



Klimaatverandering en het Rotterdamse stedelijk watersysteem: Verkenkende studie en agenda voor vervolg



Copyright © 2010

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Klimaatverandering en het Rotterdamse stedelijk watersysteem: Verkennde studie en agenda voor vervolg

Auteurs

E. van Nieuwkerk¹, R. Trouwborst¹, S.J. Junier², E.
Mostert², M.M. Rutten^{2,3}, J. Nederlof⁴, M. Maarleveld⁵, J.
Geerse⁶



- (1) Deltares
- (2) Technische Universiteit Delft
- (3) Hogeschool Rotterdam
- (4) Gemeentewerken Rotterdam
- (5) Arcadis
- (6) Witteveen en Bos

KvK rapportnummer
ISBN

KvK 020/2010
978-94-90070-19-9

Dit onderzoeksproject (HSRR01; Klimaatverandering en het Rotterdamse stedelijk watersysteem) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van VROM.



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
Summary	5
1. Inleiding	10
1.1 Aanleiding en doel onderzoek.....	10
1.2 Bijdragen aan een Rotterdamse Adaptatiestrategie	10
1.3 Onderzoeksvragen.....	11
1.4 Aanpak	11
1.5 Leeswijzer	11
2. Fysieke gevolgen van klimaatverandering op stedelijk gebied Rotterdam	12
2.1 Inleiding.....	12
2.2 Aanpak kwantificeren gevolgen	13
2.3 Riolering.....	13
2.4 Oppervlaktewatersysteem	16
2.5 Grondwater	17
2.6 Waterkwaliteit	20
2.7 Conclusies en aanbevelingen.....	23
3. Stakeholder ontvankelijkheid voor klimaatadaptief waterbeheer	25
3.1 Inleiding.....	25
3.2 Ontvankelijkheid van stakeholders	25
3.3 Stakeholderanalyse klimaatadaptief stedelijk waterbeheer Rotterdam.....	27
3.4 Ontvankelijkheid van bewoners en aantal andere stakeholders in Rotterdam	30
3.5 Conclusies en aanbevelingen.....	32
4. Fysieke maatregelen en mogelijkheden voor participatie en samenwerking	34
4.1 Inleiding.....	34
4.2 Fysieke maatregelen	34
4.3 Mogelijkheden voor participatie en samenwerking.....	37
4.4 Conclusies en aanbevelingen.....	46
5. Leren van andere steden.....	47
5.1 Ervaringen Nederlandse steden	47
5.2 Ervaringen andere grote havensteden met klimaatadaptatie.....	48
5.3 Conclusies en aanbevelingen.....	55
6 Monitoring ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem	57
6.1 Inleiding.....	57
6.2 Begrip.....	57
6.3 Huidige monitoringsinspanningen	58
6.4 Klimaatsrobuuste monitoringsaanpak	59
6.5 Longlist van innovatieve meet- en monitoringsconcepten.....	60
6.6 Survey workshopdeelnemers	61
6.7 Conclusies en aanbevelingen.....	62
7 Van verkenning naar implementatie	63
7.1 Inleiding.....	63
7.2 Ontwikkeling afwegingskader klimaatadaptief stedelijk waterbeheer	63
7.3 Belangrijkste uitkomsten workshop klimaatadaptatie Rotterdam	64
7.4 Conclusies en aanbevelingen.....	66
8. Synthese, conclusies en aanbevelingen	67
8.1 Belangrijkste conclusies	67
8.2 Aanbevelingen voor vervolg	70
Literatuur.....	73



Samenvatting

De definitiestudie naar de impact van klimaatverandering op het stedelijke watersysteem en de benodigde adaptatiestrategieën is uitgevoerd binnen het Kennis voor Klimaat programma, hotspot Rotterdam (HSRR01). In deze verkenning zijn zowel technisch-inhoudelijke als sociaal-maatschappelijke aspecten onderzocht. Op basis van de uitkomsten van vijf deelonderzoeken en bijbehorende interviews en workshop met stakeholders kan het volgende worden geconcludeerd:

- Het blijkt niet eenvoudig om de effecten van klimaatverandering voor de Rotterdamse binnendijkse stedelijk watersysteem gedetailleerd in kaart te brengen.
- Mede als gevolg van de nog relatieve onzichtbaarheid en onduidelijkheid over de effecten van klimaatverandering op het binnendijkse stedelijke watersysteem, ontbreekt bij niet-waterbeheerders vaak een gevoel van urgentie. De waterbeheerders zelf hebben behoefte aan concrete handvatten en hulpmiddelen om een integrale, klimaatrobuuste aanpak in de praktijk te brengen.
- Klimaatadaptatie in Rotterdam vereist een integrale gebiedsgerichte aanpak. Hierbij dienen waterbeheer en stedelijke ontwikkeling geïntegreerd opgepakt worden. Dit vereist nauwe samenwerking tussen alle betrokkenen. De noodzaak hiertoe wordt breed onderkend, maar in de praktijk ontbreekt het hier geregeld aan. Zeker als het gaat om de herontwikkeling van bestaand stedelijk gebied.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek en acties zijn:

- Nader onderzoek naar de effecten van klimaatverandering voor het Rotterdamse binnendijkse stedelijk watersysteem, m.n. analyse van klimaateffecten op basis van historische gegevens, doorrekenen van effecten klimaatscenario's KNMI voor meer wijken en doorrekenen van effecten van maatregelen.
- De Rotterdamse visie op klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling verder ontwikkelen en operationaliseren in samenwerking met een bredere groep van stakeholders.
- Actieonderzoek naar de realiseerbaarheid, de effectiviteit en de positieve (neven)effecten van maatregelen. De onderzoekers dienen samen te werken met de gemeente en andere stakeholders binnen concrete pilotprojecten. Hierbij valt te denken aan stadsontwikkelingsprojecten in Spangen, Feyenoord/Lombardijen en/of Rotterdam-Noord.



Summary

Motivation and research goals

This report describes several research results on the impact of climate change within the urban water system of Rotterdam and the necessary future adaptation strategies. The goal of this research is to draft a future research agenda and an assessment framework for the development of a climate adaptive urban water system. Using the agenda and assessment framework adaptive strategies and measures for the urban water system can be developed by stakeholders.

Key research questions were:

- 1 What is the physical impact of climate change on the operation and maintenance of surface water, ground water and urban water or sewer systems? Which adaptation strategies are both acceptable and efficient?
- 2 How do the stakeholders concerned view the pressure of climate change on the urban water system and how can they contribute to create a climate adaptive water system?
- 3 Which innovative technologies for measurement, monitoring, modelling and data analyses are necessary for a better understanding of the impact of climate change? How can these technologies help to monitor climate change and develop a climate adaptive water system?
- 4 Which assessment framework is useful to create a climate adaptive water system?

The underlying definition study consists of five components:

- The physical effects of climate change on urban water management;
- A review of stakeholders and analysis of their willingness to contribute to a climate adaptive water system;
- Measures for the water system, process approach and experiences of other (harbour) cities;
- Innovative monitoring for a climate adaptive urban water system;
- An assessment framework integrating the aforementioned components for the implementation of climate robust urban water management.

The physical effects of climate change on urban water management

Although quantifying the exact effects of climate change on the urban water system is difficult calculations by the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) confirm that the changing climate impacts urban water management in Rotterdam. Without infrastructural changes the amount of time streets are inundated in the district of Spangen (west Rotterdam) could triple as result of a 50% increase in precipitation. Overflows of the sewer system will increase, as well as significant financial and social costs. Ground water trouble, either too much or too little, is also bound to increase.

Depending on bed settlement, location and the type of piles used a low ground water level can become a problem for the foundation of buildings. Far more important than rising sea or river levels are the increase in precipitation and the build up of water shortages during summer.

The results of the calculations in the pilot areas can not directly be translated to other areas, for every area has its own dynamic. The results of the chosen modelling method are of limited use but do give a first impression of the effects of climate change on the urban water system.

A climate adaptive approach of the water system demands a different way of modelling, monitoring and analysis of situations. This different approach not only takes water management (preventing and reducing cost) into account but also increases resilience and adaptive ability.

There is currently too little data available prove climate influence, except for ground water. The current measurement plan does not sufficiently incorporate indicators for climate change.



The current measurement locations are also not suitable for this purpose. Measurement locations which are not subject to short term changes as a result of local interferences or building projects are necessary to determine specific climate effects. Monitoring is both useful and necessary too create an understanding of the effects of climate change as well as to establish the efficiency of the measures.

Awareness, co-operation and taking action

Uncertainties on the extent and speed of climate change and its possible effects require a water system that is flexible and adaptable to changing circumstances. The organisation of the built environment should be flexible (“adaptive”) and/or relatively insensitive to climate change. Implementation of some measures is always possible (“no-regret measures”).

A first requisite for action is awareness of the problem and ones own role within that problem. Interviews with stakeholders show that just a small group of forerunners within government agencies, companies en knowledge institutes are convinced of the need for climate adaptation. These parties are actively working together in networks such as Rotterdam Climate Proof. The general public has very little or no knowledge of the problem and does not feel the urgency. Initiative is needed to acquaint a wider audience more clearly with climate change. There are also parties who do not want to take responsibility for climate change or do not know how they can play a part in the process. Many executives feel the need for guidelines to shape the process of climate adaptation.

Remarkably housing corporations (with 70% of the housing stock in possession) are not an integral part of the networks concerned with climate adaptation. Another finding is that citizens are more knowledgeable and interested when they have hands-on experience with a project in their own neighbourhood. Financial stimuli as well as a sense of commitment to the neighbourhood are key properties to secure involvement of parties in climate and water projects.

Integration of urban development, spatial planning and water management will create a higher success rate. A requirement for success is to clearly define the goals of the concerned parties and tune these in a combined effort.

Climate robust water systems and urban development

The pace of changes in urban development leaves room to integrate climate measures within other development processes in the city. Taking climate aspects into account should be an integral part of the standard procedure for urban development projects. Water managers must take care to take part in these projects from the very early stages. While climate robustness is improved water gives extra value to the total package of interventions creating a win-win situation. This is also more efficient from a cost perspective. The need to integrate water and spatial planning is widely acknowledged but is often not put into practice. At the same time it is important to have the insight to create optimal growth of a water system that gradually becomes more flexible. This way it becomes more robust independent of future changes.

Many water managers think adjustment to climate change is possible by optimising the current system. Further research should demonstrate if this is the case or that a true transition is necessary or socially wanted and if so, what the corresponding timetable should be.

Making choices: customisation per area

It is very well possible to construct a climate robust water system in new areas. The surrounding conditions are not yet set in stone and there are fewer parties involved, which can increase decisiveness.



The existing city is the true challenge. Several measures for water management are described in the report, subdivided in planning and management measures. Every measure is supplied with an indication of its efficiency, cost and effects on the environment.

For the draft of a district plan a first assessment framework was developed and tested. The first two steps within the assessment framework are composed of: an analysis of the role climate change plays within the area; an analysis of the available opportunities concerning development of the area. The follow up step is the creation of a target image which represents the most important qualities sought in the area. This target image should be used as an inspiration for those involved. Desirable measures can be developed at normal pace over the years or through an accelerated track depending on urgency.

Making climate robust investments

Replacements in infrastructure will generally comply with current standards, which are generally not tailored to climate change. In some cases it will be necessary to change the main structure of the future sewer system and water system. In other cases small local adjustments will suffice. The managers will need some supports against which they can test their daily decisions. The earlier mentioned target image of the area can be of value here.

Many studies on the adaptation of water and sewer systems on climate change focus on small-scale measures. In Rotterdam it is however necessary to determine which choices should be made at a higher level. For densely built districts for example it is possible to create a larger discharge capacity. Subsequently extra space for water can then be created in other parts of the city to retain enough water storage capacity.

Financial aspects play an important part when choices for certain measures are made. Contributing parties generally prefer “great value for little”. It is however sometimes better to choose for a more expensive solution because it offers far more functionalities, improves the quality of the living environment and/or represents a more durable choice. An argument for taking costly measures can be that a lack of short term initiative can ultimately result in even more expenses in the long run.

Inspired by other (harbour) cities

Other cities can be viewed as an inspiration to Rotterdam. London for example has used a very interesting concept to review measures designed to secure safety along the Thames. In this concept the measures were graded against the amount of sea level rise. This method allows the city flexible adjustments to uncertain future developments.

Stockholm shows that it is very well possible to close and connect water, energy and waste cycles within a city. Melbourne works with the promising concept of “the city as catchment”: an integral approach of drink water, rain water, ground water and waste water that considers the whole city as a catchment. Tokyo combines mega-projects (such as drains under the city the size of metro tubes to intercept extreme peak river discharges) with small scale initiatives to collect and store water for dry periods.

Building blocks for Rotterdam’s adaptation strategy

Considering the building blocks for Rotterdam’s adaptation strategy the previous findings lead to the following suggestions:

- An integral approach: climate adaptive water management = climate adaptive area development
- Custom work: development of a vision demands area-specific considerations



- Climate adaptive monitoring, modelling and analysis of the water system: parameters and models which consider the resilience and adaptive ability of the water system should be used besides more traditional parameters and ways of modelling.
- Learning by experience: learning from previous experiences and learning-by-doing, from action oriented pilots.
- Visualise climate effects. Not everything should be managed in such a way that users/citizens of the city don't notice climate change.
- Involvement: part of the visibility of climate change as well as an enlarged adaptive ability is generated by the involvement of parties in the creation of a climate adaptive urban water system.

Recommendations for continuation

An important reason why certain insights are not followed is that the urgency of the problem is not really evident to most people. More, better and coherent monitoring of all processes (meteorologic, hydrologic, ecologic, social economic) is therefore necessary. Subsequently the results must be used to enlarge awareness of the parties involved.

Another reason why insights are not followed is the gap between vision and implementation. There are multiple initiatives concerned with climate change within the city of Rotterdam, but this process has not started yet in the workplace or in the citizen's home. Furthermore there is no agreement what to expect of the citizens or what citizens can expect from the government. Actors in the field are in need of working processes which they can use in the years to come to make success of climate robust urban development.

Finally visible measures can contribute to an enlarged consciousness of "water and climate". It would also help if measures clearly have an extra value for those involved. Water can contribute to a valuable environment. To realise changes that create a climate adaptive urban water system it is essential that these are coupled to urban developments with other goals than the creation of a climate robust city.





1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel onderzoek

De komende decennia zal het klimaat veranderen. Deze veranderingen hebben gevolgen voor het functioneren van het stedelijke watersysteem. De klimaatsscenario's van het KNMI (2006) laten voor Nederland zien dat de winters zachter worden en de zomers warmer. De winters zullen gemiddeld natter worden en extreme neerslag zal toenemen. Ook in de zomer zal extreme neerslag vaker voorkomen, maar gemiddeld worden de zomers droger en zal het neerslagtekort dus toenemen. Verder zullen de zeespiegel en de rivierafvoeren stijgen. Al deze veranderingen zullen direct of indirect de stedelijke waterhuishouding beïnvloeden.

Ook Rotterdam krijgt en heeft te maken met deze gevolgen. Rotterdam bereidt zich op proactieve wijze voor op de verwachte en onverwachte klimaatveranderingen. Als onderdeel van Rotterdam Climate Initiative (RCI) wordt Rotterdam Climate Proof (RCP). De stad wil zich ontwikkelen en positioneren als het gaat klimaatadaptatie, waterkennis en stedelijke deltatechnologie. Om dit te realiseren werkt de gemeente samen met diverse partners waaronder kennisinstellingen en private partijen bijvoorbeeld in het nationale onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. In dit onderzoeksprogramma is de regio Rotterdam benoemd als één van de negen hotspots.

In het kader van het Kennis voor Klimaat programma, hotspot Rotterdam (HSRR01) is deze definitiestudie uitgevoerd. In de studie zijn de impact van klimaatverandering op het binnendijkse stedelijke watersysteem en de benodigde adaptatiestrategieën onderzocht. Doel van het onderzoek is het opstellen van een onderzoeksagenda en afwegingskader voor de ontwikkeling van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem. Stakeholders zoals de waterschappen en de Gemeente Rotterdam kunnen met de onderzoeksagenda en het afwegingskader adaptatiestrategieën verder ontwikkelen en maatregelen nemen om het stedelijk watersysteem aan te passen aan klimaatverandering.

1.2 Bijdragen aan een Rotterdamse Adaptatiestrategie

Het stedelijk watersysteem is een van de vijf hoofdthema's van de Rotterdamse Adaptatiestrategie (RAS). De andere thema's zijn: waterveiligheid, bereikbaarheid, adaptief bouwen en stadsklimaat. De RAS is een proces van strategievorming waarin de wijze waarop de realisatie van de ambities van Rotterdam Climate Proof in een samenhangende visie en programma duidelijk worden gemaakt. De ambitie is dat de stad klimaatbestendig is in 2025 en om een veerkrachtig systeem te ontwikkelen dat kan meegroeien met toekomstige klimaateffecten. Realiseren van deze ambities draagt bij aan een veilige, economische sterke en aantrekkelijke stad en haven.

Vanwege de onzekerheden over de verwachte gevolgen van klimaatveranderingen en soms ook de effecten van de gekozen strategie en maatregelen wordt het accent nadrukkelijk gelegd op een *adaptieve* strategie. In een adaptieve strategie staan de volgende aspecten centraal:

- Het vermogen om zowel schade te voorkomen (threshold capacity) en schade te beperken (coping capacity) als ook veerkracht (recovery capacity) en adaptief vermogen (adaptive capacity) te versterken
- Vergroten van het adaptieve vermogen.

Het vermogen om op basis van leren van ervaring ('learning by doing') inzichten, strategie en maatregelen aan te passen. Het gaat hierbij dus niet alleen om fysieke aspecten ('hardware'), maar niet-fysieke aspecten zoals planologische, economische, organisatorische, bestuurlijke, sociaal-maatschappelijke aspecten ('software') (Zie ook RCP, "Klaar voor Hoog Water").

- Het voortdurend betrekken van verschillende stakeholders

Enerzijds om er voor te zorgen dat signalen over gevolgen van klimaat, gekozen strategie en maatregelen zo snel mogelijk worden opgevangen. Anderzijds om strategie en maatregelen zo gericht mogelijk te ontwikkelen en te realiseren.

De definitiestudie dient bouwstenen aan te reiken om verder invulling te geven aan de RAS.



1.3 Onderzoeksvragen

Binnen de kaders van RCI, RCP en Kennis voor klimaat en het doel van het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen centraal gesteld voor de definitiestudie:

- 1 Wat is de fysieke impact van klimaatverandering op functioneren en onderhoud van het binnendijkse oppervlakte-, grondwater- en rioolsysteem en wat zijn efficiënte en acceptabele adaptatiestrategieën?
- 2 Wat zijn de perspectieven van betrokken stakeholders op de klimaatdruk op het stedelijk watersysteem en hun mogelijkheid om bij te dragen aan een klimaatadaptief watersysteem.
- 3 Welke innovatieve meet-, monitorings-, modelleer- en data-analysetechnologieën en – kennis zijn nodig om de impact van klimaatverandering beter te begrijpen, de klimaatverandering te monitoren en een klimaatbestendig waterbeheersysteem te ontwikkelen?
- 4 Wat is een bruikbaar afwegingskader om tot een klimaatbestendig watersysteem te komen?

In het onderzoek (TOR1) wordt alleen ingegaan op de effecten van klimaatverandering van het binnendijksgebied. Effecten van klimaatverandering (en zeespiegelrijzing) op bijvoorbeeld de kans op overstroming door dijkdoorbraak is geen onderdeel van deze studie. Dit aspect wordt meegenomen in TOR 2 van het project Kennis voor Klimaat Rotterdam. Uitgangspunt hierbij zijn de vier klimaatscenario's door het KNMI (2006).

1.4 Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd door het consortium van gemeente Rotterdam, Deltares, TU Delft en Hogeschool van Rotterdam. ARCADIS en Witteveen & Bos hebben de gemeente ondersteund bij het opstellen en uitvoeren van het onderzoek. In vijf verkennende deelstudies zijn de onderzoeksvragen nader uitgewerkt en beantwoord. Diverse stakeholders zijn betrokken bij het onderzoek via interviews en een werkbijeenkomst. Tijdens deze werkbijeenkomst zijn de resultaten besproken met de deelnemers en hebben zij een eerste concept afwegingskader gebruikt in een vingeroefening om drie Rotterdamse deelgemeenten klimaatbestendig in te richten. De werkpakketten, aanpak en uitkomsten worden nader toegelicht in dit rapport.

1.5 Leeswijzer

De verkennende deelstudies die worden besproken in hoofdstukken 2 tot en met 7. In lijn met het doel en de onderzoeksvragen van de definitiestudie zijn de deelstudies gericht op:

- De fysieke gevolgen van klimaatverandering op het binnendijkse oppervlakte, grondwater en rioolsysteem van een aantal wijken in Rotterdam (hoofdstuk 2).
- Een inventarisatie en analyse van betrokken stakeholders en hun ontvankelijkheid om bij te dragen aan een klimaatadaptief watersysteem (hoofdstuk 3).
- Technische maatregelen en mogelijkheden voor participatie en samenwerking van stakeholders waarmee klimaatadaptiviteit van het stedelijk watersysteem kan worden vergroot (hoofdstuk 4). Hierbij is ook gekeken naar ervaringen in andere (haven)steden (hoofdstuk 5).
- Innovatieve monitoring om de impact van klimaatsverandering en mogelijke maatregelen effectief in kaart te brengen (hoofdstuk 6).
- Integratie van bovenstaande onderdelen en ontwikkeling van een afwegingskader voor stakeholders voor de implementatie van klimaatadaptief stedelijk water (hoofdstuk 7).

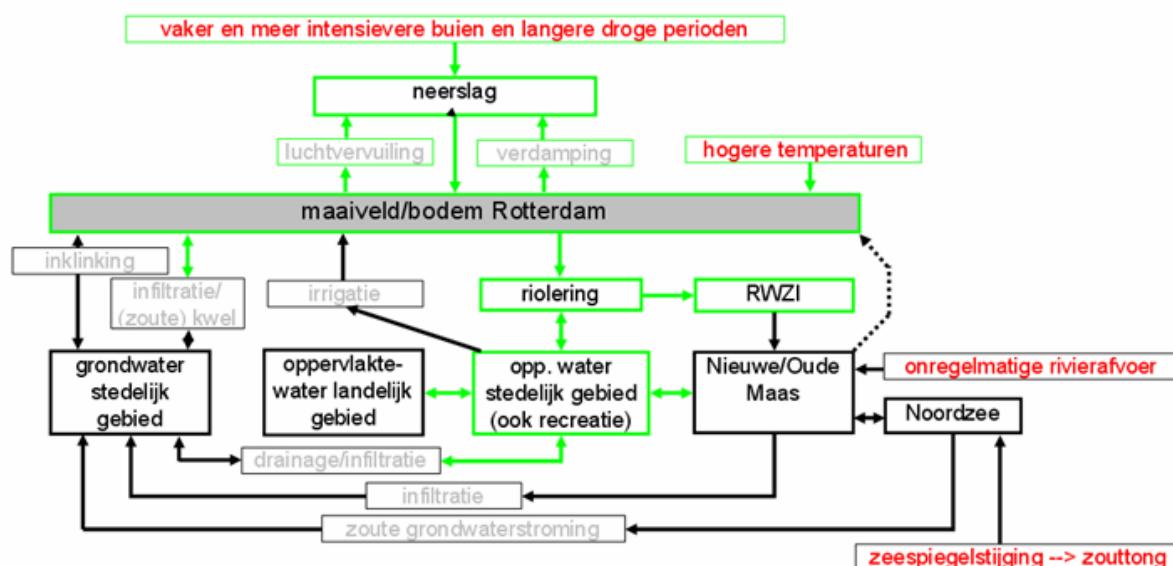
Het rapport wordt afgesloten in Hoofdstuk 8 met een synthese, conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek en acties.

2. Fysieke gevolgen van klimaatverandering op stedelijk gebied Rotterdam

2.1 Inleiding

Extreme neerslag en langere periodes van droogte vormen de grootste bedreiging voor het stedelijke water in Rotterdam. In de studie: 'Klimaatverandering in Nederland: Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's' van het KNMI, wordt beschreven dat de gemiddelde uurintensiteit in De Bilt bij extreme buien met 14% per graad temperatuurstijging toe kan nemen. De verwachte temperatuurstijging in de zomer en herfst is 1 tot 3 graden Celsius, afhankelijk van het klimaatscenario. Ook is vastgesteld dat de neerslaghoeveelheden in Rotterdam bij het huidige klimaat 14% hoger liggen dan in de Bilt. Dit hangt vermoedelijk samen met luchtverontreiniging. Door de te verwachte temperatuurstijging zullen er langere periodes van droogte optreden en is het groeiseizoen langer dan nu. Dit zorgt ervoor dat de verdamping sterk zal toenemen en dus neemt het neerslagtekort in de zomer toe. Door het Urban Heat Island effect wordt dit proces vermoedelijk versterkt.

De effecten van klimaatsverandering op het functioneren van het stedelijke watersysteem in Rotterdam zal op verschillende manieren een impact hebben op stedelijke functies. De verbanden zijn grafisch weergegeven in Figuur 2.1. Water op straat, grondwateroverlast en inundatie van watergangen zal vaker en meer voorkomen door heftigere neerslag en toenemende verharding. Het binnendringen van water kan leiden tot schade aan woningen en bedrijfsgebouwen. Water op straat leidt tevens tot verkeersopstoppen. Het bodemgebruik (met name de hoeveelheid verharding) is bepalend voor de infiltratiecapaciteit van hemelwater in de bodem en dus in de mate waarin de bodem een bergende werking heeft. Het nog niet goed bekend in welke mate de bodem bijdraagt aan het bergen van extreme neerslag. De toenemende droogte zal met name effect hebben op het dalen van de grondwaterstand wat leidt tot schade aan met name historische bebouwing en groenvoorzieningen. Ook zal de waterkwaliteit negatief kunnen worden beïnvloed door lange periodes van droogte en de hogere temperaturen. Droogte kan mogelijk de autonome bodemdaling door inklinking van klei- en veenlagen versnellen. Hierdoor daalt het maaiveld plaatselijk waardoor die gebieden meer kans lopen op wateroverlast. Over deze relatie is echter nog veel onduidelijk.



Figuur 2.1 Conceptueel model invloed klimaatverandering op waterhuishouding. De figuur wordt toegelicht in de tekst.

In dit hoofdstuk zijn de effecten van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem en de gevolgen voor stedelijke functies globaal verkend en waar mogelijk gekwantificeerd (onderzoeksvraag 1). Hierin is onderscheid gemaakt tussen de effecten op riolering, het oppervlaktewatersysteem, het grondwatersysteem en waterkwaliteit. De resultaten zijn gebaseerd op literatuurstudies, modelstudies en analyse van meetgegevens.



In 2.2 wordt de aanpak om gevolgen te kwantificeren nader besproken. In 2.3 worden de effecten voor riolering nader verkend. Gevolgen voor het oppervlaktesysteem komen aan de orde in 2.4. Effecten voor grondwater worden besproken in 2.5. En in 2.6 komt waterkwaliteit aan de orde. Conclusies en aanbevelingen worden in 2.7 samengevat.

2.2 Aanpak kwantificeren gevolgen

De verkenning voor de riolering en het stedelijke oppervlaktewater is gedaan door twee cases door te rekenen met bestaande modellen. De betreffende modellen en de aanpak van de modellering is in detail beschreven in Bijlage 7. De grondwateraspecten zijn geanalyseerd aan de hand van tijdreeksen van grondwaterstanden langs 5 raaien met peilbuizen in verschillende wijken (zie figuur 2.3).

Het is lastig om heel nauwgezet de gevolgen van klimaatsverandering op het stedelijke watersysteem te kwantificeren. In zowel de klimaatsmodellen als in de modellen in het stedelijk waterbeheer zitten onzekerheden, die groter zijn dan de geprognoseerde klimaatsveranderingen zelf. In Bijlage 7 zijn enige voorbehoudens beschreven. De hier gepresenteerde resultaten dienen gezien te worden als een eerste verkenning van de gevolgen van klimaatverandering op basis van beschikbare gegevens en modelinstrumentaria. Daarbij is deels ook getracht de effecten te kwantificeren. Benadrukt wordt dat processen als oppervlakkige afstroming en ophoging van water op straat niet worden gesimuleerd in 'traditionele' modellen in het stedelijk waterbeheer. Deze processen zijn op relatief eenvoudige manier in te bouwen in de modellen door de wegen mee te modelleren. Een complexere aanpak om op basis van terreinmodellen water op straat te simuleren zijn deels nog in ontwikkeling. De traditionele aanpak gaat er in principe van uit dat er geen water op straat mag voorkomen. In de toekomst kan het gedurende extreme situaties onvermijdbaar worden dat water over de straten stroomt. Dit vergt een geheel andere aanpak voor het onderzoeken en modelleren van water op straat. In de gekozen traditionele aanpak, is er nog van uit gegaan dat er geen water op straat mag optreden in 2050. De resultaten van deze methode zijn beperkt bruikbaar, maar geeft wel een eerste indruk van de gevolgen van klimaatsverandering op het stedelijke watersysteem.

Als uitgangspunt voor deze analyse gelden de 4 klimaatscenario's gepubliceerd door het KNMI (KNMI, 2006). Omdat het om een verkenning gaat, is vooralsnog alleen gerekend met het zogenaamde KNMI W-scenario. In Bijlage 7 is de methode beschreven waarmee de neerslagbelasting is bepaald. Desgewenst kunnen de andere scenario's op dezelfde manier worden doorgerekend. De volgende paragrafen beschrijven per deelproces de uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten.

2.3 Riolering

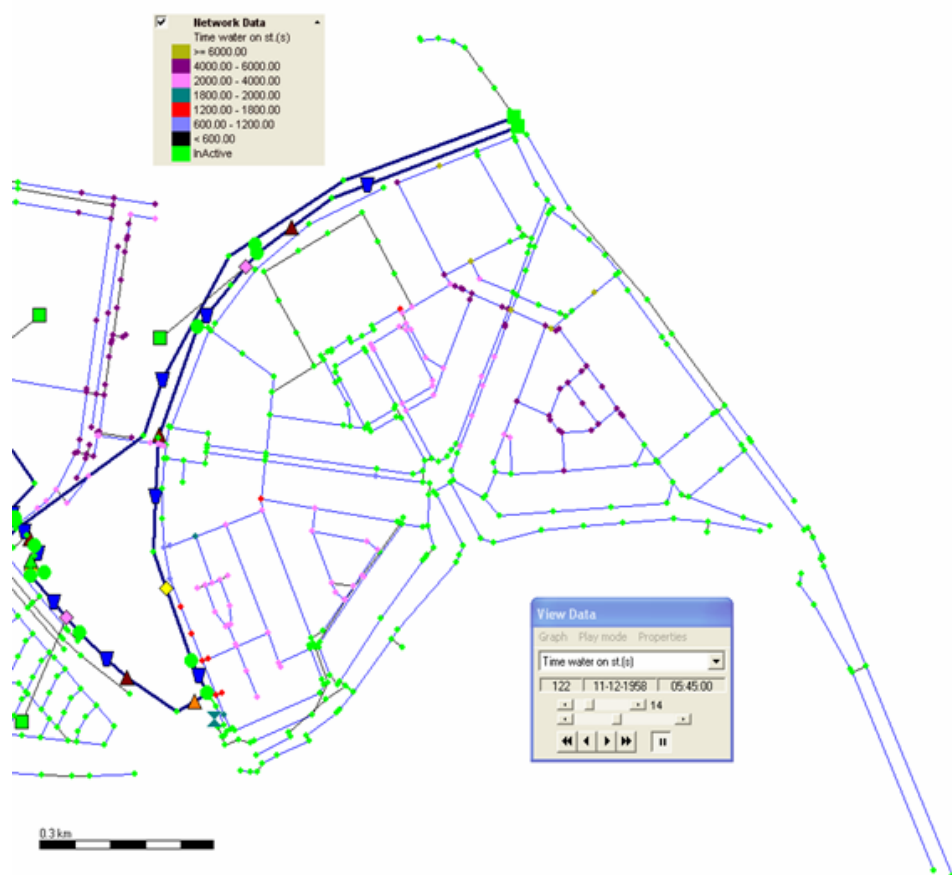
Door de verwachte toename van de totale hoeveelheid neerslag en met name de toename van het aantal zware buien, zal de piekbelasting op het rioolstelsel worden vergroot. De processen die van invloed zijn op functioneren van de riolering zijn als volgt:

- afstroming van verhard oppervlak;
- waterpeil van oppervlaktewater waar via overstorten op wordt geloosd bij hevige neerslag;
- debiet overstortbemaling;

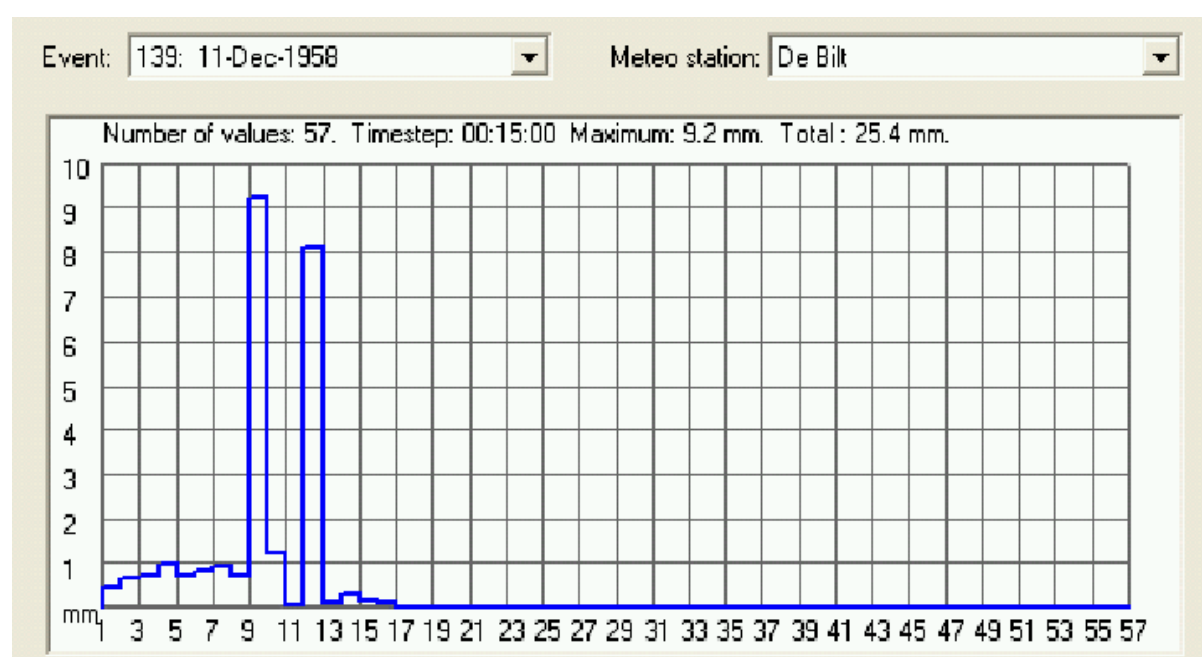
Door toename van neerslagpieken zal er vaker water op straat blijven staan en zullen overstortingen vanuit rioolstelsels op het open water vaker voorkomen. Deze effecten zullen op de bekende knelpunten vaker gaan optreden. Er zullen afhankelijk van de neerslagspreiding ook nieuwe en wisselende probleemlocaties optreden (Deltares, 2007).

Met name de toename van de extreme regenbuien heeft een groot effect op het functioneren van de riolering. Door de beperkte afvoercapaciteit van het rioolstelsel zal water-op-straat en wateroverlast toe gaan nemen. De kans op ziekten neemt toe door frequentere blootstelling aan verdund afvalwater. Water in huizen en winkels en gestremde wegen zullen vaker voorkomen. Ook zal het stedelijke oppervlaktewater vaker en langduriger belast worden vanuit de rioolstelsels. Doordat er langere droge perioden voor komen zal er mogelijk meer slib in de riolering achterblijven. Bij hevige neerslag na een droge periode kan de belasting op het oppervlaktewater daardoor nog extra vergroot

worden. Door hogere temperaturen zal afvalwater en slib in het rioolstelsel sneller worden omgezet, wat kan leiden tot stankoverlast.



Figuur 2.1 Water op straat (situatie bui 11-12-1958 na klimaatscenario W-2050)



Figuur 2.2 Bui van 11-12-1958 na conversie met klimaatscenario W-2050





In de gemeente Rotterdam beschikt men over zogenaamde bemalen overstorten. Dit zijn pompinstallaties die bij hevige regenval het ingezamelde rioolwater - van gemengde samenstelling - rechtstreeks afvoeren naar de rivieren de Nieuwe en de Oude Maas. Door een toename van de neerslag zal de frequentie van deze bemalen overstorten toenemen. Dit heeft vooral een effect op de vuiluitworp van de gemengde riolering en niet op het probleem van wateroverlast. De pompcapaciteiten van de bemalen overstorten zijn namelijk klein in verhouding tot de debieten die bij hevige neerslag overstorten op de singelsystemen.

De rioolwaterzuiveringsinstallatie RWZI zal door de toename van de neerslag meer belast worden. Door de toename van met regen-water verdund afvalwater zal het rendement daarbij afnemen waardoor de jaarvracht van de emissies toenemen. Anderzijds kunnen processen in de RWZI efficiënter gaan werken door de hogere gemiddelde temperatuur. Dit zou het rendement van de zuiveringen juist ten goede komen.

Analyse toename water op straat

Voor het verkennen van de gevolgen voor de stedelijke riolering zijn de wijken Spangen en Oud-Mathenesse geselecteerd. Kenmerken van deze wijken zijn: hoge dichtheid van bebouwing c.q. relatief hoge verhardingsgraad en weinig stedelijk oppervlaktewater. Voor de berekening is gebruik gemaakt van een rioleringsmodel in het programma SOBEK dat door Gemeentewerken ter beschikking is gesteld. De aanpak van de analyse en gedetailleerde resultaten zijn beschreven in Bijlage 7. In de Figuren 2.1 en 2.2 zijn de resultaten gepresenteerd voor het W-scenario voor 2050.

Figuur 2.1 laat de systeemreactie zien na belasting met de neerslag van 11 december 1958 maar dan geconverteerd naar klimaatscenario W 2050 (Figuur 2.2). Deze conversie is berekend met een programma dat door het KNMI is ontwikkeld (Bijlage 7). De neerslagsom neemt hierbij toe met circa 50%. Dat is overigens meer dan de gemiddelde toename van 25% voor het W 2050 scenario. Het is daarmee waarschijnlijk een bovengrensbepaling. De duur van water op straat in het kritische gebied van het stelsel neemt echter toe met een factor van circa 3. De duur van water op straat ligt nu in de orde van 4000 tot 6000 seconden. Met andere woorden: een belasting toename met een factor 1,5 levert een toename in de duur van water op straat op met een factor 3. Dat is dus een niet lineair effect.

Opmerking: het betreft hier een verkenning op basis van één gebeurtenis. Om onderbouwde conclusies te kunnen trekken zou een aantal berekeningen moeten worden gemaakt. De uitgevoerde berekeningen zijn gemaakt om een eerste indruk te krijgen van de effecten van klimaatverandering maar ook om de rekenmethode te toetsen.

2.4 Oppervlaktewatersysteem

In de winter zal het stedelijke oppervlaktewater meer toevoer krijgen van regenwater en grondwater. Hierdoor hoeft er minder water ingelaten te worden vanuit het landelijke gebied of vanuit de Nieuwe Maas. Dit komt de waterkwaliteit ten goede. Er zullen echter ook vaker en langduriger riooloverstortingen zijn. Dit heeft een negatief effect op de waterkwaliteit.

Door langere droge perioden en door hogere temperaturen in de zomer zal er meer water ingelaten moeten worden. Er zal meer water verdampen en er zal minder zuurstof in het water zijn. Dit heeft een negatief effect op de waterkwaliteit. Door extreme neerslag zal de kans op inundatie toenemen. Ook de toename van riooloverstortingen heeft een negatief effect op de waterkwaliteit. In de zomer zullen grotere peilfluctuaties voorkomen. Dit werkt door in de grondwaterstand.

Analyse peilstijging oppervlaktewater

Van het stedelijke oppervlaktewatersysteem is een inmiddels gedateerd model beschikbaar in SOBEK Rural/Channelflow/Urban (zie Bijlage 7). Het model betreft Rotterdam-Zuid. Dit deel van de stad kenmerkt zich door delen met relatief veel oppervlaktewater (Zuiderpark) en door delen met slechts enkele singels.

De resultaten voor de berekeningen van het oppervlaktewatersysteem zijn voor twee locaties gepresenteerd in tabel 2.1.



Het betreft een locatie in het systeem van Lombardijen (Lomb-15) en een locatie in het Zuiderpark (Park16). Het blijkt dat de resultaten per punt verschillen. Verder is te zien dat bij in de huidige situatie met een gemiddelde herhalingstijd van 10 jaar in het Zuiderpark een peilstijging plaats vindt van 32 centimeter. Bij het klimaatscenario W-2050 wordt dat een herhalingstijd van 6 jaar. In de situatie van een huidige gemiddelde herhalingstijd van 100 jaar hoort bij het Zuiderpark een peilstijging van 73 centimeter. In het klimaat-scenario W-2050 wordt dat een gemiddelde herhalingstijd van 23 jaar.

Tabel 2.1 Resultaten effect klimaatscenario W-2050 op het oppervlaktewatersysteem

locatie	huidige peilstijging (m)		toekomstige peilstijging (m)	
park 16	0,32	0,73	0,32	0,73
	T=10 jaar	T=100 jaar	T=6 jaar	T=38 jaar
lomb_15	0,36	0,94	0,36	0,94
	T=10 jaar	T=100 jaar	T=7 jaar	T=69 jaar

Indien uit wordt gegaan van het volledig compenseren van de stijging van de waterstand bij een herhalingstijd van 100 jaar, zou voor het Zuiderpark een extra open water oppervlak van 16,6 ha moeten worden aangelegd. Voor Lombardijen gaat het om 16,7 ha. De berekening van het oppervlak open water wordt aangehouden een effectieve peilstijging van 0,4 m. Dit is gebruikelijk voor deze berekening.

In de huidige situatie bedraagt het percentage open water voor het gebied Zuiderpark en Lombardijen tezamen circa 3% van het gehele gebied. Dat zou moeten toenemen tot 5 % om te compenseren voor de berekende klimaatverandering voor het scenario W 2050.

2.5 Grondwater

De dynamiek van het grondwatersysteem zal onder meer onder invloed van de klimaatsverandering de komende decennia veranderen en daarmee de dynamiek van de ondiepe freatische grondwaterstand in het stedelijke gebied. De winters zullen gemiddeld natter worden en er zullen vaker extreme neerslag zijn. Zowel de zeepiegel als rivierafvoeren (en dus het rivierpeil) zullen stijgen. Ook in de zomer zal extreme neerslag vaker voorkomen, maar in het geheel worden de zomers droger en zal het neerslagtekort dus toenemen. Deze veranderingen hebben invloed op de ondiepe grondwaterstand en kunnen leiden tot hogere en lagere grondwaterstanden. Overigens zullen deze verandering niet alleen plaatsvinden door de effecten van klimaatsveranderingen, maar met name ook door het intensiever gebruik van de ondergrond (TNO, 2007). In de regio Rotterdam speelt bovendien dat de bodem langzaam daalt door inklinking van slappe bodemlagen, waardoor het maaiveld steeds dichterbij het grondwater zal komen.

Diverse processen in de ondergrond beïnvloeden dus de ondiepe grondwaterstanden in stedelijk gebied. Deze zijn nader toegelicht in Bijlage 7 (zie ook Gemeentewerken Rotterdam, 2005). Voor Rotterdam zijn vooral de toename van de totale hoeveelheid neerslag en te toename van het neerslagtekort in de zomer (droogte) van belang. Stijging van het rivierpeil en de zeepiegelstijging zijn veel minder belangrijk (zie Bijlage 7).

Zowel het verhogen als het verlagen van de grondwaterstand kan voor bepaalde stedelijke functies schadelijk zijn. Men spreekt van grondwateroverlast bij te hoge grondwaterstanden en van grondwateronderlast (of droogte) bij te lage grondwaterstanden (hieronder nader toegelicht). Het effect van klimaatsverandering op de grondwaterstand is beredeneerd aan de hand van tijdreeksen van grondwaterstanden in 5 meetraaien in verschillende wijken van Rotterdam.

Analyse grondwateroverlast

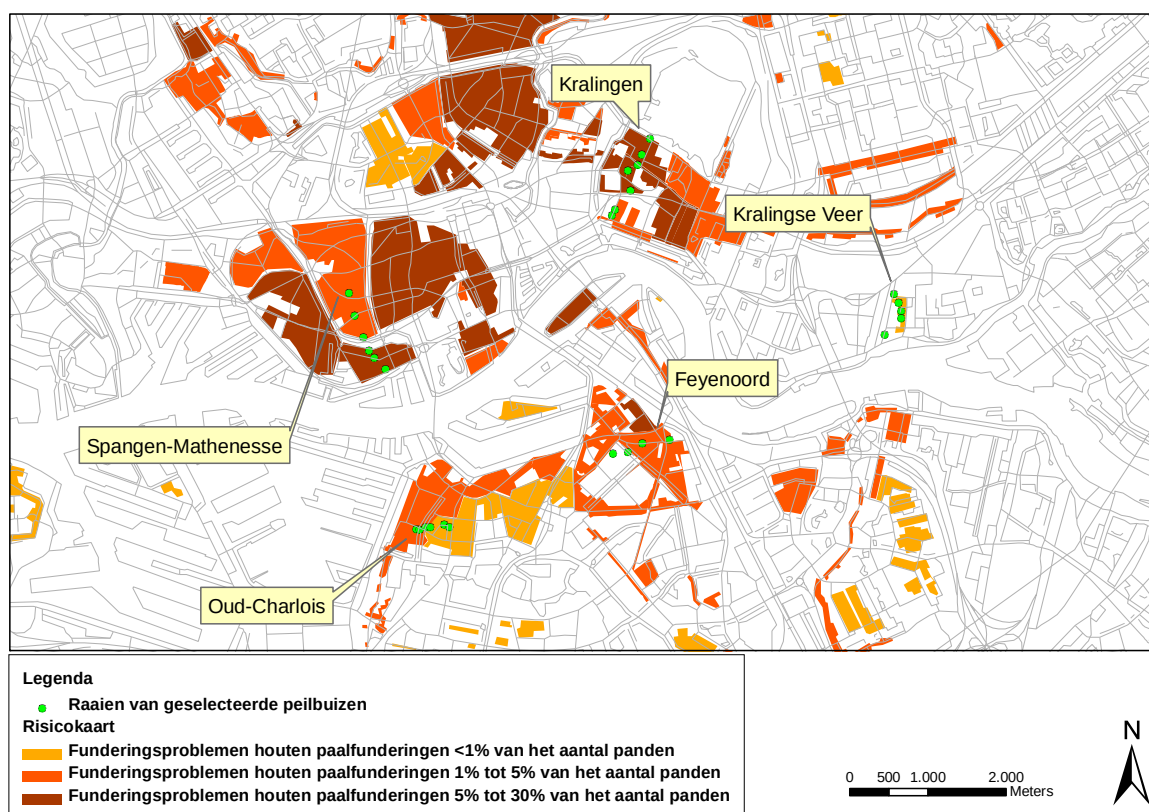
Er is sprake van grondwateroverlast wanneer door structureel hoge grondwaterstanden kelders of kruipruimtes vochtig worden of tuinen en groenvoorzieningen nat schade ondervinden (zie Bijlage 7). Als indicator voor het optreden van grondwateroverlast wordt de ontwateringsdiepte gehanteerd. Dat is de diepte van de grondwaterstand ten opzicht van het maaiveld. In de literatuur zijn diverse criteria voor ontwateringsdiepte per inrichtingsvorm opgenomen als richtlijn, zoals opgenomen in tabel 2.2. Deze criteria zijn gebaseerd op praktijkervaring aangaande wenselijke ontwateringsdieptes bij verschillende inrichtingsvormen (SBR, 2007).

**Tabel 2.2 Criteria voor ontwateringsdiepte**

gebruiksfunctie	ontwateringsdiepte (m beneden maaiveld)
Verantwoordelijkheid gemeente:	
Primaire wegen	1,00
Secundaire wegen	0,70
Tuinen, plantsoenen, parken en sportvelden	0,50
Verantwoordelijkheid perceeleigenaar:	
Woningen/gebouwen met kruipruimte	0,70*
Woningen/gebouwen zonder kruipruimte	0,50*

* afhankelijk van het vloerpeil van de woning en de dikte van de vloer; uitgangspunt is een grondwaterstand van 10 á 20 cm onder de onderkant van de kruipruimte of 50 cm onder de onderkant van de vloer bij kruipruimteloos bouwen

Om de grondwateroverlast in verschillende wijken van Rotterdam te vergelijken is gekozen om te kijken naar de ontwateringsdiepte per wijk. Hiervoor zijn in vijf gekozen raaien de grondwaterstandsmetingen gelegen in de wijken Kralingen, Spangen-Mathenesse, Kralingse Veer, Oud-Charlois en Feyenoord geanalyseerd. In figuur 2.3 is een overzicht opgenomen van de meettraaien.

**Figuur 2.3: overzicht meetpunten en funderingsgegevens voor grondwateronderzoek**

De grondwaterstandsmetingen van de peilbuizen uit de 5 meettraaien zijn voor de periode 1982 tot heden geanalyseerd waarbij de minimale, maximale, gemiddelde grondwaterstanden zijn berekend. Hierna is de ontwateringsdiepte berekend door de grondwaterstand af te trekken van de maaiveldhoogte. In tabel 2.3 is te zien dat de meeste grondwateroverlast plaats vindt in Kralingse Veer. De minimale ontwateringsdiepte is hier slechts 0,26 m en op 209 momenten is de ontwateringsdiepte geringer dan 0,7 m geweest in de afgelopen 30 jaar. Spangen-Mathenesse heeft ook te maken met te hoge grondwaterstanden, maar in geringere mate dan Kralingse Veer. Verder is in deze tabel te zien dat Kralingen en Oud-Charlois voor de onderzochte meettraaien minder risico hebben op grondwateroverlast.

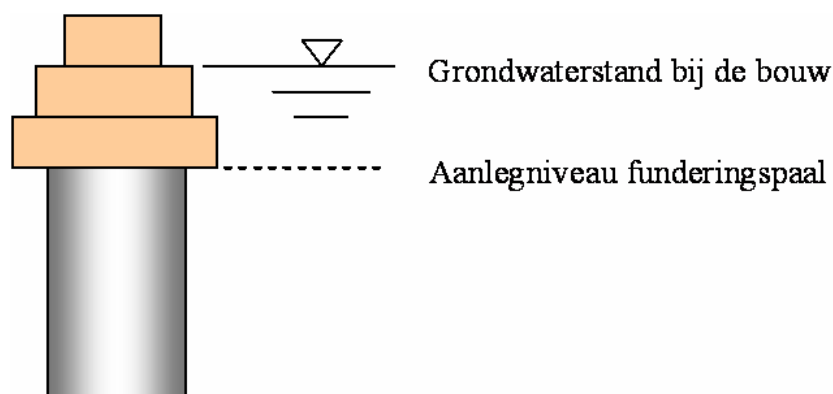
**Tabel 2.3 Analyse grondwateroverlast**

	Kralingen	Spangen-Mathenesse	Kralingse Veer	Oud-Charlois	Feyenoord
Min ontwateringsdiepte [m-mv]	0,81	0,58	0,26	0,98	0,51
Max ontwateringsdiepte [m-mv]	3,07	2,81	1,36	2,01	2,52
Gemiddelde ontwateringsdiepte [m-mv]	1,64	1,73	0,80	1,50	1,54
Frequentie: ontwateringsdiepte > 0,7m	0	32	209	0	2

Hoe de grondwateroverlast zal toenemen is nog onduidelijk. Lokale factoren zijn veelal meer bepalend voor het al dan niet optreden van grondwateroverlast. Voorts voert de Gemeente Rotterdam een actief beleid om drainagemiddelen mee te leggen bij rioolrenovatie. Dit vermindert de grondwateroverlast ter plekke. Wel is het duidelijk dat de ontwateringsdiepte in de onderzochte wijken nu al tamelijk gering is. Een beperkte toename van de hoeveelheid en intensiteit van de neerslag zal al leiden tot meer grondwateroverlast bij oudere bebouwing en maakt grote delen van Rotterdam afhankelijk van drainagemiddelen.

