



# NKWK Klimaatbestendige Stad

## Rapportage Onderzoeksprogramma 2018



 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

 Deltaprogramma | Ruimtelijke Adaptatie

**stowa**


**Deltares**  
Enabling Delta Life 

 Climate Adaptation Services

 **WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

**TNO** innovation for life

atelier **GROENBLAUW**

 Hogeschool van Amsterdam

 Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport



# **NKWK Klimaatbestendige Stad**

## **Rapportage Onderzoeksprogramma 2018**

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat /  
Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie  
STOWA  
Deltares  
Stichting CAS  
Wageningen Environmental Research  
TNO  
Atelier Groenblauw  
Hogeschool van Amsterdam  
RIVM

Dit is een rapport van de onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad van het Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK-KBS), een samenwerkingsverband van het Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie, STOWA, Rijkswaterstaat, kennisinstellingen en bedrijfsleven.

### **Auteurs:**

Frans van de Ven, Hasse Goosen, Hans Gehrels, Reinder Brolsma, Sandy Hofland, Robbert Snep, Peter Bosch, Hiltrud Pötz, Jeroen Kluck, Mark de Bel, Arjen Koekoek



## Samenvatting

Dit rapport van de onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad van het Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK-KBS) beschrijft twee tools die zijn ontwikkeld ter ondersteuning van gemeenten en andere overheden bij het doorlopen van verschillende stappen uit het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (kwetsbaarheid in beeld; risicodialoog; uitvoeringsagenda) om te komen tot een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting van Nederland.

De twee tools, de Klimaatschadeschatter en de Toolbox Klimaatbestendige Stad, zijn vanaf 1 april 2019 voor iedereen gratis beschikbaar op het Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie.

### Klimaatschadeschatter (KSS)

Nadat gemeenten of andere overheden een stresstest hebben uitgevoerd en de kwetsbaarheid in beeld hebben gebracht, kan de Klimaatschadeschatter worden gebruikt om een indicatie te krijgen van de extra schade door klimaatverandering. De Klimaatschadeschatter (KSS) kwantificeert de extra schade uitgedrukt in geld door wateroverlast, hitte, droogte en de gevolgen van overstromingen, voor de periode van 2018 – 2050. Hierbij is het uitgangspunt dat geen adaptatiemaatregelen worden getroffen. Demografische ontwikkelingen en toekomstige veranderingen in landgebruik zijn in de Klimaatschadeschatter niet meegenomen.

Het kwantificeren van schade door klimaatverandering is complex en gaat gepaard met verschillende onzekerheden. Schaderelaties zijn niet eenvoudig af te leiden, klimaatscenario's bevatten bandbreedtes en er zijn verschillende modelkeuzes mogelijk. De Klimaatschadeschatter geeft daarom een eerste indicatie op basis van gegevens uit de Klimaat-effectatlas en uit de literatuur voor een beperkt aantal grootheden. Daarnaast is er een stappenplan ontwikkeld waarmee de schadeschatting uitgevoerd kan worden op basis van eigen informatie. Daarmee kunnen gebruikers zelf de verdieping opzoeken. Het stappenplan komt in de loop van 2019 online beschikbaar. De schade-indicatie creëert bewustwording over de gevolgen van klimaatverandering en kan gebruikt worden door overheden voor de risicodialoog en de omgevingsvisie.

### Toolbox Klimaatbestendige Stad (TKS)

De Toolbox Klimaatbestendige Stad (TKS) is een hulpmiddel voor het verkennen en vergelijken van de effecten en kosten van adaptatiemaatregelen in een straat, buurt of wijk. Via één ruimtelijke tool wordt veel kennis ontsloten over de effecten van maatregelen voor regenwateroverlast, droogte en hitte. De tool is geschikt voor gebruik bij het gesprek met de omgeving, als onderdeel van de risicodialoog. Bijvoorbeeld tijdens interactieve bijeenkomsten met bewoners en bedrijven, met professionals of met bestuurders. De toolbox kan ook individueel worden gebruikt om mogelijke maatregelen te verkennen.

De tool maakt gebruik van een database met ongeveer 40 meest voorkomende adaptatiemaatregelen. De informatie over de maatregelen omvat kenmerken (kentallen; prestatie-eigenschappen), effectiviteit ten aanzien van overstroming, wateroverlast, droogte en hitereductie en in beperkte mate beschikbare kostencijfers van aanleg, beheer en onderhoud. Op basis van die gegevens en van gegevens van de gebruiker over de locatie en de dimensies van de voorzieningen kan een eerste schatting worden gemaakt van de kosteneffectiviteit van maatregelenpakketten.



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Klimaatverandering	1
1.2 Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie	1
1.3 NKWK Onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad	2
1.4 Interactie met de Gebruikersgroep	2
1.5 Uitwisseling tijdens landelijke bijeenkomsten	3
<b>KSS</b>	<b>5</b>
<b>2 Klimaatschadeschatter</b>	<b>7</b>
<b>3 De tool en het stappenplan</b>	<b>9</b>
3.1 Klimaatschadeschatter	9
3.2 Stappenplan voor gemeenten	9
<b>4 Methode</b>	<b>11</b>
4.1 Hitte	12
4.1.1 Mortaliteit	12
4.1.2 Ziekenhuisopnamen	13
4.1.3 Arbeidsproductiviteit	14
4.2 Wateroverlast	14
4.3 Droogte	15
4.3.1 Schade aan funderingen door lage grondwaterstanden	15
4.3.2 Kanskaart	16
4.4 Gevolgen van overstroming van primaire waterkeringen; restrisico	16
<b>Literatuur</b>	<b>19</b>
<b>TKS</b>	<b>21</b>
<b>5 Toolbox Klimaatbestendige Stad</b>	<b>23</b>
<b>6 Vullen van de Database</b>	<b>25</b>
6.1 Inhoud van de database	25
6.2 Inzetbaarheid in Omgevingswet en Leidraad Inrichting Openbare Ruimte	26
6.3 Interactie met Gebruikersgroep en UP Bodem en Ondergrond	26
<b>7 Bouwen van de Toolbox KBS</b>	<b>27</b>
7.1 Ontwikkelen ruimtelijke tool	27
7.2 Maatlatten voor de effectiviteit van maatregelen	30
7.2.1 Wateroverlast	30
7.2.2 Droogte	30
7.2.3 Hitte	30
7.2.4 Waterveiligheid	32
7.3 Kosten en kosteneffectiviteit	32
7.4 Uitwerken oplossingen voor typen wijken & straten	32
7.5 Voorstel beheer en onderhoud	32
7.6 Toetsen filter- en selectietool	33

<b>Case studies</b>	<b>35</b>
<b>8 Zoeterwoude-Rijndijk</b>	<b>37</b>
<b>9 Laakhaven, Den Haag</b>	<b>41</b>
9.1 Uitdagingen en kansen	42
9.2 Kritieke infra en objecten en kwetsbare groepen	43
9.3 Ambities en opgaven	43
9.4 Maatregelen	43
<b>Bijlagen</b>	<b>47</b>
A Gebruikersgroep	
B Klimaatschade aan funderingen	
C Maatregelen	
D Uitwerking hittemaatregelen	
E Voorbeeld uitwerking wijctype	
F Voorstel Beheer en Onderhoud	





# 1 Inleiding

## 1.1 Klimaatverandering

De warme en droge zomer van 2018 brak allerlei records en is volgens deskundigen een voorproef op de effecten van klimaatverandering in de toekomst. Naast droge en warme zomers zullen ook hevige regen- en hagelbuien steeds vaker voorkomen. Deze effecten van klimaatverandering hebben gevolgen voor mensen, flora en fauna.

Klimaatverandering blijft soms een abstract begrip, omdat mensen extreem weer, droge zomers, en zeespiegelstijging ervaren als op zichzelf staande gebeurtenissen. Bovendien zijn veranderingen vaak langzaam merkbaar. Toch zijn de modellen van het KNMI duidelijk: de aarde warmt op. En deze opwarming van de aarde is in een versnelling terecht gekomen.

Door klimaatverandering neemt de kans op wateroverlast, hitte, droogte en de gevolgen van overstromingen toe. Dat levert risico's op voor onze economie, gezondheid en veiligheid. Het is van groot belang dat Nederland zich aanpast aan deze veranderingen. Zowel in stedelijk als in landelijk gebied kan aanzienlijke schade optreden. Stortbuien en langdurige neerslag veroorzaken ook daar wateroverlast. Op andere momenten ontstaat juist droogteschade. Hitte veroorzaakt uitzettingsproblemen bij spoorwegen, bruggen en andere infrastructuur. Ook raakt hitte de gezondheid van kwetsbare mensen, zoals ouderen en jonge kinderen.

## 1.2 Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie

Onderdeel van het jaarlijkse Deltaprogramma is het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie. Daarin staat hoe gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk het proces van ruimtelijke adaptatie willen versnellen en intensiveren. Daarvoor zijn 7 ambities in dit deltaplan opgenomen. Het deltaplan geeft aan welke doelen de partijen nastreven, hoe ze daaraan gaan werken en hoe ze de resultaten in beeld brengen. Bij het Deltaplan hoort een actieplan met concrete acties en maatregelen.

De kern van de deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Overheden gaan ervoor zorgen dat schade door hittestress, wateroverlast, droogte en overstromingen zo min mogelijk toeneemt en letten daarop bij de aanleg van nieuwe woonwijken en bedrijventerreinen, het opknappen van bestaande bebouwing, vervanging van rioleringen en wegonderhoud.



### 1.3 NKWK Onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad

De stresstesten zijn (bijna) uitgevoerd en de risicodialoog met de omgeving wordt voorbereid. De opgaven voor wateroverlast, hitte, droogte en overstroming zijn zo goed mogelijk in beeld. Voor het gesprek met de omgeving en bestuurders is het goed om te weten welke bedragen hierbij horen, welke adaptatiemaatregelen mogelijk zijn en hoeveel die helpen.

In dit rapport van de onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad van het Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK-KBS) worden twee tools beschreven die zijn ontwikkeld in het onderzoeksprogramma 2018 ter ondersteuning van gemeenten en andere overheden bij het doorlopen van de eerste stappen uit de bovenstaande 7 ambities uit het Deltaplan, namelijk, kwetsbaarheid in beeld brengen, een risicodialoog voeren en een uitvoeringsagenda opstellen, om uiteindelijk te komen tot een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting van Nederland.

### 1.4 Interactie met de Gebruikersgroep

De uiteindelijke ambitie van het NKWK-onderzoeksprogramma KBS is praktijkgerichte kennis en tools ontwikkelen die zoveel mogelijk worden gebruikt door professionals bij gemeenten, waterschappen, provincies en andere organisaties in hun werk om Nederland klimaatbestendig te maken.

Bij de start van het NKWK-onderzoeksprogramma is daarom een Gebruikersgroep NKWK-KBS gevormd, om het onderzoek zoveel mogelijk uit te voeren in interactie met vertegenwoordigers van de beoogde eindgebruikers van de ontwikkelde kennis en tools, in de overtuiging is dat dit tot betere resultaten leidt. De leden van de gebruikersgroep staan weergegeven in Bijlage A.

