onderzoeken van het stedelijk waterbeleid van Arnhem en specifiek het casusgebied St. Marten hebben wij ons beperkt tot de geldende beleidsdocumenten en het meest actuele kaartmateriaal, beschikbaar gesteld door de gemeente Arnhem.

1.4.2. Interviews

Het klimaatrobuust maken van het stedelijk watersysteem en de knelpunten die steden hierbij tegenkomen is iets wat uitermate goed onderzocht kon worden via interviews met beleidsmedewerkers van gemeenten. Daarnaast

zijn ook andere deskundigen geïnterviewd. Om een representatief beeld van het huidige stedelijk watersysteem te krijgen is gezocht naar een goede spreiding van twaalf grote steden over Nederland, zodat de verschillen in ondergrond meegenomen kunnen worden in de vergelijking van de toegepaste klimaatadaptieve maatregelen.

Een ander selectiecriterium voor de te interviewen steden was dat een stad ongeveer even groot, of groter zou zijn dan Arnhem. Bovendien moeten de steden een vergelijkbare wijk hebben als St. Marten (zie hoofdstuk 4): ca. 100 jaar oud, dichtbebouwd, veel verharding, weinig openbaar groen en een gemengd rioolstelsel.

1.4.3. Bezoeken symposia

Donderdag 27 september 2012 hebben we het symposium 'Groenblauwe klimaatadaptieve maatregelen in de stad' in Rotterdam bezocht. Hierbij stond de vraag centraal hoe waterbeheerders en stedenbouwkundigen kunnen bijdragen aan een klimaatbestendige stad. Welke maatregelen kunnen zij nemen en hoe kunnen die worden geïmplementeerd? Gezien de beperkte tijd voor dit onderzoek hebben wij verder geen ander symposium bezocht.

1.5 Leeswijzer

Om tot een heldere afbakening van ons onderzoeksgebied te komen gaan we in hoofdstuk twee in op de definities van klimaatverandering, het stedelijk watersysteem, het wettelijk kader van stedelijk water en de toe te passen klimaatadaptieve maatregelen. Ook kijken we hoe de maatregelen precies passen binnen de totale waterhuishouding van een stad.

In de kernhoofdstukken, de hoofdstukken drie tot en met vijf, gaan we

in op de beantwoording van onze deelvragen, waarna we tot slot onze hoofdonderzoeksvraag in hoofdstuk zes kunnen beantwoorden. Hoofdstuk drie geeft een beeld van de ontwikkelingen omtrent klimaatadaptatie van het watersysteem bij de diverse Nederlandse steden. Hoofdstuk vier geeft de situatie weer in ons casusgebied, de wijk St. Marten in Arnhem, met als kader het beleid in de gemeente Arnhem wat betreft het stedelijk water en de klimaatverandering. In hoofdstuk vijf doen we tien voorstellen voor klimaatadaptieve maatregelen in de wijk St. Marten. Hierbij maken we onder andere gebruik van de 'best practices' uit de geïnterviewde steden in hoofdstuk drie.

1.6 Publiek

Het onderzoek is bedoeld als uitgangspunt voor een bestek en technische uitwerking, die wij in de tweede helft van dit studiejaar gaan realiseren. De onderzoeksresultaten moeten concreet toepasbaar zijn en te begrijpen voor zowel de technische uitwerker als voor de beleidsambtenaar. Ook ontwikkelaars, architecten en ontwerpers van de openbare ruimte kunnen dit onderzoek gebruiken als mogelijke bron van inspiratie. Verder moeten de onderzoeksresultaten eenvoudig om te zetten zijn naar voorlichtingsmateriaal voor een breed publiek (bijvoorbeeld bewoners van dichtbebouwd stedelijk gebied). Het is daarom van belang dat de onderzoeksresultaten en genoemde principe-uitwerkingen zoveel mogelijk beeldend zijn.



Figuur 4 Putdeksels uit de hele wereld (Bron: Brink Rioolbeheer).
Met de klok mee: Tromsø - Noorwegen, Berlijn - Duitsland, Calgary - Canada, Sapporo - Japan, Brugge - België, Memphis - Verenigde Staten



2. WATER IN DE STAD

De stedelijke bevolking heeft in de loop van de geschiedenis de natuurlijke stroom van water vaak aangepast: waterlopen werden omgelegd, beekjes en stroompjes werden gekanaliseerd of juist onder de grond gestopt, meestal in de vorm van riolering. Door het water in de stad te beheersen en te sturen werd de stad leefbaarder, hygiënischer en kwam er meer grond beschikbaar voor bebouwing. Deze aanpassingen aan de natuurlijke waterstroom, de waterketen, hebben hun grens bereikt. Door de klimaatverandering regent het vaker en harder waardoor er een tekort aan bergingscapaciteit in het rioolstelsel en het oppervlaktewater in de stad ontstaat. Door de toename van piekbuien zal er meer wateroverlast op straat komen en in de rioolwaterzuivering wordt relatief veel meer (schoon) water gezuiverd. Hiervoor moeten oplossingen worden gevonden. In dit hoofdstuk zullen we kort ingaan op het watersysteem, de waterketen, het rioolsysteem, mogelijke oplossingen voor wateroverlast en het wettelijk kader van het stedelijk watersysteem.

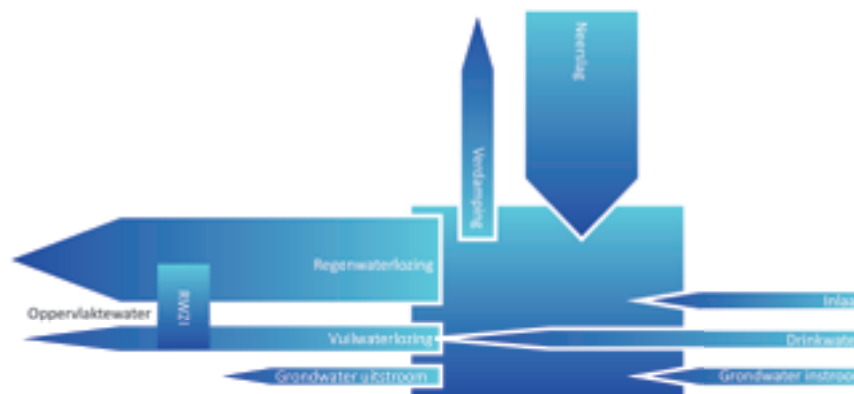
2.1 Functioneren watersysteem en waterketen

2.1.1. Watersysteem

Het watersysteem en de waterketen zijn met elkaar verweven. Het watersysteem is de natuurlijke stroom van het water: van neerslag naar verdamping, oppervlaktewater en grondwater, van grondwater naar oppervlaktewater en van oppervlaktewater naar verdamping (zie figuur 5 Model met weinig verdamping en weinig grondwateruitstroom).

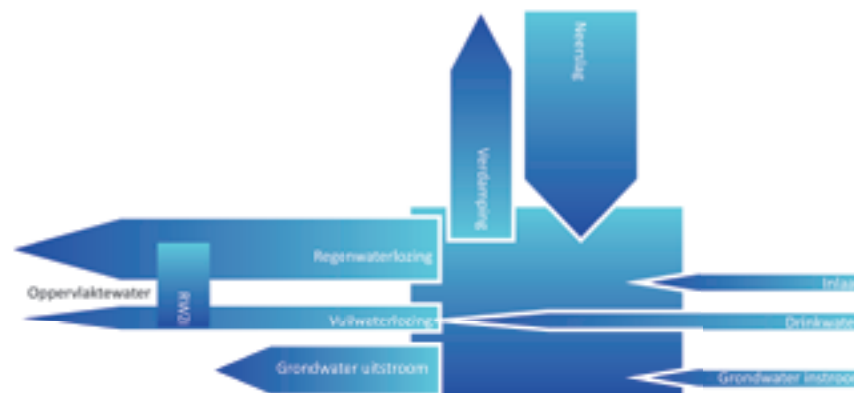
In een stad waar regenwater niet kan worden geïnfiltreerd in de bodem wordt het water direct afgevoerd naar het oppervlaktewater. Hierdoor wordt het grondwater nauwelijks aangevuld en verdampt er weinig water (zie figuur 5, voorbeeld naar Kwaadsteniet et al., 2000). De bergingscapaciteit voor regenwater is in dit model beperkt. Omdat de bergingscapaciteit beperkt is neemt wateroverlast toe bij hevige buien. Voor afnemende bergingscapaciteit en deze toenemende wateroverlast in de stad zijn diverse oorzaken aan te wijzen (Luijtelar & Clemens, 2007):

- Er zijn op sommige plaatsen geen trottoirs. Hierdoor is er geen tijdelijke waterberging mogelijk, het water stroomt direct de woningen of winkels in.
- Er is een toename aan verkeersdrempels. Dit heeft tot gevolg dat de afvoer van het regenwater over de straat minder makkelijk gaat.
- Steeds vaker worden ingangen naar woningen en gebouwen gemaakt die beneden het niveau van de weg liggen.
- Groene zones langs de weg worden hoger dan de weg aangelegd. Hierdoor is er minder mogelijkheid voor waterinfiltratie in de groenstrook.
- De verharding van particuliere tuinen neemt toe. Het water kan hier dus minder infiltreren.
- Gebouwen worden tegenwoordig vaker op (te) lage en natte delen in het land neergezet, waar men vroeger niet gebouwd zou hebben.



Figuur 5 Model met weinig verdamping en weinig grondwateruitstroom (voorbeeld Stowa, 2000)

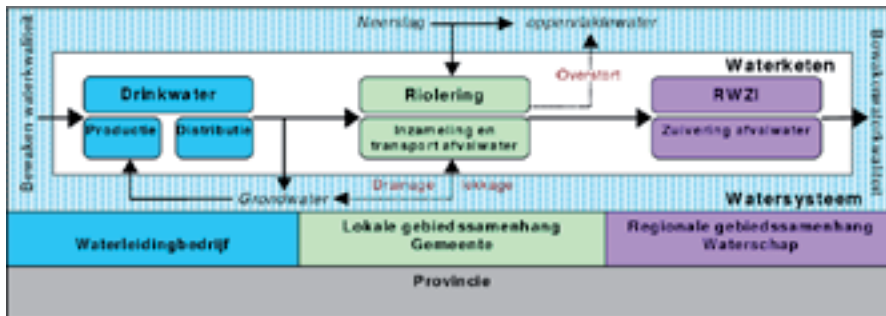
In een stad waarin meer wordt geïnfiltreerd doordat het hemelwater is afgekoppeld en er meer groenoppervlakken zijn zullen de waterstromen op een meer natuurlijke wijze verlopen. Hemelwater kan het grondwaterpeil verhogen. Meer groen zorgt voor meer verdamping. Dit zorgt samen voor een meer natuurlijke kringloop van het water. Een meer natuurlijke waterstroom vermindert de wateroverlast in de stad. Het model ziet er dan uit zoals in onderstaande afbeelding.



Figuur 6 Model met veel verdamping en veel grondwateruitstroom (voorbeeld Stowa, 2000)

2.1.2. De waterketen

De waterketen wordt gevormd door het menselijk ingrijpen in het natuurlijk watersysteem. De waterpartners: waterleidingbedrijf, gemeente en waterschap werken hierbij samen (www.rijksoverheid.nl). Voor drinkwater maakt het waterleidingbedrijf gebruik van het grondwater dat opgepompt wordt uit de bodem of van het oppervlaktewater. Het afvoeren van afvalwater en regenwater is voor rekening van de gemeenten. Aan het eind van de keten wordt het zuiveren van het afvalwater en eventueel regenwater verzorgd door het waterschap in de RWZI. De waterketen staat dus niet los van het watersysteem maar maakt hier gebruik van. Om de waterketen goed draaiende te houden is het noodzakelijk te zorgen voor aanvulling van de natuurlijke waterbronnen (zuiver en voldoende grondwater, zuiver en voldoende oppervlakte water).



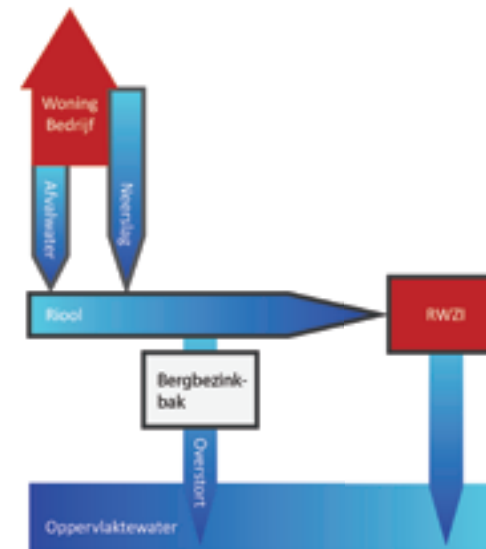
Figuur 7 Waterketen en watersysteem (bron: www.rijksoverheid.nl)

2.2 Gemengd en gescheiden rioolstelsel

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de afvoer van afvalwater en hemelwater in het rioolstelsel. Het rioolstelsel kan ingericht zijn voor enkel afvalwater (gescheiden stelsel) of voor afvalwater en regenwater (gemengd stelsel).

2.2.1. Gemengd rioleringsysteem

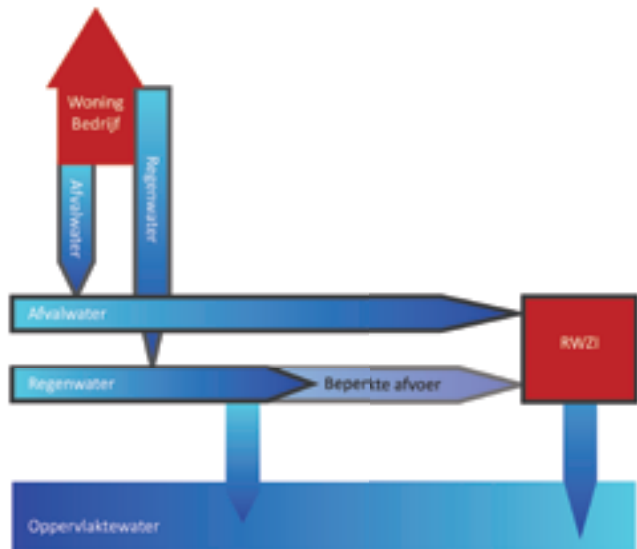
Het rioleringsysteem is in de Nederlandse steden voor driekwart gemengd (www.riool.net). Regenwater en afvalwater worden verzameld en in één buis richting de rioolwaterzuivering (RWZI) vervoerd. Hierbij is er tussendoor altijd een overstort richting het oppervlaktewater, al dan niet verbeterd met een bergbezinkbak, waar een deel van het vuil kan bezinken zodat minder vervuild water richting het oppervlakte water stroomt.



Figuur 8 Gemengd rioolstelsel (voorbeeld riool.net)

2.2.2. Gescheiden rioleringsstelsel

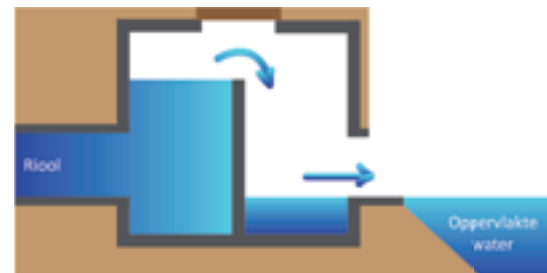
In het gescheiden stelsel wordt regenwater apart verzameld van afvalwater. Het regenwater gaat direct naar het oppervlaktewater en het afvalwater gaat naar het RWZI. In het verbeterd gescheiden stelsel wordt een klein deel van het regenwater ook naar het RWZI geleid vanwege vervuilingen die hierin kunnen voorkomen.



Figuur 9 Gescheiden riolsysteem (voorbeeld riool.net)

2.2.3. Nadelen gemengd stelsel

Nadeel van een gemengd stelsel is dat veel relatief schoon regenwater naar de RWZI wordt vervoerd, hierdoor wordt de RWZI onnodig veel belast (www.riool.net). Bij hevige regenbuien kan het systeem het water niet meer kwijt bij de RWZI. Overtollig regen- en afvalwater zal via de overstorten direct in het oppervlaktewater stromen waardoor de kwaliteit van dit water achteruit gaat. Bij een zeer sterke en snelle stijging van de regen- en afvalwaterafvoer in het riool kan het voorkomen dat de overstort niet meer goed werkt en regen- en afvalwater direct op straat terecht komt. Tevens krijgt de RWZI te maken met onregelmatige toevoer van regen- en afvalwater. Hierdoor is er een grotere kans op lozing van slecht gezuiverd water na het passeren van de RWZI (www.riool.net). Het zuiveringsproces functioneert optimaal bij een regelmatige toevoer van sterk vervuild water.



Figuur 10 Riooloverstort (voorbeeld www.gisnet.nl)

2.3 Hoeveel water accepteert je op straat?

Als gevolg van de beperkte capaciteit van het rioolstelsel zal altijd water op straat blijven staan. Niet elke hoeveelheid water op straat is een probleem, overtollig regenwater kan prima tijdelijk op straat geborgen worden. Het is uiteraard wel een probleem als afvalwater uit putten van een gemengd rioolsysteem op straat komt. Wanneer is water op straat nu wel een probleem en waar ligt dit aan?

Het is goed om een onderscheid te maken tussen hinder, ernstige hinder en overlast als gevolg van een stortbui. Echte wateroverlast is urgent en moet zoveel mogelijk voorkomen worden. Hinder is minder urgent maar kan eventueel wel worden aangepakt bij het klimaatadaptief maken van een wijk (www.riool.net). Overlast en ernstige hinder zijn redenen om te zoeken naar oplossingen.

Voorbeelden van wateroverlast zijn: water in gebouwen, afvalwater op straat, blokkades belangrijke verkeersaders/verkeerstunnels, langdurige hinder fietsers en voetgangers (langer dan 4 uur water op straat) en opdrijvende putdeksels. Iets minder urgente problemen maar wel zeer hinderlijk zijn bijvoorbeeld: ondergelopen achterpaden, tuinen die zijn ondergelopen en ondergelopen winkelstraten. Men spreekt van slechts tijdelijke hinder, en dus minder urgente problemen, als het water op straat binnen enkele uren weer weg is. Wateroverlast is vaak het startpunt voor het analyseren van waterproblematiek en het zoeken naar klimaatadaptieve oplossingen.



Figuur 11 Hinder, ernstige hinder en overlast door water (bron: google.nl)

2.4 Berekeningsgrondslagen riolering en watersysteem

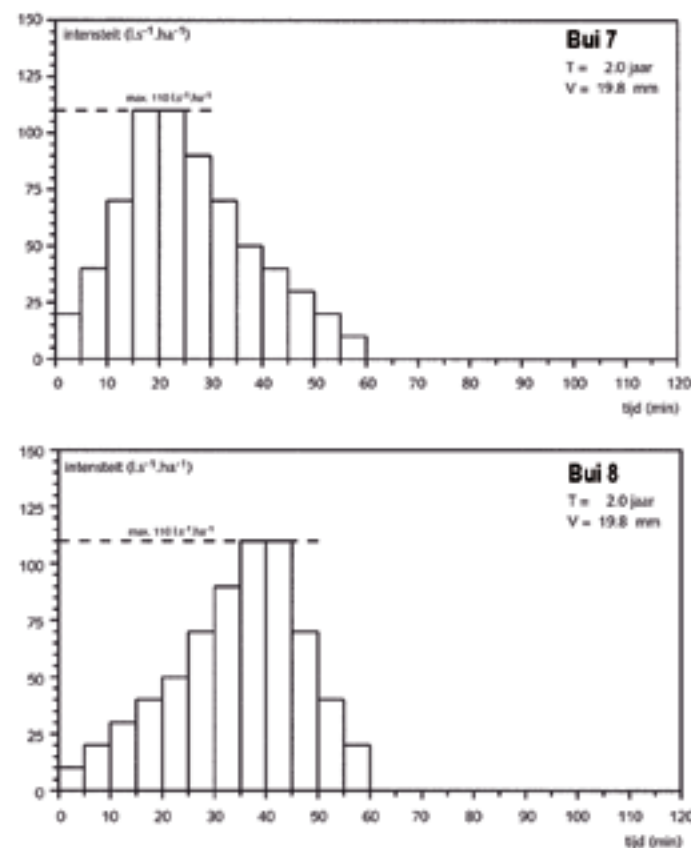
In deze paragraaf wordt uitleg gegeven over de verschillen in de norm voor het optreden van water op straat in relatie tot de capaciteit van de riolering en de norm voor overstromingen van waterlopen in relatie tot de capaciteit van de watergangen (Luijtelaar, 2006).

Voor de eenvoud hebben ontwerpers van rioolstelsels van oudsher een 'knip' aangebracht tussen het ontvangende oppervlaktewater (het watersysteem) en de riolering. Riolering en oppervlaktewater gelden als onafhankelijk functionerende systemen. Voor de riolering wordt daarbij het uitgangspunt gehanteerd dat altijd sprake is van een vrije overstorting, de afvoer is niet begrensd.