Analyse grondwateronderlast

In de klei- en veengebieden in het noorden en westen van Nederland worden gebouwen gefundeerd op palen om schade door zetting van het maaiveld tegen te gaan. In het verleden gebruikte men daarbij alleen houten funderingspalen. Zolang de houten funderingspaal geheel onder de grondwaterstand is blijft deze intact. Door verlaging van de grondwaterstand kan de houten paalkop droogvallen en gaan rotten (schimmelvorming). Deze 'grondwateronderlast' kan optreden wanneer de grondwaterstand daalt tot beneden het aanlegniveau van de houten paalkop van historische bebouwing (Figuur 2.4). In deze paragraaf zijn de problemen voor een viertal wijken van Rotterdam geïnventariseerd, waarvoor informatie over het aanlegniveau van de funderingspalen beschikbaar was. Langs alle 4 deze raaien bevinden zich historische bebouwing met houten paalfunderingen (zie figuur 2.3).

**Figuur 2.4 Aanlegniveau houten funderingspalen en grondwaterstandfluctuatie.**

In Tabel 2.4 is te zien dat met name Kralingen en in mindere mate Spangen-Mathenesse in de huidige situatie al grondwaterstanden kent die lager zijn dan het aanlegniveau van de paalkop. In de eerste rij van de tabel is het percentage panden dat funderingsproblemen heeft ter plaatse van de geanalyseerde raaien weergegeven. Deze getallen zijn gehaald uit de kaart in Figuur 2.3 (risicogebieden houten paalfunderingen Rotterdam) verkregen van Gemeentewerken Rotterdam. Deze kaart geeft een percentage van het aantal panden met funderingsproblemen gebaseerd op inventarisaties van Gemeentewerken Rotterdam.



Te zien is dat Kralingen en Spangen-Mathenesse het meest te kampen hebben met funderingsschade. Verder is het verschil tussen de minimale grondwaterstand en het minimale aanlegniveau van de paalkop in Kralingen het grootst. Hierbij dient gezegd te worden dat het om een uitschieter in de metingen gaat. Verder is de gemiddelde grondwaterstand in Kralingen beneden het gemiddelde aanlegniveau van paalkoppen ligt (0,17 m). In de overige wijken ligt de gemiddelde grondwaterstand wel boven het aanlegniveau van de paalkoppen. Uit deze analyse komt naar voren dat Kralingen het grootste risico heeft op problemen met houten funderingen door grondwateronderlast in de huidige situatie. Langs die meetraai blijken ook de meeste problemen met de funderingen te zijn opgetreden (zie figuur 2.3).

Door de verwachte toename van het neerslagtekort (droogte) in de zomer ten gevolge van de klimaatsverandering, mag aangenomen worden dat in toenemende mate de funderingen van historische bebouwing schade zullen oplopen. De marges tussen de gemiddeld laagste grondwaterstand en de aanlegniveaus zijn in de huidige situatie namelijk al zeer gering (30 tot 65 cm).

Tabel 2.4 Analyse grondwateronderlast. Informatie verkregen van Gemeentewerken Rotterdam: "Risicogebieden Houten Paalfunderingen Rotterdam, dossiernr: 2006-047, 16-9-2008)

	Kralingen	Spangen-Mathenesse	Oud-Charlois	Bloemhof/Hillesluis
Percentage aantal panden met funderingsproblemen tpv gws metingen *	1-30%	1-30% a 1-5%	1-5%	1-5%
verschil minimale grondwaterstand – minimaal aanlegniveau paalkop [m]	-0,45 (slechts 1 meting, uitschieter)	-0,25	-0,1	-0,2
verschil maximale grondwaterstand – minimaal aanlegniveau paalkop [m]	1*	2,25 (meting 128565 niet meegenomen)	1,25	1
Verschil gemiddelde grondwaterstand - gemiddelde aanlegniveau paalkop [m]	-0,17*	0,3	0,3	0,65

* metingen bij Kralingse plas niet meegenomen wegens ontbreken informatie over het aanlegniveau paalfunderingen

2.6 Waterkwaliteit

Kwantitatieve informatie over de kwaliteit van het oppervlaktewater specifiek in het stedelijk gebied is schaars. Ook stedelijk oppervlaktewater moet voldoen aan de eisen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van een goede chemische en ecologische kwaliteit. Echter, omdat het hier in het algemeen om morfologisch niet-natuurlijke waterlopen gaat is een gezonde referentie toestand moeilijk te formuleren. Uitgaande van de huidige situatie en van de verwachte veranderingen in het klimaat en daarop volgende reacties in gedrag en beleid wordt geschetst waar bij veranderend klimaat mogelijke knelpunten liggen voor wat betreft de kwaliteit van het water in het oppervlaktewatersysteem.



Uitgangspunten

Huidige problemen t.a.v. waterkwaliteit (Waterplan 2, Rotterdam):

- te hoge concentraties nutriënten (vooral fosfor)
 - o algenbloei in zwemwater
 - o lage zuurstofconcentraties
- overschrijding normen voor metalen
- overschrijding normen bestrijdingsmiddelen
- effecten van inrichting op kwaliteit
- i.h.a. onvoldoende ecologische kwaliteit

Verwachte klimaatverandering (zie conceptueel model in § 2.1):

- hogere T (zowel in zomer als winter)
- langere droge periodes in zomer, heftiger neerslagepisodes
- meer neerslag in winter
- in totaal meer neerslag
- minder aanvoer rivierwater in zomer, meer in winter
- zeespiegelstijging, verder indringen zouttong in oppervlaktewater

Verwachte adaptaties aan klimaatverandering:

1. Waterbeheer en beleid:

- vergroten bergend vermogen stedelijk oppervlakte water, o.a. via blauwe pleinen
- afkoppeling regenwaterafvoer
- in het algemeen vergroten zelfvoorzienendheid, dus minder afhankelijk van en minder afwenteling op buitenstedelijk gebied (Gemeente Rotterdam et al, 2007)

2. Bevolking:

- meer waterrecreatie binnen en nabij stad
- hoger waterverbruik, dus relatief hogere riool-afvoerdebieten in warme en droge periodes

Mogelijke effecten voor de waterkwaliteit

- *Plagen en bestrijding daarvan*

Als gevolg van de hogere temperatuur neemt de winter-overlevingskans van bijvoorbeeld muggen toe. Ook andere plagen zouden bij hogere temperatuur frequenter kunnen worden en moeilijker te bestrijden zijn. Als daarom meer of andere bestrijdingsmiddelen worden ingezet, zullen deze deels ook terug te vinden zijn in het stedelijk oppervlaktewater met mogelijk negatieve effecten voor de oppervlaktewater ecosystemen (Budd et al., 2007; Hintzen et al., 2009). Vanwege de omgevings-temperatuurstijging wordt verwacht dat ook de kans op het voorkomen van legionella in de drinkwateraanvoer toe zal nemen, en is al gesuggereerd om daarom ook in Nederland over te gaan op drinkwater chlorinering (van Bronswijk, ND 24 aug. 2009). Niet alleen zijn de bijproducten daarvan niet geheel onschadelijk voor de gezondheid, maar ook is er een effect op oppervlaktewater-ecosystemen te verwachten. Extra waterzuivering is mogelijk ook aan de orde bij de inzet van klimaatadaptieve maatregelen als blauwe pleinen. Ook de effecten daarvan op de waterkwaliteit moeten binnen het oppervlaktewatersysteem als geheel worden bekeken.

- *Nutriënten, verontreinigingen*

Als onvoldoende resultaat behaald wordt bij het verminderen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, zal als gevolg van de stijgende temperatuur ook het voorkomen en de frequentie van schadelijke cyanobacteriebloei (blauwalg) kunnen nemen. Naast de huidige plaagalg verhoogt een gemiddeld hogere watertemperatuur ook de kans op vestiging en bloei van exotische blauwalgvarianten. De toename van de waterrecreatie stelt enerzijds hogere eisen aan de oppervlaktewater kwaliteit, en brengt anderzijds die kwaliteit juist in gevaar. Het gaat daarbij naast nutriënten en biologische kwaliteit ook om de mogelijke invloed van zogenaamde PPCP (pharmaceuticals & personal care products, Erikson et al, 2008), waaronder bijvoorbeeld ook anti-zonnebrand middelen. Ook hier geldt dat gekeken moet worden wat het effect is van een eventuele zuiveringsinspanning voor het zwemwater op het totale systeem.



Run-off van geplaveide oppervlakken wordt in het algemeen gezien als een belangrijke potentieel negatieve bijdrage aan de kwaliteit van het oppervlaktewater vanwege het gehalte aan PAKs, PCBs en metalen (Keliang et al., 2007; Jartun et al., 2008). Studies hiernaar zijn mede gedaan in het kader van de keuze om regenwaterafvoer wel of niet af te koppelen van de riolering (bijv. Boogaard et al., 2003). Verwacht wordt dat de klimaatverandering ook nadelige effecten zal hebben voor de verwerking van gebouwen (Brimblecombe & Grossi, 2007). Mogelijk zal ook de bijdrage aan stoffen in de run-off vanuit andere bronnen dan alleen bouwmaterialen (bijv. autobanden, remmen, asfalt) toenemen tengevolge van een warmer en vochtiger klimaat.

Een extremer neerslagregime van langere droge perioden afgewisseld met forsere buien betekent ook dat de potentiële toevoer via run-off van verontreinigingen naar het oppervlakte water een sterker episodisch karakter krijgt. Voor het lokale watersysteem kan dit zowel voordelig als nadelig uitpakken. Voordelig is dat de verontreiniging letterlijk van voorbijgaande aard is, nadelig is dat piekconcentraties of vrachten acute ecosysteem-toxiciteitsgrenzen kunnen overschrijden. Als vanuit de wens van meer zelfvoorzienendheid overgegaan wordt tot het vertragen van piek run-off of het on-site reinigen en hergebruik van regenwater/run-off, dan draagt dit bij aan een vermindering van de verontreinigingsvracht vanuit deze bron naar het stedelijk oppervlaktewater (Jones & Macdonald, 2007; Nolde, 2007).

Het grondwater onder stedelijk gebied bevat nog vaak aanzienlijke verontreinigingspluimen van bijvoorbeeld VOC. De invloed daarvan op de oppervlaktewater-kwaliteit lijkt alsnog beperkt (Ellis & Rivett, 2007).

- *Balans tussen neerslag, rivieraanvoer en grondwateraanvoer(kwel)*

In de winter is meer neerslag te verwachten, maar in deze periode is ook de aanvoer vanuit de rivier het grootst, en zal op plaatsen waar het peilbeheer minder direct invloed heeft, het grondwater hoger staan. Zonder uitgebreidere modellering valt niet te voorspellen wat dit betekent voor de relatieve bijdrage van deze drie componenten aan het oppervlaktewatersysteem en daarmee voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. In de zomer is er eveneens meer neerslag, maar door de grotere piek-frequentie wordt een groter deel afgevoerd via het rioolstelsel of rechtstreeks via run-off naar het oppervlaktewater, en zal er minder infiltratie en grondwateraanvulling zijn binnen de stad. Ook vanwege de overwegend lagere rivieraanvoer zal op plaatsen het grondwaterpeil meer dalen. Ook in de zomersituatie valt niet direct te voorspellen wat de onderlinge verhouding tussen rivier-, grondwater- en neerslag-aanvoer voor het oppervlakte water zullen zijn. In aanvulling op modelberekeningen kan met behulp van chemische tracers (bijvoorbeeld "antropogeen Gd", Knappe et al, 2005) mogelijk meer inzicht gekregen worden in de mengverhoudingen.

Duidelijk is in ieder geval dat, buiten de piekperioden, de gecombineerde aanvoer 's zomers minder zal zijn. Hierdoor is er mogelijk niet altijd voldoende verversing van het oppervlaktewater (doorstroming) wat een risico voor de biologische en ecologische kwaliteit betekent. De plotseling grotere doorspoeling tijdens piekperioden (ook als de totale bergingscapaciteit voldoende vergroot is) heeft (naast chemische, zie hierboven) mogelijk morfologische effecten binnen het stedelijk oppervlaktewatersysteem en daarmee ook effecten op de ecologie.

Het vergroten van de interne waterberging binnen de stad kan bereikt worden door vergroting van het areaal (potentieel) oppervlaktewater, maar ook door fluctuatie naar hogere grondwaterpeilen toe te staan. Vanuit een beleidsdoel van meer zelfvoorzienendheid komt het laatste ook meer in beeld. De keuzes die hierin gemaakt worden beïnvloeden zowel op de korte termijn van een bui, als op de langere termijn van seizoenen, de relatieve bijdragen van de verschillende typen aanvoer naar het oppervlaktewater en daarmee de kwaliteit.

Verandering van en grotere variatie in het type aangevoerde water kan de efficiëntie van RWZI's beïnvloeden. Een groter waterverbruik in droge warme periodes vergroot de bijdrage van water met van oorsprong drinkwaterkwaliteit (met daarin zepen/wasmiddelen) aan de toevoer naar de RWZI's en/of de overstorten. Bij niet-afkoppelen leiden piekbuien tot een hogere bijdrage aan water met van oorsprong regenwaterkwaliteit, bij wel afkoppelen neemt over het hele jaar deze bijdrage juist af. In die laatste situatie bereikt meer neerslagwater het oppervlaktewatersysteem via het grondwater.



- *Indringen zouttong*

Ook brak oppervlaktewater kan van goede chemische en ecologische kwaliteit zijn en visueel aantrekkelijk. Uiteraard moet het ecosysteem de kans krijgen zich aan te passen aan deze omstandigheden. Slechte doorstroming en menging vormt bij brak water een extra risico, vanwege sulfideproductie door sulfaatreductie. Waterstofsulfide is toxisch en kan stankoverlast veroorzaken. Brak of saline oppervlaktewater gekoppeld met hogere temperaturen versterkt verder de stratificatie, waardoor de kans op de vorming van zuurstofloos bodemwater en anoxische waterbodems wordt vergroot. Daarnaast stimuleert sulfideproductie in de waterbodem het vrijkomen van voorheen opgeslagen fosfaat (nalevering) doordat ijzeroxide oplost.

2.7 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de bovenstaande analyse van literatuur, modelberekeningen en gegevens kunnen de onderstaande conclusies worden getrokken ten aanzien van de fysieke gevolgen van klimaatverandering op het binnendijkse stedelijk watersysteem (onderzoeksvraag 1).

- Indien het huidige *rioolstelsel* niet zou worden aangepast vanwege klimaatverandering zullen perioden van kortdurende wateroverlast toenemen wat betreft hun frequentie en duur. Beide aspecten nemen sterk niet lineair toe. Bij een toename van een buivolume van 50% blijkt voor het riooldistrict Spangen dat de duur van wateroverlast met een factor 3 toe neemt en het gebied waar water op straat zal voorkomen neemt toe met een factor 2. Deze effecten kunnen niet worden veralgemeniseerd maar geven wel aanleiding tot verder onderzoek.
- *Peilstijgingen van het oppervlaktewater* die leiden tot inundatie komen waarschijnlijk vaker voor. Een eerste verkenning van de effecten van het klimaatscenario W 2050 levert op dat de herhalingsstijd van peilstijgingen ruwweg halveren voor de beschouwde herhalingsstijden van 10 en 100 jaar. Tevens blijkt voor de onderzochte locaties dat het benodigde open wateroppervlak om de peilstijgingen met een herhalingsstijd van 100 te compenseren ongeveer 50 % bedraagt van het huidige oppervlak.
- In Rotterdam komt in de huidige situatie al zowel *grondwateroverlast als –onderlast* voor. Dit zal door het extremere weer (meer droogte en meer neerslag) worden versterkt. Dat wil zeggen dat een groter deel van de stad te maken zal krijgen met grondwaterproblemen en dat gebieden die nu al last ondervinden meer worden geraakt. Grondwateroverlast wordt nu al vermindert doordat er structureel drainage wordt meegelegd bij rioolrenovatieprojecten (beleid van de Gemeente Rotterdam). Het tegen gaan van de gevolgen van droogte zal echter een lastige opgave zijn.
- De invloed van klimaatverandering op de *oppervlaktewaterkwaliteit* is vanwege de onzekerheden en de grote invloed van mogelijke “catastrophic shifts”, zoals de introductie van nieuwe soorten moeilijk in te schatten. Op basis van de ernst van de potentiële gevolgen verdient plaagontwikkeling (inclusief algenbloei) en de effecten van de bestrijding daarvan zeker aandacht. Voor de ontwikkeling naar meer zelfvoorzienendheid lijkt allereerst meer kwantitatieve kennis nodig over de samenstelling van stedelijk regenwater/run-off en de mogelijkheden tot onsite reiniging.

Een aanbeveling voor vervolgstudie is dat het exact bepalen van de verwachte toename van de neerslag voor de verschillende klimaatscenario's nog nader moet worden onderzocht. Dit is immers de basis voor het bepalen van de ernst van de effecten. Beschikbaarheid van gegevens (zie ook hoofdstuk 7) en de verdere ontwikkeling van terreinmodellen water op straat te simuleren zijn deels nog in ontwikkeling zijn hierbij van belang.

Hoewel de resultaten van deze verkenning niet zonder meer kunnen worden vertaald naar andere wijken, kan worden gesteld dat wateroverlast en droogte vaker en op meer plaatsen zal optreden en meer schade zal veroorzaken aan stedelijke functies. Het watersysteem zal in de toekomst niet meer voldoen aan de gestelde eisen. Wanneer het omslagpunt is, kan op dit moment nog niet worden aangegeven. Deels hangt dat af van de gradualiteit van de klimaatsverandering. Modelinstrumentaria een analyse van beschikbare historische data kunnen gebruikt worden om een beter grip te krijgen op de invloed van een bepaald klimaatveranderingsscenario op het watersysteem. Zo kan besef



ontstaan van de invloed van potentiële klimaatverandering op aspecten van het stedelijk watersysteem.

Vanuit die kennis kan de invloed van klimaat samen met de invloed van stedelijke ontwikkelingen, technische innovaties, economische klimaat etc. en gekoppeld worden aan aanbevelingen voor beheer en inrichting van het watersysteem.

De gevolgen van klimaatsverandering op het functioneren van het stedelijk watersysteem lijken niet zodanig van aard te zijn dat acuut en actief ingrijpen overal nodig is. Wel dient in de planontwikkeling duidelijk rekening gehouden te worden met de gevolgen van klimaatsverandering.



3. Stakeholder ontvankelijkheid voor klimaatadaptief waterbeheer

3.1 Inleiding

De voorlopers op het gebied van klimaatadaptatie en waterbeheer vinden dat het tijd is voor een verandering, of sterker nog transitie, richting een klimaatadaptief stedelijk watersysteem (zie bijvoorbeeld De Graaf, 2009). Een verandering of transitie kan echter alleen succesvol worden als deze ingebed kan worden in het sociaaleconomische systeem. Een analyse van de ontvankelijkheid van betrokkenen is daarom essentieel. In de woorden van Jeffrey en Seaton (2003):

“ It is not possible to understand the response and behaviour of people to an artefact, situation of policy instrument, without understanding their perceptions, attitudes and the agenda's for change that are relevant for them” Jeffrey and Seaton (2003)

In dit hoofdstuk staat de tweede onderzoeksvraag van de definitiestudie centraal: Wat zijn de perspectieven van betrokken stakeholders op de klimaatdruk op het stedelijk watersysteem en hun mogelijkheid om bij te dragen aan een klimaatadaptief watersysteem.

Aan de hand van het concept ontvankelijkheid is deze onderzoeksvraag uitgesplitst in de volgende twee vragen:

- I. In hoeverre hangen, volgens betrokkenen, de huidige problemen samen met het technisch functioneren van het systeem zoals achterstallig onderhoud, of autonome processen zoals bodemdaling, stedelijke ontwikkeling of klimaatverandering?
- II. Welke sociale en economische perspectieven zijn maatgevend voor de betrokkenen bij het nemen van maatregelen?

In dit hoofdstuk wordt een globale analyse van de ontvankelijkheid van de betrokkenen van het stedelijk watersysteem van Rotterdam ten aanzien van klimaatadaptatie gepresenteerd. De analyse is uitgevoerd op basis van literatuurstudie, interviews en een workshop. In 3.2 wordt het theoretisch kader voor analyse van ontvankelijkheid besproken. Tevens worden in dit hoofdstuk de resultaten samengevat van een landelijke studie naar de ontvankelijkheid van waterbeheerders op basis van dit kader. In 3.3 wordt een overzicht gepresenteerd van de betrokkenen en hun rol in het stedelijk water in Rotterdam. In 3.4 wordt de ontvankelijkheid van een aantal groepen betrokkenen, met name bewoners, bij het stedelijk waterbeheer geanalyseerd. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

3.2 Ontvankelijkheid van stakeholders

Deze paragraaf presenteert een theoretisch kader voor analyse van ontvankelijkheid dat gebruikt wordt in de analyse van de ontvankelijkheid van groepen in 3.3. Daarnaast worden de resultaten van een eerdere studie op het gebied van ontvankelijkheid van waterbeheerders op basis van dit kader samengevat.

Kader voor analyse van ontvankelijkheid

Jeffrey en Seaton (2003) geven vier voorwaarden voor ontvankelijkheid van betrokkenen ten aanzien van veranderingen en hun welwillendheid tot leveren van een actieve bijdrage in de implementatie. Deze voorwaarden zijn vrij vertaald als bewustzijn, verbinding, realisatie en toepassing.

De eerste voorwaarde is bewustzijn dat het huidige stedelijk watersysteem niet voldoet aan toekomstige eisen en dat klimaatverandering een belangrijke oorzaak hiervan is. Bovendien kunnen de opvattingen van betrokkenen ten aanzien van aanvaardbare risico's en normen veranderen. Naast het zich bewustzijn van de problematiek, moeten betrokkenen zich ook bewust zijn van mogelijkheden tot verandering.



Als tweede voorwaarde, moeten betrokkenen klimaatadaptatie van stedelijk water kunnen associëren met hun eigen agenda's. Een betrokkene hoeft niet altijd een direct belang te hebben ten aanzien van stedelijk water. Klimaatadaptatieve oplossingen kunnen bijdragen aan andere aspecten van kwaliteit van de leefomgeving.

Verbinding is het in staat zijn tot het verwerven, implementeren, beheren en onderhouden van de oplossing. Hierin zijn kennis en ervaring essentieel. Mensen stellen hoge eisen aan het functioneren van het stedelijk watersysteem en het systeem is kapitaal intensief. Veranderingen moeten daarom met een relatief grote zekerheid van slagen doorgevoerd kunnen worden. Daarnaast spelen bij de factor realisatie vertrouwen en samenwerking een grote rol.

Tenslotte moeten, ten aanzien van de vierde voorwaarde, de financiële en juridische randvoorwaarden de betrokkenen de ruimte bieden tot verandering of hen hiertoe aanzetten. Wetten en richtlijnen, zoals de kaderrichtlijn water, dwingen betrokkenen tot veranderingen. Subsidieregelingen, zoals de subsidieregeling groene daken, kunnen prikkels geven tot een actieve bijdrage aan klimaatadaptatie.

De eerste voorwaarde sluit nauw aan bij de eerste onderzoeksvraag genoemd in de inleiding. Het is van belang na te gaan wat betrokkenen als belangrijkste oorzaak zien van problemen binnen het stedelijk water nu en in de toekomst: het technisch functioneren van het systeem zoals achterstallig onderhoud, of autonome processen zoals bodemdaling, stedelijke ontwikkeling of klimaatverandering. De overige voorwaarden sluiten aan bij de tweede onderzoeksvraag geven een overzicht van factoren die een rol spelen bij het nemen van maatregelen.

Ontvankelijkheid van waterbeheerders in landelijk onderzoek

Ontvankelijkheid van waterbeheerders wordt essentieel geacht voor verandering (De Graaf, 2009). De Graaf heeft de ontvankelijkheid van waterbeheerders geanalyseerd op basis van een landelijke enquête onder waterbeheerders bij waterschappen en gemeentes. Hier geven we een kort overzicht van zijn de resultaten, die relevant worden geacht voor dit onderzoek.

Klimaatverandering wordt door waterbeheerders genoemd als een van de meest urgente problemen in stedelijk waterbeheer. Opvallend is dat hierbij vooral problemen als water op straat en grondwateroverlast worden genoemd en geen droogte gerelateerde problemen. Het kan zijn droogte gerelateerde problemen op landelijke schaal minder urgent worden gevonden. Binnen Rotterdam is echter veel aandacht voor droogte gerelateerde problemen zoals paalrot en blauwalg. De ondervraagde waterbeheerders vinden lokale watersysteemkennis de belangrijkste voorwaarde om goed waterbeheer uit te kunnen voeren.

Waterbeheerders vinden dat veranderingen nodig zijn in het stedelijk watersysteem. Deze veranderingen hoeven echter niet te leiden tot een transitie binnen het stedelijk water. De huidige en toekomstige doelen watersysteem kunnen behaald worden door optimalisatie van het huidige systeem. Waterbeheerders achten drastische innovatie of nieuwe concepten niet noodzakelijk.

Dit beeld werd bevestigd tijdens de workshop gehouden in het kader van dit project (zie Hoofdstuk 4). Tijdens de ontwerpessies werden bestaande systeemcomponenten zoals riolering en het polder boezem systeem als gegeven beschouwd en niet verbeterd. Het meest vernieuwende idee in de workshop ten aanzien van het watersysteem was het laten verzilten van grond- en oppervlaktewater in Charlois-Feyenoord. Dit idee werd tijdens de discussie meteen afgedaan als niet haalbaar.

Met betrekking tot de factor associatie geven waterbeheerders aan dat er vooral gebrek is aan associatie bij bestuurders en bewoners. Opvallend is dat de betrokkenheid van burgers belangrijker wordt geacht door waterschappen dan door gemeenten terwijl uit interviews blijkt dat voor de burgers de rol van de waterschappen vager is dan de rol van gemeenten.

In realisatie is, volgens de waterbeheerders bevraagd in De Graaf, het betrekken van verandering in het watersysteem in ruimtelijke ordening processen essentieel. Veranderingen in het stedelijk watersysteem kunnen best gerealiseerd worden wanneer zij gekoppeld worden met stadsvernieuwing. Daarnaast lukt het behalen van Europese en nationale doelen lukt alleen door aanpassingen in de watersector en andere sectoren samen.



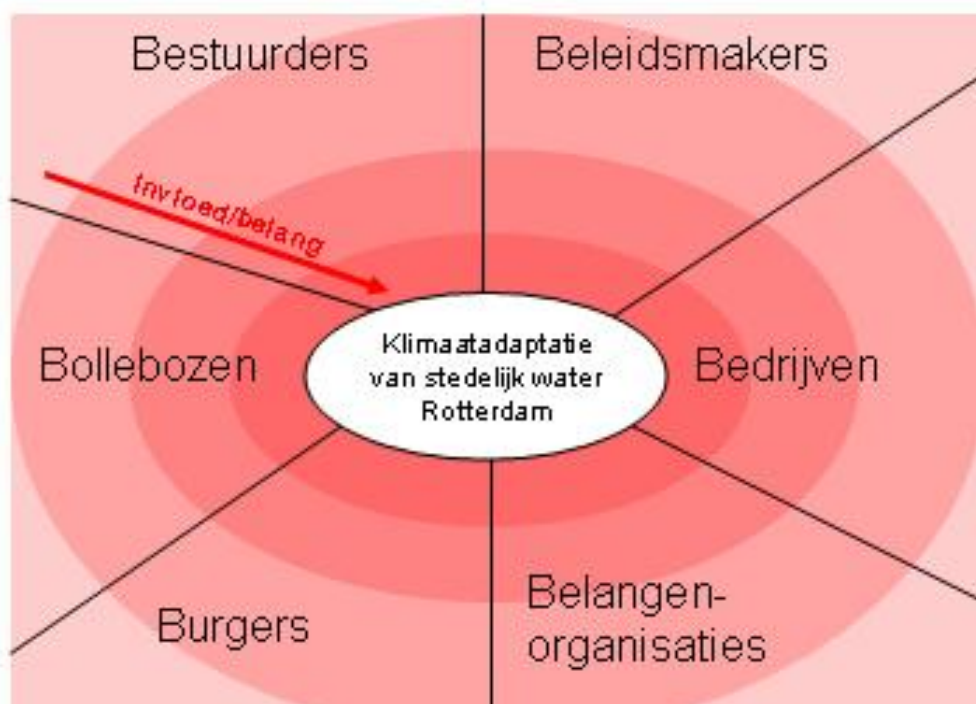
Aspecten die samenhangen met de factor toepassing worden ten opzichte van de overige drie factoren van ontvankelijkheid als minst belangrijk ervaren. Bindende doelen worden als onnodig ervaren. Toch is de invloed van richtlijnen als de Kaderrichtlijn Water duidelijk zichtbaar. Financiële prikkels en subsidies worden weinig belangrijk gevonden door waterbeheerders.

3.3 Stakeholderanalyse klimaatadaptief stedelijk waterbeheer Rotterdam

Aanpak

Betrokkenen zijn geïnventariseerd door middel van brainstorm, internet onderzoek, expert consulting en raadplegen van literatuur (Rotterdam Waterplan en De Graaf (2009)). De betrokkenen zijn geordend in groepen: Bestuurders, Beleidsmakers, Bedrijven, Belangenorganisaties, Burgers en Bollebozen (zie afbeelding 1) rondom de kern van stakeholdersanalyse. De kern (zie afbeelding 3.1) van de stakeholdersanalyse is klimaatsadaptatie van stedelijk water Rotterdam.

De betrokkenen zijn vanaf de kern geordend naar belangrijkheid en/of invloed. De belangrijkste netwerken tussen de betrokkenen zijn in kaart gebracht. Het in kaart brengen van de netwerken helpt ook om de linking pins te vinden, de sleutelfiguren binnen het Rotterdamse waterbeheer. De (krachts-) verhoudingen tussen de betrokkenen zijn besproken en waar relevant vermeld in de tekst.



Figuur 3.1 Overzicht stakeholderanalyse op stadsniveau.

Resultaten en discussie

De resultaten worden besproken per segment van Figuur 3.1. De ingevulde stakeholdersanalyse geordend volgens Figuur 1 is te vinden in Bijlage 2.

Bestuurders

De belangrijkste bestuurders zijn burgemeester, verantwoordelijke wethouders en gemeenteraad van Rotterdam alsmede de dijkgraaf en de heemraden van de waterschappen in het gebied. De wethouders Lucas Bolsius (haven, financiën, buitenruimte en organisatie) en Hamit Karakus (wonen en ruimtelijke ordening) hebben stedelijk water het sterkst in hun portefeuilles. In mindere mate raakt stedelijk waterbeheer aan de portefeuilles van Hans Vervat (economie, verkeer en vervoer) en Rik Grashof (Cultuur participatie en milieu).



Omdat bij klimaatadaptatie van stedelijk waterbeheer vaak gezocht wordt naar oplossingen die ook bijdragen aan het oplossen van andere grootstedelijke problemen, kunnen ook de beleidsterreinen van Dominic Schreier (Werk, sociale zaken en grote stedenbeleid), Jantien Kriens (Volksgezondheid, welzijn en maatschappelijke opvang) en Peter Lamers (Jeugd, gezin, onderwijs en sport) van belang zijn.

Het Rotterdamse stedelijk watersysteem valt onder drie waterschappen: Hoogheemraadschap Delfland, Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard en waterschap Hollandse Delta. De dijkgraven van deze drie waterschappen zijn respectievelijk M.A.P. Van Haersma Buma, H. Oosters en J.M. Geluk. Voor de portefeuilleverdelingen van de heemraden wordt verwezen naar websites.

Deelgemeenten zijn nauw betrokken bij het stedelijk water in Rotterdam. Zo stelt het bestuur van de deelgemeente het gemeentelijke waterplannen op en is zij verantwoordelijk voor de uitvoering.

Verder van de kern staan de Verkeer en waterstaat, VROM en de omliggende gemeenten. Verkeer en waterstaat stelt door wet en regelgeving kaders voor het stedelijk waterbeheer in Rotterdam, maar bemoeit zich hier niet actief mee (mondelinge communicatie Jaap Nederlof). Hier geldt sterk het onderscheid “binnendijs-buitendijs”). Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor VROM, hoewel de minister Jacqueline Kramer zich wel actief inzet voor klimaatsmitigatie en adaptatie ook binnen Rotterdam.

Nog verder van het centrum staan provincie, het ministerie van Landbouw Natuur en Visserij (LNV), de Europese Unie (EU) en economische zaken (EZ). Evenals verkeer en waterstaat bemoeit de provincie zich nauwelijks met het stedelijke water in Rotterdam. LNV is van belang omdat inkomend water in Rotterdam vervuild raakt door de landbouw. EZ is genoemd omdat waterbeheer vaak genoemd wordt als een van de belangrijkste exportproducten van Nederland. De EU beïnvloedt het Rotterdamse waterbeheer met wet en regelgeving zoals, kaderrichtlijn water, vogel en habitat richtlijn en de nieuwe overstromingsrichtlijn.

Beleidsmakers

De sector beleidsmakers is grotendeels een spiegeling van de sector bestuurders en een deel van de rolomschrijvingen in de bovenstaande paragraaf valt eerder onder de rol van beleidsmaker dan onder de rol van bestuurder.

Binnen de gemeente Rotterdam worden drie fysieke diensten onderscheiden die invloed hebben op het stedelijk water in Rotterdam. Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam (OBR), Dienst Stedenbouw en Volkshuisvesting (dS+V) en Gemeentewerken. Een goede samenwerking tussen deze diensten is een aandachtspunt. De samenwerking tussen waterbeheerders van Gemeentewerken en de ontwerpers van dS+V is verbeterd in het kader van Rotterdam Waterstad (De Graaf, 2009). Er zijn plannen om de drie diensten binnenkort samen te voegen. Een definitief besluit hierover wordt januari 2010 genomen.

Daarnaast zijn er binnen de gemeente sociale diensten die randvoorwaarden kunnen scheppen en initiatieven kunnen nemen op het gebied van stadsinrichting. Dit zijn de Gemeentelijke Gezondheids Dienst (GGD) en Sport en Recreatie (S&R). GGD gaat ook over waterkwaliteit (wat is goed en wat is schadelijk voor de omgeving) en over de mentale kant van de omgeving (water en groen geeft ruimte en rust). S&R heeft een rol binnen de volkstuingebieden. Daarnaast kunnen ze invloed uitoefenen t.a.v. waterrecreatie en beleving. Een laatste dienst van belang is de Bestuursdienst. De ambtenaren van deze dienst staan tussen de eerder genoemde diensten en het college van B&W en adviseren het college.

Op de grens tussen beleidsmakers en bedrijven staan DCMR milieudienst Rijnmond, Veiligheidsregio Rijnmond, gezamenlijke brandweer en de Politie Rijnmond. DCMR milieudienst Rijnmond speelt een actieve rol in klimaatsmitigatie (zie paragraaf netwerken).

De brandweer komt direct in aanraking met stedelijk water bij problemen als water op straat, ondergelopen kelders. Brandweer, veiligheidsregio Rotterdam en politie hebben ook belang bij overstromingsrisicobeheer.



Bedrijven

Dichtbij de kern staan de woningcorporaties en het drinkwater bedrijf Evides. De woningcorporaties en Evides kunnen een actieve rol spelen in klimaatsadaptatie.

Havenbedrijf Rotterdam en Deltalings staan verder van de kern. Zij zijn zeker van belang in klimaatadaptatie, maar hebben een minder directe relatie met stedelijk water. Recreatiehavens kunnen afhankelijk van hun ligging wel een directe relatie hebben met stedelijk water.

Verder van de kern vinden we meer bedrijven die het stedelijk waterbeheer in Rotterdam voornamelijk ondervinden (lijdende i.p.v. leidende betrokkenen). Bedrijven en adviesbureaus op het gebied van watermanagement (in brede zin) en stedenbouw zijn geordend onder de bollebozen. Hieronder valt het watertoerisme met bedrijven als Speedo en Rotterdam festivals, het gemeentelijke vervoersbedrijf, Van Gansewinckel AVR, midden en klein bedrijf en de petrochemische industrie. Voor de laatstgenoemde geldt weer de vraag van de probleemgebiedafbakening.

Op de grens van de bedrijven en belangenorganisatie staan de kamer van Koophandel, de binnenvaartvereniging en de vereniging van waterbouwers. Het belang de binnenvaartvereniging hangt samen met het gebruik van vaarroutes zoals de Schie. Er is voor gekozen om waterbouwbedrijven in te delen onder de bollebozen.

Belangenorganisaties

De belangenorganisaties in de figuur zetten zich in voor natuur en milieu (Rotterdams milieucentrum, boomridders, Natuurmonumenten etc.), recreatie (ANWB, Hiswa) en de watersector (NWP).

Daarnaast zijn er organisaties die zich inzetten voor bedrijven. Deze zijn op het grensvlak tussen bedrijven en belangenorganisaties geplaatst. Bedrijven zijn verenigd op gemeentelijk niveau in de Kamer van Koophandel. Op deeltgemeentelijk niveau bestaan ook organisaties die de belangen van bedrijven vertegenwoordigen zoals de Ondernemingsvereniging Feyenoord.

Burgers

De burgers vormen een inhomogene groep die moeilijk in representatieve subgroepen in te delen is. Belangen, opvattingen en perspectieven binnen de groep burgers kunnen verschillen op basis van wooncondities: bijvoorbeeld huiseigenaar versus huurder, flatbewoner versus laagbouwbewoner. Ook de nabijheid van water is belangrijk. Burgers die op het water wonen in een woonark of langs het water zullen een sterker belang hebben dan bewoners die verder van het water af wonen. Daarnaast speelt sociaal culturele afkomst, sociale cohesie en gebondenheid een rol.

De bewoners zijn vaak verenigd op wijkniveau of deeltgemeentelijk niveau in recreatie- of bewonersorganisaties. Recreatieorganisaties, zoals hengelsportverenigingen, watersportverenigingen, hebben een sterk belang binnen het stedelijk water in Rotterdam. In de volgende ring bevinden zich bewonersverenigingen, wijkraden, zelfbeheerorganisaties, volkstuinverenigingen en verenigingen van eigenaren. De laatste groep kan afhankelijk van de specifieke problemen een sterk belang hebben. De bekendste vorm van zelfbeheer binnen Rotterdam is Opzoomeren (www.opzoomermee.nl).

Bollenbozen

In de eerste ring staan kennisinstituten en adviesbureaus op watermanagement en stedenbouw gebied die zich direct bezighouden met klimaatsadaptatie.

Naar buiten toe volgen bedrijven die zich hier nu meer indirect mee bezig houden, zich bezighouden met een deeloplossing (Watertech, baggeraars, energiebedrijven) of in de toekomst een grotere rol kunnen gaan spelen. Onder die laatste groep valt bijvoorbeeld IBM omdat ze zich richt op "smart"waterbeheer en verzekeringsmaatschappijen die waterschade kunnen verzekeren.

Netwerken

Het belang van netwerken wordt onderschreven door waterbeheerders (De Graaf, 2009). Binnen het waterbeheer zijn veel sectoroverstijgende netwerken actief. De belangrijkste netwerken ook in relatie met klimaatadaptatie zijn weergegeven in bijlage 2. Netwerken zijn vaak publiek-private samenwerkingen die zich richten op waterbeheer in als onderdeel van gebiedsontwikkeling, Stadshavens Rotterdam, of klimaatsmitigatie en adaptatie, Rotterdam Climate Proof en Rotterdam Climate Initiative. Recente initiatieven zijn Dutch Clean Tech Delta en Dutch Delta Design. In deze netwerken speelt kennisontwikkeling en export een centrale rol.



In de netwerken zijn bollebozen, bestuurders, beleidsmakers en grotere bedrijven sterk vertegenwoordigd. Opvallend is de afwezigheid van woningbouwcorporaties in de netwerken.

Dit roept de vraag op wat binnen stedelijk water Rotterdam valt. Grenzen kunnen verschillen voor verschillende betrokkenen. Voor waterbeheerders is stedelijk water het binnendijkse gebied in Rotterdam. Voor een bewoner is het onderscheid tussen binnendijks en buitendijks waarschijnlijk minder voor de hand liggend. Valt het havengebied ook binnen het onderzoeksgebied? Enerzijds zijn het waterbeheer binnen stad en haven nu strikt gescheiden, anderzijds krijgen voormalige havengebieden een stedelijke functie en is de combinatie haven en stad juist wat Rotterdam uniek maakt.

3.4 Ontvankelijkheid van bewoners en aantal andere stakeholders in Rotterdam

In deze paragraaf wordt op basis van literatuurstudie en interviews een globaal overzicht gegeven van de ontvankelijkheid van een aantal groepen betrokkenen ten aanzien van klimaatadaptatie in stedelijk waterbeheer.

Methode

De ontvankelijkheid van verschillende groepen betrokkenen is in kaart gebracht door literatuurstudie, interviews en een workshop. Het onderzoek heeft zich voornamelijk gericht op de ontvankelijkheid van bewoners. Deze keuze voor bewoners is gemotiveerd door (1) de relevantie van ontvankelijkheid van de groep en (2) beschikbaarheid van de groepen voor interviews en de workshop. Waterbeheerders geven aan dat betrokkenheid van ruimtelijke ordenaars en bewoners een belangrijke voorwaarde is voor verandering (De Graaf 2009). Ruimtelijke ordenaars bleken minder beschikbaar voor de interviews en de workshop. Hun ontvankelijkheid wordt besproken in de discussie.

Studenten watermanagement van de Hogeschool Rotterdam hebben op deelgemeenteniveau betrokkenen van het stedelijk waterbeheer geïnterviewd en geïnterviewd. Zij hebben zich hierbij geconcentreerd op betrokkenen die op deelgemeentelijk niveau actief zijn als bewoners, deelgemeentelijke bestuurders en beleidsmakers, woningbouwcorporaties etc. Per deelgemeente zijn ordegrrootte 10-20 personen geïnterviewd. Hiervan behoorde het merendeel, 5-10 mensen, tot de categorie, bewoners. De resterende personen behoorden tot de categorieën, woningbouwcorporaties, brandweer, winkeliers, deelgemeentelijke bestuurders en belangenorganisaties.

De interviews waren semi-gestructureerd en geconcentreerd rondom de twee onderzoeksvragen genoemd in de inleiding. In deze inventariserende fase van het onderzoek is gekozen voor deze methode om een breed beeld te krijgen van de problematiek. In een vervolgfase kunnen, op basis van de verkregen antwoorden, statistisch te beoordelen vragenlijsten ontworpen worden. De studenten hebben de deelgemeentelijke waterplannen gebruikt als referentie bij het opstellen en verwerken van interviewvragen. Voor de analyse van de resultaten is gebruik gemaakt van het kader voor ontvankelijkheid besproken in 3.2.

In het kader van dit onderzoeksproject is een workshop gehouden met deelnemers vanuit het waterbeheer, ruimtelijke ordening en woningcorporaties. Het doel van de workshop was het vaststellen van een checklist voor klimaatadaptatie in stedelijk gebied. Echter observaties tijdens de workshop zijn ook bruikbaar voor de analyse van ontvankelijkheid van betrokkenen en worden waar relevant vermeld in de discussie.

Resultaten

Bewoners zijn zich nauwelijks bewust van de gevolgen van klimaatverandering op het stedelijk watersysteem. De meeste geïnterviewden zien als grootste gevaar van de klimaatverandering de grotere kans op overstromingen vanuit zee. Een enkeling meent dat de gevolgen van de klimaatverandering overschat worden door de overheid.

Toekomstplannen van overheidsinstellingen op het gebied van waterbeheer zijn vrij onbekend. Geen van de geïnterviewden heeft gehoord van deelgemeentelijke waterplannen. Een enkeling kent Waterplan 2 Rotterdam en het plan van de tweede Deltacommissie.



Opvallend is dat bewoners, die in de buurt van grote zichtbare waterprojecten wonen zoals de Kralingse Plas of Zuiderpark, meer interesse in watersystemen lijken te hebben.

Bewoners hebben weinig kennis van mogelijkheden die zij zelf hebben op het gebied van het ontlasten van het watersysteem. Ze treffen wel maatregelen tegen het beperken van wateroverlast in hun eigen huis. Veel bewoners nemen zelf maatregelen tegen grondwateroverlast zoals het isoleren van de vloer het plaatsen van een pomp of het storten van vochtneemend materiaal.

De interviews zelf hebben bijgedragen aan de bewustwording van geïnterviewden. Na over de problematiek gehoord te hebben, was een veelgehoorde reactie van de geïnterviewden dat ze te weinig informatie over het watersysteem kregen van de gemeente. De informatiebehoefte en favoriete middelen verschillen. Een enkeling geeft aan meer informatie te willen over de verantwoordelijkheden van de verschillende overheidsorganen.

De agenda van bewoners ten aanzien van stedelijk water kan samengevat worden als een schoon en aantrekkelijk watersysteem zonder stankoverlast, zonder water op straat en in de kelders en zonder verzakkingen van huizen. Onder een schoon en aantrekkelijk watersysteem verstaan de geïnterviewden bijvoorbeeld “singels zonder drijfvuil en kroos, die niet stinken”.

In de deelgemeente Delfshaven geven bewoners aan dat ze het jammer vinden dat het open water slecht toegankelijk is voor bijvoorbeeld recreatie. Bewoners van Charlois zijn tevreden over de brede singels in de deelgemeente: “de singels zien er netjes uit en geven de stad een vriendelijke uistraling”. Waar de bewoners van Charlois een uitgevoerd project ten aanzien van het vergroten van oppervlaktewaterareaal als positief ervaren, vinden geïnterviewden in het Centrum van Rotterdam vergroting van het oppervlaktewaterareaal niet nodig. De agenda van bewoners hangt af van hun woonsituatie, economische situatie en verbondenheid met de buurt. Zo geven bewoners van de relatief anonieme wijk Prins Alexander aan te willen verhuizen als de klimaatdreiging te groot wordt terwijl dit voor bewoners van Overschie, waar de sociale cohesie groot is, geen optie is. Ook de bereidheid van bewoners om zich actief in te zetten voor verbetering van de leefomgeving lijkt toe te nemen met de mate van verbondenheid met de buurt.

Ten aanzien van realisatie, geven waterbeheerders aan dat betrokkenheid van burgers belangrijk is bij het doorvoeren van veranderingen, maar dat er een groot verschil bestaat tussen de huidige situatie en de gewenste situatie (De Graaf, 2009). Dit laatste wordt bevestigd in interviews. Inspraakavonden over waterprojecten worden door bewoners vaak ervaren als informatieavonden. Zij ervaren inspraakavonden niet als een mogelijkheid om wijzigingen te kunnen voorstellen.

Veel bewoners geven aan wel zelf actie te willen ondernemen mits er voldoende financiële prikkeling is en mits regelingen eenvoudig toegankelijk zijn. Subsidie wordt vaak genoemd als financiële prikkel. De subsidieregeling groene daken is niet bekend bij de geïnterviewden. Wellicht associëren de bevroegde bewoners door gebrek aan bewustzijn deze affiches niet met hun eigen agenda.

Discussie

De interviews gehouden door de studenten geven een breed beeld van de ontvankelijkheid van bewoners ten aanzien van klimaatadaptatie. Het algemene beeld is dat de bewoners van Rotterdam zich niet bewust zijn van de gevolgen van klimaatverandering voor stedelijk water en bijbehorende oplossingen. Statistische verwerking van de resultaten is niet mogelijk door de verscheidenheid in interviews, maar was ook niet het doel van deze inventariserende studie. Als ontvankelijkheid van bewoners wenselijk geacht wordt (zie Conclusies en Aanbevelingen), kan dit onderzoek uitgebreid worden.

Het antwoord op de vraag in hoeverre de ontvankelijkheid van bewoners, maar ook woningbouwcorporaties en bedrijven, verbeterd moet worden, hangt samen met de keuze van de adaptatiestrategie. Optimalisatie van het huidige systeem met huidige technieken, zoals nu de gangbare gedachte, vraagt minder ontvankelijkheid van bewoners dan innovatieve oplossingen zoals zelfvoorzienend watervoorziening. Ervaringen in bijv. Japan tonen aan dat betrokkenheid van bewoners kan bijdragen aan reductie van kwetsbaarheid van watersystemen (De Graaf 2009).

Het proces rond het opstellen van Waterplan 2 Rotterdam en de visie Rotterdam Waterstad illustreert het belang van agendavorming en het verbreden van de agenda.



Deze projecten zijn succesvol omdat de agenda van de waterbeheerders (meer waterberging) afgestemd kon worden met de agenda van de ruimtelijke ordenaars. Afhankelijk van de te kiezen adaptatiestrategie kan agendavorming helpen om de ontvankelijkheid van bewoners, woningcorporaties en bedrijven te verbeteren.

Het ontbreken van ruimtelijke ordenaars van dS+V, brandweer, en deelgemeentelijk bestuurders op de workshop (zie ook hoofdstuk 6) en de beperkte deelname van stedenbouwkundigen en woningbouwcorporaties geven een letterlijke illustratie van het belang van agendavorming. Het gekozen onderwerp “Klimaatadaptatie stedelijk waterbeheer: van inventarisatie naar implementatie” sloot aan bij de portefeuille van een heel beperkte groep binnen de genoemde organisaties. Deze mensen hadden vaak geen plaats in hun agenda. Het associëren van het onderwerp met de agenda's of doelen van de bovengenoemde organisaties had wellicht tot meer respons geleid.

De studenten ondervonden vergelijkbare problemen bij het houden van interviews. Het was relatief eenvoudig om een representatief beeld te krijgen van de bewoners, maar lastig om mensen van andere organisaties te interviewen, omdat ze hier geen tijd voor of interesse in hadden.

Tenslotte, bleek tijdens de workshop dat medewerkers van Gemeentewerken het belang van integrale planvorming onderstrepen, maar worstelen met de concrete uitvoering hiervan in een sectorale organisatie. Voor een doorvertaling van ideeën van de voorlopers naar de werkvloer zijn praktische kaders nodig. Klimaatdoelstellingen moeten vertaald worden naar handleidingen. Binnen gemeente Rotterdam wordt hier op moment door Rotterdam Climate Proof aandacht aan besteed.

3.5 Conclusies en aanbevelingen

Voor wat betreft betrokkenheid van stakeholders om bij te dragen aan een klimaatbestendig watersysteem is de belangrijkste conclusie uit de stakeholderanalyse:

- De afwezigheid van woningcorporaties in netwerken rondom klimaatadaptatie en waterbeheer is opvallend. Zij kunnen een belangrijke linking pin zijn.