De plannen en voorlopige resultaten van het onderzoeksprogramma zijn in twee plenaire bijeenkomsten met de gebruikersgroep besproken, te weten op 16 maart (KNMI, De Bilt) en op 28 juni 2018 (RWS, Utrecht), zie Bijlage A. In deze bijeenkomsten is het onderzoeksprogramma als geheel (uitvoering, programmering, communicatie, case studies, etc.) uitvoerig besproken. Daarnaast zijn individuele leden uit de gebruikersgroep betrokken geweest bij de uitvoering van de werkpakketten en hebben zij deelgenomen aan informele sessies waarin voortgang en resultaten werden besproken.

### 1.5 Uitwisseling tijdens landelijke bijeenkomsten

Gedurende het jaar 2018 hebben de onderzoekers uit het onderzoeksprogramma deelgenomen aan en gepresenteerd tijdens verschillende landelijke evenementen om met potentiële eindgebruikers van gedachten te wisselen over het programma en de voortgang. De gesprekken op de RIONEDDAG (1 februari; Jaarbeurs, Utrecht), tijdens de workshop op het NKWK Congres 2018 (17 april; WUR, Wageningen) met meer dan 40 mensen in parallele sessies, de gesprekken op het Congres Hittestress (25 juni; Brabanthallen, Den Bosch), de presentaties samen met Dordrecht en Den Haag op het Congres Water Science for Impact (18 oktober; WUR, Wageningen) hadden rechtstreeks tot doel om bekendheid te geven aan het programma en van potentiële gebruikers te horen wat zij ervan vinden. Ten slotte zijn onderzoekers bij alle bezoeken van de NKWK-KBS Projectentournee aanwezig geweest om ook via die bijeenkomsten van gedachten te wisselen met de doelgroep.





# KSS





## 2 Klimaatschadeschatter

### *Gevolgen van klimaatverandering*

De gevolgen van klimaatverandering worden op verschillende manieren gevoeld. Het is bijna onmogelijk om alle fysieke gevolgen van klimaatverandering te kunnen voorspellen en de mogelijke schade hiervan in te schatten. Bijvoorbeeld, als de temperatuur wereldwijd met twee graden stijgt, zullen veel planten- en bomensoorten uit Nederland verdwijnen en andere soorten er weer voor in de plaats komen. Bij de soorten die mogelijk uit het Nederlandse landschap zullen verdwijnen, zitten ook beeldbepalende soorten als de eik. Deze verdwijning is niet in geld uit te drukken.

De gevolgen van klimaatverandering zijn complex en non-lineair. Vaak is er sprake van een domino-effect. Bijvoorbeeld, een wegverzakking kan weer effect hebben op het drinkwaternet, de riolering en het elektriciteitsnetwerk. Hoe en in welke mate beïnvloedt de uitval van het ene netwerk het functioneren van de andere? Ook zal als gevolg van klimaatverandering kroos op sloten eerder in het voorjaar verschijnen. Kroosdekens kunnen verstikkend werken voor het overige leven in de sloot. De gevolgen hiervan voor de publieke groenvoorziening zullen aanzienlijk zijn.

Wat betekent klimaatverandering voor gemeenten? Klimaatverandering heeft overheden aangespoord om nieuw beleid te ontwikkelen om, bijvoorbeeld, duurzame energie te ontwikkelen en huizen meer energie-efficiënt te maken. Gemeenten krijgen hier ook mee te maken. Zo zal de transitie naar een duurzame energievoorziening gevolgen hebben voor de gebouwde omgeving. Ook komen er steeds meer elektrische auto's. Van een gemeente wordt verwacht dat zij voldoende laadpalen bouwt, zodat de inwoners hun elektrische auto kunnen opladen. De samenhangende factor is dat klimaatverandering de stuwende kracht is.

### *Klimaatadaptatie*

Klimaatadaptatie, het aanpassen aan dit veranderende klimaat, krijgt de laatste jaren steeds meer aandacht. Als we nu investeren in slimme oplossingen, kunnen we de effecten van klimaatverandering beperken. Daarmee zorgen we er ook voor dat de schades door

klimaatverandering beperkt blijven. Als we niets doen, wenden we de schadekosten af op toekomstige generaties.

### *Schade door klimaatverandering*

Er komt steeds meer informatie beschikbaar over de effecten van klimaatverandering. Er hangt een prijskaartje aan. Inzicht in dit prijskaartje helpt voor bewustwording en creëert urgentie voor maatregelen. Op dit moment is informatie over klimaatschade beperkt en gefragmenteerd beschikbaar en vaak slechts op landelijk niveau gericht. De in dit programma ontwikkelde Klimaatschadeschatter (KSS) bundelt de beschikbare kennis over de kosten van klimaatverandering en geeft een schatting op gemeenteniveau van de schade voor hitte, droogte, wateroverlast en overstroming. De Klimaatschadeschatter richt zich voornamelijk op de fysieke gevolgen van klimaatverandering. Zoals de naam van de tool al aangeeft, gaat het om een schatting van klimaatschade. Daarom wordt in de Klimaatschadeschatter ook een beeld gegeven van de (on)zekerheid van de bedragen. Op basis van beschikbare kennis en aannames wordt er zo een eerste beeld verkregen. De gebruikte methode en aannames staan weergegeven in dit rapport.

De Klimaatschadeschatter geeft een indicatie van de schade door klimaatverandering, wanneer geen adaptatiemaatregelen getroffen worden. Er wordt een schatting gemaakt wat deze kosten zijn voor de periode van 2018 – 2050. Demografische ontwikkelingen en toekomstige veranderingen in landgebruik worden in de Klimaatschadeschatter niet meegenomen in de berekeningen. Deze schade-indicatie creëert bewustwording over de gevolgen van klimaatverandering en kan gebruikt worden door overheden voor de risicodialogen en de omgevingsvisie.

De tool is ontwikkeld door het onderzoeksconsortium van NKWK Klimaatbestendige stad, en Deltares, Wageningen Environmental research, TNO, Hogeschool van Amsterdam, Tauw, RIVM en stichting CAS werkten aan de ontwikkeling van deze eerste versie van de Klimaatschadeschatter.

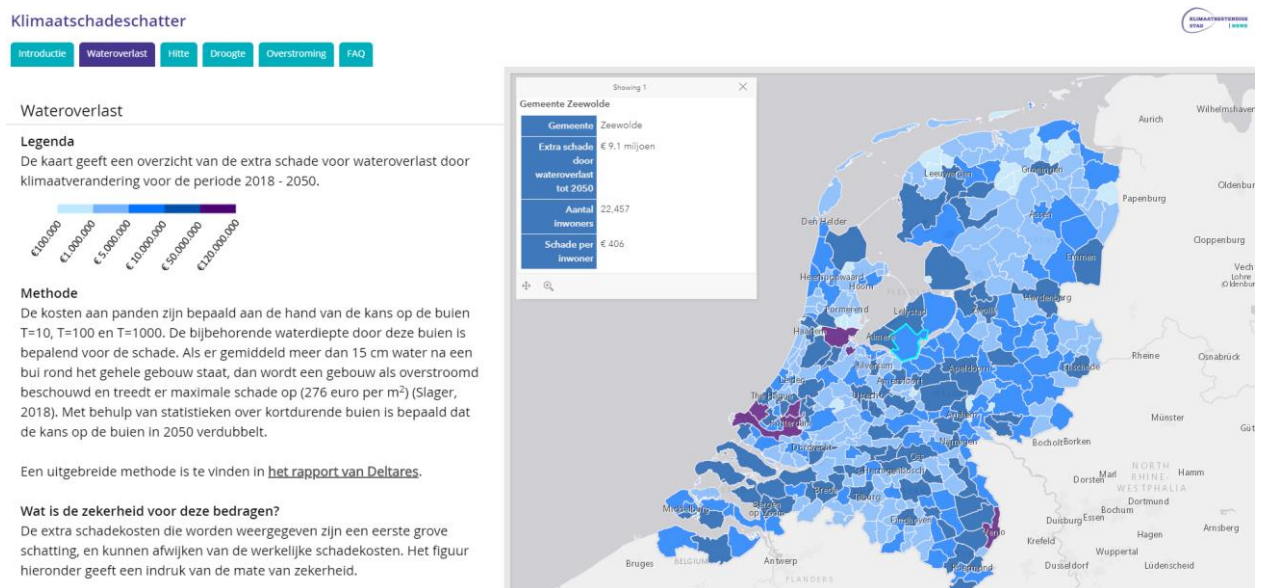




### 3 De tool en het stappenplan

#### 3.1 Klimaatschadeschatter

De ontwikkelde Klimaatschadeschatter (KSS) is een op GIS gebaseerde tool die in het startscherm een kaart toont met alle gemeenten van Nederland. Als de gebruiker een gemeente selecteert, genereert de tool voor die gemeente een tabel met de boven- en ondergrens van de klimaatschade voor vier dreigingen (wateroverlast, droogte, hittestress en gevolgen van overstroming), zie Figuur 1. Onder een informatiebutton kan de gebruiker naar tekst en uitleg vinden over de gevolgde methoden. De KSS geeft naast de stresstest ondersteuning van de risicodialoog. Het geeft gemeenten een beeld van de omvang van de schade en de verhoudingen tussen de verschillende dreigingen. De resultaten van de KSS zullen altijd met voorzichtigheid moeten worden gehanteerd. De schatting bevat grote onzekerheden en er worden verschillende aannames gedaan. De schadecategorieën worden daarom geschaald op mate van zekerheid (van kleine zekerheid naar grote zekerheid).



Figuur 1: Lay-out van de klimaatschadeschatter, waarbij een pop-up venster verschijnt met schadegetallen

#### 3.2 Stappenplan voor gemeenten

De handleiding voor gemeenten bevat informatie over de gevolgde methode. Daarnaast bevat de handleiding de formules en stappen om met gemeentelijke data en data uit de stresstest een nauwkeurige berekening te maken. Gemeenten hebben vaak verschillende buien doorgerekend voor hun stresstest en hebben vaak meer gedetailleerde gegevens over sterftcijfers en gemeentelijk groen. Hiervoor is een stapsgewijze procedure ontwikkeld die de gebruiker handmatig kan doorlopen. Het thema 'paalrot' wordt zeer uitgebreid behandeld in het stappenplan. Het stappenplan zal in de loop van 2019 online beschikbaar zijn, wanneer de bruikbaarheid op verschillende casestudies is getest.

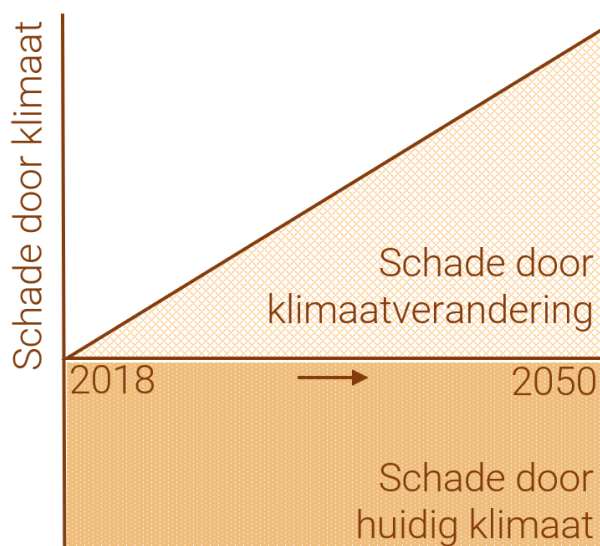


## 4 Methode

Hieronder volgt een beschrijving van de methoden die gehanteerd zijn in de KSS. Hierin wordt kort beschreven welke aspecten worden meegenomen in de KSS en hoe de schade wordt berekend.