Het functioneren van een rioolstelsel en een watersysteem worden beoordeeld op basis van verschillende maatstaven. De reguliere werking van een rioolstelsel wordt beoordeeld aan de hand van een ontwerpbui met een herhalingstijd van 2 jaar ($T=2$), waarbij er in de praktijk sprake is van extra buffercapaciteit in de vorm van de berging van 'water op straat'. Bij zwaardere buien is er daarom nog een flinke veiligheidsmarge voordat 'water op straat' via de gradaties hinder, ernstige hinder over gaat in overlast met schade. De overbelasting in de vorm van inundatie van een watersysteem wordt beoordeeld op basis van een herhalingstijd van 100 jaar ($T=100$). Essentieel verschil tussen riolering en oppervlaktewater is de duur van de overlast. Kortdurend voor de riolering en langer voor de trager afvoerende watersystemen. Zelden zullen wateroverlast door riolering en oppervlaktewater door dezelfde buien worden veroorzaakt.

De meeste gemeenten maken bij het dimensioneren van het rioolstelsel gebruik van de ontwerpbui $T=2$ (bui 7 en 8). Voor de buien 7 en 8 zijn twee vormen

gedefinieerd met eenzelfde duur, totale neerslaginhoud en maximale intensiteit. Maar wel met een ander tijdsverloop. Het verschil zit in het moment dat de maximale inloopintensiteit optreedt: piek voor- of achterin de gebeurtenis. Onderstaand figuur geeft schematisch het verloop van deze buien weer.



Figuur 12 Schema neerslagverloop van bui 7 en 8 (bron: Module C2100, Rioned)

2.5 Oplossingsstrategieën

Oplossingen voor toenemende wateroverlast kunnen gevonden worden in vier strategieën. Namelijk voorkomen, beperken, herstellen en bijsturen van waterproblemen (Ven, van de. F. et al., 2009). In deze paragraaf worden de vier oplossingsstrategieën kort toegelicht. Zoals in voorgaande paragraaf beschreven heeft het riool per definitie een beperkte capaciteit waardoor het niet mogelijk is elke bui op te vangen. Er zal altijd een capaciteitstekort zijn bij zeer extreme buien.

2.5.1. Voorkomen

Het voorkomen van wateroverlast in de stad is in principe een goede strategie. In bestaande situaties is dit echter niet altijd mogelijk en moet gedacht worden aan de overige drie strategieën. Bij voorkomen wordt gekeken hoe de bebouwing en nutsvoorzieningen droog kunnen blijven. Bebouwing kan met een verhoogd vloerpeil worden aangelegd, bijvoorbeeld door de begane grond niet bewoonbaar te maken, er kunnen waterdichte keerschotten omheen worden gezet, er kan gebouwd worden op palen. Dit alles zodat het woonoppervlak droog blijft. Nutsvoorzieningen kunnen droog blijven door transformatorhuisjes op een verhoging aan te leggen en kabels en leidingen in waterbeschermende kokers neer te leggen.



Figuur 13 Oplossing voorkomen (op palen bouwen)

2.5.2. Beperken

Ten tweede is het beperken van wateroverlast een goede strategie om overlast tegen te gaan. Woningen kunnen bijvoorbeeld drijvend, amfibisch of waterdicht worden gebouwd. Ook kan men bewoners zo goed mogelijk voorlichten over waarom er soms water op straat komt te staan en hoe burgers ervoor kunnen zorgen dat kelders e.d. niet vol lopen. Binnen de oplossingsstrategie 'beperken' vallen ook de maatregelen zoals het aanleggen van meer groen in de stad. Het groen zal het water opnemen en vertraagd afvoeren. Ook zorgt groen voor meer verdamping. Verder kan intelligente sturing binnen het rioleringsstelsel (real time control) er voor zorgen dat meer capaciteit wordt benut en dus minder wateroverlast zal ontstaan.



Figuur 14 Oplossing beperken (amfibisch bouwen, meer groen, real time control)

2.5.3. Afkoppelen: beperken van wateroverlast

Ook met afkoppelen van regenwater wordt de overlast beperkt. Dit doordat het regenwater gescheiden wordt van het vuilwater. De beste omgang (infiltreren, bergen, afvoeren / boven- of ondergronds) hangt vervolgens af van onder andere de bodemopbouw en -doorlatenheid, beschikbare ruimte voor infiltratie of berging, hoogste grondwaterstand, de kans op verontreinigingen, de efficiëntie van beheer en onderhoud, en de gewenste uniformiteit in beheer en onderhoud.

Afhankelijk van de verwachte kans op verontreinigingen kan het regenwater

voor infiltratie of afvoer worden gezuiverd. Bekende manieren van zuivering zijn: in de bodem, grof vuil eruit scheiden door blad- en zandvangers, door planten in een helofytenfilter.

De inrichting van de omgang van regenwater hangt dus van diverse omstandigheden af. In hoofdlijnen kan het water geïnfiltreerd worden in de bodem mits de grondwaterstand voldoende laag is en er voldoende infiltratiesnelheid is. Dit betreft vaak steden op dekzandafzettingen. In hoofdlijnen moet regenwater worden afgevoerd als de grondwaterstand te hoog is en er te weinig infiltratiesnelheid is zoals in steden op klei- en veenafzettingen. De keuze voor boven- of ondergronds infiltreren hangt met name af van de beschikbare ruimte. In onderstaande tabel worden de diverse manieren van afkoppelen op een rij gezet.

Bovengronds infiltreren	Bovengronds bergen	Bovengronds afvoeren	Ondergronds infiltreren	Ondergronds afvoeren
Wadi	Regenton	Goten	Infiltratiekrat	HWA riool
Vijver	Vegetatiedak	Sloot	Grindkoffer	
Infiltratieveld	Vijver		Lavakoffer	
Infiltratiegreppel	Singel		Infiltratieriool	
Zaksloot	Op daken		Infiltratieput	
Doorlatende verharding	Regenton voor grijs water		Watershell	
Passeerbare verharding				

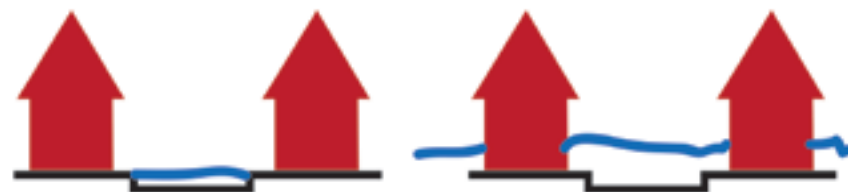
Tabel 1 Overzicht afkoppelmethoden (Bronnen: Tauw, Pötz & Bleuzé, 2012)



Figuur 15 Oplossing beperken door afkoppelen (wadi, regenton, infiltratiekratten)

2.5.4. Herstellen en bijsturen

Herstellen en bijsturen zijn tevens twee oplossingsstrategieën. Hierbij worden als voorbeelden schoonmaken en verzekeren genoemd. Oplossingen zoals locatiekeuze en herstelgericht bouwen horen tussen de categorieën bijsturen en beperken van wateroverlast in. Binnen deze strategie valt ook het vergroten van het waterbewustzijn. Door het zichtbaar maken van afvoer van regenwater in de openbare ruimte wordt het voor iedereen duidelijker wat de problemen kunnen zijn bij hevige neerslag. Het herstellen van gedempte grachten, hergebruik van afvalwater en water weer een transportfunctie laten vervullen kan hier ook aan bijdragen.



Figuur 16 Oplossing herstellen en bijsturen (acceptatie, verzekeren schade)

2.6 Wettelijk kader

De verwerking en afvoer van hemel- en afvalwater is in diverse wettelijke kaders vastgelegd. In deze paragraaf worden de verschillende wettelijke kaders op Europees-, rijks-, regionaal en lokaal niveau kort toegelicht.

2.6.1. Europa

De Europese Kaderrichtlijn Water (KWR) heeft als doel om de waterkwaliteit te verbeteren. Hierbij zijn duidelijke doelen gesteld wat betreft de chemische

en ecologische kwaliteit. Bij infiltratie van regenwater in de bodem of afvoer naar het oppervlaktewater moeten waterbeheerders ervoor zorgen dat de waterkwaliteit niet achteruit gaat. Dit betekent dat het regenwater bij infiltratie of afvoer niet vervuild mag zijn. Dit is ook vastgelegd in het hierna genoemde Nationaal Bestuursakkoord Water en het Nationaal Waterplan (www.helpdeskwater.nl).

2.6.2. Rijksoverheid

Een van de beleidsinstrumenten om wateroverlast aan te pakken is het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Dit akkoord is in 2007 vernieuwd en heet sindsdien 'het NBW-actueel'. Binnen het NBW heeft de overheid vastgelegd dat gemeenten en waterschappen gemeentelijke waterplannen opstellen. In die plannen wordt gezorgd voor maatregelen om de basisinspanning te halen, optimalisatie van het rioleringsstelsel en maatregelen om de grondwateroverlast aan te pakken. De norm is dat niet vaker dan eens per honderd jaar wateroverlast in bebouwing mag optreden. De norm stelt verder dat niet vaker dan eens per tien jaar water op straat mag komen te staan en niet vaker dan eens per twee jaar op dezelfde locatie wateroverlast mag zijn (www.helpdeskwater.nl).

In het Nationaal Waterplan wordt het waterschap aangewezen als trekker van de wateropgave gemeenten en andere partijen. Het waterschap doet voorstellen aan de provincie voor gebiedsnormen en maatregelen voor stedelijk en landelijk gebied. Waterschappen zorgen voor meer bergingsruimte voor water op regionaal gebied. Gemeenten blijven echter verantwoordelijk, via de zorgplicht, voor regenwateropvang en -afvoer. Dit is geregeld in het Gemeentelijk Rioleringsplan (www.helpdeskwater.nl).

2.6.3. Regionaal

Op basis van het Nationaal Waterplan wordt het Regionale Waterplan vastgesteld door de provincie. De periode waarvoor de plannen geldig zijn is zes jaar. De regionale waterplannen zijn op hun beurt weer de basis voor beheerplannen van het waterschap.

Zoals hierboven gesteld stellen waterschappen eens in de zes jaar beleid vast in een waterbeheerplan. Deze plannen moeten goedgekeurd worden door de provincie. De waterbeheerplannen moeten passen bij de overige regionale ontwikkelingsplannen die ook door de provincie worden goedgekeurd.

2.6.4. Lokaal

Gemeenten geven op hun beurt vorm aan de zorgplicht voor grond-, hemel- en afvalwater. De Wet milieubeheer is de basis voor de zorgplicht voor de inzameling van afvalwater. Deze sluit aan op de zorgplicht van de waterschappen voor het zuiveren van stedelijk afvalwater. De Waterwet is de basis voor de zorgplicht voor hemelwater en grondwater. De gemeenten leggen de manier waarop ze invulling geven aan deze zorgplicht vast in een Gemeentelijk Rioleringsplan. De gemeente kan aan individuele lozingen ook eisen stellen met behulp van de gemeentelijke verordnungsbevoegdheid (VNG, 2007).

De zorgplicht voor hemelwater houdt in dat als eigenaren van particulier terrein niet zelf op eigen terrein het hemelwater kunnen verwerken de gemeente een voorziening moet aanbieden waar het hemelwater alsnog in geloosd kan worden (www.infomil.nl). Verder heeft de gemeente, als eigenaar van de openbare ruimte, ook de zorgplicht om zich op een passende wijze van het hemelwater te ontdoen dat op het openbaar gebied valt. Dit is veruit de grootste hoeveelheid hemelwater.



3. IS DE STAD KLAAR VOOR DE STORTBUI?

Om een antwoord te vinden op de onderzoeksvraag 'Is de stad klaar voor de stortbui?' hebben wij beheer- en beleidsmedewerkers van twaalf grote steden in Nederland geïnterviewd. Het doel van deze referentiestudie is om het watersysteem van een aantal steden te vergelijken en om na te gaan hoe de ervaringen met klimaatadaptieve maatregelen elders kunnen doorwerken voor ons casusgebied St. Marten in Arnhem. Naast de gegevens die uit de interviews naar voren zijn gekomen hebben wij gebruik gemaakt van gegevens uit de benchmark van de stichting Rioned uit 2010 (Rioned, 2010).

In dit hoofdstuk zijn alle gegevens geordend in acht paragrafen (onderwerpen) en een conclusie. Elke paragraaf bevat een tabel, een toelichting en een aantal citaten uit de interviews. De vragenlijst van de interviews en een lijst met deelnemers aan de interviews zijn in de bijlagen II en III opgenomen.

3.1 Algemeen

De twaalf geïnterviewde steden zijn gebouwd op verschillende grondsoorten en zijn als zodanig moeilijk met elkaar te vergelijken. Toch heeft elke stad te kampen met wateroverlast op straat, zo blijkt uit de interviews. Dat wordt grotendeels veroorzaakt door het toenemend aantal extreme buien als gevolg van de klimaatverandering. In Rotterdam komt daarbij ook de dreiging van wateroverlast vanuit de Maas, vanuit de bodem door kwel en vanuit de zee vanwege stijging van de zeespiegel. In Eindhoven, met een maaiveldniveau ruim boven NAP, heeft men te maken met leemhoudend zand in de ondergrond, waardoor het water nauwelijks infiltreert. Zo heeft elke stad haar eigen specifieke knelpunten.

Ook de gemiddelde grondwaterstand van de twaalf steden varieert nogal: van 0,10 tot 45 meter onder maaiveldniveau, wat direct invloed heeft op de te treffen maatregelen. Uit de interviews blijkt natuurlijk dat steden op zandgrond beter kunnen infiltreren dan steden gebouwd op klei of veen. Maar steden op zandgrond kunnen ook te maken hebben met versturende leemlagen in de ondergrond of leemhoudend zand.



Figuur 17 Kaart met aanduiding geïnterviewde steden

Gemeente	Aantal inwoners*	Grondsoort**	Gemiddelde grondwaterstand in m. onder maaiveld**
Amsterdam	789.846	klei/veen	0,30-1,30
Rotterdam	617.347	klei/veen/zand	0,10-2,00
Den Haag	501.725	centrum voornamelijk zand, buitenwijken klei/veen	0,80-2,10
Utrecht	316.448	centrum voornamelijk zand, buitenwijken klei/veen	1,50
Eindhoven	217.120	leemhoudend zand	1,00-3,00
Groningen	192.735	klei	1,00
Nijmegen	165.127	zand	0,50-40,00
Arnhem	149.272	zand, klei	0,75-40,00
Zwolle	121.602	centrum voornamelijk zand, buitenwijken klei/veen	1,20
Maastricht	121.010	loss/klei	3,00-30,00
Ede	108.789	zand	2,00-45,00
Leeuwarden	95.313	klei/veen	0,70

Tabel 2 Algemene gegevens (* Bron: CBS, 1 feb. 2012, **Bron: gegevens uit interviews okt-nov 2012)

3.2 Klimaatverandering

De meeste geïnterviewden zijn ervan overtuigd dat er een klimaatverandering gaande is en geven aan dat deze verandering, onder andere in de vorm van frequenter wateroverlast in de stad, is waar te nemen. Dit is vooral te merken aan de toenemende hoeveelheid klachten na een extreme bui. Daarbij vormen ook media als YouTube een belangrijk invoelbaar collectief geheugen.

Er zijn ook professionals die denken dat de toename van extreme buien en langere droogteperiodes niet perse veroorzaakt wordt door de klimaatverandering, maar dat dit meer iets is van alle tijden.

Het antwoord op de vraag of er wel eens water op straat staat als gevolg van extreme buien is unaniem 'ja'. Net als het antwoord op de vraag of er klimaatadaptieve maatregelen getroffen worden: ja. De gegevens uit de benchmark van de stichting Rioned uit 2010 bevestigen dit antwoord nog eens.

De meeste geïnterviewden hebben geen behoefte aan meer kennis over klimaatadaptatie. Er wordt al vaak deelgenomen aan (inter)nationale programma's als het Deltaprogramma, Future Cities en Prepared¹. Ook zijn veel steden actief bezig met pilotprojecten en het testen van nieuwe afvoer- en infiltratiesystemen.

Wat betreft de communicatie naar burgers over de klimaatverandering en het treffen van klimaatadaptieve maatregelen zijn de antwoorden wisselend. De grootste steden zijn wat dat betreft over het algemeen behoorlijk actief in de vorm van een voorlichtingscampagne met flyers en dergelijke. De overige steden geven aan dat aan dit onderwerp vrij weinig aandacht wordt besteed en sommigen vinden dat dit in de toekomst beter kan.

¹ Voor meer informatie: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma>, <http://www.future-cities.eu/nl/>, <http://www.prepared-fp7.eu/>

Citaten uit de interviews:

Je ziet dat er meer regenbuien komen in de zomer, die dan ook nog eens knetterhard zijn.

De oorzaak van wateroverlast is een samenkomst van een aantal factoren: groot verhard oppervlak, heel veel regen (wij hebben wel buien gehad dat er 44 mm viel in een kwartiertje), het is hier heel vlak met een paar minimale hoogteverschillen: daar is dan meteen de overlast.

Is er dan een klimaatverandering? Ik geloof er niet in. Die extreme buien hebben we altijd wel gehad. En de droogtes ook.

De gemeente gaat nu de informatievoorziening 'van onderaf' regelen: een lespakket voor basisscholen, met de kinderen de wijk in, kijken bij een weg die open ligt. Presentaties op school wat afkoppelen inhoudt. Hiermee proberen wij de mensen bewust te maken.



3.3 Huidige rioolsystemen en omgang met regenwaterafvoer

In onderstaande tabel is goed de verhouding te zien tussen de gemengde en gescheiden rioolstelsels. Amsterdam springt daarbij in het oog, deze stad heeft al sinds 1923 hoofdzakelijk gescheiden stelsels aangelegd. Ook in Arnhem is het stelsel al voor bijna 80% gescheiden. Dit komt omdat Arnhem-Zuid (beslaat bijna 2/3 van het totale stadsoppervlak) bij de aanleg meteen een gescheiden stelsel kreeg. Bovendien wordt er in Arnhem-Noord wijk voor wijk afgekoppeld bij het uitvoeren van integrale onderhoudsprojecten.

De omgang met regenwaterafvoer hangt nauw samen met de grondsoort en de gemiddelde grondwaterstand. Zie hiervoor ook tabel 2 op pagina 30.

Op de vraag of het regenwater vooral bovengronds of ondergronds wordt afgevoerd zegt bijna de helft van de geïnterviewden uitsluitend ondergronds af te voeren. De overigen geven aan ook wel bovengronds af te voeren. Dit heeft vaak te maken met het natuurlijk verloop van het maaiveld, voor bovengrondse afvoer is immers verhang nodig. Een professional geeft aan dit verhang bij nieuwbouw bewust te 'manipuleren' door in het lengteprofiel van een rijweg een flink hoogteverschil aan te brengen. Het vloerpeil van de aanliggende woningen moet dan wel aangepast worden aan het wegprofiel en de afstemming daarvan met de stedenbouwkundigen blijkt in de praktijk vaak weerbarstig. Hierover meer in paragraaf 3.4.

Gemeente	Gescheiden rioolstelsel in %*	Gemengd rioolstelsel in %*	Afvoer of infiltratie van regenwater	Boven- of ondergronds afvoeren van regenwater
Amsterdam	81	19	Afvoer	Ondergronds
Rotterdam	31	69	Beide	Beide
Den Haag	40	60	Beide	Ondergronds
Utrecht	46	54	Beide	Beide
Eindhoven	29	71	Afvoer	Ondergronds
Groningen	25	75	Afvoer	Ondergronds
Nijmegen	50	50	Beide	Beide
Arnhem	78	22	Beide	Beide
Zwolle	63	37	Beide	Beide
Maastricht	13	87	Afvoer	Beide
Ede	47	53	Beide	Beide
Leeuwarden	22	78	Afvoer	Beide

Tabel 3 Rioolsystemen en regenwaterafvoer (*Bron: benchmark 2010 Rioned)

Citaat uit de interviews:

Het stedelijk watersysteem is niet meegegroeid met de stad en nu kan het stedelijk watersysteem niet meer groeien wegens ruimtegebrek. De gevolgen worden alleen maar helderder naarmate de klimaatverandering verdergaat.

3.4 Planvorming en beleid

De planvorming omtrent het riool- en waterbeleid verloopt niet altijd even makkelijk. In het stedelijk gebied heeft men in hoge mate te maken met meervoudig ruimtegebruik en zullen er wat betreft de ruimtelijke inrichting altijd compromissen gesloten moeten worden. Het belang van maatregelen om wateroverlast in te perken in de stad is meestal nog niet in alle lagen van de gemeentelijke organisatie doorgedrongen. Alle geïnterviewden geven aan dat de wethouders zich wel bewust of soms zelfs zeer bewust zijn van de noodzaak om de stad te wapenen tegen wateroverlast, veroorzaakt door extreme buien. De bewustwording van het belang om maatregelen te treffen bij de stedenbouwkundigen, bijvoorbeeld door middel van ruimte voor water, vindt men daarentegen vaak niet voldoende: 'we krijgen het niet tussen de oren'. Een reden waarom stedenbouwkundigen vaak te weinig aandacht voor klimaatadaptieve maatregelen hebben, is volgens sommigen een gebrek aan kennis over dit onderwerp. Of nog steeds een traditionele manier van denken en wellicht ook de behoefte aan behoud van creatieve vrijheid.

De integrale aanpak van de beheerafdelingen openbare ruimte bij planvorming wordt over het algemeen als goed ervaren. Met andere woorden, de (sub) afdelingen groen, infra, riolering, beheer etc. vormen vaak een projectteam tijdens de planvormings- en uitvoeringsfase van een project. Deze vorm van samenwerken is nog vrij nieuw, ongeveer tien jaar geleden opereerden de afzonderlijke afdelingen meer autonoom.

De onderbouwing van keuzes voor een bepaald afvoer- of integratiesysteem berust vaak op ervaring, literatuur, voorlichting en gezond verstand.