Daarnaast kunnen op basis van literatuurstudie en interviews de volgende conclusies getrokken worden ten aanzien van ontvankelijkheid van bewoners voor klimaatadaptatie:

- De ontvankelijkheid van bewoners ten aanzien van een klimaatadaptief watersysteem kan als laag worden beschouwd. De belangrijkste reden hiervoor is dat bewoners zich niet bewust zijn van gevolgen van klimaatverandering voor het stedelijk watersysteem.
- Bewoners lijken meer kennis van en interesse in watersystemen te hebben als ze deze kunnen verbinden met een herkenbaar project of element in de wijk zoals het Zuiderpark of de Kralingse plas.
- Bereidheid van bewoners om zich actief bezig te houden met verbeteren van kwaliteit van de leefomgeving hangt af van de mate van verbondenheid met hun buurt en financiële prikkels.
- Afstemmen van agenda's is essentieel voor een actieve houding van niet-waterbeheerders in verbetering van het stedelijk water in Rotterdam

Op basis van de analyse en resultaten wordt aanbevolen dat een adaptieve strategie voor verandering in het stedelijk water de volgende onderdelen omvat:

- Hoewel voorlopers op het gebied van klimaatadaptief stedelijk water de tijd rijp achten voor een grootschalige verandering of te wel transitie, denken veel waterbeheerders dat klimaatverandering op te vangen is door optimalisatie van het huidige systeem. Verder onderzoek moet aantonen of dit het geval is, of dat een werkelijke transitie noodzakelijk of maatschappelijk wenselijk is en wat het bijbehorende tijdspad is.



-
- Informatiecampagne voor inwoners:
Het doel van deze campagne zal afhangen van de mate waarin actieve participatie van bewoners gewenst is in de te kiezen adaptatiestrategie. Het lijkt verstandig informatievoorziening te koppelen aan waterprojecten die dicht bij de bewoners staan. De vorm van de informatievoorziening dient af te hangen van de specifieke doelgroep.
 - Uitbreiding en uitdieping van dit onderzoek:
Het wordt aanbevolen om onderzoek naar ontvankelijkheid uit te breiden naar andere relevante groepen met name woningcorporaties en ruimtelijke ordenaars.



4. Fysieke maatregelen en mogelijkheden voor participatie en samenwerking

4.1 Inleiding

Rotterdam heeft gekozen voor verdere ontwikkeling van de kennis- en diensteneconomie naast de al bestaande havenconomie en voor een aantrekkelijk woon- en leefklimaat. Op het gebied van klimaatadaptatie zijn een aantal toekomstbeelden ontwikkeld die laten zien dat de vereisten voor klimaatadaptatie uitstekend met de algemene doelen te verweven zijn. Rotterdam Climate Proof, Rotterdam Waterstad 2035, Plantage Zuid zijn inspiratiebronnen voor het beleid op het gebied van klimaatadaptatie. In het Waterplan 2 Rotterdam is die visie al omgezet naar beleid. In dit plan wordt “water” geïntegreerd aangepakt, samen met ruimtelijke en economische ontwikkeling om een goed leef- en werk klimaat te garanderen (Gemeente Rotterdam, HH Schieland en de Krimpenerwaard et al. 2007).

Voor het stedelijke watersysteem van Rotterdam is het zaak om, naast bescherming tegen overstromingen vanuit zee of de rivier, maatregelen te nemen tegen enerzijds meer en intensiever regen en anderzijds langere droge periodes. Dit vereist een watersysteem dat flexibel is en zich kan aanpassen aan veranderende omstandigheden. Het is duidelijk dat de kentallen waarop het watersysteem van nu gebaseerd is, zoals de beroemde “bui 8” uit het Handboek Riolerings, in de toekomst niet meer voldoen (zie ook hoofdstuk 2). Hoeveel het in de toekomst precies gaat regenen, weet echter niemand. De vijf deelstudies van dit verkennende onderzoek laten bevestigen dat herinrichting van een wijk dienen alle ontwikkelingen en problemen in die wijk meegenomen te worden.

Hoe kan Rotterdam het watersysteem veranderen zodat het klaar is voor een onzekere toekomst? Wat zijn mogelijke maatregelen? En is het mogelijk om aan te geven wat de meest geschikte maatregelen voor Rotterdam zijn? Hoe kan het keuzeprocess het best vorm gegeven worden? Welke mogelijkheden zijn er binnen de eigen organisatie en met andere partijen om actie te nemen? Hoe kan er voor gezorgd worden dat die veranderingen die zijn ingezet ook worden doorgezet? Door het beantwoorden van deze vragen wordt verder antwoord gegeven aan het tweede deel van de van onderzoeksvraag 1 (wat zijn efficiënte en acceptabele adaptatiestrategieën) en onderzoeksvraag 2.

Paragraaf 4.2 geeft een overzicht van de beschikbare fysieke maatregelen. Tevens zijn de maatregelen beoordeeld op hun toepasbaarheid voor Rotterdam. In Paragraaf 4.3 worden de mogelijkheden van participatie en samenwerking van belanghebbenden besproken en hun relevantie voor het stedelijk waterbeheer in Rotterdam.

4.2 Fysieke maatregelen

Deze paragraaf geeft een overzicht van de verschillende fysieke maatregelen die genomen kunnen worden om de effecten van klimaatverandering in Rotterdam te reduceren. Tabel 4.1 bevat een overzicht van maatregelen die genomen kunnen worden in stedelijk gebied. In bestaand stedelijk gebied is een beperkter scala aan maatregelen mogelijk dan in nieuw stedelijk gebied. De maatregelen zijn verder onderverdeeld in drie categorieën:

1. Inrichtingsmaatregelen
2. Technische voorzieningen
3. Beheersmaatregelen

Tabel 4.1 geeft een globaal overzicht van de effectiviteit en de kosten van de verschillende maatregelen. De meeste maatregelen hebben meerdere effecten. De gevolgen van de klimaatverandering hebben in eerste instantie betrekking op de temperatuur en de neerslag. Daarom zijn de maatregelen globaal onderling vergeleken voor de effecten hierop. Hierbij is uitgegaan van het KNMI 06-klimaatscenario W. De temperatuurstijging in dit klimaatscenario is 2 °C in 2050 ten opzichte van 1990. Voor de toename van extreme uurneerslag is uitgegaan van 25 % extra neerslag ten opzichte van 1990. In Tabel 3 in Bijlage 3, is per maatregel is zo veel mogelijk aangegeven hoeveel er van nodig is om het effect van de klimaatverandering op wateroverlast, temperatuurstijging of beide te compenseren, ervan uitgaande dat alleen deze maatregel genomen wordt. Dit bepaalt de effectiviteit van een maatregel.



Uit Tabel 4.1 blijkt dat slechts elf maatregelen een direct effect hebben op de temperatuurstijging of de verwerking van meer intensievere neerslag. De andere maatregelen compenseren andere effecten van klimaatverandering of negatieve bijeffecten van maatregelen die een direct effect hebben. Zo kunnen extra infiltratievoorzieningen leiden tot een (te) hoge grondwaterstand, wat weer ondervangen kan worden door de door deze voorzieningen tevens een drainerende werking te geven of juist aanvullen drainage aan te leggen.

Van de elf maatregelen met een direct effect op de temperatuurstijging of de verwerking van meer intensievere neerslag, zijn de kosten onderling vergeleken. Deze hangen niet alleen af van de effectiviteit – hoeveel m² moet er bijvoorbeeld afgekoppeld worden – maar ook van de huidige inrichting van het gebied of de geplande inrichting. Voor de vergelijking is uitgegaan van een volledige herinrichting van de openbare ruimte. Uit de vergelijking volgt dat kansrijkste maatregelen om meer intensievere neerslag te verwerken waterpleinen zijn in combinatie met een profilering van het maaiveld of waterpasserende verharding. Om de temperatuurstijging te compenseren dient er meer groen in de openbare ruimte te komen. Aangezien de hoogste temperaturen mogen worden verwacht ten tijde van droogte, zal het ook belangrijk zijn de toevoer van water in het stedelijk watersysteem te borgen. Een van de maatregelen die gebruikt kan worden om beide effecten te compenseren is het aanleggen van groene daken.

Ook een meer fijnmazig netwerk van 'blauw' en 'groen' draagt bij aan het tegengaan van water- en temperatuur overlast, maar zijn vaak moeilijk in bestaand stedelijk gebied inpasbaar. In het Waterplan 2 van Rotterdam worden vooral de maatregelen waterpleinen en groene daken genoemd als veelbelovende maatregelen.

In Bijlage 3 zijn per maatregel de belangrijkste effecten beschreven en de belangrijkste aandachtspunten weergegeven. Ook zijn de maatregelen verder onderverdeeld naar de belangrijkste stakeholders. Zo kan de betreffende stakeholder zien welke maatregelen hij toe kan passen. De beste maatregelen zullen sterk afhangen van de specifieke situatie in de wijk, bijvoorbeeld de beschikbare ruimte en de huidige grondwaterstand. In bijlage 3 zijn, voor zover mogelijk, de randvoorwaarden bij uitvoering van de maatregelen beschreven.

Omdat sommige maatregelen erg duur kunnen zijn en er nog veel onzekerheid is over de mate waarin klimaatsverandering gevolgen heeft voor het stedelijke gebied en stedelijke watersysteem, is het raadzaam te zoeken naar manier om optimaal te kunnen 'meegroeien' in relatief kleine stappen. Het meegroeimodel zou gericht moeten zijn op het geleidelijk flexibeler maken van het watersysteem, zodat het robuust wordt en onafhankelijk van de toekomstige verandering. Deze benadering sluit tevens goed aan bij de wensen van bestuurders, die in de regel de maatschappelijke kosten en baten van maatregelen goed onderbouwd willen hebben voordat men beslissingen neemt.

Tabel 4.2 Overzicht effectiviteit en kosten maatregel. Zie voor volledige tabel kwantificering omvang maatregel Tabel 3 in Bijlage 3.

maatregel		overige effecten maatregel (- = negatief effect; 0 = geen effect; +/- = afhankelijk; + = matig/redelijk positief effect; ++ = groot positief effect)									kosten (1 = relatief laag; 5 = relatief hoog)	
		inundatie	verdroging	rendement RWZI	luchtkwaliteit	grondwaterstand	zuivering regenwater	kwaliteit oppervlaktewater	volksgezondheid	stedelijke kwaliteit	aanleg	onderhoud
bestaand stedelijk gebied												
Inrichtingsmaatregelen:												
1	meer groen in openbare ruimte	0	++	0	+	+/-	++	0	+	++	3	2
2	meer water in openbare ruimte	+	++	0	0	+	0	+	+	++	4	2



maatregel		overige effecten maatregel									kosten	
		(- = negatief effect; 0 = geen effect; +/- = afhankelijk; + = matig/redelijk positief effect; ++ = groot positief effect)									(1 = relatief laag; 5 = relatief hoog)	
		inundatie	verdroging	rendement RWZI	luchtkwaliteit	grondwaterstand	zuivering regenwater	kwaliteit oppervlaktewater	volksgezondheid	stedelijke kwaliteit	aanleg	onderhoud
3	profilering maaiveld	0	0	+	0	0	0	+	+	+	1	0
4	waterpleinen	0	0	+	0	0	0	+	+	+	2	2
5	waterpasserende verharding	0	+	+	0	+/-	++	+	+	+	2	4
6	bovengronds infiltreren	0	++	+	0	+/-	++	+	+	+	3	4
7	overloop/retentie gebieden	++	++	0	0	0	0	++	+	+		
8	ecologische oevers	0	0	0	0	0	0	++	+	++		
9	drijvende groene eilanden	0	0	0	0	0	0	++	+	+		
technische voorzieningen:												
10	hergebruik hemel- en afvalwater	0	0	+	0	0	0	+	+/-	0		
11	groene daken	0	+/-	+	+	+	++	+	+	++	5	5
12	natte daken	0	+	+	0	+	0	0	+	+	5	4
13	rioolvergroting	0	0	-	0	0	0	-	+	0	4	1
14	ondergronds infiltreren	0	+	+	0	+/-	++	+	+	0	4	3
15	drainage	0	0	0	0	++	0	+	0	+		
16	gecombineerd infiltratie/drainage systeem	0	+	0	0	++	0	+	0	+		
17	ondergrondse berging	0	0	+	0	0	0	+	+	0	4	3
18	oppervlaktewatersysteem beter verbinden	+	+	0	0	+	0	++	+	+		
19	zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en oppervlaktewater	0	0	0	0	0	++	+	+	+		
20	berg/bezinkvoorziening	0	0	+	0	0	+	+	+	+		
beheersmaatregelen:												
21	regelmatig reinigen riolering	0	0	0	0	0	0	+	+	0		
22	flexibel peilbeheer	+	0	0	0	+	0	+	0	+		
23	Real Time Control	0	0	+	0	0	0	+	0	0		
24	baggeren	0	0	0	0	0	0	+	0	+		
25	geen gebiedsvreemd (verontreinigd) water inlaten	0	0	0	0	0	0	++	0	+		
26	verontreiniging van vissen, vogels en honden voorkomen	0	0	0	0	0	0	++	0	+		
27	verontreiniging van afvoerend verhard oppervlak voorkomen	0	0	0	0	0	0	+	0	+		
nieuw stedelijk gebied												
28	drijvende woningen, wegen en platformen	++	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	maaiveldverhoging	++	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	kruipruimte vrij bouwen	++	0	0	0	0	0	0	0	0		



maatregel		overige effecten maatregel (- = negatief effect; 0 = geen effect; +/- = afhankelijk; + = matig/redelijk positief effect; ++ = groot positief effect)								kosten (1 = relatief laag; 5 = relatief hoog)		
		inundatie	verdroging	rendement RWZI	luchtkwaliteit	grondwaterstand	zuivering regenwater	kwaliteit oppervlaktewater	volksgezondheid	stedelijke kwaliteit	aanleg	onderhoud
31	bouwen met verhoogd vloerpeil	++	0	0	0	0	0	0	0	0		
32	bouwen op palen	++	0	0	0	0	0	0	0	0		

4.3 Mogelijkheden voor participatie en samenwerking

De gemeente Rotterdam en de waterschappen die in de stad het watersysteem beheren, kunnen, als verantwoordelijke overheden, maatregelen nemen op het gebied van klimaatadaptatie. Maar ze kunnen het niet alleen. Ze hebben elkaar, maar ook andere partijen nodig, zoals woningcorporaties, bewoners, kennisinstellingen en bedrijven. Die partijen kunnen ook zelf maatregelen nemen op hun eigen terrein, letterlijk of figuurlijk.

In Hoofdstuk 3 is meer informatie over de stakeholders in Rotterdam gegeven. In dit deel gaat het om handvatten om het proces van het kiezen van maatregelen en vervolgens het uitvoeren van de maatregelen, vorm te geven. Afhankelijk van het abstractieniveau en de inhoudelijke vraagstelling, zal in elke fase van het transitieproces naar een klimaatadaptieve stad steeds een vorm van werken moeten worden gekozen die voor dat specifieke (deel)proces geschikt is. Op welke manier beïnvloedt de inhoudelijke probleemstelling de vormgeving van de procesmatige kant? Dat is een belangrijke vraag om met klimaatadaptatie aan de slag te gaan.

Dit deel beschrijft de benodigde samenwerking en participatie voor klimaatadaptatie en voor verankering van initiatieven op dit gebied voor de stad Rotterdam. Hierbij is gekeken naar verschillende mogelijkheden voor samenwerking tussen belanghebbende overheden, professionele partijen, burgers en belangenpartijen rondom dit thema. Ook wordt ingegaan op instrumenten die ingezet kunnen worden voor de verankering van klimaatadaptatie in het waterbeheer.

Procesmanagement klimaat adaptief stedelijk waterbeheer

Onder het gesternte van coöperatie, gedeelde belangen, noodzakelijke samenwerking en wederzijdse afhankelijkheid, wordt het eenvoudiger lokale klimaatadaptatie in Rotterdam te realiseren en is de kans groter dat de samenwerking tussen partijen relatief soepel verloopt. Is dit niet het geval, dan worden hogere eisen gesteld aan de gemeente als onderhandelaar en wordt de noodzaak groter om een gedegen procesarchitectuur op te zetten. (STOWA, 2007).

Bij ieder proces is het de vraag wie deelnemende partijen moeten zijn en welke doelen en resultaten zij met elkaar willen bereiken. De inhoud van de probleemstelling is daarbij het startpunt. Voor het ontwikkelen van een park zijn bijvoorbeeld andere partijen nodig dan voor het ontwikkelen van een industrieterrein. Om voor een gehele stad een klimaatadaptatie-strategie te bepalen, is een breed scala aan vakdisciplines en partijen nodig. Het proces moet echter ook hanteerbaar blijven. Dat kan betekenen dat er een keuze gemaakt moet worden om met een beperkt aantal partijen een intensieve samenwerking aan te gaan en overige partijen alleen door consultatie en informatie bij het proces te betrekken.

Kernbegrip bij samenwerking is perceptie. Partijen – in dit geval overheden, bedrijven of woningcorporaties - werken binnen samenwerkingsverbanden vaak langs elkaar heen, hoewel ze denken het eens te zijn over rollen en verwachtingen.



In de praktijk blijkt ons gedrag en ons handelen vaak niet plaats te vinden op basis van informatie, maar op basis van de perceptie die we hebben van die informatie. Hierdoor blijkt in de praktijk de uitkomst van de samenwerking vaak anders dan gewenst.

Om de samenwerking tussen partijen beter te laten verlopen, is het van belang aan het begin van een samenwerkingsproces de percepties van de betrokken partijen expliciet te maken. Wanneer blijkt dat opvattingen sterk verschillen en de partijen met totaal verschillende verwachtingen aan tafel zitten, dan is er nog tijd en mogelijkheid aanwezig om nader tot elkaar te komen. Uit de praktijk blijkt dat de kwaliteit van de samenwerking grotendeels de kwaliteit van het verkregen resultaat bepaalt. Bij de start van het proces van vormgeven of implementeren van klimaatadaptieve maatregelen dient bewust te worden stilgestaan bij de perceptie van de probleem- en taakstelling en bij de rollen en verwachtingen van de deelnemers aan het proces.

Het is raadzaam als eerste een omgevingsanalyse uit te voeren om te komen tot gedegen voorstel voor de wijze van samenwerking en een procesarchitectuur die bijdraagt aan het bereiken van goede resultaten. De volgende vragen zijn relevant om tot een dergelijke gefundeerde procesarchitectuur te komen:

1. *Welke vorm moet de samenwerking krijgen?*

Is het uitgangspunt coöperatie, coalitie of competitie? Afhankelijk van de vorm van samenwerking ligt de nadruk op communiceren, coalities sluiten, netwerken of bijvoorbeeld elkaar beconcurreren. De opdracht, die gemeente Rotterdam krijgt binnen de samenwerking rond implementatie van klimaatbeleid, is sterk afhankelijk van de wijze waarop zij de samenwerking met andere partijen vormgeeft. Trekken, stimuleren, faciliteren en volgen zijn voorbeelden van rollen die de gemeente afhankelijk van de vorm van samenwerking kan innemen.

2. *Is er sprake van gedeelde belangen of is er sprake van tegengestelde belangen?*

Voorals sprake is van tegengestelde belangen, worden er hoge eisen gesteld aan de gemeente als onderhandelaar. In een stad als Rotterdam kan klimaatadaptatie bijvoorbeeld hogere kosten voor het ontwikkelen van terreinen met zich brengen, omdat klimaatadaptatie extra eisen kan stellen aan het waterhuishoudkundig ontwerp van een gebied. Dit kan een extra inzet vergen in de relatie met bijvoorbeeld woningbouwcorporaties of projectontwikkelaars.

3. *Voelt de samenwerking verplicht of vrijwillig?*

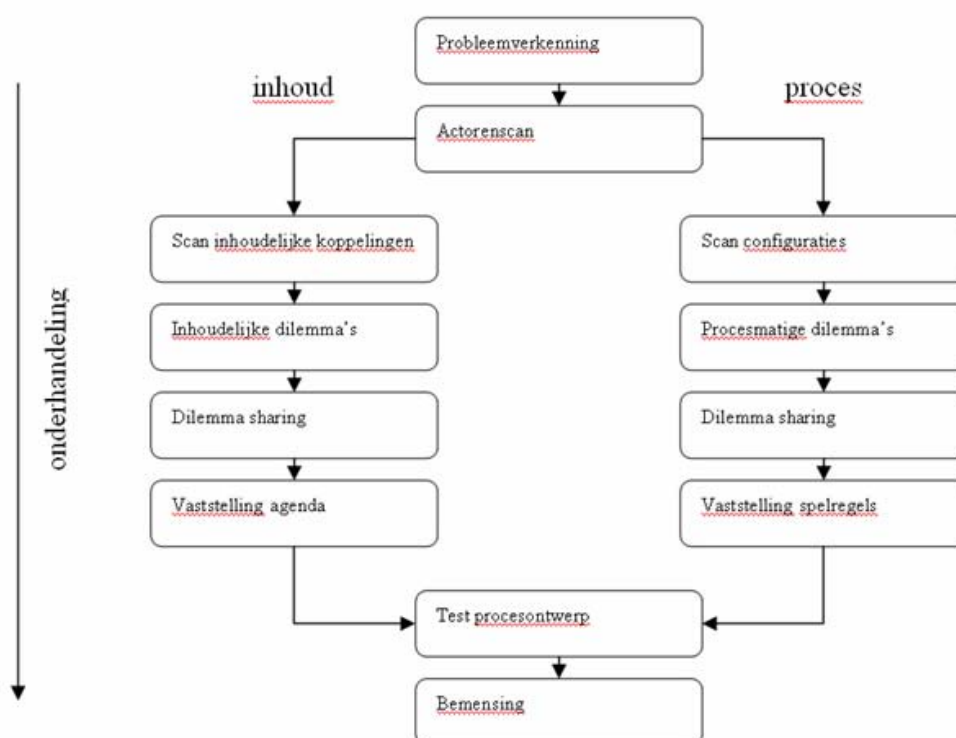
In het laatste geval is het vrij gemakkelijk voor de betrokken partijen om de samenwerking te stoppen of zich niet aan afspraken te houden. In de Nederlandse poldercultuur streven we zo veel mogelijk naar vrijwillige medewerking. Daarbij wordt niet zelden een verplichte sanctie als stok achter de deur benut om medewerking van de grond te krijgen.

In het stedelijk waterbeheer kan de nieuwe hemelwaterverordening een dergelijke rol vervullen om medewerking in het verminderen van hemelwaterlast op de riolering op vrijwillige basis te forceren. Waar dit niet op vrijwillige basis lukt, kan de gemeente op basis van deze verordening activiteiten van particulieren en bedrijven afdwingen.

4. *Is er sprake van wederzijdse afhankelijkheid of eenzijdige afhankelijkheid?*

Wanneer derden, bijvoorbeeld projectontwikkelaars of woningbouwcorporaties, in Rotterdam geen klimaatambities hebben, wordt het moeilijk om de gemeentelijke klimaatdoelen op vrijwillige basis te realiseren. Door klimaatvraagstukken te koppelen aan andere doelstellingen, zoals het verhogen van de stedelijke kwaliteit, kan er een basis voor samenwerking ontstaan.

De Bruijn et al (2002) schetsen de activiteiten weergegeven in Figuur 4.1 om tot een procesontwerp te komen. Zij maken hierbij de kanttekeningen dat het niet altijd noodzakelijk is om alle stappen te doorlopen en dat de volgorde van activiteiten minder dwingend is dan het figuur doet vermoeden. Daarnaast kan het verstandig zijn om niet alle stappen expliciet te maken afhankelijk van de Rotterdamse politieke context. (De Bruijn, 2002)



Figuur 4.1 Grafisch overzicht opstellen procesontwerp (zie voor stappen tabel 4.4).

Onderstaand overzicht geeft kort weer welke elementen in de verschillende stappen van het opstellen van een procesontwerp aan bod kunnen komen.

Tabel 4.4 Stappen bij het opstellen van een procesontwerp.

Activiteit	Elementen
Probleemverkenning met opdrachtgever	Eerste probleemverkenning Bepalen relevante actoren Sense of urgency in kaart brengen Eventueel druk bij actoren verhogen om sense of urgency te laten ontstaan
Actorenscaan	Per actor kennis verzamelen over: Standpunten, belangen en core values Kansen en bedreigingen voor actor Incentives en disincentives voor actor Pluriformiteit (intern?)
Scan configuraties	Quick scan van configuratie van partijen: Overzicht standpunten Interactiepatronen tussen actoren bepalen Overzicht spreiding van middelen over actoren
Scan inhoudelijke koppelingen en eerste agenda	Agenda formuleren als start van het proces: Onderwerpen en belangen verwerken tot dilemma's 'Dilemma sharing'
Inhoudelijke dilemma's	Ordenen dilemma's met behulp van: Beslisboom, of Clustering
Vaststelling agenda	Dilemma's ordenen t.b.v. goede procesgang: Opheffing van dilemma's door synthese Opties naast elkaar ontwikkelen Pilot-optie Mottenballenvariant Groeimodel Angel uit het conflict door achterliggende vraag aan te pakken Gevoelige voors of tegens in het dilemma onderzoeken Ontwerp van verzachtende en/of compenserende maatregelen
Procesmatige dilemma's	Zo veel mogelijk wegwerken procesdilemma's: Zorgvuldigheid versus snelheid Veel of weinig partijen



	Vertrouwelijk versus openbaar
Vaststelling van de spelregels	Afspraken maken over: Entry- en exit regels Besluitvormingsregels Organieke regels (organen, huishoudelijk reglement, voorzitterschap, secretariaat, rol procesmanager) Regels over planning en budget
Test procesontwerp	Toetsen eerste procesontwerp: Prima facie-test (brainstorm met actoren over ontworpen procesregels) Simulatie (werkelijkheid van besluitvorming aan de hand van de ontworpen procesregels nabootsen en evalueren)
Bemensing	Bepalen bezetting van het proces: Wel of niet betrokken bij het proces Wel of geen wederzijds instemmingsrecht Directe of indirecte vertegenwoordiging

Niveaus van participatie

Afhankelijk van de omgevingsanalyse en gekozen invulling van procesarchitectuur kan de wijze waarop betrokken partijen participeren verschillen. Deze paragraaf geeft een beschrijving van de onderscheiden niveaus van participatie. Vervolgens worden de randvoorwaarden voor participatie beschreven. Waarna mogelijke werkvormen worden geschetst en uiteindelijk wordt ingegaan op de keuze voor een participatievorm.

Participatieladder

Gemeenten kunnen partijen op diverse manieren betrekken bij het vormgeven en implementeren van klimaatadaptatie en mitigatie. Participatie kan plaatsvinden in een vroeg stadium (beleidsformulering) of juist in een laat stadium (uitvoering). Participatie bij het ontwerpen van de ruimtelijke omgeving betekent niet alleen dat belangen van participanten vertegenwoordigd worden, maar ook dat de lokale kennis van de participanten wordt ontsloten. Hierdoor kunnen de plannen inhoudelijk beter worden. Vroegtijdige participatie in de planvorming is van belang omdat dit de betrokkenheid van participanten vergroot in een stadium dat veel inhoudelijke keuzemogelijkheden aanwezig zijn. (vrij naar Van Eijk, 2003)

De kern van participatie ligt volgens Habermas in “doing it together, while living differently”. Via participatie kan aansluiting worden gevonden bij de alledaagse ervaringswereld van gebruikers en beheerders en kan de sociale betrokkenheid bij de woonomgeving worden vergroot. Participatie kan via een collectief leerproces leiden tot een groter inzicht in de complexiteit en de dynamiek van het veranderingsproces. Bovendien leren participanten omgaan met onzekerheden, vooral wanneer daarover veilige afspraken worden gemaakt. De participatieladder in Tabel 4.5 beschrijft de verschillende niveaus waarop partijen betrokken kunnen worden, variërend van lichte betrokkenheid tot intensieve samenwerking of zelfrealisatie.

Tabel 4.5 Participatieladder.

Niveau	Omschrijving
1. Informeren <i>Rol participant: toehoorder.</i>	Politiek en bestuur bepalen zelf de agenda voor besluitvorming en houden betrokkenen hiervan op de hoogte. Zij maken geen gebruik van de mogelijkheid om betrokkenen een inbreng te geven in de beleidsontwikkeling.
2. Raadplegen <i>Rol participant: geconsulteerde.</i>	Politiek en bestuur bepalen in hoge mate zelf de agenda, maar zien betrokkenen als gesprekspartners bij de ontwikkeling van beleid. De politiek verbindt zich echter niet aan de resultaten die uit de gesprekken voortkomen.
3. Adviseren <i>Rol participant: adviseur.</i>	Politiek en bestuur stellen in beginsel de agenda samen op, maar geven betrokkenen gelegenheid om problemen aan te kaarten en oplossingen te formuleren, waarbij deze ideeën een volwaardige rol spelen in de ontwikkeling van beleid. De politiek verplicht zich om de resultaten serieus te overwegen, maar kan bij de uiteindelijke besluitvorming hiervan (beargumenteerd) afwijken
4. Coproduceren <i>Rol participant: samenwerkingspartner.</i>	Politiek, bestuur en betrokkenen komen gezamenlijk een agenda overeen, waarna samen naar oplossingen gezocht wordt. De politiek verbindt zich aan deze oplossingen met betrekking tot de uiteindelijke besluitvorming.
5. (Mee) beslissen <i>Rol participant: medebeslisser.</i>	Politiek en bestuur laten de ontwikkeling van en de besluitvorming over het beleid over aan de betrokkenen, waarbij het ambtelijk apparaat een adviserende rol vervult. De politiek neemt de resultaten over, na toetsing aan vooraf gestelde randvoorwaarden.
6. Zelfbeheer	Groepen nemen zelf het initiatief om in eigen beheer voorzieningen tot stand te brengen en te onderhouden. Politiek en bestuur zijn hier niet bij betrokken.



Randvoorwaarden voor participatie

Pröpper & Steenbeek (1999) beschrijven diverse bestuursstijlen van overheidsorganisaties en maken daarbij onderscheid tussen interactieve en niet-interactieve stijlen. Een interactieve, participerende stijl (de gemeente formuleert het beleid en beslist, daarbij geadviseerd door derden) sluit goed aan bij de manier waarop in andere steden het klimaatbeleid wordt geformuleerd. Aan het toepassen van interactieve planvorming verbinden zij de voorwaarden in Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Voorwaarden voor participatie.

Voorwaarde	Toelichting
1. Er is een reden om invloed aan anderen te geven.	Die reden kan zijn de uitvoerbaarheid te vergroten, de noodzaak tot samen beslissen, kennis mobiliseren, enthousiasmeren of planverrijking.
2. U wilt en kunt invloed delen.	Dat hangt af van bijvoorbeeld de cultuur van uw organisatie, collegeprogramma, ruimte in regelgeving en bestaand beleid.
3. Participatie door derden heeft zin.	U weet wat u van anderen verwacht. Deze anderen zien ook de meerwaarde.
4. Er is een gedeeld belang.	Er is een gezamenlijkheid in het vraagstuk, die eventuele relatiegeschillen kan overbruggen.
5. Het vraagstuk is geschikt.	Er valt wat te kiezen omdat nog niet alles vastligt. Dit maakt het voor derden interessant om mee te praten.
6. Er is duidelijkheid over de rol en inbreng van deelnemers.	Er is een kader te formuleren waarbinnen inbreng mogelijk is, duidelijk kan worden gemaakt wat met 'onbestemde –niet ter zake doende of onduidelijk- inbreng' wordt gedaan en er is een bestuursstijl te kiezen.
7. Uw organisatie kan het aan.	Er zijn voldoende middelen, tijd, capaciteit, kwaliteit, gemotiveerde medewerkers en balans in de cultuur.
8. Het proces is enige mate organiseerbaar.	Het vraagstuk is bijvoorbeeld niet gepolitiseerd, er is een eindpunt, doelgroepen zijn te overzien, interne (ook met het bestuur) en externe communicatie zijn vast te leggen.
9. Het bestuur stemt in met het proces en zijn rol daarin.	De communicatie en met het bestuur en de beslismomenten zijn duidelijk en dat geldt ook voor het primaat van de politiek.
10. U kunt en wilt integraal communiceren:	De interne communicatie en de afstemming tussen projectleiding en communicatie/voorlichting verlopen soepel en er wordt gewerkt vanuit gedrevenheid en enthousiasme.

Als we de niveaus van participatie relateren aan de vormgeving en uitvoering van klimaatadaptatiemaatregelen, kunnen we stellen dat informeren kan worden toegepast bij grotendeels technische maatregelen waarbij vrij weinig vrijheidsgraden bestaan, veel specialistische kennis nodig is en die tot de taak van de gemeente behoren, zoals rioolvergroting of de aanleg van een bergbezinkvoorziening. Raadplegen en adviseren kan vooral worden ingezet bij technische maatregelen die wel enige vrijheidsgraden toelaten, maar vooral door gemeentelijke of professionele partijen als woningbouwcorporaties dienen te worden uitgevoerd, zoals drainage en meer groen in de stad. Co-producen en (mee)beslissen zijn juist dan wenselijk als de maatregelen vooral door particulieren zelf dienen te worden uitgevoerd, zoals het aanleggen van groene daken en het hergebruik van hemelwater in en om de woning. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de relatie tussen klimaatadaptatieve maatregelen en het participatieniveau.

Tabel 4.7 Maatregelen en indicatie van bijbehorend participatieniveau

Indicatie participatieniveau	Maatregel
Informeren	rioolvergroting, zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en oppervlaktewater, ondergronds infiltreren, gecombineerd infiltratie / drainagesysteem, profilering maaiveld, bergbezinkvoorziening, bovengronds infiltreren, ondergrondse berging, waterpasserende verharding, overloop / retentiegebieden, ecologische oevers, drijvende groene eilanden, wegen en platformen, bouwen op palen
Raadplegen en adviseren	drainage, oppervlaktewatersysteem beter verbinden, meer groen in openbare ruimte, meer water in openbare ruimte, waterpleinen
Co-producen en (mee)beslissen	groene daken, natte daken, kruipruimte vrij bouwen, bouwen met verhoogd vloerpeil, hergebruik hemel- en afvalwater, drijvende woningen



--	--

Werkvormen voor publieke participatie

Het geschikte niveau en de geschikte werkvormen voor participatie hangen af van de fysieke schaal waarvoor de plannen worden gemaakt (gemeente, wijk, straat), van de aard van de deelnemende partijen (bedrijven, omwonenden), van het doel van de participatie en van de fase waarin de planvorming zich bevindt (beleidsontwikkeling, inrichting op hoofdlijnen, concrete ontwerpen voor lokaal niveau, uitvoeringstraject). Zo zijn in een verkennende beleidsfase bijvoorbeeld creatieve sessies geschikt om ideeën los te maken, kan een burgerpanel worden ingezet om ideeën te laten toetsen en kan een spelvorm worden ingezet om de impact van geplande ontwikkelingen te laten ervaren.

Het volgende overzicht van participatieve werkvormen of methoden voor het vergroten van draagvlak en het bevorderen van de implementatie van nieuw beleid, is ontleend aan het 'Guidance document on public participation' dat is opgesteld voor de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water. De participatieve werkvormen/ methoden zijn ingedeeld in drie hoofdgroepen die aansluiten op de participatieladder (zie tabel 4.8)

**Tabel 4.8 Participatieniveau's en participatiemethoden.**

Participatie niveau	Werkvorm/ methode
Informeren	Advertentie, Artikel / column, Brochure, Flyer, Internetsite, Nieuwsbrief, Presentatie Tentoonstelling, open huis, Games, Workshops / cursussen
Raadplegen, adviseren	Adviescommissie, Burgerpanel, Enquête, perceptie studie, Expertbijeenkomst ^{*1} , Informatieavond, Inspraak, Intermediair, Interview, Klankbordgroep, Ronde tafel gesprekken
Samenwerken	Brainbox, it-ondersteunde brainstorm, Creatieve competitie, Creatieve sessie ^{*2} Interne gebruikersgroep, Joint factfinding, Ontwerpstudio, Platform, Projectteam Werkconferentie

^{*1} Bij de meer complexe, technische, maatregelen worden 'expertbijeenkomsten' vaak als participatiemethode genoemd. Inbreng vanuit bijvoorbeeld een waterschap of kennisinstituten is op deze wijze goed mogelijk.

^{*2} De participatiegraad van private partijen aan 'creatieve sessies' rondom klimaatbeleid is hoog, zo blijkt uit ervaringen in andere Nederlandse steden bij de vormgeving en implementatie van klimaatbeleid.

Samenwerkingsvormen

De samenwerkingsvorm die gekozen wordt sterk afhankelijk van de fase van het project. De samenwerking met externe partijen kan verschillende vormen aannemen in een verkennende fase, een planvormingsfase een besluitvormingsfase of een uitvoeringsfase, en is afhankelijk van het abstractie- of detailniveau. Daarnaast is de samenwerkingsvorm afhankelijk van de aard van partijen. Samenwerking tussen overheden en semi-overheden kent andere vormen dan de samenwerking tussen overheden en de private sector.

De meest voorkomende samenwerkingsmodellen tussen overheden en private partijen hebben betrekking op gebiedsontwikkeling. Hieronder worden ze kort behandeld. De meest voorkomende samenwerkingsmodellen en instrumenten tussen overheden zijn de akkoorden en convenanten.

Tabel 4.9 Samenwerkingsvormen tussen overheden en private partijen.

Samenwerkingsvorm	Omschrijving
Het traditionele model	Hierbij is de alleen de gemeente (of andere overheid) verantwoordelijk voor het resultaat. De gemeente heeft maximale invloed op de planontwikkeling. Andere partijen wordt alleen gevraagd om informatie aan te leveren. De (financiële) risico's liggen in dit model bij de gemeente.
Het consultatiemodel	In dit model worden de betrokken partijen nauw betrokken bij de planvoorbereiding, die verder onder regie van de gemeente verloopt. Tijdens de planvormingsfase spelen marktpartijen een consulterende rol. De klankbordfunctie (inbreng ideeën en specifieke expertise) van de markt is het wezenlijke verschil ten opzichte van het traditionele model. De (financiële) risico's liggen ook in dit model bij de gemeente.
Het joint-venture model	De partijen dragen in dit geval samen de verantwoordelijkheid voor het resultaat van de afspraken. De inbreng en zeggenschap en daarmee de risico's zijn vaak in gelijke mate tussen partijen verdeeld. Vaak worden langlopende afspraken gemaakt tussen alle partijen die om de tafel zitten. Hiermee heeft de gemeente nog steeds invloed en blijven tussentijdse bijstellingen onder invloed van politiek-bestuurlijke besluitvorming mogelijk.
Het concessiemodel	De gemeente definieert in dit model de kaders en besteedt de gehele ontwikkeling en realisatie vervolgens uit aan een marktpartij of een consortium van marktpartijen. Zowel de ontwikkeling als de realisatie worden in dit geval door de gemeente onder randvoorwaarden in de markt gezet. Het risico komt in dit model bij de marktpartij of -partijen te liggen. De gemeente geeft in ruil daarvoor het grootste deel van haar sturingsmogelijkheden uit handen. De publiekrechtelijke taken (verkrijgen van vergunningen, bestuurlijke goedkeuring, verantwoording en dergelijke) blijven uiteraard wel de verantwoordelijkheid van de gemeente. Na realisatie levert de markt de openbare ruimte, onder vooraf bepaalde voorwaarden, af aan de gemeente, die deze vervolgens gaat beheren.
Waterakkoorden	Op regionale schaal kunnen overheden onderling waterakkoorden sluiten. De Waterwet die in december 2009 in werking treedt, benoemt dit instrument. In een waterakkoord kunnen regionale waterbeheerders bijvoorbeeld bindende afspraken vastleggen over de hoeveelheden water die zij op elkaars beheergebied lozen of onttrekken. In relatie tot klimaatadaptatie en mitigatie kunnen akkoorden ingezet worden om bijvoorbeeld afspraken te maken over de verdeling van het schaarse water in tijden van droogte.



Andere bestuursakkoorden	Bestuursakkoorden worden doorgaans afgesloten tussen overheden van verschillende bestuurslagen, bijvoorbeeld tussen een ministerie en alle gemeenten, of tussen een ministerie, waterschappen en gemeenten. Een bestuursakkoord is bindend voor de deelnemende partijen. Komen partijen hun afspraken niet na, dan kan worden overgegaan tot dwingende wetgeving.
(Water)convenanten	Convenanten benoemen doorgaans een gezamenlijk ambitie van overheden onderling of van overheden en sectoren gezamenlijk. Zij geven aan hoe elk van de partijen afzonderlijk en in gezamenlijkheid willen bijdragen aan deze ambitie. In tegenstelling tot waterakkoorden en andere bestuursakkoorden, zijn convenanten niet juridisch bindend. Rotterdam zou bijvoorbeeld in convenanten met de woningbouwsector een gezamenlijke ambitie kunnen vastleggen rond klimaatadaptief bouwen.

Wanneer is welke samenwerkingsvorm met partijen gewenst of praktisch? Een aantal maatregelen kan prima op een traditionele manier door de gemeente worden uitgevoerd, bijvoorbeeld vergroting van het riool. Sommige andere maatregelen kunnen beter in de vorm van consultatie of een joint venture worden aangepakt, omdat het voordelen heeft om met andere partijen samen te werken. Voor bepaalde maatregelen zal de samenwerking met partijen gezocht moeten worden om optimaal van de kennis in de markt gebruik te maken, bijvoorbeeld voor drijvend bouwen. Het bouwen van woningen zelf is niet een taak van de gemeente. De gemeente kan het soort woningen, of vernieuwingen in het bouwen stimuleren door bijvoorbeeld subsidies of verplichten door middel van bouwvoorschriften. In weer andere gevallen ontbreekt het de gemeente aan voldoende financiële middelen of juridische bevoegdheden om bepaalde maatregelen uit te voeren en zijn het concessiemodel en het zelfrealisatiemodel meer geschikt.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de mogelijke samenwerkingsvormen bij de uitvoering van klimaatadaptieve maatregelen in Rotterdam.

Tabel 4.10 Maatregelen en samenwerkingsmodellen die hiervoor gekozen kunnen worden.

Maatregelen	traditioneel	consultatie	joint venture	concessie	zelfrealisatie
meer groen in openbare ruimte	x	x	x	x?	
meer water in openbare ruimte	x	x	x	x?	
profilering maaiveld	x	x			
waterpleinen		x	x		
waterpasserende verharding	x	x	x	x	x
bovengronds infiltreren	x	x			x
overloop / retentiegebieden		x	x	x	
ecologische oevers	x	x	x		
drijvende groene eilanden	x	x	x	x	
hergebruik hemel- en afvalwater		x	x	x	x
groene daken	x	x	x	x	x
natte daken	x	x	x	x	x
rioolvergroting	x	x	x	x	
ondergronds infiltreren	x	x			
drainage	x	x			
gecombineerd infiltratie / drainagesysteem	x	x			x
ondergrondse berging	x	x			x
oppervlaktewatersysteem beter verbinden	x	x			
zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en oppervlaktewater	x	x		x	
bergbezinkvoorziening	x	x			
drijvende woningen, wegen en platformen			x	x	
maaiveldverhoging		x	x	x	x
kruipruimte vrij bouwen			x	x	x
bouwen met verhoogd vloerpeil			x	x	x



bouwen op palen			x	x	x
-----------------	--	--	---	---	---

Verankering van afspraken

Interne verankering

Het is van belang om klimaatadaptatie in de ruimtelijke plannen, programma's en beleidsdocumenten 'binnen' de gemeentelijke organisatie te verankeren. De doelstellingen van het klimaatbeleid moeten helder geformuleerd worden zodat in plannen concreet naar de doelstellingen verwezen kan worden. 'Klimaatbewustzijn' dient integraal onderdeel te worden van het gemeentelijk beleid. Klimaataspecten dienen integraal deel uit te maken van alle beleids- of uitvoeringsplannen van de gemeente Rotterdam. Klimaatbeleid moet echter geen keurslijf worden, waardoor creatieve oplossingen geen kans meer krijgen. Geen concrete maatregelen bindend voorschrijven, maar wel in alle plannen aangeven wat het plan bijdraagt aan de klimaatdoelstellingen van de stad.

Theorieën over verandermanagement kunnen behulpzaam zijn bij het vinden van manieren om de integratie van klimaat in alle beleidsterreinen te verankeren. Hoe Rotterdam dat kan bewerkstelligen, werken we hier niet uit.

Externe verankering

Naast interne instrumenten zijn externe instrumenten nodig waarbij de relatie met andere partijen centraal staat. Die instrumenten kunnen worden gebruikt om onderlinge afspraken over klimaatadaptatie vast te leggen. Onderstaande tabel geeft een overzicht van instrumenten voor externe verankering.

Tabel 4.11 "Externe" instrumenten voor de uitvoering van het gemeentelijke klimaatbeleid.

Type	Instrument	Partij
Beleid	Waterplan	Gemeente, waterschap
	Klimaatbeleid/plan	Gemeente, waterschap, woningbouwcorporatie, provincie, Rijk
	Afvalwaterakkoord	Gemeente, waterschap
	Gemeentelijk rioleringsplan met bijbehorende grondwater-, hemelwater- en afvalwaterzorgplicht	Gemeente
	Watertoets (WRO)	Waterschap
Financiële instrumenten	Subsidies om innovatieve projecten te stimuleren	Rijk, provincie, waterschap, gemeente
	Fondsen om innovatieve projecten te stimuleren, Klimaatfonds om kleinschalige initiatieven te stimuleren en innovaties te bevorderen.	Gemeente
	Rioolheffing, waarin ook financiën voor hemelwater en grondwater zorgplicht zijn opgenomen	Gemeente
	Grondexploitatie	Gemeente, projectontwikkelaar
Overeenkomsten	Privaatrechtelijke overeenkomsten (niet altijd toegestaan; bindend)	Allen
	Concessies (bindend)	Overheden met private partijen
	Bestuursovereenkomsten met private partijen over gebruik overheidsbevoegdheden (in principe bindend)	Overheden met private partijen
	Afvalwaterakkoorden en andere bestuursakkoorden tussen overheden (bindend)	Overheden
	Convenanten, gezamenlijke intentieverklaringen, hoe ook genoemd (niet bindend)	Tussen overheden of overheden en private partijen
	Gezamenlijke (water) plannen (niet bindend)	Meestal tussen overheden
Regulering	Hemelwaterverordening	Gemeente
	Aansluitvergunning	Gemeente (na dec. 2009)
	Watervergunning (vanaf dec. 2009: voor lozen of andere ingrepen)	Waterschap
	Bouwbesluit	VROM
	Bouwverordening	Gemeente
	Waterparagraaf, planvoorschriften en plankaart, bestemmingsplan	Gemeente
Communicatieve instrumenten	Folders, radiospotjes, informatiemarkten etc. (zie Tabel 4.7)	Gemeente, waterschap



4.4 Conclusies en aanbevelingen

De vijf deelstudies van dit verkennende onderzoek laten bevestigen dat bij herinrichting van een wijk dienen alle ontwikkelingen en problemen in die wijk meegenomen dienen te worden. Dit vereist samenwerking tussen alle betrokken bij die ontwikkelingen en problemen. Voor het op grote schaal invoeren van groene daken bijvoorbeeld is samenwerking nodig tussen gemeente, waterschappen en woningcorporaties. Gaat het om alleen het lokaal vergroten van het riool dan is goede informatievoorziening aan omwonenden genoeg. Bij ieder niveau van samenwerking moet een geschikte werkvorm gekozen worden. In veel gevallen zal het nodig zijn om afspraken op papier vast te leggen. Dat kan in allerlei vormen gebeuren, variërend van een intentieverklaring tot een bestuursakkoord met resultaatsverplichting.

De initiatiefnemer moet zich afvragen welke richting de ontwikkeling op moet gaan en welke partijen daarbij nodig zijn. In het geval van Rotterdam zouden teams met personen van Gemeentewerken, OBR, en dS+V samengesteld kunnen worden, die actief de samenwerking opzoeken met waterschappen, woningcorporaties, bedrijven en kennisinstellingen in de stad om zo gezamenlijk de klimaatdoelstellingen van Rotterdam te vertalen in concrete projecten in de deelgemeenten. Voor de uitvoering van onderdelen zou per onderdeel het juiste samenwerkingsvorm gezocht moeten worden. Paragraaf 4.3 bevat handvatten hiervoor.

Het blijkt vaak eenvoudiger om bij nieuwbouw of grootschalige herontwikkeling het watersysteem in orde te maken, dan om bestaand stedelijk gebied aan te pakken. Maar juist in bestaand stedelijk gebied kunnen de verwachte problemen groot zijn. Klimaatmaatregelen kunnen gericht zijn op het verminderen van het heat-island effect, of op afvoer van piekregenbuien, of op voorkomen van droogvallen van funderingspalen. Ook al zijn veel maatregelen gericht op één aspect, dat wil niet zeggen dat er maar naar één aspect gekeken moet worden. Maatregelen hebben steun nodig van alle verantwoordelijke partijen die betrokken zijn, maar ook van degenen die in hun dagelijks leven ermee geconfronteerd worden. Als een maatregel niet alleen gunstig is voor het omgaan met klimaatverandering, maar ook bijdraagt aan een prettigere woonomgeving of verkeersveiligheid, dan zal de acceptatie van de maatregel veel groter zijn.

Op basis van de bovenstaande analyse kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Flexibiliteit van maatregelen: De aanpak die Rotterdam kiest moet gericht zijn op het vergroten van het vermogen om het systeem aan te passen aan veranderingen die we nu niet geheel kunnen worden voorzien.
- Passende partijen betrekken op een passend niveau: in iedere situatie moet worden bepaald welke partijen betrokken moeten worden en op welke manier. Voor Rotterdam als geheel is interne samenwerking tussen Gemeentewerken, OBR, en dS+V essentieel.
- Keuze maatregelen is maatwerk: De keuze van maatregelen hangt af van het type gebied, de verwachte problemen daar, de effectiviteit van de maatregelen op die plek voor klimaatadaptatie, en het effect op andere ontwikkelingen en problemen.

Uit het onderzoek dat in dit hoofdstuk gepresenteerd is zijn aantal aanbevelingen voor verder onderzoek naar voren gekomen. Rotterdam zet al stappen voor een klimaatadaptievers watersysteem. In het kader van leren door ervaring zou gedetailleerd onderzocht kunnen worden hoe nu de deelgemeentelijke waterplannen die zijn en worden opgesteld en projecten tot stand komen. Wie zijn hierbij betrokken, wanneer, hoe en op welk niveau? Wat gaat goed, wat kan beter? De analyse van fysieke maatregelen en mogelijkheden voor participatie en samenwerking in dit hoofdstuk kunnen voor een dergelijke analyse worden gebruikt.

Op basis van een dergelijke analyse en inzichten uit de andere deelstudies kan de gemeente Rotterdam de interne procedures en werkwijze zo inrichten dat klimaatadaptatie een natuurlijke plaats krijgt in alle relevante processen. Op welke wijze kunnen de vier randvoorwaarden voor een succesvolle samenwerking (zie Hoofdstuk 3) gecreëerd worden? Informatie hierover stelt de betrokken partijen in staat om klimaatadaptatie nog effectiever aan te pakken.



5. Leren van andere steden

Ten behoeve van het beantwoorden van de onderzoeksvragen is een inventarisatie uitgevoerd naar ervaringen met klimaatadaptatie in het Nederlandse waterbeheer. Voor de inventarisatie hebben we een aantal Nederlandse en buitenlandse steden geselecteerd waarbij we rekening hebben gehouden met de eigenschappen van de stad Rotterdam. Rotterdam hoort bij de grootste steden van Nederland, en heeft wat betreft klimaatadaptatie specifieke aandacht voor watergerelateerde onderwerpen.

