

# Integrated Water Management

## Version 2.0 05/08/2012



### Case document Climate Proof Cities –

<b>Case manager</b>	Frans H.M. van de Ven	
		contact persons
<b>Related projects</b>	1.1, 2.3, 3.3, 3.3 extension, 3.4	
<b>Cities / locations</b>	Rotterdam (Oude Noorden) Amsterdam (Watergraafsmeer)  Rijswijk-Zuid Den Haag	Daniel Goedbloed Paulien Hartog, Alice Fermont Carl Pauwe Joris Al

## Contents

Scope of the research case	2
1 Case components	2
2 Project planning and budgets	5
3 Case management team	11
Annex 1: Achterliggende vragen:	12
Annex 2: Project 1.1 Urban Climate Monitoring in the Urban Canopy Layer	14
Annex 3: Project 2.3: Sensitivity and vulnerability of urban systems	20
Annex 4: Project 3.2: Rainfall interception, storage and evaporative cooling	30
Annex 5: Project 3.3 Extreme neerslag in de stad	33
Annex 6: Water and Energy Systems	38
Annex 7: 3.3 extension: Design & Decision support tool for managing urban pluvial flooding	46

## Scope of the research case

The expected climate change has significant consequences for the water management of urban areas. Not only will the frequency and the intensity of heavy rainstorms increase, but also the frequency and intensity of droughts and heat waves. The impact of heat and drought is aggravated by the urban heat island effect; an effect that is partially caused by reduced evaporation – though we do not understand the interaction between ambient temperature and evaporation. As the exposure of cities to extreme weather increases. And we may assume that this results in more economical, health and social damage.

However, we do have limited insight in the damage sensitivity of the urban system for flooding, drought and heat; neither do we have a clear overview of the most vulnerable parts of the urban system – including the most vulnerable groups of residents. Moreover, we lack insights in the effectivity of measures to reduce risks and damage and we have no clue on how to get the most appropriate set of measures selected.

Adaptation measures are hard to implement in practice, as a sense of urgency is missing, both among the population and in businesses. Residents and companies should see the advantage of implementing adaptation measures; a solid business case is a prerequisite. That is why we included research into the applicability of the water surplus due to excessive rainfall and of the water flows as carrier and a stock of thermal energy – heat and cold.

Research activities in the CPC case Integrated Water management are programmed following a list of research questions drafted end 2009 by urban water managers from municipalities and water boards. This list is enclosed as Annex 1.

## 1 Case components

### Exposure

The exposure of urban areas to extreme weather conditions in terms of probabilities of exceedance lies beyond the scope of the Climate Proof Cities programme; this is covered by another Knowledge for Climate programme called Climate Scenarios. The changing statistics for rainfall intensities, rainfall volumes, droughts and extremely high temperatures are a given for this CPC project. Our working field starts with changes in urban heat island effect and related processes in the urban boundary layer and the urban canopy layer. Changes in the urban boundary layer are most relevant for the exposure of humans, animals and plants – the urban ecosystem – due to high temperatures.

The interrelation between ambient and indoor temperatures, weather conditions, local surface water, vegetation, evapotranspiration and shade is investigated by detailed monitoring in Rotterdam and Arnhem. Specs of this programme are given in Annex 2.

A particular way to reducing ambient temperatures is by way of wetting paved surfaces. This tradition is practiced in Mediterranean countries and in Japan, but its effectivity is

marginally investigated. “Everybody feels the effects” people say, so there is ample reason to run field experiments in project 1.1. From mid 2011 on we are waiting for a series of hot summer days....

### **Urban Water Demand**

Droughts can cause substantial damage in urban areas. This damage could result from the shortage of water for vegetation, but also from heat stress that damages public health and comfort, land that subsides due to falling groundwater levels, and its consequential damage buildings and infrastructure. Controlling the levels of groundwater and surface water is therefore of utmost importance. This however requires supply of a substantial amount of water. The more because we recently came to the insight that urban heat stress can be reduced by evapotranspiration. By creating more urban surface water and more green in the urban environment extremely high ambient temperatures are smoothed. However, an ample supply of water is needed to this end, also for green roofs and green walls. In order to improve our ability to estimate this demand we have to investigate the role of water and evapotranspiration (latent heat) in its relation to extreme temperatures. Fieldwork for this research is executed under project 1.1, primarily in Rotterdam, further to investigations into urban heat stress under tranche 1 and tranche 3 of the Knowledge for Climate programme.

### **Urban flooding**

Primary concern of the hotspots in this programme is the increased risk of urban flooding and best ways to reduce this risk by adaptation measures. That is why the focus of project 3.3 is on

- the effectivity of best management practices to prevent urban flooding,
- improving the modelling concepts for pluvial flooding,
- the health risks of pluvial flooding and
- the applicability of the stormwater surplus.

We will study and summarize key characteristics of these adaptation measures (BMPs/ SUDS/LID facilities). Existing modeling concepts and modeling instruments will be improved to (a) better predict extent and severity of local flooding and (b) improve our capacity to assess effectivity of countermeasures. Case studies will be performed in “Oude Noorden” in Rotterdam and in “Watergraafsmeer” in Amsterdam. Moreover, the public health risk of pluvial flooding will be investigated in practice in Amsterdam. Pilot areas in Rijswijk and/or Den Haag are to be selected.

### **Damage sensitivity**

Although we all agree that flooding, drought and heat can cause substantial damage, little is known about extent, type and severity of this damage. Some sensitive objects are known, but figures on damage sensitivity of such objects and networks are hardly available; the size of direct and indirect damage is unknown.

More information on damage sensitivity is required if minimization of damage or optimization of the cost – benefit ratio is the objective of our protection strategy. Estimations on the risks of climate change were highly unreliable so far, in particular due to the uncertainty in the damage estimation in relation to a certain protection level.

That is why this damage sensitivity information is collected and analyzed in project 2.3. Direct damage as well as indirect and follow –up damage are analyzed and estimated for a variety of types of urban objects, networks and people (public health!).

This information will be presented in a way that contributes to discussions on the sense of urgency and the priorities in climate adaptation policy development. Watergraafsmeer Amsterdam and Oude Noorden Rotterdam will be used as objects of case studies.

### **Water utilization**

The surplus of stormwater is expected to increase due to climate change. This improves opportunities to make use of this water as a resource in dry periods. In particular use for irrigation, water level control, cleansing, toilet flushing, fire fighting, heat stress control and other low end purposes seems promising if we are able to protect public health from potential adverse effects. Opportunities, threats and control options for these forms of water utilization will be studied in project 3.3, in relation to the availability of this water.

Climate change alone is often not a sufficient trigger for adaptation. As the probability of extreme events is low, the risk perception is limited; a convincing business case for investments in climate adaptation seems to be missing.

### **Water and Energy**

An interesting form of utilization of water is the use for storage and transport of heat and cold, i.e. thermal energy. This could be in groundwater, as well as in surface water and in reservoirs and water distribution systems. Central question is how these combined water & energy systems can be organized and operated in the most efficient way. To this end the demand of heat and cold – and its variation over time, including its extremes – needs to be known, as well as the options to transport energy from multiple sources to multiple users.

Investigations in project 3.4 will focus on the demand and potential sources of heat and cold as well as on the potential use of the water supply network as a means to transport energy. Water quality and temperature could be regulated at local level using point source techniques. But priority one are public health and water quality considerations. Amsterdam will be used as study case, as Waternet is actively studying market potential of the Water and energy nexus.

### **Integration**

An instrument or toolbox will be made I to integrate this knowledge on climate adaptation technologies in an improved design or retrofit of an urban water management system. This instrument allows for:

- scanning the urban space to identify the most vulnerable points in town

- insight in the mechanisms that turn a location into an urban flooding hot spot ;
- estimating the potential damage
- designing and demonstrating (with figures and images) effective adaptation measures
- estimating the cost of these interventions.

While using participative modeling for the design process. The design and decision support tool builds upon 3Di Waterbeheer and is able to visualize the flooding process in 3D and to calculate the effectivity of the proposed measures; it will assist the designer to decide on an appropriate set of adaptation measures on the basis of expected damage and risks. The instrument will be tested in het Oude Noorden in Rotterdam, in de Watergraafsmeer Amsterdam and in Rijswijk or The Hague. The development of this instrument is an extension of project 3.3 and was decided on in July 2012.

The effectivity of specific sets of climate adaptation measures for specific conditions in an urban area will be investigated in the context of project 5.1. This project will be elaborated in more detail after first results from the projects 1.1, 2.3 and 3.4 are available. Cases as Watergraafsmeer and Oude Noorden will be used as pilot for testing the applicability of tools that assist in the selection of an appropriate set of measures.

Project 5.4, Ad-hoc questions, allows for integration of the research result for specific target audiences. One of these clients is the Dutch Delta Programme component Urban Development and Urban Reconstruction. Climate Proof Cities has a continuous link to this programme and is ready to answer their questions.

## 2 Project planning and budgets

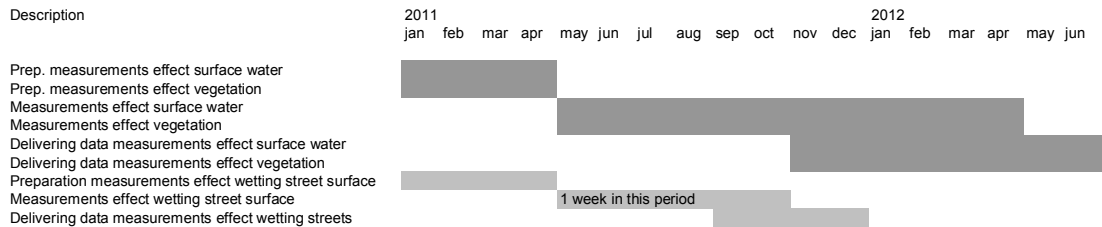
### Project work plans

All project work plans, version mid February 2011, are added as annex to this case work plan. From the perspective of the case it is in particular the internal and external coherence of these projects that is relevant. That is why we first take a look at planning and budgets of the individual projects and conclude this chapter with a paragraph on internal coherence.

### Project 1.1 Monitoring the Urban Climate: urban Canopy layer

Continuous measurements on the effects of vegetation and surface water on the air temperature will take place from May 2011 until August 2012. When budget is available or more budget becomes available prolongation of the measurement period is an option. Preparation for this measurement campaign is scheduled from February until April 2011.

Data delivery is scheduled to start from November 2011. This will however depend on settlements, on data format, way of publication of data and exclusive use of data.



Deliverables are data sets of measurements on the effect of surface water and vegetation as well as on the effect of wetting street surfaces on ambient temperatures. Within this project, €150.000 is available for these measurements.

Project 1.1 concludes with that delivery of a well-documented dataset. Time for thorough analysis of these data for the assessment of urban water demands and of the relation between evapotranspiration and urban ambient temperatures is not included in the budget. A new monitoring problem emerged in the case meeting end January 2011, where Waternet asked for detailed monitoring of urban flooding (extent and depth) in their hotspot Watergraafsmeer. This request was supported by hotspot Rotterdam and STOWA. In view of the research questions for project 3.3 this request for data is logical and plausible, but efforts in this fields are not yet scheduled; parties agreed that this is a new question. Decision was to first elaborate the research question in more detail and, in a next step, investigate where budget for this project could be retrieved from.

### Project 2.3 Sensitivity and vulnerability of urban systems

The project 2.3 has duration of 2 years, starting July 2010. The project will be finalized by the end of 2012. The project will provide the following deliverables:

- Report on sensitivity functions:
  - The results from the literature review
  - The results of the analysis of historic data
  - Overview of the sensitivity functions
- Report on pilot study results:
  - Pilot study results including sensitivity and vulnerability maps
- Recommendation on sense of urgency; which urban aspects are expected to be most sensitive and who is mostly affected by this
- Advise on adaptation options to reduce sensitivity
- Article
- Library of sensitivity functions and if possible WIKI environment description of functions

Activity	2010					2011					2012												
	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m
<i>Act 1: Preparation for pilot study</i>																							
Pilot areas selection																							
Data gathered																							
<i>Act 2: Literature review</i>																							
<i>Act 3: Analysis of available historic records and files</i>																							
Data gathering																							
Analysis of the available records and files																							
<i>Act 4: Development of sensitivity functions</i>																							
Long list of smallest elements																							
Short list of smallest elements																							
First set of functions																							
Expert meetings																							
Final set of functions through results case study																							
<i>Act 5: Pilot study</i>																							
<i>Act 6: Sense of urgency and adaptation options</i>																							
Defining sense of urgency																							
Defining best choice adaptation options																							
<i>Act 7: Sensitivity and vulnerability</i>																							
<i>General activities</i>																							
Workplan																							
Reporting																							
Article																							
Project management																							

Deliverables:

1. Workplan
2. Report on pilot study results
3. Report on sensitivity functions
4. Overall report
5. Article

The total project budget is €190.000,-. The funds are divided as shown in the table.

<i>Institute</i>	<i>Total budget</i>
Deltares	90000
Unesco-IHE	50000
TNO	50000
<b>Total</b>	<b>190000</b>

Final analysis are being made now and the final report is being drafted.

### **Project 3.2 Rainfall interception, storage and evaporative cooling of buildings and surrounding streets**

This PhD project, running over the full period 2010-2014, aims at assessing rainfall interception by buildings and surrounding streets, suggesting rainwater storage options and investigating the use of this rainwater for direct and indirect evaporative cooling of buildings and streets. Rainfall interception by building surfaces will be studied and storage options at building and street level are investigated. The study of direct evaporative cooling (DEC) will be focused on the effect of mist spraying in public spaces. Indirect evaporative cooling (IEC) will be studied by spraying water on façade and roof surfaces, both porous and impervious. Modelling the effects of both DEC and IEC will allow prioritization of the cooling options.

Fieldwork for this project will be conducted in the J.P. van Muijlwijkstraat in Arnhem, in the context of the CPC-case Buildings and streets. The original planning is shown below, but due to the late arrival of a PhD candidate this planning shifts by 6-7 months.

Planning	2010	2011	2012	2013	2014						
Literature study	D3.2.1										
Rainfall interception mod./valid.		D3.2.2									
Assessment storage options		D3.2.3									
Meas. evapor. cooling			D3.2.4	D3.2.5							
Evap. cooling mod./valid.			D3.2.6	D3.2.7							
Model application for cooling				D3.2.8							
Communication/dissemination	D3.2.9	D3.2.10	D3.2.11	D3.2.12	D3.2.13	D3.2.14	D3.2.15	D3.2.16	D3.2.17	D3.2.18	D3.2.19
PhD thesis and final papers											D3.2.20

Budget for the project is 300 kEuro for TU/e

### Project 3.3 Extreme rainfall, urban flooding and utilization of the water surplus

This part of this project that focuses on extreme rainfall and urban flooding was scheduled from fall 2010 till summer 2012 and is now in it's concluding phase. The project was focused on (1) the applicability of various concepts for urban flood modeling for decision making on adaptation measures to reduce flood vulnerability and (2) on the hydrological key characteristics and the effectivity of these adaptation measures. Moreover, a flood vulnerability analysis was elaborated for the cases Oude Noorden (Rotterdam) and Watergraafsmeer (Amsterdam) an a manual on dealing with flood vulnerability is in preparation.

Total budget for the project is 300 kEuro, half of which is for the urban flooding part (Deltares) and half for the utilization of storm water runoff part (KWR)

The budget for utilization of storm water is split into two components:

(1) a project on bacterial pollution and public health risks of urban flooding. Summer 2012 will be used to collect samples in Amsterdam Watergraafsmeer for monitoring this quality The final report is expected early – mid 2013. Details of this project are yet to be agreed upon.

(2) a project to investigate applicability and utilization of storm water for domestic, industrial and urban purposes. This project is not yet elaborated.

### Project 3.4 Water & Energy

This exploratory study is delayed and now in it's reporting phase The original planning is given below.



	2010					2011										
	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o
<b>Project 3.4</b>										x						
Literature survey								D3.4.1								
Inventory of cooling and heating demand									D3.4.2							
Determination of energy efficiency storage and transport													D3.4.3			
Determination of economic efficiency													D3.4.4			
Water quality effects drinking water															D3.4.5	
Water quality effects ground and surface water															D3.4.6	
Report Concept																
Report Final																

### Project 3.3 extension: Design and decision support tool for managing urban pluvial flooding

This project is now in it's start-up phase, that is formulation of a more detailed definition of the functionalities of this decision support tool. The project is interlinked with the project 3Di waterbeheer, as the design and decision support tool builds upon the urban flood modeling instruments being developed in the 3Di project.