Gemeente	Hoe worden keuzes gemaakt voor een bepaalde voorziening?	Wat zijn de knelpunten tijdens de planvormingsfase?	Integrale aanpak binnen cluster openbare ruimte?	Wordt beheer betrokken bij de planvorming?
Amsterdam		financiën en beheer	ja, maar kan beter	rioolbeheer wel
Rotterdam	hemelwater-matrix	3 waterschappen en 1 waterleidingbedrijf		ja
Den Haag	ervaring, testen, Rioned	Bijv. maatregelen rondom trambaan: 2 trammaatschappijen	ja	ja
Utrecht	per project bepaald a.d.v. eigenschappen gebied en beschikbare ruimte	te laat of niet betrokken bij planvormingsfase, bestaande infrastructuur en bomen	ja	ja, maar kan beter
Eindhoven	literatuur, ervaring, gezond verstand, voorlichting		werken in teams, dat gaat goed	ja, ieder plan wordt aan beheer voorgelegd met een beheertoets
Groningen			ja	ja, maar vaak tegengestelde belangen
Nijmegen	water/riolerings-beleidsplannen, afkoppelnota	ruimtelijke ordening, het interne proces binnen de waterketen en bij ondergrondse werken: de archeologie	ja	ja
Arnhem	beheeraspect en zo eenvoudig mogelijke voorzieningen	2 waterschappen	ja	ja
Zwolle	ervaring, YouTube	beperkte ruimte	ja, kan altijd beter (beheerfase)	ja
Maastricht		ligt eraan wie de ontwikkelaar is. In crisis komt duurzaamheid op de laatste plaats	altijd meeliften met andere projecten	ja, plannen worden getoetst door beheer
Ede	Ervaring, voorlichting			te weinig
Leeuwarden	ervaring, literatuur, beurzen	financiën en alle afdelingen op zelfde spoor	gaat goed	

Tabel 4 Beleid en planvorming

Citaten uit de interviews:

Er zijn twee wethouders, en trouwens ook de burgemeester, die persoonlijk denken dat het allemaal veel erger is dan wij nu aannemen, die maken zich daar echt zorgen om. Dit komt deels door het Deltaprogramma.

Een wethouder die het even niet begreep: we hebben veel geld besteed aan een gescheiden rioolstelsel en vervolgens worden de regenpijpen afgezaagd en loopt het alsnog in het riool... Die had dus niet door dat er ondergronds nu twee riolen liggen: één voor vuil water en één voor regenwater...

Helemaal bovengrondse afvoer krijg ik niet tussen de oren van de stedenbouwkundigen. Ligt aan traditionele denken van de architecten, je moet continu blijven voorlichten dat die regenpijp niet perse onder de grond hoeft te verdwijnen.

In de nieuwbouwwijken wordt nog steeds traditioneel ondergronds afgevoerd, met kolken en dergelijke, terwijl er vaak voldoende ruimte is voor bovengrondse afvoer. Dat hoort zo... De heren inrichters, ontwerpers en uitvoerders zijn ernstig dom bezig wat mij betreft. Zeker als je zoveel ruimte hebt.

3.5 Maatregelen

Tijdens de interviews is uitvoerig gesproken over de te nemen maatregelen om wateroverlast, veroorzaakt door extreme buien, tegen te gaan. Uit de literatuur blijkt dat men een aantal jaren geleden erg enthousiast was over het afkoppelen van het verhard oppervlak. Het is immers een doeltreffend middel om de basisinspanning te halen, om het capaciteitsprobleem bij de RWZI tegen te gaan en om de grondwaterstand op peil te houden. Er werd autonoom afgekoppeld, dus zonder samenloop met andere werkzaamheden in de openbare ruimte, wat al gauw veel te duur bleek te zijn. Er werd zelfs afgekoppeld om het afkoppelen. Inmiddels, zo blijkt uit de interviews, staat men wat nuchterder tegenover deze maatregel. 'Afkoppelen moet geen dogma zijn' en 'afkoppelen is een middel en geen doel op zichzelf'. Het afkoppelen gebeurt tegenwoordig altijd in combinatie met andere onderhoudswerkzaamheden aan bijvoorbeeld rijwegen: werk met werk.

Veel geïnterviewden staan afwijzend tegenover afkoppelen van bestaand particulier terrein. Bij nieuwbouw is dit wel een verplichting. Men is vaak bang voor foutieve aansluiting van de regenwaterafvoer door particulieren, er is bijvoorbeeld een reële kans dat de afvoer van de wasmachine verkeerd wordt aangesloten en loost op de regenwaterafvoer. In Amsterdam zorgt de gemeente voor de vuilwater- en schoonwateraansluiting op de woning en zij besteedt dit ook niet uit aan derden. Op deze manier is de kans op foutieve aansluiting van buitenaf te beheersen. Tegelijkertijd kunnen er in pandig nog altijd fouten worden gemaakt.

Of de regenwatervoorzieningen boven- of ondergronds aangelegd worden is in de meeste gevallen niet zozeer een gevolg van een wens, maar wordt door de omstandigheden bepaald. Toch is er bij veel professionals wel degelijk een

voorkeursvolgorde ten aanzien van maatregelen. De primaire voorkeur gaat uit naar bovengronds bergen en afvoeren. Dit vanwege de zichtbaarheid en het eenvoudiger beheer van de voorzieningen. Ondergrondse voorzieningen worden vaak ervaren als lastig te controleren, duur en technisch ingewikkeld.

Een andere doeltreffende maatregel die naar voren kwam uit de interviews is de acceptatie van tijdelijk water op straat. Niet alleen door bewoners maar ook juist door beleid- en beheermedewerkers. De straat biedt tussen de trottoirbanden een goede tijdelijke berging van overtollig regenwater. Deze berging wordt door weggebruikers hooguit als hinderlijk ervaren.

Wanneer treft men maatregelen? Bij hinder, ernstige hinder of overlast? Bij alle geïnterviewden worden pas maatregelen getroffen bij overlast, zoals ondergelopen woningen of tunnels. Van deze manier van categoriseren moeten burgers uiteraard wel op de hoogte zijn.

Citaten uit de interviews:

Afkoppelen is een middel en geen doel op zichzelf. Dus er moet een probleem zijn, als er geen probleem is gaan we ook niet afkoppelen omdat dat per definitie duurder is.

Water op straat is geen overlast hè, zolang het water tussen de trottoirbanden blijft staan is er niks aan de hand. Als er binnen 20 minuten het water weer weg is hoor je er niemand over.

Ik ben een beetje wars van normen, daar houdt een regenbui ook geen rekening mee. Dus we doen altijd maatwerk op de locatie waar overlast is geweest.

Vroeger was het een stuk gebruikelijker dat men een paar laarzen in huis had en dat er zo nu dan wat water op straat stond. Het is tegenwoordig de verzorgingsmaatschappij die ervoor zorgt dat zelfs de kleinste druppel al niet geaccepteerd wordt.

Gemeente	Gemeente treft maatregelen om wateroverlast te voorkomen*	Maakt onderscheid situaties met hinder (acceptabele overlast) en schade (onacceptabele overlast)*	Vergroten bestaande hydraulische capaciteit (bijv. vergroten buizen) om wateroverlast te voorkomen*	Bovengrondse aanpassingen om water te sturen waar het geen kwaad kan om wateroverlast te voorkomen*	Toelichting maatregelen (projecten) om wateroverlast te voorkomen*	Subsidie voor afkoppelen bestaand particulier terrein?
Amsterdam	nee	ja	ja	ja	extra onderhoud aan kolken	nee
Rotterdam	ja	ja	ja	nee	aanleg extra regenwaterriolen en bovengrondse aanpassingen om water te sturen en anders nl groenedaken en waterpleinen	nee
Den Haag	ja	ja	ja	ja	Groene daken	
Utrecht	ja	nee	ja	ja		subsidie groene daken en afkoppelen particulier terrein
Eindhoven	ja	ja	ja	ja		subsidieregeling voor afkoppelen van het gemengd riool
Groningen	ja	ja	ja	ja	sturing afvalwater, persleiding aanleg, stuwconstructies	
Nijmegen	ja	nee	nee	nee		ja, al heel lang
Arnhem	ja	ja	ja	ja	maatregelen moeten doelmatig zijn	niet meer
Zwolle	ja	ja	ja	ja		nee
Maastricht	ja	nee	ja	ja		
Ede	ja	ja	ja	ja		nee
Leeuwarden	ja	ja	nee	ja		nee

Tabel 5 Maatregelen (*Bron: benchmark Rioned 2010)

3.6 Ruimtelijke inrichting

Uit de vorige paragraaf blijkt dat veel professionals de voorkeur geven aan bovengrondse afvoer van regenwater. Helaas is dit in de praktijk, vooral in hoogstedelijk gebied, moeilijk te realiseren vanwege het gebrek aan ruimte. Zelfs ondergrondse maatregelen zijn in een historische binnenstad niet altijd mogelijk. Bijvoorbeeld in een straatje van vier meter breed; het kabel- en leidingenpakket onder de grond is vaak ook al vier meter breed. Er is dus geen ruimte over voor een tweede riool. Als oplossing hiervoor wordt er in sommige steden waterpasserende verharding toegepast. Deze maatregel heeft onder de geïnterviewden uitgesproken voorstanders en uitgesproken tegenstanders. De voor- en nadelen van waterpasserende verharding worden in hoofdstuk 5 nader toegelicht.

Ongeveer de helft van de geïnterviewden geeft aan in hun stad combinatiefuncties toe te passen. Dit betekent dat een speeltuin of parkeerplaats tevens als tijdelijke waterberging kan dienen, of dat een wadi in een park of plantsoen als buffering dient.

Citaten uit de interviews:

Ik zie graag dat het trottoir afwatert naar het groen. En die van groen willen dat juist niet: teveel water, dan gaan de bomen dood. Die willen dan weer drainage naar het riool en dat schiet natuurlijk ook niet op.

Probeer niet alles technisch op te lossen met buisjes want dat gaat altijd fout. Zoek het veel meer in inrichting van zowel openbaar als particulier terrein om dat regenwater op een fatsoenlijke manier af te voeren. Alles wat kunstmatig is gaat stuk, pomp gaat stuk, buis is te klein.

Gemeente	Is er overal voldoende ruimte voor afkoppelen?	Slimme oplossingen waar ruimte schaars is?	Combinatiefuncties: wateropvang/infiltratie en ...?
Amsterdam	nee	nee	speelplaats
Rotterdam	nee	ja	waterpleinen
Den Haag		waterpasserende verharding, wegen laten aflopen naar groenperken end of pipe	waterspeeltuin
Utrecht	nee	zandfilter, end of pipe wadi buiten de bebouwing	verdiepte speelvelden, waterdoorlatende verharding
Eindhoven	nee		ja, speelterrein/groenstrook als waterbuffer
Groningen	nee		nee
Nijmegen	nee	verticale infiltratieputten, infiltratieverharding en Aquaflow het moet economisch verantwoord blijven	wadi's
Arnhem	nee	waterdoorlatende en passerende verharding	vooral bij nieuwbouw, in bestaand gebied kansen bij herstructurering
Zwolle	nee		
Maastricht	nee		nee
Ede			
Leeuwarden			een paar wadi's in het groen

Tabel 6 Ruimtelijke inrichting

3.7 Beheer en monitoring

Veel van de geïnterviewden geven aan dat de langere termijnbeheer van de regenwatervoorzieningen onvoldoende geregeld is. De oorzaak hiervan ligt vooral aan de communicatie naar de beheerders toe wanneer een voorziening in werking gesteld wordt en ook in de overdracht van het werk bij de beheerders onderling. Vaak is er ook nog onvoldoende ervaring opgedaan met het beheer van de voorzieningen, veel voorzieningen bevinden zich immers nog in de testfase, en ervaringen worden te weinig gedeeld buiten de gemeentegrenzen.

Wat betreft de monitoring van de voorzieningen is het bij de meerderheid niet goed gesteld. Dit komt meestal door een gebrek aan tijd, mankracht en geld.

Citaten uit de interviews:

We brengen, na een hevige regenbui, de gebieden in kaart waar water op straat is blijven staan: risicogebieden. We maken in zo'n gebied een soort buurtcommissie; daar zit iemand van de afdeling riolering bij en twee buurtbewoners die ons directe nummer krijgen (doen we anders niet) om de situatie te monitoren.

Zelf rij ik 's ochtends op weg naar het werk altijd langs een paar wadi's en kijk ik even.

Daar doen wij niks aan. Moeten we wel doen, staat nog op mijn 'to do' lijst.

Ergens in de stad was er een gootje in de verharding gemaakt voor afwatering. De beheerder vond dat niks, mensen vielen erin en zo, en hij heeft dat gootje weer dicht gemaakt. Een week later stond de boel weer onder water.

We hebben heel veel watervoorzieningen aangelegd en het aantal wat echt op langere termijn gemonitord wordt is heel beperkt. We leggen het aan en komen er niet meer terug.

Gemeente	Voldoende ervaring met beheer van de voorzieningen?	Voldoende monitoring van de voorzieningen?
Amsterdam		redelijk
Rotterdam	ja	te weinig
Den Haag	ja, waterpass. verharding 3 x per jaar gereinigd (2x licht, 1 x intensief)	goed
Utrecht	ja	goed
Eindhoven	niet optimaal	te weinig
Groningen	ja	goed
Nijmegen	ja, beheer van infiltratieriolen en wadi's	te weinig
Arnhem	heeft te weinig aandacht	te weinig
Zwolle	afkoppelen is relatief jonge ontwikkeling, moet nog veel onderzoek worden gedaan	redelijk
Maastricht		te weinig
Ede		te weinig
Leeuwarden	ja, met de wadi's	te weinig

Tabel 7 Beheer en monitoring

3.8 Best practices

Over de vraag ‘waar bent u trots op, of welke regenwatervoorziening/welk systeem werkt goed?’ moest soms even worden nagedacht. De nadruk ligt meestal op de onderwerpen die beter kunnen. Maar elke geïnterviewde had toch zeker één of meerdere ‘best practices’. De waterpasserende verharding wordt onder de twaalf geïnterviewden wel vier keer genoemd. Water krijgt in sommige gemeenten meer de ruimte bij met name nieuwbouwprojecten. Hergebruik van voorzieningen in de grond, zoals het opnieuw gebruiken van een koelleiding van een fabriek als randvoorziening voor het rioolstelsel, wordt ook genoemd. Verder het meeliften bij grootschalige herstructureringsprojecten en daarbij ook nog eens meer ruimte voor water voor elkaar krijgen. Of men kan ook eenvoudig tevreden zijn als de systemen en voorzieningen goed werken, het bewijs dat je van te voren goed gerekend en nagedacht hebt.

Gemeente	Over welke waterinfiltratie/berging/afvoersystemen bent u in uw stad tevreden?
Amsterdam	Sinds 1923 gescheiden stelsel
Rotterdam	Waterpleinen, groene daken en een pilotproject: Lavakoffers langs drukke weg, brengt goed zuiveringsrendement.
Den Haag	Waterpasserende verharding, verbeterd het aanzien van de straat en het werkt goed
Utrecht	Nieuwe wijk waar water als uitgangspunt genomen is voor ontwerp en over het algemeen een robuust rioleringsstelsel
Eindhoven	Grote waterpartij in buitenwijk aangelegd. Er zijn ook mooie wadi's aangelegd met natuurlijke uitstraling.
Groningen	Aantal duikers die niet meer gebruikt werden omgebouwd als bergbezinkvoorziening. Een grote koelleiding, ook in ongebruik, van een fabriek aangesloten op het rioolstelsel als randvoorziening
Nijmegen	Waterservicepunt. Waterkunstwerken in de binnenstad
Arnhem	Cranevelt: eerste grootschalig infiltratieveld. Nieuw Monnikenhuizen: duurzame en creatieve hemelwaterafvoer. Robuuste infiltratievoorzieningen: kunnen nog wel een klimaatveranderingetje mee
Zwolle	Waterdoorlatende- en passerende verharding, infiltratiekoffers
Maastricht	synergie tussen de herontwikkeling snelweg en opnieuw inrichten rioolstelsel
Ede	waterpasserende bestrating zijn reacties wel heel positief
Leeuwarden	wadi's functioneren goed en over het algemeen werkt alles naar behoren

Tabel 8 Best practices

3.9 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we geprobeerd een antwoord te vinden op de vraag: Is de stad klaar voor de stortbui? Gemeenten hebben ons een kijkje in de keuken gegeven door mee te werken aan de interviews. De conclusies uit bovenstaande paragrafen geven we hier kort weer.

- Men is er over het algemeen van overtuigd dat er een klimaatverandering gaande is en dat er maatregelen getroffen moeten worden tegen de gevolgen hiervan zoals het vaker voorkomen van extreme buien.
- Het huidige rioolsysteem is over het algemeen nog een gemengd stelsel. Wel geeft het merendeel van de geïnterviewden aan dat wanneer een rioolstelsel aan vervanging toe is, er een gescheiden stelsel voor in de plaats komt.
- Het gemeentebestuur is zich goed bewust van de noodzaak om klimaatadaptieve maatregelen te treffen. De stedenbouwkundigen zijn vaak nog niet zover. De integrale planvorming binnen het cluster openbare ruimte van een gemeente verloopt meestal goed.
- Het afkoppelen als maatregel wordt vaak toegepast, maar wel onder de volgende voorwaarden: er moet voldoende ruimte zijn, er moet geen risico van verontreiniging zijn (bijvoorbeeld als gevolg van zwaar verkeer) en afkoppelen moet samengaan met andere projecten.
- Veel geïnterviewden geven aan kansen te zien in de ruimtelijke inrichting voor meer ruimte voor water in de stad. De straat biedt tussen de trottoirbanden ruimte voor tijdelijke berging van overtollig regenwater. Ook combinatiefuncties bieden vaak een oplossing voor tijdelijke berging of infiltratie.
- Wat betreft beheer en monitoring kan er over het algemeen nog veel verbeterd worden.

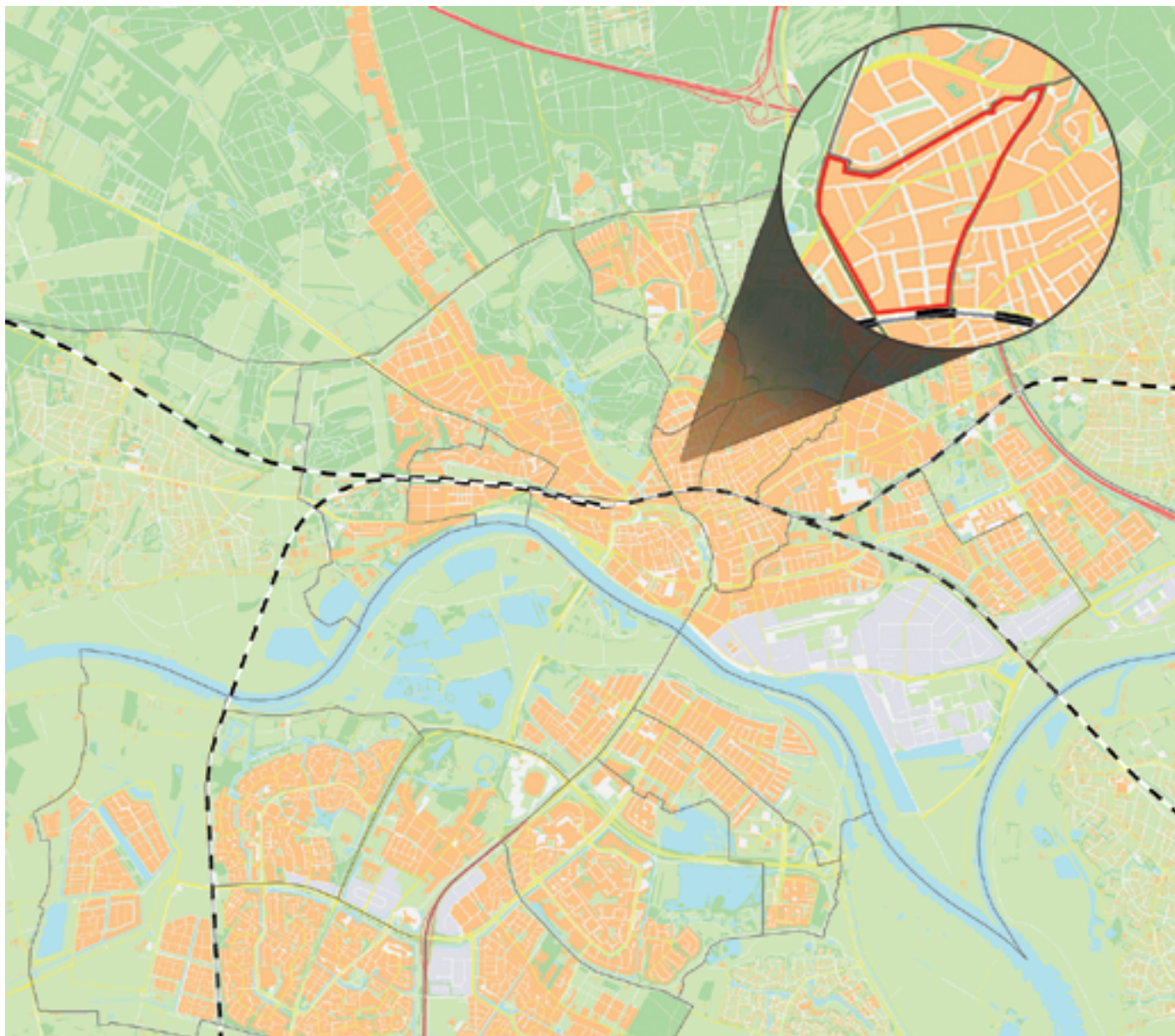




4. ARNHEM

Is Arnhem klaar voor de stortbui? In dit hoofdstuk wordt het stedelijk water van Arnhem nader bekeken en wordt ingezoomd op de wijk St. Marten/Sonsbeek-Zuid: het casusgebied voor dit onderzoek. De gemeente Arnhem heeft het voornemen om in de nabije toekomst in deze wijk het regenwater af te koppelen van het afvalwater. De manier waarop dit moet gebeuren is niet direct eenvoudig omdat het openbaar gebied voor 96,6% uit verhard oppervlak bestaat, de wijk dicht bebouwd is en weinig ruimte voor infiltratie in het openbaar groen heeft.