Voor de studie zijn de volgende binnenlandse steden onderzocht: Amsterdam, Utrecht, Den Haag, Almere, Nijmegen, Arnhem, Eindhoven, Maastricht, Kampen en Lelystad. Deze steden zijn gekozen, omdat ze qua grootte overeenkomen met Rotterdam of eveneens specifieke aandacht hebben voor water. De voorgenomen of uitgevoerde adaptatiemaatregelen van deze steden zijn voor Rotterdam eerder relevant dan de maatregelen van kleine of niet aan water gelegen steden.

Veel buitenlandse steden hebben wel beleid voor het nemen van mitigatiemaatregelen, bijvoorbeeld de C40 steden (<http://www.c40cities.org/>), maar nog weinig steden hebben een klimaatadaptatiestrategie. We hebben daarom gekozen om te kijken naar een aantal havensteden in Europa: Stockholm, Hamburg, Londen, met vergelijkbare uitgangssituaties, waar ze op een vernieuwende manier met water en ruimtelijke ordening aan de slag zijn. Verder kijken we naar Tokio en Melbourne, omdat ze daar al langer met extreme klimaatomstandigheden te maken hebben en daar hun eigen aanpak voor hebben ontwikkeld. New York heeft een speciale band met Rotterdam en kan daarom in het rijtje niet ontbreken.

5.1 Ervaringen Nederlandse steden

Een aantal steden is vanwege de noodzaak tot klimaatadaptatie door bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn Water of beleidslijn Ruimte voor de Rivier, eerder gestart en verder gevorderd met klimaatadaptatie dan andere steden.

In de inventarisatie is aandacht besteed aan de volgende vragen:

1. Wat zijn invalshoeken voor klimaatadaptatie?
2. Hoe wordt draagvlak verkregen (bij bewoners, bedrijven)?
3. Wie zijn de trekkers voor klimaatadaptatie?
4. Welke concrete plannen/akkoorden liggen klaar?
5. Hoe worden de doelstellingen gekoppeld met planontwikkeling (welke instrumenten worden toegepast)?

Een overzicht van de afzonderlijke ervaringen per stad is opgenomen in Bijlage 4. Onderstaande Tabel 5.1 geeft een overzicht van de belangrijkste leerpunten voor Rotterdam.

Tabel 5.1 Ervaringen met klimaatadaptatie in andere Nederlandse steden.

Thema	Resultaten
Invalshoek	De meeste gemeenten onderscheiden verschillende thema's waarvoor vervolgens doelen worden opgesteld. De thema's 'eigen organisatie' en 'mobiliteit' komen het vaakst voor.
Draagvlak	Bij zowel het opstellen van klimaatmaatregelen als de uitvoering ervan zoeken de gemeenten veel contact met bewoners, bedrijven en andere organisaties. Een belangrijk middel dat alle gemeenten inzetten is het steken van de hand in eigen boezem. De meeste gemeenten willen dan ook binnen 10 jaar de eigen organisatie CO ₂ -neutraal hebben, in de hoop dat andere bedrijven het goede voorbeeld volgen.
Trekkers	In alle gevallen is de gemeente trekker van het klimaatprogramma. In deze studie heeft alleen Amsterdam specifieke ambassadeurs aangesteld die hun invloed aanwenden om het bedrijven te overtuigen om het voorbeeld van de gemeente te volgen.
Doelen	In de meeste gemeenten wordt klimaatadaptatie sec gerelateerd aan het terugbrengen van de CO ₂ -uitstoot. Slechts in een beperkt aantal gemeenten worden ook voorbereidingen getroffen voor hittegolven, grotere neerslag en langdurige droogte.
Instrumenten	Concrete instrumenten worden nog niet gebruikt. In alle gevallen draait het om activiteiten/maatregelen gericht op het stimuleren van duurzaam gedrag bij bedrijven en bewoners.



De onderzochte gemeenten hanteren globaal dezelfde sociaal-economische stuurmechanismen voor klimaatadaptatie. Bewoners, bedrijven en organisaties worden al vroeg in het proces betrokken. Hiermee wordt draagvlak gecreëerd en wordt ook gebruik gemaakt van de kennis van die partijen. Hierdoor wordt de gemeente een betrouwbare partij in het proces. In volgende fases kan een steeds ruimere kring van partijen betrokken worden om de klimaatadaptatiemaatregelen te concretiseren. Bij deze vorm wordt de participatie van andere partijen groter naarmate het project vordert. Deze strategie is bijvoorbeeld gebruikt door de provincie Flevoland in het project Markermeer/ IJmeer.

Technische stuurmechanismen worden nog nauwelijks door gemeenten gehanteerd. In een aantal gevallen laten participerende bedrijven vastleggen welke doelen zij nastreven. Het ontbreekt de gemeenten echter aan middelen om de bedrijven hiertoe te dwingen. Een lokale/regionale variant op bijvoorbeeld de emissierechten van Carbon Credits zou hier wellicht een oplossing voor bieden.

Het aanstellen van ambassadeurs uit het bedrijfsleven zoals gedaan in Amsterdam, kan wellicht in Rotterdam op dezelfde wijze worden toegepast. Bij het aanstellen van de juiste personen kan hiermee de klimaatadaptatie binnen diverse sectoren van het Rotterdamse bedrijfsleven actueel worden gemaakt.

In Nederland is een aantal onderzoeksprogramma's actief op het raakvlak van klimaat en water. Binnen deze programma's worden weinig concrete handvatten gegeven voor de manier waarop Nederlandse gemeenten en provincies om moeten gaan met klimaatadaptatie. Wel wordt een bewustwordingsproces in gang gezet. Daarnaast vermelden alle programma's dat er instrumenten moeten worden ontwikkeld die het mogelijk maken om maatregelen in het kader van klimaatadaptatie snel en efficiënt uit te voeren.

Lopende onderzoeksprogramma's:

- Adaptatieprogramma Ruimte en Klimaat (ARK):
- 'Maak ruimte voor klimaat: Nationale adaptatiestrategie'
- Leven met Water:
- Project Routeplanner (Adaptatie Ruimte en Klimaat): in de Routeplanner worden de gevolgen van klimaatverandering voor waterbeheer, natuur, landbouw, energievoorziening, gezondheid, huisvesting en infrastructuur onderzocht.
- Kennis voor Klimaat
- Habiforum

5.2 Ervaringen andere grote havensteden met klimaatadaptatie

Hamburg

Hamburg is de op een na grootste havenstad van Europa. Er wonen 1.77 miljoen mensen (2007) in de stad zelf, en 4.2 miljoen mensen in het grootstedelijk gebied van Hamburg. Het is een stadstaat, een van de 16 staten van het federale Duitsland. In 1962 zijn 300 mensen omgekomen bij overstromingen. In 1976 was de stormvloed hoger, maar in de tussenliggende periode waren de dijken verbeterd en daardoor waren er geen slachtoffers. Er is voor Hamburg een beschermingsniveau vastgesteld, dat is gebaseerd op een maatgevend hoogwater. Alle dijken moeten bestemd zijn tegen dit maatgevend hoogwater. Daardoor verschilt de hoogte van dijken aanzienlijk in het gebied omdat de hoogte van het water verschilt door golf- en windoploop.

Als stadstaat heeft Hamburg wetgevende bevoegdheden die verder gaan dan die van Nederlandse steden. De Klimaatwet van 1997 van Hamburg stelt energie-eisen aan gebouwen en bepaalt de CO₂-reductie van de overheid zelf. In de visie van Hamburg heeft de overheid een voorbeeldfunctie. De klimaatverordening van 2008 bepaalt meer gedetailleerd hoe energiebesparing in nieuwbouw en bestaande bouw gerealiseerd moet worden. De doelstellingen zijn ambitieuzer dan die van de federale overheid en de EU. In 2012 moet de CO₂ uitstoot per persoon ten opzichte van 1990 20 % zijn gedaald. In 2050 moet dat 80% zijn. De focus ligt op mitigatie binnen de bouwsector, transport en ICT.

Hamburg heeft een Klimaat Actieplan opgesteld, waarin de regering nadrukkelijk aangeeft dat klimaatmitigatie en adaptatie beiden noodzakelijk zijn. Ook wordt gesteld dat het Klimaat Actieplan een belangrijk element is in de stimulering van de economie en de werkgelegenheid.



Het klimaatadaptatiebeleid zal de komende tijd verder uitgewerkt worden in een interdepartementaal samenwerkingverband. Op dit moment lopen er onderzoeken naar onder andere de beschermingsnormen voor overstromingen en afvoercapaciteit van het stedelijk gebied (Freie und Hansestadt Hamburg 2008).

Adaptatiemaatregelen in uitvoering zie je in bijvoorbeeld de ontwikkeling van “Hafencity”, een voormalig havengebied in de buurt van centrum. Het gebied moet geschikt gemaakt worden voor een combinatie van wonen, werken en recreatie. Het oude havengebied wordt niet omringd door dijken, maar waar bebouwing komt, wordt het gebied opgehoogd tot 7,50 m à 8 meter boven zeeniveau. De promenades liggen lager om het contact met het water te behouden. Deze mogen overstromen. Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in Hamburg toegepast worden is gegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: Hamburg.

Thema	Resultaten
Maatregelen	• 25 miljoen per jaar voor nieuwe ideeën en projecten op klimaatgebied. • Meer windenergie • Stad neemt energienetwerk over • Blokverwarming voor 490.000 huishoudens • Duurzame haven: minder vrachtwagens door haventaxiboten voor containers, meer openbaar vervoer etc.
Aanpak	• Interdepartementaal samenwerkingsverband om klimaatadaptatiebeleid voor de stadstaat vorm te geven. Nadrukkelijk verband gelegd tussen klimaatpolitiek en economie en werkgelegenheid in de stad. • Gekozen voor hele zichtbare en herkenbare aanpak: veel dynamiek, aantrekkelijkheid van gebied bevorderen, aantal eyecatchers, economische ontwikkeling combineren met milieubewuste opstelling, nadrukkelijk in Europa een rol spelen. • Milieupartners Hamburg overheid en industrie waarbij meer dan 1000 bedrijven zijn aangesloten. Gezamenlijk milieuafspraken gemaakt. • Voorbeeldfunctie stad • Wetgeving, bijvoorbeeld bouwvoorschriften om energiezuinig bouwen te stimuleren • Subsidies • Internationale samenwerking • Onderwijs • Publiciteit

Stockholm, Hammarby Sjostad

Stockholm ligt in een waterrijk deel van Zweden. De zuidkant van het centrum grenst aan het Hammarby meer. De stad heeft 800.000 inwoners. De klimaatmitigatiemaatregelen van de stad hebben in 2005 geleid tot een reductie van de CO₂ uitstoot met 25 % ten opzichte van 1990. De stad heeft zich kandidaat gesteld voor het organiseren van de Olympische Spelen van 2004 en in dat kader werd een Olympisch dorp ontworpen met ambitieuze milieudoelstellingen. De Spelen kregen ze niet, maar het eco-concept is wel uitgevoerd.

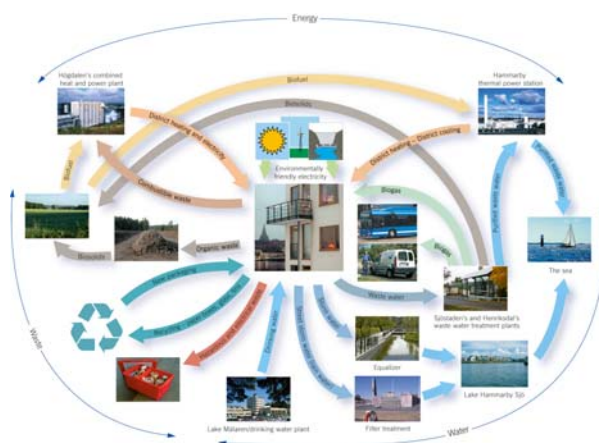
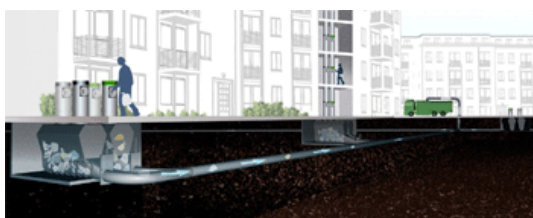
Een voormalig havengebied tegenover het centrum van Stockholm wordt herontwikkeld als uitbreiding van het stadscentrum. Het stadsdeel krijgt voornamelijk een stedelijke woonfunctie, met winkels, horeca, scholen en dergelijke. Uiteindelijk zullen 9.000 woningen worden gerealiseerd, waar ongeveer 20.000 mensen verwacht worden te gaan wonen. De helft van de woningen is gerealiseerd. Nog eens 10.000 mensen zullen van het gebied gebruik maken om er te werken en te recreëren.

Het stadsdeel is nadrukkelijk opgezet vanuit een totaalconcept van een eco-stad. Op allerlei manieren wordt ervoor gezorgd dat water, energie en stofstromen zoveel mogelijk gesloten cirkels vormen en met elkaar samenhangen. De nieuwe stadsontwikkeling moet de helft minder milieubelasting opleveren dan een dergelijk stadsdeel gebouwd in de jaren '90. Autogebruik wordt zoveel mogelijk overbodig gemaakt: voetgangersbruggen en pont naar het centrum van Stockholm, een tramlijn die aansluit op de metro, fiets en wandelpaden vormen de belangrijke verbindingen. Gescheiden afvalinzameling wordt structureel ingevoerd met ondergrondse vacuümleidingen om afval af te voeren. Veel aandacht voor sportbeoefening (sportcentrum, voetbalvel, skihelling) en de stedelijke kwaliteit van het gebied. Het water heeft een prominente plek in het stadsdeel. Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in Stockholm toegepast worden is gegeven in Tabel 5.3.



Tabel 5.3 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: Stockholm Hammarby Sjostad (HS).

Thema	Resultaten
Maatregelen	• Drinkwater Watergebruik van gemiddeld in Stockholm 200 liter per persoon, nu naar 150 liter per dag per persoon in HS door technische aanpassingen en gebruik zuinige apparaten. Het doel is 100 liter per persoon per dag. Samenwerking van drinkwaterproducenten met consumenten en bedrijven om de vervuiling van water met zware metalen en chemicaliën te voorkomen. • Regenwater. Groene daken om water op te vangen en de afvoer te vertragen. Gescheiden afvoer regenwater/smeltwater. Regenwater ter plekke zuiveren/filteren. Architect ingehuurd om open afvoerkanaaltjes ed. op een aantrekkelijke manier in de wijk te integreren. Regenwater, smeltwater van sneeuw in straten waar meer dan 8000 voertuigen per dag doorheen gaan, wordt gezuiverd. • Afvalwater: de afvalwaterzuivering (alleen huishoudelijk afvalwater) test verschillende processen uit. Het doel is zoveel mogelijk gebruik te maken van alle restproducten van het zuiveringsproces van afvalwater Effluent van de zuivering wordt gebruikt als koelwater voor het koelsysteem in de wijk. Warmte die wordt opgewekt gaat naar stadsverwarming, prut levert biogas op (waar vuilniswagens en bussen op rijden), vaste stof die daarvan restproduct is, kan gebruikt worden als meststof.
Aanpak	• Keuze voor prettige leefomgeving in eco-stad. Ecologische principes zijn leidend. • Strengere bouwvoorschriften • Partnerschap tussen bestuurders, ambtenaren, architecten en ontwikkelaars in ontwikkeling plannen.



Figuur 5.1 Impressie van klimaatadaptatie in Stockholm. Figuren van www.cabe.org.uk/case-studies/hammarby-sjostad en www.hammi.se.

Londen

De klimaatwetgeving in Groot Brittannië vereist het opstellen van een landelijk sectoroverschrijdend klimaatadaptatieplan (Adapting to Climate Change Programme). Het eerste moet klaar zijn in 2012 en vervolgens moet iedere 5 jaar opnieuw gerapporteerd worden over de risico's die klimaatverandering met zich meebrengt en de maatregelen die genomen zijn en worden. De voorbereidende fase heeft vier poten: onderzoek naar klimaatscenario's (UKCIP09) en risico's, stimulering en ondersteuning van private partijen bij het nemen van maatregelen, monitoring van resultaten, en het opnemen van klimaatadaptatie in overheidsbeleid op alle sectoren en niveaus (Defra 2008). Instrumenten, advies en ondersteuning aan overheden bedrijven en organisaties die bezig zijn met klimaatadaptatie is toegankelijk via de Adapting to Climate Change website. Een voorbeeld hiervan is de 'Adaptation Wizard'.

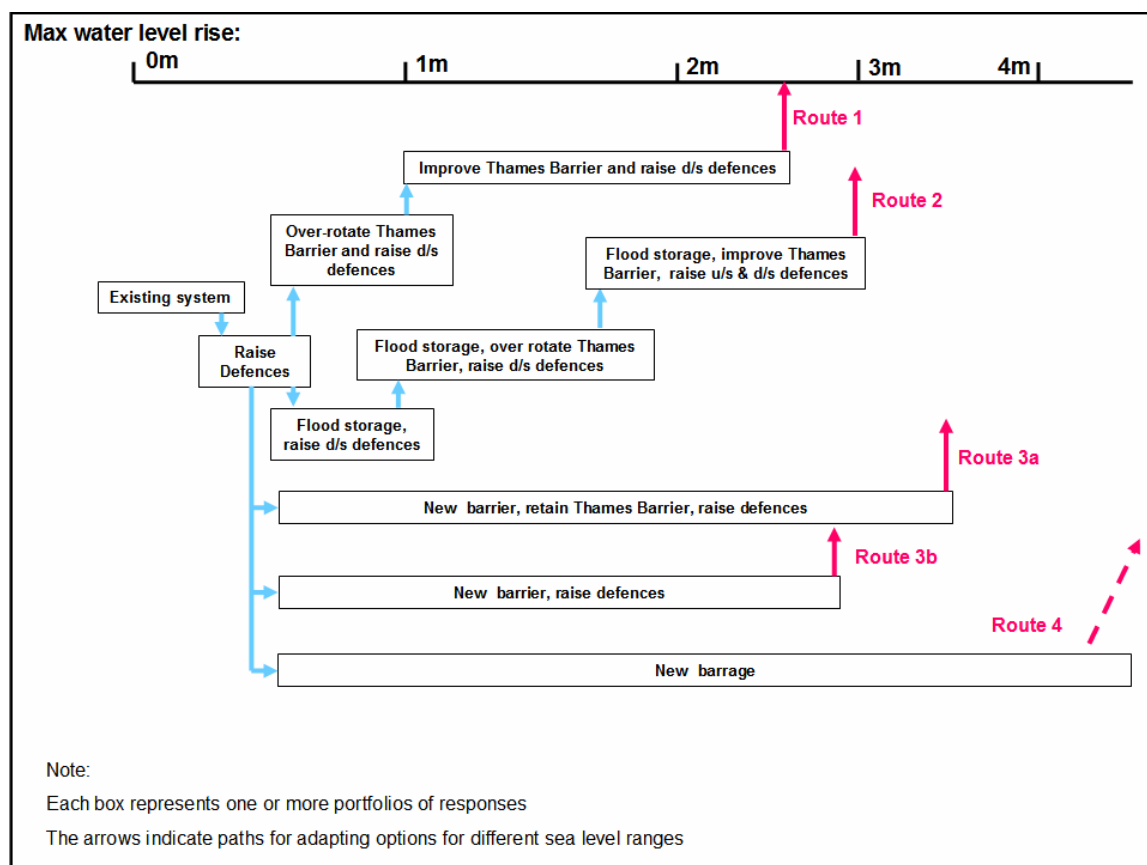


De burgemeester van Londen, als hoofd van “The Greater London Authority”, heeft de verantwoordelijkheid te komen met een klimaatadaptatiestrategie voor de stadsregio Londen en het beoordelen van klimaataspecten in andere strategieën die onder zijn verantwoordelijkheid worden opgesteld. Daarnaast hebben de gemeenten binnen de regio specifieke verantwoordelijkheden voor hun eigen gebied. Voor Londen wordt verwacht dat de winters warmer en natter zullen zijn en de zomers warmer en droger, met daarnaast een vaker voorkomen van extreme weersomstandigheden en zeespiegelstijging. Dat betekent dat Londen te maken krijgt met een grotere kans op overstroming, droogte en hittegolven. De komende 20 jaar blijft de stormvloedkering “Thames barrier” voldoende bescherming bieden, maar deze tijd moet wel benut worden om alternatieven uit te werken en voor te bereiden. Drinkwaterleidingen en rioolwaterleidingen zijn verouderd. Londen is op zomernachten al 10 graden warmer dan de omliggende rurale gebieden. Er wordt verwacht dat bij klimaatverandering het hitte-eiland effect groter wordt, omdat er minder afkoeling door verdamping zal zijn, het energieverbruik om te koelen toeneemt, de stad nog steeds groeit en de bebouwing verdicht (Mayor of London 2008). Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in Londen toegepast worden is gegeven in Tabel 5.3.

Tabel 5.4 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: Londen.

Thema	Resultaten
Maatregelen	• Overstroming uit zee, Thames Estuary project (nu in consultatiefase). Komende 20-30 jaar: - o dijken benedenstrooms van Thames Barrier verhogen en kering zelf aanpassen - o onderzoeken waar de beschermingsmaatregelen zoals dijken verplaatst moeten worden om overstromingsrisicomanagement duurzamer te maken - o een aantal gebieden langs de oevers aanwijzen die ruimte zouden kunnen bieden voor retentie - o stimuleren ruimtelijk ordeningsingrepen: kwetsbare functies in delen stad met hoog risico omruilen minder kwetsbare in minder risicovol gebied • Overstroming vanuit de Thames en zijrivieren - o Verhoogde kans op overstromingen: afvoer stijgt en stormvloedkering sluit vaker - o Waterretentie in open gebieden langs de Thames - o Verhoging dijken, eventueel met demontabele delen • Hitte eiland effect/ droogte/ overstroming door regenval - o Hitte bestendig bouwen, bestaande gebouwen aanpassen, waar koeling toch nodig is, minder CO2 gebruiken - o Culturele aanpassing bevorderen - o Aanpassen noodplan hittegolf - o Stad groener maken: bomen langs straten, op pleinen, groen op daken en muren - o Nader onderzoek naar welk type “groen” het meest effectief is - o Catalogus van bomen die hitte- en droogtebestendig zijn - o Stimuleren groene daken, regenwater opslag en infiltratie, grijswater gebruik - o Lekverlies drinkwaterleidingen verkleinen - o Stimuleren verminderen watergebruik door middel van waterprijs en gebruik andere kranen en dergelijke - o Nader onderzoek naar riolering en oppervlaktewatersysteem om efficiëntie te vergroten.
Aanpak	• Overheid richt zich op onderzoek, bewustwording, klimaataspecten meenemen in eigen beleid en organisatie en stimulering van actie van derden door middel van informatie en hulpmiddelen. • Overheid bevordert samenwerking door middel van ondersteuning van regionale klimaatverandering commissies bestaande uit lokale overheden en belangenorganisaties die adviseren over klimaatmaatregelen. Zoals het “London Climate Change Partnership” dat bestaat uit ongeveer 30 partijen variërend van overheden, onderzoekers, financiële sector, ontwikkelaars, gezondheidsector, milieu en communicatie. • Inzetten beleidsinstrumenten als bouwverordeningen

In het Atlantis project van het Environment Agency is het diagram weergegeven in Figuur 5.2 ontwikkeld. Het Atlantis project is een verkenning van verschillende routes om stijging zeespiegel op te vangen. De gekozen tijdshorizon is 2130 en maximaal beschouwde zeespiegelstijging is maximaal 5 meter. Het toont de mogelijke maatregelen om de veiligheid van de bewoners aan de monding van de Thames te garanderen ten opzichte van verschillende hoogtes van zeespiegelstijging. De route wordt niet vastlegt, maar er worden keuzes aangeboden. Interessant aan deze benadering is dat deze keuzes worden gerelateerd aan de zeespiegelstijging en niet aan de tijd. Dat de zeespiegel zal stijgen is (vrij) zeker, maar de snelheid waarmee dat gebeurt, is onzeker.



Figuur 5.2 Maatregelen Thames versus zeespiegelstijging.

Tokio

Vijfenzestig procent van het oppervlak van Japan heeft een helling van meer dan vijftien procent en is daardoor niet geschikt voor bebouwing. De laaggelegen gebieden en de rivierbeddingen bestrijken slechts tien procent van het oppervlak, maar er woont eenenvijftig procent van de mensen. Regenval varieert behoorlijk tussen de jaren. Zowel te veel als te weinig komt voor. Japan heeft gemiddeld met drie cyclonen per jaar te maken. De rivieren zijn allemaal kort en steil, daardoor zijn ze gevoelig voor flash floods en er verdwijnt veel regen direct naar zee. Aardbevingen en tsunami's zijn andere bedreigingen voor het gebied (Ven, Furumai et al. 2008). Japan wordt geconfronteerd met het risico van overstromingen uit zee, vanuit de rivieren en door hevige regenval, maar ook met droogtes. De drinkwatervoorziening is voor een zeer groot deel afhankelijk van de capaciteit van de rivieren en die hebben hun grenzen bijna bereikt.

Ongeveer 20 procent van Tokio ligt onder zeeniveau op aangewonnen of ingeklonken land. In 1920 woonden 3,7 miljoen mensen in de stad en in 2005 12,6 miljoen. De verstedelijking van Tokio heeft geleid tot een toename van het verhard oppervlak en daarmee een afname van de infiltratie van regenwater. Om aan de vraag naar meer woningen te kunnen voldoen zijn in de jaren '60 waterlopen in de stad gedempt en bebouwd. Het moderne Tokio heeft een zeer uitgebreid metronet en veel ondergrondse winkelcentra wat de kwetsbaarheid van de stad bij overstromingen groter maakt (Stalenberg and Kikumori 2008). In Tokio is het de bedoeling de stadsdelen zoveel mogelijk zelfvoorzienend te maken op het gebied van energie en water om zo het risico op grootschalige uitval van voorzieningen te voorkomen en de kwetsbaarheid van de stad te verlagen.

Japan wordt gekenmerkt door een sterke staat die zich van oorsprong richt op grote infrastructurele werken en de bevordering van de economie. De staat legt doorgaande wegen aan, wint land aan, bouwt havens, beschermt tegen overstromingen. Het reguleert de private ontwikkelingen bij voorkeur niet, grondbezit is zeer belangrijk en grondeigenaren kunnen naar eigen inzicht over hun grond beschikken. Ruimtelijke ordening processen komen in Japan pas laat in de twintigste eeuw tot stand.



In 1970 was slechts 16 % van de huizen aangesloten op riolering. Ook de industrie was nauwelijks gebonden aan regulatie. De enorme vervuiling van het milieu leidde tot een omslag. De milieuwetgeving werd vanaf die tijd stevig aangepakt. Ondernemingen en ontwikkelaars moeten op eigen kosten maatregelen nemen (Hooijmeijer 2008). Vanaf 1977 heeft Japan een integraal overstromingsmanagement beleid (Stalenberg and Kikumori 2008). Naast het stroomgebiedsbeheer met maatregelen met een regionaal effect, worden er private initiatieven gesteund of gevraagd op het gebied van het tegengaan van overstromingen en vervuiling, en vermindering van drinkwatergebruik. (Graaf and Matsushita 2008) Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in Tokio toegepast worden is gegeven in Tabel 5.4.

Tabel 5.5 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: Tokio.

Thema	Resultaten
Maatregelen	• Overstroming uit zee - o Superdijken en andere infrastructurele maatregelen tegen overstromingen • Overstroming uit rivier - o Het Tsurumi River multifunctioneel retentiebekken is ontworpen om water op te slaan, maar het is ook een park met daarin een sportstadium en een zorgcentrum. Het water in het bekken kan tot 8,5 meter boven het gemiddelde niveau van de baai van Tokio komen te staan. De begane grond van de gebouwen zijn verhoogd aangelegd. Het bekken wordt omsloten door dijken en aan de kant van de rivier zijn overstroombare plaatsen aangelegd. (Walraven and Aerts 2008) - o De Tokio Metropolitan Outer Floodway is ondergrondse afvoertunnel in de stadregio Tokio is een van de grootste van zijn soort op de wereld. Het is 6,3 km lang en bestaat uit tunnels op ongeveer 50 meter diepte en schachten daar naartoe om water van kleine rivieren af te voeren naar de grotere Edo rivier. Een ondergronds bassin van twee voetbalvelden groot en 25 meter hoog slaat het water tijdelijk op. De totale capaciteit van tunnels en bassin is 670 duizend m³. Als het water zakt, wordt het bassin leeggepompt met een pompcapaciteit van 200 m³/s. (Wijers 2006) • Overstroming door regenval/droogtebestrijding/drinkwatervoorziening/crisismanagement - o Regenwateropvang, infiltratie of opslag en hergebruik. Bijvoorbeeld op schoolpleinen, parkeerplaatsen, bij huizen, of onder een park - o Bij aanleg nieuwe riolering: gescheiden riolering voor afvalwater en regenwater - o Uitbreiden capaciteit gemengde riolering - o Hergebruik effluent - o Groene en blauwe daken - o Half-open bestrating - o Gebouwen overstromingsbestendig maken, bijvoorbeeld bouwen op palen, - o Terugbrengen lekverlies drinkwaterleidingsysteem - o Waterprijs stijgt naarmate verbruik hoger ligt - o Multifunctionele reservoirs: voor opwekking elektriciteit, beheersing overstromingen en waterbekken voor droge periodes - o Water terug in het stadsbeeld, vaak gecombineerd met openbaar groen (Hooijmeijer 2008) - o Voorbereiden op overstromingen door opstellen evacuatieplannen, publicatie overstromingsrisicokaarten, gedecentraliseerde voorzieningen, waarschuwingssysteem (ook via mobiele telefoons), nooddrinkwatersysteem enz.
Aanpak	• Overheid richt zich op onderzoek, bewustwording, klimaataspecten meenemen in eigen beleid en organisatie en stimulering van actie van derden door middel van informatie en hulpmiddelen. • Overheid bevordert samenwerking door middel van ondersteuning van regionale klimaatverandering commissies bestaande uit lokale overheden en belangenorganisaties die adviseren over klimaatmaatregelen. Zoals het "London Climate Change Partnership" dat bestaat uit ongeveer 30 partijen variërend van overheden, onderzoekers, financiële sector, ontwikkelaars, gezondheidsector, milieu en communicatie. • Inzetten beleidsinstrumenten als bouwverordeningen

Melbourne

Melbourne is de hoofdstad van de deelstaat Victoria en heeft 3,9 miljoen inwoners. De haven van Melbourne is met een omzet van ongeveer 45 miljard Euro de grootste haven van heel Australië. Het belangrijkste waterbeheersprobleem is waterschaarste. Gedurende vele jaren heeft Melbourne last gehad van droogte, en in 2007 waren de waterreservoirs die de stad van drinkwater voorzien, voor nog maar 20% gevuld (Keath and Brown 2009). Door klimaatverandering en bevolkingsgroei – naar verwachting zal Melbourne in 2056 tussen de 6,1 en 8 miljoen inwoners hebben – zullen zich in de toekomst steeds vaker en steeds grotere problemen voordoen in de watervoorziening. Naast waterschaarste doen zich ook problemen voor met "storm waters": wateroverlast en riooloverstorten



door lokale neerslag. Zelfs in droge jaren is de hoeveelheid storm water gelijk aan het watergebruik in Australië (Environment and Natural Resources Committee 2009).

Het beleid van de stad Melbourne vanaf 2002 heeft als benadering “Total Water-Cycle Management” : integrale benadering van drinkwater, regenwater grondwater en afvalwater. In 2005 werd dat aangescherpt tot “Water Sensitive Urban Design”: water issues integraal meenemen bij stadsontwikkeling. In 2008 werd dat “City-As-A-Catchment”: de hele stad wordt daarbij gezien als samenhangend watersysteem. Van de daken en wegen waarop de regen valt tot de opslag in tuinen of oppervlaktewater, het gebruik van water voor handen wassen of het besproeien van tuinen, alles zou in samenhang bekeken moeten worden.

Het huidige stedelijke waterbeheer in Melbourne is in een aantal stappen tot stand gekomen. In de eerste helft van de jaren negentig werd veel onderzoek gedaan in het kader van het Cooperative Research Centre (CRC) for Freshwater Ecology en het CRC for Hydrology, dat vele partijen bijeenbracht. Deze centra brachten veel actoren rondom het stedelijk waterbeheer in Melbourne bijeen. Vanaf 1996-1999 werden de nieuwe ideeën steeds meer in veldexperimenten uitgetest, in beleid en in wet- en regelgeving opgenomen, en werd er steeds meer samengewerkt met partners van binnen en buiten de watersector. Desondanks was eind 2006 de integratie van drinkwatervoorziening, afvalwater en drainage en de inbedding in stedelijke ontwikkeling nog niet standaard (Brown and Clarke 2007). De serieuze waterschaarste in 2007 betekende niet de definitieve doorbraak van de nieuwe ideeën, maar juist een terugkeer naar grootschalige centrale oplossingen (Keath and Brown 2009).

De veranderingen in het stedelijke waterbeheer zijn door Brown en Clarke (2007) verklaard door te wijzen op enerzijds de rol van individuele “voorvechters” van de nieuwe ideeën, en anderzijds de ondersteunende context van hun activiteiten (milieubewustzijn, “brugorganisatie” zoals de CRCs, bindende doelstellingen, etc.). De (tijdelijke?) terugslag in 2007 zou verklaard kunnen worden vanuit het algemene spanning bij (inter-organisatorische) veranderingsprocessen tussen vrijheid en gebondenheid. Indien individuele voorvechters met handen en voeten gebonden zijn aan hun organisatie, kunnen er moeilijk nieuwe ideeën ontwikkeld worden en experimentele projecten opgezet worden. Als individuele voorvechters echter volledig onafhankelijk van hun eigen organisatie handelen en hun achterban er niet bij betrekken, is er grote kans dat zij niet voldoende steun krijgen voor hun ideeën en dat deze dus niet uitgevoerd kunnen worden. Wat mogelijk gebeurd is in de periode 1996-2006, is dat er de voorvechters binnen hun eigen organisaties voldoende vrijheid en steun kregen om de nieuwe ideeën uit te voeren. Tijdens de droogte van 2007 werd waterbeheer gingen politici en de publieke opinie zich echter actief met het waterbeheer bemoeien, en bij deze groepen werden de nieuwe ideeën niet gesteund of waren ze zelfs helemaal niet bekend. De oude ideeën wonnen dus. Als deze analyse klopt, dan is de les die voorvechters van klimaatadaptatie hieruit kunnen trekken dat zij niet te veel zelfstandig moeten optrekken, zelfs als dit op de korte termijn zou werken, maar veel moeten investeren in de relaties met de diverse achterbannen (gemeenteraad, bevolking, etc.). Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in Melbourne toegepast worden is gegeven in Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: Melbourne.

Thema	Resultaten
Maatregelen	• Traditioneel: stedelijk waterbeheer sectoraal en gecentraliseerd. • Drinkwatervoorziening, afvalwater en afwatering via aparte en grootschalige infrastructuur, met weinig aandacht voor integrale oplossingen op huis- of buurtniveau, mogelijkheden voor waterbesparing, natuur en landschap en energiegebruik. • sterke netwerken van experts rondom de thema's alternatieve waterbronnen en de storm water en waterkwaliteit (Keath and Brown 2009). • wijk– Inkerman D'Lux – waar water in het landschap ingepast is, groene daken toegepast zijn, en regenwater en grijswater toegepast worden voor onder andere de wc. +/- 40% minder gebruik van drinkwater, minder afvalwater en storm water en minder verontreiniging (Coulthurst, Norman et al. 2004; Mitchell 2006). • Greenhouse Action Plan 2006-2010 (City of Melbourne 2006). Dit richt zich echter exclusief op de reductie van CO2 uitstoot.
Aanpak	• Vanaf begin jaren negentig: aandacht voor een integrale benadering (Mitchell 2006). • Integrale benaderingen opgenomen in wet-en regelgeving • Veldexperimenten



New York

New York ligt aan de monding van de Hudson rivier. Er wonen ruim 8 miljoen mensen en de stad verwacht er nog een miljoen bij. Zowel zeespiegelstijging als extremere regenval en langdurige droogte worden als probleem voor de stad gezien. New York kan te maken krijgen met stormvloed, en in de zomer en herfst ook met orkanen. In 1992 vond een overstroming plaats die liet zien waar New York kwetsbaar is; het ondergronds transport bijvoorbeeld. (Aerts, Major et al. 2009).

In New York wordt op een interessante manier omgegaan met de onzekerheid in toename van piekneerslag bij het verbeteren van de riolering. In plaats van het vergroten van de riolen, heeft de stad gekozen voor het aanleggen en herstellen van de wetlands buiten te stad. Dit is een goed voorbeeld van een geen-spijt maatregel: Ook al is het onzeker hoeveel regen de stad in de toekomst moet verwerken, met de wetlands zit de stad altijd goed. De stad kan daar een grote hoeveelheid regenwater naartoe afvoeren, de wetlands kunnen periodes met veel of weinig water verdragen en ze dragen bij aan het ontwikkelen van natuurwaarden rond de stad. Een riool daarentegen heeft een vaste dimensie waarmee voor een lange tijd de afvoercapaciteit wordt vastgelegd. Een overzicht van maatregelen en aanpakken die in New York toegepast worden is gegeven in Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Ervaringen met klimaatadaptatie in buitenlandse steden: New York.

Thema	Resultaten
Maatregelen	• Aanleg gescheiden riolen. • creëren van een "blauwe band" van open water, moerassen en stroompjes om regenwater tijdelijk in te bergen. Veel goedkoper dan de vergroting van de capaciteit van conventionele riolen in de stad. • Plannen voor afsluiting van zeearmen met keringen die bij hoog water gesloten worden. • Versterken zeeuwering • Groene daken • Zandsuppletie • PlaNYC 2030: klimaatmitigatie en adaptatie gericht op zowel beheer van land, lucht, water als op energie en transport. • Overstromingsbestendig bouwen van kelders en begane grond.
Aanpak	• Oprichting New York Panel on Climate Change (NPCC) , een breed adviesorgaan voor de burgemeester en voor de Task Force klimaatadaptatie van de stad New York. • Meer dan 100 organisaties uitgenodigd mee te denken over PlaNYC 2030. • Bijeenkomsten in de 5 deelgemeentes van New York. • Communicatiecampagne gecombineerd met de mogelijkheid via internet te reageren leverde meer dan 300 suggesties van inwoners op die zijn verwerkt in het plan.

5.3 Conclusies en aanbevelingen

Het verkennen van de ervaringen van andere steden, met name de buitenlandse, is leerzaam en inspirerend gebleken. Stockholm heeft in Hammerby Sjöstad, herontwikkeling van oud havengebied, gekozen om een totaalconcept van een eco-stad vorm te geven. De cirkels van water, energiegebruik en afval worden niet alleen gesloten maar ook met elkaar verbonden. In de wijk wordt een milieuaanpak gecombineerd met een plezierig water- en groenrijk woongebied met veel faciliteiten voor wandelen, fietsen en buitensport. In Melbourne wordt de integratie juist gezocht op alle vlakken van het watersysteem. Grondwater, regenwater, oppervlaktewater en afvalwater in de hele stad, wordt als één samenhangend systeem gezien. Dit wordt de "city as a catchment" genoemd. Op deze wijze werkt Melbourne aan het verminderen van de afhankelijkheid van de stad van de beperkte drinkwaterbronnen.

Er wordt op verschillende manieren omgegaan worden met onzekerheden. In Londen heeft men te maken met een toenemend overstromingsrisico als gevolg van zeespiegelstijging. Omdat het tempo van die stijging onzeker is, wordt in het Atlantis project mogelijke adaptatiemaatregelen niet in de tijd, maar ten opzichte van de zeespiegelstijging uitgezet. In Tokio is het de bedoeling de stadsdelen zoveel mogelijk zelfvoorzienend te maken op het gebied van energie en water om de kwetsbaarheid van de stad te verlagen. New York heeft in plaats van het vergroten van de riolen gekozen voor het aanleggen en herstellen van de wetlands buiten te stad.

De samenstelling van een samenwerkingsverband is van het grootste belang. In de deelstaat Hamburg is een brede interdepartementale samenwerking opgezet, zodat klimaatbeleid integraal vormgegeven kan worden. In Stockholm heeft de gemeente direct architecten en stedelijke



ontwikkelaars betrokken om het totaalconcept van de eco-stad te kunnen uitvoeren. Afhankelijk van de breedte van de aanpak, moeten er meer of minder partijen bij betrokken worden.



6 Monitoring ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem

6.1 Inleiding

De klimaatscenario's, zoals geformuleerd door het KNMI (KNMI 2001, 2006 en 2009) zijn leidend voor het onderzoek binnen deze definitiestudie. De uitwerking van deze geprognosticeerde klimaatverandering op het stedelijk watersysteem is echter moeilijk exact in te schatten. Vandaar dat binnen deze definitiestudie ruimte is gemaakt om speciale aandacht te geven aan monitoringstechnieken en meetconcepten om de impact van klimaat te kunnen kwantificeren. In hoofdstuk 4 zijn de 'knoppen' geïnterpreteerd waarmee de klimaatadaptiviteit van het stedelijk watersysteem kan worden beïnvloed. Deze knoppen kunnen bestaan uit technische maatregelen, zoals meer groen in de stad, de inzet van groene daken, blauwe pleinen etc., maar ook uit beleidsmatige maatregelen zoals het verscherpen van regelgeving. Deze knoppen vragen om meettechnieken die kunnen bepalen in hoeverre deze maatregelen effect hebben. De introductie van nieuwe meettechnieken en monitoringsconcepten kan leiden tot kwalitatief betere informatie, data die tot nu toe niet meetbaar was, een beter zicht op de effectiviteit van klimaatadaptieve maatregelen, de robuustheid van klimaattrends en kennis van processen, als ook een kostenbesparing kunnen opleveren, waardoor een klimaatadaptief stedelijk watersysteem dichterbij komt.

In dit hoofdstuk wordt onderzoeksvraag 4 beantwoord: Welke innovatieve meet-, monitorings- en data-analysetechnologieën en –kennis zijn nodig om de impact van de klimaatsveranderingen beter te begrijpen, de klimaatsverandering te monitoren en een klimaatbestendig waterbeheerssysteem te ontwikkelen?

6.2 Begrip

De ontwikkeling van een adaptief watersysteem wordt bemoeilijkt door een aantal onbekende factoren, waaronder het toekomstige klimaat. Naast de stedelijke ontwikkeling, de technologische vooruitgang en gekoppelde nieuwe eisen aan het watersysteem, betekent een veranderend klimaat dat er mogelijk aanpassingen nodig zijn aan het watersysteem. Op dit moment worden ontwerpen gebaseerd op een aantal factoren, waaronder wettelijke eisen, functie, systeemvracht etc. Daarbij is ruimte voor een bepaalde dynamiek in het systeem in de vorm van een ingebouwde robuustheid. Dit betekent dat het systeem al enigszins voorbereid is op nieuwe vragen als gevolg van stedelijke ontwikkelen, dan wel weer- en klimatologische variatie. Daarnaast zouden mitigatie-maatregelen, maar ook stadsvernieuwing en het periodieke onderhoud en vervanging van riolering al voldoende oplossingen kunnen bieden voor de verwachte additionele invloed van klimaatsverandering. Het huidige beleid bevat dus al enigszins bepaalde dynamiek en kan worden gezien als het minimale scenario voor klimaatadaptatie.

- *Waarom is een klimaatadaptief watersysteem van belang, we beheren het watersysteem toch actief?* Een antwoord op deze vraag is dat we met meer kennis van de invloed van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem nog beter voorbereid zullen zijn. Binnen het huidige beleid, zonder specifieke klimaatadaptatie, is het mogelijk dat men voor klimaatgerelateerde onvoorziene problemen en kosten komt te staan die voorkomen hadden kunnen worden door in een vroeg stadium al gericht te investeren in een klimaatadaptief watersysteem.
- *Is het niet voldoende om een dynamisch stedelijk watersysteem te ontwikkelen in plaats van een klimaatadaptief watersysteem?* Het is verstandig om een dynamisch stedelijk watersysteem te ontwikkelen. Een watersysteem dat kan inspelen op elke nieuwe vraag vanuit stedelijke groei en klimaatverandering. Het is echter de vraag hoe groot die dynamiek precies moet zijn en of de extra kosten van onbenutte dynamiek te rechtvaardigen zijn.
- *Is het mogelijk een klimaatadaptief systeem te ontwerpen zonder te weten wat er te verwachten is?* Het antwoord daarop is ontkennend en daarom is het zinvol om een goed onderbouwde inschatting te maken van de eisen aan het stedelijk watersysteem in de toekomstige stad, waaronder hernieuwde eisen als gevolg van klimaatsverandering.



Deze inschatting van eisen start in deze definitiestudie met de opgelegde klimaatscenario's zoals gepubliceerd door het KNMI in 2006. Deze scenario's zullen we dan ook als leidend hanteren. Vanuit die scenario's kunnen uitspraken worden gedaan over wat dit veranderende klimaat betekent voor de stad, cq. het stedelijke watersysteem. De KNMI klimaatscenario's, maar ook de vertaling er van naar de gevolgen voor het watersysteem zijn onderhevig aan een grote variatie. Dit betekent dat waarnemingen nodig zijn om een beter grip te kunnen krijgen op de processen en de impact van klimaat op het watersysteem. Nieuwe vragen zijn ondermeer: Welke parameters moeten we monitoren? Waar moeten we meten? En voor hoe lang moeten we meten? Wat is de bijdrage van innovatieve meetmethoden? Voegen zij iets toe? Het doel van deze studie is ondermeer het formuleren van onderzoeksvragen in de vorm van een onderzoeksagenda om antwoord te krijgen op deze vragen.

6.3 Huidige monitoringsinspanningen

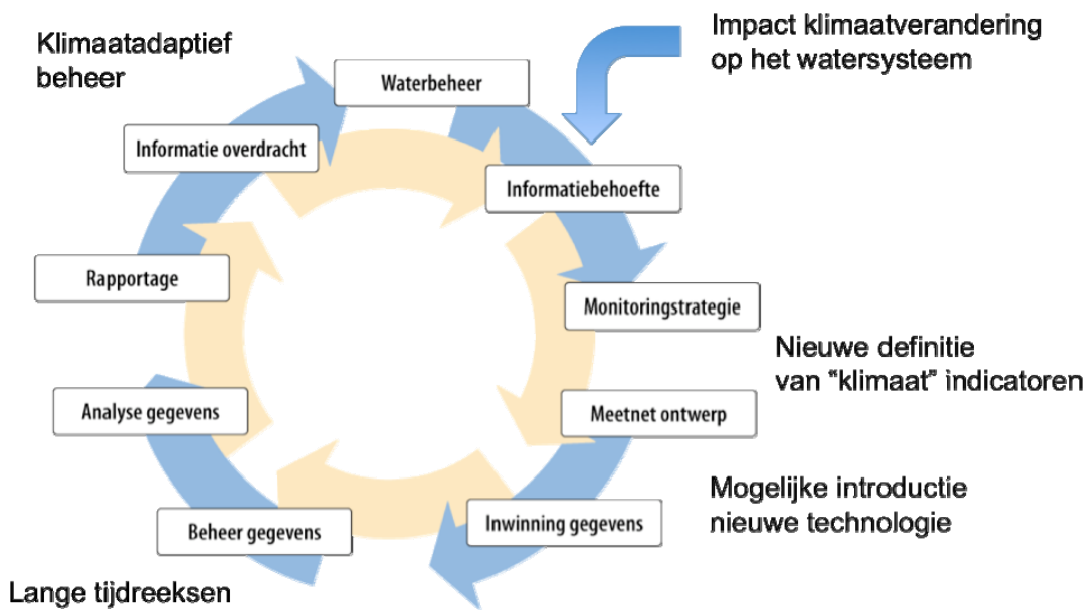
it een inventarisatie van de huidige meetinspanning blijkt dat deze niet opgezet is om de invloed van klimaatverandering te bepalen. De meetplannen richten zich vooral op het detecteren van variaties met een korte periodiciteit, waardoor het bepalen van de component klimaat wordt bemoeilijkt. Het monitoren gebeurt nu sterk vanuit een bepaalde wettelijke verplichting (toetsing aan de normen) of vanuit een ad-hoc meetinspanning bij een geconstateerd knelpunt in het waterbeheer (bijvoorbeeld wateroverlast). Een lange termijn monitoringsinspanning waaruit lange termijn trends kunnen worden afgeleid ontbreekt. Ook de ruimtelijke dekking van de metingen is doorgaans onvoldoende om voorspelde ruimtelijke variaties goed te kunnen kwantificeren. Zo wordt door de KNMI 2006 scenario's een grotere ruimtelijke neerslagvariatie verwacht. Deze veranderde ruimtelijke variatie is met de huidige meetinspanning niet op te merken. Een studie uitgevoerd als onderdeel van Rotterdam Climate-proof, Sensoronderzoek laat verder zien dat een grote diversiteit aan partijen betrokken zijn bij metingen aan het watersysteem, wat inzicht in gekoppelde processen kan bemoeilijken. Op dit moment wordt al gewerkt aan een verbeterde uitwisseling van meetgegevens door middel van een gekoppelde database en dashboard.

Een inventarisatie met de vraag: wordt er op dit moment in Rotterdam voldoende gemeten om de gevolgen van klimaatverandering te kwantificeren resulteert in het volgende beeld (tabel 6.1).

Tabel 6.1 Overzicht van de meetinspanningen in de regio Rotterdam die bruikbare informatie oplevert om de invloed van klimaatverandering te kunnen kwantificeren.

	Kwantitatieve gegevens	Kwalitatieve gegevens
Grondwater	++	+/-
Oppervlaktewater	-	-
Afvalwater	-/+	-
Neerslag	+	-

De conclusie is dan ook dat het analyseren van de impact van klimaatverandering op het watersysteem een nieuwe informatiebehoefte betekent. Deze nieuwe informatie is nodig om een klimaatadaptief watersysteem te ontwerpen en klimaatadaptief beheer mogelijk te maken. Er ontbreekt een duidelijke integrale visie over hoe monitoring in het stedelijk waterbeheer kan worden ingezet om op korte en lange termijn een robuust stedelijk watersysteem te realiseren. Figuur 6.1 laat een cyclisch monitoringproces zien dat gebruikt kan worden om monitoring goed in te bedden in het stedelijk waterbeheer.



De nieuwe informatiebehoefte betekent ook een nieuwe monitoringsstrategie. Een strategie die gebaseerd is op het kwantificeren van invloeden met een grote periodiciteit, meer in de orde van tientallen tot honderden jaren. Er moet dus gezocht worden naar indicatoren en meetmethoden die grip hebben op die termijn.

6.4 Klimaatsrobuuste monitoringsaanpak

59



Deze long list is daarna voorgelegd aan de deelnemers van de workshop door middel van een survey. Binnen deze survey werd de deelnemers gevraagd om 18 meetconcepten te waarderen op implementatie, acceptatie en toegevoegde waarde. Door te vermijden dat een specifieke voorkeur ontstond voor een bepaald onderdeel vanuit het specialisme van de deelnemer was de vragenlijst onderverdeeld in 5 categorieën; indicatoren, riolering, oppervlaktewater, grondwater en onderzoeksvisie. De resultaten van deze survey zijn gebruikt als leidraad voor de keuze van concepten die het verdienen nader onderzocht te worden in een vervolgonderzoek. Daarnaast is een korte inventarisatie gemaakt van de huidige meetinspanning en de waarde die deze data zou kunnen hebben om de impact van klimaat op het stedelijk watersysteem te kunnen analyseren. Vanuit die studie volgen enkele aanbevelingen voor de stad Rotterdam op het gebied van data acquisitie ten behoeve van het kwantificeren van de impact van klimaatverandering op het watersysteem.