### Planning

	maand	Fase 1							Fase 2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>Definitiefase</b>																				
Vorbereiding door ontwikkelgroep																				
Workshop met ruimtelijke aanpakbordgroep																				
<b>Ontwikkefase 1</b>																				
Touch screen opstelling / user interface																				
Modellerbaar en selecteerbaar maken maatregelen																				
Koppeling maatregelen aan (eenheids)kosten																				
Integreren DEM met lijnelementen - Stap 1																				
Configuratie Oude Noorden																				
Workshop na Ontwikkefase 1																				
<b>Ontwikkefase 2</b>																				
Verder ontwikkelen touch screen / user interface																				
1D rioleringselementen in model																				
Integreren DEM met lijnelementen - Stap 2																				
Koppelen inundaties aan schade																				
Workshop: Schetsessie Oude Noorden																				
<b>Schetsessies</b>																				
Configuratie Watergraafsmeer en Haaglanden																				
Workshops: Schetsessies Watergraafsmeer en Haaglanden																				
Publicaties																				
Demo materiaal maken																				
<b>Overige activiteiten</b>																				
Projectmanagement																				
Review																				
CPC-bijeenkomsten																				

The tool will be developed in close communication with urban water managers and urban designers, as both groups have to work with the final product. To that end, water managers and urban planners from the hotspots will be involved in the development process.

## **Interrelations**

Important interdependencies in the case are:

- Project 1.1 provides input for 1.2, 1.3 and 3.1
- Project 2.4 depends partially on the results of 2.3, as 2.3 provides insight in the vulnerability of specific areas and objects
- Project 3.2 interlinks with project 3.3 on the assessment of rainwater storage options and the availability of this water for other utilization for IEC.
- Project 3.3 interlinks with 3.2, in which storage options at house and street level are identified
- The project 3.3 extension builds on the results of the projects 2.3 and 3.3 in particular; the resulting design and decision support tool provides a building block for project 5.1, the integration project..
- Work package 5 depends on the results of WP 1, 2 and 3.

These interrelations will be guarded by the case management team as well as by the project managers.

### 3 Case management team

The composition of the case management team:

Name	Organization
<b>Hotspots:</b>	
Daniel Goedbloed & Jos Streng	Rotterdam
Paulien Hartog & Alice Fermont	Waternet -Amsterdam
Betty Mesgebe / John Roozendaal	Amsterdam West
Carl Paauwe	Haaglanden / Delfland
Sander Vermeer	Rijswijk
Joris Al	Den Haag
Petra Mackowiak	Tilburg
Bert Palsma	STOWA
Kees Broks	STOWA
Ad Vermeulen	Wsch. Hollandsche Delta
<b>Research leaders</b>	
Reinder Brolsma (1.1.b and 3.4)	Deltares
Bert van Hove (1.1.a)	WUR
Jan Hofman (3.3.b)	KWR
Bert Blocken (3.2)	TU/e
Karin Stone (2.3)	Deltares
Toine Vergroesen (3.3.a)	Deltares
Elgard van Leeuwen (3.3 extension)	Deltares
<b>Coordination:</b>	
Frans van de Ven	Case coördinator
Peter Bosch	CPC

Research leaders and assistants from other CPC projects are invited to join our case meetings.

## Annex 1: Achterliggende vragen:

Eind 2009 is een inventarisatie gemaakt van de vragen van de waterbeheerders en –gebruikers in alle hotspots en deelnemende steden. Dit leverde de volgende lijst van vraagpunten op. De vragen die niet aan bod komen in CPC zijn doorgestreept:

De wateropgave en afvoervertragende maatregelen:

- Hoeveel open water is er nodig met het oog op klimaatverandering, ook wanneer we allerlei maatregelen treffen in de haarvaten van het systeem? Hoe effectief zijn die maatregelen?
- ~~○ Wat de leveringszekerheid van nieuwe vormen van afvoervertraging op lange termijn?~~
- Kentallen van afvoervertragende maatregelen: baten voor de waterbeheerder (lokaal en regionaal) financieel en m3, effecten op waterkwaliteit)

Urban flooding:

- Verbetering modelberekeningen (technisch wetenschappelijk)
- ~~— Acceptatie en beleving; angst en emotie; wat zit hier achter?~~

Verwevenheid:

- riolering, stedelijk oppervlaktewater, grondwater en rivier/beek waar stad op loost

Sponswerking bij de bron:

- Hoe kunnen we dat water dat wordt vastgehouden beter benutten?
- Hoeveel water is nodig om droge perioden te overbruggen?
- Bruikbaar voor laagwaardig gebruik?

Watervoorziening:

- Waterbehoefte van de stad i.v.m. hittebestrijding.
- Andere waterbronnen voor laagwaardig gebruik?
- ~~— Extra drinkwater vraag door hitte en droogte?~~

Water en energie:

- Warmte en koude; kosten en baten?
- Effectiviteit van water als koelvloeistof in gebouwen en de wijk?
- Verkoeling door water en groen?
- Klimaatbuffers en water?

Alternatieve oplossingen

- Hoe betrouwbaar en toekomstbestendig zijn oplossingen in de haarvaten?
- Hoe is de interactie met de opgave voor het oppervlaktewater?

Volksgezondheid en waterkwaliteit

- Mogelijke effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit
- De bedreigende kant van waterberging
- Grenzen aan het benutten van lokale waterbronnen?

Beheer:

- ~~— Systeem wordt steeds complexer~~
- Monitoring: Waar, wanneer, hoe?
- Onderhoud, beheersing, real time sturing

~~Financiering en grondexploitatie (Grex).~~

### Hotspot Rotterdam:

Voortgezet onderzoek naar effect van gewijzigde klimaatomstandigheden op het stedelijk watersysteem en het beheer daarvan (voortbouwend op de resultaten van KvK fase 1), zoals:

- Geïntegreerde analyse van het watersysteem inzake wateroverschotten en watertekorten
- adaptatie van het systeem aan extremere neerslaggebeurtenissen: lokale berging
- adaptatie van het systeem aan langere drogere perioden
- thermisch waterbeheer, waterkwaliteitsbeheer onder veranderd thermisch regime (meer verdamping, verschuiving geobiochemische evenwichten);
- dimensionering en ontwerp van aan- en afvoercapaciteit naar klimaatbuffers (relatie met landelijk gebied-Westland en groot IJsselmonde)
- integratie met de stedelijke inrichting (de spons op maaiveld niveau en daarboven (gevel en dak): Op welke wijze kan de bestaande buitenruimte worden aangepast om met extremen om te gaan?
- adaptatie gericht op beperking van de (kans op) schade.
- bovengronds neerslag-afvoerproces beter opnemen in de rekenmodellen.
- Effecten van groene daken op de schaal van een wijk?
- Welke nieuwe vaardigheden vereist dit voor operationeel waterbeheer
  - reconstructie/analyse van extreme gebeurtenissen
  - operationeel beheer van klimaatbuffers
- waterconsumptie van (groene en blauwe) klimaatadaptatiemaatregelen in de stad.
- waterkwaliteits- en gezondheidsaspect van nanobufferingstechnieken (decentrale opslag van pieknierslag)
- watervraag Stadslandbouw

Belangrijk om verschillende stakeholders erbij te betrekken: waterschappen Delfland, Schieland, Hollandse Delta, STOWA, Evides, en GW-Watermanagement, alsook woningbouwcorporaties (o.a. voor groene daken metingen).

### **Hotspot Amsterdam**

Watergraafsmeer is ontwikkelgebied van Amsterdam voor de komende jaren. Waternet wil hier een programma Leefbare toekomstbestendige WATERgraafsmeer opzetten met een netwerk van publieke en private partijen. Hier wil Waternet slimme, interactieve en innovatieve oplossingen bedenken en toepassen. Maar hoe stimuleer je als waterschap aanleg extra afvoervertragende maatregelen? En wat kan de rol van het waterschap zijn naar de stedelijke eigenaren en beheerders? Wat betekent de transitie van conventionele waterberging naar nieuwe vormen van afvoervertraging voor het operationele beheer? Ook willen we in WATERgraafsmeer indicatoren ontwikkelen op het gebied van stedelijk klimaat, adaptatie en klimaatbestendigheid.

Climate Proof Cities kan hierin een rol spelen door het aanreiken van oplossingsrichtingen.

### **Hotspot Tilburg**

Naast interesse in waterafvoer en watermanagement is er in algemene zin in Tilburg onderzoek nodig naar de mogelijkheden van het vasthouden en bufferen van water in een wijk. De vervolgvraag is naar alternatieve mogelijkheden voor het gebruik van het vastgehouden water. Op dit moment geen specifieke probleem locatie, maar suggesties voor locaties kunnen in een later stadium besproken worden.

# **Annex 2: Project 1.1 Urban Climate Monitoring in the Urban Canopy Layer**

## **1 Introductie**

Deze bijlage geeft een uitgebreidere beschrijving van de metingen die door Deltares worden uitgevoerd binnen het Kennis voor Klimaat Climate Proof Cities project, 1.1 Observing the urban climate system. Ook wordt een beknopte onderbouwing gegeven van de uit te voeren metingen.

### **Gevoelstemperatuur**

De gevoelstemperatuur van mensen wordt door verschillende factoren beïnvloed. De belangrijkste meteorologische factoren zijn de luchttemperatuur, de straling van de omgeving, de windsnelheid en de luchtvochtigheid. Ofwel een hogere temperatuur, meer straling, minder wind en een vochtige lucht zorgen voor een hoge gevoelstemperatuur. Om klimaatrobuuste steden en met name hittestress bestendige steden te ontwikkelen kunnen een of meer van deze factoren beïnvloed worden.

Om een beter inzicht te krijgen in de gevoelstemperatuur in stedelijk gebied en mogelijke adaptatiemaatregelen worden verschillende metingen uitgevoerd.

### **Groen en water**

Vegetatie heeft meestal een koelend effect op de gevoelstemperatuur. Enerzijds zorgen bomen voor schaduw op straatniveau en anderzijds zorgt vegetatie voor verdamping en daarmee voor een lagere voelbare warmtestroom. Groen wordt daarom ook vaak als adaptatiemaatregel voorgesteld.

Om de effecten van groen op de gevoelstemperatuur beter te begrijpen worden metingen uitgevoerd op straatniveau. Hierbij is het de bedoeling een ruimtelijk inzicht te krijgen in het effect van bomen op de luchttemperatuur, de straling en de luchtvochtigheid. Hiermee kan de bijdrage van bomen aan een beter hittebestendige straat worden bepaald. Ook de verdamping van bomen zal worden gemeten.

Water heeft een groot effect op de energiebalans van het aardoppervlak door de warmte opslagcapaciteit en de verdamping (samen 30-40% van de energiebalans).

Uit metingen (Deltares 2010) is gebleken dat het verkoelende effect van water op de luchttemperatuur en daarmee gevoelstemperatuur echter zeer lokaal is: vooral direct boven het oppervlakte water. Uit modelberekeningen wordt duidelijk dat het koelende effect vooral binnen de straat aanwezig is (ongeveer 1°C). Het beperkte gemeten effect in dit onderzoek is waarschijnlijk sterk bepaald door het gebrek aan hete windstille dagen in de meetperiode.

Om de verdamping van water beter te bepalen en de effecten van oppervlakte water onder hete, windstille weersomstandigheden beter in beeld te brengen worden in metingen uitgevoerd aan de temperatuur van en vlak boven oppervlaktewater.

### **Verdamping in meteorologische modellen**

Het proces van verdamping is slecht ingebouwd in de “urban-canopy” van micro- en mesoschaal meteorologische modellen. De hier uitgevoerde metingen dienen als input voor de werkpakketten 1.2 (Model development for the meso scale) en 1.3 (Model development for the micro scale). Ook dienen deze metingen ter ondersteuning van de meso-schaal (scintillo) metingen die uitgevoerd worden zullen in Rotterdam.

### **Watervraag**

Voor de verdamping van vegetatie en oppervlaktewater is uiteraard water nodig. In Nederland valt een hittegolf vaak samen met een droge periode. Bij aanhoudende hitte en droogte kan een watertekort ontstaan. Het is daarom van belang om de watervraag voor de verdamping van vegetatie en oppervlaktewater in stedelijk gebied beter in beeld te krijgen.

### **Flexibele adaptatie maatregelen**

Naast permanente adaptatie maatregelen zijn ook tijdelijke maatregelen mogelijk. In Mediterrane gebieden en Japan wordt vaak water op straat gesprenkeld of gesproeid, wat een verkoelend effect heeft. In Nederland wordt deze methode met name ingezet voor het koelen van brugdekken, om te voorkomen dat ze vast komen te zitten door thermische uitzetting. In dit project zal aan de effectiviteit van het nat maken van wegen als adaptatie maatregel gemeten worden.

Indien mogelijk zal binnen het project ook het effect van sproeien van groen en het effect van de “Wassende weg” op de luchttemperatuur onderzocht worden.

## **2 Werkplan**

Achtereenvolgens worden hier de meetacties rondom groen, oppervlaktewater en de casestudie voor nat maken van straten toegelicht.

### **2.1 Groen**

De effecten van groen worden in beeld gebracht op straatniveau. Op de hoofdlocatie worden continue metingen gedurende minimaal één jaar uitgevoerd.

#### **2.1.1 Metingen**

##### *Temperatuur en luchtvochtigheid*

Om een ruimtelijk en continu beeld in de tijd te krijgen van de temperatuur wordt gebruik gemaakt van de Distributed Temperature Sensing (DTS) met behulp van glasveel. Door deze in (buiten bereik van mensen) in de straat op te hangen langs een tracé met en zonder bomen kan het effect van bomen op de omgevingstemperatuur bepaald worden.

Aanvullend wordt een thermische camera ingezet voor het meten van oppervlakte temperatuur. Deze geeft inzicht in de bodem- en voelbare warmtestroom.

Ook worden gecombineerde temperatuur/luchtvochtigheid sensoren geplaatst ter validatie van de DTS metingen en om het effect van bomen op de luchtvochtigheid te meten.

##### *Straling*

Er wordt vanuit gegaan dat de data van inkomende en uitgaande kort en langgolvlige straling van de permanente meetstations die door de gemeente Rotterdam en de WUR zijn

ingericht voldoende inzicht in geven. Er worden in dit project dan ook geen continue stralingsmetingen uitgevoerd door Deltares.

Wel worden er lokaal metingen uitgevoerd met een mobiele stralingsmeter voor het bepalen van albedo.

### *Verdamping*

Verdamping wordt voor verschillende type vegetatie (gras en bomen) op verschillende manieren gemeten.

De verdamping van gras wordt gemeten met behulp van een lysimeter. Een lysimeter bestaat uit een kolom grond die permanent op een weeginstrument staat. Hierdoor kan de verdamping (afname van gewicht van de kolom) gemeten worden. Deze methode wordt gebruikt voor het bepalen van verdamping van gras.

De lysimeter methode is voor bomen ook toepasbaar maar moeilijk in te passen en erg kostbaar. Sapflow metingen zijn metingen van de sapstroom van met name bomen. Doordat al het water dat een boom verdampt door de stam van de boom wordt getransporteerd, geeft dit een goede inschatting van werkelijke verdamping. Voor losstaande bomen zijn dit de meest betrouwbare metingen.

Door de hoge kosten/beperkte beschikbaarheid van de apparatuur zal slechts op twee locaties 3 bomen de verdamping worden gemeten. En zal slechts op 3 keer de verdamping van gras gemeten worden.

Er wordt geprobeerd aan te sluiten bij het groene daken programma dat in Rotterdam loopt. Zodat mogelijk een vergelijking gemaakt kan worden.