In paragraaf 4.1 wordt kort het oppervlaktewater en het rioolstelsel in Arnhem beschreven. Ook worden de wettelijke kaders waarmee men in Arnhem rekening moet houden kort toegelicht (Gemeente Arnhem, 2007; Dekker & Clemens, 2010; Gemeente Arnhem & DHV, 2009). Vervolgens worden in paragraaf 4.2 de opbouw en het karakter van St. Marten besproken. In paragraaf 4.3 worden aan de hand van een beslisboom weloverwogen keuzes gemaakt voor het afkoppelen van regenwater in St. Marten.



Figuur 18 Plattegrond van Arnhem met aanduiding casusgebied St. Marten

4.1 Stedelijk water Arnhem

4.1.1. Rivier, sprengen en beken

Door zijn ligging aan de Rijn en de Veluwe staat Arnhem bekend als groene stad aan de Rijn. De stad heeft zich tot in de 16e eeuw echter vooral ontwikkeld aan de St. Jansbeek. Pas toen Karel van Gelre in circa 1530 de Rijn liet verleggen kwam de stad direct aan de Rijn te liggen. Voorheen liep de rivier langs de rand van Elden. De nieuwe loop van de Rijn zorgde voor betere handelsmogelijkheden voor de stad.

Door de unieke ligging op de rand van de stuwwal is Arnhem een echte bekenstad. De stad telt maar liefst 9 sprengbeken. Een sprengbeek is een gegraven beek die vooral werd gebruikt voor de aandrijving van watermolens, voor het maken van bijvoorbeeld papier, het zagen van hout of het malen van graan. Ook werd het beekwater gebruikt door wasserijen. Er zijn 15 van zulke watermolens geweest. De oorspronkelijke tracés van de beken zijn niet altijd herkenbaar meer, met name in het laag gelegen Arnhemse Broek en Presikhaaf monden diverse beken nu uit in een stelsel van watergangen richting Rijn en IJssel.

Tegenwoordig is de St. Jansbeek nog steeds de meest bekende beek. Hij stroomt door de parken Zijpendaal en Sonsbeek tot aan het stadscentrum, waar het water ondergronds afgevoerd wordt. De beek is aan het eind van de negentiende eeuw in het centrum gedempt. Volgens geldende plannen wil men, als onderdeel van project Rijnboog¹, de St. Jansbeek weer terug brengen in het stadsbeeld (www.arnhem.nl; www.poelmansreesink.nl). Deze ingreep biedt de mogelijkheid om het regenwater uit een deel van de historische binnenstad en uit het nieuwe Rijnbooggebied via het oppervlak af te voeren naar de Rijn.

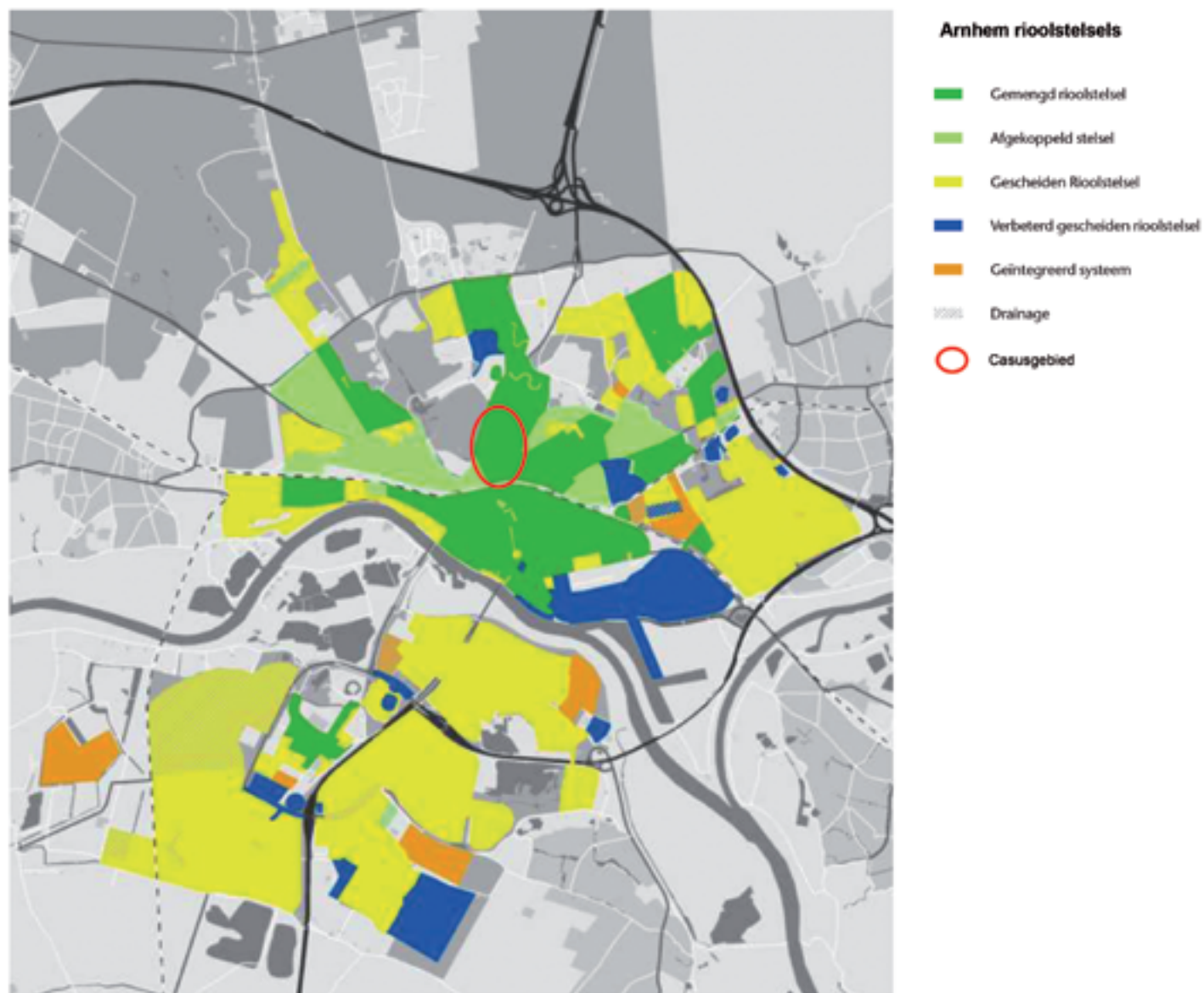
¹ Rijnboog is een grootschalig ontwikkelingsproject in het centrum van Arnhem.



Figuur 19 De loop van de Rijn voor en na de omlegging



Figuur 20 Oud tracé St.Jansbeek door de stad, kaart uit 1650. Bron: profielenboek St. Jansbeek - buro Poelmans Reesink



Figuur 21 Rioolstelsels in Arnhem. Bron: GRP 4, 2009-2013

4.1.2. Wettelijke en beleidsmatige kaders

Beleidsmatig ligt het stedelijk watersysteem van Arnhem verankerd in de volgende kaders:

Waterplan Arnhem 2 (2009 - 2015) - Bij het opstellen van het Waterplan Arnhem heeft de gemeente Arnhem het waterbeleid afgestemd met haar waterpartners². In het Waterplan Arnhem is het beleid voor het water in 'brede zin' geformuleerd: zowel grondwater, afvalwater, regenwater als oppervlaktewater komen erin aan de orde. Verder wordt veel aandacht besteed aan de belevingswaarde van water, de relatie van water met de ruimtelijke ordening en het waterbewustzijn. Het waterplan is gebaseerd op vier hoofddoelstellingen: Arnhem aantrekkelijke waterstad, zorgen voor een klimaatbestendig watersysteem en waterketen, zorgen voor goede kwaliteit van water en waterbodem en het vergroten van de bewustwording van de waterproblematiek bij bewoners. Het Waterplan Arnhem is beleidsmatig richtinggevend voor het Gemeentelijk Rioleringsplan.

Gemeentelijk Rioleringsplan 4 (2009 - 2013) - In het GRP4 geeft de gemeente aan op welke wijze zij de rioleringszorg in Arnhem invulling geeft en welke investeringen zij daarvoor pleegt. De gemeente is verplicht een GRP op te stellen op grond van de Wet milieubeheer. Daarnaast is het uitvoeren van GRP4 als doelstelling opgenomen in het coalitieakkoord van het gemeentebestuur. Uitgangspunt in het huidige beleid van gemeente, waterschap en provincie is dat de planontwikkeling moet aansluiten bij een duurzaam integraal waterbeheer. Dit betekent dat:

- Negatieve verstoring van de grondwaterstanden en -stromingen niet toegestaan zijn om grondwateroverlast en/of verdroging op de locatie en

het boven- en benedenstrooms gelegen gebied te voorkomen.

- Maatregelen getroffen moeten worden ter voorkoming van (grond) watervervuiling.
- Bij nieuwbouw het regenwater binnen het plangebied afgekoppeld moet worden van de riolering en worden verwerkt op eigen terrein.
- Voldoende oppervlaktewater aanwezig is en op de goede locatie.
- Het verhard oppervlak zoveel mogelijk beperkt wordt.
- Het gebruik van uitloogbare materialen en chemische bestrijdingsmiddelen niet is toegestaan.
- Binnen een periode van 25 jaar het 'stand still/step forward' principe wordt gehanteerd.
- Geen ontwikkelingen mogen plaatsvinden die het functioneren van de waterkering beperken.
- De aanwezige ruimte in het winterbed van de rivieren beschikbaar blijft voor het primaire doel: waterberging en waterafvoer.

² Waterschap Rijn en IJssel, waterschap Rivierenland, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, provincie Gelderland en drinkwaterbedrijf Vitens

4.1.3. Afvalwatersysteem

In Arnhem is de basisinspanning gerealiseerd door het afkoppelen van verhard oppervlak van de gemengde riolering en het beter benutten van de berging in het stelsel. Concreet betekent dit dat in Arnhem-Noord ca. 95 ha van in totaal 478 ha verhard oppervlak is afgekoppeld. De maatregelen werden en worden grotendeels in samenloop met andere projecten uitgevoerd zoals BGB³, rioolvervanging, herinrichting en verkeersprojecten. In Arnhem-Zuid kreeg 494 ha van in totaal 515 ha verhard oppervlak bij aanleg al een gescheiden stelsel. Door gebruik te maken van RTC (Real Time Control) kunnen de bergingsmogelijkheden in het gemengde rioolstelsel beter benut worden. Met de RTC technieken is 11.500 m³ extra berging te winnen; 7.500 m³ hiervan is al gerealiseerd (Dekker & Clemens, 2010).

4.1.4. Knelpunten regenwaterafvoer en toekomst

Ondanks de reeds genomen maatregelen, afkoppelen en RTC, is op een aantal locaties het hydraulisch functioneren van de riolering onvoldoende om bij hevige buien al het regenwater af te kunnen voeren. Voor de komende jaren zijn daarom nog een aantal maatregelen in de planning opgenomen (Dekker & Clemens, 2010):

- Afkoppelen van 19,3 ha in andere delen van Arnhem Noord;
- afkoppelen van 11,4 ha in de projecten Rijnboog en Prinsenhof;
- verplaatsen van de hoofdtransportleiding Rijnkade naar de binnenstad;
- aanleg RTC in de binnenstad;
- vergroten van de capaciteit van het Rijnemaal met 250 m³/uur.

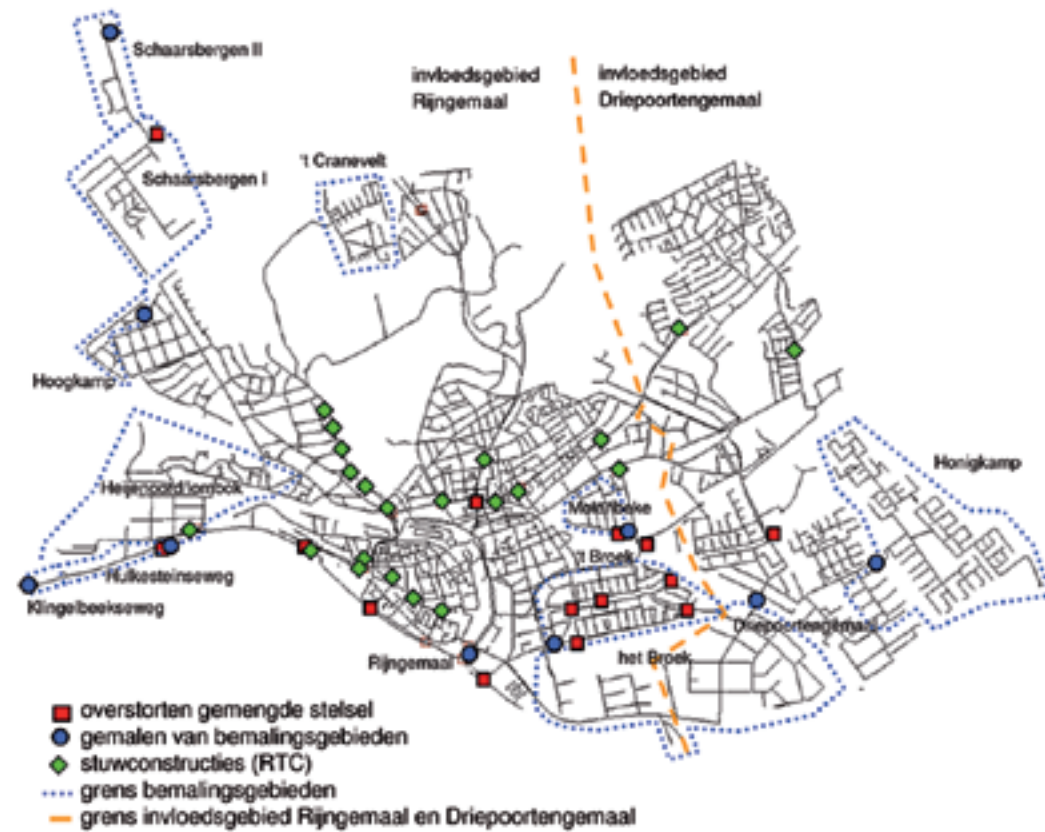
Om het effect van de klimaatverandering ten aanzien van water-op-sstraat

³ Buiten Gewoon Beter (BGB) is het programma waarmee de gemeente Arnhem het achterstallig onderhoud van de openbare ruimte integraal aanpakt. Wijk voor wijk worden wegen, trottoirs, riolering, groen en speelplekken opgeknapt.

uit het gemengde stelsel te compenseren kan gekozen worden om af te koppelen tot circa 360 ha (reeds 95 ha is al afgekoppeld), het vergroten van de afvoercapaciteit van het rioolstelsel of een combinatie van beide. Gezien het huidige afkoppelbeleid van de gemeente Arnhem zal dit percentage ruim voor 2050 bereikt worden. Door de verbeterde afvoercapaciteit van het rioolstelsel (door het verleggen van de hoofdtransportleiding van de Rijnkade naar de binnenstad) en de implementatie van RTC wordt verwacht dat de wateroverlast in de toekomst, ondanks de klimaatverandering, af gaat nemen ten opzichte van de situatie in de jaren '90.



Figuur 22 Water-op-sstraat locaties in Arnhem Noord. Bron: BRP Arnhem



Figuur 23 Schematische weergave rioolstelsel Arnhem Noord. Bron: BRP 2009-2019

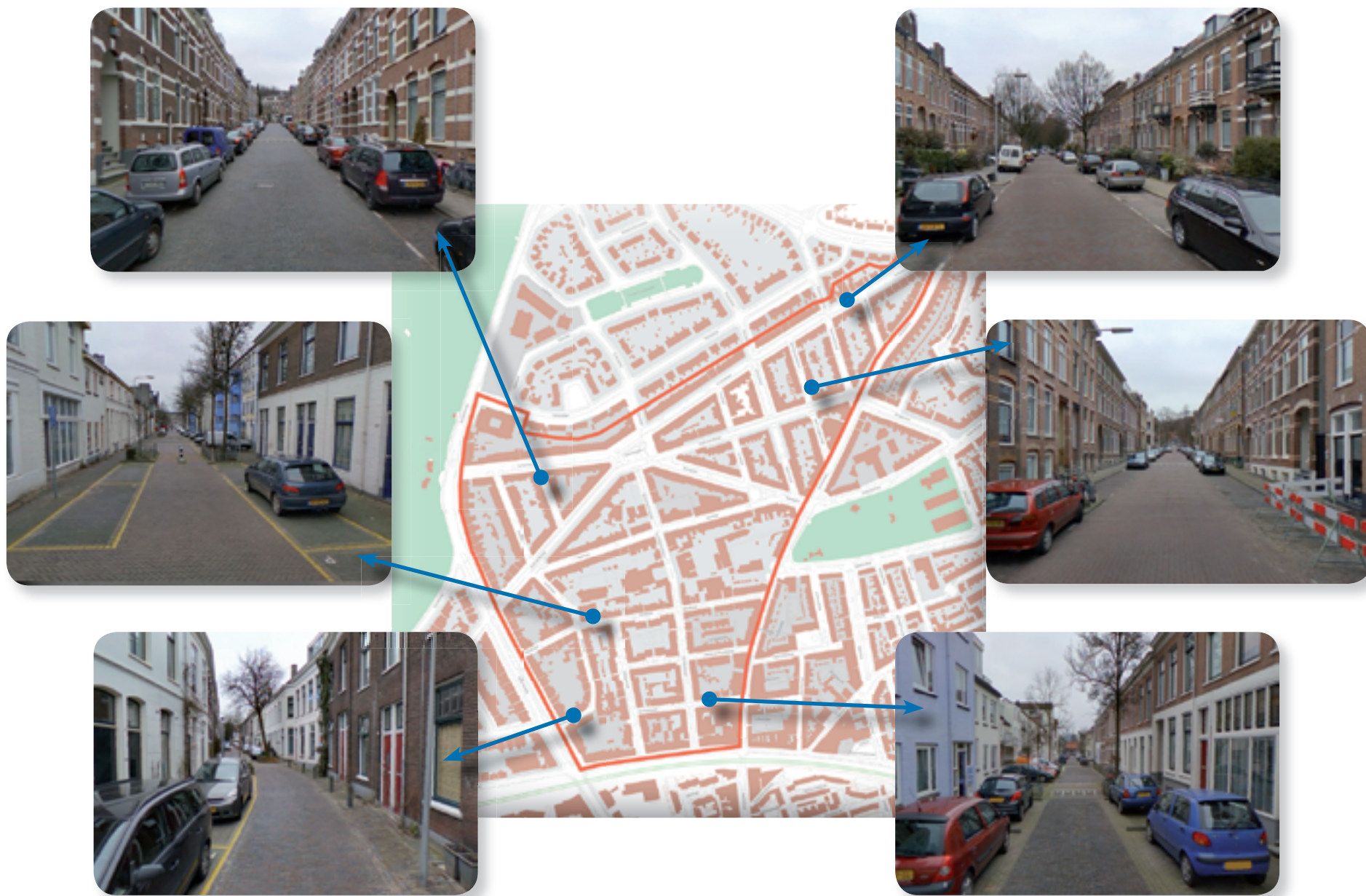


Figuur 24 De Jansbeek in park Sonsbeek





Figuur 25 Groenkaart van St. Marten en omgeving



Figuur 26 Foto impressie St. Marten (Bron: gemeente Arnhem)

4.2 Casusgebied St. Marten

4.2.1. Omschrijving wijk

St. Marten is van oorsprong een typische arbeiderswijk, gebouwd rond 1900, met ca. 4.500 inwoners. In de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw was St. Marten vanwege slecht onderhoud, verkrotting en drugsoverlast één van de grootste achterstandswijken van Arnhem. Daarom werd in 1975 een start gemaakt met de reconstructie van de wijk. Straten werden woonerven, veel oude huizen werden gesloopt en vervangen door flatwoningen (tot 4 hoog) met hier en daar een groen en gezellig binnenplein. Tevens werd de drugsoverlast grondig aangepakt. Talloze oude, soms authentieke, panden in nog redelijke staat werden gerenoveerd (www.sintmartensonsbeekkwartier.nl; Wijkplatform Sint Marten / Sonsbeekkwartier-Zuid, 2007).