6.5 Longlist van innovatieve meet- en monitoringsconcepten

Onderstaande lijst bevat is een opsomming van innovatieve monitoringstechnieken en meetconcepten die een mogelijke bijdrage kunnen leveren de impact van klimaat te analyseren. De concepten zijn verder toegelicht in Bijlage 5. Allereerst volgt hier een overzicht van de achttien concepten, ingedeeld in vijf categorieën: indicatoren, riolering en neerslag, oppervlaktewater, grondwater en onderzoeksvisie.

Indicatoren

- Concept 1 Investerings aan het watersysteem als potentiële indicator van: 1. Kosten als gevolg van klimaatsverandering en b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem
- Concept 2 Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatspectief
- Concept 3 Ongediertebestrijdingsinformatie – invasive species, pathogenen etc.

Riolering en neerslag

- Concept 4 Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie-systemen
- Concept 5 Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatiemaatregelen
- Concept 6 De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport
- Concept 7 'Flitsdienst' van burgers die mobile via sms melding maken van 'water op straat'
- Concept 8 Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van 'water op straat', bvb tunnelcamera's
- Concept 9 Meten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters

Oppervlaktewater

- Concept 10 Ruimtelijke spreading van het 'heat island effect' in kaart gebracht
- Concept 11 Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit

Grondwater

- Concept 12 Analyse van de gevolgen van klimaatsverandering op warmtewinning uit de watercyclus
- Concept 13 Grondwateroverlastbepaling: kies meetpuntlokaties zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (gedefinieerde klimaatobservatoria)
- Concept 14 Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden
- Concept 15 Bepaling van de gevolgen van klimaatsverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater

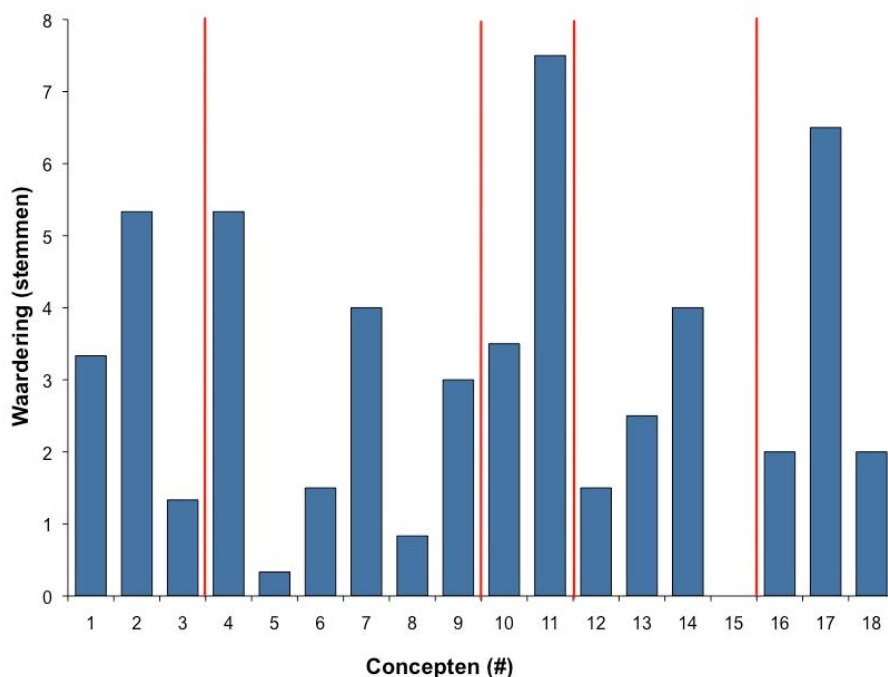
Onderzoeksvisie

- Concept 16 Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025
- Concept 17 Om de vijf jaar een wetenschappelijke conferentie "klimaatevaluatie en meetstrategie"; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst
- Concept 18 "Tijdlijn van internationale havensteden over de breedtegraad



6.6 Survey workshopdeelnemers

Tijdens de workshop (zie hoofdstuk 7) zijn de deelnemers uitgenodigd om achttien concepten, zoals beschreven in de long list, (concept 1-18) te waarderen op kosten, informatieopbrengst, haalbaarheid, acceptatie, implementatie etc. Dit gebeurde aan de hand van een stemmingsformulier, zie Bijlage 6. De resultaten van deze survey zijn grafische weergegeven in Figuur 6.3.



Figuur 6.3 Waardering van monitoringsconcepten door de vijftien workshopdeelnemers; stemming genormaliseerd naar evenredige stemmingsaantallen per deelnemer. Categorieën achtereenvolgens: Indicatoren (I), riolering en neerslag (II), oppervlaktewater(III), grondwater (IV) en onderzoeksvisie (V).

Doordat enkele deelnemers minder dan de beoogde vijf stemmen ingevuld hebben en omdat sommige deelnemers meerdere stemmen in één categorie uitbrachten werd de stemmingswaarde per deelnemer genormaliseerd en telt elke stem even zwaar. Het aantal stemmende deelnemers was vrij klein, namelijk 15 deelnemers. Daardoor zal geen significantie worden afgeleid, maar zullen de resultaten naast expert opinion dienen als leidraad voor vervolgonderzoek.

Deelnemers hebben voor de categorie Indicatoren vooral gekozen voor concept 2; 'ecologische en biologische klimaatindicatoren'. In de categorie riolering en neerslag hebben deelnemers de voorkeur voor de concepten 4, 7 en 9, achtereenvolgens 'fijnmazige sensornetwerken', 'flitsdienst van burgers' en 'meten van neerslag in de stad'. In de categorie oppervlaktewater kiest men voor concept 11, 'actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit'. Het concept nummer 14 'Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden' scoort hoger in de categorie grondwater. In de laatste categorie 'onderzoeksvisie' wordt concept 17 het hoogst gewaardeerd, de wetenschappelijke conferentie "klimaatevaluatie en meetstrategie".



6.7 Conclusies en aanbevelingen

Voor wat betreft onderzoeksvraag 3 kan het volgende worden geconcludeerd en aanbevolen.

- De huidige meetinspanning voldoet niet om de invloed van een veranderend klimaat te kunnen kwantificeren, nog om de impact van een veranderend klimaat op het stedelijk watersysteem te analyseren. Daarom is een aanbeveling om fysieke klimaatobservatoria te definiëren en specifieke meetlocaties in te richten om de impact van een veranderend klimaat te meten. Dit zou onderdeel moeten zijn van een landelijke strategie.
- Maak een integraal monitoringsplan voor alle facetten van het stedelijk waterbeheer. Neem klimaatadaptatie, of het kwantificeren van de invloed van klimaat mee als meetdoel in het ontwerp van een gebiedsmeetplan.
- Analyseer de klimaatknelpunten - waar missen we meetgegevens? Riolering en neerslag: overstort frequentie; wateroverlast: water op straat en frequentie en omvang van schade; oppervlaktewater kwaliteit: waterkwaliteit, troebelheid, invasive species, pathogenen.
- Onderzoek de waarde van geselecteerde innovatieve monitoringsconcepten om aan de hand van de KNMI '06 klimaatscenario's gericht en mogelijk voordeliger te meten.
- Er zijn initiatieven om alle meetgegevens van het stedelijk watersysteem van Rotterdam te ontsluiten in één datasysteem. Het advies is om een specifieke klimaatmodule op te nemen om de lange termijn impact van klimaat te kunnen onderscheiden. Bijvoorbeeld: Klimaatmodule in "Dashboard".
- Voer op basis van lokale pilots gerichte monitoring uit om de impact van maatregelen en concepten te kunnen analyseren. Dit kan door middel van een specifieke meetinspanning, gecombineerd met huidige meetgegevens.
- Voer op pilot-basis analyses uit om onduidelijke achterliggende processen te analyseren.

Een voorbeeld van een onderzoeksopzet voor het uitvoeren van pilots is de inzet van een monitoringscampagne op een specifieke stadswijk waar diverse klimaatadaptatie maatregelen in het stedelijk waterbeheer en concepten zijn geïmplementeerd.

Diverse door een veranderend klimaatgeïnduceerde chaotisch voorkomende fenomenen zullen moeilijk te voorspellen zijn. Het upscalen van de uit de pilots verkregen informatie naar stadsniveau zal met grote zorgvuldigheid moeten plaatsvinden.



7 Van verkenning naar implementatie

7.1 Inleiding

In de hoofdstukken 2 tot en met 5 zijn de belangrijkste bevindingen van deze verkenning toegelicht als het gaat om de fysieke gevolgen van klimaatverandering op het stedelijke gebied van Rotterdam, krachtenveldanalyse en ontvankelijkheid van betrokkenen, fysieke maatregelen, mogelijkheden voor participatie en samenwerking met belanghebbenden en ervaringen van andere steden en innovatieve monitoringstechnieken. Deze bevindingen hebben de basis gevormd voor een eerste aanzet voor een afwegingskader dat stakeholders kunnen benutten om klimaatadaptief stedelijk waterbeheer daadwerkelijk te realiseren. Hiermee wordt een eerste antwoord gegeven op onderzoeksvraag 4.

Bij het beantwoorden van deze onderzoeksvraag is rekening gehouden met:

- Hoe past klimaatadaptatie in de verbetering van de leefomgeving?
- Welke afwegingen kunnen beslissers daarin maken en wat is de reikwijdte van die beslissing?
- Hoe verhouden de kosten en maatschappelijke baten van klimaatadaptieve maatregelen in het stedelijk waterbeheer zich met elkaar?

Om bevindingen en het afwegingskader te toetsen is een workshop georganiseerd met een aantal stakeholders. In dit hoofdstuk wordt het afwegingskader toegelicht, de belangrijkste uitkomsten van de workshop besproken en conclusies en aanbevelingen op een rij gezet.

7.2 Ontwikkeling afwegingskader klimaatadaptief stedelijk waterbeheer

Deze verkenning toont aan dat klimaatverandering effect heeft op het stedelijk water in Rotterdam en het beheer daarvan. Tegelijkertijd maakt de analyse van belanghebbenden en hun ontvankelijkheid duidelijk dat slechts een beperkt deel van de stakeholders zich bewust is van de noodzaak en het belang om deze effecten te ondervangen. Er is groep voorlopers zeer actief op het gebied van klimaatadaptatie. Echter interviews met bewoners in de deelgemeenten en gesprekken met betrokken waterbeheerders laten zien dat de doorvertaling van de benodigde klimaatadaptatie van waterbeheer op operationeel niveau en de realisatie van de benodigde maatregelen aandacht vraagt. Aan de ene kant is aan bewezen en zich nog te bewijzen maatregelen geen gebrek. En er valt ook veel te leren van ervaringen in andere steden. Gelijktijdig is de praktijk weerbarstig. Men weet dat nauwe samenwerking tussen diverse partijen noodzakelijk is, maar in de praktijk ontbreekt het hieraan of is deze samenwerking lastig te realiseren. Partijen hebben bijvoorbeeld verschillende agenda's en/of andere kennisachtergronden waardoor ze soms niet tot elkaar komen.

Op basis van deze bevindingen hebben we gekozen om wat betreft de ontwikkeling van het afwegingskader ons te richten op de afweging en beslissingen als het gaat om het daadwerkelijk implementeren van klimaatadaptief stedelijk waterbeheer.

Bij het opstellen van het afwegingskader zijn de volgende overwegingen leidend geweest:

- Om tot handelen te komen is een gevoel van urgentie nodig. Het is dus van belang om duidelijk te hebben dat er een (gedeeld) probleem is dat actie vereist. (stap 1 en 2)
- Maatregelen voor klimaatadaptief stedelijk waterbeheer hebben over het algemeen ruimtelijke gevolgen en vragen betrokkenheid van meerdere partijen. Het is van belang om mogelijke koppeling met gebiedsontwikkeling en partijen zo vroeg mogelijk in beeld te brengen. (stap 1, 2 en 5)
- Implementeren van klimaatadaptieve maatregelen betreft vaak een meerjarenproces. Het is van belang om een "streefbeeld" te hebben dat betrokken partijen en beslissers voor meerdere jaren bindt en inspireert. (stap 3)
- Keuzes voor maatregelen vergt maatwerk per gebied. (stap 4 en 5)
- Om effectiviteit van maatregelen zichtbaar te maken en belanghebbenden en beslissers gedurende het traject betrokken te houden is het van belang om successen te meten en te leren van ervaringen. (stap 6)



In het onderstaande overzicht zijn de stappen van het afwegingskader weergegeven.

1 Welke rol speelt klimaatverandering in dit gebied? Voor wie heeft dit gevolgen?	
2. Welke andere aspecten van gebiedsontwikkeling spelen hier? Hoe kun je ze koppelen? (Kansen en gevaren) Wie moet hiermee aan de slag?	
3. Bedenk een beeld dat het te ontwikkelen gebied over 30 jaar beschrijft (een spreuk, slagzin, streefbeeld) Leg het beeld kort uit in concept en doelstellingen.	
4. Welke maatregelen kun je nemen om het gebied in die richting te ontwikkelen met oog voor klimaatadaptatie?	
<i>Afwegingen:</i>	<i>Effectiviteit (effect op wat, hoe groot, wat draagt het bij aan bereiken doelen, neveneffecten, etc)?</i> <i>Effecten op andere speerpunten Rotterdam: stedelijke kwaliteit, economische ontwikkeling, zichtbaarheid maatregelen.?</i> <i>Kosten</i> <i>Uitvoerbaarheid (impact uitvoering op omgeving, samenhang met andere maatregelen, etc)</i> <i>Uitvoeringstermijn</i>
5. Wat zijn dilemma's bij de uitvoering van die maatregelen?	
<i>Afwegingen:</i>	<i>Welke partijen nodig?</i> <i>Uitvoering, beheer en onderhoud door wie?</i> <i>Overeenkomsten en verschillen in doelen en werkwijze?</i> <i>Welke samenwerkingvormen geschikt?</i> <i>Draagvlak aanwezig, te ontwikkelen?</i> <i>Regulering nodig?</i> <i>Financiering beschikbaar?</i>
6. Hoe meet je succes?	

Figuur 7.1 Checklist/eerste afwegingskader klimaatadaptief stedelijk waterbeheer

7.3 Belangrijkste uitkomsten workshop klimaatadaptatie Rotterdam

Voor de workshop zijn verschillende stakeholders uitgenodigd waaronder diverse gemeentelijke diensten, betrokken waterschappen, woningbouwverenigingen, landschappelijke/stedenbouwkundige en experts van kennisinstituten. Het ontbreken van ruimtelijke ordenaars van dS+V, brandweer, en deelgemeentelijk bestuurders op de workshop en de beperkte deelname van stedenbouwkundigen en woningbouwcorporaties geven ook het belang van agendavorming aan. Een aantal deelnemers moesten afzeggen vanwege de Mexicaanse griep. In bijlage 7 is de deelnemerslijst opgenomen.

Doel van de workshop was het delen van bevindingen uit de verschillende deelonderzoeken en het toetsen van het bovenstaande kader bij het concreet maken van klimaatadaptief stedelijk waterbeheer. Hiervoor zijn drie wijken in Rotterdam uitgekozen die in kleine werkgroepen zijn overlegd, namelijk Spangen, Kralingen en Charlois en Feijenoord. De deelnemers zijn in drie subgroepen van een zo gemengd mogelijke samenstelling aan de slag gegaan met het afwegingskader in één van de drie deelgemeenten.

Het resultaat is samengevat in de tabel op de volgende bladzijde. In bijlage 7 zijn visualisaties van maatregelen op kaart opgenomen.



Tabel 7.1 Vormgeven aan klimaatadaptief stedelijk waterbeheer in drie deelgemeenten

Wijk	Spangen	Kralingen	Charlois & Feijenoord
Klimaat gerelateerde problemen	- Tekort aan waterberging - Opp. te klein en vervuild - Te weinig groen - Hittestress - Slechte leefomgeving	- Voornamelijk in het oosten. - Wateroverlast (bv. in kelders) - Wateronderlast (Paalrot) - Slechte waterkwaliteit - Teveel overstorten op de Kralingse plas en kleine vijvers - Stankoverlast van opp. water - Hittestress	- Verzilting tijdens droogte door het inlaten van brak water - Hittestress - Meer riooloverstorten en meer water op straat - Lage economische draagkracht
Bredere context	Het is een oude, wat uitgeleefde, wijk waar vooral het verhogen van de leefomgeving veel kan betekenen. Efficiëntie is een belangrijke factor	De economische waarde van deze wijk is vrij hoog en waarschijnlijk zullen bewoners zelf actie ondernemen. Misschien focussen op de aanliggende slechtere wijk Crooswijk.	Veel buitenlanders die meer op straat leven in de zomer dan Nederlanders. Wanneer de zomers heter worden, zullen nog meer mensen op straat leven. Voorbeeld nemen aan buitenlandse steden.
Toekomstbeeld	Kasteeltuin Spangen	Oase van Rotterdam	Méditerranée aan de Maas
Maatregelen	- Algemeen: maatregelen moeten bijdragen aan verhogen kwaliteit van de leefomgeving. Zichtbaar groen en blauw. - Groen op straat (bomenrijen) - Groene daken, hoewel ze slecht zichtbaar zijn. - Ongebruikte spoor veranderen in een groene randzone en meer oppervlaktewater. Geeft ook een goede verbinding van de omgeving en meer recreatie. - Natuurvriendelijke oevers, wandelpad - Waterpleinen - Parkeerplaatsen rond stadion drijvend of verdiept aanleggen (Retentie)	- Groenblauwe verbindingen creëren: 1. oost-west tussen uitgaanscentrum en campus voor het verhogen van de leefbaarheid en economische waarde 2. noord/zuid: tussen rivier en Kralingse Plas. Het verbinden van oppervlaktewater en beperken van overstorten (d.m.v. afkoppelen) verbetert de waterkwaliteit. - Beperken grondwater overlast d.m.v. drainagestelsel - Minder overstort door waterdoorlatende verharding, drainage-infiltratie en vertragen regenwaterafvoer door groene daken.	- Het hele systeem verbrakken d.m.v. doorspoelen met water uit de Oude Maas. - Voorwaarden scheppen voor een rijk buitenleven in mediterrane sfeer (groen, pleinen). - Singels verbreden en verbinden - Aanleggen ondergrondse waterberging - Zonnepanelen voor airconditioning - Industrie bij waterkeringen verplaatsen om contact wijk en rivier mogelijk te maken. - Verhogen van het draagvlak onder de burgers d.m.v. betrekken van de burgers bij de plannen en uitvoering
Dilemma's	Wie gaat de maatregelen betalen? Waarschijnlijk een combinatie tussen gemeenten, waterschap en de eigenaren (voornamelijk Woonbron)	- Hoge kosten - Voor de verbindingen moeten er huizen gesloopt worden	- Laag (financieel) draagvlak - Brak water probleem voor waterzuivering - Bestaande flora en fauna moeten volledig veranderen
Metan van succes	- Tevredenheid van bewoners - Sociale opbouw van de wijk versterkt	- Economische indicator 2 concepten van de posters: - Sensornetwerk voor temperatuur en grondwater - Beveiligingscamera-netwerk voor detectie van water op straat	- Toename buitenleven - Ervaren van Mediterraan gevoel - Toename in economische waarde huizen - Aantal en type klachten over waterbeheer



Op basis van de resultaten van de deelonderzoeken en het uitwerken van klimaatadaptief stedelijk waterbeheer in de drie deelgemeenten concluderende deelnemers het volgende:

- Men ervaart dat vaak te technisch wordt gekeken naar een probleem. Het is belangrijk om vanuit een groter geheel naar problemen op het gebied van klimaatadaptief stedelijk waterbeheer.
- De combinatie van watermanagement, ruimtelijke ordening en de 'Rotterdamers' is een zeer interessant snijvlak van dit onderzoek.
- De afweging om op stadsniveau/buitengebied of binnen deelgemeenten het hoofd te bieden aan gevolgen van klimaatverandering blijft een lastige.
- We hebben het wel over integraal werken, maar we doen het niet/te weinig
- De stappen in het afwegingskader zijn een bruikbare checklist.
- De koppeling met gebiedsontwikkeling voor de realisatie van klimaatadaptief stedelijk waterbeheer is essentieel.
- Betrokkenheid en samenwerking met stedenbouwkundige en landschappelijke ontwerpers en woningbouwcorporaties is eveneens van wezenlijk belang.
- Acceptatie van burgers is essentieel voor adaptatie.
- De urgentie om klimaateffecten te ondervangen is verschillend in deelgemeenten. In lijn met kosten en maatschappelijke baten kan realisatie versneld of in tempo met langjarige gebiedsontwikkeling plaatsvinden.
- Hoe innovatief moet je zijn? Sommige deelnemers achten een transitie nodig, andere vinden dat optimalisatie van het huidige systeem voldoende is.

7.4 Conclusies en aanbevelingen

Het ontwikkelen van het afwegingskader op basis van de deelonderzoeken en het delen van deze bevindingen en het toetsen van het kader in de workshop leidt tot de volgende conclusies:

- Klimaatadaptief waterbeheer = klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling
- De stappen in het afwegingskader kunnen een bruikbare checklist zijn voor klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling.
- Het vroegtijdig samenwerken tussen waterbeheerders, stedenbouwkundige/ landschappelijke ontwerpers en andere betrokken belanghebbenden is essentieel.
- De urgentie om klimaateffecten te ondervangen is verschillend in deelgemeenten. Afhankelijk van kosten en baten kan realisatie versneld of in tempo met langjarige gebiedsontwikkeling plaatsvinden.

Dit zijn tevens handreikingen voor de Rotterdamse adaptatiestrategie.

Op basis van bovenstaande bevelen we aan om de visie op klimaat adaptatie en stedelijke ontwikkeling verder te operationaliseren met betrokkenen op deelgemeenten en uitvoeringsniveau. Daarnaast dient verder concrete ervaring opgedaan te worden met klimaatrobuuste stadsontwikkelingsprojecten in een aantal deelgemeenten. Samenwerking tussen essentiële partijen genoemd in deze verkenning dient hierbij aan de orde te zijn.

Deze aanbevelingen worden verder uitgewerkt in het volgende hoofdstuk.



8. Synthese, conclusies en aanbevelingen

Binnen het Kennis voor Klimaat programma, hotspot Rotterdam (HSRR01), heeft een consortium van Gemeentewerken Rotterdam, Hogeschool Rotterdam, Deltares, TU Delft, Witteveen+Bos en Arcadis onderzoek gedaan naar klimaatverandering en de effecten op het waterbeheer voor Rotterdam.

Binnen de kaders van RCI, RCP en Kennis voor klimaat en het doel van het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen centraal gesteld voor de definitiestudie:

- 1 Wat is de fysieke impact van klimaatverandering op functioneren en onderhoud van het binnendijkse oppervlakte-, grondwater- en rioolsysteem en wat zijn efficiënte en acceptabele adaptatiestrategieën?
- 2 Wat zijn de perspectieven van betrokken stakeholders op de klimaatdruk op het stedelijk watersysteem en hun mogelijkheid om bij te dragen aan een klimaatadaptief watersysteem.
- 3 Welke innovatieve meet-, monitorings-, modelleer- en data-analysetechnologieën en – kennis zijn nodig om de impact van klimaatverandering beter te begrijpen, de klimaatverandering te monitoren en een klimaatbestendig waterbeheersysteem te ontwikkelen?
- 4 Wat is een bruikbaar afwegingskader om tot een klimaatbestendig watersysteem te komen?

De onderliggende definitiestudie bestaat uit de volgende vijf onderdelen:

- De fysieke effecten van klimaatverandering op het stedelijk waterbeheer;
- Een inventarisatie en analyse van stakeholders en hun ontvankelijkheid om bij te dragen aan een klimaatadaptief watersysteem;
- Maatregelen voor het watersysteem, procesaanpak en ervaringen in andere (haven)steden;
- Innovatieve monitoring ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem.
- Integratie van bovenstaande onderdelen en opstellen afwegingskader voor de implementatie van klimaatrobuust stedelijk waterbeheer.

Hierbij is gebruik gemaakt van modellering van het watersysteem, analyse van meetreeksen en literatuurstudie. Verder zijn stakeholders geïnterviewd en is er een workshop met betrokkenen gehouden.

De resultaten van het onderzoek zijn besproken in het eindrapport met bijbehorende bijlagen. Dit onderdeel bevat de synthese van het project. Eerst worden de belangrijkste resultaten samengevat en worden bouwstenen aangegeven de Rotterdamse adaptatiestrategie in ontwikkeling (RAS). Vervolgens zijn enkele aanbevelingen opgenomen voor het vervolgonderzoek in de Kennis voor Klimaat tranches 2 en 3.

8.1 Belangrijkste conclusies

Fysieke effecten van klimaatverandering op het stedelijk watersysteem (onderzoeksvraag 1 en 3)

De berekeningen die binnen het project op basis van de KNMI scenario's zijn uitgevoerd, bevestigen dat een veranderend klimaat voor de stad Rotterdam gevolgen heeft voor het waterbeheer. Als de infrastructuur niet verandert, kan bijvoorbeeld voor Spangen meer water op straat verwacht kan worden. Een toename in regenval van 1,5 leidt daar tot 3 keer zo lang wateroverlast en beduidend meer financiële en maatschappelijke schade. Daarnaast kan zowel grondwateroverlast (te hoge grondwaterstanden) als onderlast (te lage grondwaterstanden) vaker optreden. Afhankelijk van de mate van bodemdaling, ligging en type heipalen kan, in bijvoorbeeld Kralingen, onderlast problemen geven voor de fundering van gebouwen. De resultaten van de berekeningen kunnen niet direct doorvertaald worden naar andere deelgemeenten, want ieder gebied heeft een eigen dynamiek. (Zie hoofdstuk 2.). Benadrukt wordt dat processen als oppervlakkige afstroming en ophoging van water op straat niet worden gesimuleerd in 'traditionele' modellen in het stedelijk waterbeheer. De resultaten van de gekozen modelleringmethode zijn beperkt bruikbaar, maar geeft wel een eerste indruk van de gevolgen van klimaatsverandering op het stedelijke watersysteem. In de toekomst kan het gedurende extreme situaties onvermijdbaar worden dat water over de straten stroomt.

Dit vergt een geheel andere aanpak voor het onderzoeken en modelleren van water op straat. Een andere aanpak geldt niet alleen voor water op straat, maar ook voor andere aspecten watersysteem.



Een klimaatadaptieve aanpak van het watersysteem vraagt een andere manier van modelleren en monitoren en analyseren van situaties. Deze andere manier dient niet alleen rekening te houden met beheersaspecten (schade voorkomen en beperken), maar ook met het verstrekken van veerkracht en het adaptief vermogen.

Er zijn op dit moment weinig gegevens beschikbaar om de klimaatinvloed aan te tonen, behalve voor grondwater. Beschikbare grondwatergegevens laten vooralsnog geen duidelijke klimaatrend zien. De indicatoren voor klimaatverandering zijn op dit moment onvoldoende opgenomen in het bestaande meetplan. Ook zijn de locaties waar nu gemeten wordt vaak niet geschikt voor dit doel. Om specifieke klimaateffecten te kunnen vaststellen zijn er meetpunten nodig op locaties die weinig onderhevig zijn aan kortdurende veranderingen die het gevolg zijn van lokale ingrepen of bouwprojecten (bijvoorbeeld grote bouwlocaties met grondwateronttrekkingen). Monitoring is zinvol voor zowel het in beeld brengen van de gevolgen van klimaatsverandering als het vast stellen van de doelmatigheid van maatregelen. Beide zijn noodzakelijk om een goede onderbouwing te geven over hoe en wanneer maatregelen genomen moeten worden.

Bewustzijn, samenwerking en actie ondernemen (onderzoeksvragen 1 (adaptatiestrategieën), 2 en 4)

Er zijn nog veel onzekerheden over de omvang en de snelheid van klimaatverandering en de mogelijke effecten. Dit vereist een watersysteem dat flexibel is en zich kan aanpassen aan veranderende omstandigheden, en een inrichting van de bebouwde omgeving die flexibel ("adaptable") en/of relatief ongevoelig is voor klimaatverandering. Sommige maatregelen kunnen altijd genomen worden ("no-regret maatregelen"), zoals reguleren welk percentage van een perceel bebouwd mag zijn. (Hoofdstuk 4)

Een eerste vereiste voor actie is bewust zijn van het probleem en de eigen rol daarin. De interviews met stakeholders laten zien dat het hier vaak nog ontbreekt. Regen op straat op zichzelf klinkt misschien als een probleem voor de waterbeheerder, maar pas als duidelijk wordt dat daardoor klanten wegblijven bij winkels of er files ontstaan, wordt het ook een probleem voor meer partijen. Slechts een kleine groep voorlopers, bij overheden, bedrijven en kennisinstituten, is overtuigd van de noodzaak van klimaatadaptatie. Deze partijen werken actief samen in netwerken als Rotterdam Climate Proof. De stad Rotterdam heeft een klimaatadaptatievisie en een stadsontwikkelingsvisie, maar het grote publiek heeft weinig of geen kennis van het probleem en voelt de urgentie niet. Initiatief is nodig om klimaatsadaptatie duidelijker en breder bekend te maken, zodat het breder omarmd wordt. Verder zijn er partijen die misschien wel erkennen dat klimaatadaptatie nodig is, maar zij leggen de verantwoordelijkheid hiervoor bij anderen of ze weten niet hoe ze hierbij een rol kunnen spelen. Veel uitvoerders in de stad hebben behoefte aan handvatten en richtlijnen om het proces van klimaatadaptatie vorm te geven. (Hoofdstuk 3)

Opvallend is dat de wooncorporaties geen deel uitmaken van de netwerken die met klimaatadaptatie bezig zijn, terwijl zij als bezitter van 70% van de woningen een belangrijke rol kunnen spelen. Verder wordt geconstateerd dat burgers meer kennis en meer interesse in watergerelateerde zaken hebben als ze ervaring hebben met een zichtbaar project in de buurt. Financiële prikkels, maar ook een gevoel van verbondenheid met de buurt zijn bepalend voor de inzet van partijen in klimaat en waterprojecten. Een versterkte synergie tussen dS&V, OBR en Gemeentewerken biedt kansen om klimaatsaspecten integraal mee te nemen. (Hoofdstuk 3 en 7)

Zoals gezegd, geeft integratie van stedelijke ontwikkeling en ruimtelijke ordening en waterbeheer meer kansen op succes. Het is nodig daarvoor de juiste partners bij elkaar te brengen. Daarbij is het belangrijk de doelstellingen van de betrokken partijen (waterbeheerders, stedenbouwers, burgers) expliciet te maken en af te stemmen. Pas als de deelnemers aan een proces hun eigen doelstellingen herkennen in het geheel, zullen zij zich er echt voor inzetten.

Klimaatrobuuste watersystemen en stedelijke ontwikkeling (onderzoeksvragen 1,2 en 4)

Klimaatverandering heeft niet alleen invloed op water maar ook op andere aspecten die de leefbaarheid van Rotterdam beïnvloeden. En de gevolgen van klimaat voor stedelijk water hebben eveneens invloed op allerlei andere aspecten van de stad. Het tempo van de veranderingen in de ruimtelijke ontwikkeling geeft ruimte om klimaatmaatregelen mee te laten lopen met andere ontwikkelingen in de stad.



Stadsontwikkeling en klimaatadaptatie dienen in samenhang aangepakt te worden. Klimaatadaptatie is geen doel op zichzelf. Het meenemen van klimaatsaspecten zou daarom onderdeel moeten zijn van de standaardprocedure bij stadsontwikkelingsprojecten. De waterbeheerders moeten daarbij zorgen in een vroeg stadium aan te sluiten. Water kan dan een meerwaarde geven aan het totale pakket aan ingrepen, terwijl tegelijkertijd de klimaatrobuustheid wordt verbeterd (win-win). Dit is ook vanuit een kostenperspectief efficiënt. De integratie van water en ruimtelijke ontwikkeling wordt breed onderkend, maar in de praktijk ontbreekt het hier geregeld aan. Het is tevens van belang om inzichtelijk te hebben hoe men optimaal het watersysteem kan laten meegroeien. Het meegroeimodel zou gericht moeten zijn op het geleidelijk flexibeler maken van het watersysteem, zodat het robuust wordt en onafhankelijk van de toekomstige verandering. Deze benadering sluit tevens goed aan bij de wensen van bestuurders, die in de regel de maatschappelijke kosten en baten van maatregelen goed onderbouwd willen hebben voordat men beslissingen neemt.

Wat betreft de inrichting is het aan te bevelen om te streven naar een meer fijnmazig netwerk van 'blauw' en 'groen' in de stedelijke omgeving. Dit draagt bij aan het tegengaan van zowel wateroverlast als droogte en temperatuuroverlast en ook het adaptieve vermogen van de natuurlijke systemen in de stad. In bestaand stedelijk gebied is het vaak moeilijk inpasbaar. Waterpleinen en groene daken bieden daar mogelijk uitkomst.

Keuzes maken: maatwerk per gebied (onderzoeksvragen 1, 2 en 4)

De keuze voor maatregelen hangt af van het eigenschappen van het gebied, de mensen die daar wonen en werken, de effecten van klimaatverandering, en de andere problemen die daar spelen. In nieuwe gebieden is het klimaatrobuust inrichten, mits vanaf het begin goed doorgedacht, goed mogelijk. De randvoorwaarden liggen dan nog niet helemaal vast, wat meer mogelijkheden biedt om het gebied klimaatrobuust in te richten. Daarnaast zijn er op dat moment minder partijen betrokken, wat de slagvaardigheid ten goede kan komen.

De bestaande stad is de echte uitdaging. Het aanpassen van de bestaande infrastructuur kan heel veel voeten in de aarde hebben. In hoofdstuk 4 en bijbehorende bijlagen worden een fors aantal maatregelen op het gebied van waterbeheer beschreven. Gezien maatwerk per gebied een vereiste is bij het kiezen van maatregelen worden geen uitspraken gedaan welke het meest geschikt zijn voor Rotterdam. De problemen en de kansen verschillen per wijk.

Voor het opstellen van een gebiedsplan is in het project een eerste afwegingskader opgesteld en uitgetest in de workshop met betrokken stakeholders (zie hoofdstuk 7). De eerste twee stappen in het afwegingskader is het maken van een analyse van de rol die klimaatverandering speelt in het gebied en de kansen met betrekking tot gebiedsontwikkeling. De vervolgstap is het opstellen van een streefbeeld dat de belangrijkste (gewenste) kwaliteiten verbeeld ter inspiratie van betrokkenen: zo zou de wijk over 30 of 50 jaar kunnen zijn. Afhankelijk van de urgentie van de gewenste veranderingen, kunnen ingrepen in dat gebied versneld of in de loop der jaren worden gerealiseerd. Een lange adem is vaak van belang en vasthoudendheid bij veranderingen van de (politieke) koers.

Investerings klimaatrobuust maken (onderzoeksvragen 1, 2, 3, en 4)

Als op dit moment infrastructuur vervangen moet worden, gebeurt dat op basis van de huidige standaarden. Deze standaarden zijn vaak niet toegesneden op klimaatverandering. Nieuwe standaarden toepassen kan niet zomaar. Lokaal een rioolbuis vergroten kan vaak niet. Ook kan men niet zomaar wadi's aanleggen die nergens op kunnen afvoeren. Het zal in sommige gevallen nodig zijn de hoofdstructuur van het toekomstige rioolstelsel en watersysteem aan te passen. In andere gevallen kan worden volstaan met kleinere, lokale aanpassingen. De beheerders hebben echter wel houvast nodig om hun dagelijkse besluiten aan te toetsen. Het eerder genoemde streefbeeld van de wijk kan hierbij helpen.

Veel studies over de adaptatie van het water en rioolsysteem op klimaatverandering richten zich op kleinschalige maatregelen. Echter, in het geval van Rotterdam moet ook worden bekeken welke keuzes op hoger een niveau moeten worden gemaakt. Zo kan voor de dichtbebouwde wijken gekozen worden voor het vergroten van afvoercapaciteit, vanwege beperkte ruimte en hoge kosten van aanleg van infrastructuur. In andere delen van de stad kan dan extra ruimte voor water worden gecreëerd om voldoende berging te hebben.



Bij de keuze voor maatregelen zijn de financiële aspecten van groot belang. Partijen die bij moeten dragen, hebben het liefst “veel voor weinig”. Toch kan het zo zijn, zoals in de wijk Spangen, dat voor een duurdere oplossing wordt gekozen omdat deze méér functionaliteiten biedt, de kwaliteit van de leefomgeving verbetert en/of duurzamer is. Goede argumenten zijn daarvoor nodig. Een argument om maatregelen te nemen kan zijn dat op de korte termijn niets doen op langere termijn duurder is. Onderbouwing van de zowel de (maatschappelijke) kosten van het nemen van maatregelen als de kosten van niets doen is daarbij van belang.

Inspiratie van uit andere (haven)steden (onderzoeksvragen 1, 2, 3 en 4)

Rotterdam kan inspiratie opdoen bij andere steden. Londen heeft bijvoorbeeld een interessant concept gebruikt bij het beoordelen van maatregelen om de veiligheid langs de Theems zeker te stellen. Hierbij zijn de maatregelen afgezet tegen de mate van zeespiegelstijging. Op deze manier kan de stad flexibel inspelen op een ontwikkeling waarvan het tijdspad onzeker is.

Stockholm laat zien dat het in een stad heel goed mogelijk is kringlopen van water, energie en afval te sluiten en met elkaar te verbinden. Melbourne werkt vanuit het veelbelovende concept van “city as a catchment”: een integrale benadering van drinkwater, regenwater, grondwater en afvalwater waarbij de hele stad gezien wordt als een stroomgebied. Tokio combineert mega-projecten zoals afvoertunnels zo groot als metrobuizen onder de stad om extreme piekafvoeren in de rivieren op te vangen, met kleinschalige initiatieven om bijvoorbeeld water op te vangen en op te slaan voor droge perioden. (Zie hoofdstuk 5)

Bouwstenen voor een Rotterdamse adaptatiestrategie

Als het gaat om bouwstenen voor een Rotterdamse adaptatiestrategie leiden bovenstaande bevindingen tot de volgende handreikingen.

- Een integrale aanpak: Klimaatadaptief waterbeheer = klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling
- Maatwerk: uitwerking van de visie vereist gebiedseigen afwegingen
- Klimaatadaptief monitoren, modelleren en analyseren van het watersysteem: naast de meer traditionele parameters en manieren van modelleren ook parameters en modellen ontwikkelen die rekening houden met veerkracht en adaptief vermogen van het watersysteem
- Leren door ervaring: enerzijds door doen, leren van actiegerichte pilots, anderzijds door te leren van al opgedane ervaring
- Zichtbaar maken van klimaateffecten. Niet alles zodanig beheersen dat andere gebruikers/bewoners van de stad niets meer merken van klimaatverandering.
- Betrokkenheid: een deel van de zichtbaarheid en een vergroot adaptief vermogen komt tot stand door dat partijen betrokken zijn bij het klimaatadaptief maken van het stedelijk watersysteem.

8.2 Aanbevelingen voor vervolg

Een aantal conclusies uit dit onderzoek is wellicht niet zo verrassend. Bijvoorbeeld, de noodzaak om waterbeheer en ruimtelijke ontwikkeling in samenhang op te pakken wordt breed onderkend, maar in de praktijk ontbreekt het hier geregeld aan. De vraag daarbij is waarom dergelijke inzichten niet opgevolgd worden. Een belangrijke reden daarvoor is dat de urgentie van het probleem voor maar weinig mensen echt evident is. Dat komt gedeeltelijk doordat de specifieke effecten van klimaatverandering voor de stad niet bekend zijn. De modelstudies die in het kader van deze inventarisatie zijn gedaan, geven voor een aantal gebieden specifieke informatie, maar de resultaten kunnen niet zomaar doorvertaald worden naar andere deelgemeenten. Veel van de achterliggende processen zijn nog onbekend. Meer, beter en meer samenhangend monitoren van alle processen (meteorologisch, hydrologisch, ecologisch, sociaal economisch) is daarom nodig. Vervolgens moeten de resultaten gebruikt worden om het bewustzijn van de betrokkenen te vergroten.

Een andere reden is dat er een kloof zit tussen visie en uitvoering. De stad Rotterdam kent meerdere initiatieven die zich bezig houden met klimaatverandering, maar op de werkvloer en bij de burger is het proces nog niet of nauwelijks op gang. Ook is er nog geen duidelijkheid over wat verwacht wordt van burgers en wat de burger mag verwachten van de overheid. Uitvoerders hebben behoefte aan een werkproces waarmee ze de komende jaren aan de slag kunnen om van klimaatrobuuste stadsontwikkeling een succes te maken.



Tenslotte is het zo dat klimaateffecten op dit moment voor de meeste mensen niet zichtbaar zijn. Zichtbare maatregelen kunnen bijdragen aan meer bewustzijn van “water en klimaat”. Verder helpt het als maatregelen voor de betrokkenen een duidelijke meerwaarde hebben. Water kan bijdragen aan een prettige leefomgeving, daar heb je elke dag iets aan, niet alleen in extreme omstandigheden. Voor het realiseren van veranderingen ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem is het essentieel dat deze worden gekoppeld aan stedelijke ontwikkelingen die andere doelen hebben dan de stad klimaat robuust maken.

Op basis van het bovenstaande wordt een drieledig vervolgonderzoek aanbevolen in het Kennis voor Klimaatsprogramma, tranches 2 en 3. De 2^e tranch van het Kennis voor Klimaat programma kent de volgende thema's, die zijn ingedeeld als werkpakketten:

- Work Package 1: Urban Climate;
Hoe werkt klimaatsverandering door naar Nederlandse steden?
- Work Package 2: Sensitivity, Impacts and Vulnerability;
Hoe kwetsbaar zij Nederlandse steden voor klimaatsverandering?
- Work Package 3: Adaptation Measures;
Welke aanpassingen zijn mogelijk?
- Work Package 4: Urban Climate Governance;
Hoe kun je maatregelen implementeren?
- Work package 5: Integration
Wat is de balans van noodzaak, kosten en opbrengsten?



Onderstaand wordt het voorgestelde vervolgonderzoek beschreven en wordt aangegeven hoe dit in het vervolg van Kennis voor Klimaat wordt ingebed:

1. Onderzoek naar de effecten van klimaatverandering voor Rotterdam

A. Klimaat effecten analyseren op basis van historische gegevens

- veranderingen in indicatoren van het stadsklimaat zoals temperatuur, lengte droge perioden, natte dagen etc.. Hierbij is het zinvol om ook het Urban Heat Island effect mee te nemen, door referentiepunten buiten de stad mee te nemen (KvK Workpackage 1).
- veranderingen in processen die direct door de Rotterdammer ervaren worden zoals water op straat, algenbloei, riooloverstorten etc. (KvK Workpackage 2)

B. Doorrekenen van effecten klimaatscenario's KNMI op veel (alle) wijken van Rotterdam en doorrekenen effecten maatregelen. Daarbij de in de studie ontwikkelde methodiek verfijnen en toetsen en ook andere manieren van modelleren te ontwikkelen. Belangrijk is het om veel meer het hele watersysteem in beschouwing te nemen, waarbij ook de interactie tussen verschillende onderdelen inzichtelijk wordt gemaakt. Juist de verwachte extremere omstandigheden en dus extremere effecten maakt dit noodzakelijk (KvK Workpackage 1).

C. Welke maatregelen passen op basis hiervan bij Rotterdam. Hierbij dient bijzondere aandacht gegeven te worden aan het zodanig inrichten van het watersysteem, dat het enerzijds in staat is om goed te kunnen afvoeren en anderzijds om droogte te bestrijden. Tussen beide doelen zit een spanningsveld. (KvK Workpackage 3)

D. De resultaten van bovengenoemde punten afzetten tegen de mate van klimaatverandering (á la Londen). Kunnen we volstaan met het verbeteren van het huidige systeem of zijn er fundamentele veranderingen in het watersysteem nodig? (KvK Workpackage 3)

2. Doorontwikkeling visie op klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling

- Operationalisatie van de klimaatadaptatievisie en een stadsontwikkelingsvisie op gemeentelijk niveau, voor de verschillende uitvoerende niveaus. In dit verband moet gekeken worden naar organisatorische, financiële, economische en sociale aspecten. In het kader van leren door al opgedane ervaring kan het bijvoorbeeld zinvol zijn om het tot stand komen van deelgemeentelijke waterplannen te evalueren. (KvK Workpackage 5)
- Op welke manier kan klimaatadaptatie een structurele plek in het plannings-, ontwerp-, uitvoerings- en beheerproces krijgen? (KvK Workpackage 4)
- Kunnen we volstaan met het verbeteren van het huidige systeem of zijn er fundamentele veranderingen in het waterbeheer nodig? (KvK Workpackage 3)
- Waar liggen synergie-kansen, maatregelen die win-win situaties leveren, met klimaatrobustheid als tweede winstpunt? (KvK Workpackage 5)

3. Pilotstudie/actieonderzoek

Concrete klimaatrobuste stadsontwikkelingsprojecten opzetten in Spangen, Feyenoord/Lombardijen en/of Rotterdam Noord. In deze gebieden staan ontwikkelingen op stapel waar op ingespeeld kan worden. Dergelijk onderzoek past goed in de meer praktijkgerichte 3^e tranch van het Kennis voor Klimaatprogramma. Maar ook in KVK Workpackage 3, 4 en 5 is het belangrijk dat wetenschappelijk onderzoek een link heeft met meer actiegericht onderzoek en praktijkcases.

Doelen pilot:

- Samenwerking tussen betrokken partijen bevorderen
- Doelen en mogelijkheden van de partijen expliciet maken
- Projecten geven zichtbaarheid aan klimaat en water
- Ontwikkeling van geïntegreerd werkproces wat vervolgens weer gebruikt kan worden in andere stadsontwikkelingsprojecten

Al met al biedt de definitiestudie een aantal inzichten en een agenda voor vervolg die een bijdrage leveren aan het verder klimaatadaptief maken van het binnendijkse stedelijk watersysteem van Rotterdam. Daarbij bevestigt en biedt de verkennende studie bouwstenen aan voor de Rotterdamse adaptatiestrategie. Het vervolg betreft zowel aanbevelingen voor wetenschappelijk onderzoek als actieonderzoek en de doorontwikkeling van de visie op klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling. Synergie tussen deze sporen en samenwerking tussen verschillende betrokken partijen zijn essentieel voor het leveren van een zo groot mogelijke bijdrage aan het klimaatadaptieve watersysteem.



Literatuur

Aerts, J., D. Major, et al., 2009. Connecting Delta Cities: Coastal Cities, Flood Risk Management and Adaptation to Climate Change.

Barker, A.P., R.J. Newton and S.H. Bottrell, 1998 Processes affecting groundwater chemistry in a zone of saline intrusion into an urban sandstone aquifer. *Applied Geochemistry* 13(6): 735-749

Berger, A.R., 1997. Assessing rapid environmental change using geoindicators. *Environmental Geology* 32: 36-44.

Bertrand-Krajewski, J-L., S. Barraud and B. Chocat, 2000. Need for improves methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review* 20: 323-331

Beter Bouw en Woonrijp Maken, SBR, 2009, Waterrobuust Bouwen, de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp, ISBN: 978 90 5367 496 3

Bogaard, DF., van der Meijden, H. en Speelman, J., 2003. Onderzoek naar samenstelling en kwaliteit afstromend regenwater in steden: nieuwe beslisboom voor aan- en afkoppelen verharde oppervlakken. *H2O* 36:(18)41-43.

Boland, J.J., 1997. Assessing urban water use and the role of water conservation measures under climate uncertainty. *Climatic Change* 37: 157-176

Brimblecombe, P. and Grossi, C.M., 2007. Damage to Buildings from Future Climate and Pollution. *APT Bulletin* 38:13-18.

Brown, R. and J. Clarke, 2007. Transition to water sensitive urban design: The story of Melbourne, Australia.

Budd, R., Bondarenko, S., Haver, D., Kabashima, J. and Gan, J., 2007. Occurrence and Bioavailability of Pyrethroids in a Mixed Land use Watershed. *Journal of Environmental Quality* 35:1006-1012.

CE Delft, 2007. Bouwstenen voor CO₂-reductieprogramma Amsterdam; naar 40% CO₂-uitstootreductie in 2025, CE Delft, Delft

City of Melbourne, 2006. Greenhouse Action Plan 2006-2010 (Council Operations).

Coulthurst, C., D. A. Norman, et al., 2004. Urban Greywater Reuse Scheme at the Inkerman D'LUX Development.

Clemens, F.; Ven, F.H.M. van de; Veldhuis, M. ten, 2009. Betekent een ander klimaat grotere rollen?

De Bruijn, J.A, Ten Heuvelhoff, E.F., In 't Veld R.J., 2002. Procesmanagement, Over procesontwerp en besluitvorming, Academic Service, Den Haag

Defra, 2008. Adapting to climate change: a framework for action.

Deltares, 2007, Inventarisatie van effecten van klimaatverandering op fysiek systeem Hoogheemraadschap van Delfland, 2007-U-R01023/A

Didde, R., 2008. Nederland bereidt zich voor: aanpassen urgent: drukbevolkt, welvarend en kwetsbaar.

Dorland, R. van; et al., 2009. Wegen naar een klimaatbestendig Nederland.



- Drunen, M. en Lasage, R., 2007. Klimaatverandering in stedelijke gebieden.
- Ellis, P.A. and Rivett, M.O., 2007. Assessing the impact of VOC-contaminated groundwater on surface water at the city scale. *Journal of Contaminant Hydrology* 91:107-127.
- Environment and Natural Resources Committee, 2009. Inquiry into Melbourne's Future Water Supply.
- Eriksson, E., Andersen, H.R. and Ledin, A., 2008. Substance flow analysis of parabens in Denmark complemented with a survey of presence and frequency in various commodities. *Journal of Hazardous Materials* 156:240-259.
- EU, 2002. Guidance on public participation in relation to the water framework directive, EU, Brussel
- Freie und Hansestadt Hamburg, 2008. Haushaltsplan 2009/2010 „Fortschreibung des Hamburger Klimaschutzkonzepts 2007 – 2012“. Hamburg.
- Gemeente Arnhem, 2009. Arnhems Klimaatprogramma 2008-2011, Gemeente Arnhem, Arnhem
- Gemeente Rotterdam, HH Schieland en de Krimpenerwaard, et al., 2007. Waterplan 2 Rotterdam.
- Gemeente Utrecht, 2008. Utrecht creëert Nieuwe Energie, Gemeente Utrecht, Utrecht
- Gemeente Utrecht, 2008. Utrecht creëert Nieuwe Energie; Werkprogramma 2008 – 2011, Gemeente Utrecht, Utrecht
- Gemeentewerken Rotterdam, 2005, Waterplan Kralingen-Crooswijk, Deelstudie inventarisatie knelpunten grondwater, projectcode 2005-0616, interne rapportage.
- Gill S.E.; et al., 200#. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure.
- Graaf, R.de, van der Brugge, R., Lankester, J., van der Vliet, W. and Valkenburg, L., 2007. Local water resources and urban renewal. A Rotterdam case study. *Proceedings NOVATECH 2007, SESSION 1.3* 189-196.
- Graaf, R.E. de; Giesen, N.C. van de; Ven, F.H.M. van de, 2007. The closed city as a strategy to reduce vulnerability of urban areas for climate change.
- Graaf, R. d. and J. Matsushita, 2008. Stormwater management and multi source water supply in Japan: Innovative approaches to reduce vulnerability. *Urban water in Japan*. R. d. Graaf and F. Hooijmeijer. London, Taylor & Francis.
- De Graaf, 2009. Innovations in urban watermanagement to reduce the vulnerability of cities.
- Hintzen, E.P., Lydy, M.J. and Belden, J.B., 2009. Occurrence and potential toxicity of pyrethroids and other insecticides in bed sediments of urban streams in central Texas. *Environmental Pollution* 157:110-116.
- Hooijmeijer, F. , 2008. History of urban water in Japan. *Urban water in Japan*. R. d. Graaf and F. Hooijmeijer. Leiden, Taylor&Francis.
- Huizer, K., 2008. Beleidskader ten behoeve van Adaptatie aan Klimaatverandering.
- Hur, J., S-J Hwang and J-K Shin, 2008. Using synchronous fluorescence techniques as a water monitoring tool for an urban river. *Water Air Soil Pollution* 191: 231-243
- Jartun, M., Ottesen, R.T., Steinnes, E. and Volden, T., 2008. Runoff of particle bound pollutants from urban impervious surfaces studied by analysis of sediments from stormwater traps. *Science of the Total Environment* 396:147-163.