### Extra schade door klimaatverandering

De Klimaatschadeschatter toont de extra schade door klimaatverandering voor de periode 2018 – 2050 wanneer geen adaptatiemaatregelen getroffen zijn (zie Figuur 2 voor de visuele weergave van de schade door klimaatverandering). Natuurlijk treedt bij het huidige klimaat ook schade op, maar deze wordt in de huidige versie niet getoond. De extra schade door klimaatverandering wordt bepaald door de klimaatscenario's van het KNMI. Voor alle schadeposten is de schade voor het Wh scenario bepaald. In sommige gevallen is dit ook berekend voor het GI scenario.



Figuur 2: De schade door klimaat bestaat uit schade door klimaatverandering, die de Klimaatschadeschatter toont, en de schade door het huidige klimaat.

### Demografische ontwikkelingen en toekomstig landgebruik

Demografische ontwikkelingen en toekomstige veranderingen in landgebruik zijn in de Klimaatschadeschatter niet meegenomen in de berekeningen.

### Keuze voor schadeposten

Voorafgaand aan het ontwikkelen van de Klimaatschadeschatter zijn de op dit moment kwantificeerbare schadeposten vastgesteld. Dit is gedaan aan de hand van de bollenschema's uit de Nationale klimaatadaptatiestrategie (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Dit zijn tientallen potentiële schadeposten, verwerkt in een bollen-schema. Er is met alle deelnemende experts een selectie gemaakt welke schadeposten in 2018 landelijk berekend konden worden. Daarbij is een afweging gemaakt aan de hand van relevantie en haalbaarheid van de schadeposten. Voor de relevantie is afgewogen of de schadecomponenten zich afspelen binnen stedelijk gebied en of het in verhouding een grote impact heeft. Voor de haalbaarheid is afgewogen of het landelijk opschalen met huidige data of na kortlopend onderzoek mogelijk is.

## 4.1 Hitte

Voor het thema hitte worden de kosten voor mortaliteit, morbiditeit en arbeidsproductiviteit berekend.

### 4.1.1 Mortaliteit

Tijdens hittegolven kan sterfte aanzienlijk toenemen (Huynen et al., 2001; Daanen et al., 2010). De meest gevoelige mensen voor hitte-gerelateerde sterfte zijn ouderen boven de 65 jaar en chronisch zieken. Met name als zij hart-, ademhaling- en nieraandoeningen hebben. Deels kan een verhoging in sterfte tijdens hitte verklaard worden door een verschuiving naar voren in de tijd: mensen die toch al ernstig verzwakt zijn kunnen iets eerder sterven ten gevolge van extreme hitte. Toch is er geconstateerd dat oversterfte tijdens hittegolven ook voorheen gezonde mensen kan treffen. Met andere woorden, “vroeg oogst” blijkt niet of nauwelijks uit de statistieken (Daanen et al., 2010).

Om mortaliteit te kwantificeren wordt in de Klimaatschadeschatter de door Stone et al. (2013) voorgestelde methodiek toegepast. Deze auteurs hebben uit landelijke mortaliteitsgegevens een relatie afgeleid tussen oversterfte en gemiddelde dagtemperatuur. De gevonden relatie lijkt op de door Huynen et al. (2001) voorgestelde relatie.

Voor het huidige en toekomstige klimaat (Gematigd laag scenario, Warm hoog scenario) wordt het aantal sterfgevallen per dag in Nederland berekend als functie van de gemiddelde temperatuur in De Bilt (Stone et al., 2013). Hierin is geen rekening gehouden met het hitte-eiland effect in steden, omdat dit impliciet verwerkt is in de gebruikte formule: de sterfgevallen worden overwegend in de steden geregistreerd en rechtstreeks gekoppeld aan de temperatuurmetingen in De Bilt. Vervolgens wordt het hitte-effect van klimaatverandering berekend door voor het zomermaanden (juni, juli en augustus) het berekende aantal sterfgevallen in het huidige klimaat af te trekken van het aantal in het toekomstige klimaat.

$$M = (373 + (0.81 - 0.0511 \cdot T - 0.00389 \cdot T^2 + 0.00000964 \cdot T^4) \cdot 38.73)$$

M	=	Mortaliteit
T	=	De gemiddelde dagtemperatuur (° C)
373	=	De gemiddelde sterfte per dag (aantal/dag)
38,73	=	De standaardafwijking

Op te merken is dat de gemiddelde sterfte per dag op 373 staat in de vergelijking. Dat komt omdat toepassing van de vergelijking met 377 (zoals in de oorspronkelijke vergelijking aangegeven) in het huidige klimaat tot ongeveer 381 sterfgevallen per dag zou leiden, in tegenstelling tot wat de statistieken van het CBS aangeven, ook volgens Stone et al. (2013). Gebruik van 373 als basisgetal “corrigeert” hiervoor. Voor het verschil maakt het niet uit, wel voor de basiswaardes.

Geconcludeerd kan worden dat:

Aantal extra mensen dat overlijdt in 2050 GL scenario: 192

Aantal extra mensen dat overlijdt in 2050 WH scenario: 657

Daarbij wordt een landelijk sterftecijfer aangenomen en wordt de mortaliteit per gemeente bepaald naar rato van inwonersaantal.

De waarde van een mensenleven is gebaseerd op een VOLY van €40.000. De VOLY is de 'value of a life year'. €40.000 is een veel gebruikt bedrag voor EU-landen in studies naar luchtverontreiniging (Hurley et al., 2005; Desaignes et al., 2011). Daarbij wordt aangenomen dat een sterftegeval door hitte nog 10 jaar te leven had, aangezien de kwetsbare groep 65-plussers zijn en de gemiddelde levensverwachting van deze groep 88 jaar is. Gemiddeld is dit een resterende levensverwachting van 11,5 jaar, afgerond naar 10 jaar. Hierdoor wordt een hitte-gerelateerd sterftegeval geschat op €400.000.

De uiteindelijke formule luidt:

GL scenario:  $192 * 400.000 * (\text{aantal inwoners gemeente/aantal inwoners Nederland})$

WH scenario:  $657 * 400.000 * (\text{aantal inwoners gemeente/aantal inwoners Nederland})$

#### 4.1.2 Ziekenhuisopnamen

Hittestress kan tot serieuze hitte-gerelateerde ziekten leiden zoals: huiduitslag, krampen, oververmoeidheid, beroertes, nierfalen en ademhalingsproblemen. Hierdoor neemt het aantal ziekenhuisopnamen behoorlijk toe. Het aantal ziekhuisopnames dat toe te schrijven is aan hitte komt uit een recente Duitse analyse van 170 miljoen ziekenhuisopnames in de periode 1999-2008, in combinatie met weergegevens van 1044 stations verspreid over Duitsland en metingen aan luchtkwaliteit (Karlsson en Ziebarth, 2018). De gegevens zijn op verschillende manieren geanalyseerd, met bijbehorende verschillen in de effectschatting. Wij kiezen hier voor een relatief eenvoudig uit te leggen schatting: het aantal extra ziekenhuisopnames door hitte op een tropische dag (warmer dan 30 graden Celsius).

De uiteindelijke formule luidt:

$$Z = 5000 \times 1,079 Np / 100000 \quad (T_x \geq 30^\circ\text{C}).$$

$$Z = 0 \quad (T_x < 30^\circ\text{C})$$

Waarin Z de kosten van extra ziekenhuisopnames bij hitte (in Euro's) voor één tropische dag en per 100.000 inwoners,  $Np$  de grootte van de beschouwde populatie, dus het aantal inwoners, en  $T_x$  de maximumtemperatuur in °C. Het getal 1,079 is het in Duitsland gevonden aantal ziekenhuisopnames dat toe te schrijven is aan hitte (per 100.000 inwoners). Het getal 5000 staat voor de kosten van één ziekenhuisopname in Nederland.

De in de formule gegeven effectgrootte is in principe gerelateerd aan de hitte zelf, want die volgt uit een analyse waarin gecorrigeerd is voor invloeden van andere weersfactoren dan hitte en voor de invloed van luchtkwaliteit. Als voor zulke factoren niet gecorrigeerd wordt is het effect 2,908 extra opnames per 100.000 inwoners in plaats van 1,079 per 100.000 inwoners.

Een belangrijke aanname is dat de Duitse en de Nederlandse populatie eenzelfde respons op hitte vertonen en dat de Duitse analyse zonder vertaalslag voor de Nederlandse situatie gebruikt kan worden. Mogelijke verschillen kunnen ontstaan door verschillen in gewenning aan of omgang met hitte en door verschillen in "ziekenhuiscultuur", i.e. opnamebeleid en – mogelijkheden in relatie tot andere aspecten van het zorgsysteem en houding met betrekking tot gezondheid.

De kosten van een ziekenhuisopname schatten we, net als in Stone et al. (2013), op €5000,--. Dit bedrag is iets hoger dan het bedrag in de Duitse studie. Daar leidt een gemiddelde opnameduur van 8,4 dagen bij een kostenpost van €5000,-- per opnamedag tot €4200,-- per opname. Daar komt echter een verlies aan arbeidsproductiviteit door de opname bij. In totaal komt de kostenschatting van Karlsson en Ziebarth (2018) neer op €4830,-- per opname, dus dicht in de buurt van de hier gebruikte kosten.

#### 4.1.3 Arbeidsproductiviteit

Hoge temperaturen overdag zorgen ervoor dat werkenden minder productief zijn. De berekening is alleen gedaan voor de economische sectoren met de meeste blootstelling aan hitte: Landbouw, Industrie, Bouw, Transport, Toerisme op het niveau van NUTS2 (provincies) gebieden. Werkers aan een lopende band en vergelijkbare systemen waarbij de hoeveelheid output door de machine en niet door de mens wordt bepaald zijn uitgesloten van de berekening.

Arbeidsproductiviteitsverlies = De mate waarin de temperatuur gedurende werktijd boven een grenswaarde is x het verlies aan arbeidsproductiviteit volgens een gevoeligheidsfunctie, gecorrigeerd voor het percentage blootstelling x de toegevoegde waarde per sector.

Omdat er geen referentie is om huidige schade te bepalen, is alleen het verschil tussen nu en 2050 berekend. De berekening beperkt zich tot verlies van fysieke capaciteit tot arbeid. Een verlies aan cognitieve prestatie door hitte is niet meegerekend, evenmin als verliezen door ongevallen door hitte en een groter ziekteverzuim. Het gaat dus om een onderschatting van de schade aan arbeidsproductiviteitsverlies.