Sint Marten ligt in het noorden van Arnhem, net buiten de centrumring, en bestaat eigenlijk uit twee wijken: Sint Marten en Sonsbeekkwartier-Zuid. De reden dat beide wijken onder één noemer geschaard worden, is de oprichting van een gezamenlijk wijkplatform. Wat ruimtelijke ordening (bestemmingsplannen) betreft horen de wijken (nog) niet bij elkaar. Sint Marten en Sonsbeekkwartier-Zuid zijn wijken met overeenkomstige kenmerken zoals:

- Smalle straten;
- overwegend oudere huizen met veel verschillende gevels;
- zichtbare parkeeroverlast;
- een grote woningdichtheid;
- veel middenstand in de buurt;
- grote sociaal demografische verschillen: jong en oud, gezinnen en eenpersoonshuishoudens, allochtonen en autochtonen;
- huur- en koopwoningen gemengd: St. Marten 26% koop en 74% huur; Sonsbeek-Zuid 77% koop en 23% huur (bron: CBS, 2005).

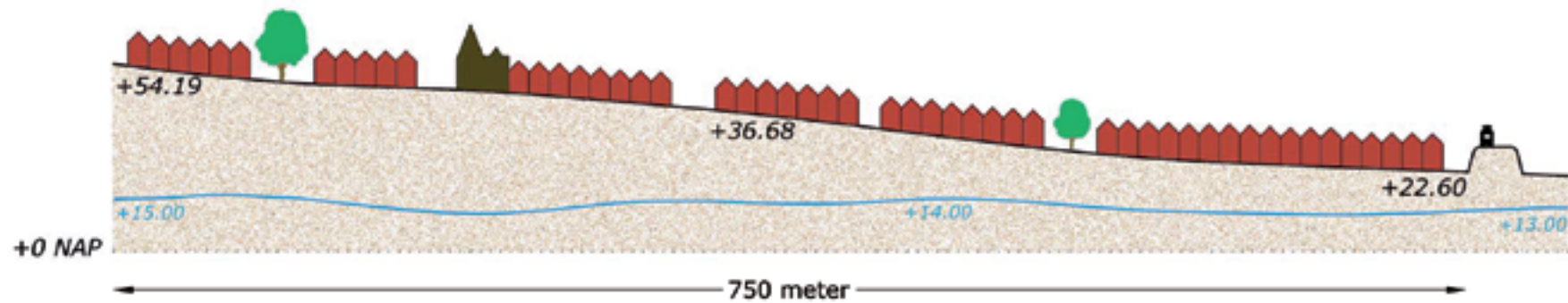
4.2.2. Bodem en grondwater

St. Marten bevindt zich op de overgang van de stuwwal naar het laaggelegen rivierengebied, zie ook figuur 29 op pagina 54. De bodemsituatie is niet gekarteerd, omdat het hier om stedelijk gebied gaat. De bodem van de stuwwal bestaat grotendeels uit zand en grind. Aangezien de wijk op het onderste deel van de stuwwal ligt, is de aanwezigheid van leem in de bodem aannemelijk. De aanwezigheid van slecht doorlatende leemlagen in de bodem kan gevolgen hebben voor de mogelijkheid van infiltratie van regenwater. De ligging van St. Marten op de stuwwal heeft tot gevolg dat binnen de wijkgrenzen grote hoogteverschillen voorkomen. De noordgrens (Sint Antonielaan - Sint Peterlaan) is gelegen op circa 50 meter + N.A.P. terwijl de zuidgrens (Sonsbeeksingel) op circa 23 meter + N.A.P. ligt. De hoge spoordijk langs de Sonsbeeksingel vormt een duidelijke fysieke barrière en/of begrenzing van de wijk, zie figuur 27.

De grondwaterstroming is globaal noord-zuid gericht; op het hoger gelegen deel bevindt het grondwaterpeil zich op ongeveer 39 meter onder het maaiveld en aan de zuidzijde van de wijk op 7 meter onder het maaiveld. Door de lokale verschillen in bodemopbouw moet rekening gehouden worden met het voorkomen van ondoorlatende lagen in de bodem, waardoor plaatselijk de grondwaterstand sterk kan afwijken. Binnen de wijkgrenzen komt geen oppervlaktewater voor. Wel stroomt in de buurt de Sint-Jansbeek.

4.2.3. Wateropgave

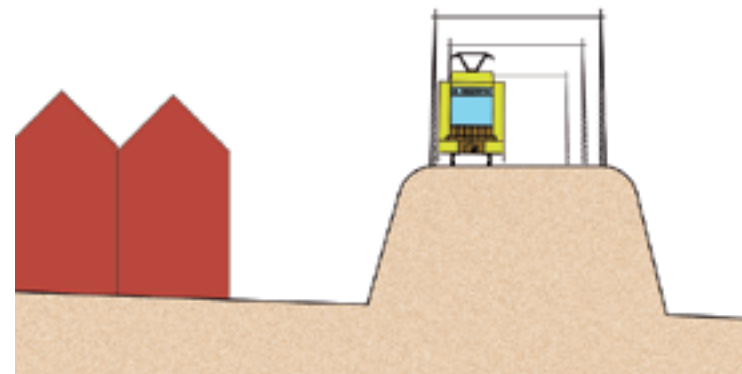
St. Marten heeft een gemengd rioolstelsel. De gemeente heeft het voornemen om in de nabije toekomst in deze wijk het regenwater af te koppelen van het afvalwater. De manier waarop dit moet gebeuren is nog niet zo eenvoudig omdat de wijk in het openbaar gebied voor 96,6 % uit verharding bestaat, de wijk dicht bebouwd is en weinig ruimte voor buffering in het openbaar groen heeft, zie ook tabel 9 op pagina 53.



+54.19 Hoogte in meters t.o.v. NAP

+15.00 Indicatie gemiddeld grondwaterpeil

Figuur 28 Dwarsprofiel noord-zuid van St. Marten



Figuur 27 Detail dwarsprofiel ter hoogte van de spoordijk

Het doel van het afkoppelen in St. Marten is het infiltreren van zoveel mogelijk regenwater binnen de wijkgrens. Dit zal een positief effect hebben op de lager gelegen wateroverlast-locaties in het centrum en het Spijkerkwartier (zie kaartnr 22 op pagina 46). Daarnaast is gebleken dat afkoppelen een effectieve maatregel is tegen het capaciteitsprobleem (met bijbehorende overstorten) van het rioolstelsel en het opvangen van de piekbuien als gevolg van de klimaatverandering (zie ook paragraaf 4.1.3).

Wat betreft de fysische factoren van St. Marten zijn er voor het infiltreren van hemelwater een aantal voor- en nadelen. De voordelen zijn dat de bodem uit goeddoorlatende zandgrond bestaat en het grondwaterpeil ruim voldoende diep is voor infiltratie.

Er zijn echter ook nadelen: in de bodem komen op diverse plaatsen leembanken voor waardoor er mogelijk lokaal onvoldoende water kan infiltreren. Deze leembanken zijn nog niet goed in kaart gebracht en tijdens de planvormingsfase zal hier uitgebreid onderzoek naar gedaan moeten worden. Een ander nadeel is het grote hellingspercentage in met name de noord-zuid georiënteerde straten. In hellend gebied is de kans op wateroverlast relatief groot. Dit komt vooral doordat water zich lokaal op lage punten in het maaiveld verzamelt. Door de concentratie van grote waterhoeveelheden op een klein oppervlak kunnen grote waterdiepten ontstaan. Dit zijn de situaties waar mensen tot hun knieën in het water kunnen staan.

De spoordijk aan de Sonsbeeksingel, tevens de laagst gelegen straat van de wijk, vormt een fysieke barrière en een duidelijk obstakel voor het natuurlijk verloop van regenwater. Op deze locatie zal extra aandacht moeten worden besteed aan snelle afvoer of infiltratie van regenwater, zodat er geen 'afvoerputje' ontstaat dat snel kan verstopen of overstromen.

Ruimtelijke inrichting	opp. in m ²	opp. in ha	verhouding in %
BEBOUWING			
Bebouwing	104.268	10,4	53
VERHARDING			
Rijbaan	42.517		
Trottoir	25.597		
Parkeerhaven	11.894		
Fietspad	1.831		
Voetgangersgebied	1.765		
Pad	414		
Totaal	84.019	8,4	43
OPENBAAR GROEN			
Wegberm	3.930		
Groen	1.422		
Speelplaats	1.232		
Totaal	6.584	0,7	4
TOTAAL	194.870	19,5	100
Oppervlak totale wijk inclusief particuliere grond			
		27,8	

Tabel 9 Oppervlaktematen per onderdeel van de ruimtelijke inrichting van St. Marten



Figuur 29 Hoogtekaart van St. Marten



Figuur 30 Afstroomrichting rioolstelsel van St. Marten

4.3 Afkoppelen regenwater St. Marten

4.3.1. Beslisboom

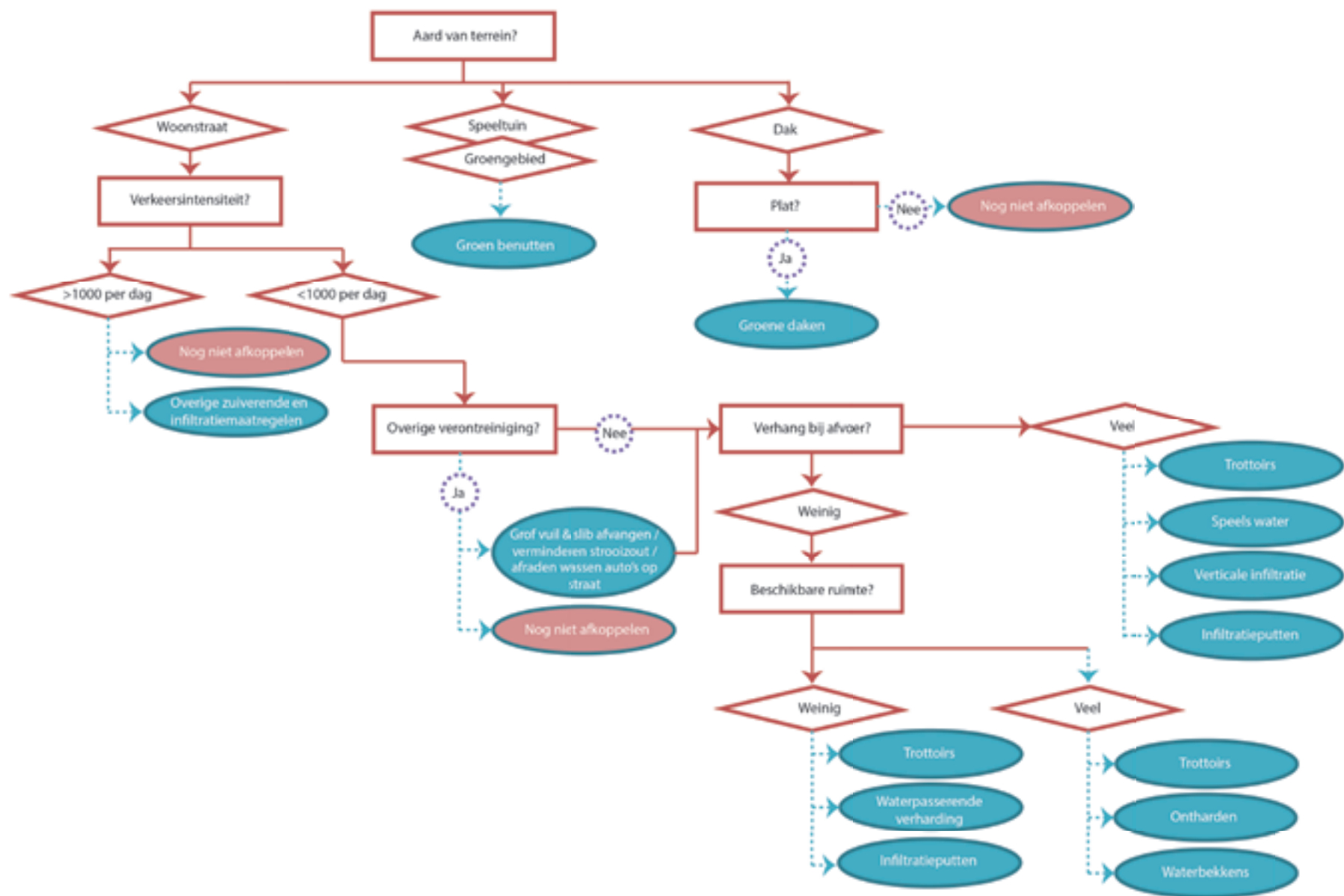
Naar aanleiding van de analyse en inventarisatie is er als hulpmiddel een beslisboom opgesteld om per locatie tot passende, klimaatadaptieve, voorstellen te komen. In de beslisboom is rekening gehouden met de volgende elementen (zie Loots, 2004; Balla, 2004; Bouteligier, 2005):

1. Aard van het terrein (woonstraat, parkeerterrein, speeltuin, groengebied);
2. verkeersintensiteit (meer dan 1000 voertuigbewegingen per dag, minder dan 1000 per dag);
3. overige verontreiniging (met grof vuil, olie, zware metalen, slib/zand, bestrijdingsmiddelen, strooizout, wassen van auto's);
4. verhang bij afvoer (veel, weinig);
5. beschikbare ruimte (bij boomspiegels, middenberm, eenzijdig parkeren, particuliere tuinen, enz.).

De aard van het terrein wordt meegenomen omdat er bijvoorbeeld in een woonstraat andere maatregelen nodig zijn dan in een doorgaande weg. Een hoge verkeersintensiteit draagt bij aan de vervuiling van het afgevoerde regenwater en beperkt de mogelijkheden. Met andere bronnen van verontreiniging van het regenwater, zoals zeepresten van het auto wassen, moet ook rekening worden gehouden. Verhang is van belang voor de sterkte van de stroming van het regenwater. Belangrijk is ook de hoeveelheid beschikbare ruimte in de straat voor regenwaterberging. Tot slot moet gevaar voor wateroverlast in gebouwen in ogenschouw worden genomen. Er zijn bijvoorbeeld woningen met souterrains waar rekening mee moet worden gehouden bij de keuze van een maatregel.

De voorgestelde maatregelen geven een indicatie van de afkoppelmogelijkheden. Het toepassen van een groen dak bijvoorbeeld zal mede afhankelijk zijn van de aanwezigheid van uitlogende materialen, de eigendomssituatie en de belastbaarheid (zie bijvoorbeeld Pittery & Vorstenbosch, 2004). De generieke maatregel 'acceptatie' is altijd van toepassing en wordt daarom buiten de beslisboom gehouden. De maatregelen 'overige zuiverende infiltratiemaatregelen' en 'grof vuil & slib afvangen/verminderen strooizout/afraden wassen auto's op straat', worden niet uitgewerkt in hoofdstuk 5 omdat deze niet direct alleen van toepassing zijn in bestaand stedelijk gebied.





Figuur 31 Beslisboom voor te treffen maatregelen St. Marten



5. MAATREGELEN

Door middel van de opgedane kennis uit de interviews (hoofdstuk 3), inspirerende voorbeelden uit het buitenland (bijlage IV) en ideeën uit de vakliteratuur zullen wij in dit hoofdstuk tien eenvoudige, goedkope en creatieve maatregelen aandragen voor de wateropgave van St. Marten. Hierbij hebben wij een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd:

- K.I.S.S. (Keep It Simple, Stupid) - De maatregelen dienen zo eenvoudig mogelijk te zijn met zo min mogelijk ingewikkelde, technische ingrepen.
- De voorkeur gaat uit naar (zichtbare) bovengrondse maatregelen. Deze zijn goedkoper in aanleg en beheer dan ondergrondse voorzieningen en versterken bovendien het waterbewustzijn van de bewoners.
- De voorstellen zijn allen in andere gemeenten en in het buitenland een succes gebleken. Zie ook hoofdstuk 3 en bijlage 4.
- De voorstellen zijn zoveel mogelijk conform het geldend gemeentelijk beleid gedaan.
- De voorstellen zijn gedaan na een uitgebreide analyse van het maaiveldverloop, de ruimtelijke inrichting, knelpunten wat betreft riolering en regenwaterafvoer en inventarisatie van de ondergrondse kabels en leidingen. Een deel van het gebruikte kaartmateriaal voor de analyse is opgenomen in hoofdstuk 4. Een eventuele nadere uitwerking en doorberekening van de voorstellen kan door derden worden gedaan.



5.1 GROEN BENUTTEN - Hemelwaterafvoer naar park en speeltuin

De ruimte in het groen rondom de wijk kan gebruikt worden om het regenwater te bergen en te infiltreren in greppels of wadi's. Het regenwater kan voor gedeelten van de wijk op het maaiveld in lijngoten afstromen naar de St. Jansbeek en speeltuin De Leuke Linde. In De Leuke Linde zal het regenwater voor een kunnen infiltreren en/of als speelaanleiding dienen. In de St. Jansbeek wordt het opgenomen in het oppervlaktewater.

Voordelen

- Dubbelfunctie bestaande ruimte: waterberging en speelterrein / groen
- Kosten voor onderhoud gecombineerde infiltratievoorziening in een bestaande groenvoorziening lager dan nieuwe infiltratievoorziening
- Regenwaterinfiltratie vult het grondwater aan
- Bovengronds waardoor goed te beheren, minder kans op verstoren van kabels en leidingen

Nadelen

- Verontreinigde stoffen komen direct in het oppervlakte water of infiltreren in de bodem
- Voorlichting nodig aan bewoners wat betreft beperken vervuiling: auto's wassen op straat, hondenpoep en zwerfvuil
- Geen zuivering, directe afvoer alleen geschikt voor 'schone' oppervlaktes zoals daken en rustige woonstraten
- Overleg met waterschap nodig voor lozing extra regenwater in oppervlaktewater zoals de St. Jansbeek
- Bladafval en zwerfvuil moeten vaker verwijderd worden



Figuur 32 Lijngoot, wadi, drempel (bron: Anne Melse, wikipedia, gemeente Arnhem)

- Er moet voldoende verhang zijn
- Er moeten niet te scherpe bochten in het tracé zitten
- De bodem moet voldoende waterdoorlatend zijn



Concreet: wat levert het op?

Regenwater noordelijk deel doelgebied kan voor een substantieel gedeelte worden afgevoerd en mogelijk geïnfiltreerd. Wel raden wij af om de trolleybusroute (Jacob Cremerstraat, Graaf Lodewijkstraat) te voorzien van deze maatregel vanwege sterke vervuiling door o.a. koperdeeltjes van de bovenleiding. Overwogen worden om zuiverende maatregelen te treffen voor infiltratie of lozing naar het oppervlaktewater. Het totale straatoppervlakte wat hierdoor afgekoppeld kan worden is ongeveer 2,9 ha, ongeveer 34 procent van de totale hoeveelheid verharding in de wijk, 8,4 ha (zie tabel 9, pagina 53).

Meer informatie:

- Boogaard, F., Bruins, G. & R. Wentink (2006). *Wadi's: aanbevelingen voorontwerp, aanleg en beheer*. Ede: Stichting Rioned.
- Balla, A. (2004). *Technische onderbouwing richtlijnen afkoppelen*. Breda: Witteveen en Bos.

5.2 GROENE DAKEN - Waterbuffering op het dak

Groene daken zijn platte of licht hellende daken met begroeiing. Die begroeiing kan bestaan uit extensieve vegetatie: vetplantjes (sedum), kruiden, mos en/of gras. Maar ook een intensieve vegetatie, zoals struiken en bomen, is te gebruiken.

Voordelen

- Groene daken werken als waterbuffer: ze nemen een deel van het regenwater op, waardoor het riool minder wordt belast. Dit helpt om overstort van het riool te voorkomen.
- Groene daken zorgen voor een vertraagde afvoer van regenwater, wat een gunstig effect heeft op de belasting van het rioolstelsel
- Groene daken zuiveren het regenwater.
- Groene daken zijn in de zomer koeler en in de winter warmer en dragen zo bij aan een beter binnenklimaat.
- Een groen dak vangt fijnstof af en produceert zuurstof.
- De biodiversiteit wordt vergroot door dakbeplanting.
- De waarde van een gebouw neemt toe door uitzicht op groen.
- Doordat de temperatuur op een groendak evenwichtig is, gaat de dakbedekking minimaal twee keer langer mee dan een conventioneel dak.

Nadelen

- De draagconstructie van het dak is mogelijk niet sterk genoeg.
- De aanleg- en onderhoudskosten zijn hoger dan bij een traditioneel dak.
- Eventuele lekkage met een groendak is lastig te herstellen.
- Er moet voldoende afschot zijn
- De bodem moet voldoende waterdoorlatend zijn



Figuur 33 Sedumdak (bron: Stichting duurzame wijk - St. Marten-Sonsbeekkwartier)

Specificaties

Bouwhoogte substraatlaag (mm)	Vegetatie	Waterhoudend vermogen als percentage van de gemiddelde jaarlijkse neerslag (%)	Gewicht globaal (kg/m ²)
20 - 40	mos - sedum	40	30
> 40 - 60	mos - sedum	45	48
> 60 - 100	sedum - mos - kruiden	50	65
> 100 - 150	sedum - kruiden - gras	55	83
> 150 - 200	gras - kruiden	60	Ondergronds



Concreet: wat levert het op?

Meer groen in de wijk, waaronder groene daken, is een wens van de bewoners van St. Marten. Zie voor meer informatie: www.sintmartenhka.nl - 'programma bewonerswensen'.

Het totaaloppervlak van platte of licht hellende daken in St. Marten bedraagt 40.800 m².

Meer informatie:

www.duurzamewijk.nl

www.sbr.nl - infoblad 390, waterbergend vermogen groendaken

www.groendak.info



5.3 WATERBEKKENS - Tijdelijke waterberging in de wijk

In een waterbekken kan het regenwater worden verzameld bij hevige buien. Het zijn punten in de wijk waar bewust water op straat komt te staan. Het regenwater kan infiltreren of vertraagd worden afgevoerd. Het teveel aan regenwater moet echter wel weg kunnen stromen. Waterbekkens kunnen met groen, als speelplek of als plein worden ingericht.