- Jeffrey, P. and Seaton, R.A.F., 2003. A conceptual model of 'receptivity' applied to the design and deployment of waterpolicy mechanisms. *Environmental Sciences* 1, 277-300.
- Jones, P. and Macdonald, N., 2007. Making space for unruly water: Sustainable drainage systems and the disciplining of surface runoff. *Geoforum* 38:534-544.
- Keath, N. A. and R. R. Brown, 2009. "Extreme events: being prepared for the pitfalls with progressing sustainable urban water management." *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research* 59(7): 1271.
- Keliang, C. Xiaodong, Z. and Xianghua, M.Y., 2007. Study on Management and Control of Nonpoint Source Pollution from Urban Surface Runoff. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment* 5:39-44.
- Klimaatbureau Amsterdam, 2008. Nieuw Amsterdams Klimaat, Nefi, Haarlem
- Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum, 2006. Naar een klimaatbestendig Nederland.
- Knappe, A., Möller, P., Dulski, P. and Pekdeger, A., 2005. Positive gadolinium anomaly in surface water and ground water of the urban area Berlin, Germany. *Chemie der Erde* 65:167-189.
- KNMI, 2001. Climate scenario's for impact studies in the Netherlands. GP. Können. KNMI, De Bilt.
- KNMI, 2006. KNMI Climate Changes Scenario's 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01. KNMI, De Bilt.
- KNMI, 2009. Klimaatverandering in Nederland: Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's.
- Kruize, R., 2007. Klimaatverandering dwingt tot adequaat anticiperen: Amsterdam zet in op meerdere scenario's: dossier: Riolering en klimaat.
- Kwadijk, J., S. Van Vuren, G. Verhoeven, G. Oude Essink, J. Snepvangers and E. Calle, 2007. Gevolgen van grote zeespiegelstijging op de Nederlandse zoetwaterhuishouding – Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het MNP project "Nederland later" – Deltaresrapport Q4394
- Lim, H.S., 2003. Variations in the water quality of a small urban tropical catchment: implications for load estimation and water quality monitoring. *Hydrobiologica* 494: 57-63
- Luijtelaar, H. van; Clemens, F., 2007. Klimaatontwikkeling: anticiperen op extreme buien in de bebouwde omgeving: voorkomen wateroverlast ook bovengronds oplossen [thema riolering].
- Lundin, M. And G.M. Morrison, 2002. A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban Water* 4: 145-152
- Mayor of London, 2008. The London Climate Change Adaptation Strategy (draft), Greater London Authority.
- Ministerie van VROM, 2007. Maak ruimte voor klimaat! Nationale adaptatiestrategie; de beleidsnotitie, Ministerie van VROM, Den Haag
- Minnema, B., B. Kuijper en G.H.P. Oude Essink, 2004. Bepaling van de toekomstige verzilting van het grondwater in Zuid-Holland. NITG 04-189-B, TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht
- Mitchell, V. G., 2006. "Applying integrated urban water management concepts: A review of Australian experience." *Environmental Management* 37(5): 589-605.
- Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte, et al., 2006. Routeplanner Klimaataanpassing, KvR, Amsterdam.
- Niemczynowicz, J., 1999. Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water* 1: 1-14



- Nolde, E. , 1999. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. *Urban Water* 1: 275-284.
- Nolde, E., 2007. Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces. *Desalination* 215:1-11.
- Oude Essink, G.H.P., 2007, Effect zeespiegelstijging op het grondwatersysteem in het kustgebied, *H2O*, nr. 19, 60-64
- Oude Essink, G., E. van Baaren and J. Buma, 2008. Grondwateroverlast en lage grondwaterstanden door klimaatverandering in stedelijk gebied – Memo
- Oude Essink, G. and E. Van Baaren, 2009. Verzilting van het grondwatersysteem. Deltaresrapport 2009-U-R91001
- Palme, U.P., M. Lundin, A. Tillman and S. Molander, 2004. Sustainable development indicators for wastewater systems – researchers and indicator users in a co-operative case study. *Resources, Conservation and Recycling* 43: 293-311
- Programmaboek - Kennis voor Klimaat, 2006. Deel A Hotspots en Deel B Klimaat Kennis Faciliteit
- Pröpper en Steenbeek, 1999. De aanpak van interactief beleid, elke situatie is anders, ?, Bussum
- SBR, 2007. Ontwatering in stedelijk gebied, GD112-7 Publicatie in kader Beter Bouw- en Woonrijp maken
- Semadeni-Davies, A., C. Hernebring, G. Svensson and L-G Gustafsson, 2008. The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. *Journal of Hydrology* 350: 100-113.
- Stalenberg, B. and Y. Kikumori, 2008. Urban flood control on the rivers of Tokyo metropolitan. *Urban water in Japan*. R. d. Graaf and F. Hooijmeijer.
- Starkl, M., N. Brunner, W. Flögl and J. Wimmer, 2009. Design of an institutional decision-making process: The case of urban water management. *Journal of Environmental management* 90: 1030-1042
- STOWA, 2007. Het waterschap in de stad (WIDS), STOWA, Utrecht
- STOWA, 2008. Van helder naar troebel... en weer terug.
- Stuyt, L.C.P.M.; Bessembinder, J.; Idenburg, A., 2007. Klimaatschetsboek Zuid Holland.
- UNESCO-IHP, 2007. Urban water cycle processes and interactions.
- TNO, 2007, Inventarisatie van hersteltechnieken bij problemen met houten funderingen
- UNESCO, 2001. Marseille statement: The UNESCO symposium on frontiers in urban water management: deadlock or hope? *Urban Water* 3: 129-130
- Van der Knaap, R., M. Bultsma, P. Otten, J. Nederlof and P. Bruijkers, 2009. Sensor onderzoek – Wat wordt er door wie in de regio Rotterdam gemeten. Rotterdam Climate Proof, Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam in preparation
- Van den Hoek, A., Van Oosterhout, D., 2005. Maak van het proces een succes, STOWA, Utrecht
- Van Eijk, 2003. Vernieuwen mét Water – Een participatieve strategie voor de gebouwde omgeving, TU Delft, Delft



Van Ek, R., J. Heemstra, M. Hoogvliet, J. Icke, R. van der Krogt, J. Kwadijk, G. de Lange, E. Van Leeuwen, G.H.P. Oude Essink, A. van der Spek en R. Stuurman, 2007. Inventarisatie van effecten van klimaatsverandering op fysiek systeem Hoogheemraadschap van Delfland. Deltares-rapportage 2007-U-R01023/A, uitgevoerd in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, Utrecht

Van Ierland, et al., 2007. Routeplanner naar een klimaatbestendig Nederland: Adaptatiestrategieën, Wageningen UR, Wageningen

Van Nieuwkerk, E., J. Buma, F. van der Ven, J. Kollen and A. Makkinga, 2008. Workshop stedelijk waterbeheer met voorbedachten rade.

Ven, F. v. d., H. Furumai, et al., 2008. Introduction. Urban water in Japan. R. d. Graaf and F. Hooijmeijer.

Ven, F.H.M. van de; et al., 2009. Waterrobuust bouwen: De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp.

Walraven, A. and J. Aerts, 2008. Connecting Delta Cities: Sea Level Rise and Major Coastal Cities.

Wijers, P., 2006. "Megaproject beschermt 400 duizend inwoners tegen overstromingen." TWA nieuws 44(2).

Wong, C.S.C., X. Li and I. Thornton, 2006. Urban environmental geochemistry of trace metals. Environmental Pollution 142: 1-16.

Websites

www.levenmetwater.nl

www.maakruimtevoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

www.klimaatportaal.nl

www.klimaatonderzoeknederland.nl

http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index_en.htm

<http://www.hafencity.com>

<http://www.hammarbysjostad.se/>

<http://www.c40cities.org/>

<http://www.defra.gov.uk/>

<http://www.ukcip.org.uk/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Hamburg>

<http://klima.hamburg.de/>

<http://www.cabe.org.uk/case-studies/hammarby-sjostad>

<http://www.london.gov.uk/mayor/publications/>

<http://www.cityoflondon.gov.uk/>

<http://www.melbourne.vic.gov.au/info.cfm?top=218&pg=4141>

Daarnaast zijn de websites van de genoemde gemeenten geraadpleegd.

Klimaatverandering en het Rotterdamse stedelijk watersysteem: Verkennende studie en agenda voor vervolg

KvK rapportnummer KvK 020/2010

ISBN

978-94-90070-19-9

Bijlagen

Auteurs: E. van Nieuwkerk ¹, R. Trouwborst¹, S.J. Junier², E. Mostert², M.M. Rutten^{2,3}, J. Nederlof⁴, M. Maarleveld⁵, J. Geerse⁶,

⁽¹⁾ Deltares

⁽²⁾ Technische Universiteit Delft

⁽³⁾ Hogeschool Rotterdam

⁽⁴⁾ Gemeentewerken Rotterdam

⁽⁵⁾ Arcadis

⁽⁶⁾ Witteveen en Bos

This project (HSRR01) was carried out in the framework of the Dutch National Research Programme Knowledge for Climate. This research programme is co-financed by the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

Bijlage 1 Aanvulling analyse fysieke gevolgen

Moeilijkheden kwantificeren gevolgen klimaatverandering op stedelijk watersysteem

Het kwantificeren van de gevolgen van klimaatverandering op de waterhuishouding is moeilijk om een aantal redenen. Hier worden vier belangrijke redenen genoemd:

- De gevolgen van klimaatverandering zijn het meest duidelijk bij zeer zware neerslag en langdurige droogte. In beide gevallen betreft het extreme situaties. Dergelijke situaties kenmerken zich door relatief grote onzekerheden in de belasting die optreedt (frequentie en omvang). Het gaat immers om gebeurtenissen die laag frequent voorkomen. Dan nemen de onzekerheden in het bepalen van de statistiek van de belasting (neerslag, verdamping, droogte) toe ten opzichte van frequente gebeurtenissen.
- De rekenmodellen die nodig zijn voor het bepalen van de gevolgen van klimaatverandering zijn altijd beperkt en hebben zich grotendeels bewezen door toetsing aan de huidige praktijk. Als men echter bijvoorbeeld een frequentie van water op straat van eenmaal per twee jaar berekend is het helemaal niet gezegd dat deze frequentie ook daadwerkelijk op treedt. Wat wel bekend is, is dat het berekenen van een rioolstelsel op een belasting van een bepaalde standaardbui (Bui 8 uit de Leidraad Riolerings, herhalingsperiode is 2 jaar) in de praktijk betekent dat dat een dergelijk stelsel als 'goed functionerend' wordt beschouwd en doorgaans geen aanleiding geeft tot klachten.
- Voor grondwater geldt dat in stedelijk gebied lokale verschillen in de ontwatering (lekkende riolerings, heterogeniteit van de bodem, etc.) en tijdelijke ingrepen (bemalingen, bouwprojecten) mede bepalend zijn voor de trends in de grondwaterstanden.
- Klimaatverandering (hogere temperaturen en extremere weersomstandigheden) zal een impact hebben op de waterkwaliteit. De waterkwaliteit in Rotterdam wordt momenteel niet of nauwelijks gemeten, waardoor het volgen van trends onmogelijk is.

Neerslagbelasting W-scenario

Om de neerslagbelasting te bepalen voor het jaar 2050 voor scenario W is de volgende methode ontwikkeld:

1. Basis voor de neerslagbelasting zijn reeksen van het KNMI, locatie De Bilt.
 - Voor doorrekening van de riolerings is een reeks gebruikt van 1955 - 1964. Deze reeks wordt doorgaans gebruikt voor vuiluitwerpberekeningen van rioleringsstelsels. Tevens bevat de reeks een aantal zware buien die gebruikt kunnen worden voor hydraulische toetsing van rioolstelsels;
 - Voor doorrekening van het oppervlaktewatersysteem zijn circa 200 neerslagsituaties gebruikt die door Hollandse Delta worden gebruikt voor toetsing van het watersysteem. Deze neerslagsituatie bestrijken de periode 1906 tot 1997.
2. De basisreeks wordt gecorrigeerd voor de neerslag van Rotterdam. Volgens het rapport 'Klimaatverandering in Nederland, Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's' is de neerslag in Rotterdam structureel 14% hoger dan in de Bilt. Daarom zijn alle basisreeksen gecorrigeerd met de factor 1,14.
3. De gecorrigeerde basisreeks wordt geconverteerd naar een W-scenario 2050 reeks. Deze correctie wordt uitgevoerd met een programma dat door het KNMI is ontwikkeld. Met dit programma kunnen reeksen worden geconverteerd voor een zelf te kiezen klimaatscenario. Het is overigens niet mogelijk om een specifieke bui te converteren. Het programma werkt namelijk met reeksen waarbij ook de droge perioden langer worden (dan houdt conversie dus in dat er minder neerslag valt). Het gaat dus om een conversie waarbij over een langere periode het klimaatteffect is verdisconteerd.

Kwantitatieve analyse functioneren rioolstelsel met SOBEK

De analyse is als volgt uitgevoerd:

1. Doorrekening van Spangen met de tienjarige reeks zoals die geldt voor Rotterdam. Deze reeks heet 'Rotterdam 10-years current'

2. Bepalen situatie water op straat: Normaal gesproken wordt het hydraulisch functioneren van riolering vaak getoetst op 'bui 8 uit de Leidraad Riolering'. In dit geval kan dat niet want het is niet mogelijk om deze bui 8 te converteren voor klimaatverandering. Daarom is de volgende aanpak gekozen:

A. Reken Spangen door met bui 8

B. Selecteer in de 10 jaar reeks 'Rotterdam 10-years current' een aantal gebeurtenissen die een vergelijkbare reactie op neerslag vertonen als bui 8.

C. Reken Spangen door met de voor het W-scenario 2050 gecorrigeerd 10 jaar reeks 'Rotterdam 10-years W-2050'

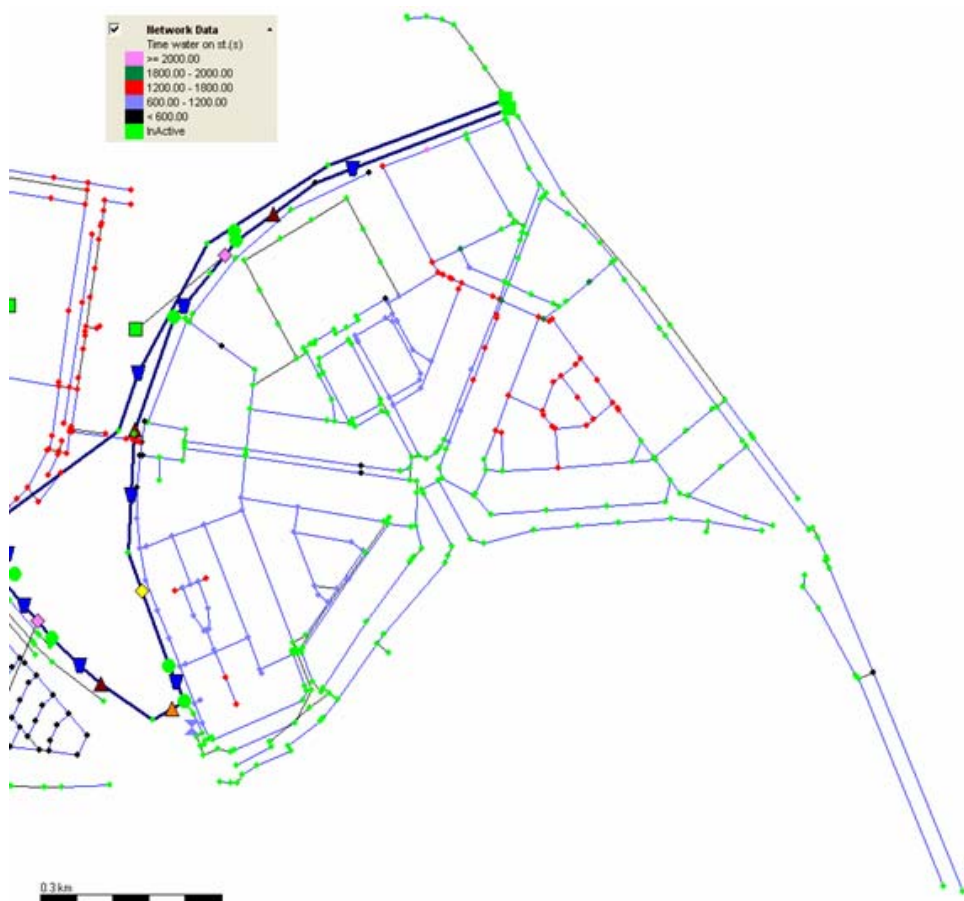
D. Vergelijk de reacties voor de bij B geselecteerde gebeurtenissen.

Voor het nagaan van het effect van klimaatverandering op de riolering is de analyse uitgevoerd zoals bovenstaand beschreven. In de Figuren 1 tot en met 6 zijn de resultaten gepresenteerd.

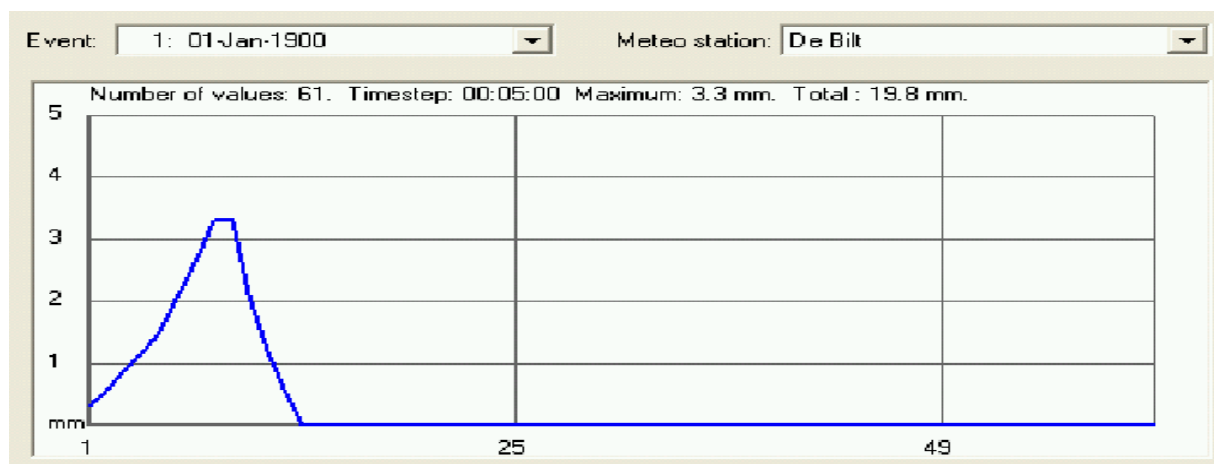
In Figuur 1 is het functioneren van het rioolstelsel gepresenteerd bij een belasting met bui 8 (Figuur 2) van de Leidraad Riolering. De gemeente Rotterdam houdt als norm aan dat bij deze belasting een duur van wateroverlast van circa 20 minuten acceptabel is. In het oostelijke deel van het stelsel ligt een gebied met een duur van water op straat van circa 20 minuten (1800 seconden). Het stelsel voldoet dus inderdaad aan de norm die Rotterdam stelt.

Vervolgens laat Figuur 3 een situatie zien zoals berekend met de reeks van het KNMI te de Bilt na correctie voor de situatie van Rotterdam (dus een neerslagreeks +14%, zie Figuur 4). De gepresenteerde situatie laat een vergelijkbare systeemreactie zien.

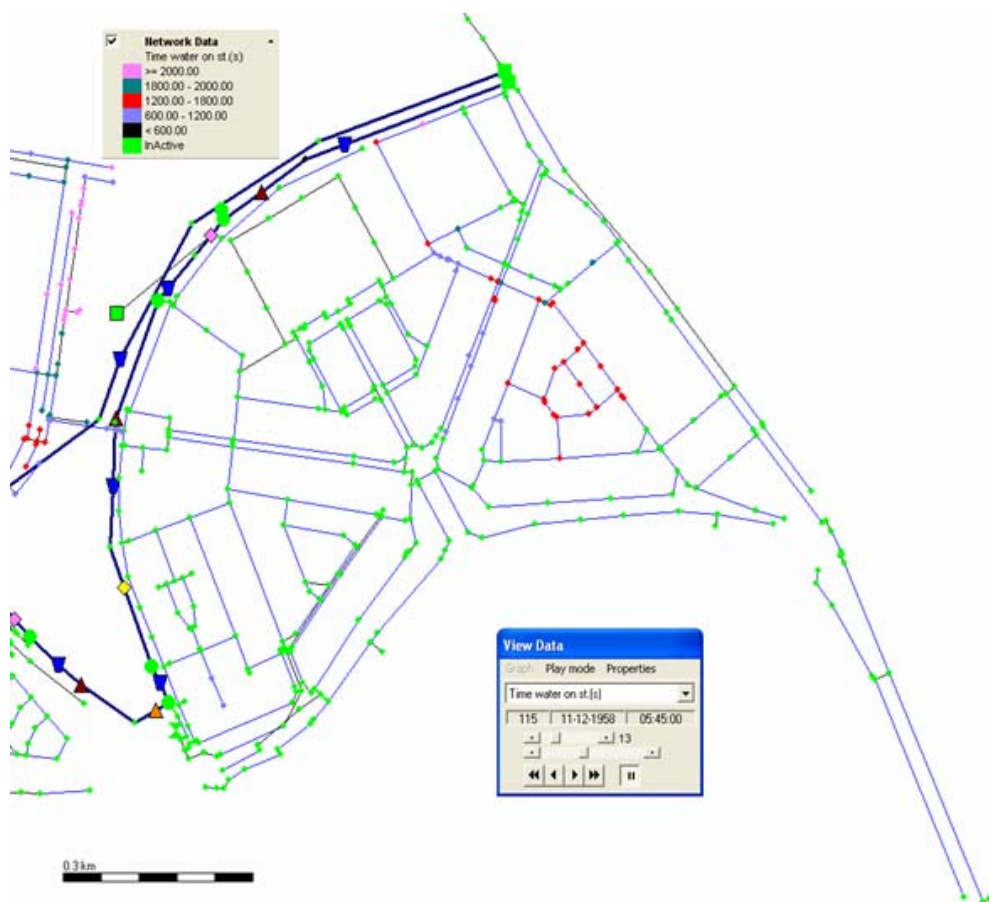
Tenslotte laat Figuur 5 de systeemreactie zien na belasting met de neerslag van 11 december 1958 maar dan geconverteerd naar klimaatscenario W 2050 (Figuur 6). Deze conversie is berekend met een programma dat door het KNMI is ontwikkeld. Met het programma kunnen gemeten neerslagreeksen worden geconverteerd naar reeksen met klimaatverandering. De neerslagsom neemt hierbij toe met circa 50%. Dat is overigens meer dan de gemiddelde toename van 25% voor het W 2050 scenario. Het is daarmee waarschijnlijk een bovengrensbepaling. De duur van water op straat in het kritische gebied van het stelsel neemt echter toe met een factor van circa 3. De duur van water op straat ligt nu in de orde van 4000 tot 6000 seconden. Met andere woorden: een belasting toename met een factor 1,5 levert een toename in de duur van water op straat op met een factor 3. Dat is dus een niet lineair effect.



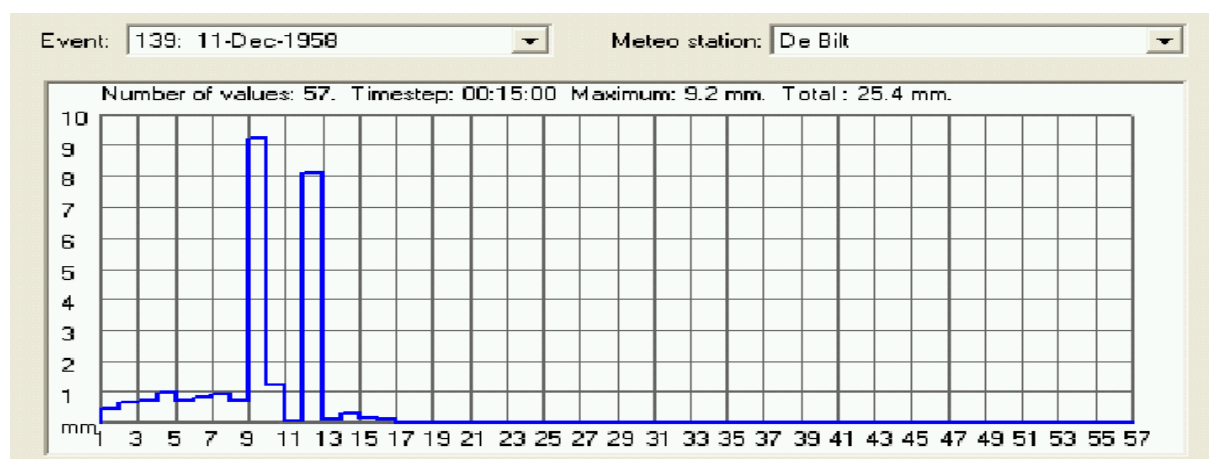
Figuur 1 Water op straat (Bui8)



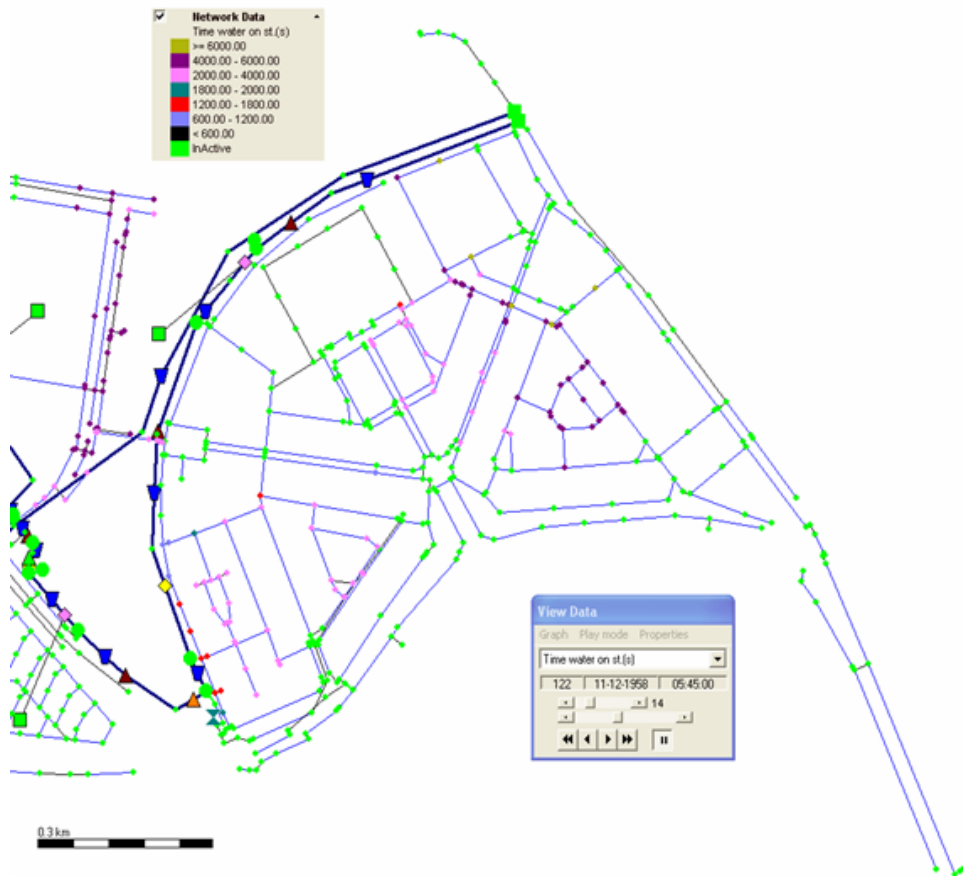
Figuur 2 Bui 8 volgens de Leidraad Riolering



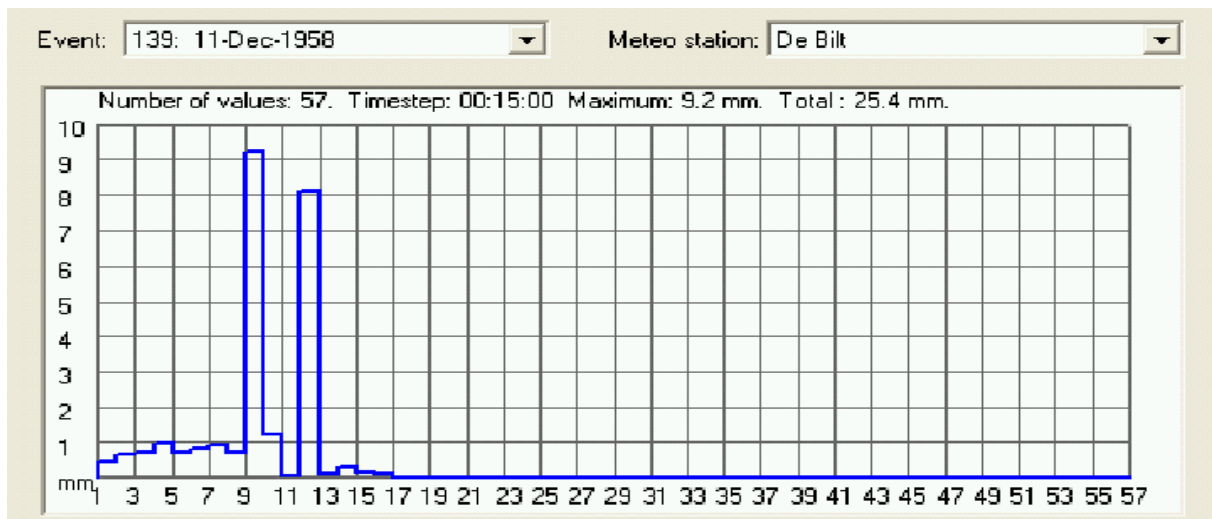
Figuur 3 Water op straat (situatie 11-12-1958 met correctie voor Rotterdam)



Figuur 4 KNMI bui van 11-12-1958 met correctie voor Rotterdam



Figuur 5 Water op straat (situatie bui 11-12-1958 na klimaatscenario W-2050)



Figuur 6 Bui van 11-12-1958 na conversie met klimaatscenario W-2050

Kwantitatieve analyse functioneren oppervlaktewater met SOBEK

Van het stedelijk oppervlaktewatersysteem is een inmiddels gedateerd model beschikbaar in SOBEK Rural/Channelflow/Urban. Het model betreft Rotterdam-Zuid. Dit deel van de stad kenmerkt zich door delen met relatief veel oppervlaktewater (Zuiderpark) en door delen met slechts enkele singels. Het model bevat zowel verhard als onverhard gebied, alsmede het oppervlaktewatersysteem op strengniveau. De stedelijke riolering is als reservoirmodel meegenomen en geeft daarom geen informatie over het gedrag van het rioolstelsel. Alleen de afvoer van het rioolstelsel richting zuivering en oppervlaktewatersysteem wordt berekend. Het model is niet up to date maar doel van deze studie is niet om de werkelijkheid exact na te bootsen. Het oppervlaktewatersysteem is echter wel in detail gemodelleerd (als kanalen, duikers en overige constructies). Daarom is het model geschikt om de effecten van klimaatverandering op het stedelijk oppervlaktewatersysteem te bepalen. Het model is beschikbaar gesteld door het waterschap Hollandse Delta.

De analyse is als volgt uitgevoerd:

1. Doorrekening van Rotterdam-Zuid met de 80 jarige reeks zoals die geldt voor Rotterdam. Deze reeks heet 'Rotterdam 80-years current'
2. Bepalen maximale peilstijgingen per berekende gebeurtenis. Bepalen peilstijging bij T=10 jaar en bij T = 100 jaar.
3. Doorrekening van Rotterdam-Zuid met de geconverteerd 80 jarige reeks zoals die geldt voor Rotterdam. Deze reeks heet 'Rotterdam 80-years W-2050'
4. Bepaling herhalingstijd van onder punt 2. berekende peilstijgingen

Toelichting stap 4: het is ook mogelijk om de peilstijgingen te bepalen bij herhalingstijden van T=10 en T=100 jaar. Echter, het interpreteren van dergelijke informatie is moeilijk. Wat zegt het wanneer de huidige peilstijging bij T = 10 jaar bijvoorbeeld 40 centimeter is en na klimaatverandering 50 centimeter. Is dat erg? Het waterschap toetst bij T=100 jaar. En eist dan nog een bepaalde waking. Het kan natuurlijk zijn dat door klimaatverandering de waking te klein wordt. Is dat dan de norm voor het bepalen van het effect? Dit zijn kwesties die zich nog moeten uitkristalliseren. Daarom is gekeken wat er met de herhalingstijd gebeurt van de peilstijgingen bij respectievelijk T=10 jaar en T=100 jaar. Dan blijkt uiteraard dat deze herhalingstijden dalen en dat dus de frequentie van voorkomen van deze waterstanden stijgt.

De resultaten voor de berekeningen van het oppervlaktewatersysteem zijn voor twee locaties gepresenteerd. Het betreft een locatie in het systeem van Lombardijen (Lomb-15) en een locatie in het Zuiderpark (Park16).

De resultaten zijn samengevat in Tabel 1 en gepresenteerd in de figuren 7 en 8. Het blijkt dat de resultaten per punt verschillen. Verder is te zien dat bij in de huidige situatie met een gemiddelde herhalingstijd van 10 jaar in het Zuiderpark een peilstijging plaats vindt van 32 centimeter. Bij het klimaatscenario

W-2050 wordt dat een herhalingstijd van 6 jaar. In de situatie van een huidige gemiddelde herhalingstijd van 100 jaar hoort bij het Zuiderpark een peilstijging van 73 centimeter. In het klimaatscenario W-2050 wordt dat een gemiddelde herhalingstijd van 23 jaar.

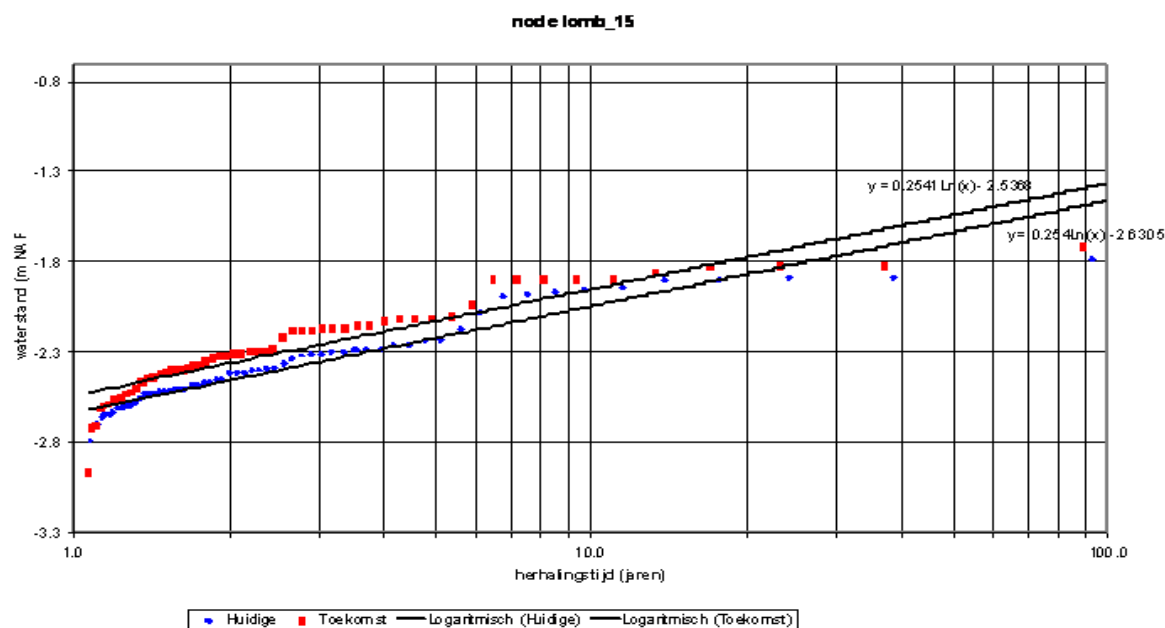
Tabel 1 Resultaten effect klimaatscenario W-2050 op het oppervlaktewatersysteem

Tabel 1 Resultaten effect klimaatscenario W-2050 op het oppervlaktewatersysteem

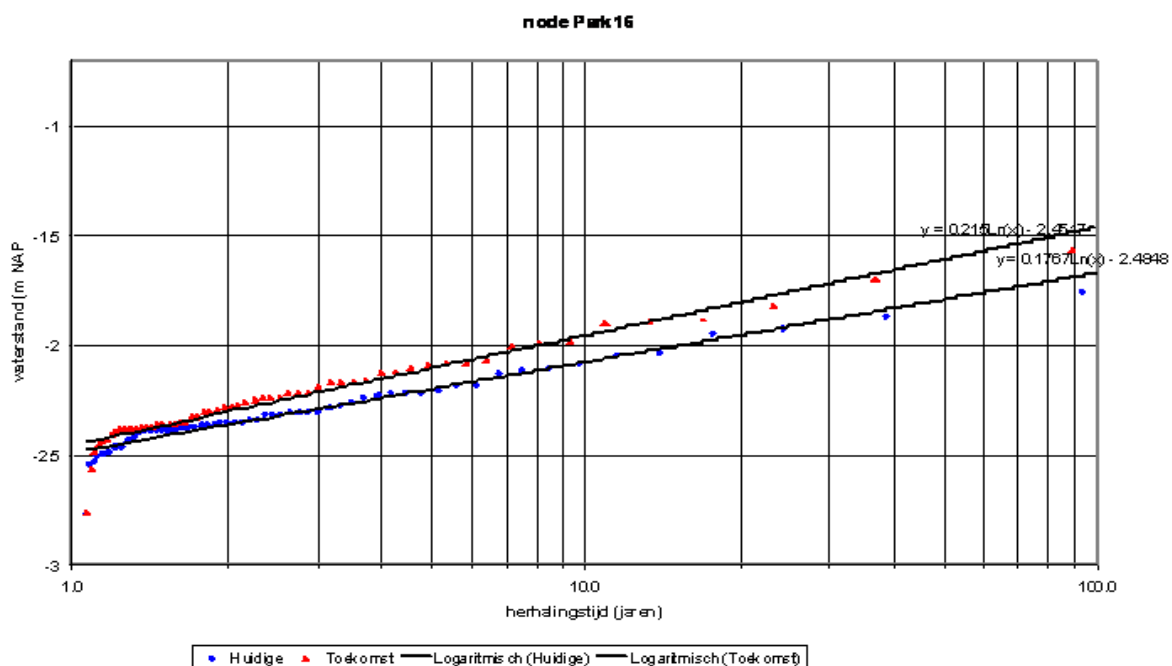
locatie	huidige peilstijging (m)		toekomstige peilstijging (m)	
park 16	0,32	0,73	0,32	0,73
	T=10 jaar	T=100 jaar	T=6 jaar	T=38 jaar
lomb_15	0,36	0,94	0,36	0,94
	T=10 jaar	T=100 jaar	T=7 jaar	T=69 jaar

Indien uit wordt gegaan van het volledig compenseren van de stijging van de waterstand bij een herhalingstijd van 100 jaar, zou voor het Zuiderpark een extra open water oppervlak van 16,6 ha moeten worden aangelegd. Voor Lombardijen gaat het om 16,7 ha. De berekening van het oppervlak open water wordt aangehouden een effectieve peilstijging van 0,4 meter. Dit is gebruikelijk voor deze berekening.

In de huidige situatie bedraagt het percentage open water voor het gebied Zuiderpark en Lombardijen tezamen circa 3% van het gehele gebied. Dat zou moeten toenemen tot 5 % om te compenseren voor de berekende klimaatverandering voor het scenario W 2050.



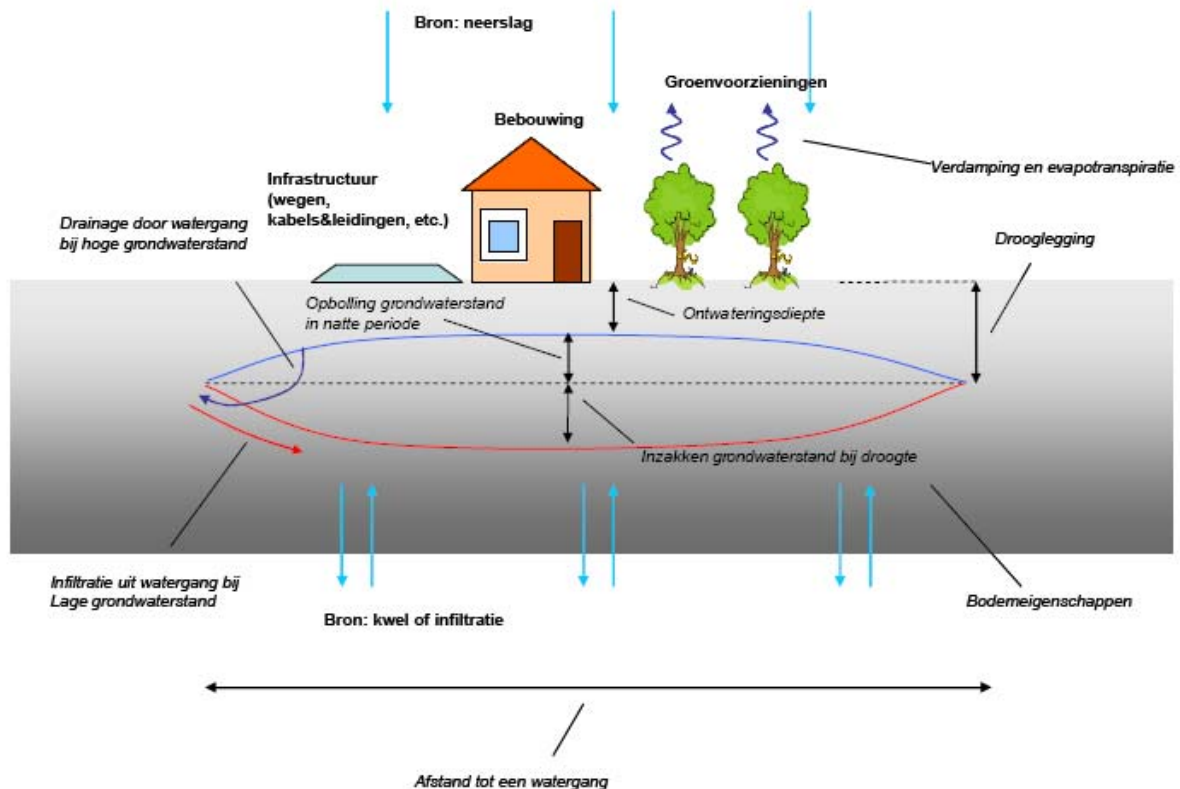
Figuur 7 Berekende waterstanden Lombardijen, huidige situatie en W-scenario 2050



Figuur 8 Berekende waterstanden Zuiderpark, huidige situatie en W-scenario 2050

Dynamiek van de ondiepe grondwaterstand

De grondwaterstand 'bolt' van nature op tussen ontwateringsmiddelen (watergangen of drainagemiddelen) doordat infiltrerend regenwater onder vertraging afstroomt naar de ontwateringsmiddelen (zie figuur 9).



Figuur 9 dynamiek ondiepe grondwaterstand

In natte periodes zal deze opbolling groter zijn dan gemiddeld en in droge periodes kan de grondwaterstand geheel uitzakken doordat er sprake is van een neerslagtekort onder invloed van de verdamping en evapotranspiratie door beplanting. De grondwaterstand fluctueert dus door het jaar heen waarbij het effect van seizoenale verschillen en op sommige locaties zelfs het effect van individuele neerslagbuien in de grondwaterstandstijdreeksen tot uiting komen. De factoren die maatgevend zijn voor de mate van opbolling of juist inzakken van de grondwaterstand op een bepaalde plaats zijn de volgende:

- *Grondwateraanvulling*: in stedelijk gebied bepaald de ruimtelijke inrichting in grote mate hoeveel hemelwater kan infiltreren en het grondwater kan aanvullen dan wel hoeveel grondwater wordt onttrokken door verdamping. Van belang zijn zaken als de hoeveelheid verhard oppervlak, de hoeveelheid groenvoorzieningen (type en ouderdom van de bomen) en het type rioolstelsel (als er bijvoorbeeld sprake is van buisdrainage, een gemengd stelsel met lekkende rioolbuizen of een gescheiden stelsel met een infiltratievoorziening, dan heeft dat veel invloed op de mate van grondwateraanvulling). Over het algemeen geldt dat het uitzakken van de grondwaterstand bij droogte een geleidelijk proces is dat zich in de loop van weken voltrekt. Individuele neerslagbuien zorgen echter vrijwel direct voor stijging van de ondiepe grondwaterstand.
- *Optreden van kwel of infiltratie*: aan de randen van poldergebieden en droogmakerijen en in de beekdalen op de zandgronden kan kwel optreden uit de ondergrond. Daardoor zal er netto meer water moet worden afgevoerd. Kwelgebieden zijn dus gevoeliger voor grondwateroverlast dan

infiltratiegebieden.

- *Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket*: de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket beïnvloedt de ondiepe (freatische) grondwaterstand. Bij hoge stijghoogtes zal minder hemelwater kunnen infiltreren of treedt er juist meer kwel op, waardoor de ondiepe grondwaterstand meer zal opbollen. Dit speelt in gebieden waar sprake is van een slecht doorlatende lagen in de bovengrond, die het eerste watervoerende pakket afsluit. In zandgebieden zonder slecht doorlatende lagen is de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket feitelijk de grondwaterstand.

- *Bodemeigenschappen*: een slecht doorlatende bodem bestaande uit klei, leem en/of veen is in de regel moeilijker te ontwateren dan een zeer zandige bodem. Verder zijn klei- en veenbodems zettingsgevoelig. Als de bovengrond zandig is boven een klei, veen of leemlaag kan in het gebied met drainage de grondwaterstand goed beheerst worden. Juist bij een kleiige en venige bodem is het rendement van drainage beperkt en is er meer kans op verstopping door colloïdale deeltjes en ijzer- en kalkneerslag.

- *Afstand tot een ontwateringsmiddel*: secundaire en tertiaire watergangen dienen veelal als ontwateringsmiddel, hoewel in stedelijk gebied het watersysteem vaak alleen wordt gedimensioneerd op de afwatering van verharde oppervlaktes. Vaak wordt tevens gebruik gemaakt van ondergrondse drainagemiddelen (buisdrainage) om een gebied te ontwateren. Hoe groter de afstand tot een ontwateringsmiddel, hoe meer de opbolling van de freatische grondwaterstand zal zijn. Boezemwatergangen, kanalen en de grote rivieren hebben veelal een peil dat hoger is dan het slootpeil in de omringende polders en hebben een infiltrerende werking. Langs de waterkeringen treedt daar kwel op, die 'dijkse kwel' wordt genoemd.

- *Drooglegging*: dit is het verschil tussen het oppervlaktewaterpeil en de hoogte van het maaiveld.

Een hoger peil zorgt voor een hogere opbolling van de grondwaterstand. In de peilbeheerste gebieden in het westen van Nederland en langs de grote rivieren wordt het peil in de watergangen kunstmatig beheerst door stuwen, duikers en gemalen. In de regel wordt het peil elk seizoen aangepast afhankelijk van wat wenselijk is voor de bovengrondse functie van het gebied (landbouw, natuur, stedelijk gebied, etc.).

Schade door grondwateroverlast en onderlast

Met name bebouwing van voor 1960, vervaardigd met houten begane grondvloer en kruipruimte, en stedelijk groen (vooral bomen) zijn gevoelig voor grondwateroverlast. Bebouwing van na 1960 is eveneens gevoelig omdat de vanaf toen gebruikelijke betonnen begane grond vloer vrijwel nooit water- en dampdicht is (kruipruimteliuk, leidingdoorvoeren). Vanaf de jaren '80 is men weliswaar meer drainage in woongebieden gaan aanleggen, maar omdat het onderhoud nogal eens ontbreekt komen toch veel klachten en schade voor. Belangrijkste probleem is dat vochtoverlast in de woning kan leiden tot een forse toename van het aantal COPD-klachten, naast rottende houten vloeren, schimmelend behang, muffe aanrechtkastjes en dergelijke. Wegen zijn in de regel minder gevoelig voor te hoge grondwaterstanden, behalve bij opvriezing.

Door ontwatering klinken veen en kleilagen in de ondergrond in, waardoor het maaiveld zet. Veel bebouwing in veen- en kleigebieden staat daarom op palen om ervoor te zorgen dat door zetting van het maaiveld de bebouwing geen schade oploopt. Tot en met de jaren '50 is gebruik gemaakt van houten funderingspalen, die gevoelig zijn voor periodieke droogstand. Recentere bebouwing is gefundeerd op betonnen palen die niet gevoelig zijn voor droogstand.

Invloed van stijging zeespiegel en rivierpeil op ondiepe grondwaterstand

Door de extremere weersomstandigheden zullen de afvoeren van de grote rivieren eveneens sterker gaan fluctueren. Dit kan onder meer leiden tot hogere en langdurigere waterstanden in de rivier, wat zijn weerslag heeft op vooral de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket dichtbij de rivier. Ook zeespiegelstijging beïnvloedt de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. Overigens is de invloed van zeespiegelstijging op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket alleen binnen een zone van 6 km landinwaarts van enig belang (lit.4). Ook de doorwerking naar de grondwaterstand van verhoogde stijghoogtes is beperkt in Rotterdam aangezien de ondiepe (holocene) bodem uit een 10 a 15 m dikke klei- en veenlagen bestaat. Dit laatste is op basis van metingen uitgevoerd bij grote bouwprojecten in Rotterdam aangetoond.