### *Bodem en grondwater*

Om de verdamping van de vegetatie beter te begrijpen is het van belang de bodemvochtgehalte en grondwaterstanden te weten. Uit bodemvocht gegeven in combinatie met meteorologische parameters kan

Verschillende dieptes (3) en op 4 locaties, waarvan twee nabij een boom en twee nabij gras

### *Metingen:*

1 x Glasvezel metingen (500m)

1 x Thermische camera (interpretatie en kalibratie)

6 x Temperatuur en RH onder boom

8 x Temperatuur en RH naast boom

1 x Mobiele stralingsmeter (TUDelft), op 3 dagen in jaar, metingen op verschillende tijdstippen van de dag

6 x Sapflow meters (1 x 3 voor straatbomen en 1 x 3 bomen in park)

3 x Lysimeters

4 x Meetnesten bodemvocht

3 x Peilbuis



### 2.1.2 Meetlocatie

Als mogelijke geschikte locaties wordt de Noordsingel voorgesteld. Dit moet verder worden afgestemd met de gemeente Rotterdam. De locatie moet aan de volgende eisen voldoen:

- “Volwassen” bomen
- Eerste 3.5 meter takken vrij zodat glasvezelkabel niet beschadigd raakt door takken
- Ophangmogelijkheid glasvezelkabel (lantaarnpalen, etc.)
- Mogelijkheid tot veilig plaatsen van meetcomputers
- In park met hek af te sluiten deel voor lysimeters voor gras
- Stroomvoorziening
- Liefst vergelijkbare referentie straat

## 2.2 Oppervlaktewater

### 2.2.1 Metingen

Om de warmte uitwisseling tussen water en lucht beter te begrijpen wordt de temperatuur gradiënt in en boven het water gemeten met behulp van DTS glasvezelkabel. De glasvezelkabel wordt als een spiraal gewikkeld om palen met een afstand van enkele centimeters tussen de windingen. Dit zal gebeuren op 3 plekken op 1 locatie. Bijvoorkeur is een van de plekken een deel van een vijver/singel waar eendenkroos voorkomt.

Aanvullend worden losse temperatuurmetingen ter validatie en metingen van de omgevingstemperatuur uitgevoerd. Om de aanwezigheid van eendenkroos te detecteren worden lichtsensoren onderwater geplaatst. Voor het bepalen van de verdamping wordt continu de windsnelheid en -richting gemeten en eenmalig worden stralingsmetingen uitgevoerd voor het bepalen de albedo.

Om het effect van grondwater op de watertemperatuur te bepalen worden peilbuizen geplaatst.

*Metingen:*

- 1 x DTS metingen op 1 locatie
- 4 x Temperatuur metingen voor validatie
- 2 x Temperatuur in omgeving
- 3 x Licht sensoren
- 1 x Windsnelheid en -richting
- 3 x peilbuizen, filters op verschillende diepte

### 2.2.2 Locatie

Als mogelijke geschikte locaties worden het Vroesepark en de Bergsingel voorgesteld. Dit moet verder worden afgestemd met de gemeente Rotterdam.

De locatie moet aan de volgende eisen voldoen:

- Vijver of singel, ondiep (<2m) water
- In direct zonlicht
- Mogelijkheid tot het veilig plaatsen van meetcomputers
- Stroomvoorziening

- Geen boten of zwemmers
- Liefst wel/geen kroos?

## 2.3 Casestudies

### 2.3.1 Nat maken straat / Uchimizu

Om het effect van het natmaken van de straat op de (gevoels)temperatuur en de energiebalans in beeld te krijgen worden verschillende metingen uitgevoerd. Ten eerste wordt DTS gebruikt om de het verticale temperatuur profiel boven de straat te meten. Aanvullend worden met gecombineerde temperatuur / luchtvochtigheid sensoren validatie metingen en luchtvochtigheid metingen uitgevoerd. Deze laatste zijn van belang voor het bepalen van het effect op de gevoelstemperatuur. Met behulp van een thermische camera wordt de temperatuur van het wegoppervlak bepaald. Ook wordt een stralingsmeter gebruikt voor het bepalen van het effect op de lang en kortgolvlige straling. Er wordt ervan uitgegaan de gemeente zorgt voor het natmaken van de straat. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van een trekker met een watertank of brandblusinstallatie.

6 x Temperatuur - RH sensoren  
 1 x Glasvezel opstelling  
 1 x Thermische camera  
 1 x Stralingsmeter  
 1 x Windsnelheid en -richting

### 2.3.2 Nat maken straat / Wassende weg (Optie)

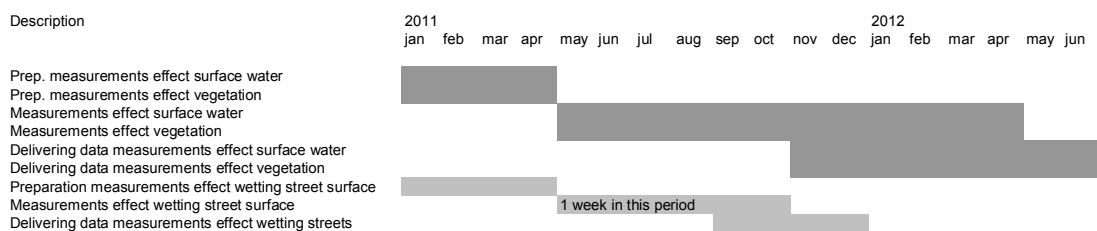
Om het effect van het natmaken van een de straat van ZOAB van onderaf (door de poriën) op de omgevingstemperatuur te bepalen wordt aangesloten op het project van de “Wassende weg”. Ook hier wordt DTS gebruikt om de het verticale temperatuur profiel boven de straat te meten. Aanvullend worden met gecombineerde temperatuur / luchtvochtigheid sensoren validatie metingen en luchtvochtigheid metingen uitgevoerd. Deze laatste zijn van belang voor het bepalen van het effect op de gevoelstemperatuur. Met behulp van een thermische camera wordt de temperatuur van het wegoppervlak bepaald. Ook wordt een stralingsmeter gebruikt voor het bepalen van het effect op de lang en kortgolvlige straling. Voor het natmaken van de straat wordt gebruik gemaakt van de installatie van de “Wassende Weg”.

6 x Temperatuur - RH sensoren  
 1 x Glasvezel opstelling  
 1 x Thermische camera  
 1 x Stralingsmeter  
 1 x Windsnelheid en -richting

## 2.4 Planning and budget

The continuous measurements on the effects of vegetation and surface water on the air temperature will take place from May 2011 until May 2012. When budget is available or more budget becomes available prolongation of the measurement period is an option. The preparation for this measurement campaign is scheduled from February until April 2011.

Data delivery is scheduled to start from November 2011. This will however depend on settlements, on data format, way of publication of data and exclusive use of data.



Within this project, €150.000 is available for these measurements, of which €40.000 is allocated for input of the TU Delft. A detailed budget is made and will be send to the case manager shortly.

## **Annex 3: Project 2.3: Sensitivity and vulnerability of urban systems**

### **1 Introduction**

The expected changes in temperature, rainfall, evaporation, air quality, river discharges, groundwater levels and sea levels will in many ways have impacts on urban functions and on people living in urban areas situated in deltas and coastal regions such as the Netherlands. However, the consequences for urban functions and the public are not yet adequately understood. A good understanding of how, when and where climate change and its effects will have an impact on urban areas is of vital importance to take adequate measures.

The vulnerability of urban areas is a product of an increased exposure to climatic conditions and the sensitivity of the urban system. Exposure is the degree of being exposed to the climate hazards such as rainfall events, droughts, high temperatures and poor air quality. Sensitivity is the relation between (changes in) meteorological conditions and the damage that is done to people, buildings, infrastructure networks - such as roads, railroads, subways, utilities, sewerage – vehicles and also economical disruption, social and ecological damage.

Basic questions for climate adaptation are: (1) how vulnerable are existing urban areas and new developments and (2) how urgent is it to take measures. Should we take measures more or less immediately or can we synchronize the implementation of adaptation measures with the regular redevelopment of urban areas? (Deltares & UNESCOIHE 2010). In order to improve our capacity to assess the vulnerability of urban areas at the scale of buildings, streets and neighbourhoods, this project focuses primarily on sensitivity. Sensitivity will be investigated for flooding (pluvial, fluvial, groundwater), for droughts and for extreme outdoor temperatures.

So far the damage functions of the urban system to changing climate conditions are poorly quantified. Some studies quantified the structural damage to buildings due to fluvial flooding (Thieken et al. 2005, Naumann 2009) while others struggle with the damage of flooding due to disruption of society (Bushman et al. 2005, Pasche et al. 2009). The damage due to lack of recovery capacity – evident in e.g. New Orleans after Katrina – was never quantified and measures to strengthen this recovery capacity are only known in Japan (de Graaf and Hooimeijer 2008). The sensitivity of the urban systems to droughts is hardly quantified, in particular the indirect damage via land subsidence and the decay of the wooden piles under the buildings. The same holds for the sensitivity to air quality deterioration.

Improved understanding of the sensitivity of selected objects in the urban system allows us to identify vulnerable objects. Extra protection measures are often needed to reduce the vulnerability of these objects (Provincie Utrecht 2010).

The objectives of the project are:

1. to quantify the sensitivity – that is the damage function due to (changes in) climate conditions such as urban flooding, drought, outdoor temperatures and air quality on urban systems.
2. to see how this sensitivity can be reduced by strengthening threshold capacity, coping capacity, recovery capacity and adaptive capacity (De Graaf et al. 2007) of buildings, facilities, infrastructure and people, in particular for the most sensitive objects.

Emphasis of the project will be on the first objective.

Within the project, sensitivity is expressed in terms of potential economic damage and potential damage to public health, to the ecological system and to outdoor comfort, as a function of exposure.

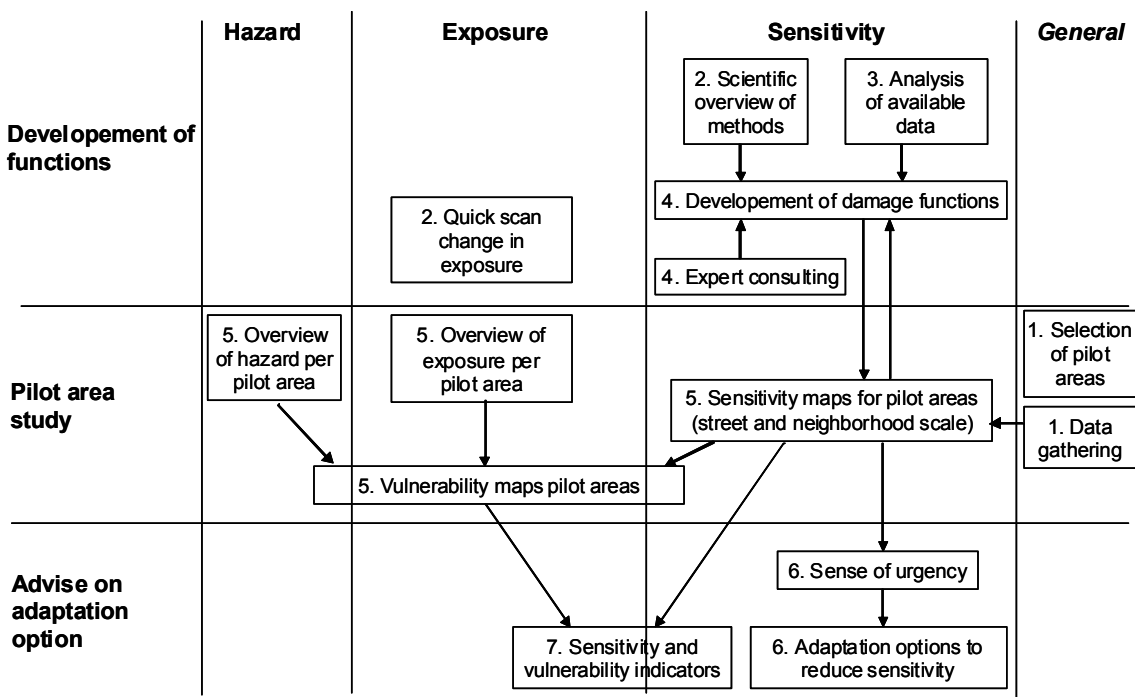
## **2 Approach and activities**

### **2.1 Approach**

The project focuses primarily on sensitivity. The objective is to develop functions to quantify sensitivity. Developing these functions is done through a literature review, an analysis of available data and through expert consulting. The functions will be applied to pilot areas provided by the KvK hotspots. Sensitivity and vulnerability maps will be produced for these areas. Performing the pilot studies will help to improve the functions. The studies will also give insight into which aspects of the urban area are the most sensitive to climate change providing a sense of urgency and be able to prioritise in required adaptation. From this, appropriate adaptation options can be selected. The pilot study will also lead to identify sensitivity and vulnerability indicators.

### **2.2 Activities**

The project has three stages. The first stage is the development of the functions. In the following stage the pilot study is performed and the project is concluded with an advise one adaptation options focusing on the reduction of sensitivity and vulnerability. The following scheme illustrates the (sub)activities per stage and the interaction between the activities.



The following paragraphs explain the activities in more detail. The activity numbers correspond to the numbers used in the scheme.

### Act 1: Preparation of pilot study

At the start of the project first priority will be given to the preparation for the pilot studies to prevent delay due to e.g. missing data. To prepare for the pilot study,

- a choice of pilot areas will be made. The KvK hotspots will be asked to propose pilot areas. 3 to 6 pilot areas will be selected. The pilot areas together should cover the four climate hazards to be studied and sufficient data needs to be available for these areas.
- Data will be gathered for each pilot area.

Connections with hotspots Haaglanden, Rotterdam and Amsterdam are evident, as well as with other cities such as Arnhem, Nijmegen, Tilburg and others.

### Act 2: Literature review

A literature review will be performed to gain overview of international scientific literature about methodologies for the quantification of climate impact on urban environments. The focus will be on the determination of sensitivity and damages for the topics flooding (pluvial, fluvial and groundwater), heat stress, drought and air quality. The results of the review will act as input for the development of the sensitivity functions. It is expected that little information will be found on the impact of air quality. Depending on the findings of the literature review, it will be decided if sensitivity functions will be developed for air quality.

In addition a general overview of expected changes of exposure of urban areas will be extracted through literature review.

### **Act 3: Analysis of available historic records and files**

An analysis of available historic records and files on damages due to extreme weather events/conditions in the past in the Netherlands will be performed. Aim is to find quantified information on real cases. This information will be used as input for the development of the sensitivity functions. The focus will be on the Netherlands and use will be made of contacts in the hotspot areas. The activity will be performed in two steps:

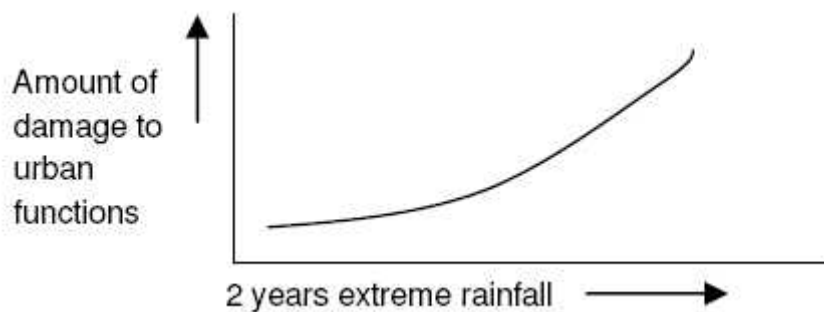
- Data gathering. This will be performed in cooperation with the STOWA and the hotspots. Emphasis will be on historical data from the pilot areas.
- Analysis of the available records and files.

### **Act 4: Development of impact functions (sensitivity functions).**

The results from the literature review and the analysis of historic data, will be brought together. This information will be used for the development of impact (sensitivity) functions. These functions will aid in providing a detailed and scientifically well-underpinned overview of the sensitivity of urban elements. Examples of urban elements are structures such as houses, offices and industrial buildings, of private terrains and of the public territory with its roads and utilities infrastructure, critical networks and public green to extremes. But also economic, ecological and emotional damage due to “side effects” such as disruption of economy and society, land subsidence, increased salinity. From the literature review it will be seen which issues are expected to contribute considerable to the impact. Sensitivity functions will only be developed for those themes and elements where sufficient information is available. The functions will be presented to and discussed with a panel of experts from which the functions will be improved. The sensitivity functions will then be applied to the pilot areas for final testing and used to map this “potential collateral damage” within the pilot areas.

The approach is to first break the urban area down to the smallest elements susceptible to climate change found within the urban area. From these elements a first selection is made based on the results of the previous activities and on expert judgment. ‘Which elements are foreseen to be of small damage impact and can therefore be considered negligible or no sufficient information is available for deduction of functions’. Functions will be developed for the remaining elements. The total damage per event will be the sum of the damage per element.

An example of a function for an element is illustrated in the figure.