Voordelen

- Er is dubbelgebruik van de openbare ruimte mogelijk: spelen of groen kan tegelijkertijd met waterberging plaatsvinden
- Gecontroleerde stroom van regenwater
- Kan goed gecombineerd worden met bovengrondse afvoer via lijn- of U-goten

Nadelen

- Er moet voldoende verhang zijn in groene waterbekkens, minimaal 2%
- Bij te groot verhang moeten er dammetjes in de waterbekkens worden aangebracht
- Er moet voldoende ruimte zijn om voldoende waterberging te krijgen



Figuur 34 Voorbeeld waterplein combi speelplek- Bellamyplein Rotterdam (bronnen: Anne Melse, www.rotterdam.nl)

Voorbeelden van plekken in St. Marten



Figuur 35 Voorbeeld waterbekken met groen (St. Antonielaan) , plein (De Wiltstraat) en spelen (Staringplein) (Bron: Madeleine Frelief)



Concreet: wat levert het op?

In onderstaande tabel is te zien dat de acht plekken totaal niet zo veel kubieke meter water kunnen bergen. Gezien echter de andere voorstellen om water te laten infiltreren in De Leuke Linden en waterpasseerbare bestrating toe te passen, zijn deze maatregelen een goede aanvulling.

Mogelijke plek voor waterbekken	Combinatie met	Oppervlakte (in m ²)	Diepte max. in m	Waterberging in m ³
1. Sint Antonielaan	groen	130	0,3	39
2. Graaf Ottoplein	spelen	630	0,2	126
3. Staringplein	spelen	200	0,2	40
4. Hommelseweg	groen	50	0,3	15
5. Sloetstraat	groen	10	0,3	3
6. De Wiltstraat	spelen	100	0,2	20
7. Schrassertstraat	spelen	80	0,2	16
8. Van Hasseltstraat	plein	50	0,4	20

Meer informatie:

- www.rotterdamclimateinitiative.nl
- Boer, F., Peijpe, D. van & Jorritsma, J. (2010). De Urbanisten en het Wondere Waterplein. Rotterdam: Nai Uitgevers.

5.4 SPEELS WATER - Trapjes, cascades, dammetjes in de molgoot

Ontwerpers kunnen met speelse en mooi uitgevoerde waterafvoer, of waterberging (zie waterbekkens) bewoners bewust maken van regenwaterafvoer in de wijk. Het verbetert hiermee het aanzien van de wijk.

Voordelen

- Het verbetert het aanzien van de wijk
- Het verbetert de acceptatie van andere waterbergingsmaatregelen
- Het verbetert het algemene waterbewustzijn

Nadelen

- Ontwerpen zijn mogelijk gevoelig voor vandalisme
- Voor het ontwerpen van trappetjes, dammetjes en cascades is voldoende verhang in het wegprofiel nodig



Figuur 36 Voorbeeld cascade in goot (bron: Anne Melse)

Voorbeelden van speelse gootjes



Figuur 37 Voorbeeld speelse gootjes Beek - Ubbergen (Bron: www.broks-messelaar.nl)



Concreet: wat levert het op?

Voor St. Marten levert deze maatregel een fraaiere openbare ruimte op. Ook in combinatie met maatregel waterbekkens.

Voorbeelden speels water in de stad:

- Terugbrengen beek in Beek-Ubbergen, www.waterwerkt.nl
- Terugbrengen beek in Enschede, www.roombeek.nl
- Terugbrengen St. Jansbeek in Arnhem, www.poelmansreesink.nl

5.5 TROTTOIRS - Herintrede van het traditionele straatprofiel

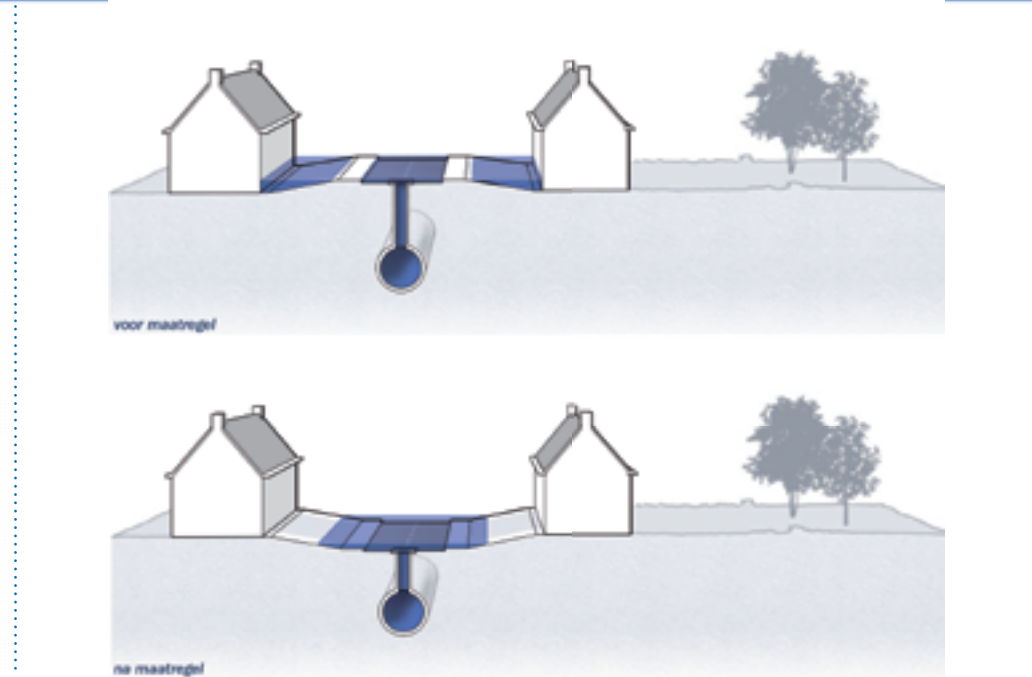
De straat kan gebruikt worden als tijdelijk bergingsgebied. Daarvoor moeten er (al dan niet verhoogde) trottoirs zijn zodat het water niet de huizen in loopt. Een alternatief is om de straat iets te verlagen. Een oplossing die in ieder geval directe schade aan huizen grotendeels kan voorkomen.

Voordelen

- Maatregel kan relatief eenvoudig worden uitgevoerd bij herinrichting van de straat

Nadelen

- Acceptatie van water op straat is belangrijk om klachten te voorkomen



Voorbeeld St. Marten



Figuur 38 Voorbeeld Nijhoffstraat (Bron: Gemeente Arnhem)



Concreet: wat levert het op?

In het zuiden van de wijk St. Marten ligt nu een woonerf waar alle stoepranden zijn verwijderd. Hierdoor is er minder berging mogelijk op straat. Het gaat om een totaal oppervlakte aan verharding van circa 30 procent van de totale verharding: 2,4 ha van de 8,4 ha (zie tabel 9, pagina 53). Gesteld kan worden dat de helft hiervan als bergingsoppervlak kan dienen (1,2 ha) .

Meer informatie:

- Stichting Rioned (z.d.). Klimaatverandering, hevige buien en riolering. Ede: Stichting Rioned.

5.6 'ONTHARDEN' - Waar is verharding overbodig?

Kleine stukjes groen kunnen mede gebruikt worden voor waterberging en infiltratie (zie ook maatregel waterbekkens). Hier is ook weer een dubbel gebruik van de ruimte mogelijk. Deze zeer kleine maatregelen kunnen op het niveau van de wijk toch zorgen voor minder wateroverlast. Bovendien wordt het grondwaterniveau aangevuld. Door stoepranden te verlagen rondom groen kan het regenwater vanaf de weg binnenstromen. Vervolgens moet er ook weer een regenwateruitlaat uit de kleine stukjes groen zijn om te voorkomen dat het water te lang blijft staan.

Voordelen

- Dichtbij de bron wordt het regenwater tijdelijk en gedeeltelijk opgevangen en geïnfiltreerd
- Geschikt voor elk type bodem
- Beplanting helpt het regenwater te laten infiltreren
- Ook in straten met weinig ruimte kan deze maatregel worden toegepast
- Groen kan hiermee een driedubbele functie krijgen, waterberging, groen en verkeersremmer

Nadelen

- Slechts met voldoende kleine plekken achter elkaar kan veel van het regenwater worden opgevangen en geïnfiltreerd
- Bewoners moeten informatie krijgen over de werking van deze kleine stukjes groen
- Verontreinigde stoffen komen direct in het oppervlakte water of infiltreren in de bodem



Figuur 39 Voorbeeld waar stukjes groen verlaagd kunnen worden aangelegd om regenwater op te vangen (Bron: Madeleine Frelrier)

- Voorlichting nodig aan bewoners wat betreft beperken vervuiling: auto's wassen op straat, hondenpoep en zwerfvuil
- Geen zuivering, directe afvoer alleen geschikt voor 'schone' oppervlaktes zoals daken en rustige woonstraten



Concreet: wat levert het op?

'Ontharden' of groen geschikt maken voor waterberging levert misschien tussen de 2 en 10m² per plek op waarin het water mogelijk 10 tot 30 centimeter diep kan staan. In de kaart hiernaast is te zien dat er echter al 15 plekken te vinden zijn in St. Marten die in aanmerking zouden komen voor ofwel verlaging van het groenvak zodat water hierin kan lopen ofwel een stuk trottoir waar nu geen groen is, groen aangeplant kan worden.

Meer informatie:

- CIRIA (2012). Retrofitting to manage surface water. London: CIRIA, rapport C713.



5.7 WATERPASSERENDE VERHARDING - Alternatieve stenen

Waterpasserende verharding bestaat uit betonklinkers met vergrote voegen (middels nokken aan de zijkant van de stenen) waardoor het water infiltreert. De voegen worden gevuld met een fijne hardsteensplit om te zorgen dat het water snel in de bergingslaag kan infiltreren. Vanuit de bergingslaag zal het water infiltreren in de bodem of via een drain vertraagd afgevoerd worden naar het oppervlaktewater. Tussen de verharding en de vlijlaag en tussen de bergingslaag en het zandbed kan een geotextiel zitten. Dit textiel moet voorkomen dat de verschillende lagen zich met elkaar vermengen en dat kleine (verontreinigde) deeltjes zich naar beneden verplaatsen. De bergingslaag kan, afhankelijk van de opbouw en dikte, een aanzienlijke hoeveelheid regenwater bufferen. Een overloopvoorziening is dan niet altijd nodig.

Voordelen

- Totale oppervlak van rijweg of parkeerplaats dient als waterbuffering/ infiltratie
- Relatief goedkope maatregel
- Ligt direct onder maaiveld, daardoor geschikt bij hoog grondwater, leem of kleigrond
- Werkt tevens als zuivering van hemelwater
- Maakt overige hemelwatervoorzieningen, zoals kolken en sloten en vijvers, overbodig
- Door infiltratie op locatie blijft de grondwaterstand op peil



Figuur 40 Waterpasserende verharding en aanduiding gebied met waterpasserende verharding (bron: Aquaflow)

Nadelen

- Voegen raken snel verstopt door vervuiling, onkruid en verterend blad
- Intensief beheer nodig, met speciale veeg- en zuigmachines
- In de praktijk blijkt dat aanvullende voorzieningen, zoals kolken als escape, wel nodig zijn
- Bij werkzaamheden aan kabels en leidingen wordt het systeem kapot (o.a. geotextiel) gemaakt. Dit is hierna niet goed meer te herstellen
- Reiniging van parkeervakken is lastig, er staan altijd auto's geparkeerd



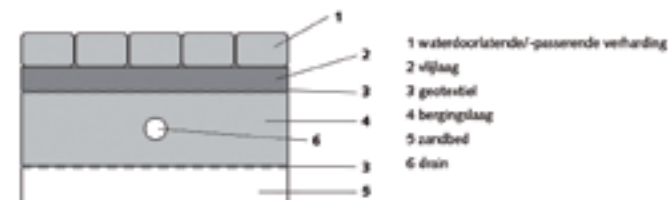
Concreet: wat levert het op?

Waterpasserende verharding is in principe in de hele wijk toe te passen in de rijweg, parkeervakken en fietspaden. Wel raden wij af om de trolleybusroute (Jacob Cremerstraat, Graaf Lodewijkstraat) te voorzien van deze maatregel vanwege sterke vervuiling door o.a. koperdeeltjes van de bovenleiding.

Het totaal oppervlak van rijwegen, parkeervakken en fietspaden beslaat ca. 5 ha (excl. busroute). Waterpasserende verharding kan, afhankelijk van de k-waarde van de ondergrond, tot 5.000 l/sec/ha opnemen.

Meer informatie:

- www.aquaflow.nl
- www.struykverwo.nl
- Module C3200, Beheer van infiltratievoorzieningen, Stichting Rioned



Figuur 41 Dwarsdoorsnede van waterpasserende verharding (bron: Module C3200, stichting Rioned)

5.8 VERTICALE INFILTRATIE- Ruimtebesparend infiltreren

Verticale infiltratie (ook wel infiltratiefilter genoemd) bestaat uit een geribbelde buis met gaatjes erin die rechtop in de grond staat. Door middel van straatkolken wordt het regenwater verzameld. In de kolk zit een zandvangter waardoor het water gefilterd wordt. Het regenwater stroomt vervolgens naar het infiltratiefilter. Door de verticale infiltratie ontstaat er een waterkolom in de buis waardoor, dankzij de druk, het uittredend vermogen wordt vergroot. De infiltratiebuizen hebben een standaardlengte van 6 meter. Het zelfde principe is verkrijgbaar in de vorm van een infiltratiekolk. Hierbij is de kolk, inclusief zandvang, geïntegreerd in de infiltratiebuis.

Voordelen

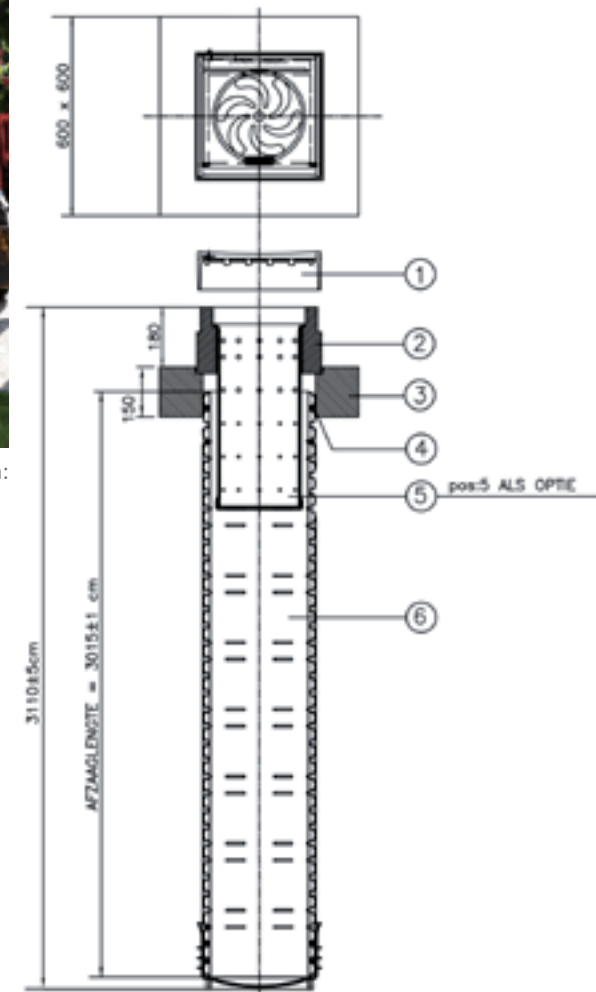
- Ruimtebesparend: de voorziening beslaat een oppervlak van ca. 0,50 meter doorsnede.
- Bij aanleg hoeft niet de hele straat opgebroken te worden.
- Snelle aanleg: er kunnen zes tot vijftien boringen per dag worden uitgevoerd, afhankelijk van de grondsoort en de diameter van de boring.
- Door het geringe oppervlak minder hinder van kabels en leidingen dan bij horizontale infiltratievoorzieningen.
- Het water wordt snel diep onder het maaiveld gebracht.

Nadelen

- Wanneer er vervuiling onderin de voorziening terecht komt is deze vanwege de diepte lastig te verwijderen en zal in het diepe grondwater terecht komen.



Figuur 42 Plaatsing verticale infiltratiebuis (bron: Wavin)



Figuur 43 Principeschets infiltratiekolk (bron: Wavin)



Concreet: wat levert het op?

Veel woningen in St. Marten hebben een souterrain. Voordeel van verticale infiltratie is dat het water direct voorbij de souterrains gebracht wordt.

Verticale infiltratie is in principe in de hele wijk toe te passen in de rijweg, parkeervakken en fietspaden. Wel raden wij af om de trolleybusroute (Jacob Cremerstraat, Graaf Lodewijkstraat) te voorzien van deze maatregel vanwege sterke vervuiling door o.a. koperdeeltjes van de bovenleiding.

Het totaal oppervlak van rijwegen, parkeerhavens en fietspaden beslaat ca. 5 ha (excl. busroute). Eén buis kan, afhankelijk van de grondsoort, een waterdoorlatendheid van 70 l/m²/ha hebben en een zanddoorlaatbaarheid van 175 µm.

Meer informatie:

- www.wavin.nl
- www.beuker-bkl.com
- www.hemelwaterinfiltratie.nl



Figuur 44 Straatkolk en infiltratiebuis (bron: Wavin)

5.9 INFILTRATIEPUTTEN - Robuuste infiltratie

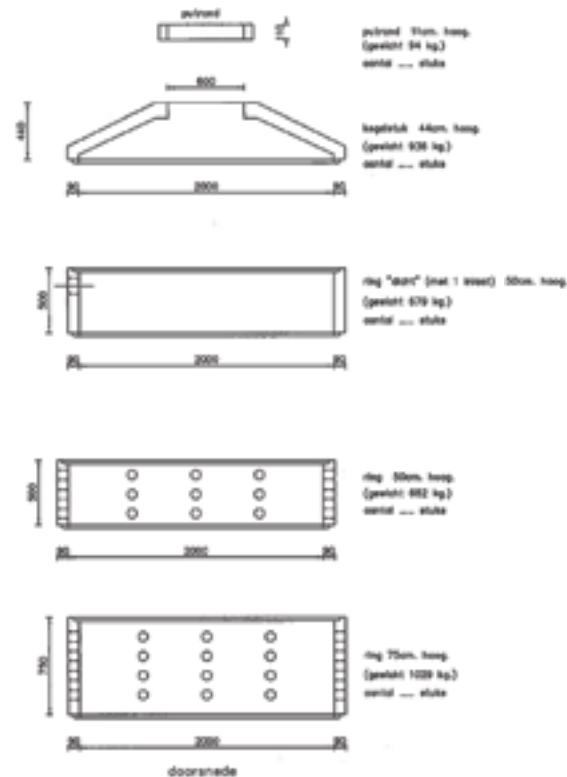
Infiltratieput, zinkput of ook wel zakput genoemd, wordt gebruikt om het regenwater af te voeren in de bodem. De infiltratieputten zijn rondom voorzien van gaten waardoor het water infiltreert in de bodem. Rondom de put is een geotextiel, of filterdoek, aangebracht en afhankelijk van de aanwezige grondsoort aangevuld met drainagezand of grover materiaal zoals grind of lavastenen. De put zelf wordt zowel in beton als in kunststof geleverd. De betonnen variant is opgebouwd uit ringen voorzien van een sponning en daardoor eenvoudig stapelbaar. Hierdoor is de grootte van de put aan te passen aan de situatie. De diameter van de put kan variëren van 80 cm tot 350 cm. Het heeft sterk de voorkeur om regenwater via een kolk mét zandvang naar de infiltratieput af te voeren. Daarnaast wordt aangeraden de infiltratieput te voorzien van een overstort.

Voordelen

- Met name de uitvoering in beton is zeer robuust en heeft een lange levensduur
- Groot direct bufferend vermogen
- Eenvoudig systeem, er kan weinig kapot gaan
- Blijvende toegankelijkheid tot de bufferruimte
- Eventuele vervuiling kan via de inspectieopening verwijderd worden
- Prijstechnisch interessant

Nadelen

- Bij aanleg moet de hele straat opgebroken worden.
- De laag rondom de put kan na verloop van tijd gaan verkleven, waardoor de voorziening niet goed meer functioneert



Figuur 45 Principeschets infiltratieringen (bron: De Hamer)



Figuur 46 Plaatsing van een infiltratieput (bron: Anne Melse)



Concreet

Inspectieputten worden onder rijwegen in de zandgrond van Arnhem al regelmatig toegepast. Wanneer infiltratieputten in hellend terrein toegepast worden, kan gebruik gemaakt worden van het verhang in straten waardoor alleen op strategische plekken infiltratieputten toegepast hoeven worden.

Inspectieputten zijn in principe in de hele wijk toe te passen. Wel raden wij af om de trolleybusroute (Jacob Cremerstraat, Graaf Lodewijkstraat) te voorzien van deze maatregel vanwege sterke vervuiling door o.a. koperdeeltjes van de bovenleiding.

Het totaal oppervlak van rijwegen, parkeerhavens en fietspaden beslaat ca. 5 ha (excl. busroute).