Vraagstelling

De waterstand op de Nieuwe Maas kan worden ontleed in 3 componenten:

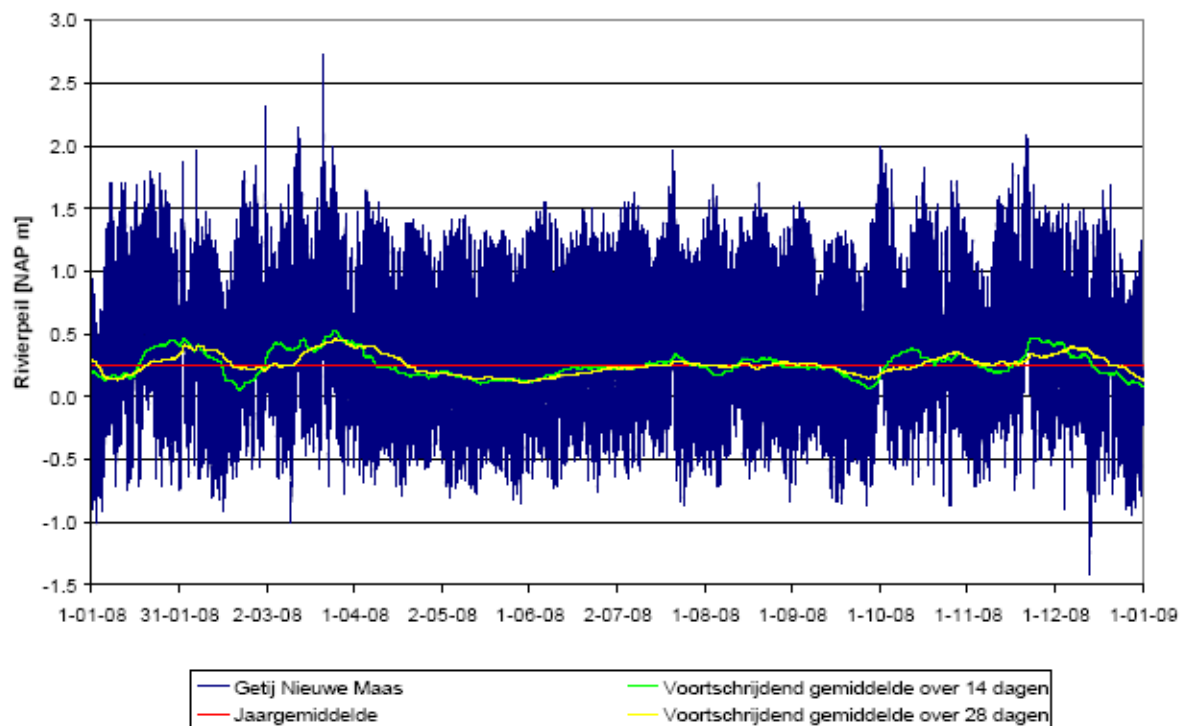
1. getijde beweging (dubbeldaags maangetij)
2. hoogwatergolven op de Rijn (pieken tijdens/na neerslagperiodes)
3. baseflow uit het stroomgebied van de Rijn (langzame aanvoer)

Verwacht wordt dat met klimaatverandering nattere winters en drogere zomers ontstaan. De tweede component wordt dus mogelijk groter, en de derde component mogelijk kleiner.

Veroorzaken deze veranderingen van de rivierstand ook een verandering van de stijghoogte en daarmee ook een verandering van de grondwaterstand in de stad Rotterdam?

Aanpak

De rivierstanden van meetstation Nieuwe Maas zijn opgevraagd bij Rijkswaterstaat. De meetwaarden voor het jaar 2008 zijn in blauw weergegeven in figuur 10. Tevens zijn het jaargemiddelde en het voortschrijdend gemiddelde (over 14 en 28 dagen) weergegeven.



Figuur 10: Rivierstand Nieuwe Maas

Uit de figuur kan het volgende geconcludeerd worden:

- De jaargemiddelde rivierstand te Rotterdam was NAP +0,25 m in 2008.
- De seizoensfluctuatie in de rivierstand bedroeg ca. +/- 0,2 m in 2008. Dit lijkt een combinatie van hoogwatergolven (boven de jaargemiddelde rivierstand) en baseflow (beneden de jaargemiddelde rivierstand).

Respons spanningspakket op excitatie

De respons van een spanningspakket (zoals het pleistoceen) op een excitatie door bijvoorbeeld getijde kan voor een homogene bodemopbouw worden bepaald aan de hand van analytische formules. De Rotterdamse bodem kan echter niet zonder meer als homogeen worden beschouwd.

Wel kan worden gesteld dat de respons (verandering stijghoogte) in elk geval niet groter zal zijn dan de excitatie (verandering rivierstand). Derhalve stellen wij dat de seizoensfluctuatie in de stijghoogte kleiner zal zijn dan +/- ca. 0,2 m.

Invloed van spanningspakket op het freatische pakket

Voor de Rotterdamse bodem wordt in het algemeen uitgegaan van een waterremmendheid (cwaarde) van het holocene klei/veen van enkele duizenden dagen. Een stijghoogteverandering in het spanningspakket zal dus zeer sterk vertraagd doorwerken in het freatische pakket. Verwacht mag worden dat door die vertraging een grote uitdamping optreedt van de excitatie van de stijghoogte. Derhalve wordt verwacht dat seizoensfluctuatie in de rivierstand een zeer beperkte invloed heeft op de freatische grondwaterstand.

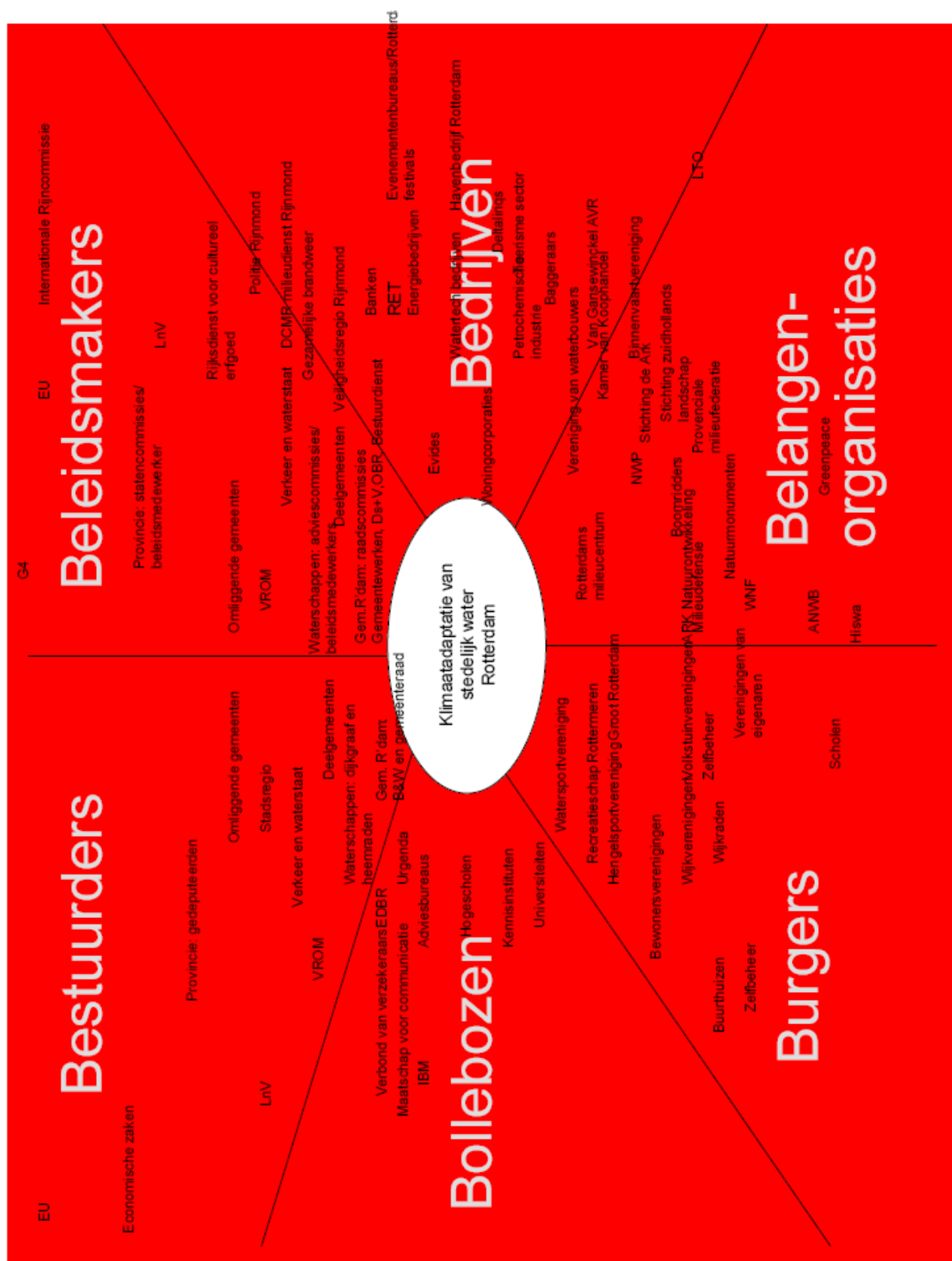
Verstoorde gebieden

In gebieden waar de holocene deklaag ontbreekt, zal minder uitdamping optreden. Een eventuele verandering van het rivierpeil kan daar dus meer effect hebben op de freatische grondwaterstand.

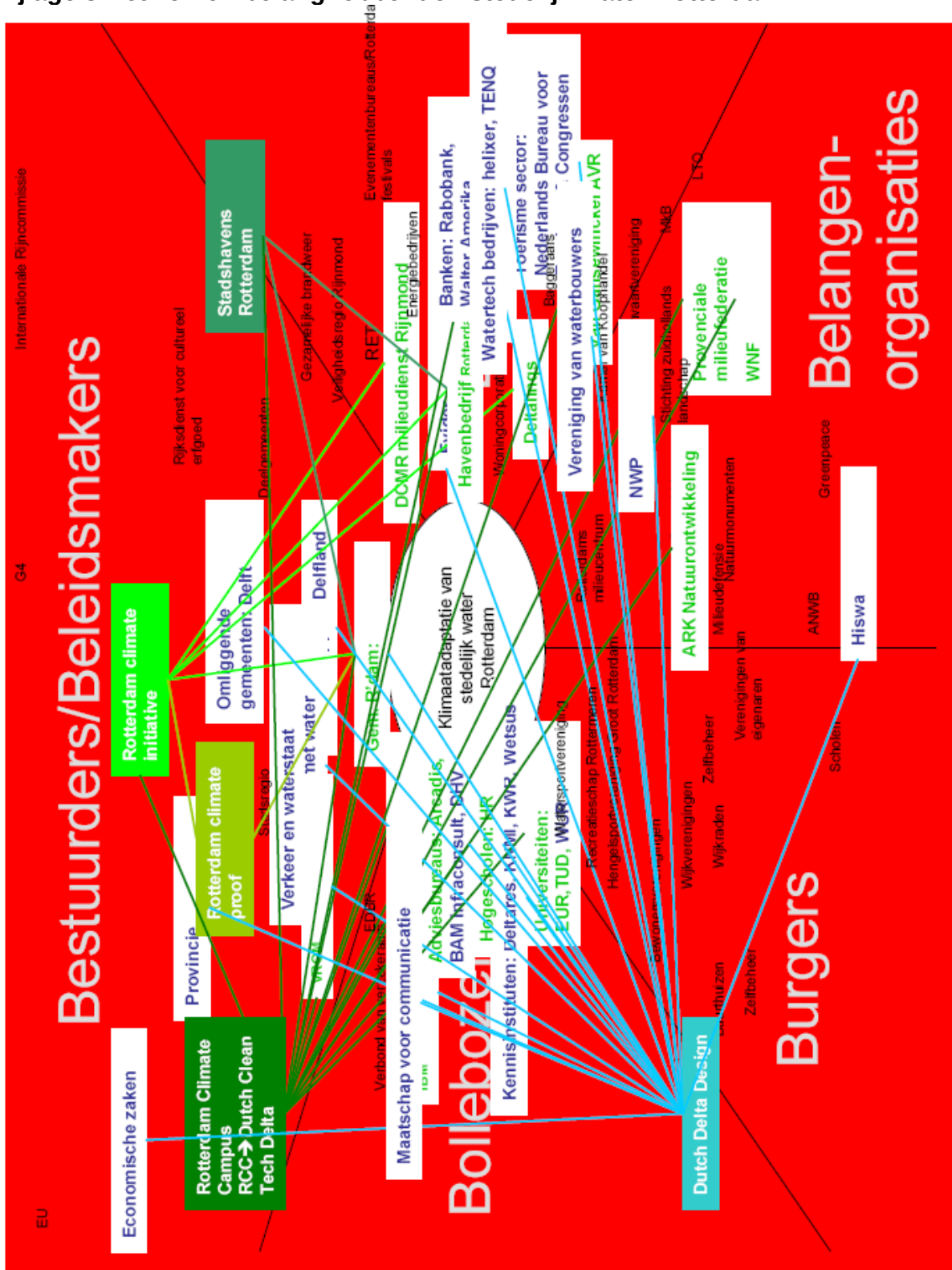
Conclusies

- De seizoensfluctuatie in de rivierstand bedraagt maximaal ca. 0,2 m rond het gemiddelde.
- De fluctuatie in de rivierstand zal gedempt doorwerken in de stijghoogte van het pleistoceen. De fluctuatie in de stijghoogte door de seizoensfluctuatie zal dus kleiner zijn dan +/- ca. 0,2 m.
- De holocene klei/veenlaag heeft een sterk dempende werking op interactie tussen de stijghoogte in het pleistoceen en de freatische grondwaterstand. De fluctuatie in de freatische grondwaterstand als gevolg van een seizoensfluctuatie in de rivierstand zal dus naar verwachting maximaal enkele centimeters bedragen.
- Een eventuele toename van de seizoensfluctuatie als gevolg van klimaatverandering zal slechts zeer gering effect (orde centimeters) hebben op freatische grondwaterstanden in de stad.

Bijlage 2 Belanghebbenden stedelijk water Rotterdam



Bijlage 3 Netwerken belanghebbenden stedelijk water Rotterdam



Bijlage 4 Fysieke maatregelen stedelijk watermanagement

Tabel 1. Fysieke maatregelen stedelijk watermanagement in bestaand stedelijk gebied

In de tabel gebruikte categorisering voor inrichting:

- hoog stedelijk gebied (>80 % is verhard);
- stedelijk gebied (50-80 % is verhard);
- laag stedelijk gebied (<50 % is verhard);
- herinrichting (de openbare ruimte wordt opnieuw ingericht);
- stadsvernieuwing (de hele wijk wordt opnieuw ingericht);
- inpassing maatregel heeft weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied.

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed maatregel en aandachtspunten uitvoering
inrichtingsmaatregelen:			
meer groen in openbare ruimte (herinrichting)	In bestaand, her in te richten, stedelijk gebied of in nieuw stedelijk gebied wordt veel groen gerealiseerd. Bomen verdampen water en zorgen voor schaduw, waardoor het hitte-eiland-effect in de stad wordt verminderd. Daarnaast filtert vegetatie fijn stof uit de lucht en zorgt het voor een verlaging van de (piek)afvoer bij regenbuien. Om de berging in dit groen goed te benutten en om wateroverlast te voorkomen dient ook de overige openbare ruimte zodanig ingericht te worden dat rekening wordt gehouden met de ligging van de groenstroken. Zie ook de maatregel 'profilering maaiveld'.	- wateroverlast (groot effect) - grondwaterstand (groot effect) - verdroging (groot effect) - zuivering regenwater (groot effect) - het hitte eiland effect (groot effect) - stedelijke kwaliteit (groot effect) - luchtkwaliteit (afhankelijk van oppervlak) - volksgezondheid (klein effect)	Groen speelt een grote rol bij de (her)inrichting van een gebied. Door veel groen kan er veel water infiltreren in de bodem. Dit kan ook een negatief effect op de grondwaterstand hebben.
meer water in openbare ruimte (herinrichting)	In bestaand, her in te richten, stedelijk gebied of in nieuw stedelijk gebied wordt veel oppervlaktewater gerealiseerd (minimaal 10-15 % van de ruimte). Hierdoor kan er meer water verdampen, waardoor het hitte-eiland-effect in de stad wordt verminderd. Daarnaast kan het oppervlaktewater gebruikt worden voor het vasthouden van regenwater. Vanuit het oppervlaktewater kan ook de grondwaterstand gereguleerd worden. Verdroging wordt tegen gegaan. Om de berging in het oppervlaktewater goed te benutten en om wateroverlast te voorkomen dient ook de overige openbare ruimte zodanig ingericht te worden dat rekening wordt gehouden met de ligging van het oppervlaktewater. Zie ook de maatregel	- wateroverlast (groot effect) - grondwaterstand (groot effect) - het hitte eiland effect (groot effect) - stedelijke kwaliteit (groot effect) - verdroging (groot effect) - kwaliteit oppervlaktewater (groot effect) - volksgezondheid (klein effect)	Grote invloed op inrichting openbaar gebied. Er zijn veel andere factoren van invloed op de kwantiteit en de kwaliteit van het oppervlaktewater. Om een kwalitatief goed stedelijk oppervlaktewater systeem te krijgen en te houden dienen ook deze factoren goed gereguleerd te worden. Hierbij moet gedacht worden aan de kwaliteit van afstromend regenwater, de kwaliteit van water dat wordt ingelaten en andere vervuilsbronnen zoals overstorten, vissen, vogels en honden.

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed	maatregel	en
				aandachtspunten	uitvoering
	'profilering maaiveld'. Als het oppervlaktewater vooral aangevuld wordt met regenwater hoeft er minder gebiedsvreemd water ingelaten te worden, waardoor de waterkwaliteit verbeterd. Door het aandeel oppervlaktewater in de openbare ruimte te vergroten kan ook de doorstroming verbeterd worden. Ook dit heeft een positief effect op de waterkwaliteit.				
profilering maaiveld (herinrichting)	Het straatprofiel zodanig inrichten dat hier na hevige regenval extra water geborgen kan worden (directe afvoer van verhard oppervlak). Ook kan de weg gebruikt worden om het overtollige water af te voeren naar bepaalde delen van een wijk (pleintjes, plantsoenen, oppervlaktewater). Op deze manier wordt voorkomen dat de waterdiepte (in laaggelegen delen van een wijk) te groot wordt en het verkeer wordt belemmerd, dat water huizen en winkels binnen stroomt, en dat er teveel water in het rioolstelsel stroomt. Rioolstelsels kunnen namelijk maar een beperkte hoeveelheid water afvoeren. Doordat de hoeveelheid water die naar het rioolstelsel stroomt wordt verkleind is er minder risico dat er met regenwater verdund afvalwater op straat komt te staan (risico volksgezondheid), stort er minder afvalwater over op oppervlaktewater en wordt er minder verdund afvalwater afgevoerd naar de RWZI.	- wateroverlast (groot effect) - volksgezondheid (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect) - rendement RWZI (klein effect)	Grote invloed op inrichting openbaar gebied. Afvoer van regenwater naar rioolstelsel dient aangepast te worden. Er dient een afvoermogelijkheid gemaakt te worden tussen verzamel punten en oppervlaktewater of eventueel het rioolstelsel. Bij het beheer dient aandacht te worden besteed aan onkruidbestrijding en het strooien van zout.		
waterpleinen (kleine schaal: weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied grote schaal: herinrichting)	Een laaggelegen plein waar regenwater wordt verzameld, eventueel voorzien van ondergelegen infiltratievoorziening voor de berging, reiniging, infiltratie en eventueel vertraagde afvoer van regenwater. De effecten op het stedelijk watermanagement van een waterplein zijn globaal hetzelfde als van 'profilering maaiveld'.	- wateroverlast (groot effect) - volksgezondheid (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect) - rendement RWZI (klein effect) - grondwaterstand (alleen bij infiltreren en afhankelijk van capaciteit) - - zuivering regenwater (bij toepassen bodempassage groot effect)	Op kleine schaal kan een waterplein op een probleemlocatie effectief zijn, en zonder veel bijkomende aanpassingen aangelegd worden. Op grote schaal dient een waterplein uitgevoerd te worden met de maatregel 'profilering maaiveld', met de bijbehorende randvoorwaarden en invloed.		

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed	maatregel	en
				aandachtspunten	uitvoering
waterpasserende verharding (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	Het hemelwater wordt bovengronds afgevoerd naar waterpasserende verharding (verharding met vergrote voegen). Onder deze verharding ligt een laag poreus materiaal welke een grote bergingscapaciteit heeft (50 % holle ruimte) en een zuiverende werking heeft op zware metalen, olie en PAK. Door de relatief hoge ligging (van de verharding) kan, eventueel ook bij relatief hoge grondwaterstanden, geïnfiltreerd worden. Het water dat onder de waterpasserende verharding geborgen is wordt vertraagd afgevoerd naar oppervlaktewater of ondergrondse berging, eventueel met infiltratie capaciteit.	- wateroverlast (groot effect) - zuivering regenwater (groot effect) - volksgezondheid (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect) - rendement RWZI (klein effect) - grondwaterstand (alleen bij infiltreren en afhankelijk van capaciteit)	Grote invloed op inrichting openbaar gebied. Er dient een afvoermogelijkheid gemaakt te worden naar een verzamelpunt, oppervlaktewater of eventueel het rioolstelsel. Bij het beheer en onderhoud dient aandacht te worden besteed aan onkruidbestrijding, het strooien van zout en het schoonhouden van de voegen tussen de bestrating.		
bovengronds infiltreren (wadi/infiltratieveld) (laag stedelijk gebied)	Het in de bodem brengen van regenwater. Een wadi of een infiltratieveld is een begroeide verlaging in het maaiveld, eventueel voorzien van ondergelegen infiltratievoorziening voor de berging, reiniging, infiltratie en eventueel vertraagde afvoer van regenwater. De effecten op het stedelijk watermanagement zijn globaal hetzelfde als van 'profilering maaiveld'.	- wateroverlast (groot effect) - zuivering regenwater (groot effect) - volksgezondheid (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect) - rendement RWZI (klein effect) - grondwaterstand (afhankelijk van capaciteit)	Gezien het ruimtebeslag van een wadi of infiltratieveld kan deze maatregel in bestaand stedelijk gebied alleen ingepast worden in relatief grote groenvoorzieningen. Ook dienen er in de openbare ruimte aanpassingen gemaakt te worden voor het transport van regenwater naar de voorziening (zie 'profilering maaiveld').		
overloop/retentie gebieden (stadsvernieuwing)	Regenwater wordt (tijdelijk) geborgen in speciaal daarvoor ingerichte gebieden. Tijdens natte seizoenen kan het gebied langzaam gevuld worden. Tijdens droge seizoenen kan het water gebruikt worden voor het stedelijke water systeem. Er hoeft dan minder gebiedsvreemd water ingelaten te worden. Deze gebieden kunnen ook dienen als berging voor hevige regenval. Deze gebieden kunnen ook ingericht worden met bijvoorbeeld drijvende woningen.	- kwaliteit oppervlaktewater (groot effect) - wateroverlast (afhankelijk van capaciteit afvoer stedelijk gebied naar overloop gebied) - verdroging (groot effect) - rendement RWZI (klein effect)	Een relatief groot oppervlak net buiten het stedelijke gebied dient ingericht te worden voor waterberging. Er dient een afvoermogelijkheid gemaakt te worden tussen het overloop/retentie gebied en het stedelijke gebied. En een verbinding tussen het overloop/retentiegebied en stedelijk oppervlaktewater.		
ecologische oevers (laag stedelijk gebied)	Door het natuurlijk inrichten van de oevers kan het systeem meer nutriënten verwerken. Eutrofiering kan worden tegengegaan.	- kwaliteit oppervlaktewater (afhankelijk van vervuilingsbronnen en schaal van toepassing) - stedelijke kwaliteit (groot effect)	Om voldoende hydraulische afvoercapaciteit te hebben zullen watergangen vaak verbreed moeten worden.		

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed	maatregel	en
			aandachtspunten	uitvoering	
drijvende groene eilanden (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	In voldoende brede watergangen kan het effect van een ecologische oever ook deels overgenomen of versterkt worden door drijvende vegetatie.	- kwaliteit oppervlaktewater (afhankelijk van vervuilingsbronnen en schaal van toepassing)			
technische voorzieningen:					
hergebruik hemel- en afvalwater (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	Hemelwater wordt opgevangen en bijvoorbeeld gebruikt voor toiletspoeling, irrigatie etc. Urine kan apart opgevangen worden en worden verwerkt.	- wateroverlast (klein effect) - effluent RWZI (bij gescheiden inzamelen urine, groot effect) - afname drinkwaterverbruik (afhankelijk van schaal)	De kans op foutaansluitingen is groot.		
groene daken (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	Plat of licht hellend dak wordt beplant met vetplanten en/of gras. Vegetatiedaken vergroten het groene oppervlak in de stad en hebben een positieve invloed op de luchtkwaliteit. Ook wordt de afvoer van regenwater vertraagd.	- wateroverlast (afhankelijk van oppervlak) - verdroging (afhankelijk van oppervlak) - luchtkwaliteit (afhankelijk van oppervlak) - het hitte eiland effect (afhankelijk van oppervlak) - stedelijke kwaliteit (groot effect)	Vegetatie daken zorgen voor een forse toename van de dakbelasting. In droge perioden dienen vegetatie daken nat gehouden te worden.		
natte daken (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	Met name in de zomer wordt neerslag van extreme buien vastgehouden op platte daken. Een deel van het schone regenwater wordt (binnen een bepaalde tijd) vertraagd afgevoerd (of gebruikt), zodat ruimte ontstaat om nieuwe (extreme) neerslag te bergen. Vervolgens wordt tijdens een warme-droge periode het overgebleven water verdampt of als irrigatie water gebruikt. Hierdoor kan het 'stedelijke hitte eiland effect' beperkt worden.	- wateroverlast (afhankelijk van oppervlak) - verdroging (afhankelijk van oppervlak) - het hitte eiland effect (afhankelijk van oppervlak)	Waterberging op het dak zorgt voor een forse toename van de dakbelasting. Dakranden dienen te worden verhoogd en er dient een overloop te komen naar de regenpijp.		
rioolvergroting (weinig/geen invloed op inrichting stedelijk gebied)	Bij het vervangen van de riolering riolen met een grotere diameter (capaciteit) terug leggen. Hierdoor wordt het regenwater sneller via het rioolstelsel naar de overstorten afgevoerd. Dit heeft een positief effect op water op straat en wateroverlast. Er wordt wel meer regenwater naar de overstorten afgevoerd waardoor de vuiluitworp op oppervlaktewater toe gaat nemen.	- wateroverlast (groot effect)	Vuiluitworp naar oppervlaktewater neemt toe.		

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed	maatregel	en
aandachtspunten uitvoering					
ondergronds infiltreren (buizen, sleuf of krat) (stedelijk gebied)	Een ondergrondse infiltratievoorziening bestaat uit een ondergrondse berging, waarin het water door middel van een buis terecht komt. Vanuit de berging kan het water vervolgens in de ondergrond wegzijgen.	- wateroverlast (groot effect) - zuivering regenwater (groot effect) - volksgezondheid (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect) - rendement RWZI (klein effect) - grondwaterstand (afhankelijk van capaciteit)	De invloed op de inrichting van het openbare gebied is beperkt. Bij de aanleg zal wel een groot gedeelte van de openbare ruimte opnieuw aangelegd moeten worden.		
drainage (stedelijk gebied)	Constructies voor het afvoeren van overtollig grondwater.	- grondwateroverlast (groot effect)	Oppassen met droogvallen van paalkoppen.		
gecombineerd infiltratie/drainage systeem (stedelijk gebied)	Bij lage grondwaterstanden kan water geïnfiltreerd worden en bij hoge grondwaterstanden kan water afgevoerd worden. De grondwaterstand kan op het juiste peil worden gehouden. Grondwateroverlast wordt voorkomen. Verdroging en het droogvallen van paalkoppen wordt voorkomen.	- grondwateroverlast (groot effect) - verdroging (groot effect)	Het systeem dient voldoende en op de goede manier in verbinding te staan met oppervlaktewater.		
ondergrondse berging (stedelijk gebied)	Voorziening voor de tijdelijke berging van regenwater.	- waterberging (groot effect) - wateroverlast (groot effect) - rendement RWZI (klein effect) - kwaliteit oppervlaktewater (klein effect)			
oppervlaktewatersysteem beter verbinden (stadsvernieuwing)	Door het stedelijke oppervlaktewater beter te verbinden kan de doorstroming worden bevorderd. Dit heeft een gunstig effect op de waterkwaliteit. Ook wordt het systeem lokaal minder gevoelig voor peilschommelingen en inundatie.	- waterberging (groot effect) - kwaliteit oppervlaktewater (afhankelijk van systeem) - wateroverlast (klein effect)	Grote invloed op inrichting openbaar gebied.		
zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en	Het regenwater dat gescheiden is ingezameld wordt voordat het op het	- kwaliteit	De werking van lamellen bij regenwater		

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed	maatregel	en
			aandachtspunten uitvoering		
oppervlaktewater (stedelijk gebied)	oppervlaktewater wordt geloosd eerst gezuiverd. Dit kan door middel van lamellen, een bodempassage of een helofytenfilter.	oppervlaktewater (afhankelijk van stedelijk watersysteem en afvloeiend regenwater)	is discutabel. Een helofytenveld heeft een grote invloed op de inrichting van de openbare ruimte.		
berg/bezinkvoorziening (laag stedelijk gebied)	Voorziening, meestal in de vorm van een ondergrondse betonnen bak, bedoeld voor berging van overstortwater en de bezinking van vuil uit overstortwater van een gemengd rioolstelsel.	- kwaliteit oppervlaktewater (effect is afhankelijk van parameters oppervlaktewater)	Deze voorziening wordt meestal geplaatst nabij een bestaande overstort. De voorziening heeft een zeker ruimtebeslag en dient ingepast te worden tussen de bestaande bovengrondse en ondergrondse infrastructuur.		
beheersmaatregelen:					
regelmatig reinigen riolering (hoog stedelijk gebied)	Door het rioolstelsel regelmatig te reinigen blijft de vuilophoping beperkt. De afvoercapaciteit neemt toe, de riolen gaan langer mee en de vuiluitworp naar het oppervlaktewater neemt af. Doordat de afvoercapaciteit toe neemt zal de wateroverlast kleiner worden. Omdat er minder vuil in de riolering aanwezig is zal de vuilconcentratie van het overstortende water lager zijn.	- wateroverlast (groot effect) - kwaliteit oppervlaktewater (effect is afhankelijk van parameters oppervlaktewater)			
flexibel peilbeheer (hoog stedelijk gebied)	Het toestaan van ruime marges waarbinnen het waterpeil mag fluctueren, met het doel om het inlaten van gebiedsvreemd water zoveel mogelijk te beperken. Ook kan de bergingscapaciteit tijdelijk vergroot worden door water vroegtijdig uit te slaan als veel regen wordt verwacht. Het toestaan van een flexibel waterpeil heeft ook een positief effect op de ontwikkeling van oevervegetatie.	- waterberging (groot effect) - kwaliteit oppervlaktewater (groot effect) - wateroverlast (klein effect) - grondwaterstand (klein effect)	Beheersmaatregelen kunnen in het algemeen zonder veel aanpassingen ingevoerd worden.		
Real Time Control (hoog stedelijk gebied)	Door rioolgemalen en/of stuwconstructies te sturen op waterstanden in het rioolstelsel kan de berging in het rioolstelsel beter worden benut. Hierdoor stort er minder afvalwater over naar het oppervlaktewater.	- waterberging (afhankelijk van rioolstelsel) - kwaliteit oppervlaktewater (afhankelijk van rioolstelsel)	Gemalen en/of stuwconstructies (regelbare schuiven) dienen centraal te worden aangestuurd. Hiervoor zijn waterstandmeters, een hoofdpst en software benodigd. Stuwconstructies kunnen op de juiste locaties relatief eenvoudig in het rioolstelsel geplaatst worden.		

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed aandachtspunten uitvoering	maatregel en
baggeren (hoog stedelijk gebied)	Het slib op de waterbodem wordt verwijderd.	- kwaliteit oppervlaktewater - (afhankelijk van oppervlaktewater)		
geen gebiedsvreemd (verontreinigd) water inlaten (hoog stedelijk gebied)	De kwaliteit van het stadswater wordt meestal vooral bepaald door het ingelaten water, wat vaak een hoog fosfaat en stikstof gehalte heeft (water uit landelijk gebied), of vervuild is met andere stoffen (water uit Nieuwe Maas). Dit water heeft een ongunstig effect op de waterkwaliteit. Door zo veel mogelijk regenwater in de stad vast te houden en het inlaten van water uit landbouw gebieden en de Nieuwe Maas zoveel mogelijk te beperken kan de waterkwaliteit verbeterd worden.	- kwaliteit oppervlaktewater m(groot effect)	Deze maatregel dient uitgevoerd te worden met behulp van andere maatregelen zoals 'flexibel peilbeheer' en gescheiden afvoer regenwater.	
verontreiniging van vissen, vogels en honden voorkomen (hoog stedelijk gebied)	Het stedelijke oppervlaktewater wordt naast gebiedsvreemd water en riooloverstorten ook erg belast door vissen, vogels en honden. Om deze belasting tegen te gaan dient de vis- en vogelstand op peil te worden gehouden. Ook is het verstandig om hondenuitlaatplekken langs de waterkant te verplaatsen.	- kwaliteit oppervlaktewater m(groot effect)		
verontreiniging van afvoerend verhard oppervlak voorkomen (herinrichting)	Op sommige daken wordt gebruik gemaakt van uitlogende zware metalen zoals zink en koper. Als het regenwater van deze daken wordt afgevoerd naar oppervlaktewater kan dit voor verontreiniging zorgen. Doormiddel van een bouwverordening kan het gebruik van deze materialen bij nieuwbouw worden voorkomen. Bij bestaande bouw kan er voor worden gekozen om het afvloeiende regenwater van deze verhardingen eerst te zuiveren, of om niet af te koppelen maar op het gemengde rioolstelsel af te laten voeren. Voor drukke verkeerswegen geldt hetzelfde	- kwaliteit oppervlaktewater (afhankelijk van verhard oppervlak)		

Tabel 2. Voorkomen problemen stedelijk watermanagement in nieuw stedelijk gebied of bij grootscheepse stadsvernieuwing

maatregelen	beschrijving maatregel	effect maatregel op....	invloed maatregel en randvoorwaarden uitvoering
drijvende woningen, wegen en platformen (stadsvernieuwing)	Bij bijvoorbeeld herinrichting van de havens of bij overloopgebieden worden drijvende woningen en wegen aangelegd. Platformen kunnen dienen als openbare ruimte. Problemen met watermanagement in bestaand stedelijk gebied worden voorkomen. Voordeel is dat bestaand oppervlaktewater niet gedempt hoeft te worden voor nieuwe woningen. De beschikbare waterberging blijft aanwezig.	- waterberging (groot effect) - wateroverlast (groot effect)	De waterdiepte onder de woningen en platformen dient minstens één meter te zijn. Alleen toe te passen bij nieuwbouw.
maaiveldverhoging (stadsvernieuwing)	kunstmatig ophogen van het bestaande maaiveld.	- grondwateroverlast (groot effect)	Alleen toe te passen bij nieuwbouw.
kruipruimte vrij bouwen (stadsvernieuwing)	De begane grondvloer is aan de onderzijde voorzien van isolatie. Voordeel is dat er minder kans op vochtproblemen is. Ook is er minder grondverzet nodig bij het bouwrijp maken en is er minder warmteverlies.	- grondwateroverlast (groot effect)	Alleen toe te passen bij nieuwbouw.
bouwen met verhoogd vloerpeil (stadsvernieuwing)	De woningen worden extra hoog aangelegd.	- grondwateroverlast (groot effect) - wateroverlast (groot effect)	Er dienen hellingbanen aangelegd te worden naar de toegangsdeuren. Alleen toe te passen bij nieuwbouw.
bouwen op palen (stadsvernieuwing)	Constructies op palen, waarvan het kunstmatige 'maaiveld' boven overstromingsniveau ligt.	- grondwateroverlast (groot effect) - wateroverlast (groot effect)	Alleen toe te passen bij nieuwbouw. De waterkwaliteit van het water onder het gebouw verdient extra aandacht.

Tabel 3 Maatregelen en stakeholders in bestaand en nieuw stedelijk gebied.

maatregelen	stakeholders					
	gemeente	waterschap	woningbouw coöperaties	(woon)huizen bezitter(privé)	bedrijven	individuele bewoners
inrichtingsmaatregelen:						
meer groen (in openbare ruimte)	X		X	X	X	X
meer water in openbare ruimte	X	X				
profilering maaiveld	X		X	X	X	X
waterpleinen	X					
waterpasserende verharding	X		X	X	X	X
bovengronds infiltreren	X		X	X	X	X
overloop/retentie gebieden	X	X				
ecologische oevers	X	X				
drijvende groene eilanden	X	X				
technische voorzieningen:						
hergebruik hemel- en afvalwater	X		X	X	X	X
groene daken	X		X	X	X	X
natte daken	X		X	X	X	X
rioolvergroting	X					
ondergronds infiltreren	X		X			
drainage	X		X	X	X	X
gecombineerd infiltratie/drainage systeem	X		X			
ondergrondse berging	X		X			
oppervlaktewatersysteem beter verbinden	X	X				
zuiverende voorzieningen tussen HWA- stelsel en oppervlaktewater	X		X		X	
berg/bezinkvoorziening	X					
beheersmaatregelen:						
regelmatig reinigen riolering	X					
flexibel peilbeheer	X	X				
Real Time Control	X	X				
baggeren	X	X				
geen gebiedsvreemd (verontreinigd) water inlaten	X	X				

maatregelen	stakeholders					
	gemeente	waterschap	woningbouw coöperaties	(woon)huizen bezitter(privé)	bedrijven	individuele bewoners
verontreiniging van vissen, vogels en honden voorkomen	X	X				
verontreiniging van afvoerend verhard oppervlak voorkomen	X		X	X	X	X
nieuw stedelijk gebied:						
drijvende woningen, wegen en platformen	X		X			
maaiveldverhoging	X					
kruipruimte vrij bouwen	X		X			
bouwen met verhoogd vloerpeil	X		X			
bouwen op palen	X		X			

Tabel 4. Overzicht effectiviteit en kosten maatregel

maatregel		minimaal toepassen maatregel voor compenseren klimaatverandering		overige effecten maatregel (- = negatief effect; 0 = geen effect; +/- = afhankelijk; + = matig/redelijk positief effect; ++ = groot positief effect)									kosten (1 = relatief laag; 5 = relatief hoog)	
		toename extreme neerslag (+25 %)	toename temperat uur (+2 °C)	inundatie	verdroging	rendement RWZI	luchtkwaliteit	grondwaterstand	zuivering regenwater	kwaliteit oppervlaktewater	volksgezondheid	stedelijke kwaliteit	aanleg	onderhoud
bestaand stedelijk gebied														
Inrichtingsmaatregelen:														
1	meer groen in openbare ruimte	25-40 % totale verharding vervangen door groen	10 % extra bij toepassen bomen	0	++	0	+	+/-	++	0	+	++	3	2
2	meer water in openbare ruimte	n.v.t.	nader onderzoek	+	++	0	0	+	0	+	+	++	4	2
3	profilering maaiveld	extra 25 % van hevige regenval opvangen	geen effect	0	0	+	0	0	0	+	+	+	1	0
4	waterpleinen	extra 25 % van hevige regenval opvangen	geen effect	0	0	+	0	0	0	+	+	+	2	2
5	waterpasserende verharding	extra 25 % van hevige regenval opvangen	geen effect	0	+	+	0	+/-	++	+	+	+	2	4
6	bovengronds infiltreren	extra 25 % van hevige regenval infiltreren	geen effect	0	++	+	0	+/-	++	+	+	+	3	4
7	overloop/retentie gebieden	n.v.t.	n.v.t.	++	++	0	0	0	0	++	+	+		
8	ecologische oevers	n.v.t.	n.v.t.	0	0	0	0	0	0	++	+	++		
9	drijvende groene eilanden	n.v.t.	n.v.t.	0	0	0	0	0	0	++	+	+		
technische voorzieningen:														
10	hergebruik hemel- en afvalwater	n.v.t.	geen effect	0	0	+	0	0	0	+	+/-	0		
11	groene daken	25-40 % totale	10 % extra groen bij	0	+/-	+	+	+	++	+	+	++	5	5

maatregel		minimaal toepassen maatregel voor compenseren klimaatverandering		overige effecten maatregel (- = negatief effect; 0 = geen effect; +/- = afhankelijk; + = matig/redelijk positief effect; ++ = groot positief effect)									kosten (1 = relatief laag; 5 = relatief hoog)	
		toename extreme neerslag (+25 %)	toename temperat uur (+2 °C)	inundatie	verdroging	rendement RWZI	luchtkwaliteit	grondwaterstand	zuivering regenwater	kwaliteit oppervlaktewater	volksgezondheid	stedelijke kwaliteit	aanleg	onderhoud
		verharding	toepassen bomen											
12	natte daken	25 % totale verharding (min. 50? mm berging)	nader onderzoek	0	+	+	0	+	0	0	+	+	5	4
13	rioolvergroting	afvoercapaciteit met 25 % verhogen	geen effect	0	0	-	0	0	0	-	+	0	4	1
14	ondergronds infiltreren	extra 25 % van hevige regenval infiltreren	geen effect	0	+	+	0	+/-	++	+	+	0	4	3
15	drainage	n.v.t.	geen effect	0	0	0	0	++	0	+	0	+		
16	gecombineerd infiltratie/drainage systeem	n.v.t.	n.v.t.	0	+	0	0	++	0	+	0	+		
17	ondergrondse berging	extra 25 % van hevige regenval bergen	geen effect	0	0	+	0	0	0	+	+	0	4	3
18	oppervlaktewaters ysteem beter verbinden	n.v.t.	n.v.t.	+	+	0	0	+	0	++	+	+		
19	zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en oppervlaktewater	n.v.t.	n.v.t.	0	0	0	0	0	++	+	+	+		
20	berg/bezinkvoorzie ning	n.v.t.	n.v.t.	0	0	+	0	0	+	+	+	+		
beheersmaatregelen:														
21	regelmatig reinigen riolering	n.v.t.	n.v.t.	0	0	0	0	0	0	+	+	0		
22	flexibel peilbeheer	n.v.t.	n.v.t.	+	0	0	0	+	0	+	0	+		

[illegible]

Tabel 5 Randvoorwaarden bij uitvoering

type maatregel	randvoorwaarden bij uitvoering
meer groen in openbare ruimte	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds - rekening houden met effect op grondwaterstand, eventueel drainage aanleggen - rekening houden met droge perioden en noodzaak tot irrigatie of op peil houden grondwaterstand
meer water in openbare ruimte	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds - waterkwaliteit
profilering maaiveld	- voldoende ruimte bovengronds - maximale waterdiepte - vervuiling van maaiveld voorkomen
waterpleinen	- voldoende ruimte bovengronds - maximale waterdiepte - vervuiling van plein voorkomen
waterpasserende verharding	- geen vervuilde oppervlakken - minimaal 0,5 ha (5.000 m²) verhard oppervlak - frequentie volledige vulling berging 0,5/jaar (T=2) - maximale ledigingstijd 24 uur - in woonwijken waterdoorlatende/waterpasserende verharding alleen toepassen in rijweg, rijbaan is minder verontreinigd en makkelijker schoon te houden dan parkeervakken of opritten. Het is wel mogelijk om parkeervakken of opritten af te laten voeren naar waterdoorlatende/waterpasserende verharding - holle ruimte in wegfundering moet minimaal 30 % bedragen - doorlatendheid van funderingsmateriaal moet groter zijn dan de doorlatendheid van de ondergrond - er dient ruim gedimensioneerd te worden, zodat een robuust systeem ontstaat
bovengronds infiltreren (wadi, infiltratieveld of waterpasserende verharding)	- geen vervuilde oppervlakken - minimaal 0,5 ha (5.000 m²) verhard oppervlak - doorlatendheid ondergrond: > 0,5 m/d - minimale afstand tussen gemiddeld hoogste grondwaterstand en maaiveld 0,7 meter - maximale ledigingstijd 24 uur - er dient ruim gedimensioneerd te worden, zodat een robuust systeem ontstaat
overloop/retentie gebieden	- voldoende ruimte bovengronds - waterkwaliteit - rekening houden met effect op grondwaterstand - beheer
ecologische oevers	- voldoende ruimte bovengronds - beheer
drijvende groene eilanden	- voldoende ruimte in watergang - beheer
hergebruik hemel- en afvalwater	- verkeerde aansluitingen voorkomen
groene daken	- voldoende draagkracht van dak - dak moet goed waterdicht zijn

type maatregel	randvoorwaarden bij uitvoering
	- beheer - rekening houden met droge perioden en noodzaak tot irrigatie
natte daken	- voldoende draagkracht van dak - dak moet goed waterdicht zijn - overloop naar oppervlaktewater of riolering - hoe kan eventueel vastgehouden water gebruikt worden in droge perioden - nader onderzoek naar optimaal bergend vermogen?
rioolvergroting	- voldoende ruimte ondergronds - extra afvoer naar overstorten resulteert in een grotere vuiluitworp
ondergronds infiltreren (buizen, sleuf of krat)	- geen vervuilde oppervlakken - minimaal 0,5 ha (5.000 m²) verhard oppervlak - blad- en zandvang toepassen - minimale doorlatendheid ondergrond 0,5 m/d - minimale afstand tussen gemiddeld hoogste grondwaterstand en maaiveld 1,0 meter, ook afhankelijk van type voorziening en aanlegdiepte - overstort bij voorkeur naar open water - instroom van oppervlaktewater dient voorkomen te worden - maximale ledigingstijd 24 uur - er dient ruim gedimensioneerd te worden, zodat een robuust systeem ontstaat - bij het ontwerp dienen voldoende mogelijkheden voor inspectie, beheer en onderhoudswerkzaamheden gereserveerd te worden
drainage	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds - maximale afstand oppervlaktewater 150 meter
gecombineerd infiltratie/drainage systeem	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds - maximale afstand oppervlaktewater 150 meter
ondergrondse berging	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds
oppervlaktewatersysteem beter verbinden	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds
zuiverende voorzieningen tussen HWA-stelsel en oppervlaktewater	- voldoende ruimte bovengronds en ondergrond
berg/bezinkvoorziening	- voldoende ruimte bovengronds en ondergronds
regelmatig reinigen riolering	n.v.t.
flexibel peilbeheer	- minimale en maximale waterniveau vaststellen (ook afhankelijk van seizoen) - rekening houden met uitval van sturing en de gevolgen - gevolgen van flexibel peilbeheer in kaart brengen
Real Time Control	- maximale waterstanden in riolering vaststellen - rekening houden met uitval van sturing en de gevolgen

type maatregel	randvoorwaarden bij uitvoering
baggeren	n.v.t.
geen gebiedsvreemd (verontreinigd) water inlaten	- gevolgen in kaart brengen
verontreiniging van vissen, vogels en honden voorkomen	n.v.t.
verontreiniging van afvoerend verhard oppervlak voorkomen	- bouwverordening aanpassen

Bijlage 4 Inventarisatie ervaringen klimaatadaptatie in het Nederlandse waterbeheer

Amsterdam

- 1) Invalshoeken: Amsterdam onderscheidt 5 thema's; duurzame mobiliteit, duurzaam bouwen, duurzame energie, green-IT en gemeente als goede voorbeeld.
- 2) Draagvlak: Er wordt draagvlak verkregen door het organiseren van platforms, conferenties, klimaatcafé's en andere bijeenkomsten waar de gemeente, het bedrijfsleven en bewoners samenwerken aan het formuleren van de juiste maatregelen.
- 3) Trekkers: De Amsterdamse wethouder Marijke Vos heeft een 'Klimaatraad' ingesteld. Deze raad bestaat uit 19 ambassadeurs uit het Amsterdamse bedrijfsleven die hun invloed aanwenden om andere organisaties tot een ambitieuze aanpak te stimuleren.
- 4) Doelen: Amsterdam heeft de volgende concrete doelen geformuleerd:
 - a) 40% minder CO₂-uitstoot in 2025 (ten opzichte van 1990).
 - b) Een klimaatneutrale gemeentelijke organisatie in 2015.
- 5) Instrumenten: De volgende middelen moeten bijdragen aan het behalen van die doelen
 - a) Klimaatprogramma Amsterdam (Nieuw Amsterdams Klimaat); dit is een platform waar partijen;
 - i) elkaar als samenwerkingspartner kunnen vinden;
 - ii) elkaar inspireren en motiveren;
 - iii) kennis delen;
 - iv) hindernissen opsporen en afbreken;
 - v) voornemens, acties en resultaten in beeld brengen en CO₂-jaarverslagen presenteren.
 - b) Een Klimaatfonds om veelbelovende initiatieven op het gebied van energiebesparing en duurzame energie financieel te stimuleren.
 - c) Het Klimaatbureau Amsterdam zal jaarlijks monitoren wat de stand van zaken is door te bepalen hoeveel CO₂ de stad heeft uitgestoten. Ze gaat ook zoveel mogelijk informatie verzamelen over de vermeden hoeveelheid CO₂-uitstoot als gevolg van de verschillende maatregelen. Hiertoe wordt een rekenmodel opgebouwd dat wordt gevoed met informatie over energiegebruik van de sectoren gebouwde omgeving, verkeer en vervoer, bedrijven en de eigen organisatie.

Utrecht

- 1) Invalshoeken: De gemeente Utrecht onderscheidt drie thema's: wonen, werken en mobiliteit. De klimaatadaptatie is vooral gericht op het verminderen van het energiegebruik.
- 2) Draagvlak: Voor elk thema worden activiteiten benoemd. Deze activiteiten (zie 5) worden zoveel mogelijk in samenwerking met partijen in de stad opgesteld. In de beginfase van elke activiteit wordt bewust en selectief naar zinvolle samenwerkingsvormen gezocht vanuit de overtuiging dat in de beginfase niet alleen de basis wordt gelegd voor een goede samenwerking maar vooral ook ruimte is om vernieuwende ideeën en initiatieven toe te passen.
- 3) Trekkers: ...
- 4) Doelen: Utrecht wil in 2012 de CO₂-uitstoot met 75.000 ton hebben beperkt en in 2030 CO₂-neutraal zijn. Voor de gemeentelijke organisatie geldt die doelstelling al voor 2012.
- 5) Instrumenten: Utrecht onderscheidt 3 activiteiten om de klimaatdoelstellingen te realiseren:
 - a) Innovaties: Zijn onzeker, nieuw, zoekend naar draagvlak, gericht op initiëren, het koppelen van belangen en partijen, delen kennis, business case opstellen – op zoek naar Nieuwe Energie.
 - b) Projecten: Zijn uniek, samen met partners, partijen zijn partners geworden, eenmalig, planmatig, resultaat te omschrijven, gerichte focus is mogelijk, duidelijke activiteiten die toewerken naar resultaat – creëren Nieuwe Energie.
 - c) Routines: Zijn duidelijk, bekend, 'standaard' activiteiten die toewerken naar resultaat, meer procedurele aanpak – gericht op realiseren van Nieuwe Energie (waarbij het Nieuwe niet meer letterlijk is).

In Utrecht wordt middels onderstaande instrumenten gestreefd de klimaatdoelstellingen te halen:

- o Onder regie van de gemeenten slaan Universiteit Utrecht, de hogeschool, maar ook commerciële instellingen zoals Econcern, Rabobank en Fortis de handen ineen met gebouw eigenaren, corporaties, eigenaar-bewoners, bedrijven en fleetowners om methoden en technieken te onderzoeken en te ontwikkelen die iedereen voordeel biedt. Deze aanpak moet niet alleen het verbruik van fossiele energie tegengaan, maar ook de economische ontwikkeling van stad en regio stimuleren.
- o De gemeente neemt het voortouw om partijen met elkaar in contact te brengen, organiseert

rondetafelgesprekken, slecht kennisbarrières en reduceert juridische en financiële barrières. De gemeente treedt op als onderhandelingspartner naar (inter)nationale overheden.

o De Game Klimaatverandering in de Bouw werd gehouden voor leden van De Nieuwbouw, deelnemende bedrijven van het CIB en relaties van Provincie Utrecht. Net als bij andere games creëerde het de mogelijkheid om het gedrag dat dagelijks vertoond wordt in diverse overlegvormen tegen het licht te houden. Wat is constructief en wat is contraproductief? Ook bood het een veilige omgeving om nieuw gedrag te oefenen en inzicht te krijgen in de achtergronden van gedrag bij andere schakels in de bouwketen.

o Een cursus om niet alleen autochtone maar vooral ook allochtone vrouwen uit Utrecht te bereiken met tips voor het milieu. En natuurlijk om geld te besparen in de portemonnee. Eerst worden uit eigen kring coaches opgeleid; die coaches geven op hun beurt in eigen kennissenkring andere vrouwen les over het milieu. Bij het afronden van de cursus ontvangen de deelnemers een pakket met energiebesparende maatregelen.