## 4.2 Wateroverlast

Door extreme neerslag kan water op straat blijven staan. Wanneer water tegen woningen en panden staat, is er een kans dat het de woning binnenstroomt.

De schades door wateroverlast zijn gebaseerd op het onderzoek '[Overstromingsrisico's door intense neerslag](#)' van Deltares. Slager (2018) bepaalde de kosten aan panden aan de hand van de kans op buien die eens per 10, 100 en 1000 jaar voorkomen. Deze buien komen overeen met respectievelijk 35 mm in twee uur, 70 mm in twee uur en 140 mm in twee uur. Als er gemiddeld meer dan 15 cm om het gehele gebouw staat, dan wordt een gebouw als overstroomd beschouwd en treedt er 276 euro schade op per m<sup>2</sup>. Alle panden met een bouwjaar na het inmeten van het AHN2 zijn verwijderd uit de analyse.

Aan de hand van onderstaande tabel opgesteld door het KNMI, is er aangenomen dat deze buien in 2050 twee keer zo vaak voorkomen (Tabel 1).

Herhalings- tijd T [jaar]	Neerslagduur							
	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min 2 uur	4 uur	8 uur	12 uur
Toename t.o.v. "2014"	8%	8%	8%	8%	8%	7%	7%	6%
10	19	22	27	33	40	46	52	56
20	22	26	33	40	48	55	62	66
25	23	27	34	43	51	58	65	69
50	27	32	41	51	61	69	77	81
100	31	37	49	62	74	84	92	96
200	36	44	59	75	90	101	110	113
250	38	46	63	80	95	107	116	120
500	44	55	76	98	116	130	139	142
1000	51	65	92	119	142	158	167	168

Tabel 1: Neerslagstatistiek voor 2050 bij een extreem scenario (KNMI, 2018)

### 4.3 Droogte

In de KSS-tool worden de gevolgen door droogte op het moment nog niet uitgedrukt in economische schade. Wel wordt de kans weergegeven op mogelijke schade die op kan treden aan funderingen van gebouwen door extra daling van de grondwaterspiegel door exceptionele droogte.

Schade door een lage grondwaterstand – paalrot van houten funderingen – is onderzocht aan de hand van een aantal studies, tools en casussen (Zaandam, Schiedam) om een beter inzicht te krijgen in schademechanismen en schadekentallen. Deze achtergrondinformatie staat in Bijlage B.

#### 4.3.1 Schade aan funderingen door lage grondwaterstanden

Een lage grondwaterstand kan – bijvoorbeeld door bodemdaling of paalrot – leiden tot schade aan (de fundering van) gebouwen. Klimaatverandering heeft invloed op het voorkomen van droogte en daarmee lage grondwaterstanden. Tijdens het droge jaar 2018 heeft de ongewoon (langdurig) lage grondwaterstand in Nederland geleid tot duidelijk merkbare schade bij een onbekend aantal panden, met bijbehorende media-aandacht (bijvoorbeeld in het AD<sup>1</sup> en de Gelderlander<sup>2</sup>). In het Verenigd Koninkrijk bestaat een verzekeringssector voor schade door bodemdaling, waardoor de impact van het droge jaar beter in beeld is; in 2018 was het aantal schadeclaims in juli-september 10.000 ter waarde van £64 mln - het uitgekeerd bedrag was gemiddeld £6400<sup>3</sup>. Ter vergelijking: in het nattere april-juni waren er 2500 claims.

Ook zonder bijzondere droogte zijn panden op staal en houten palen gevoelig voor een lage grondwaterstand en ongelijkmatige zakking. Indien door klimaatverandering het aantal – of de lengte van – droogteperiodes toeneemt, zal een groter aandeel van de panden op staal (versneld) schade ondervinden van verzakking of paalrot.

<sup>1</sup> <https://www.ad.nl/binnenland/schade-aan-huizen-door-heel-nederland-door-droogte-a8aa7c47/>

<sup>2</sup> <https://www.gelderlander.nl/zevenaar/huizen-scheuren-door-droogte-steeds-meer-klachten-bij-gemeenten-af2a284b/>

<sup>3</sup> <http://www.constructionmanagemagazine.com/news/dry-weather-causes-subsidence-claims-spike/>

Tijdens de toepassing van de Klimaatschadeschatter 1.0 voor de gemeente Delft in 2017 kwam naar voren dat de globale schattingen niet goed aansloten bij de opgave zoals die in de gemeente bekend was. De conclusie was dat de uitkomsten nog te grof waren en slechts een eerste indicatie van de schadekosten door huidige weerextremen en toekomstige klimaatverandering. Daarom is voor het onderzoek in 2018 besloten om alleen een kaart weer te geven met de kans op paalrot.

#### 4.3.2 Kansenkaart

De kansenkaart (zie Figuur 4) is een combinatie van twee kaarten uit de Klimateffectatlas, de paalrot-kaart en de gemiddeld laagste grondwaterstandskaart. De paalrot-kaart geeft aan waar de kans op paalrot het grootst is aan hand van de bouwperiode en bodemkenmerken. De kaart met de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) toont de gebieden waar in 2050 een sterke daling van de grondwaterstand te verwachten is. Deze GLG kaart is gebaseerd op de uitkomsten van het Nationaal Water Model. Beide onderliggende kaarten zijn te bekijken op [www.klimateffectatlas.nl](http://www.klimateffectatlas.nl).

#### 4.4 Gevolgen van overstroming van primaire waterkeringen; restrisico

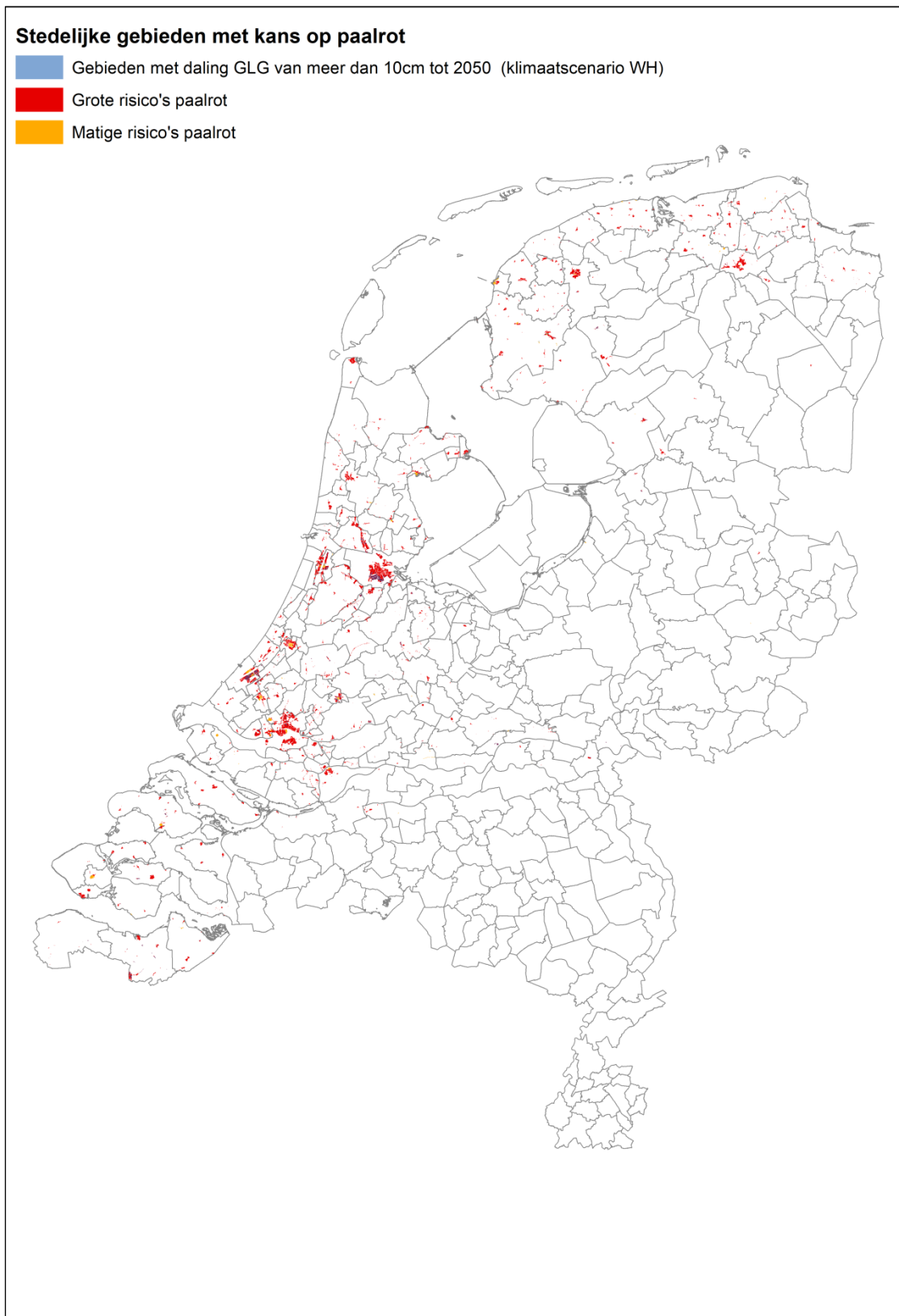
Om Nederland te beschermen tegen overstromingen is 'meerlaagse veiligheid' een uitgangspunt. In dit concept wordt het land achter de dijken tegen (de gevolgen van) overstromingen beschermd door investeringen in drie lagen: preventie (laag 1), een robuuste ruimtelijke inrichting (laag 2) en een adequate rampenbeheersing (laag 3), zie ook Figuur 3.



Figuur 3: Meerlaagse veiligheid

Het doel van de bepaling van het restrisico van overstromingen (er blijft altijd een kans dat een overstroming plaats vindt) is dat het een inschatting geeft van de mogelijke effectiviteit die maatregelen in de tweede en derde laag uit de meerlaagse veiligheid kunnen hebben. Hierbij is vooral laag 2 van belang. Laag 3 heeft meer effect op het Lokaal Individueel Risico (LIR) - dat wordt in dit onderzoek niet nader bekeken.