Meer informatie:

- www.dehamer.nl
- www.beuker-bkl.com
- www.vlario.be



5.10 ACCEPTATIE - Bewustwording en acceptatie klimaatverandering

Acceptatie van water op straat kan eigenlijk niet als maatregel worden geschouwd. Maar dit bewustzijn, of acceptatie, kan zeker als middel worden ingezet voor klimaatadaptatie. Door het toenemend aantal extreme buien is er inmiddels een grens bereikt wat betreft het technisch voorkomen en oplossen van water op straat.

Deze maatregel kost in principe niets. Wel zullen bewoners door middel van een apart communicatietraject voorgelicht moeten worden over de beweegredenen van de gemeente om geen maatregelen te treffen bij water op straat, bijvoorbeeld omdat niet of nauwelijks schade optreedt. Tegelijkertijd kunnen gemeenten via deze weg ook bewoners stimuleren om een steentje bij te dragen aan het reduceren van wateroverlast in de stad. Hieronder volgen enkele voorbeelden van gemeenten die al voorlichting verstrekken aan bewoners.

Citaat uit een flyer van de gemeente Tholen:

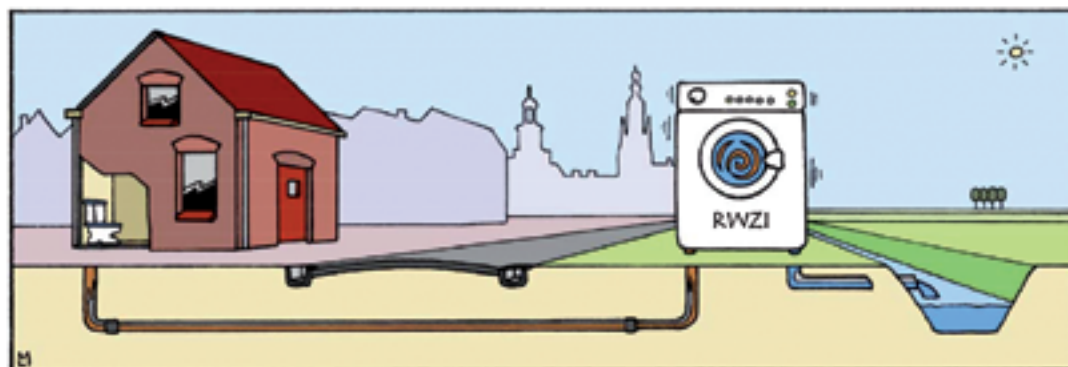
... Dat het rioolstelsel nu ruim aan deze normen voldoet, wil echter niet zeggen dat er nooit meer water op straat zal komen te staan. Bij normale regen loopt het water in principe probleemloos weg naar het riool. Pas als het extreem hard regent, kan de riolering de afvoer niet altijd aan. Water op straat bij overvloedige regenval is onvermijdelijk. Hoewel vervelend en ongemakkelijk, gedurende een beperkte tijd water op straat is wel iets wat we moeten accepteren. Sterker nog, de straat kan enorm veel water opvangen. Water op straat is hinderlijk, maar niet schadelijk. We spreken van schade als het water bijvoorbeeld gebouwen binnenstroomt. In het kader van risicocommunicatie willen we u in deze folder uitleggen hoe de situatie in uw kern is, wat de gemeente Tholen doet om wateroverlast te voorkomen en wat u zelf kunt doen om wateroverlast te voorkomen....



Figuur 47 De mode is alvast voorbereid (bron: Google)

Citaat uit een flyer van de gemeente Den Haag - 'Haagse Klimaatambities':

..... Het klimaat verandert. Vooral de negatieve effecten hiervan worden vaak breeduit belicht. Maar klimaatverandering biedt tegelijkertijd kansen; zo krijgt Nederland bijvoorbeeld een mediterrane klimaat. Den Haag wil in 2050 klimaatneutraal en –bestendig zijn. Een stevige ambitie. Die we als gemeente niet alleen kunnen waarmaken; daar is de inzet van de stad hard bij nodig! We vragen u, als projectontwikkelaar, woningcorporatie, huiseigenaar of school, en alle andere kleine en grote ondernemers en maatschappelijke en bewonersorganisaties dan ook om mee te denken over en te werken aan een beter klimaat. Welke kansen ziet u als u in de klimaattoekomst van Den Haag kijkt? Deze brochure dient als een houvast. Hoe kunt u aan de slag en wat zijn de voordelen? Daarbij laten we steeds een aantal thema's zien; onderweg naar 2010 en 2020 en de doelstelling voor 2050: Den Haag klimaatneutraal en –bestendig. Wij nodigen u van harte uit actief mee te werken aan een mooiere en schonere toekomst....



De gemeente is verantwoordelijk voor de afvoer van afvalwater naar de rioolwaterzuivering (RWZI: een soort wasmachine voor water).



Door de nieuwe Waterwet moet de burger op zijn eigen terrein ook dingen anders gaan doen. Maar wat dan?



Veruit de meeste buien zijn minder dan 7 mm.

Eens per jaar valt er één dag wel 33 millimeter.

Eens per 10 jaar valt er in één dag een bui van 54 millimeter.

Een keer per 100 jaar valt er wel eens een hele zware bui van 78 mm in een dag.



Of je kunt een groen dak op je huis maken, dan wordt het meeste regenwater gebruikt door de planten op het dak.

Figuur 48 Enkele afbeeldingen uit een stripverhaal wat deel uit maakt van het Hemel- en Grondwaterbeleid 'Een bodem voor water' van de gemeente Breda



6. CONCLUSIE

In dit hoofdstuk beantwoorden wij de hoofdonderzoeksvraag: 'Is de stad klaar voor de stortbui?' De hoofdvraag is onderverdeeld in drie deelvragen:

1. Wat is het wettelijk kader voor het afkoppelen van bestaande wijken in Nederlandse steden?
2. Wat is de huidige stand van zaken in Nederlandse steden wat betreft rioolstelsels, afkoppelen, klimaatadaptatie en acceptatie van 'water-op-straat'? Hoe verhouden deze gegevens zich tot elkaar?
3. Welke klimaatadaptatieve maatregelen zijn er mogelijk in een dichtbebouwde bestaande woonwijk?

Wij zullen eerst de deelvragen beantwoorden om vervolgens een uitspraak te kunnen doen over de hoofdvraag. In paragraaf 6.2 zullen wij een aantal aanbevelingen doen om de stad (nog) beter voor te bereiden op de stortbui.

6.1 Conclusie

De eerste deelvraag (wat is het wettelijk kader?) hebben wij onderzocht door middel van literatuurstudie. De conclusie die hieruit voortkomt is dat het wettelijk kader voor de omgang met regenwater in de stad al behoorlijk goed is geregeld om problemen als wateroverlast te kunnen voorkomen. Er is dus een goede juridische basis (ook in stedelijke omgevingen) voor het treffen van maatregelen om water meer ruimte te geven en duurzaam af te voeren (waterkwantiteitsbeleid) alsmede om de kwaliteit van het oppervlaktewater te waarborgen (waterkwaliteitsbeleid).

De tweede deelvraag (wat is de huidige stand van zaken wat betreft hemelwaterafvoer en klimaatadaptatie?) hebben wij onderzocht door middel van het houden van interviews met beheer- en beleidsmedewerkers Riolering en Water van twaalf grote steden in Nederland. Tevens hebben wij bij het beantwoorden van deze vraag gebruik gemaakt van de benchmark 'Riolering in beeld' van de stichting Rioned uit 2010.

De conclusie die uit de interviews en benchmark naar voren komt is dat de huidige stand van zaken bij de steden onderling nogal verschilt. Wat betreft de rioolstelsels uit dit zich onder meer in grote verschillen in percentages van gescheiden rioolstelsels in de steden: deze variëren van 13% tot 81%. Wat betreft het afkoppelen: alle steden treffen (al enige) maatregelen om wateroverlast te voorkomen. De klimaatadaptatie uit zich vooral in het bewustzijn bij beheerders en bestuurders van de noodzaak om klimaatadaptatieve maatregelen te treffen. Dat bewustzijn is over het algemeen groot. En tot slot wat betreft de acceptatie van water-op-straat: hiervan kunnen wij concluderen dat gemeenten dat tot op zekere hoogte wel accepteren en dat vervolgens hiernaar gehandeld wordt. Maar dat de communicatie hierover naar bewoners nog onvoldoende is.

De derde deelvraag (klimaatadaptatieve maatregelen in een dichtbebouwde bestaande woonwijk) hebben wij onderzocht door gebruik te maken van een casusgebied, namelijk een woonwijk in Arnhem. Dit casusgebied hebben wij uitgebreid geïnventariseerd en geanalyseerd door middel van kaartmateriaal, beleidsmatige documenten en achtergrondinformatie, beschikbaar gesteld door de gemeente Arnhem. Aan de hand van deze gegevens en overige literatuur is een beslisboom opgesteld welke dient als hulpmiddel voor het maken van (klimaatadaptatieve) keuzes. Daarnaast zijn wij ook regelmatig op locatie geweest om de situatie ter plekke te analyseren en om de verkregen inzichten te toetsen. De conclusie die hieruit is voortgekomen, is dat bij het bedenken en ontwerpen van klimaatadaptatieve maatregelen de volgende uitgangspunten kunnen worden gehanteerd: houdt de maatregelen eenvoudig, probeer het regenwater zoveel mogelijk bovengronds af te voeren of ter plekke te infiltreren en maak gebruik van de 'best practices' uit andere steden met een vergelijkbare woonwijk.

De conclusie bij de hoofdvraag, 'Is de stad klaar voor de stortbui?', is dat de stad over het algemeen nog onvoldoende voorbereid is op de stortbui. Wij hebben wel kunnen vaststellen dat 'de stad zich klaar maakt voor de stortbui'. Met andere woorden: men treft (al enige) klimaatadaptatieve maatregelen en is zich over het algemeen goed bewust van de noodzaak hiervan. Er is naar ons idee al veel gewonnen door het aanwezige bewustzijn onder beheerders en bestuurders van de noodzaak om klimaatadaptatieve maatregelen te treffen. De vervolgstap, het werkelijk treffen van maatregelen, is nog niet overal voldoende op gang gekomen.

Tot slot zijn er tijdens ons onderzoek een aantal onderwerpen naar voren gekomen die naar onze mening een vervolgonderzoek waard zijn. Dit zijn afkoppelen bij particulieren, acceptatie van 'water-op-straat' en beheer en

monitoring vraagstukken. Het afkoppelen van particulier terrein kan een grote bijdrage leveren aan het reduceren van wateroverlast, mits dit op een goede manier gebeurt. Daarnaast is de acceptatie van 'water-op-straat' door bewoners nog gering. Er kan hier veel meer aan gedaan worden. Deze aanpak heeft zeker toekomst; door het toenemend aantal extreme buien zijn niet alle problemen, zoals wateroverlast, meer technisch op te lossen. Ook efficiënte en effectieve beheer- en monitoringsinstrumenten dragen bij aan een goede werking van het regenwaterafvoersysteem.

6.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek zullen wij hieronder een aantal aanbevelingen doen om de stad (nog) beter voor te bereiden op de stortbui! De aanbevelingen richten zich specifiek op de vraag hoe om te gaan met de ruimtelijke inrichting van de stad, hoe het bewustzijn of acceptatie van 'water-op-straat' te vergroten en hoe beter om te gaan met beheer en monitoring.

Voor de ruimtelijke inrichting hebben wij de volgende aanbevelingen:

- Grijp de kans bij herstructurering van een stadsdeel om ruimte voor water te claimen.
- Bovengrondse regenwaterafvoer is goedkoper in aanleg en beheer dan ondergrondse voorzieningen. Wees creatief in de ruimtelijke inrichting, zodat er meer ruimte is voor water.
- Ontwerp bovengrondse regenwaterafvoer passend bij de historie en esthetiek van de wijk.
- Ontwerp bovengrondse regenwaterafvoer opvallend en creatief zodat het opvalt bij de bewoners en positief gewaardeerd wordt, bijvoorbeeld door de prettige aanblik of doordat kinderen met of in het water kunnen spelen. Neem het bestaande groen, ook de 'postzegelstukjes', mee in het

regenwaterafvoer- en bergingsplan.

- Houd het simpel! Ingewikkelde technische constructies zijn duur en hebben eerder kans om kapot te gaan.

Acceptatie en bewustzijn over water op straat bij bewoners is belangrijk voor het kunnen invoeren van klimaatadaptieve maatregelen. Daarom doen we de volgende aanbevelingen:

- Zet zwaar in op acceptatie van water op straat bij bewoners en zorg daarbij voor goede voorlichting.
- Stel samen met bewoners een programma van eisen op ten aanzien van het ontwerp van de bovengrondse afkoppelmaatregelen (van belang voor acceptatie en bewustwording bij bewoners).
- Ga in een vroeg stadium in overleg met woningbouwcorporaties en maak duidelijk dat ook zij kunnen helpen, bijvoorbeeld met het realiseren van groene daken.

Met goed beheer en monitoring kunnen maatregelen effectiever werken. Om die reden doen we de volgende aanbevelingen:

- Maak een BOM plan: Beheer, Onderhoud en Monitoring.
- Deel de 'best practices' met andere gemeenten.
- Maak een kwetsbaarheidanalyse; in welke gebieden gaat het regelmatig mis en waarom?

BRONNEN

Boeken en rapporten

- Balla, A. (2004). *Technische onderbouwing richtlijnen afkoppelen*. Provincie Limburg.
- Boer, F., Peijpe, D. van & Jorritsma, J. (2010). *De Urbanisten en het Wondere Waterplein*. Rotterdam: Nai Uitgevers.
- Boogaard, F., Bruins, G. & R. Wentink (2006). *Wadi's: aanbevelingen voorontwerp, aanleg en beheer*. Ede: Stichting Rioned.
- Buro Poelmans Reesink landschapsarchitectuur (2011). *Sint Jansbeek te Arnhem: Profi elenboek, november 2011*. Arnhem: Dienst Stadsontwikkeling Gemeente Arnhem.
- Bouteligier, R. et al. (2005). *Katern afkoppelen, bufferen en infiltreren*. Hoboken: VLARIO vzw.
- Dekker, E. & Clemens, F. (2010). *Basisrioleringsplan Arnhem 2009-2019*. Deventer: Witteveen + Bos.
- Eigenhuijsen, E., Wentink, R. & Oosterwijk, H. van (z.d.). *Handreiking Afkoppelen: Afkoppelen in de provincie Limburg*. Projectgroep Waterpanels Limburg.
- Eigenhuijsen, E., Wentink, R. & Oosterwijk, H. van (z.d.). *Voorbeeldenboek Afkoppelen Limburg: Praktijkvoorbeelden Limburgse gemeenten*. Projectgroep Waterpanels Limburg.
- Gemeente Arnhem & DHV (2009). *Waterplan Arnhem 2009-2015*. Arnhem: Gemeente Arnhem, Waterschap Rijn en IJssel, Waterschap Rivierenland.
- Gemeente Arnhem (2007). *Gemeentelijk Rioleringsplan 4: 2009 tot en met 2013*. Arnhem: Gemeente Arnhem, Dienst Stadsbeheer, afdeling Openbare Ruimte.
- Grontmij, Witteveen+Bos & Royal Haskoning (2009). *Module C2150 Water op straat*. Ede: Stichting Rioned.
- KNMI, 2009. *Klimaatschetsboek Nederland: het huidige en toekomstige klimaat*. KNMI, De Bilt. Publicatie nr. 223.
- Kwaadsteniet, P., Jonkhof, J. & Tjallingii, S. (2000). *Leve(n)de stadswateren: werken aan water in de stad*. Stowa rapportnummer 15. Utrecht: Stowa.
- Loots, F. (2004). *Regenwater afkoppelen in Zeeland: Een beslisboom voor het verantwoord afkoppelen van verharde oppervlakken*. Utrecht: Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht.
- Luijtelaar, H. van (2006). *Stedelijke Wateropgave: Vergelijking normen voor water op straat en inundatie*. Ede: Stichting Rioned.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, directoraatgeneraal Water (2008). *De Waterwet in het kort*. Den Haag: Koninklijke De Swart.
- Pittery, M. & Vorstenbosch, J. (2004). *Handleiding daktuinen*. Amsterdam: Dienst Ruimtelijke Ordening, Gemeente Amsterdam.
- Pötz, H. & Bleuzé, P. (2012). *Groenblauwe netwerken: Voor duurzame en dynamische steden*. Delft: Coop for life.
- Stichting Rioned (2009). *Riool in Cijfers: 2009 – 2010*. Ede: Stichting Rioned.
- Stichting Rioned (z.d.). *Klimaatverandering, hevige buien en riolering*. Ede: Stichting Rioned.
- Stichting Sint Marten Het Kan Anders (2004). *Programma van bewonerswensen: als bijdrage aan de Nota van Randvoorwaarden*. Arnhem: Stichting Sint Marten Het Kan Anders.

- Ven, van de. F. et al. (2009). *Waterrobuust bouwen: De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp*. SBR artikelnummer 604.08. Rotterdam: SBR / Platform Beter Bouw- en Woonrijp Maken.
- Vereniging Nederlandse Gemeenten (2007). *Van rioleringszaak naar gemeentelijke watertaak: De Wet gemeentelijke watertaken toegelicht*. Den Haag: Vereniging Nederlandse Gemeenten.
- Wentink, R., Boogaard, F., Oomens, A. & Lemmen, G. (2006). *Module C3200 Beheer van infiltratievoorzieningen*. Ede: Stichting Rioned.
- Wijkplatform Sint Marten / Sonsbeekkwartier-Zuid (2007). *Wijkvisie: Met het oog op een milieu vriendelijke wijk!* Arnhem: Companen.
- Zuurman, A. & Neienhuijsen, E. (2010). *Nota 'Afkoppelen en infiltreren hemelwaterafvoer': Ontwerp en aanleg van afkoppel- en infiltratievoorzieningen*. Nijmegen: Gemeente Nijmegen.

Tijdschriften

- VHP, Urban Affairs, Gemeente Rotterdam (2007). Waterpleinen. *Lay-out02: platform voor recent ontwerpend onderzoek*, 1-20.

Internetsites

- www.arnhem.nl
- www.helpdeskwater.nl
- www.hhdelfland.nl
- www.infomil.nl
- www.knmi.nl
- www.poelmansreesink.nl
- www.rijksoverheid.nl
- www.riool.net
- www.sintmartensonsbeekkwartier.nl

BIJLAGE I BEGRIPPENLIJST

- **Afkoppelen:** scheiden van schoon en verontreinigd afvalwater gericht op een duurzame waterhuishouding
- **Afvoercapaciteit:** de maximale hoeveelheid water die een voorziening kan afvoeren, meestal uitgedrukt in l/s/ha of mm/u berging
- **Afvalwater:** huishoudelijk afvalwater of een mengsel daarvan met bedrijfsafvalwater, afvloeiend hemelwater, grondwater of ander afvalwater
- **Basisinspanning:** houdt in dat aan de vuiluitworp van riooloverstorten op het oppervlaktewater een bepaald maximum wordt gesteld. Toelichting: Voor het voldoen aan de basisinspanning moet door de gemeente een bepaalde minimale inspanning worden gedaan. Deze inspanning wordt aangeduid met het begrip basis.
- **Best practices:** goede praktijken, goede voorbeelden
- **Bodem:** het natuurlijke deel van de aardkorst onder het maaiveld samengesteld uit vaste (minerale en organische) delen, water en lucht inclusief de daarin levende organismen
- **Bodemverontreiniging:** door infiltratie van regenwater worden ook verontreinigingen in de bodem gebracht; daarnaast kunnen bestaande verontreinigingen worden verspreid
- **Broeikaseffect:** een temperatuurstijging door een toename van het CO₂-gehalte (koolzuurgas) in de dampkring
- **Casusgebied:** gebied als voorbeeld om te bestuderen of om van te leren
- **Dimensionering:** voorzieningen worden berekend op een zodanige berging en afvoercapaciteit dat de maatgevende neerslagbelasting nog juist kan worden verwerkt
- **Doorlatendheid:** mate waarin de bodem of andere constructie water kan doorvoeren; meestal uitgedrukt in m/dag of m/s
- **Drainage:** constructies voor het afvoeren van overtollig grondwater; veelal uitgevoerd als geperforeerde kunststofbuizen met een omhullingsmateriaal
- **Filter:** in een regenwatersysteem aangebrachte voorziening ter reiniging van het regenwater; bijvoorbeeld een zandfilter of een koolstoffilter
- **Geotextiel:** al dan niet geweven (kunststof) doek ter omhulling van een ingegraven constructie zodat geen grond in deze constructie (voorziening) spoelt
- **Grondwater:** het water in de bodem beneden de grondwaterspiegel (verzadigde zone), veelal een halve tot enkele meters onder het maaiveld; boven de grondwaterspiegel; het bodemvocht zit in de onverzadigde zone
- **Hemelwater:** neerslag; jaarlijks valt in Nederland gemiddeld zo'n 750 mm oftewel 750 liter per vierkante meter per jaar
- **Hergebruik:** nuttig gebruiken van hemelwater bijvoorbeeld voor toiletspoeling; collectieve hergebruiksystemen (huishoudwater) zijn niet toegestaan
- **Infiltratiebuis:** doorlatende leiding door poreuze wand of door openingen in buiswand waardoor water in de bodem kan infiltreren (eigenlijk: percoleren)
- **Infiltratieput:** (zakput) put voor infiltreren van regenwater of voorgezuiverd afvalwater
- **infiltreren:** het in de bodem brengen van (regen)water; onderscheid tussen bovengronds (wadi's) en ondergronds infiltreren (buizen, sleuf of krat)
- **inundatie:** onder water gelopen land