Besides the so-called direct damages, also indirect and induced damages will be considered as well as intangible damages although It is expected that the impact within the urban area due to climate change will mainly be a local effect. See table for overview of different types of damages; damages categories (from K.M. de Bruijn, Oct 2005) applied for flooding events:

Category		Tangible (monetary)	Intangible (non-monetary)
Primary	Direct	Capital loss (buildings, crops, cars, roads etc)	Victims, ecosystems, pollution, culture loss etc
	Indirect	Production losses, income loss	Social disruption, emotional damages
Secondary		Production losses outside of affected area, unemployment, migration, inflation	Emotional damage, damage to ecosystems outside of affected area
Induces		Costs for relief aid	Evacuation stress

A library of the functions will be set up in the ‘Habitat module’. This GIS based software (freeware) will be used for the sensitivity mapping of the pilot areas.

This activity includes the following steps:

- Draw up long list of smallest elements within the urban area (preceding activity 2 and 3)
- Draw up short list of smallest elements within the urban area
- Derivation of first set of functions through results literature review and analysis of available data
- Expert meetings presenting first set of functions and first fine tuning.
- Final set of functions through results case study

### Act 5: Pilot study

Objectives of the pilot study are to test the sensitivity functions on their usefulness in a practical situation and to provide insight into which elements within the urban area are most sensitive and vulnerable to climate change. What will result in the largest damages, who will suffer the most damage and to what extent will a certain neighbourhood become sensitive to the consequences of climate change.

Potential pilot areas are Watergraafsmeer Amsterdam and Het Oude Noorden in Rotterdam. For each pilot area the exposure, sensitivity and vulnerability will be mapped, as far as the project budget allows. The vulnerability is defined as a product of the hazard (specific



climate related events e.g. precipitation event, storms, heat waves), expected exposure (The extent and intensity where the hazard comes into contact with assets e.g. built environment, people, ecosystems, etc.) and the sensitivity (The level in which exposure to some climate related effect e.g. flooding, results in an effect e.g. damages, health problems).

The specific hazards are defined when choosing the different pilot areas as each pilot area will be susceptible to one or more climate hazard. A quick-scan of the changes in exposure of the urban system will be performed. Sensitivity maps for the pilot locations in the hotspots will be mapped at neighbourhood scale and if sufficient detailed data and budget is available, on street scale. From the exposure and sensitivity maps, a vulnerability map will be derived. The method for vulnerability mapping will be further developed within the project.

The steps which will be passed per pilot area are:

- Defining the hazards (in activity 1)
- Quick scan and mapping of exposure
- Sensitivity mapping
- Vulnerability mapping

#### **Act 6: Sense of urgency and adaptation options**

The sensitivity and vulnerability mapping of the pilot areas should give insight into which aspects within the urban areas are expected to be most sensitive and thus vulnerable to climate change and who is expected to suffer from these losses. These aspects will require the highest urgency. From this, adaptation options can be identified for reducing the sensitivity - and so the vulnerability - of the urban system, in particular for the most vulnerable components and objects in urban areas.

This activity consists of the steps:

- Defining sense of urgency
- Defining best choice adaptation options aiming at reducing sensitivity

#### **Act 7: Sensitivity and vulnerability indicators**

From the pilot studies it is expected that more can be said on useful vulnerability indicators for the urban area. An indicator is a simple measure with a detection function. A vulnerability indicator should provide a simple measure to gain a first impression of the vulnerability of an urban area. Project 2.4 will focus on the identification of indicators. This project will cooperate closely with project 2.4 in developing indicators.

### **2.3 General activities**

- Project management
  - Project reporting
  - Project team meetings
  - External meetings
- Dissemination

### 3 Deliverables of the project

The project will provide the following deliverables:

- Workplan
- Report on sensitivity functions:
  - The results from the literature review
  - The results of the analysis of historic data
  - Overview of the sensitivity functions
- Report on pilot study results:
  - Pilot study results including sensitivity and vulnerability maps
- Overall report:
  - Summary of sensitivity functions
  - Summary of pilot study results
  - Recommendation on sense of urgency; which urban aspects are expected to be most sensitive and who is mostly affected by this
  - Advise on adaptation options to reduce sensitivity
- Article
- Library of sensitivity functions and if possible WIKI environment description of functions

### 4 Project team

The project team consists of the following experts:

Organisation	Name	Role
Deltares	Frans van de Ven	Project leader
	Karin Stone	Project realisation, expertise flooding
	Rianne van Duinen, Maaïke van Aalst	Expertise economy, fluvial and sea flooding
	Wouter van Riel	Master study on sensitivity to pluvial flooding
Unesco-IHE	Chris Zevenbergen	Expert, review
	William Veerbeek	Expertise pluvial and groundwater flooding, drought
TNO Built Environment and Geosciences	Sonja Döpp	Expertise heat, air quality, public health
	Wouter Jonkhoff	Expertise economy, economic networks

Other students might be brought in for the literature review and/or pilot studies.

### 5 Planning

The project 2.3 has a duration of 2 years starting July 2010. The project will be ended in June 2012.

Activity	2010					2011					2012													
	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j
<i>Act 1: Preparation for pilot study</i>																								
Pilot areas selection																								
Data gathered																								
<i>Act 2: Literature review</i>																								
<i>Act 3: Analysis of available historic records and files</i>																								
Data gathering																								
Analysis of the available records and files																								
<i>Act 4: Development of sensitivity functions</i>																								
Long list of smallest elements																								
Short list of smallest elements																								
First set of functions																								
Expert meetings																								
Final set of functions through results case study																								
<i>Act 5: Pilot study</i>																								
<i>Act 6: Sense of urgency and adaptation options</i>																								
Defining sense of urgency																								
Defining best choice adaptation options																								
<i>Act 7: Sensitivity and vulnerability</i>																								
<i>General activities</i>																								
Workplan																								
Reporting																								
Article																								
Project management																								

Deliverables:

1. Workplan
2. Report on pilot study results
3. Report on sensitivity functions
4. Overall report
5. Article

## 6 Budget

The total project budget is €190.000,-. The project is not liable to VAT. The funds are divided as shown in the table.

Institute	Total budget
Deltares	90000
Unesco-IHE	50000
TNO	50000
Total	190000

The budget per activity is presented in the following table (assuming an average tariff of 1k€ per day).

<b>Activity</b>	<b>Days</b>	<b>Budget</b>
<i>Act 1: Preparation for pilot study</i> Pilot areas selection Data gathered	5	5000
<i>Act 2: Literature review</i> Literature review Reporting	40	40000
<i>Act 3: Analysis of available historic records and files</i> Data gathering Analysis of the available records and files Reporting	23	23000
<i>Act 4: Development of sensitivity functions</i> Long list of smallest elements Short list of smallest elements First set of functions Expert meetings Final set of functions through results case study Report on sensitivity functions and reviewing	20	20000
<i>Act 5: Pilot study</i> Pilot study Report on pilot study and reviewing	60	60000
<i>Act 6: Sense of urgency and adaptation options</i> Defining sense of urgency Defining best choice adaptation options Reporting	5	5000
<i>Act 7: Sensitivity and vulnerability</i> Reporting	1	1000
<i>General activities</i> Workplan Overall report and review Meetings Article PM	36	36000
<i>Total</i>	<i>190</i>	<i>190000</i>

## 7 Relations with other projects and parties

The project builds on the results of studies for hotspot Rotterdam (Knowledge for Climate, tranche 1 ToR 01) and on the assessment of climate vulnerability of urban areas in the Netherlands for the Netherlands Environmental Assessment Agency.

The CPC 2.3 project, sensitivity and vulnerability of urban systems, will make use of the results produced in the projects 2.1, 2.2 and 2.4. The results of the project will in turn act as input to project 4.4.

Contact will be made with theme 1; water safety, theme 2: freshwater supply and theme 5; infrastructures and networks.

In addition use will be made of results from the external projects if applicable:

- Delft Spetterstad
- KvK HSRR 02 en 09
- FloodProbe
- WV21
- EM-DAT 2009 (elektro magnetische data 2009)
- Urban Climate Framework (TNO)
- Interreg projects
- Klimaat robuust bouwen en handreiking provincie Utrecht
- XPlore lab: ontwrichting samenleving
- Grabs
- Future cities (WUR, case Arnhem).

The University of Manchester will act as contributor to the project by providing data and information from the UK.

## **8 Quality control**

### **8.1 Review**

All the deliverables will be reviewed by Deltares and Unesco-IHE experts.

Meetings will be held with an expert team for feed back on the development of the sensitivity functions.

### **8.2 Foreseen risks**

Risks foreseen for the project are:

- No adequate available historical data. In this case data will be gathered through interviews and other alternative methods.
- Too little knowledge on sensitivity modeling to be able to develop functions. Only for those aspects for which sufficient knowledge is already available functions will be developed
- No sufficient availability of data for the pilot studies. The pilot areas will be chosen partly on the availability of data.
- Dependency on the other CPC projects. Many of the CPC projects will only provide results in the late stages of the CPC program. This project will therefore develop where necessary general products which provide the possibility to ‘uograde’ with improved results and knowledge.

...

## **Annex 4: Project 3.2: Rainfall interception, storage and evaporative cooling**

### **1. Problem definition**

Long-term observations indicate that the frequency and intensity of heavy rainfall have increased in many regions during the 20th century (Groisman et al. 1999). Precipitation observations at De Bilt (The Netherlands) show an increase in hourly intensities during extreme showers in summer that is about 14% per degree Celsius temperature rise (Lenderik and Van Meijgaard 2008). The Dutch KNMI'06 scenarios describe further increases of the intensity of extreme rain showers in summer, but a decrease in the number of rainy days. For winter, a further increase in mean winter precipitation as well as increases in winter precipitation extremes are expected (Klein Tank and Lenderink 2009). There are some indications that the prevailing wind directions (south-west and west) will become more pronounced (Klein Tank and Lenderink 2009), which might increase wind-driven rain intensities from these directions.

Extreme precipitation events can give rise to flooding, especially in urban areas with more impervious surfaces that reduce storage on and below the surface and that increase the percentage of rain that runs off (Hollis 1988, Taha 1997). These surfaces also decrease evaporation and evapotranspiration because they are usually dry, which in turn increases daytime temperatures as part of the urban heat island effect (UHI) (Taha 1997).

Especially in the “wet” Dutch urban environments, the increases in heavy precipitation constitute a significant challenge in terms of water storage (buffering). Also the “dry” Dutch urban environments are facing storage problems. These problems are particularly critical for existing dense urban areas, where traditional storage options such as widening waterways or creating new large water ponds are not possible. In these areas, innovative storage solutions are required. These solutions need to be explored and exploited at different spatial scales: the building/street scale, the neighborhood scale and the metropolitan scale. Indeed, McEvoy et al. (2006) state that the complexity of climate change requires adaptation to climate change to be holistic and to act at a variety of spatial scales. This project aims at contributing to this holistic and multi-scale perspective by exploring rainwater storage options at the scale of buildings and the surrounding streets, and the use of this water for domestic purposes (see project 3.3) and for passive direct evaporative cooling (DEC) and indirect evaporative cooling (IEC) of the indoor and outdoor environment (in this project). DEC refers to reducing the air temperature in the indoor and outdoor environment. This can be achieved for example by forcing air to flow over a large surface area of over wetted pads before entering the building (Givoni 1991). IEC refers to cooling down the exterior building surfaces by evaporation, in order to reduce the indoor air temperature. IEC by maintaining a water film over the roof is well known in literature (e.g. Jain and Rao 1974). Recently, a new IEC technology to combat the UHI has been developed, which consists of sprinkling water on external wall and roof surfaces covered by super-hydrophilic TiO<sub>2</sub> coating. This coating promotes the formation of a water

film at the surfaces (He and Hoyano 2008). However, it should be noted that recent experimental research has shown that hydrophobic, rather than hydrophilic surfaces, promote stronger surface evaporation (Blocken and Carmeliet 2006). The reason is that hydrophobic surfaces retain more water at the surface in the form of water drops with contact angle larger than 90°. This not only increases the amount of water at the surface, but it also drastically increases the total water-air evaporation surface, raising the effectiveness of this technique.

## 2. Aims

- To assess rainfall interception by buildings and surrounding streets in cities in the Netherlands;
- To suggest and assess various rainwater storage options; and
- To investigate the use of this rainwater for DEC and IEC of buildings and streets.

### Central research questions

- *“What is the expected rainfall interception by buildings and surrounding streets?”*
- *“Which options are available for rainwater storage by buildings and surrounding streets?”*
- *“Which are optimal storage volumes, taking into account future climate scenarios, extreme rainfall intensities and the domestic and public use of stored rainwater?”*
- *“Which are the most effective techniques for using the stored rainwater for direct and indirect evaporative cooling of the indoor and outdoor environment?”*

## 3. Approach and methodology

This project consists of three parts:

### 1) Rainfall interception by buildings and streets

While it is often assumed that rain is falling vertically, this is rarely the case, certainly in the Netherlands and surrounding countries (Blocken and Carmeliet 2004). The important effect that wind-driven rain can have on rainfall interception by building surfaces is corroborated by the findings by Ragab et al. (2003), who found that, depending on roof slope and aspect, the average intercepted rainfall by UK roofs ranged between 62 and 93% of the intensity at ground level. In the present project, a limited study of rainfall interception is performed for generic building typologies in the Netherlands, by Eulerian-Eulerian modelling of wind and rainfall patterns with Computational Fluid Dynamics (CFD). As opposed to the time-consuming Eulerian-Lagrangian approach, this approach allows a fast and efficient computation of rainfall interception by building surfaces (Blocken et al. 2009a). It provides an indication of the amounts of intercepted rainfall by building roofs with various slopes and aspects.

### 2) Rainwater storage by buildings and their surrounding streets

Different rainwater storage options are assessed, for both existing and newly developed rural and urban environments in the Netherlands. In existing dense urban environments, storage options are concentrated at building and street level, by e.g. installation of water storage systems that can be used for water supply at later times. In newly developed environments, part of the storage can also be performed at building and street level. This

information will be used as input to the micro-scale hydrological models employed in project 3.3.

### 3) Application of stored rainwater for evaporative cooling of the indoor and outdoor environment of buildings

In this project, the study on DEC will primarily – but not exclusively – focus on mist spraying by micrometer nozzles near building surfaces and in public spaces (streets), engaging flash evaporation to achieve immediate cooling. For this purpose, CFD modelling will be employed to analyze the cooling potential as a function of the outdoor temperature, relative humidity and mist spraying parameters. This will be performed at two levels: (1) modelling of droplet evaporation and (2) integration of these results in CFD modelling of building and street cooling. The study on IEC will focus on the establishment of water films and water droplets on hydrophilic and hydrophobic facade and roof surfaces (by spraying). The state of the art in this field will be extended by water runoff and evaporation models on building surfaces (Blocken et al. 2009b). The combination of these models will allow a prioritization of the different surface types and spraying options to achieve maximum cooling. Special attention is given to the performance of porous versus impervious building material surfaces, in particular porous materials with a more pronounced first drying phase, promoting evaporation (Hens 2008).

In the first stages of this project, the meteorological data that are needed are extracted from the existing KNMI'06 climate scenarios for the Netherlands. As the KfC program progresses, refined regional and local meteorological data will become available from the projects 1.2 and 1.3 in workpackage 1, which will then be used for further analysis in this project 3.2. Together with the models developed in project 2.1, the knowledge on DEC and IEC from project 3.2 will be used to evaluate the effect of these measures in project 3.5 (“adaptation measures at the building scale”). Project 3.2 will be executed in close cooperation with project 3.3 and will also provide input for this project.

## **4. Scientific deliverables and results**

- Quantitative information on rainfall interception by buildings and their direct surroundings.
  - Evaluation of the potential of DEC and IEC of buildings and their direct surroundings.
  - Required amounts of rainfall storage to avoid flooding at peak rainfall intensities and to allow for maximum use of the collected rainwater (domestic use, DEC and IEC).
- This project contributes to the objectives of the workpackage by analysing adaptive measures at the scale of buildings and surroundings, in terms of peak rainfall storage to avoid flooding and evaporative cooling to avoid overheating. Note that, while this project focuses on the Netherlands, the methods employed and some of the results obtained will also be valid for other buildings in other countries (e.g. DEC and IEC for cooling of buildings in tropical and sub-tropical climates). Results will be disseminated in peer-reviewed journals, professional journals, in the proceedings of international conferences and in national and international workshops.