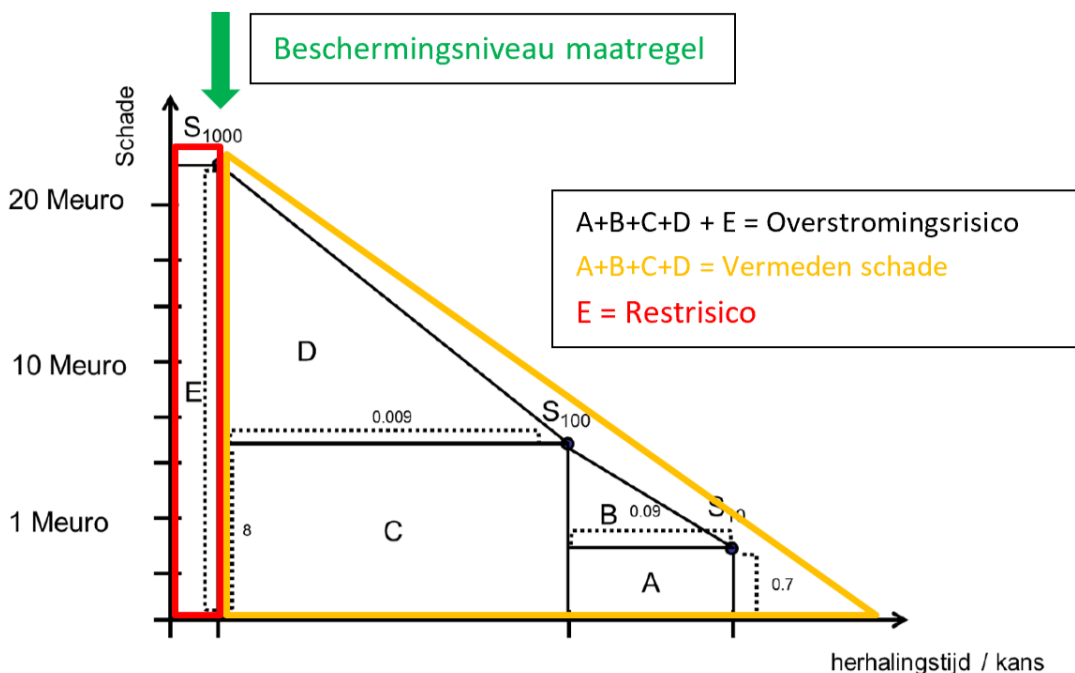


*Figuur 4: Kansenkaart voor zetting en paalrot*

Sinds 1 januari 2017 is de nieuwe normering voor overstromingen uit het primaire systeem van kracht. Onder de nieuwe normering worden alle gebieden in Nederland beschermd tot het economisch efficiënte niveau, wat wil zeggen dat voor een hogere bescherming van een gebied de kosten van bescherming in laag 1 (preventie) hoger zijn dan de baten door afnemende overstromingsschade (weergegeven als de oranje driehoek in Figuur 5). Zoals in Figuur 5 wordt geïllustreerd blijft er echter altijd een kans op overstromingsschade bestaan, weergegeven als de vierhoek "E", in geval van een maatregel in laag 1 die bescherming geeft tot een 1/1000 gebeurtenis (groene pijl). Het is mogelijk om deze gevolgen van overstroming te verminderen door lokale aanpassingen (maatregelen) in "laag 2". Om een indicatie te geven van de nog te reduceren schade is voor heel Nederland een kaart gemaakt die de restschade door overstroming van primaire waterkeringen weergeeft per hectare. Met deze kaart is vervolgens de schade per gemeente berekend.

De berekening van de schade is gemaakt in de nieuwste versie van de schade- en slachtoffermodule voor overstromingen SSM2017<sup>4</sup>. De schade is geactualiseerd naar 2017 prijzen.

Deze schade is overigens exclusief de gevolgen van overstroming van regionale waterkeringen. Kosten en baten van maatregelen voor gevolgbeperking van overstroming vanuit het regionale watersysteem zijn in het restrisico dus niet meegenomen.



Figuur 5: Het bepalen van de gevolgen van overstroming van primaire waterkeringen

<sup>4</sup> Zie <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/aanleg-onderhoud/aanleg-onderhoud/schade-slachtoffer/@179028/documentatie-ssm/> voor uitleg van SSM2017 en achtergronddocumentatie.

## Literatuur

Beersma, J., Overeem, A., Fortuin, P. (2018). Memo: Update neerslagstatistiek korte duren voor RWS-WVL o.b.v. STOWA (2018).

Daanen, H. A. M., Simons, M., & Janssen, S. A. (2010). De invloed van hitte op de gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam. Soesterberg: TNO.

Desaigues, B., Ami, D., Bartczak, A., Braun-Kohlová, M., Chilton, S., Czajkowski, M., & Kaderjak, P. (2011). Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological indicators*, 11(3), 902-910.

Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., Holland, M., Miller, B., Pye, S., & Watkiss, P. (2005). Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme. Food and Rural Affairs.

Huynen, M. M., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P., & Kunst, A. E. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental health perspectives*, 109(5), 463.

Karlsson, M., & Ziebarth, N. R. (2018). Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany. *Journal of Environmental Economics and Management*, 91, 93-117.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Aanpassen met ambitie. Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS). Den Haag, 44 pp.

Slager, K. (2018). Overstromingsrisico's door intense neerslag. Ten behoeve van de voorlopige risicobeoordeling ikv EU-Richtlijn Overstromingsrisico's. Deltares.

Stone, K., Daanen, H., Jonkhoff, W., Bosch, P. (2013). Quantifying the sensitivity of our urban systems: impact functions for urban systems. Kennis voor klimaat.

WHO Regional Office for Europe, OECD (2015). Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.



# TIKS





## 5 Toolbox Klimaatbestendige Stad

Grootschalige implementatie van klimaatbestendige maatregelen wordt op dit moment belemmerd door diverse factoren, zoals onbekendheid van betrokkenen met mogelijke maatregelen, hun effectiviteit, baten, kosten en randvoorwaarden. Ook is de ruimtelijke inpassing een opgave, vooral in bestaand stedelijk gebied. Veel van die maatregelen vergen dat diverse partijen betrokken moeten worden bij planning, ontwerp, aanleg en beheer.

Daarom is NKWK KBS in 2017 gestart met het opzetten van een database met gevalideerde informatie over een groot aantal mogelijke maatregelen, hun randvoorwaarden, effectiviteit, kosten en baten. In 2018 is deze kwantitatieve informatie over maatregelen ingebracht in een ruimtelijke, rekenende tool waarmee de kosten en de klimaat-effectiviteit van maatregelenpakketten kan worden bepaald. Deze toolbox is afgeleid uit de Adaptation Support Tool (Van de Ven et al. 2016) en aangepast voor de Nederlandse situatie. De tool komt vrij beschikbaar via het Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie<sup>5</sup> voor sleutelpersonen bij gemeenten, adviesbureaus e.d., en levert onderbouwde schattingen van de kosten en de effecten van groenblauwe (en grijze) maatregelen op overstroming, wateroverlast, droogte en hitteoverlast.

De toolbox is bedoeld om de risicodialoog klimaatbestendigheid te ondersteunen met een verkenning van mogelijk te nemen maatregelen en hun te verwachten effectiviteit. De toolbox is dus bedoeld om vroeg in het planproces te worden gebruikt om samen met andere betrokken partijen en disciplines te verkennen waar in de wijk of de straat welke maatregelen genomen zouden kunnen worden en hoe effectief deze bijdragen aan de klimaatbestendigheid van het gebied.

---

<sup>5</sup> <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/>

De Toolbox Klimaatbestendige Stad is beschikbaar via een open source website en omvat:

- Een ruimtelijk rekenende tool waarmee de kosten en de effectiviteit van pakketten van maatregelen op een heldere en betrouwbare manier gekwantificeerd kan worden;
- Een ruimtelijke tool voor het samenstellen van maatregelpakketten;
- Een database voor blauwe, groene en grijze maatregelen ter bevordering van klimaatbestendigheid in stedelijk omgeving; deze database vormt het hart van de ruimtelijke tool;
- Een tool voor het selecteren van maatregelen uit deze database op basis van gebiedseigenschappen.

De tool maakt gebruik van een database die in eerste instantie gegevens bevat over 30-40 mogelijke, meest voorkomende, adaptatiemaatregelen, hun beschikbare kenmerken (kentallen; prestatie-eigenschappen) met betrekking tot hun effectiviteit ten aanzien van overstroming, wateroverlast, droogte en hitereductie en (beperkt) beschikbare kostencijfers van aanleg, beheer en onderhoud. De maatregelen staan beschreven in Bijlage C. Op basis van die gegevens en van gegevens over de locatie en de maten van de voorzieningen kan dan een eerste schatting worden gemaakt van de effectiviteit van maatregelenpakketten.

Eind 2018 is de toolbox gereed voor de eerste toepassingen in cases. De concept documentatie en gebruikershandleiding van de Toolbox KBS is opgenomen in de toolbox en kan door gebruikers eenvoudig worden geraadpleegd. De bruikbaarheid van deze informatie wordt getoetst in de drie casestudies waarna de definitieve versie wordt vastgesteld en, samen met de link naar de Toolbox KBS, wordt gepubliceerd voor algemeen gebruik via een of meer websites. Per 1 april 2019 is de Toolbox Klimaatbestendige Stad breed beschikbaar voor alle geïnteresseerde partijen.

Deze rapportage is opgebouwd rond de onderwerpen 'Vullen van de database' en 'Ontwikkelen van de ruimtelijke tool'.





## 6 Vullen van de Database

### 6.1 Inhoud van de database

41 adaptatiemaatregelen zijn ingevuld op basis van de beschikbare databases van Groenblauwe Netwerken, de Adaptation Support Tool, de RESIN database, aanvullend literatuuronderzoek en nieuwe performanceberekeningen.

*Tabel 2: Opgenomen maatregelen in de KBS toolbox*

Ondergrondse bergingskelder
Diepe grondwater infiltratie
Greppels
Infiltratievelden en infiltratiestroken met bovengrondse opslag
Grindkoffers
Groene daken
Groene gevels
Holle en schuine wegen
Infiltratiekratten
Berging door de realisatie van extra wateroppervlak
Berging door de realisatie van extra berghoogte
Drainage-Infiltratie-Transport (DIT)-riool
Ontharden : Verharding eruit, groen erin
Regenton
Droogtebestendige planten en bomen
Slim beregeningsbeleid/smart irrigation
Stadsbossen
Groene daken met afvoervertraging
Straatbomen en bomenlanen
Urban wetlands
Wadi's met drainage
Waterabsorberende/bergende verharding
Waterdaken/blauwe daken
Waterdoorlatende verharding
Bergingsvijver
Waterpleinen
Superdijk
Kademuur
Gebouw als waterkering
Tijdelijke kering
Verlagen van terras
Verlagen van deel van de tuin
Dijken
Kades (lage dijkjes)
Creëren van schaduw
Koele materialen (hoge albedo)
Fontein, watervallen en watermuren

Naast foto's en beknopte omschrijvingen van de maatregelen (Engels en Nederlands) zijn de nieuwste beschikbare prestatie-eigenschappen en eenheidskostprijzen voor aanleg- en beheer van groene maatregelen opgenomen, evenals default-waarden en een logische range voor het waterbergend vermogen. Eenheidskostprijzen voor de grijze maatregelen en de waterkerende maatregelen volgen begin 2019. Voor uitgebreidere informatie over de adaptatiemaatregelen zijn links opgenomen naar de website [www.groenblauwenetwerken.nl](http://www.groenblauwenetwerken.nl).

De mogelijkheid om gebruikers eigen kentallen voor de effectiviteit van maatregelen kunnen invoeren is na intern beraad niet doorgevoerd. Dit zou namelijk de vergelijkbaarheid van uitkomsten van verschillende alternatieve plannen ondergraven; plan A kan met andere parameters berekend zijn dan plan B. Wel is de mogelijkheid opgehouden om in een latere fase gebruikers de mogelijkheid te geven eigen kostencijfers in te voeren. De in de database gehanteerde kostencijfers zijn landelijke gemiddelden met een zeer grote spreiding. En in sommige gevallen hebben gemeenten betere informatie voor hun eigen gebied. Het is dan logischer om die data te hanteren dan de default data die nu in de database zijn opgenomen.