Arnhem

1) Invalshoeken: De projecten zijn ingedeeld in acht thema's:

- a) Eigen gebouwen en voorzieningen 9 projecten
- b) Woningen 4 projecten
- c) Utiliteitsgebouwen 2 projecten
- d) Bedrijven 3 projecten
- e) Verkeer en vervoer 5 projecten
- f) Grootschalige duurzame energieopties 5 projecten
- g) Organisatie 6 projecten
- h) Overig 5 projecten

2) Draagvlak: Het proces om tot een nieuw klimaatprogramma te komen werd in hoge mate bepaald door het betrekken van bewoners, bedrijven en instellingen maar ook de medewerkers van de gemeente, andere overheden en partijen als energieleveranciers en woningbouwcorporaties (interactieve planvorming).

3) Trekkers: De gemeente neemt zelf het voortouw in de hoop dat het bedrijfsleven en de bewoners volgen. De verantwoordelijke voor de verschillende projecten zijn de projectleiders van de gemeente.

4) Doelen: De gemeente Arnhem onderschrijft de landelijke streefcijfers: 20% duurzaam energieverbruik in 2020 en 30% afname van broeikasgassen in 2020 (ten opzichte van 1990). Daarnaast zijn de volgende energiemaatregelen geformuleerd:

- a) De gemeentelijke organisatie is in 2020 CO₂-neutraal.
- b) Energiemaatregelen in eigen gebouwen met een terugverdientijd van 15 jaar beschouwen we als rendabel.
- c) Energiemaatregelen bij eigen nieuwbouw met een terugverdientijd van 30 jaar beschouwen we als rendabel.
- d) Bij ontwikkelingen is het de ambitie om de energieprestatie van de locatie in het geheel naar het kwaliteitsniveau 8 (EPL) te brengen met een ambitie voor niveau 9. (EPL 10 is CO₂-neutraal).
- e) Energiekwaliteit van bestaande woningen met 2% per jaar verbeteren.

5) Instrumenten: Verdere inpassing van doelstellingen in bestaand beleid en koppeling met de uitvoering wordt beschreven in 'Arnhems Klimaatprogramma 2008-2011'. Ook maakt Arnhem deel uit van het Europese project Future Cities dat is opgezet om tijdig maatregelen tegen klimaatverandering te nemen.

Een leerpunt uit het vorige klimaatprogramma is dat gedurende de uitvoeringsperiode veranderingen kunnen optreden waardoor het nodig is projecten te wijzigen, dan wel te vervangen. Om deze veranderingen flexibel op te vangen en de uitvoering niet te hinderen, wordt voorgesteld om dergelijke wijzingen ter goedkeuring voor te leggen aan de portefeuillehouder energie en klimaat. Het uitgangspunt daarbij is, dat projecten slechts vervangen worden door activiteiten met een vergelijkbaar resultaat.

Eindhoven

1) Invalshoeken: Ook het klimaatbeleid van de gemeente Eindhoven is vooral gericht op het terugbrengen van het energiegebruik en reductie van de CO₂-uitstoot. Binnen het klimaatbeleid van de gemeente Eindhoven worden de volgende thema's onderscheiden:

- a) Eigen organisatie
- b) Woningen
- c) Utiliteitsbouw

- d) Bedrijven en bedrijventerreinen
- e) Verkeer en Vervoer
- f) Grootschalige duurzame energieopties
- g) Organisatieversterkende randvoorwaarden

Adaptieve maatregelen vormen al enige jaren een belangrijk onderdeel van het programma Water van de gemeente. Voorbeelden hiervan zijn;

- h) het afkoppelen en infiltreren van regenwater;
 - i) het toepassen van gescheiden rioolstelsels;
 - j) het bergen van water (m.n. bij piekbelastingen);
 - k) het terugbrengen van open waterlopen in de stad.
- 2) Draagvlak: Er worden interne en externe bewustwordingscampagnes georganiseerd
 - 3) Trekkers: De programmamanager is trekker van het klimaatbeleid. Er zijn geen ambassadeurs aangesteld.
 - 4) Doelen: De gemeente streeft naar energieneutraliteit. Het bereiken ervan vraagt om een intensieve en langdurige inspanning van alle betrokken actoren. In Eindhoven zijn al grote stappen gezet en naar verwachting kan de gemeente energieneutraliteit bereiken in de periode 2035 - 2045.

De intentie luidt: "De gemeente Eindhoven op weg naar energieneutraliteit in de periode 2035–2045". Met het opgestelde uitvoeringsprogramma wordt de komende jaren invulling gegeven aan het bereiken van dit doel.

Het energieverbruik van alle vaste aansluitingen in de gemeente wordt geschat op ruim 1 miljard kWh elektriciteit en 280 miljoen m3 aardgas. Om te komen tot energieneutraliteit wordt ingezet op twee belangrijke wegen: energiebesparing en het opwekken van duurzame energie. Dit zijn de eerste twee stappen van de Trias Energetica.

- 5) Instrumenten: Eindhoven integreert al in een vroeg stadium de klimaatdoelstellingen met andere beleidspunten zodat synergiemogelijkheden worden benut.

Maastricht

- 1) Invalshoeken: Na overleg met diverse bedrijven en organisaties is 'Het Platform Cool Maastricht' opgericht. Dit platform heeft de volgende taken;
 - a) het ontwikkelen van bestuurlijk draagvlak binnen alle doelgroepen en organisaties;
 - b) de zorg voor een goede kennisverspreiding en het ambassadeurschap namens het Platform;
 - c) het gevraagd en ongevraagd adviseren van het gemeentebestuur over het lokale klimaatbeleid;
 - d) het publiceren van een jaarlijkse rapportage over de behaalde resultaten.
- 2) Trekkers: De gemeente is trekker binnen het platform dat in de praktijk een goed instrument blijkt voor;
 - a) het ontwikkelen van een gemeentelijk klimaatbeleid;
 - b) het nakomen van met partners gemaakte afspraken;
 - c) het realiseren van goede voorbeelden;
 - d) het verspreiden van kennis onder de relevante partijen.
- 3) Draagvlak: Gemeentelijke coördinatoren worden bij het overleg met de doelgroepen betrokken en krijgen een actieve rol bij de uitvoering van het in de Energienota voorgestelde beleid
- 4) Doelen: 20% CO2-reductie in 2020 (ten opzichte van 1990). Het Platform Cool Maastricht heeft tot doel;
 - a) de verschillende lokale doelgroepen te vertegenwoordigen en;
 - b) de verschillende partijen te motiveren activiteiten te ontwikkelen die leiden tot een efficiënter en duurzamer energiegebruik.
- 5) Instrumenten: onbekend

Bijlage 5 Omschrijving innovatieve monitoringstechnieken en meetconcepten

Elke conceptbeschrijving bestaat uit een titel met een korte paragraaf die het concept beschrijft:

Concept 1 Investerings aan het watersysteem als potentiële indicator van: a. Kosten als gevolg van klimaatsverandering en b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem

Investerings aan het watersysteem zouden mogelijk kunnen worden gebruikt als indicator van klimaatsverandering. a. De extra druk op het watersysteem veroorzaakt door een veranderend klimaat zouden zichtbaar kunnen worden in de daaraan verbonden hogere kosten voor bijvoorbeeld onderhoud. Bestedingen aan onderhoud van het watersysteem geïnduceerd door klimaatsverandering. Daarnaast zouden investering in het watersysteem mogelijk een potentiële indicator kunnen vormen voor de mate van adaptiviteit van het watersysteem. Een verhoogde uitgave zou betekenen dat het systeem nog ver zit van adaptiviteit. Blijven de investeringen ondanks klimaatveranderingen in de pas zou dit kunnen betekenen dat het watersysteem voldoende dynamisch is om in te spelen op die veranderingen.

Concept 2 Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatperspectief

Het voorkomen van sommige planten en diersoorten heeft een directe koppeling met de aanwezige klimaatcondities. Een verandering in de klimatologische omstandigheden van de stad heeft dan ook een verandering tot gevolg in het voorkomen of gedrag van de aanwezige flora en fauna. Door veranderingen in het voorkomen en het gedrag van klimaatgevoelige soorten te volgen ontstaat zicht op de gevolgen van klimaatverandering in de stad.

Concept 3 Ongediertebestrijdingsinformatie – invasive species, pathogenen etc.

Het spuien van ballastwater zorgt wereldwijd voor het transport van exotische soorten naar nieuwe gebieden. Ook het wereldwijde containertransport en tourisme maken het mogelijk dat organismen vanuit verre oorden naar Nederland komen. Het is denkbaar dat ook pathogenen, parasieten en pathogenendragers zo kunnen worden geïntroduceerd. Na introductie in het ecosysteem kunnen sommige soorten zich succesvol vestigen en zich een plaats verwerven in het ecosysteem. Deze soorten zijn soms succesvoller in hun competitie met de aanwezige soorten om voedsel en ruimte en kunnen zo een bedreiging vormen voor de aanwezige biodiversiteit.

Het vestigingsklimaat voor nieuwe soorten wordt mede bepaald door de heersende klimatologische omstandigheden. Organismen aangepast aan een warmer exotisch klimaat zouden dus betere kansen kunnen hebben voor vestiging als bijvoorbeeld het klimaat in Nederland warmer geworden is. Het overleven van nieuwe soorten (invasive species) kan zo een indicator zijn van een veranderend klimaat in de stad en de effecten daarvan voor het stedelijk watersysteem. Nieuwe klimaatcondities zorgen er ook voor dat soorten die eerder geen kans hadden te overleven dan wel kunnen overleven. Deze verandering van klimaatzone kan dan een uitbreiding of verschuiving van het leefareal betekenen, waardoor ook soorten vanuit naburige landen zich in Nederland kunnen vestigen.

Concept 4 Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie-systemen

Een samenwerkingsverband van de Universiteit van Bradford en Yorkshire Water ontwikkelt een nieuw "sewerage sensor and telemetry system" (rioolsensor- en telemetriesysteem) om verstoppingen bij (riool)huisaansluitingen te kunnen monitoren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van zeer eenvoudige en goedkope sensoren (ca. €6,- per sensor) die worden geïnstalleerd aan de bovenzijde van een huisaansluiting (blijft bij normaal functioneren droog). Het gebruikte type sensor geeft een signaal af bij contact met water, duidend op een mogelijke verstopping benedenstrooms van de sensor. De intentie van dit onderzoek is om bij een grote hoeveelheid huisaansluitingen dergelijke sensoren te plaatsen zodat een ruimtelijk beeld van hoge dichtheid ontstaat van locaties met mogelijke wateroverlast ten gevolge van problemen in het rioolsysteem.

Een belangrijk aspect binnen het onderzoek is de datacommunicatie. Een gestelde randvoorwaarde is om alle data uit alle sensoren real-time en wireless te verzamelen. Hiertoe wordt gebruikt gemaakt van mesh network wireless technology. De kosten van datacommunicatie (1 lokale unit per sensor en 1 centrale unit of hub per ca. 30 sensoren) liggen momenteel rond de €50-€100 per sensor.

Eendoelstelling binnen het project is om deze kosten naar beneden te brengen omdat deze als een groot obstakel worden gezien voor een wijdverbreide implementatie van de techniek. Gelijkoortig onderzoek naar datacommunicatiesystemen voor fijnmazige sensornetwerken in stedelijk gebied wordt momenteel uitgevoerd door een samenwerkingsverband van Witteveen+Bos en Munisens.

Zowel de onderzochte meettechniek als het ontwikkelde datacommunicatiesysteem kunnen een rol spelen bij het meten van de effecten van klimaatverandering in stedelijk gebied. Een datacommunicatiesysteem uitgelegd voor een fijnmazig stedelijk (low-cost) sensornetwerk kan voor velerlei doeleinden worden ingezet. Voornoemde nat/droog sensoren geïnstalleerd op straatniveau kunnen een beeld geven van de omvang van wateroverlast in stedelijk gebied; additionele akoestische of druksensoren kunnen naast omvang ook informatie over waterdiepten (op het maaiveld) toevoegen. Andere mogelijke toevoegingen aan hetzelfde communicatienetwerk: standalone temperatuursensoren (om hitte-stress in beeld te brengen) en sensoren voor zoutgehalte/geleidbaarheid (ter bestudering van verzilting).

Concept 5 Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatie maatregelen

Neerslaggebeurtenissen kunnen van (grote) invloed zijn op de prestatie van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's). Naast een hydrodynamische beperking (maximum debiet dat de rwzi aan kan) kennen rwzi's een beperking van de hoeveelheid vuilvracht die per tijdseenheid kan worden verwerkt. Veelal ligt dat maximum op 2 à 3 maal de vracht bij normale droogweerafvoer (DWA). Door grote neerslaggebeurtenissen worden soms grote hoeveelheden opgeslagen materiaal uit een rioolstelsel naar de rwzi afgevoerd. Hierdoor kunnen piekvrachten ontstaan van 2 tot 10 maal de normale DWA-vracht. Dergelijke extreme condities kunnen (delen van) een rwzi ernstig ontregelen met als gevolg het disfunctioneren van (een deel van) de rwzi gedurende enkele uren tot enkele dagen. Hierdoor kunnen ernstige verontreinigingen van het ontvangend oppervlaktewater ontstaan.

Klimaatverandering kan op twee manieren de beschreven extreme condities vaker of heviger doen vóórkomen. Ten eerste zal bij een toename van de frequentie van grote neerslaggebeurtenissen de frequentie van grote piekvrachten naar de rwzi ongeveer evenredig toenemen. Ten tweede zullen door langere droge perioden vuilstoffen langer in rioolstelsels kunnen accumuleren waardoor tijdens de eerstvolgende regenbui meer vuilvracht naar de rwzi zal worden afgevoerd.

De omvang, duur en frequentie van piekvrachten in rwzi influent is voorheen veelal bepaald aan de hand van incidentele meetcampagnes waarbij steekmonsters en laboratoriumanalyse de belangrijkste ingrediënten vormden. Echter, met behulp van innovatieve meetmethoden wordt het mogelijk om langdurig en hoogfrequent te meten aan afvalwaterkwantiteit en -kwaliteit. De resultaten bieden de mogelijkheid om veel meer in detail inzicht te krijgen in de variaties in een rwzi aanvoerpatroon. Gewapend met deze kennis is het mogelijk maatregelen in het afvalwatersysteem te ontwerpen die de negatieve gevolgen van piekvrachten kunnen mitigeren (zoals de inzet van buffercapaciteit, aangepast frequentie van rioolreiniging, aanpassing zuiveringsproces etc.). Bovendien is het mogelijk met dergelijke meetmethoden de effecten van genomen maatregelen grondig te bestuderen.

Een voorbeeld van het gebruik van innovatieve meetmethoden is een meetcampagne uitgevoerd op de rwzi Eindhoven. Met behulp van spectrometers (UV/VIS sensoren) is hoogfrequent (1x per 2 minuten) en in real-time gedurende 1,5 jaar de kwaliteit van het influent bepaald. Bij deze meetmethode wordt absorptie van licht van vele verschillende golflengtes (200 - 750 nm) gerelateerd aan concentraties van vuilparameters. Op basis van deze 1,5 jaar data is een nulsituatie voor afvoer tijdens droogweer en tijdens regenweer geformuleerd. De meetresultaten en het daarmee verkregen inzicht in systeemgedrag vormen een goedonderbouwde basis om over optimalisatie van en maatregelen in het afvalwatersysteem in de regio Eindhoven te kunnen discussiëren. Veranderingen in het systeem door bijvoorbeeld klimaatverandering kunnen met behulp van deze metingen herkend en gekwantificeerd worden.

Concept 6 De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport

De waterleidingwet geeft aan dat de temperatuur van drinkwater in het distributiesysteem maximaal 25°C mag bedragen. Reden voor het stellen van een maximum is de relatie met verhoogde biologische activiteit bij hoge temperaturen (o.a. legionella) en temperatuurgerelateerde storingen aan de infrastructuur. Recent onderzoek van de N.V. Tilburgsche Waterleiding Maatschappij toont aan dat al in de huidige situatie in zomermaanden drinkwatertemperaturen van 25°C of hoger geen uitzondering vormen. Belangrijke invloedsfactoren hierbij zijn de temperatuur van de grondstof (rivierwater, grondwater) en de opwarming tijdens transport door interactie met het grondpakket waarin het distributiesysteem ligt. Hogere gemiddelde omgevingstemperaturen ten gevolge van klimaatverandering (eventueel versterkt door het heat-island effect) leiden waarschijnlijk tot hogere temperaturen van grondstof en grondpakket en dientengevolge tot een verdere verhoging van temperaturen in het drinkwater-distributiesysteem.

De temperatuur van het aangevoerde drinkwater bepaalt voor een deel de temperatuur van het afgevoerde afvalwater. Verhoging van de drinkwatertemperatuur betekent dus ook een verhoging van de afvalwatertemperatuur. Een verhoging van afvalwatertemperatuur stuit op twee bezwaren: (1) bij eventuele riooloverstorten neemt de thermische verontreiniging van het oppervlaktewater toe en (2) de biologische activiteit in het riool neemt toe waardoor de productie van ongewenste componenten kan toenemen. Een belangrijk voorbeeld van laatstgenoemde is waterstofsulfide dat stankoverlast en betonaantasting veroorzaakt en bovendien gevaarlijk is bij inademing. De productie en emissie van waterstofsulfide en de relatie met temperatuur is uitgebreid onderzocht door bijvoorbeeld een onderzoeksgroep aan de universiteit van Queensland in Australië.

Voor zowel de drinkwaterdistributie als het afvalwatertransport geldt dat kennis over het functioneren van de warmtehuishouding in deze systemen nog vrij beperkt is. Gerapporteerde temperatuurmetingen zijn vaak lokaal en incidenteel. Ontbrekende meetgegevens bemoeilijken de kalibratie en validatie van drinkwater- en rioolmodellen die zijn toegespitst op de warmtehuishouding. Echter, een dekkend meetnet gericht op het (op de lange termijn) meten van watertemperatuur in beide netwerken is essentieel voor het in beeld brengen van de effecten van klimaatverandering op de warmtehuishouding in beide systemen. Deze informatie is van cruciaal belang voor het verklaren van en het zoeken naar oplossingen voor eventuele temperatuurveranderingen en de gevolgen daarvan. DTS (Distributed Temperature Sensing) is een innovatieve meetmethode voor het monitoren van (water)temperatuur in leidingsystemen dat gebruik maakt van lange glasvezelkabels die over de lengte van de kabel (tot 25km) temperatuur kunnen meten. Deze methode biedt als grote voordeel dat op slechts één locatie data wordt gegenereerd en opgeslagen. Toepassing van deze techniek heeft zich bewezen in gemengde en gescheiden rioolstelsels.

Een innovatieve meetmethode voor het hoogfrequent, real-time en online bepalen van waterkwaliteitsparameters maakt gebruik van spectrometrie (UV/VIS sensor). Bij deze meetmethode wordt absorptie van licht van vele verschillende golflengtes (200 - 750 nm) gerelateerd aan concentraties van vuilparameters. In verschillende (laboratorium)toepassingen is dit type sensor succesvol toegepast om hoogfrequent concentratiewaarden H₂S-gas te meten. Gebruik van dit type sensor voor in-situ metingen (dus binnen in rioolsystemen) biedt nog enkele uitdagingen, vooral met betrekking tot schoonmaak en onderhoud.

Concept 7 'Flitsdienst' van burgers die mobile via sms melding maken van 'water op straat'

Een sms-dienst waarmee burgers melding kunnen maken van water op straat. Dit betreft de burger actief bij de uitdagingen van een toekomstig watersysteem waarbij acceptatie van overlast mogelijk een facet vormt. Een aandachtspunt is de wijze waarop participatie van de burger wordt gestimuleerd. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van een monetaire beloning (via maandelijkse loting) en een laagdrempelige instap. Kwaliteitscontrole en valse meldingen kunnen worden verminderd door de melding vergezeld te laten worden door een foto of filmpje gemaakt met de mobiele telefoon.

Concept 8 Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van 'water op straat', bvb tunnelcamera's

In moderne westerse steden zijn een zeer groot aantal bewakingscamera's aanwezig. Binnen dit concept 8, wordt deze grote capaciteit aan surveillance toegepast om "water op straat" te signaleren. Er zijn op dit moment toepassingen bekend van politie-surveillance waarbij automatische herkenning van beeld en geluid wordt gebruikt om overlastsituatie te herkennen. Met een slim stukje software zou automatisch "water op straat" kunnen worden herkend en gemeld. Grote netwerken zoals politie-surveillance systemen van uitgaansgebied, maar ook de cameranetwerken van NS of busmaatschappijen zijn eerste kandidaten.

Concept 9 Meten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters

Regenval is een van de belangrijkste klimaat gegevens die als input dient voor verscheidene doeleinden, o.a. klimaat modellen en overstromingswaarschuwing systemen. Regen wordt over het algemeen niet in de stad gemeten: de onzekerheid zou te groot zijn. Door echter (zeer) vele metingen in de stad te doen, zou die onzekerheid verminderd kunnen worden. Het voorstel is om zeer goedkope disdrometers (akoestische regenmeters, ca. \$10 per stuk) over de stad te verspreiden. Logging kan gebeuren met het systeem dat in concept 4. genoemd wordt. Op deze manier kan voor relatief weinig geld een beeld verkregen worden van de ruimtelijke verdeling van regen over de stad. Mogelijk dat daarmee ook nieuwe fenomenen gesignaleerd kunnen worden.

Concept 10 Ruimtelijke spreiding van het 'heat island effect' in kaart gebracht

Klimaatverandering betekent voor Nederland mogelijk een verhoging van jaargemiddelde (lucht)temperaturen. Deze voor Nederland gemiddelde stijging zal mogelijk groter uitvallen voor stedelijke gebieden als gevolg van het stedelijk hitte-eiland effect (Urban Heat Island Effect, UHI). UHI is het fenomeen dat lucht- en oppervlaktetemperaturen in de stad structureel enkele graden hoger liggen dan in omliggende plattelandsgebieden. Belangrijke oorzaken van dit effect zijn afgenomen evapotranspiratie door verharding van het oppervlak, warmteopslag in stedelijk oppervlaktemateriaal gevolgd door nachtelijke uitstraling en de productie van warmte door stedelijke activiteiten (verwarming van gebouwen, verbrandingsmotoren, etc.). Zoals in vele studies wordt aangetoond, kunnen de negatieve gevolgen van een (toegenomen) UHI significant zijn. Genoemd worden effecten voor menselijke gezondheid, afgenomen comfort voor wonen en werken en toegenomen energieverbruik voor o.a. airconditioning.

Een veelvoud aan strategieën is ontwikkeld om het UHI te reduceren. Veelgenoemde maatregelen zijn isolatie van gebouwen, het uitbreiden van groene zones in stedelijk gebied, het toepassen van groene en koele daken, aangepast stadsontwerp voor betere luchtcirculatie en het gebruik van ander oppervlaktemateriaal. De toepasbaarheid en het succes van elke maatregel is veelal contextafhankelijk: een stadsontwerp aanpassen is alleen mogelijk bij grootschalige renovatie van een stad, voor extra groenzones is ruimte nodig en groene daken worden veelal op platte daken aangelegd.

Om het effect van klimaatverandering op stedelijke lucht- en oppervlaktetemperatuur te kunnen observeren is een netwerk van sensoren nodig dat temperatuur kan meten in drie dimensies: op verschillende locaties in het grondvlak van de stad alsook in verschillende lagen boven en onder het maaiveld. Ook voor het bepalen van het effect van genomen maatregelen ter bestrijding van UHI is een fijnmazig sensornetwerk voor temperatuur onontbeerlijk.

Een innovatieve meetmethode voor het meten van temperaturen in drie dimensies is DTS (Distributed Temperature Sensing). Deze techniek maakt gebruik van lange glasvezelkabels die over de lengte van de kabel (tot 25km) temperatuur kunnen meten. Deze methode biedt als grote voordeel dat op slechts één locatie data wordt gegenereerd en opgeslagen. Daarnaast kan een kabel in een willekeurige 3D-vorm worden toegepast waardoor een uiterst flexibel sensornetwerk ontstaat. Succesvolle toepassingen van DTS voor 3D temperatuurmonitoring zijn:

- (1) de detectie van lekken in betonnen stuwdammen. Door een DTS glasvezelkabel in een dicht 3D-netwerk in de constructie te verwerken, kunnen lekken (van lagere temperaturen) real-time worden opgespoord.
- (2) de detectie van brand in (grote) gebouwen. Door een DTS glasvezelkabel in een dicht 3D-netwerk in de plafondconstructies te verwerken, kan een brand vroegtijdig gedetecteerd worden.

Een dergelijk 3D sensornetwerk is niet eerder in stedelijk gebied toegepast. Gedacht kan worden aan het ingraven van een kabel langs een bepaalde doorsnede van de stad om (de variatie in) grondtemperaturen in beeld te brengen. Eenzelfde kabel gespannen langs boomkruinen geeft een beeld van luchttemperaturen op enkele meters hoogte boven het maaiveld. Kabels zijn sterk genoeg om over enkele honderden meters lengte aan hun eigen gewicht opgehangen te worden; verticale profielen van stedelijke temperatuur kunnen dus verkregen worden door DTS-kabels op enkele plaatsen in de stad aan hoge overstekken op te hangen. Op specifieke locaties waar maatregelen ter bestrijding van UHI zijn genomen kan met één kabel in een geschikte 3D-configuratie het effect van genomen maatregelen in kaart worden gebracht.

Het urban heat island effect is een, ondertussen, algemeen geaccepteerd fenomeen dat bij "leven in de stad" hoort. Maar waar in de stad de hete en warme plekken nou echt zijn, is niet altijd duidelijk. En om maatregelen te treffen is het nodig om te weten waar het probleem zit. Daarom willen we met behulp van DTS de temperatuur in de straten van Rotterdam gaan meten. Distributed Temperature Sensing is een meet techniek die steeds meer toepassingen krijgt.

Concept 11 Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit

Op dit moment is de sturing van water door het stedelijk oppervlaktewatersysteem gebaseerd op het streven naar een bepaalde grondwaterstand, het voorkomen van te lage waterpeilen in grachten en sloten. Met geavanceerde automatische waterkwaliteitsstations is het mogelijk om watermassa's te karakteriseren en dus bewust een doel toe te kennen, of verblijftijd te beïnvloeden dan wel te transporteren of te mengen. Waarborging van de kwaliteit van de in-situ gemeten data is essentieel om alle gegevens te kunnen combineren en te komen tot interpretatie en sturing.

Voorbeeld: De data van een automatische In-situ meting van de fycocyanine concentratie, het specifieke pigment van cyano-bacteriën (blauwalg) kan worden gebruikt om bijvoorbeeld een kanaal als "met blauwalgvervuild" aan te merken. Dit water kan bewust niet worden toegelaten door een kunstwerk gesloten te houden waardoor vervuild water niet een recreatieplas kan bereiken. Dit geldt naast blauwalg ook voor andere parameters, zoals temperatuur (bvb Variabele weerstand), pH (bvb redox cel met kalomel referentie elektrode), geleidbaarheid (bvb weerstandssensor & magnetische weerstand elektrode), saliniteit (berekende waarde uit weerstandssensor), diepte (bvb druksensor, al dan niet absoluut), redox condities (bvb platina elektrode met kalomel referentie elektrode), zuurstofgehalte (bvb Clark membraan elektroden en Luminescentie detectie elektroden, bijv. LDO, ROX), troebelheid (bvb licht verstrooiing, sensorontwerp verschilt met detectiehoek), nitraatgehalte (bvb ion selectieve elektrode & transmissie/absorptie), ammoniumgehalte (bvb ion selectieve elektrode), fosfaatconcentratie (spectroscopie), chloride concentratie (bvb ion selectieve elektrode), productiviteit/Chl a (bvb pigment analyse, in-situ fluorometrie), cyano-bacteriën, blauwalgconcentratie (bvb pigment analyse, in-situ fluorometrie), fotoactief licht, PAR (licht beschikbaar voor fotosynthese, spectrum 400-700 nm), totaal opgeloste gassen (bvb TDS, druksensor achter Si-membraan).

Concept 12 Analyse van de gevolgen van klimaatsverandering op warmtewinning uit de watercyclus

Klimaatverandering betekent voor Nederland mogelijk een verhoging van jaargemiddelde (lucht)temperaturen. Een waarschijnlijke consequentie hiervan is een structurele verhoging van temperaturen van drinkwater, afvalwater en oppervlaktewater. Deze verhoging kan ongewenste effecten met zich mee brengen: de kwaliteit van drinkwater en oppervlaktewater kan worden bedreigd en afvalwater kan te maken krijgen met een toename in productie van schadelijke componenten. Een temperatuursverhoging kan ook positieve effecten sorteren: een afvalwaterzuiveringinstallatie is veelal gebaat bij een (beperkte) verhoging van de afvalwatertemperatuur.

Een mogelijke strategie voor het tegengaan van verhoging van watertemperaturen is het structureel onttrekken van energie uit de waterstromen op verschillende punten binnen de watercyclus. Idealiter wordt de onttrokken energie nuttig ingezet, bijvoorbeeld ten behoeve van stadsverwarming, industriële processen, etc. Het op grote schaal toepassen van dergelijke warmtewinning uit de watercyclus zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de totale energievraag van een stedelijk gebied.

Het winnen van energie uit de watercyclus is door verschillende (universiteits)groepen onderzocht. In Zwitserland bijvoorbeeld, waar al ca. 30 installaties gebouwd zijn om warmte te onttrekken aan afvalwater, is onderzoek gedaan naar o.a. eisen aan potentiële locaties voor warmtewinning, de praktische implementatie van warmtewisselaars in rioolbuizen en de gevolgen van warmteonttrekking voor de temperatuur van het afvalwater. Voor laatstgenoemd aspect zijn modellen ontwikkeld die de temperatuur van afvalwater kunnen beschrijven en een inschatting kunnen maken van temperatuurveranderingen ten gevolge van een puntonttrekking van energie. De kalibratie en validatie van dergelijke modellen is tot op heden lastig gebleken als gevolg van een gebrek aan data. Naast de toepassing in riolering zijn er studies bekend naar de toepassing en gevolgen van warmtewinning op rwzi's, uit drinkwaterstelsels en uit oppervlaktewatersystemen.

Met het mogelijk opwarmen van stromen in de watercyclus wordt het op grote schaal onttrekken van energie uit de watercyclus een steeds interessantere optie. Voor een adequate en efficiënte toepassing van dergelijke systemen in Nederland zullen buitenlandse ervaringen moeten worden vertaald naar de Nederlandse context en zullen, waar nodig, enkele kennishiaten moeten worden opgevuld.

Concept 13 Grondwateroverlastbepaling: kies meetpuntlocaties zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (gedefinieerde klimaatobservatoria)

De respons van grondwatersystemen op neerslag kan op verschillende tijdschalen plaatsvinden afhankelijk van de geohydrologie. Een toename van de grondwateraanvulling in bv. duingebieden kan zich pas na jaren uiten in grondwateroverlast in naastgelegen bebouwd gebied (bv. binnenduinrand). Anderzijds kan een paar dagen hevige neerslag al leiden tot natte kelders in gebieden met een matig tot slecht doorlatende ondiepe ondergrond (bv. Brabantse leem). Het is dan ook cruciaal om de geohydrologische randvoorwaarden goed te kennen alsmede de neerslag-grondwater relatie. Deze kan met tijdreeksanalyse van bestaande meetreeksen worden bepaald. Het betekent ook dat een goede neerslagregistratie cruciaal is. Naarmate de responstijd korter wordt, is meer detail gewenst in de ruimtelijke verdeling van neerslag.

Bij grondwateroverlast en -onderlast is van belang dat de grondwaterstand niet alleen door klimatologische factoren wordt bepaald, maar juist in stedelijk gebied ook (en vooral) door drainage, onttrekkingen, ondergrondse objecten en dergelijke. Dit maakt dat de meetpuntlocatie zorgvuldig gekozen moet worden op basis van terreinomstandigheden. Een peilbuis naast een peilbeheerste waterloop of drainage zal met name de invloed daarvan weerspiegelen en niet van het klimaat. Door een bepaalde groep huidige meetlocaties te definiëren als klimaatobservatorium, of specifiek meetlocaties in te richten om de impact van klimaat te analyseren kunnen langlopende meetseries worden opgebouwd. Vanuit die data kunnen klimaatrends worden verkregen en de gevolgen van klimaatverandering op het watersysteem worden gekwantificeerd.

Concept 14 Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden

Het is belangrijk onderscheid te maken tussen funderingsschade door paalrot en door verschilzetting van klei- of veenlagen. In het eerste geval duurt het lang voordat een grondwaterstandsverlaging tot onder het bovenste funderingshout leidt tot schade (gemiddeld 10 tot 20 jaar, Van Etten 2000). Er is dus in principe genoeg tijd om schade te voorkomen zodra er droogstand van funderingshout optreedt. In het tweede geval kan enkele dagen tot weken uitzonderlijke droogte al leiden tot schade. In beide gevallen geldt dat zo dicht mogelijk bij de bebouwing / fundering moet worden gemonitord, omdat in bebouwd gebied de grondwaterstand op korte afstand sterk kan variëren als gevolg van drainages, lekke riolen, gedempte sloten, weg- of rioolcunetten, ondergrondse blokkades, enz.. Dit houdt in, dat een belangrijke rol voor de huiseigenaar / bewoner / burger is weggelegd, aangezien de monitoring veelal op particulier terrein moet plaatsvinden. In risicogebieden is het dan ook voorstelbaar dat per woning twee peilbuizen worden geplaatst, bij de voor- en bij de achtergevel, en dat deze wekelijks door de bewoner gepeild wordt. Bij houten paalfunderingen is het dan van belang om ook het hoogste aanlegniveau van de houten fundering te kennen, anders kan niet worden vastgesteld of er droogstand heerst. Bij verschilzettingen is het vaststellen van een kritisch grondwaterniveau veel lastiger, omdat daarvoor de historisch laagste grondwaterstand bekend moet zijn. Het bepalen van hydromorfe kenmerken kan hierbij enig soelaas bieden. Verder is de vraag in hoeverre burgers te porren zijn voor een investering in peilbuizen en bijbehorende meetinspanningen.

De baten moeten inzichtelijk zijn. Bij houten paalfunderingen zijn dit de vermeden funderingsherstelkosten (gemiddeld EUR 60.000 op een termijn van 10 a 20 jaar). Momenteel loopt een meetpilot in Rotterdam-Hillegersberg waar bewoners van panden met houten funderingen in een risicogebied wekelijks de grondwaterstand bij hun voor- en achtergevels peilen. Voorts moet duidelijk zijn welke maatregelen mogelijk zijn bij geconstateerde droogstand en wie deze financiert. Tot slot is een relevante vraag wat moet worden verstaan onder een 'risicogebied', d.w.z. in welke gebieden burgers gestimuleerd zouden moeten / kunnen worden om zelf grondwater te gaan monitoren.

Concept 15 Bepaling van de gevolgen van klimaatsverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater

Anders dan in het kader van onderzoek naar bodem- en grondwaterverontreinigingen (Wbb) wordt er nog nauwelijks aan grondwaterkwaliteitsmonitoring gedaan. De bijdrage van grondwater aan oppervlaktewaterkwaliteit is een mogelijk meetdoel in het kader van behalen van chemische KRWdoelen in stadswateren. Steeds meer gemeenten noemen het vasthouden van gebiedseigen water als ambitie in hun waterplannen, bv. om de inlaat van gebiedsvreemd water te reduceren. Behalve regenwater kan gebiedseigen water ook (gedraineerd) grondwater zijn. Het meten aan grondwaterkwaliteit is dan echter pas zinvol als (1) aangetoond kan worden dat de bijdrage van grondwater aan de (kwantitatieve) oppervlaktewaterbalans voor het betreffende waterlichaam niet verwaarloosbaar is, en (2) vastgesteld kan worden wat het voedingsgebied is van het waterlichaam (bv. met een isohypsenkaart of grondwatermodel). Fosfaat is wellicht de belangrijkste te monitoren parameter, daarnaast arseen en zware metalen. Klimaatverandering kan potentieel de mobiliteit van verontreinigingen beïnvloeden. Vooral variaties in reductie en oxidatie omstandigheden kunnen fosfaat en zware metalen mobiliseren.

Concept 16 Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025

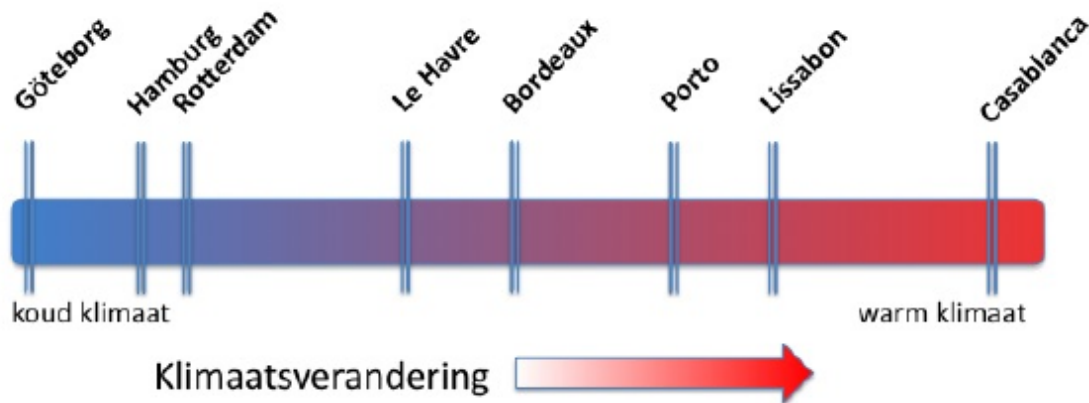
In 2006 publiceerde het KNMI vier klimaatscenario's. Deze klimaatscenario's geven consistente en plausibele beelden van een mogelijk klimaat en fungeren sindsdien als standaard voor impact- en adaptatiestudies. In 2009 verscheen een brochure waarin nagegaan wordt wat de onderzoeksresultaten van de afgelopen jaren betekent voor de gepubliceerde scenario's uit 2006. Deze publicaties vormen ook het uitgangspunt voor deze definitiestudie. Er moet nog wel een interpretatieslag gemaakt worden om te begrijpen wat de geformuleerde klimaatsverandering betekent voor het stedelijk watersysteem. Aan de hand van modelberekeningen en de huidige kennis kan men komen tot een verwachting van de gevolgen voor bijvoorbeeld de overlast van water op straat naar aanleiding van een veranderde neerslagintensiteit. Alhoewel zorgvuldige aannames worden gemaakt omvatten dergelijke berekeningen grote onzekerheden. Een tal van chaotische factoren, zoals het voorkomen van exotische diersoorten en gerelateerde problemen zijn niet tot zeer moeilijk te voorspellen. Vanuit dit beeld van onzekerheid in voorspellingen en een gekoppeld gebrek aan meetgegevens van het watersysteem waaruit de klimaatrend zichtbaar is komt het idee om eerst de komende 15 jaar specifieke metingen uit te voeren om de impact van klimaatverandering op het watersysteem in beeld te brengen. In 2025 vindt dan een evaluatie van deze data plaats waarna maatregelen kunnen worden geformuleerd. Dit concept zou grootscheepse klimaatgerelateerde investeringen op korte termijn voorkomen. Zeker als in 2025 blijkt dat klimaatverandering maar een zeer kleine component vormt van de toekomstige eisen aan het stedelijk watersysteem.

Concept 17 Om de vijf jaar een wetenschappelijke conferentie "klimaatevaluatie en meetstrategie"; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst

Om de vijf jaar zal er in Rotterdam een internationale klimaatconferentie worden georganiseerd waarbij alle op dat moment leidende wetenschappers worden uitgenodigd. Zij krijgen de opdracht om op basis van monitoringsgegevens de impact van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem te evalueren. Vanuit die evaluatie worden onzekerheden en hiaten in kennis geïdentificeerd en een nieuw meetplan opgesteld. Te samen met de stakeholders, bijv. stedelijk ontwerpers, beleidsmakers, ingenieurs etc. Zullen de wetenschappelijke inzichten worden vertaald naar ingrepen en beleidsaanpassingen voor de volgende jaren.

*Concept 18 "Tijdlĳn van internationale havensteden over de breedtegraad
Welke problemen kennen zij? Krijgen wij in de toekomst die problemen ook? Hoe gaan zij de
klimaatproblematiek om en wat kunnen wij nog meer van elkaar leren?"*

Tijdlĳn van havensteden langs de "kanaalkust" en hoe deze steden omgaan met watersysteembeheer. Onderliggende filosofie is dat uitdagingen die steden in de toekomst gaan krijgen, vergelijkbaar zullen zijn met de huidige problematiek van steden lager op de breedtegraad en verder op de tijdlĳn. Gedacht wordt aan de volgende steden: Hamburg, Rotterdam, Le Havre,



Figuur 5.2 Concept temporale schaal van havensteden langs de Kanaalkust als schaal van toekomstige klimaatsproblemen.

Zo ontstaat een klimaatgeïnduceerde 'levensloop of levenscyclus van een stad' waarbij klimaatverandering een verschuiving inhoud van positie op de schaal. De huidige verwachting is, dat dit een verschuiving naar rechts op de tijdlĳn betekent. Het is echter ook denkbaar klimaatverandering een verschuiving naar een kouder klimaat betekent, ofwel een verschuiving op de schaal naar links.

Concept 19 WOZ waarde

Tijdens een praktische workshop werden de deelnemers gevraagd ook zelf indicatoren voor de impact van klimaat op het watersysteem te formuleren. Daarbij kwam naar voren dat de financiële draagkracht van de burger van belang is, omdat de burger zelf maatregelen kan nemen om problemen die ontstaan te verhelpen. Als voorbeeld kan de case Kralingen worden gezien waar bewoners zelf maatregelen nemen om de paalrot problematiek op te lossen. De verwachting is dat klimaatverandering een verlaging van het grondwaterniveau kan impliceren wat de paalrot problematiek kan intensiveren. Diverse financieel draagkrachtige burgers nemen op dit moment al maatregelen om deze problematiek te bestrijden, in zichzelf dus al een klimaat-adaptatieve maatregel. De waarde van een woning (WOZ waarde) geeft een indicatie van de mate van kapitaalcrachtigheid en dus ook de mogelijkheid van de eigenaren om in te spelen op bedreigingen als gevolg van klimaatverandering.

Concept 20 Sociale en economische parameters

Het Centraal Bureau voor de Statistiek bevat zeer veel gegevens die als indicator zouden kunnen fungeren voor een veranderend klimaat. Zo kan gedacht worden aan directe gevolgen voor de volksgezondheid van langere droogte perioden met een directe link naar het voorkomen van astma en longkanker. Daarnaast zijn er ook veel economische gegevens beschikbaar met een klimaatrelatie. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan de omzet van de Nederlandse watersport sector en een verhoging in het voorkomen van drijfvlagen geproduceerd door cyanobacteriën.

Bijlage 6 Surveyformulier workshop

WP4: Innovatieve meet en monitoringstechnieken

Kennis voor Klimaat - Hotspot Regio Rotterdam - Terms of Reference 1 - Tranche 1 - Werkpakket 4



NAAM DEELNEMER: _____

SPELREGELS:

Wij willen elke deelnemer vragen om achter maximaal vijf concepten, die u als veelbelovend inschat, een kruis te zetten. Denkt u daarbij bijvoorbeeld aan: kosten, informatieopbrengst, haalbaarheid, acceptatie, implementatie etc. Op de achterkant van dit formulier is ruimte voor commentaar. Bij voorbaat dank voor uw input!

Lijst met ideeën:	
Indicatoren	
Concept 1 (D+TU)	Investeringen aan het watersysteem als potentiële indicator van: a. Kosten als gevolg van klimaatverandering en b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem.
Concept 2 (D)	Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatperspectief
Concept 3 (D)	Ongediertebestrijdinginformatie - invasive species, pathogenen etc.
Riolering en neerslag	
Concept 4 (TU)	Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie systemen
Concept 5 (TU)	Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatie maatregelen
Concept 6 (TU)	De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport
Concept 7 (D)	'Flitsdienst' van burgers die mobiel via sms melding maken van "water op straat"
Concept 8 (D)	Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van 'water op straat', bvb tunnelcamera's
Concept 9 (TU)	Meten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters
Oppervlaktewater	
Concept 10 (TU)	Ruimtelijke spreiding van het 'heat island effect' in kaart brengen. 3D monitoring van temperatuur in stedelijk gebied om de impact en interactie met het watersysteem te bepalen
Concept 11 (D)	Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als kwaliteit
Grondwater	
Concept 12 (TU)	Analyse van de gevolgen van klimaatverandering op warmtewinning uit de watercyclus
Concept 13 (D)	Grondwateroverlastbepaling: kies sommige meetpuntlocaties, zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (klimaatobservatoria)
Concept 14 (D)	Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden
Concept 15 (D)	Bepaling van de gevolgen van klimaatverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater
Onderzoeksvisie	
Concept 16 (D)	Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025
Concept 17 (D)	Om de 5 jaar een wetenschappelijke conferentie "klimaatevaluatie en meetstrategie"; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst
Concept 18 (D)	"Tijdslijn" van internationale havensteden over de breedtegraad

Klimaatverandering

Welke problemen kennen zij? Krijgen we die problemen ook? Hoe gaan zij met problemen om en wat kunnen wij nog meer van elkaar leren?

Foto: www.fotocompetitie.ups.nl

Bijlage 7 Workshop Klimaatadaptatie Rotterdam

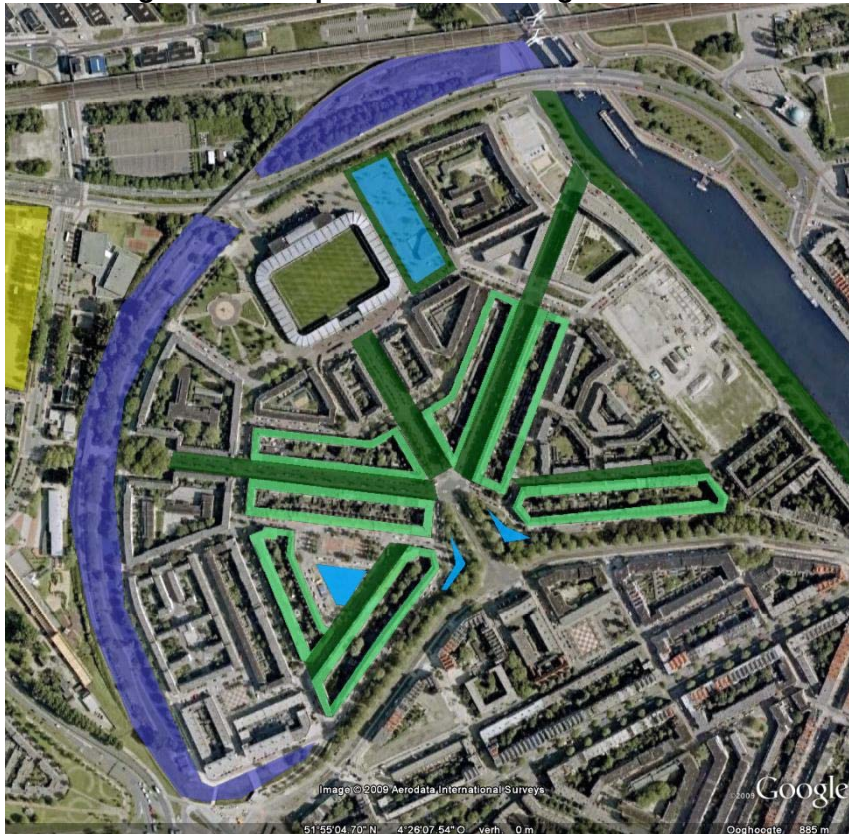
Deelnemerslijst

Voornaam	Tussenvoegsels	Achternaam	Organisatie
Daniel		Goedbloed	Gemeente Rotterdam
		Pieneman	Gemeente Rotterdam
		Voogd	Gemeente Rotterdam
Lissy		Nijhuis	Gemeente Rotterdam
Erik		Hovingh	HHSK
Ton		Beenen	Rioned
Fransje		Hooijmeijer	TU Delft
Patrick		Kaashoek	Woonstad
Rob		Ammerlaan	Delfland
Piet	van	Beek	Evides/Hogeschool Rotterdam
Kevin		Battarbee	IMBO

Presentatie

Voornaam	Tussenvoegsels	Achternaam	Organisatie
John		Jacobs	Gemeente Rotterdam
Roeland		Nagel	IBM
Piet		Dircke	Arcadis

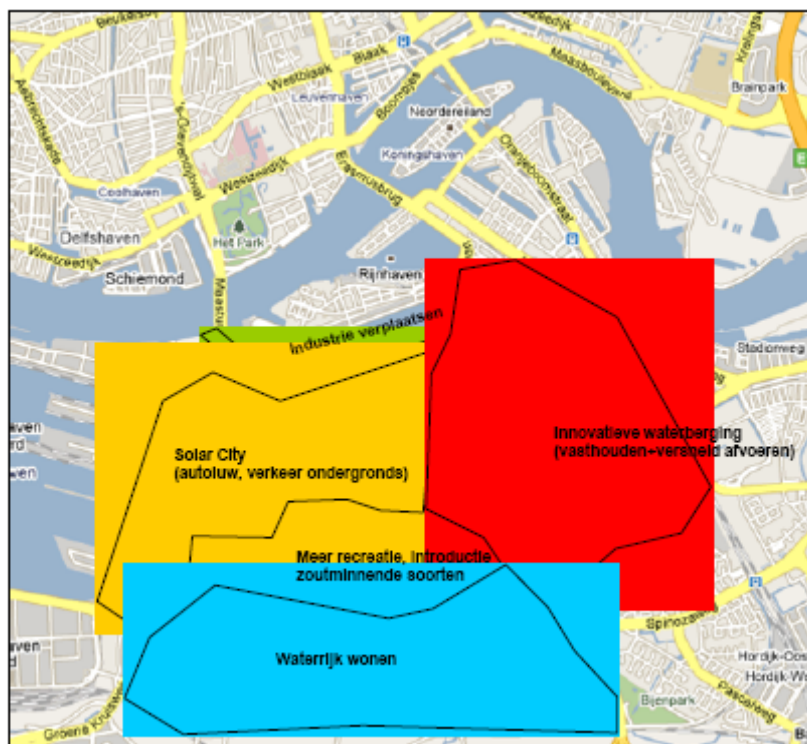
Uitwerking klimaatadaptatie in drie deelgemeenten



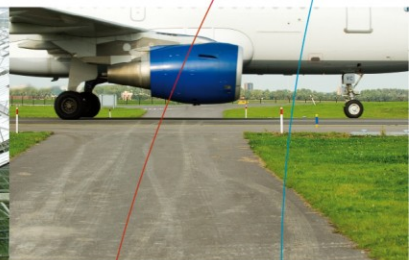
Figuur 1 Maatregelen in “Kasteeltuin Spangen” met groene daken (lichtgroen), bomenrijen plaatsen of uitbreiden (donkergroen), waterpleinen of verdiept parkeren (lichtblauw), uitbreiden oppervlaktewater en groen (donkerblauw) en aanleggen park met verbinding (geel).



Figuur 2: Maatregelen “Oase van Rotterdam” met Groene/blauwe verbindingszones (blauw), uitbreiden of vormen van groene gedeelten (groen) en vormen economische verbindingen (geel)



Figuur 3: Charlois en Feijenoord “Mediterrané aan de Maas” waar drie verschillende zones zijn gevormd



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E office@kennisvoorklimaat.nl

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