## **Annex 5: Project 3.3 Extreme neerslag in de stad**

Dit projectplan is opgesteld, mede op basis van inhoudelijke besprekingen met hotspots Rotterdam en Amsterdam. Korte verslagen hiervan zijn in de bijlage van dit projectplan opgenomen. Gestreefd is naar een invulling van het project waarin door Deltares en KWR kennis wordt ontwikkeld op het gebied van wateroverlast in stedelijk gebied, die aansluit bij de behoeftes van beheerders. Aan de hand van dit projectplan zal deze afstemming verder worden verfijnd. Ook tijdens de uitvoering van het project zijn momenten ingebouwd om deze afstemming te toetsen en versterken.

### **Inhoud van het project**

#### ***Probleemstelling***

Tijdens en na extreme neerslag is er in stedelijk gebied vaak sprake van wateroverlast. Deze overlast uit zich onder andere in financiële schade, vervoersproblemen, gezondheidsrisico's en andere problemen met waterkwaliteit. Onder invloed van veranderingen in ons klimaat verwachten we in de toekomst vaker en extremere buien. Waterbeheerders in stedelijk gebied zoeken daarom naar maatregelen, of combinaties van maatregelen, om deze vorm van wateroverlast tegen te gaan.

Voor de besluitvorming over te nemen maatregelen tegen de kwetsbaarheid voor wateroverlast speelt de effectiviteit van de maatregelen een belangrijke rol. Echter, over deze effectiviteit is niet altijd voldoende bekend, of in een vorm die niet aansluit bij de behoeftes van waterbeheerders. Aan het effect van adaptieve maatregelen wordt weinig gemeten, en ook modellen zijn niet altijd geschikt om de juiste afweging van maatregelen te maken. Daar waar wel onderzoek uitgevoerd is, is dit doorgaans op specifieke case studies gericht.

Naast een toename van extreme neerslag worden vaker en grotere perioden van droogte verwacht als gevolg van het veranderend klimaat. In dat kader is het voor waterbeheerders in stedelijk gebied interessant om de afweging te kunnen maken of regenwater vastgehouden kan worden en het vervolgens te benutten binnen de eigen stad. Hierbij is ook van belang welke invloed deze keuzes hebben op risico's voor de volksgezondheid en/of welke technologie nodig is om het hergebruikte water van voldoende kwaliteit te laten zijn.

#### ***Doelstelling***

Dit project richt zich op het ontsluiten en samenbrengen van kennis in de vorm van kentallen en rekenmodellen voor beheerders van stedelijke gebieden voor

- het kwantificeren van wateroverlast als gevolg van hevige neerslag: wat zijn de hydraulische knelpunten? Waar is wateroverlast als gevolg van zware neerslag te verwachten en in welke mate, in termen van waterhoogte, verspreiding, stroomsnelheid en waterkwaliteit (slib, bacteriën, stank, etc.)?
- het kwantificeren van het effect van maatregelen om de kwetsbaarheid voor wateroverlast te verkleinen,

- het kwantificeren van gezondheidsaspecten van wateroverlast en de invloed van adaptieve maatregelen hierop, en
- het onderzoeken van mogelijkheden om regenwater op een gezonde en voldoende schone manier te benutten binnen het stedelijk gebied.

In de eerste fase van het project richten we ons vooral op de beschikbaarheid van modelconcepten voor beheerders, en wanneer welk concept in de praktijk nodig en nuttig is. De indruk bestaat dat “zware” en gedetailleerde modellen lang niet altijd nodig zijn in de besluitvorming rondom het nemen van maatregelen tegen wateroverlast. Vragen die in dit kader van belang zijn:

- Welke informatie over potentiële wateroverlast heeft een waterbeheerder nodig met het oog op het veranderend klimaat?
- Welke gegevens zijn in de praktijk beschikbaar om een model mee te voeden?
- Welke modelconcepten zijn enerzijds een optie in relatie tot de beschikbare gegevens, en geven anderzijds informatie op het gewenste abstractieniveau?
- Wat is de betrouwbaarheid van de resultaten van diverse modelconcepten, en wat zijn de belangrijkste bronnen van onzekerheid?
- Welke extra of andere meetcampagnes zouden nuttig zijn om de betrouwbaarheid van diverse modelconcepten te vergroten en om uiteindelijk tot een betere onderbouwing te komen van besluiten over (pakketten van) maatregelen?

De effecten en de effectiviteit van adaptieve maatregelen zullen in veel gevallen op een sterk vereenvoudigde manier, in termen van kentallen, nodig zijn. Dat biedt de beheerder de mogelijkheid om al zonder complexe modelstudies in te schatten welke maatregelen interessant zijn voor een specifiek stedelijk gebied. Een inventarisatie van dergelijke kentallen maakt onderdeel uit van de eerste fase van het project. Daarbij wordt ook een ordening van de maatregelen nagestreefd die relevante verschillen en overeenkomsten tussen de maatregelen in beeld brengt (o.a. range van buien waarin een bepaalde maatregel effectief is, kosten om maatregel toe te passen, mogelijkheden tot ruimtelijke inpassing).

Ook wat betreft de kansen en mogelijkheden voor benutting van regenwater in de stad wordt in de eerste fase van het project een overzicht gegeven van wat al bekend is uit literatuur en deskundigen bij met name KWR. In overleg met de hotspots wordt aan dit onderwerp nader invulling gegeven.

In de tweede fase zal worden gewerkt aan voor de beheerder zinvolle verbeteringen van modellen of modelconcepten. Welke verbeteringen dit zijn wordt in overleg met de betrokken hotspots gekozen na een gezamenlijke, inhoudelijke workshop in het voorjaar van 2011.

### ***Aanpak***

In de *eerste fase* van het project, die start in januari 2011, wordt toegewerkt naar een inhoudelijke workshop van onderzoekers vanuit Deltares en KWR met beheerders vanuit de betrokken hotspots en STOWA, te houden in het voorjaar van 2011. In deze workshop staat de vraag centraal welke modelconcepten geschikt en beschikbaar zijn voor de diverse vragen waar een beheerder mee te maken heeft in het licht van de besluitvorming over maatregelen om de kwetsbaarheid van de stad voor wateroverlast te verkleinen.

Ter voorbereiding op de workshop worden twee inhoudelijke onderwerpen voorbereid, in nauwe samenwerking met betrokkenen van de cases Oude Noorden (Rotterdam) en Watergraafsmeer (Amsterdam). Het gaat daarbij om de volgende twee onderwerpen, die hieronder verder worden toegelicht:

- Een overzicht van reeds beschikbare kentallen over de effectiviteit van maatregelen om de kwetsbaarheid voor wateroverlast in stedelijk gebied te verkleinen.
- Een overzicht van modelconcepten, met voor- en nadelen daarvan, toegespitst op elk van de twee studiegebieden.

#### *Inventarisatie van kentallen adaptieve maatregelen*

Onderzoekers van Deltares maken op basis van beschikbare literatuur, kennis van collega's en kennis bij STOWA en Rioned, een inventarisatie van kentallen die de effectiviteit van adaptieve maatregelen kwantificeren. Voorbeelden hiervan zijn wadi's, doorlatende verharding, IT-riolen, Real Time Control en groene en blauwe daken. Hierbij gaat het ook om het combineren van maatregelen, en om de relatie tussen effectiviteit en kenmerken van een specifiek stedelijk gebied. Hierbij zal ook een beeld ontstaan van de bandbreedte van de effectiviteit van de maatregelen en betrouwbaarheid van de kentallen.

Bij dit onderwerp sluiten het promotieonderzoeken van Matthieu Spekkers en Toine Vergroesen goed aan. Door samen te werken en/of informatie onderling uit te wisselen zal gebruik worden gemaakt van kennis uit dit onderzoek.

De maatregelen worden op een manier geordend die de beheerder inzicht geeft in de specifieke kenmerken van de maatregelen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van eerder publicaties van o.a. Deltares en van een werk van Kees Broks (STOWA).

#### *Inventarisatie van modelconcepten*

Onderzoekers van Deltares maken, in overleg en samenwerking met hydrologen van Rotterdam en Waternet, een overzicht van modelconcepten die toegepast kunnen worden om inzicht te geven in de problematiek van wateroverlast in beide studiegebieden. Daarbij wordt geïnventariseerd welke (typen) modellen in beide gebieden beschikbaar zijn en wat de ervaringen daarmee zijn. Alternatieve modelconcepten worden, voor zover dat in een korte slag mogelijk is, in samenwerking met de hotspots toegepast op de studiegebieden om als voorbeeld te dienen in de te voeren discussies.

Aandachtspunten bij deze inventarisatie zijn

- De benodigde data per modelconcept,
- De informatie die per modelconcept verkregen kan worden,
- De betrouwbaarheid van de modelresultaten,
- De wijze waarop per modelconcept een afweging tussen adaptieve maatregelen gemaakt kan worden (hydraulische aspecten, kosten-baten, ruimtelijke inpasbaarheid, bijkomende voor- en nadelen..)

Om goed samen te kunnen werken, werken de onderzoekers van Deltares een aantal dagen op de locatie van elk van de hotspots. Daarbij zijn hydrologen van de betreffende hotspots beschikbaar om samen te werken en te overleggen.

In deze eerste fase mis ik aandacht voor een doelstelling vanuit Rotterdam “De relatie tussen het veranderend klimaat en de beheerselasticiteit van een wijk”.

De *tweede fase* van het project wordt ingevuld na de gezamenlijke workshop in het voorjaar van 2011. In overleg met de betrokken hotspots beslissen we welke (eventueel nieuw opgekomen) onderzoeksvragen in het vervolg van het project worden opgepakt, rekening houdend met de projectmatige randvoorwaarden (beschikbaar budget en tijd).

Elementen die we hierin verwachten zijn:

- Nader analyseren van de effecten en de effectiviteit van maatregelen die genomen kunnen worden om wateroverlast te beperken.
- Verbetering van het modelinstrumentarium om adaptieve maatregelen tegen elkaar af te kunnen wegen, ten behoeve van het besluitvormingsproces van de waterbeheerders in stedelijk gebied. Dit kan gaan over conceptuele modellen, over gedetailleerde 2D modellen of iets daartussenin.
- Modelleren en beschrijven van de invloed van wateroverlast en verschillende (combinaties van) maatregelen op de volksgezondheid en de kwaliteit van het water.
- Een link naar KvK-project 2.3, waarin de gevolgen van wateroverlast worden gekwantificeerd.

*Optioneel: Slim afvoeren van overtollig water uit de stad*

Naast de problematiek van de stedelijke wateroverlast speelt de vraag hoeveel en hoe snel de stad haar overtollig water mag lozen op de watergangen in het omliggend landelijk gebied. Dit bepaalt ook hoeveel water binnen de grenzen van het stedelijk gebied geborgen moeten worden. Slim afvoeren kan betekenen dat een deel van het water relatief snel wordt afgevoerd, voor de afvoerpiek vanuit het landelijk gebied, en dat een ander deel wordt vastgehouden tot na die afvoerpiek. Deze afvoerstrategie maakt een goed inzicht in het afvoergedrag van het bovenliggende stroomgebied noodzakelijk. Dit gedrag zal afhangen van zaken als de opbouw van de ondergrond, de drainagedichtheid, de bovenstrooms gebruikte berging, enzovoorts. Dit gedrag moet min of meer voorspelbaar zijn - of gemaakt worden. Belangrijke volgende stap is dan het regelbaar maken van de afvoer uit de stad. Daartoe zal een passend regel-algoritme ontwikkeld moeten worden in relatie tot de geborgen hoeveelheid water en de totale berging die in de stad aanwezig is.

Het behoort tot de mogelijkheid om een verkennende studie naar het slim afvoeren van overtollig water uit de stad uit te laten voeren door een afstudeerder of een promovendus, met intensieve begeleiding van RTC-deskundigen van Deltares. In overleg met de betrokken hotspots zal een afweging worden gemaakt tussen deze studie of het oppakken van onderzoeksvragen die in de gezamenlijke workshop naar voren komen.

## **Projectbeheersing**

### ***Bemensing***

De KvK-projecten die vallen onder 'Water Management' binnen het thema Climate Proof Cities worden vanuit KvK en Deltares gecoördineerd door Frans van de Ven. Elk van de afzonderlijke studies hebben een eigen projectleider en projectteam.

De studie die hier aan de orde is (3.3) wordt geleid door Hanneke van der Klis. Het projectteam van Deltares bestaat uit Daniel Tollenaar, Reinder Brolsma, Eelco Verschelling, Elgard van Leeuwen (reviewer).

Vanuit KWR wordt deze studie getrokken door Jan Hofman. Daarnaast bestaat het KWR-projectteam uit Gerjan Medema en Marthe de Graaff.

### ***Begroting***

Voor het totaal van de studie is voor Deltares en KWR elk 150 kEuro beschikbaar, over de totale looptijd van het project. Hiervan bestaat 25% uit matching geld uit de eigen organisaties.

### ***Financiële administratie en verantwoordelijkheden***

Deltares trekt dit project. Hanneke zorgt voor contact met KWR, over inhoud en over financiën. Hanneke zorgt daarnaast voor contact met de hotspots en andere betrokken partijen voor zover het de grote lijn en de voortgang van het project betreft. Inhoudelijk zal er direct contact zijn tussen leden van het projectteam en inhoudelijk betrokkenen van de hotspots.

### ***Planning***

De looptijd van het project is najaar 2010 tot zomer 2012:

- Fase 1 wordt afgerond met een workshop in het voorjaar van 2011. De datum zal worden vastgesteld in overleg met betrokkenen van Deltares, KWR, Rotterdam, Amsterdam en STOWA. Andere hotspots en partijen zullen worden uitgenodigd deel te nemen aan de workshop op de vastgestelde datum.
- Fase 2, waarvan de invulling aan het eind van Fase 1 wordt bepaald, wordt uitgevoerd tussen zomer 2010 en zomer 2011.

# Annex 6: Water and Energy Systems

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

In het deelprogramma Climate Proof Cities (CPC) in het onderzoeksprogramma van Kennis voor Klimaat (KvK) wordt onderzoek gedaan naar de gevolgen en adaptatiemaatregelen voor steden als gevolg van klimaatverandering. Het hier gepresenteerde plan van aanpak voor CPC 3.4 Water and Energy systems valt binnen dit deelprogramma.

Water heeft een grote warmtecapaciteit. Dit maakt water zeer geschikt om warmte aan te onttrekken of in op te slaan. Doordat water vloeibaar is, is het ook eenvoudig te transporteren, zoals dat ook nu al gebeurt.

De waterkringloop in de stad bestaat uit zowel een ‘natuurlijk’ deel van de waterkringloop (neerslag, grond en oppervlaktewater) als een antropogeen deel (drinkwater en afvalwatersysteem). Op dit moment worden warmte en koude<sup>1</sup> die opgeslagen zitten in de watersystemen nauwelijks benut. Warmte-/ Koude Opslag (WKO) vormt hierop een uitzondering.

Door klimaatsverandering zal een verschuiving in de energiebalans op treden. Door warmere winters en verbeterde gebouwisolatie zal de vraag naar warmte afnemen. Aan de andere kant zal in de warmere zomers een overschot aan warmte aanwezig zijn. Netto gebruikers van warmte zullen daardoor minder warmte gebruiken en kunnen op termijn zelfs netto gebruikers van koude worden. Mogelijk vergroot dit de kansen voor het efficiënt koppelen van bronnen en gebruikers van warmte en koude.

Het gebruik van restwarmte zit in Nederland weer in de lift. In de huidige opzet levert dit tot nu toe altijd een extra netwerk op, bovenop het aangelegde drinkwaternetwerk. Door een netwerk te gebruiken waar zowel warmte aan onttrokken of in opgeslagen kan worden als drinkwater uit gewonnen kan worden, zou op de aanleg van 1 netwerk bespaard kunnen worden. Uiteraard dient de kwaliteit van het drinkwater uit de kraan gegarandeerd te zijn.

### 1.2 Doel

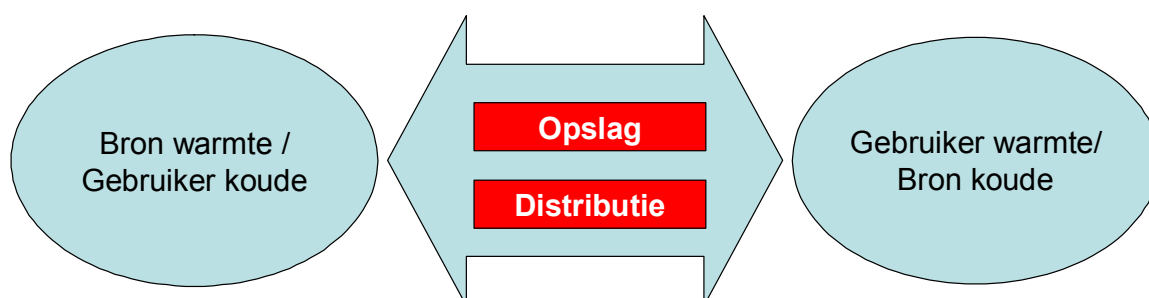
Doel van dit onderzoek is het inventariseren en kwantificeren van de mogelijkheden van gebruik van de waterinfrastructuur voor energietransport in de vorm van koude en warmte in combinatie met het leveren van water aan huizen en gebouwen. Deze infrastructuur bestaat uit een transport- en opslagsysteem en uit een combinatie van het natuurlijke en antropogene systeem.