## 6.2 Inzetbaarheid in Omgevingswet en Leidraad Inrichting Openbare Ruimte

In afwachting van de eerste toepassingen van de toolbox in de casestudies is een verkenning in hoeverre de toolbox KBS in de toekomst kan worden ingezet in het kader van de Omgevingswet en hoe de tool een plek kan krijgen in de Leidraad/Richtlijn Inrichting Openbare Ruimte (LIOR/RIOR) die gemeenten hanteren nog niet uitgevoerd.

## 6.3 Interactie met Gebruikersgroep en UP Bodem en Ondergrond

In het afgelopen jaar hebben diverse ontmoetingen met de (beoogde) toekomstige gebruikers plaatsgevonden (16 maart, 17 april, 28 juni, 17 oktober en 17 december). Op 17 april heeft met een grote groep gebruikers overleg plaatsgevonden over de gewenste invulling van de ruimtelijk rekenende tool en over de op te nemen prestatie-indicatoren. Op 17 oktober is bij gelegenheid van *Water Science for Impact* conferentie in Wageningen voor het eerst een volledig overzicht gegeven van de eerste resultaten en op 17 december is de toolbox gedemonstreerd voor leden van de gebruikersgroep en het projectteam KBS.

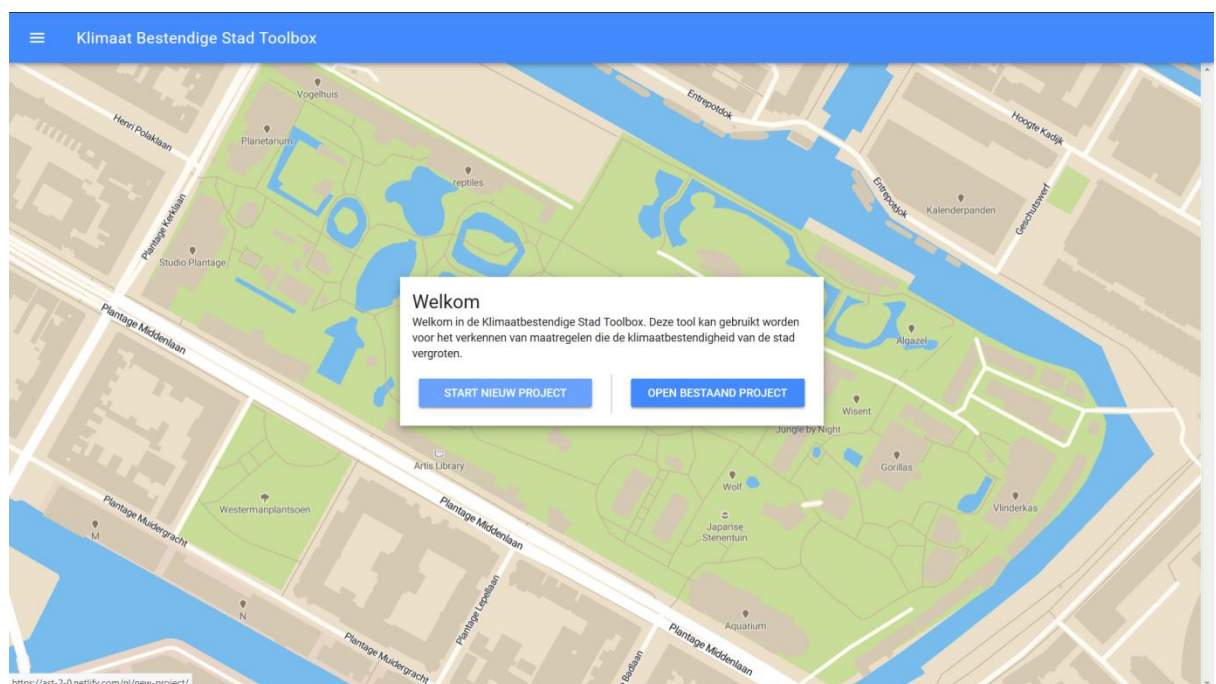
Het UP Bodem projectvoorstel '*Bodem en ondergrond; het DNA van de stad*' is eind november 2018 goedgekeurd. In dit project zal een koppeling worden gelegd tussen de Toolbox KBS en de beschikbare GIS-data met betrekking tot bodem en ondergrond. Overleg over deze koppeling zal binnenkort worden gestart. In het NKWK KBS plan van Aanpak 2019 zal dit concreet worden uitgewerkt.

## 7 Bouwen van de Toolbox KBS

### 7.1 Ontwikkelen ruimtelijke tool

De bouw van de KBS Toolbox is afgerond (Figuur 6). Alle functionaliteiten van de tool zijn geïmplementeerd. De huidige versie van de tool is op dit moment te bereiken via onderstaande link.

<https://ast-2-0.netlify.com/nl/>

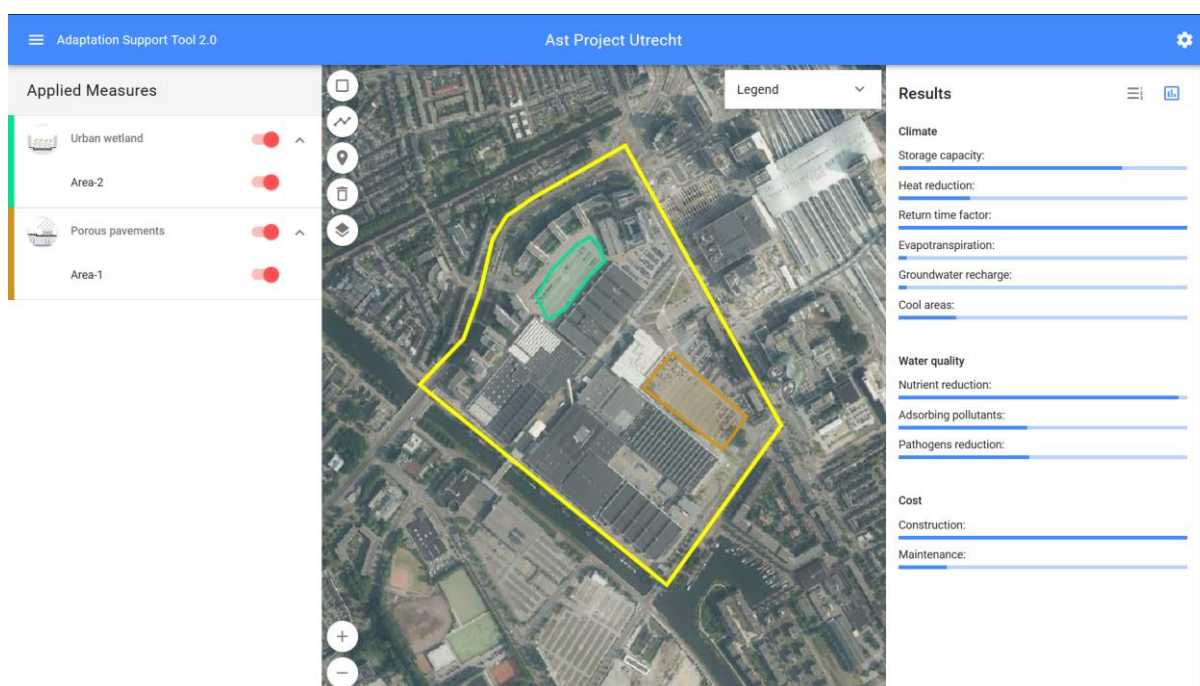


Figuur 6: Openings scherm van de KBS toolbox (na acceptatie van gebruiksovereenkomst)

De belangrijkste geïmplementeerd functionaliteiten zijn:

- Sorteren van de maatregelen op basis van geschiktheid. Hiertoe kunnen in de setup de gebiedskenmerken worden ingevuld, waarna de maatregelen worden gerangschikt op hun (verwachte) toepasbaarheid in het projectgebied;
- Van alle maatregelen kan een beschrijving worden bekeken en is een foto toegevoegd. Daar waar beschikbaar wordt voor een uitgebreidere beschrijving doorverwezen naar de website van [www.groenblauwenetwerken.nl](http://www.groenblauwenetwerken.nl);
- Maatregelen kunnen worden ingetekend op een kaartlaag waarna deze worden opgeslagen
- Thematische kaartlagen uit de Klimateffectatlas en het Nationaal Georegister (recente luchtfoto) kunnen worden getoond voor extra informatie;
- Op basis van een in de setup gekozen wijkttype wordt na intekenen van de maatregel de effectiviteit van een maatregel getoond voor de verschillende *key performance indicators* (KPI's);
- De gebruiker kan in de setup ook adaptatie doelen ingeven. De applicatie toont dan het effect van de maatregelen (KPI's) als percentage van het adaptatiedoel (Figuur 7)

- Resultaten kunnen worden gedownload en opgeslagen op de lokale computer van de gebruiker. Dezelfde resultaten kunnen ook weer ingeladen in de tool zodat de gebruiker er weer mee kan verder werken.
- Resultaten kunnen worden geëxporteerd naar bestandsformaten die kunnen worden ingelezen in MS Excel of GIS pakket (geografisch informatie systeem)
- Scenario's kunnen op basis van de export vergeleken worden
- Documentatie pagina is toegevoegd; deze documentatie bevat zowel een gebruikershandleiding als achtergrondinformatie over de tool en de kentallen

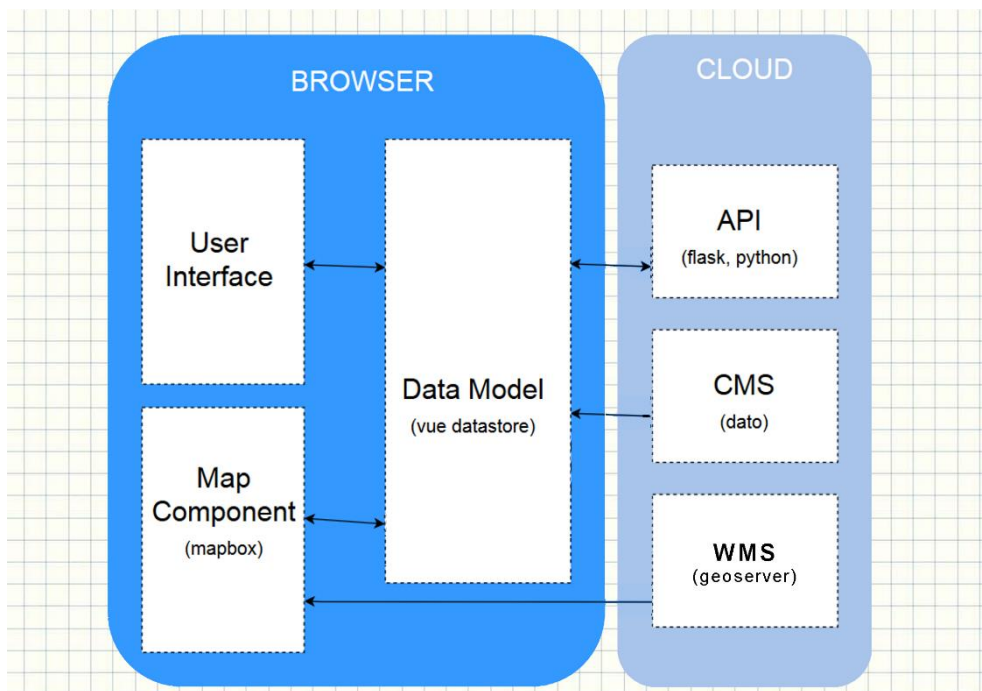


*Figuur 7: Klimaatbestendige Stad Toolbox na het doorlopen van de setup en het implementeren van twee adaptatiemaatregelen*