- **Klimaatadaptatie:** aanpassing aan klimaatverandering
- **Kwel:** het uittreden van grondwater (onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied)
- **Lozen:** brengen van stoffen in een oppervlaktewaterlichaam of brengen van water of stoffen op een zuiveringstechnisch werk
- **Molgoten:** constructies ter geleiding van regenwater aan de oppervlakte, bijvoorbeeld in het midden van de straat; het zichtbaar houden voorkomt foutaansluitingen
- **Monitoring:** het aan de hand van vooraf bepaalde indicatoren meten en volgen van ontwikkelingen op een bepaald beleidsterrein
- **Neerslagintensiteit:** hoeveelheid neerslag per bepaald tijdsinterval veelal 5 minuten, een uur of een etmaal
- **Overloop:** constructie als onderdeel van een voorziening voor hemelwater om hoeveelheden groter dan de maatgevende af te voeren ter voorkoming van schade; bijvoorbeeld een hooggeplaatste leiding van een krat naar het riool
- **Overstort:** constructie in een rioolstelsel waardoor bij hevige regenval het water uit het stelsel ongezuiverd direct op oppervlaktewater wordt geloosd
- **Piekafvoer:** extreem hoge afvoer
- **Slibafscheider:** voorziening voor het laten bezinken of wegfilteren van slib (minerale en organische delen); slib dat in de infiltratievoorziening komt, beperkt de infiltratiecapaciteit
- **Stand-still beleid:** beleid gericht op het niet laten verslechteren van de bestaande(milieu)situatie
- **Stedelijke gebieden:** het gebied met fysiek aaneengesloten bebouwing in en rondom de steden
- **Vegetatiedak:** plat of licht hellend dak beplant met vetplanten en/of gras; van een vegetatiedak stroomt nauwelijks regenwater af
- **Verhang:** verval per kilometer
- **Wadi:** (begroeide) verlagings in het maaiveld eventueel voorzien van ondergelegen infiltratievoorziening voor de berging, reiniging, infiltratie en zonodig afvoer van regenwater
- **Waterhuishouding:** de wijze waarop water in een bepaald gebied wordt opgenomen, zich verplaatst, dan wel gebruikt, verbruikt en afgevoerd wordt. In veruit de meeste gevallen wordt dit beïnvloed door menselijk handelen.
- **Wateropgave:** verplichting van waterbeheerder om zijn watersysteem op orde te hebben. Het Nationaal Bestuursakkoord Water bepaalt dat de waterbeheerders hun watersystemen in 2015 op orde dienen te hebben en vervolgens te houden richting 2050.
- **Waterdoorlatende verharding:** verharding uit poreus materiaal
- **Waterpasserende verharding:** verharding met vergrote voegen (middels nokken aan de zijkant van de stenen) waardoor het water infiltreert
- **Watersysteem:** een watersysteem is een geografisch afgebakend oppervlaktewater, inclusief het grondwater waarmee het in verbinding staat, de bodem en de oevers. Ook de levensgemeenschappen die erin voorkomen en alle bijbehorende fysische, chemische en biologische processen, plus de wisselwerking met de atmosfeer, horen ertoe.
- **Zandvang:** constructie voor het door stroomverlamming of filteren van zand en slib alvorens het gereinigde regenwater wordt geïnfiltreerd
- **Zuivering:** reiniging van het regenwater door een slib- of olie-afscheider; ook in een humusrijke, goed doorwortelde bodempassage vindt reiniging plaats
- **Zuiveringstechnisch werk:** werk voor het zuiveren van stedelijk afvalwater, in exploitatie bij een waterschap of gemeente, dan wel een rechtspersoon die door het bestuur van een waterschap met de zuivering van stedelijk afvalwater is belast, met inbegrip van het bij dat werk behorende werk voor het transport van stedelijk afvalwater.

BIJLAGE II VRAGENLIJST INTERVIEWS

Algemeen

1. Welke bodemtypen komen er in uw stad of gemeente voor?
2. Hoe hoog is de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van maaiveld?

Klimaatverandering

3. Denkt u dat er een klimaatverandering gaande is?
4. Is dit waarneembaar in de stad?
5. Zijn er wijken waar wel eens water op straat staat? En wat is hiervan de oorzaak?
6. Is er de laatste jaren sprake van nieuwe probleemgebieden die wellicht een relatie hebben met het 'harder regenen'? En zo ja, hoeveel jaar is dit al aan de hand?
7. Moeten er maatregelen getroffen worden?
8. Tot op welke hoogte kan 'water op straat' in uw stad geaccepteerd worden?
9. Welke norm wordt er gehanteerd bij het dimensioneren van de hemelwatervoorzieningen: Bijvoorbeeld $T=10 + 10\%$?
10. Is er behoefte aan meer kennis en innovatie met betrekking tot klimaatadaptatie?
11. Op welke manier wordt er geanticipeerd op de klimaatveranderingen?

Afkoppelen

12. Wordt er in uw gemeente afgekoppeld? En zo ja, hoeveel % van de gemeentelijke verharding is al afgekoppeld?

13. Wat gebeurt er met het afgekoppelde hemelwater: infiltratie, berging, lozing op oppervlaktewater?
14. Als er wordt afgevoerd, gebeurt dit dan vooral ondergronds?
15. Heeft de gemeente een voorkeur voor het toepassen van een systeem?
16. Hoe worden de keuzes gemaakt voor een bepaald systeem?
(ervaring binnen de gemeente, verhaal leveranciers, buurgemeenten?)
17. Wat zijn de knelpunten tijdens de planvormingsfase mbt herinrichting van het rioolstelsel?
18. Welke praktische ontwerphandleidingen zijn beschikbaar voor het afkoppelen van bestaande wijken?
19. Welke randvoorwaarden kunnen gehanteerd worden bij het afkoppelen?
20. Wat is het geldende beleid t.a.v. afkoppelen?
21. Wat is uw doel met afkoppelen? (omdat het verplicht is, omdat het een probleem oplost, duurzaamheid, etc.)
22. Wat is het wettelijk kader voor afkoppeling van bestaande wijken?
23. Is er een wettelijk kader voor afkoppelen op particulier terrein?
24. Hoe wordt er gecommuniceerd met burgers op het gebied van waterberging/afvoer en aankomende klimaatproblemen?
25. In welke mate is het bestuur van uw gemeente zich bewust van de problemen ten gevolge van de klimaatverandering (droogte, hittestress, wateroverlast, watertekort)?
26. Vindt er veel 'kruisbestuiving' plaats tussen de verschillende afd. binnen uw gemeente mbt herinrichting van het stelsel? Met andere woorden: werken de afd. groen, beheer, infra, water etc. doorgaans goed samen?

Ruimtelijke inrichting

- 27. Is er in de stad overal voldoende ruimte voor het afkoppelen van hemelwater? En zo nee, waar dan niet?
- 28. Zijn er al 'slimme' oplossingen toegepast op plekken waar ruimte schaars is?
- 29. Worden er ook combinatiefuncties gemaakt, zoals infiltreren in combinatie met groen of buffering in combinatie met een speeltuin?
- 30. Mag hemelwaterafvoer zichtbaar zijn?
- 31. In hoeverre wordt ook het (groen)onderhoud betrokken bij de ontwerpen?

Beheer en onderhoud

- 32. Is er al voldoende ervaring opgedaan wat betreft het beheer van de bovengrondse en ondergrondse voorzieningen?
- 33. Is er een beheerplan voor onderhoud van de voorzieningen?
- 34. Wie doet de monitoring van de werking van de hemelwatervoorzieningen?
- 35. Wordt de afdeling beheer betrokken bij het ontwerpen en kiezen van een voorziening?

Kosten

- 36. Heeft u een kostenvergelijking gemaakt van een gemengd rioolstelsel t.o.v. een afgekoppeld stelsel?
- 37. Als u afgekoppeld heeft, wat is goedkoper in aanleg: bovengrondse of ondergrondse afvoer? En geldt dit ook voor de beheerkosten?
- 38. Wanneer er bijvoorbeeld een wadi wordt aangelegd en onderhouden, worden die kosten dan verdeeld over de verschillende betrokken afdelingen (groen, beheer, infra)?

Tot slot

- 39. Op welke waterinfiltratie/berging/afvoersystemen bent u in uw stad trots?
- 40. Welke watersystemen/oplossingen zijn u tot voorbeeld geweest?

BIJLAGE III DEELNEMERS INTERVIEWS

Waternet Amsterdam

Egbert Jan Baars

Senior beleidsmedewerker
Sector Afvalwater, Team Beleidsontwikkeling

Gemeente Rotterdam

ir. J.N. Pieneman

Beleidsadviseur stedelijk water en riolering
Afdeling Watermanagement

Gemeente Den Haag

Maike Steenstra

Technisch administratief medewerker
Afdeling Riolering en Waterbeheersing

Gemeente Utrecht

Marco van Bijnen

Adviseur stedelijk water
Afdeling Stedelijk Beheer, groep Cultuurtechniek

Gemeente Eindhoven

ir. Luuk Postmes

Senior projectleider/adviseur water
Afdeling Groen en Water, sector openbare ruimte, verkeer en milieu

Gemeente Groningen

Dries Jansma

Technisch beleidsmedewerker Water en Riolering
Afdeling Stedelijk Beheer

Gemeente Nijmegen

drs. Ton Verhoeven

Senior adviseur Water en Groen
Afdeling Milieu, Bureau Bodem en Water

Gemeente Arnhem

ing. Theo van der Kroon

Adviseur Riolering en Water
Afdeling Productbeheer, Cluster Openbare ruimte

Ronald Bos

Bestuursadviseur Cluster Beleid en Regie
Afdeling Omgevingskwaliteit

Gemeente Zwolle

ing. Andreas van Rooijen (en Mark Heideveld)

Senior Adviseur civiele techniek
Afdeling civiel en cultuurtechniek



Gemeente Maastricht

Gerard Wijnands

Beleidsmedewerker stedelijk water

Beleid & Ontwikkeling, team beheer & wonen

Gemeente Ede

Koen Claassen

Adviseur Water

Afdeling Realisatie en Beheer

Sander Siebel

Beleidsmedewerker Water

Ruimtelijke Ontwikkeling en Beheer

Gemeente Leeuwarden

ing. Wopke Bosch

Senior technisch medewerker/coördinator

Team Bedrijfsbureau, Sector Wijkzaken

BIJLAGE IV VOORBEELDEN BUITENLAND

Buitenlandse voorbeelden van afkoppelen van regenwater zijn er ruim voldoende. Wij hebben ons geconcentreerd op voorbeelden die toegepast kunnen worden in een drukke stedelijke wijk waar meerdere functies op een smal straatprofiel gecombineerd moeten worden. Slimme en technisch mooie ontwerp oplossingen worden gezien als oplossingen die bijdragen aan een mooier en aangenamer straatprofiel. Een 'standaard' straatprofiel in een stedelijke wijk wordt op diverse manieren aangepast om een combinatie van functies mogelijk te maken: parkeren, verkeer langzamer laten rijden, groenaanleg, particuliere tuinen, verblijven (zitten, spelen, wandelen, fietsen), enz. Slimme en technisch mooie ontwerp oplossingen moeten het straatprofiel verbeteren doordat ze één van de hiervoor genoemde functies ook oppakken.



Figuur 49 Gewenste combinatie van functies in straatprofiel (voorbeeld:)

In de zoektocht naar slimme en technisch mooi uitgevoerde afkoppelmaatregelen hebben we de zoektermen WSUD, LID en SUDS gehanteerd. Dit naar aanleiding van onderstaand citaat uit Wikipedia.org:

Water-sensitive urban design (WSUD) is a land planning and engineering design approach which integrates the urban water cycle, including stormwater, groundwater and wastewater management and water supply, into urban design to minimise environmental degradation and improve aesthetic and recreational appeal.[1] WSUD is a term used in Australia and is similar to low-impact development (LID), a term used in the United States; and sustainable urban drainage systems (SUDS), a term used in the United Kingdom.

De buitenlandse voorbeelden zijn geordend volgens de ordening van afkoppelmaatregelen zoals deze ook in hoofdstuk 2 wordt opgesomd (zie tabel hieronder). Maatregelen kunnen natuurlijk altijd een combinatie zijn van infiltreren, bergen en afvoeren. De voorbeelden zijn dan genoemd bij hun hoofdfunctie. De voorbeelden zijn een letterlijke weergave (screenshot) van de bronnen.

Bovengronds infiltreren	Bovengronds bergen	Bovengronds afvoeren
Wadi	Vegetatiedak	Goten / kanaaltjes
Vijver	Regenton voor grijs water	Dammetjes
Infiltratieveld	Waterbekken	
Infiltratiegreppel		
Zaksloot		
Doorlatende verharding		
Passeerbare verharding		

Tabel 10 Indeling maatregelen buitenland (bron: Eigenhuijsen, z.d.; Pötz & Bleuzé, 2012)

Bovengronds infiltreren

Wadi

Bestaande grote verharde oppervlaktes (bijvoorbeeld schoolpleinen) kunnen vergroend worden zodat er onder andere water geborgen kan worden. Hier een voorbeeld waar het water, na tijdelijke berging en infiltratie, ook weer uit kan stromen. Verder een voorbeeld van verlaagde kantopsluiting zodat water kan infiltreren in het groen gebied.



Figuur 52 Voorbeeld infiltratie op grasveld (Bron: Ciria, 2012)



Figuur 53 Voorbeeld verlaagd groen met open rand (Bron: Ciria, 2010)

Vijver

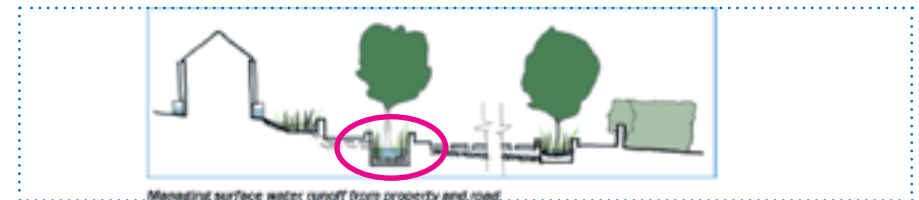
Onderstaand voorbeeld is een mooie combinatie van waterafvoer of -berging met straatmeubilair, in dit geval een bankje. Door regenwaterafvoer fraai vorm te geven zal het beter worden geaccepteerd.



Figuur 50 Voorbeeld vijver geïntegreerd in straatmeubilair (Bron: Ciria, 2010)

Infiltratieveld

In dit voorbeeld wordt een combinatie gemaakt van een infiltratieveldje met boomcirkels. De boom wordt beschermd door iets hoger staande kantstenen.



Figuur 51 Voorbeeld kleine infiltratieveldjes (Bron: Ciria, 2012)

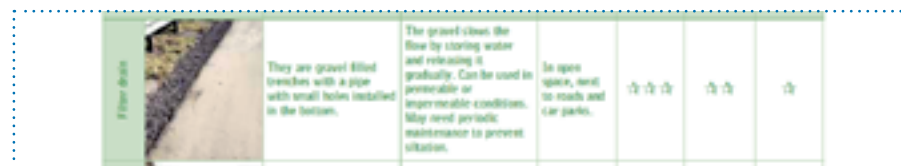
In onderstaande voorbeeld wordt een combinatie gemaakt van boomcirkels met waterberging en zitgelegenheid. Regenwaterberging wordt zo zeer zichtbaar in het stadsgezicht.



Figuur 57 Voorbeeld boomcirkel met waterinlaat (Bron: Ciria, 2012)

Infiltratiegreppel

Met een smalle strook losse verharding kan een smalle infiltratiestrook naast de doorgaande weg zorgen voor infiltratie zonder functieverlies voor parkeren.



Figuur 55 Voorbeeld smalle grijze infiltratiegreppel (Bron: Ciria, 2010)

Zaksloot

In de afbeelding hier beneden is een voorbeeld te zien van een klein verlaagd stukje groen. Hier kan het water vanaf de weg instromen. Het wordt door de biomassa gezuiverd en kan infiltreren.



Figuur 54 Voorbeeld zeer kleine zaksloot (Bron: Ciria, 2012)

Waterdoorlatende verharding

Door een combinatie van nieuwe waterdoorlatende verharding en herinrichting van de straat wordt werk met werk gemaakt.



Figuur 56 Voorbeeld waterdoorlatende verharding en herinrichting weg (Bron: Ciria, 2012)

Waterpasseerbare verharding

Waterpasseerbare verharding hoeft niet over de volledige wegbreedte te worden toegepast. In het voorbeeld wordt dit alleen gedaan op de parkeerstroken.



Figuur 58 Voorbeeld waterpasserende verharding op parkeerstrook (Bron: Cvc, 2010)

Bovengronds bergen

Vegetatiedak

Vegetatiedaken kunnen onder voorwaarden op veel plekken worden toegepast. Hier in Portland (Amerika) worden op alle publieke gebouwen (waar het kan) groene daken toegepast.



Figuur 62 Voorbeeld groen dak (Bron: Ciria, 2012)

Regenton voor grijs water

In Melbourne, Australië worden bewoners gestimuleerd om opvangtanks te plaatsen voor het hergebruik van regenwater daar waar geen drinkwaterkwaliteit noodzakelijk is.



Figuur 60 Voorbeeld regenton voor grijs water (Bron: WSUD, z.d.)

Waterbekken

Voorbeelden van waterbekkens zijn er in drie soorten. Waterbekkens in combinatie met een speeltuin, bekkens in combinatie met een plein en tot slot bekkens in combinatie met groen. Hierna volgens 5 voorbeelden van waterbekkens. Door een combinatie van regenwaterberging en speelplaats verbetert het aanzicht van de stad.



Figuur 61 Voorbeeld waterspeelplaats (Bron: Ciria, 2010)



Figuur 59 Voorbeeld waterplein (Bron: Ciria, 2012)



Figuur 63 Voorbeeld waterbekken met kruising (Bron: Ciria, 2012)

Het regenwater kan het beste worden binnengelaten in een waterbekken door de kantopsluiting gedeeltelijk open te maken. Het teveel aan regenwater kan afgevoerd worden over de weg naar bijvoorbeeld het bestaande riool. Er hoeven zo niet direct extra kosten gemaakt te worden.



Figuur 65 Voorbeeld waterbekken met groen (Bron: Smcs, 2009)



Figuur 64 Voorbeeld waterbekken met groen (Bron: Smcs, 2009)

Bovengronds afvoeren

Goten

Er zijn voorbeelden van mooi uitgevoerde goten / kanaaltjes. De open kanaaltjes kunnen in een smal profiel worden toegepast, mogelijk zelfs met toepassing van beplanting.



Figuur 68 Voorbeeld zichtbare afvoergoot - kanaaltje (Bron: Ciria, 2012)



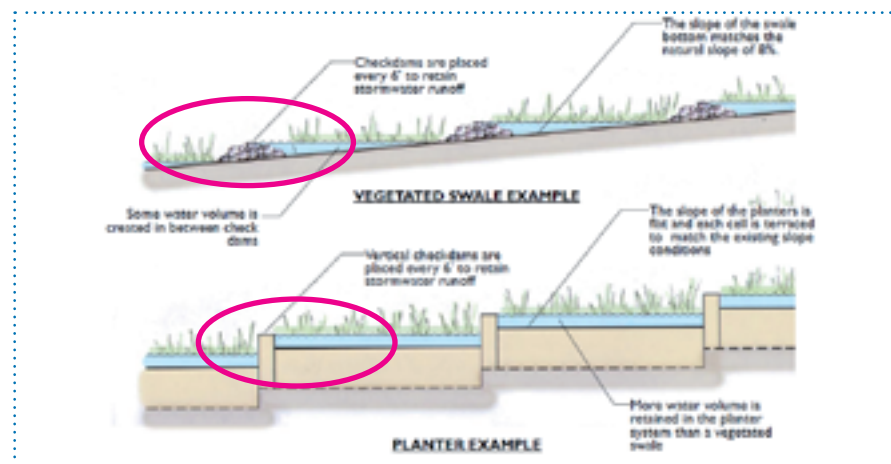
Figuur 69 Voorbeeld open micro kanaaltje met groen (Bron: Ciria, 2010)

Dammetjes

Voorbeelden van dammetjes zijn er met een meer natuurlijke vormgeving en meer cultureel vormgeving. Over een open goot, ook met dammetjes, is het mogelijk om een overkluizing te maken zodat auto's kunnen parkeren. Door de dammetjes ontstaat er extra berging in het regenwaterafvoersysteem.



Figuur 66 Voorbeeld kanaaltje met dammetjes (Bron: Ciria, 2012)



Figuur 67 Voorbeeld cascades (Bron: Smcs, 2009)

Acceptatie

Een goed voorbeeld van communicatie naar bewoners zijn informatieborden bij de regenwaterafvoermaatregelen. Door voorlichting kan betrokkenheid ontstaan.



Figuur 70 Voorbeeld communicatie met voorbijgangers (Bron: Ciria, 2012)

Bronnen

- CIRIA (2010). Planning for SuDS - making it happen. London: CIRIA, rapport C687.
- CIRIA (2012). Retrofitting to manage surface water. London: CIRIA, rapport C713.
- CVC & TRCA (2010). Low impact development stormwater management planning and design guide. Ontario: TRCA
- SMCS (2009). Green Streets and Parking Lots Design Guidebook. San Mateo: SMCS.