---

<sup>1</sup> ‘Warmte’ en ‘Koude’ zijn vooral termen die in de dagelijkse spraakgebruik en in beleidsdocumenten vaak worden gebruikt. Fysisch is het beter om te spreken over opslag, toevoeging of onttrekking van (thermische) energie, waardoor de temperatuur van een object of ruimte kan worden veranderd (verwarmen of koelen).

Dit systeem levert dus water waaruit drinkwater gemaakt kan worden en waar warmte uit gewonnen of op geloosd kan worden. Belangrijke focus ligt op de ontwikkeling van een systeem waarbij warmte- en koudevraag en warmte- en koudeaanbod in ruimte en tijd op elkaar afgestemd wordt.

De oplossing die in dit project wordt bestudeerd, ligt op het meso-schaalniveau; (woon)wijk. Er zullen dus geen energiebesparende oplossingen gezocht worden op het micro-schaalniveau (individuele huizen).



### 1.3 Resultaat

Het resultaat is een rapportage van de “proof of concept” van een waterinfrastructuur voor energietransport (warmte en koude levering) in combinatie met het leveren van water aan huizen en gebouwen.

### 1.4 Aanpak

Dit is een inventariserende studie die gebruik gemaakt worden van bestaande kennis. Deze bestaat uit:

- Wetenschappelijke literatuur en rapportages
- Bestaande kennis bij instituten
- Bestaande kennis Hotspots

Een uitgebreidere beschrijving staat in het volgende hoofdstuk.

## 2 Uitwerking plan van aanpak

Het onderzoek zal bestaan uit de volgende onderdelen:

1. Inventariseren van warmte- en koude vraag en opslag in ruimte en tijd
  - Variabiliteit in vraag en aanbod (TNO, Deltares)
  - Omvang en vormen van opslag (TNO, Deltares)
2. Bepalen kansrijke koppelingen en besparingen (Allen)
3. Inventariseren van effecten op
  - Waterkwaliteit in waternet en mogelijkheden lokaal zuiveren (KWR)
  - Chemische en ecologische kwaliteit van grond- en oppervlaktewater (KWR, Deltares)
4. Bepalen rendement (TNO, Deltares)
  - Thermisch (KWR, Deltares, TNO)
  - Economisch (TNO, Deltares)

Benadrukt wordt dat het om inventariserende studie gaat, waarbij zo kwantitatief mogelijke uitkomsten worden nagestreefd. Het zal naar verwachting niet mogelijk zijn om op alle vragen een kwantitatief antwoord te geven.

### 2.1 Bepalen warmte- en koude vraag en opslag in ruimte en tijd

#### 2.1.1 Vraag in ruimte en tijd

De behoefte aan warmte en koude variëren gedurende het jaar. 's Winters bestaat een grotere behoefte aan warmte voor verwarming van huizen en gebouwen en 's zomers bestaat een behoefte aan koude voor koeling. Drie vragen zijn hierbij van belang

- Hoe sluiten de vraag en aanbod naar warmte en koude op elkaar aan in absolute hoeveelheden?
- Hoe variëren de vraag en aanbod naar warmte en koude in de tijd?
- Hoe variëren de vraag en aanbod naar warmte en koude in ruimtelijke zin?

Grote kantoorpanden hebben op jaarbasis bijvoorbeeld vaak een warmteoverschot, terwijl huizen vaak een warmtetekort hebben. In de winter hebben beide een warmtetekort en vooral in de zomer hebben kantoorpanden een groot warmteoverschot. Het temporele verschil in vraag en aanbod kan worden opgelost door middel van opslag, bijvoorbeeld met een WKO systeem of met phase change materials (PCMs). Het absolute verschil kan opgelost worden door het extra toevoegen van energie voor koeling of verwarming, of door verschillende bronnen en gebruikers aan elkaar te koppelen.

Als gevolg van klimaatverandering zal de vraag naar warmte en koude waarschijnlijk verschuiven naar een toename in koude behoefte en afname in warmte behoefte. Deze verschuiving zal meegenomen worden in de analyse van warmte en koude behoefte. Voor de vergelijking met de huidige situatie in warmte- en koudebehoefte wordt uitgegaan van de geprojecteerde temperatuurverandering voor 2050.



Voor het inzichtelijk maken van de vraag zal gefocust worden op één of twee cases. Het is hierbij de bedoeling te kijken naar ‘standaard’ wijken die generieke kennis kunnen opleveren. Cases die hiervoor in aanmerking komen zijn Amsterdam-Oost en Utrecht. In Amsterdam Oost ligt bijvoorbeeld het Science Park met kantoorgebouwen data-centers, vermoedelijk met een koudevraag, terwijl de vooroorlogse woningbouw in Watergraafsmeer vooral een warmtevraag zal hebben.

Thermische energie uit de riolering en afvalwater wordt beknopt meegenomen. Er zal gebruik gemaakt worden de bevindingen uit recent STOWA en KWR onderzoek.

### **2.1.2 Omvang en vormen van opslag en transport**

Doordat vraag naar en aanbod van warmte en koude variëren in tijd en ruimte zullen deze tijdelijk moeten worden opgeslagen. Om vraag en aanbod op elkaar aan te sluiten en eventuele tekorten aan te vullen, zullen de volgende vragen beantwoord moeten worden:

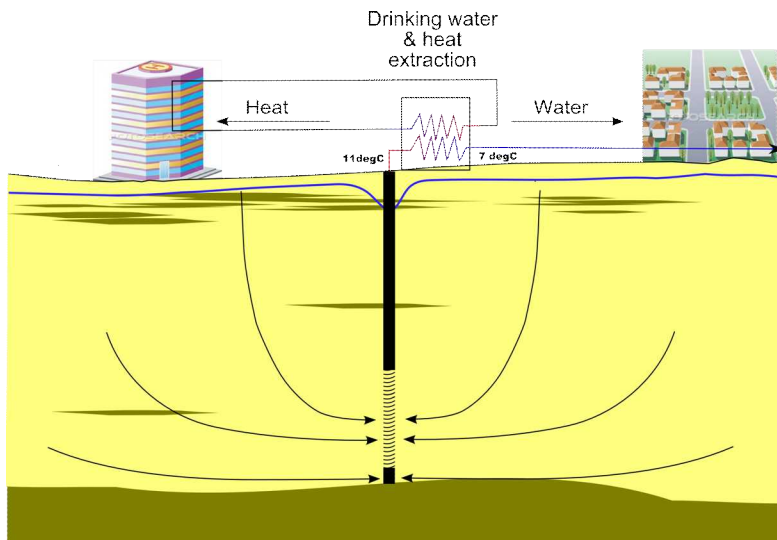
- Hoeveel opslag is nodig om vraag en aanbod van warmte en koude te koppelen?
- Welke afstanden moeten/kunnen overbrugd worden?
- Wat is het energieverlies, hoeveel energie kost het?
- Hoe kunnen bronnen het best gekoppeld worden? Een directe koppeling of via een opslagreservoir?

In het bijzonder wordt gekeken hoe natuurlijke bronnen beter ingezet kunnen worden, zodat warmte- en koudewinning, door warmtepompen gekoppeld met WKO en oppervlaktewater, efficiënter wordt.

## **2.2 Kansrijke koppelingen**

Uit de inventarisatie van mogelijke koppelingen zullen de meest kansrijke koppelingen worden geïdentificeerd en verder worden uitgewerkt. Hierbij zal worden gekeken naar de effecten op waterkwaliteit en energetisch en economisch rendement. Naast energie-water koppelingen, is het interessant om in een bredere context te kijken. Voorbeelden hiervan zijn:

energie uit drainagewater (polderriolen), verbeteren oppervlaktewater kwaliteit, warmte terugwinning uit huishoudwater, energie uit drinkwater, koeling van gebouwen en implementatie in bestaande woningbouw.



## 2.3 Effecten op waterkwaliteit

### 2.3.1 Waterkwaliteit in leidingnet en mogelijkheden lokaal zuiveren

Hogere temperatuur in het transportstelsel zal invloed hebben op de waterkwaliteit in het stelsel. Mogelijk kan hierdoor het water in het stelsel niet direct gebruikt worden als drinkwater. Een mogelijke oplossing is het lokaal (aan de kraan) zuiveren van water. Diverse technologieën zijn beschikbaar om ter plekke drinkwater te produceren. De risico's wat betreft kwaliteit en hygiëne die hiermee verbonden zijn, zullen in kaart worden gebracht.

### 2.3.2 Chemische en ecologische kwaliteit van grond- en oppervlaktewater

Gebruik van grond- en oppervlaktewater voor koeling en verwarming van huizen en gebouwen heeft een direct effect op de watertemperatuur. De effecten op het grondwatersysteem in het geval van WKO worden uitgebreid onderzocht in de projecten Duurzame berging van water en energie (TTIW, KWR) en Meer met Bodemenergie (Deltares). Beide projecten hebben diverse pilotlocaties waar in het veld gemeten wordt. Dit zijn voor het KWR project vooral locaties met zoet grondwater nabij drinkwaterwinningen en voor het Deltares project wordt een aantal locaties waar WKO systemen in verontreinigd grondwater staan gemonitord. Voor zover bekend worden er geen locaties in Amsterdam gemonitord. Wel is het project Citychlor (Utrecht centraalgebied) opgenomen in Meer met Bodemenergie.

De effecten van warmte en/of koudewinning uit oppervlaktewater is veel beperkter onderzocht. De bekendste voorbeelden in Nederland zijn de koudewinningen uit de Nieuwe Meer en de Ouderkerkerplas. In het laatste geval is de koudewinning gekoppeld aan een verbetering van de waterkwaliteit door defosfatering.

In relatie tot de deze studie zijn een aantal specifieke waterkwaliteitsvragen te noemen die naar onvoldoende in boven genoemde projecten aanbod komen:

- Wat zijn de effecten op waterkwaliteit van WKO in brakke grondwatersystemen (zoals in Amsterdam). Deze vraag is relevant omdat gebruik van brak water in de belangstelling staat als grondstof voor drinkwater. Brak grondwater is op een

- aantal kwaliteitsparameters na (chloride, natrium) mogelijk geschikter dan Rijnwater voor drinkwater productie. Randvoorwaarde van dit gebruik is echter wel dat het brakke grondwater vrij blijft van stedelijke verontreinigingen.
- Wat zijn de effecten op waterkwaliteit van warmte- of koudewinning uit stedelijke waterpartijen (grachten e.d. in plaats van relatief grote en diepe meren zoals de Nieuwe Meer).

Deze vragen zullen in eerste instantie worden onderzocht door gebruik te maken van de geïnventariseerde kennis.

## **2.4 Rendement**

### **2.4.1 Thermisch en energetisch rendement**

Dit project onderzoekt de mogelijkheden van een duurzaam systeem voor het leveren van warmte en koude in de bebouwde omgeving. Het totale energieverbruik en de productie zal worden bepaald en vergeleken worden met de huidige situatie. Dit systeem zal qua energetisch rendement op hoofdlijnen worden vergeleken met een op dit moment gangbaar systeem bestaande uit separate drinkwaterlevering en verwarming op basis van aardgas.

### **2.4.2 Economisch rendement**

Voor het succesvol zijn van het systeem is het uiteraard van belang dat de kosten van dit systeem lager of vergelijkbaar zijn met de kosten van een huidig gangbaar systeem. Indien mogelijk wordt de terugverdientijd van beide systemen bepaald.

## **3 Cases en databehoeft**

Als case wordt Amsterdam- Watergraafsmeer voorgesteld. In Amsterdam verzorgt Waternet de drinkwatervoorziening en afvalwaterbehandeling en beheert het oppervlakte- en grondwater. Doordat zij de gehele waterketen- en cyclus beheren en een aantal interessante lopende projecten heeft waar de relatie tussen water en energie centraal staat is Amsterdam een interessante case.

Vanuit de cases hebben we onderstaande gegevens nodig:

- waterbalans gegevens Watergraafsmeer
  - o Natuurlijke systeem (oppervlakte water, grondwater, neerslag, etc.)
  - o Drinkwater
  - o Riolering
- Energiebalans gegevens Watergraafsmeer
  - o Gebruik woningen (gas en elektra)
  - o Grootgebruikers
  - o Warmte producenten (kantoren, serverpark, etc.)

- Huidige WKO installaties
- Kadastrale gegevens
  - o Inwoners per wijkdeel
  - o Ouderdom woningen per wijkdeel
- Waterkwaliteitsgegevens
  - o Oppervlakte water
  - o Grondwater
  - o Temperatuur
- Plannen van dienst ruimtelijke ordening

## 4 Planning en begroting

	2010					2011												
	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
<b>Project 3.4</b>																		
Literature survey																		
Inventory of cooling and heating demand																		
Determination of energy efficiency storage and transport																		
Determination of economic efficiency																		
Water quality effects drinking water																		
Water quality effects ground and surface water																		
Report Concept																		
Report Final																		

### **Begroting**

Voor het totaal van de studie is voor Deltares en KWR elk 50 kEuro beschikbaar, en voor TNO 25 kEuro. Hiervan bestaat 25% uit matching geld uit de eigen organisaties

## 5 Consortium

Dit project wordt uigevoerd door Deltares, KWR en TNO in samenwerking met de Hotspots Amsterdam en Utrecht. Hierbij is Deltares de trekker. Namens de deelnemers zijn onderstaande personen in ieder geval betrokken:

### **Deltares**

Reinder Brolsma (PL, PL Deltares )  
Daniel Tollenaar

### **KWR**

Marthe de Graaff  
Matthijs Bonte

**TNO**  
Jan de Wit

**Reviewers**  
Jan Hofman (KWR)  
Frans van de Ven (Deltares)

**Case manager**  
Frans van de Ven (Case Integrated water management)

**Cases**  
Amsterdam- Watergraafsmeer

**Annex 7: 3.3 extension: Design & Decision support tool for managing urban pluvial flooding**

## 2 Overwegingen bij ontwikkeling instrumentarium

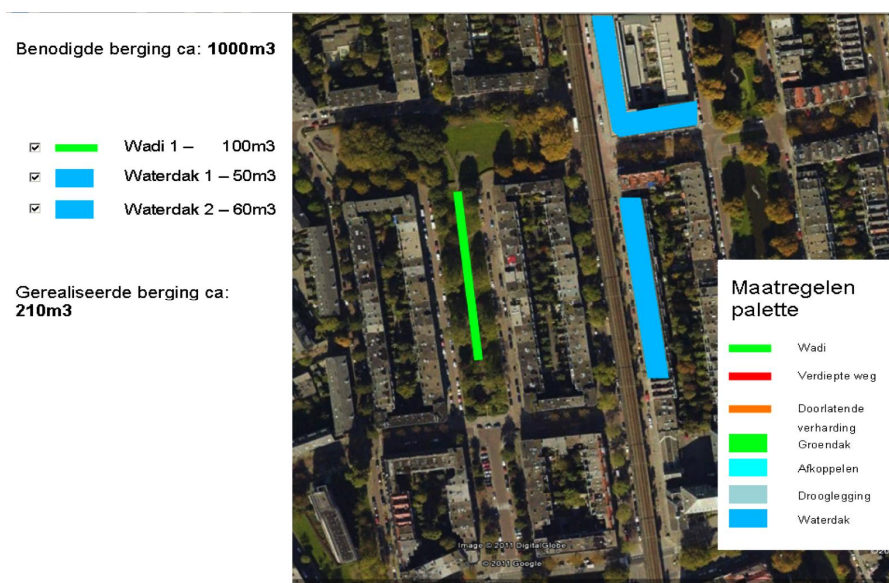
### 2.1 Effect klimaatverandering onzeker

Wat precies de hydrologische veranderingen zullen zijn bij een veranderend klimaat is onzeker. Hoogstwaarschijnlijk zal de verdeling van neerslag in de tijd, zowel op seizoensschaal als op kortere tijdschaal, veranderen (korte en heviger neerslagpieken). We verwachten nattere winters, drogere zomers met meer piekbuien.