De KBS Toolbox, zoals deze nu is ontwikkeld, is geschikt voor toepassing op straat tot wijkniveau, eventueel op de schaal van een stads(deel); de tools zijn niet bedoeld voor gebruik op het schaalniveau van één gebouw of één kavel. De toolbox is opgezet voor gebruik door professioneel betrokken personen van gemeenten, waterschappen, gebiedsontwikkelaars en dergelijke, aangevuld met andere belanghebbenden, om te komen tot (her)inrichtingsplannen voor een projectgebied. De toolbox is bovenal bedoeld om in de beginfase van het planproces en tijdens een risicodialoog met elkaar in gesprek te gaan over welke adaptatiemaatregelen waar in het gebied genomen zouden kunnen worden en hoe effectief dat ongeveer zal zijn; zo kunnen diverse planvarianten worden opgesteld en met elkaar worden vergeleken.

### **Technische implementatie**

De componenten waar de KBS toolbox uit bestaat zijn weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Opzet van de KBS toolbox

De componenten in de KBS toolbox zijn de volgende:

### Data Model

Het data model staat centraal in de KBS toolbox. Hierin worden alle instellingen van de applicatie opgeslagen alsmede alle projectkenmerken en door de gebruiker toegevoegde maatregelen, kenmerken en de berekende KPI's. Het data-model zorgt ervoor de juiste informatie uit de andere componenten wordt opgehaald of juist worden aangestuurd.

### Content management systeem (CMS)

Het Content managementsysteem wordt gebruikt voor het beheer van alle kenmerken, beschrijvingen en foto's van de maatregelen.

### Application programming interface (API)

De Application Programming Interface wordt gebruikt voor het uitvoeren van de effectiviteitsberekeningen. Onderdeel hiervan zijn de data tabellen met vooraf berekende effectiviteit voor de verschillende maatregelen per wijktypen.

### User interface

De User interface is de website die de gebruiker ziet als deze de KBS toolbox opent.

### Map component

De map component is de kaart waar de gebruiker het projectgebied of maatregelen op intekent. Deze component geeft vervolgens deze gegevens door aan het Datamodel. Daarnaast kunnen in de map component verschillende thematisch datalagen worden getoond.

### Web Mapping Server (WMS)

De Web Mapping Server is de dataserver waar thematische kaartlagen opgeroepen en opgeslagen kunnen worden.

De berekeningen, de kaartlagen en de kenmerken van de maatregelen worden allemaal beheerd in de cloud. Het datamodel dat data uitgewisseld met de cloud, de map component en de user interface draaien allemaal binnen de webbrowser van de gebruiker. Het is door deze opzet mogelijk grote aantallen gebruikers tegelijk met de KBS-toolbox te laten werken (op te schalen).

## **7.2 Maatlatten voor de effectiviteit van maatregelen**

### **7.2.1 Wateroverlast**

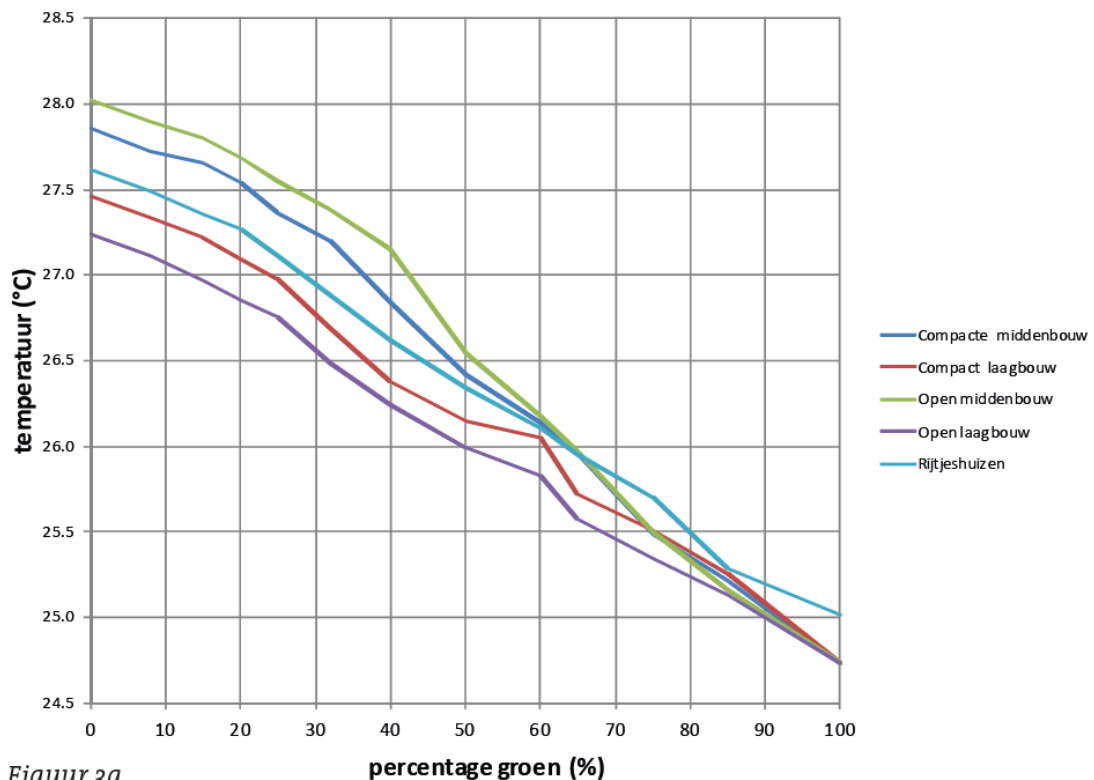
Besloten is om voornamelijk vast te houden aan de maatlatten (1) het volume aan waterberging dat wordt gemaakt door middel van alle adaptatiemaatregelen en (2) de afvoerreductie die daar het gevolg van is. Deze waarden werden door de gebruikersgroep als meest relevant geacht. De waterbergingscapaciteit is direct te relateren aan de wateropgave (m<sup>3</sup>) die binnen het projectgebied moet worden gerealiseerd. De afvoerreductie ten gevolge van de extra berging wordt afgeleid uit berekeningen met een waterbalansmodel. Vervolgens wordt de afvoerreductie van de zware buien bepaald aan de hand van een statistische analyse. Een uitgebreide beschrijving van deze werkwijze is opgenomen in de documentatie die is opgenomen in de Toolbox.

### **7.2.2 Droogte**

Het bepalen van een prestatie-indicator rond droogte is lastig gebleken. Gekozen is om de met een waterbalansmodel geschatte toename van de gemiddelde jaarlijkse aanvulling van het grondwater ten gevolge van de adaptatiemaatregelen als maatlat te hanteren. Een uitgebreide beschrijving van deze werkwijze is opgenomen in de documentatie die is opgenomen in de Toolbox.

### **7.2.3 Hitte**

Voor het kwantificeren van de effectiviteit van adaptatiemaatregelen op hitte in de stedelijke omgeving zijn, naast diverse andere overleggen, twee brainstorm-sessies gehouden, en zijn onderwijs literatuur gegevens verzameld over het effect van maatregelen. Het resultaat is samengevat in Bijlage D. Uiteindelijk is ervoor gekozen die effectiviteit op drie manieren inzichtelijk te maken, elk met eigen voor- en nadelen. De eerste methode maakt gebruik van de relatie tussen hitte en de hoeveelheid groen in een gebied, zie Figuur 9. Meer oppervlak aan blauwgroene maatregelen levert meer groen en dus een bepaalde mate van verkoeling in het projectgebied.



Figuur 3a

Figuur 9: de relatie tussen het percentage groen in een stedelijk gebied en de waargenomen gemiddelde temperatuur (Klompaker, Steeneveld en Groen, 2015<sup>6</sup>)

De tweede methode is zeer indirect. De waterbalansberekeningen die ten grondslag liggen aan de effectiviteitscijfers geven ook informatie over de extra verdamping (per jaar) als gevolg van de introductie van de adaptatiemaatregelen. Deze verdamping is een latente energiestroom, dus een verkoeling van het gebied, maar dan uitgedrukt in mm verdampt water.

De derde methode is meer gericht op de beleving van hitte door de bewoners en gebruikers van het gebied. Voor de mens is het belangrijk om grotere koele eenheden in de buurt te hebben (Bijlage D). Zulke "koele eenheden" worden gecreëerd door maatregelen die leiden tot een verlaging van de buitentemperatuur op ca. 1,5 meter van meer dan 1°C (en een reductie in PET van meer dan 2 graden). Hieronder vallen: straatbomen en bomenlanen, zonwering door groen, creëren van schaduw, fontein, watervallen en watermuren en stadsbossen. Daarom wordt in de Toolbox KBS bijgehouden hoeveel van dit soort blauwgroene, koele eenheden van meer dan 200m<sup>2</sup> in het gebied gepland zijn.

Drie maatlatten, elk met hun eigen waarde en beperkingen, temeer omdat de temperatureffecten van de adaptatiemaatregelen met name lokaal optreden. Een aanpak die een ruimtelijk beeld geeft van het verkoelend effect is niet onmogelijk, maar vergt de nodige aanpassingen en koppelingen met andere rekenprogramma's. Overleg over de behoefte aan – en de mogelijkheden tot - deze aanpassing zal begin 2019 plaatsvinden.

<sup>6</sup> [http://www.meteo.wur.nl/medewerkers/steeneveld/UCAM\\_VVM-Milieu2015-5\\_34\\_38.pdf](http://www.meteo.wur.nl/medewerkers/steeneveld/UCAM_VVM-Milieu2015-5_34_38.pdf)

#### 7.2.4 Waterveiligheid

Voor waterveiligheid kan geen maatlat in de toolbox worden opgenomen omdat die prestatie afhankelijk is van het overstromingsrisico in combinatie met de hoogte en sterkte van de voorgestelde adaptatiemaatregel. Deze informatie ontbreekt goeddeels. Wel kan via de Toolbox KBS de benodigde ruimtelijke reservering worden gemaakt voor zaken als dijken en tijdelijke waterkeringen.