Maar het maakt voor de aard en de grootte van systeemaanpassingen nogal uit hoe groot die pieken dan zullen worden. Zeer hevige neerslag kan tijdens niet snel worden afgevoerd. Water zal ter plekke moeten worden geborgen en wel zodanig dat overlast beperkt blijft. Voor klimaatadaptatie betekent dit dat de maatregelen ook moeten worden gezocht in de inrichting van de buitenruimte, en niet alleen in het riool of in de uitbreiding van open wateroppervlak.

Een ander aan klimaatadaptatie gerelateerd punt is dat we qua ingrijpen 'de tijd hebben'. We hoeven slechts te bepalen waar op de korte termijn de knelpunten ontstaan, zeg binnen enkele decennia. Wanneer die zijn opgelost kunnen we in principe afwachten.

Maar hoe weten we dan waar die knelpunten liggen? We weten toch niet hoe de neerslag precies zal toenemen? Nee, maar daar worden we weer gesteund door het feit dat knelpunten met toenemende belasting zelden van locatie of aard veranderen. Pas als knelpunten worden weggenomen ontstaat een nieuwe situatie waarin (eventueel na verder toenemende belasting) op andere locaties problemen optreden. In die zin vertoont wateroverlast een gelijkenis met het fileprobleem. De locatie van het eerstvolgende knelpunt dat ontstaat zal echter niet afhangen van de exacte neerslagtoename. We kunnen dus ook zonder de beschikking te hebben over nauwkeurige voorspelling van toekomstige belasting al effectief aan de slag met klimaatadaptatie.



Figuur 2.1 Voorbeeld van een user interface van een beslissing ondersteunend instrument bij het zoeken naar berging

Bovenstaande inzichten zijn van belang wanneer we een instrumentarium optuigen voor het bepalen van klimaatadaptatiestrategieën. We komen daarop later terug, nadat we zijn ingegaan op het belang van een gedetailleerde analyse. Men zou namelijk uit het voorgaande ten onrechte de conclusie kunnen trekken dat details er niet zoveel toe doen. Maar bij het bepalen van effectieve maatregelen is de nauwkeurigheid, en vooral de mate van detail daarbij van groot belang. In het navolgende wordt daar nader op ingegaan.

## 2.2 The devil in the details

Waterhuishoudkundige problemen zijn vaak locale problemen. Het verschil tussen wel of geen overlast zit hem daarbij vaak in de details, in de plaats van de zwakste schakel. De kunst van klimaatadaptatie is het zo goed mogelijk inschatten van locatie en omvang van die knelpunten en het vaststellen van de beste aanpak in termen van maatregelen. Een lijst effectieve maatregelen optimaal uitgesmeerd in de tijd levert dan een effectieve adaptatiestrategie. Dit inschatten van knelpunten vereist van een instrumentarium dat de juiste zaken op een zeer hoog detailniveau worden meegenomen, terwijl andere aspecten juist weer grover kunnen worden geschematiseerd. Zo zijn details over de maaiveldhoogten en de eventuele onderlinge verbinding tussen depressies in het maaiveld, tijdens extreme neerslag belangrijk, terwijl de afvoer in het riool richting afvalwaterzuivering minder belangrijk is. Een instrument voor het bepalen van effectieve adaptatiemaatregelen moet tenminste het retentie-effect van maatregelen als groene daken en tijdelijke berging in laagtes goed beschrijven net als de stroming over het maaiveld. In het riool is tijdens extreme buien niet het reguliere afvoerpatroon maar juist de afvoercapaciteit richting overstorten van invloed.

Naast de effectiviteit van maatregelen zijn natuurlijk de randvoorwaarden en wensen vanuit het gebiedsproces van belang. Juiste deze eisen en wensen geven richting aan het zoekproces naar de meest effectieve strategie. In de volgende paragraaf wordt daarop ingegaan.

## 2.3 Buitenruimte als watersysteem

Wanneer het gaat om het in beeld brengen van de effecten van extreme neerslag zijn in principe drie systemen van belang:

- De riolering.
- Het stedelijk open water.
- De wering van de buitenruimte als afvoerend en bergend systeem.

Bij het opvangen van extreme neerslag is het bergen van water ter plekke van belang. "Extreme neerslag is een buitenruimte probleem", aldus Daniel Goedbloed van de gemeente Rotterdam. Het gaat daarbij ook om piekafvlakking om snelle concentratie van regenwater op ongewenste plaatsten te voorkomen. De invloed van infiltratievoorzieningen en groene daken zijn dus belangrijk.

## 2.4 Samen aan tafel, maar dan?

Er is al veel geschreven over gebiedsprocessen en de rol en inbreng van de diverse actoren in gebiedsprocessen. Een daarbij terugkerend item is het moment waarop betrokkenen hun inbreng moeten hebben. Met name de waterhuishoudkundige input zou eerder moeten worden gegeven om zo beter te integreren in het ruimtelijk ontwerp. Dit zorgt er ook voor dat ontwerpers water niet als een noodzakelijk kwaad zien, maar gebruiken als ruimtelijke bouwsteen.



We sluiten hier volledig bij aan. Maar hoe kan die uitwisseling van kennis en ervaring dan het beste in de praktijk worden vorm gegeven? Liefst 'aan tafel' en al schetsend. Voor een instrumentarium betekent deze context dat de lat hoog wordt gelegd, qua mogelijkheden, interface en analyse snelheid. Waterhuishoudkundige maatregelen en combinaties daarvan moeten min of meer 'schetsend' kunnen worden ingevoerd waarna het nuttig effect en de ruimtelijke consequenties kunnen worden bepaald en gevisualiseerd. Pas dan worden betrokkenen maximaal ondersteund bij het afwegingsproces. De verschillende maatregelenpakketten kunnen dan onderling worden vergeleken op effectiviteit (voorkomen schade, reductierisico) en kosten.

Belangrijk daarbij is te beseffen dat eventueel te hanteren weegfactoren (expliciet of impliciet) en de prioritering van maatregeltypen eerder het eindproduct van de afweging vormen dan het startpunt. Gaandeweg het proces worden eisen en wensen bijgesteld op basis van berekende haalbaarheid en in beeld gebrachte impact. Het instrumentarium is dus eerder een tool voor terugkoppeling van effecten - waardoor uiteindelijk de juiste oplossingen in beeld moeten komen - dan een generator van oplossingen op basis van op voorhand vaststaande eisen en wensen.

### 3 Doelen en functionele eisen aan instrumentarium

#### 3.1 Wat het instrumentarium moet kunnen

Op basis van bovenstaande overwegingen stellen we voor in het extensieproject een instrumentarium te ontwikkelen dat:

- de mogelijkheid biedt een 'stadsbrede' scan van de buitenruimte uit te voeren (Wat gebeurt er in de buitenruimte bij extreme neerslag?) ten behoeve van het identificeren van de kwetsbare punten. En met het uiteindelijke doel: opstellen van een (kosten)effectieve adaptatiestrategie.
- inzicht geeft in de mechanismen die van invloed zijn op de overlast in een bepaald gebied (waar concentreert het water zich?, geleidende werking van stoepranden, verdiept aangelegde straten, de 'stroomvoerende' fietserstunnel, de afvoer richting metro etc.).
- op basis van de dominante schademechanismen bij extreme neerslag de mogelijke schade kan inschatten.
- toont (in 'beeld en getal') welke maatregelen effectief zijn bij het voorkomen of reduceren van overlast in de stad.
- Inzicht geeft in de investeringen die gepaard gaan met de betreffende ingrepen.

#### 3.2 Functionele eisen

Voor de opbouw van het instrumentarium betekent dit ondermeer dat het mogelijk is:

- gedetailleerde 'waterconcentratie'-, infiltratie- en retentiemaatregelen in te voeren die adapteren op hevige neerslag.
- het waterhuishoudkundige effect van hevige neerslag van uiteenlopende gradaties te simuleren, met de focus op situaties tijdens en na hevige neerslag en niet op de 'alledaagse' situatie.
- hydrologie in detail te beschrijven waar het gaat om de directe berging van water (de 'hydraulische werking' buitenruimte) de werking van riolering bij extreme neerslag. En veel globaler waar het gaat om minder dominante mechanismen als grondwaterstroming en stroming in waterlopen.
- het instrumentarium (handmatig) te configureren voor een bepaald gebied. Dat wil zeggen dat relevante geografische informatie moet kunnen worden verwerkt tot een afwegingsinstrument voor een specifiek gebied.
- het geheel te gebruiken op verschillende schaalniveaus, d.w.z. voor zowel een stad, een stadsdeel als een wijk met de daaraan gekoppelde mate van nauwkeurigheid. Dit geldt voor het in beeld brengen van effecten en ook voor de te selecteren typen maatregelen. Dus antwoord krijgen op zowel vragen als: wat doen groene daken, als op detailvragen als: hoe verlaagt een wadi van afmeting x in straat y de overlast op punt z?

Samenvattend moet 'aan tafel' bij het analyse en inrichtingsproces een aantal adaptatiemaatregelen (locale laagtes, aanpassingen straatprofiel, groene daken etc.) in een gebied kunnen worden ingevoerd en het effect daarvan op de lokaal optredende overlast bij hevige neerslag in beeld kunnen worden gebracht. Afhankelijk van dat beeld moet dan ter plekke bijstelling van de maatregelen mogelijk zijn. Het gaat daarbij dus om een vorm van *participatief modelleren* en het tijdens het proces afwegen van kandidaat maatregelen.

## 4 Bijdrage aan de ontwikkeling van afwegingsinstrumenten voor klimaatadaptatie

### 4.1 De trend in beslissingsondersteuning

Realistisch visualiseren

De trend is om wateroverlast op een aansprekende en realistische wijze te visualiseren. Dit helpt waterbeheerders, maar ook niet-waterspecialisten, bij het verkrijgen van een beter inzicht in een bepaalde situatie, de mogelijke maatregelen en de gevolgen van die maatregelen. De ontwikkeling is richting het gebruik van *touch screens* voor de interactie met de gebruiker in combinatie van 3D stereo visualisatie.

Snel, gedetailleerd en interactief rekenen

Om het afwegingsproces 'aan tafel' te kunnen faciliteren is het niet alleen nodig gedetailleerd te rekenen maar ook rekensnelheden op te voeren zodat effecten 'al doende' in beeld kunnen worden gebracht. De ontwikkelingen in toonaangevende studies zijn dan ook gericht op gedetailleerder rekenen, sneller rekenen door gebruik van efficiëntere rekenschema's en het gebruik van bijvoorbeeld snelle grafische kaarten en super computers, en het ontwikkelen van interactieve modellen die presenteren tijdens het rekenen en die het mogelijk maken gaandeweg schematiseringen aan te passen (bijvoorbeeld door het invoegen van maatregelen in de buitenruimte).

Afweging op basis van schade en risico's

Het beoordelingskader bij het afwegen van maatregelen staan traditioneel watergerelateerde variabelen als waterstanden centraal. De ontwikkeling is echter een afweging op basis van schade. Wij sluiten bij dit voorstel aan bij de nieuwste inzichten op het gebied van schadefuncties voor het stedelijke gebied die momenteel in opdracht van STOWA worden ontwikkeld.

### 4.2 Afstemming met het onderzoeksprogramma 3Di Waterbeheer

We sluiten in dit voorstel aan bij het onderzoeksprogramma 3Di Waterbeheer, een vierjarig onderzoeksprogramma, waarbinnen verschillende (ICT) producten worden ontwikkeld voor waterbeheerders, ruimtelijke ontwikkelaars en calamiteitenorganisaties. Deze producten maken het mogelijk wateroverlast nauwkeuriger en sneller te voorspellen.

Wat biedt 3Di Waterbeheer?

- Gedetailleerde informatie over wateroverlast als gevolg van hevige neerslag en overstromingen.
- Direct inzicht in de effecten van maatregelen.
- Realtime informatie, ontsloten via een interactief webportaal.
- Duidelijk inzicht in wateroverlast door middel van levensechte 3D-animaties.

Wie zijn bij 3Di Waterbeheer betrokken?

Deltares, de TU Delft, en Nelen & Schuurmans zijn initiatiefnemers en ontwikkelaars van 3Di Waterbeheer. De launching customers zijn de hoogheemraadschappen van Delfland en Hollands Noorderkwartier en Kennis voor Klimaat. Waterschap Vallei en Eem, Waterschap Veluwe en Waternet zijn betrokken als *supporting customer*.

3Di Waterbeheer is zowel nationaal als internationaal op de kaart gezet. Op conferenties, symposia, congressen en open dagen is 3Di gepresenteerd aan deskundigen en leken. Delegaties uit Thailand, Hong Kong, Singapore, Vietnam en het Witte Huis (USA) hebben presentaties bijgewoond. Het programma loopt nu twee jaar. Er staat inmiddels een nieuwe generatie simulatiemodellen in de steigers die tenminste 1000 keer sneller rekenen en vele malen nauwkeuriger zijn dan de huidige generatie. Hiermee kunnen waterbeheerders kosteneffectiever investeren en beter beslissen onder tijdsdruk. Daarnaast worden rekenresultaten gedetailleerd en realistisch in 3D gevisualiseerd. In de komende periode zal de nadruk liggen op het integreren van de nieuwe technische producten tot een instrument waarmee waterbeheerders snel en efficiënt kunnen werken. Met name de modellering van waterlopen heeft nu de aandacht omdat vanuit de waterschappen in is geïnvesteerd.

Het voorliggende extensievoorstel maakt het mogelijk in de 'brede 3Di ontwikkeling' twee belangrijke stappen te zetten in:

1. Het invoeren van lijnelementen in een 3Di schematisering die is gebaseerd op basis van een gedetailleerd hoogtepuntengrid. We willen voor het afwegingsinstrument maatregelen als 'verhoogde stoepranden' e.d. kunnen invoeren.
2. In de koppeling tussen het nieuwe rekenhart van 3Di en rioleringselementen. Doel is deze elementen te integreren in het nieuwe rekenhart. Het onderzoek naar deze elementen zal in het tweede deel van CPC plaatshebben om maximaal gebruik te maken van de '1D open water inzichten' die nu worden opgedaan. Overigens worden op dit moment vanuit het 3Di-programma mogelijkheden voor investeringen juist op het punt van rioleringsmodellering verkend.

Door de afstemming van dit onderzoeksvorstel met de genoemde lopende studies ontstaat een zeer interessante hefboom in de ontwikkeling van onderzoeksproducten. Het afwegingsinstrument kan daardoor een veel hoger eindniveau bereiken dan zonder de koppeling. En omgekeerd komt de kennis die binnen CPC 3.3 wordt ontwikkeld direct ten goede aan de geschetste vooraanstaande internationale ontwikkeling op het gebied van modellering.

## 5 Aanpak

De aanpak bij het project komt in het kort neer op: het ontwikkelen van een instrumentarium dat kan worden ingezet bij het ontwikkelen van klimaatadaptatie strategieën ter beperking van wateroverlast in het stedelijk gebied bij extreme neerslag. We starten met een brede definitiefase waarin de gewenste functionaliteit van een afwegingsinstrument wordt vastgesteld aan de hand van input vanuit alle case gebieden. Daarna volgt het onderzoek twee ontwikkelfasen waarin respectievelijk het modelleren van de buitenruimte en van de 1D elementen centraal staan. De inzichten en producten worden getest aan de hand van drie case studies. We maken gebruik van de resultaten van recent onderzoek waaronder fase 1 en 2 van CPC 3.3, de resultaten van het lopende 3Di Waterbeheer onderzoeksprogramma, en indien mogelijk zelfs van de relevante resultaten die nog tijdens dat onderzoek beschikbaar komen.

### 5.1 Resultaten fase 1 en 2

Fase 1 en 2 van CPC 3.3 hebben de volgende bouwstenen opgeleverd die in de extensie fase kunnen worden gebruikt:

- Handleiding voor de watermanager bij het omgaan met extreme neerslag in stedelijk gebied. De handleiding omvat ondermeer:
- Een probleemanalyse voor het Oude Noorden in Rotterdam en de Watergraafsmeer in Amsterdam, en
- een beschrijving van het type maatregelen om de adaptatiecapaciteit van het stedelijke watersysteem te vergroten (eigenschappen en kengetallen).
- Een beschrijving van beschikbare rekentools om het effect van deze maatregelen te kwantificeren.

### 5.2 Case studies

Voorgesteld wordt het nieuwe instrumentarium te testen in drie case studies. We stellen voor om de volgende case studies te kiezen:

- Oude Noorden Rotterdam.
- Watergraafsmeer, Amsterdam.
- Een nog vast te stellen gebied in de regio Haaglanden bijvoorbeeld in Den Haag of Rijswijk.

Voor elk van de case studies wordt het prototype van het afwegingsinstrument geconfigureerd, wat meteen een belangrijk product van dit projectvoorstel betreft. Met dit instrument wordt per case studie een zogenaamde *schetssessie* georganiseerd. In deze sessies werken inrichters van de buitenruimte, beleidsmedewerkers en waterspecialisten aan klimaatadaptatieve maatregelen.

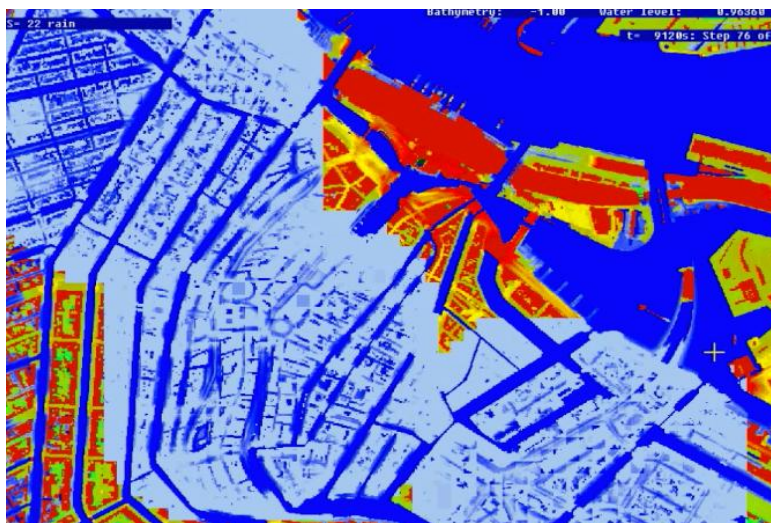
Omdat het karakter van de problematiek in Rotterdam zich focust op het inventariseren van knelpunten en het evalueren van retentiemaatregelen in de buitenruimte, stellen we voor deze case als eerste op te pakken. We gaan dan aan de slag met het modelleerbaar maken van dit type maatregelen in het instrumentarium. Daarna focussen we in de cases Watergraafsmeer en Haaglanden op de interactie tussen riolering en de buitenruimte. In deze gebieden staan namelijk de vervangingsopgave in relatie tot klimaatverandering en meekoppel kansen in de ruimtelijke ordening centraal. Door dit onderzoeksdeel en deze cases naar achter te schuiven ontstaat een maximale mogelijkheid tot benutting van de resultaten in het 3Di Waterbeheer spoor.

## 6 Organisatie van het project

Voor de uitvoering van het project formeren we een ontwikkelgroep en een ruimtelijke klankbordgroep:

- De ontwikkelgroep voert het grootste deel van de productontwikkeling uit. De groep bestaat uit specialisten van Deltares, het 3Di consortium, en vertegenwoordigers vanuit de hotspots (case eigenaren).
- De ruimtelijke klankbordgroep, wordt ingezet op uitnodiging van de ontwikkelgroep voor feedback op de ontwikkelde (tussen)producten. De focus is op de ruimtelijke inpassing van klimaatadaptieve maatregelen en het ruimtelijk ontwerpen. De Ruimtelijke Klankbordgroep bestaat uit inrichters van de buitenruimte, (stedenbouwkundige) ontwerpers en planvormers vanuit de hotspots.

Voor de workshops zullen ook vertegenwoordigers van andere hotspots van CPC worden uitgenodigd. Deelname van een brede groep gemeentes bevordert de ontwikkeling van een breed toepasbaar instrument.



Figuur 6.1 Simulatieresultaten van een clusterbui in Amsterdam. Met cellen van 1x1 meter

### 6.1 Fasering en activiteiten

We onderscheiden de volgende faseringen en activiteiten:

- Definitiefase
- Ontwikkelfase 1
- Ontwikkelfase 2
- Schetssessies

Elke fase wordt hieronder nader beschreven. In elke fase is interactie tussen de ontwikkelgroep en de ruimtelijke klankbordgroep, met name in de vorm van gezamenlijke workshops.

Werken aan de drie case studies vormt een rode draad in het project. Elke workshop wordt vormgegeven rond één of meer cases, en de nieuwe ontwikkelingen die worden uitgewerkt worden getest en geshowd met behulp van de cases.

Na de eerste ontwikkelfase zullen de resultaten en een verder uitgewerkt en aangescherpt plan voor het vervolg worden besproken met de CPC Stuurgroep. De Stuurgroep kan op dat moment mede sturing geven aan de invulling van de tweede fase van het project.

## 6.1.1 Definitiefase

Als start van het project wordt in een eerste workshop met de ontwikkelgroep en de ruimtelijke klankbordgroep in detail besproken wat de functionele en gebruikseisen zijn aan het afwegingsinstrument. Dit doen we vanuit een brede inventarisatie, waarbij alle drie de case studies in beschouwing worden genomen.

Ter voorbereiding op deze workshop maakt de ontwikkelgroep eerste schetsen van het te realiseren afwegingsinstrument, op basis van ideeën die al in de ontwikkelgroep leven. Bovendien geeft de ontwikkelgroep aan hoe ze van plan is schade en kosten in het afwegingsinstrumentarium te gaan verwerken.

Aan de case eigenaren wordt gevraagd om hun eigen case te presenteren in termen van knelpunten in de waterhuishouding, en in mogelijke maatregelen die zij met het te ontwikkelen instrument zouden willen afwegen. Bij de beoordeling van maatregelen is het van belang in kaart te brengen:

- welke situaties te allen tijde voorkomen moeten worden, deze vormen de randvoorwaarde kaarten (bijvoorbeeld waar wordt geen water op straat geaccepteerd?).
- welke schade kan optreden bij een extreme situatie.
- wie de kosten draagt van maatregelen, wie baat heeft, en hoe een en ander kan worden verrekend. De technische kosten van maatregelen, schadeomvang en de baten vormen een belangrijke onderlegger bij de afweging.

## 6.1.2 Ontwikkelfase 1

In de eerste ontwikkelfase zal de nadruk liggen op de volgende onderwerpen:

- Vormgeven en definiëren van de user interface (waarschijnlijk de touch screen opstelling) vanuit de vastgestelde eisen en wensen m.b.t. het afwegingsinstrument.
- Integreren van maaiveldhoogte data met ingevoerde lijnelementen als stoepanden en verhogingen. In deze fase wordt deze benodigde integratie beschikbaar gemaakt door te importeren met behulp van GIS functionaliteit. In de tweede ontwikkelfase wordt dit punt afgerond, waarin ook gewerkt wordt aan een handmatige invoer via de user interface.
- Het modelleren en selecteerbaar maken in het 3Di rekenmodel van oplossingstypen zoals geformuleerd in fase 1 van CPC 3.3, en geselecteerd in de definitiefase.
- Koppeling van de maatregeltypen met kosten op basis van eenheidsprijzen.
- Configureren van het prototype op de Rotterdamse case (Oude Noorden).
- Workshop met de ruimtelijke klankbordgroep voor feedback op de nieuwe ontwikkelingen en voor verdere uitwerking van het afwegingsinstrument. Deze workshop wordt gehouden aan de hand van de Rotterdamse case, terwijl wel de vertegenwoordigers van alle cases deelnemen.

De mogelijkheid bestaat dat uit de eerste ontwikkelfase en de afsluitende workshop wensen naar voren komen voor ontwikkelingen aan het afwegingsinstrument die we nu nog niet voorzien. In dat geval zullen deze wensen als concreet voorstel voor de volgende fase aan de CPC-stuurgroep worden voorgelegd.

Parallel aan deze activiteiten wordt in het 3Di-programma (dus buiten de context van dit projectvoorstel) gewerkt aan het integreren van waterlopen (1D) in het 3Di-model. De verwachting is dat dit CPC-project daar in de tweede fase goed gebruik van kan maken.

### 6.1.3 Ontwikkelfase 2:

Zoals we nu voorzien komt de nadruk van de ontwikkelingen in de tweede fase te liggen bij de volgende onderwerpen:

- Het tweede, en afrondende deel, van het integreren van maaiveldhoogte data met ingevoerde lijnelementen als stoepanden en verhogingen. In deze fase wordt gewerkt aan een handmatige invoer via de user interface.
- Ontwikkelen van 1D riolerings-elementen in het model, gebruik makend van de inzichten en ervaring die dan beschikbaar zijn vanuit het programma 3Di-Waterbeheer.
- Bepalen van schades op basis van schadefuncties stedelijk gebied (afstemming met project CPC 2.3 en lopend STOWA project: Schade als gevolg van regionale wateroverlast dat ook een belangrijke stedelijke component kent).
- Uitbreiden van de user interface van het afwegingsinstrument, gericht op vervangingsvraagstukken van de riolering en de meekoppeling van maatregelen in de ruimtelijke ordening van de stad.

In de slotfase van deze tweede ontwikkelfase organiseren we een workshop, waarin de eerste 'schetssessie' wordt gehouden met de Rotterdamse case. Dit houdt in dat concreet een planvormingssessie wordt gehouden met de betreffende casehouders en betrokken stedenbouwkundigen en andere partijen. De case eigenaren van Amsterdam en Haaglanden zijn uiteraard ook bij deze workshop betrokken.

Het resultaat van deze eerste schetssessie geldt als feedback op het afwegingsinstrument zoals het op dat moment is ontwikkeld. Deze tweede ontwikkelfase wordt afgesloten met een laatste verbetering, op basis van de feedback.

Het resultaat van deze fase is het afwegingsinstrument, concreet toegepast voor één van de cases. Met dit instrument wordt in de laatste fase van het project voor de andere twee cases een schetssessie gehouden.

### 6.1.4 Schetssessies

Met het in de tweede ontwikkelfase afgeronde prototype van het afwegingsinstrument worden schetssessies georganiseerd voor de cases Watergraafsmeer en Haaglanden. Voor beide cases wordt het prototype eerst geconfigureerd. Doel van deze schetssessies is:

- Toepassen en testen van het afwegingsinstrument.
- Inzicht opbouwen in de effecten van extreme neerslag in het stedelijk gebied.
- Inzicht krijgen in de kansen voor maatregelen ter beperking van negatieve effecten.
- Zicht krijgen op meekoppelmogelijkheden met andere geplande ingrepen in de buitenruimte.
- Verzamelen van presentatie- en voorbeeldmateriaal voor zowel de casehouders als de ontwikkelaars. We denken bijvoorbeeld aan een korte filmimpressie/animatie waarin het proces tijdens de sessies en de rol van het instrument in beeld wordt gebracht.



- Publiceren over de cases in samenwerking met de casehouders over de rol van het afwegingsinstrument in planprocessen, en de uitkomsten en bevindingen van de schetssessies.

## 6.2 Eindproducten

Het onderzoek leidt tot de volgende eindproducten:

1. Prototype van een afwegingsinstrumentarium waarin gegeven stedelijke systemen kunnen worden geconfigureerd, en waarmee via zogenaamde participatieve modelleersessies een klimaatadaptatiestrategie kan worden ontwikkeld.
2. Drie geconfigureerde afwegingsinstrumenten, één voor elk van de case gebieden.
3. Drie publicaties over de rol van 'hoge resolutie analyses' bij de integratie van klimaatadaptatieve maatregelen in herstructurering.
4. Bijdrage aan een (mini)symposium voor het werkveld van water en RO.

## 6.3 Ontwikkelgroep

Het project wordt uitgevoerd door de ontwikkelgroep, die bestaat uit medewerkers van Deltares en Neelen & Schuurmans:

- Elgard van Leeuwen: (projectleider / workshops)
- Olga Pleumeekers: workshops (Neelen & Schuurmans)
- Arthur van Dam: rekenhart
- Olga Kleptsova: rekenhart
- Bastiaan Roos: informatieraamwerk (Neelen & Schuurmans)
- Klaas-Jan van Heeringen: informatieraamwerk
- Jan Maarten Verbree: Informatieraamwerk (Neelen & Schuurmans)
- Ruben Dahm: workshops
- Govert Verhoeven: workshops
- Esther van Baaren: workshops
- Daniel Tollenaar: workshops
- Eelco Verschelling: rekenhart, hydrologie
- Toine Vergroesen: hydrologie
- Arnejan van Loenen: informatieraamwerk

Daarnaast wordt mogelijk gebruik gemaakt van de specifieke expertises van twee bureau's:

- abf RESEARCH: specifieke informatiebronnen en statistiek op het gebied van ruimtelijke ontwikkeling.
- Buro MA.AN: combineert stedenbouwkundige visie met vormgeving.

## 6.4 Begroting

De verschillende activiteiten die wij voorzien voor dit extensievoorstel hebben wij geraamd op een totale inspanning ter waarde van k€ 300, exclusief BTW. Dit betreft de inspanning die nodig is van Deltares, en van het 3Di-consortium. De raming is per projectfase toegelicht in Tabel 6.1.

Zoals beschreven stellen wij voor om het project in twee fases op te delen, met een stuurmoment voor de CPC-Stuurgroep na afronding van Ontwikkelfase 1. De inspanning is gelijk verdeeld over de twee projectfases, elk begroot op k€ 150.

In dit voorstel zijn we ervan uit gegaan dat vanuit de casehouders capaciteit beschikbaar is voor de voorbereiding van en deelname aan de workshops en tussentijds overleg.

Tabel 6.1 Kostenraming per onderzoeksfase, in euro's exclusief btw

	Kosten
Definitiefase Vorbereiding door ontwikkelgroep Workshop met ruimtelijke klankbordgroep	€ 10 000,00
Ontwikkelfase 1 Touch screen opstelling / user interface Modelleerbaar en selecteerbaar maken maatregelen Koppeling maatregelen aan (eenheids)kosten Integreren DEM met lijnelementen - Stap 1 Configuratie Oude Noorden Workshop na Ontwikkelfase 1	€ 120 000,00
Ontwikkelfase 2 Verder ontwikkelen touch screen / user interface 1D riolerings-elementen in model Integreren DEM met lijnelementen - Stap 2 Koppelen inundaties aan schade Workshop: Schetssessie Oude Noorden	€ 105 000,00
Schetssessies Configuratie Watergraafsmeer en Haaglanden Workshops: Schetssessies Watergraafsmeer en Haaglanden Publicaties Demomateriaal maken	€ 50 000,00
Overige activiteiten Projectmanagement Review CPC-bijeenkomsten	€ 15 000,00
Totaal excl BTW	€ 300 000,00

Van de K€ 300 geraamde kosten besteedt Deltares een deel uit aan andere partijen. Dit is naar verwachting:

- Neelen & Schuurmans: K€ 50
- abf RESEARCH: K€ 8
- Buro MA.AN: K€ 8

## 6.5 Tijdsplanning

Bij de tijdsplanning (zie Tabel 6.2) wordt uitgegaan van een doorlooptijd van 18 maanden. Onze verwachting is, dat de eerste fase van het project een half jaar in beslag neemt.

maand	Fase 1							Fase 2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Definitiefase</b>																		
Vorbereiding door ontwikkelgroep																		
Workshop met ruimtelijke klankbordgroep																		
<b>Ontwikkefase 1</b>																		
Touch screen opstelling / user interface																		
Modelleerbaar en selecteerbaar maken maatregelen																		
Koppeling maatregelen aan (eenheids)kosten																		
Integreren DEM met lijnelementen - Stap 1																		
Configuratie Oude Noorden																		
Workshop na Ontwikkefase 1																		
<b>Ontwikkefase 2</b>																		
Verder ontwikkelen touch screen / user interface																		
1D riolerings-elementen in model																		
Integreren DEM met lijnelementen - Stap 2																		
Koppelen inundaties aan schade																		
Workshop: Schetsessie Oude Noorden																		
<b>Schetsessies</b>																		
Configuratie Watergraafmeer en Haaglanden																		
Workshops: Schetsessies Watergraafmeer en Haaglanden																		
Publicaties																		
Demomateriaal maken																		
<b>Overige activiteiten</b>																		
Projectmanagement																		
Review																		
CPC-bijeenkomsten																		

Tabel 6.2 Tijdsplanning