#### 7.3 Kosten en kosteneffectiviteit

De kosten van aanleg en beheer en onderhoud per eenheid van groene maatregelen zijn door Wageningen Environmental Research afgeleid uit het Normenboek Gemeentelijk Groen 2018. De kosten van grijze en blauwe maatregelen zijn nog onderwerp van onderzoek bij de Hogeschool van Amsterdam; deze bleken lastig te achterhalen. Bovendien geldt voor de kostencijfers in de toolbox een grote onzekerheidsmarge omdat de uitvoerings- en beheerskosten natuurlijk sterk afhangen van de situatie ter plaatse en de uiteindelijk gewenste inrichting.

De kosteneffectiviteit is de verhouding tussen de geschatte kosten en de realisatie van de doelen volgens de beschreven maatlaten. In de toolbox volgen de kosten uit de gekozen maatregelen en de omvang van de maatregel. Op deze manier berekent de toolbox de kosten van maatregelen en maatregelpakketten. De gebruiker kan vervolgens de effectiviteit van de eigen keuzes bepalen en afwegen.

#### 7.4 Uitwerken oplossingen voor typen wijken & straten

Doel van deze activiteit was om voor een aantal relevante wijk- of straattypen aan te geven welke maatregelen daar in het algemeen het beste bij passen. De uiteindelijke keuze van het lokaal meest geschikte maatregelenpakket hangt af van de beschikbare ruimte, het ruimtegebruik, grondsoort en de gebruikersacceptatie. Voor de toolbox zijn zes wijk-/straattypes uitwerkt met tekeningen en tekst over een passend maatregelenpakket. Deze types zijn gekozen op basis van de 14 wijktypes die in de KlimaatEffectAtlas worden onderscheiden. Daarbij zijn verschillende types zijn samengevoegd, omdat ze te weinig onderscheidend zijn voor de te nemen maatregelen. De uitgewerkte typen zijn: volkswijk (vooroorlogse laagbouw met hoge dichtheid), hoogbouwwijk, bloemkoolwijk, naoorlogse stadswijk met stedelijke bebouwing 4-5 lagen, binnenstad en bedrijventerrein. Voorbeelden van een dergelijke beschrijving is te vinden in Bijlage E. De beschrijvingen en illustraties kunnen dan als vertrekpunt en inspiratie dienen voor de gebruikers van de toolbox tijdens ontwerpessies.

#### 7.5 Voorstel beheer en onderhoud

Een eerste aanzet voor dit voorstel (zie Bijlage F) is in bespreking gebracht binnen WP-team en voor advies voorgelegd aan de bedrijfsjuristen. Dit in verband met IP / eigendomsrecht, beeldrecht, auteursrechten en dergelijke. Ook een concept voor de gebruiksvoorwaarden / disclaimer is ter advies voorgelegd aan de juristen van Deltares.

In het NKWK KBS Plan van aanpak 2019 zal een voorstel worden opgenomen met betrekking tot het meerjarig beheer en onderhoud van de Toolbox KBS. Daarbij zullen aspecten worden opgenomen als de toekomstbestendige relatie met de database van GroenBlauwe Netwerken en een eventuele helpdesk voor gebruikers van de Toolbox KBS.



Voorgesteld is om voor de aansturing van het beheer en onderhoud een Beheerteam in te stellen. Dit team zal opmerkingen en voorstellen van gebruikers verzamelen en nagaan welke daarvan tot aanpassing van de toolbox moeten leiden.

## 7.6 Toetsen filter- en selectietool

De filter- en selectietool die is opgenomen in de Toolbox KBS is afgeleid van de Selectie-assistent die is opgenomen in de Adaptation Support Tool en waarover eerder is gepubliceerd<sup>7</sup>. Deze selectie assistent is aangepast voor wat betreft de lijst van opgenomen maatregelen. Ook zijn enkele correcties doorgevoerd. Maatregelen worden gerangschikt volgens hun score op fysieke inpasbaarheid, de omstandigheden in het gebied en de adaptatiedoelen. De scoretabel wordt opgenomen in de documentatie van de toolbox.



---

<sup>7</sup> Voskamp, I.M. and F.H.M. van de Ven (2015) *Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events*, *Building and Environment* <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.07.018> Vol 83, 159-167



# Case studies





## 8 Zoeterwoude-Rijndijk

Zoeterwoude-Rijndijk is een wijk in de gemeente Zoeterwoude met woningen en bedrijfspanden. Een belangrijke reden waarom de wijk niet klimaatbestendig is, is het grote aandeel verhard oppervlak op het bedrijventerrein. Bedrijven, bewoners en overheden in het gebied realiseren zich dat het klimaat verandert en dat Zoeterwoude-Rijndijk kwetsbaar is. Uit de uitgevoerde stresstest bleek dat het gebied met name kwetsbaar is voor hittestress en voor wateroverlast door hevige buien. Daardoor is er een groot draagvlak ontstaan voor het nemen van klimaatadaptatiemaatregelen.



Binnen het project 'Klimaatbestendig Zoeterwoude Rijndijk' heeft Wageningen University and Research keukentafelgesprekken gevoerd met bedrijven en bewoners over mogelijke maatregelen<sup>8</sup>. Drie mogelijke maatregelpakketten, met een oplopend ambitieniveau, waren het resultaat.

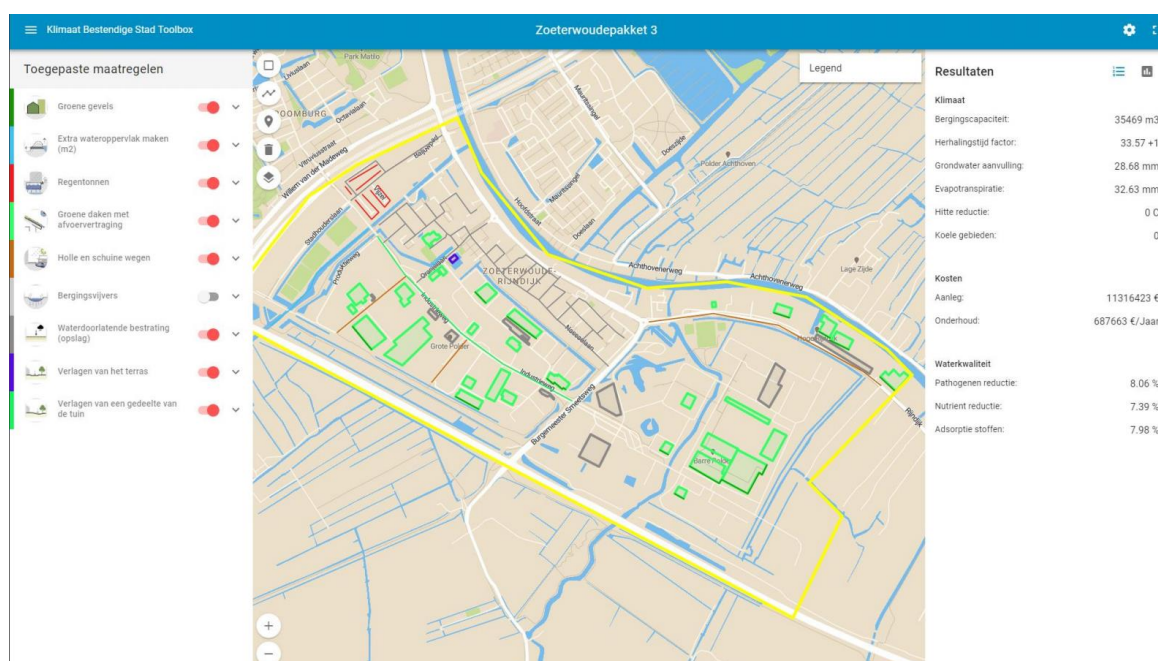
Zoeterwoude-Rijndijk is vervolgens gebruikt als casus voor het testen van de Klimaat Schadeschatter en de Toolbox Klimaatbestendige stad. Er is voor het gebied onderzocht wat de schade door klimaatverandering is wanneer geen adaptatiemaatregelen getroffen worden. Daarnaast is gekeken naar de effectiviteit van de verschillende maatregelpakketten. Deze resultaten zijn 2 april 2019 met de projectgroep en de stuurgroep gedeeld.

Wanneer in Zoeterwoude-Rijndijk geen adaptatiemaatregelen genomen worden, zijn de extra kosten door klimaatverandering van 2018 – 2050 ongeveer 8 miljoen euro. Directe en indirecte wateroverlast zorgt voor ongeveer 7 miljoen euro schade tot 2050 en hittestress voor ongeveer 1 miljoen euro schade. Door hittestress neemt de arbeidsproductiviteit af, stijgen ziekenhuisbezoeken en is er meer sterfte. Veel schadeposten zijn echter nog niet berekend. Droogte zorgde in 2018 bijvoorbeeld ook voor scheuren in het asfalt. Deze

<sup>8</sup> In dit project werkten samen: Gemeente Zoeterwoude, BIZ Grote Polder, Hoogheemraadschap van Rijnland, Heineken, Wageningen Environmental Research.

schades zijn op dit moment nog niet verwerkt in de Klimatschadeschatter. Waarschijnlijk komt de schade dus hoger uit dan de geschatte 8 miljoen euro.

De maatregelen, voortkomend uit de keukentafelgesprekken, zijn vervolgens ingevoerd in de Toolbox Klimaatbestendige stad. Met de toolbox is de effectiviteit van de maatregelen bepaald op de verandering van waterberging, herhalingstijd van wateroverlast, grondwateraanvulling, verdamping en temperatuur. De gekozen maatregelen waren: groene daken, groene gevels, verbreden van sloten, wadi's, waterdoorlatende bestrating, regentonnen, verlagen van groenstroken.



Alle maatregelen samen zorgen voor een bergingscapaciteit van 35.000 m<sup>3</sup>. Daarnaast wordt het grondwater met 28 mm aangevuld. De maatregelen zorgen niet voor een verlaging van de omgevingstemperatuur doordat er geen bomen worden geplant die schaduw creëren. Wel kunnen de groene daken en gevels zorgen voor verkoeling in het gebouw, maar dit is niet met de tool te berekenen. Alle maatregelen samen kosten ongeveer 11 miljoen euro in aanleg. Wanneer kan worden meegekoppeld met regulier onderhoud aan de openbare ruimte, kunnen deze kosten lager uitvallen.

De aanleg van groene daken is veruit de duurste maatregel, maar hebben ook additionele voordelen. Groene daken helpen niet alleen tegen wateroverlast, maar kunnen er ook voor zorgen dat het bedrijventerrein er aantrekkelijker uit ziet en de biodiversiteit stijgt. Daarnaast kunnen groene daken de binnenruimte koelen, waardoor koelingskosten kunnen afnemen. Wadi's zijn het meest kosteffectief.

De schades zonder klimaatadaptatiemaatregelen zijn vrijwel even hoog als de aanlegkosten van de maatregelen. Daarnaast levert het een groener en aantrekkelijker bedrijventerrein op. De project- en stuurgroep hebben aangegeven dat ze door het gebruik van de tools meer inzicht hebben gekregen in de noodzaak van klimaatadaptatie en de verschillende maatregelen, en zijn tot het inzicht gekomen dat het klimaatbestendig maken van het bedrijventerrein geen onmogelijke opgave is. Zij hebben aangegeven nu over te gaan naar de uitvoeringsfase om Zoeterwoude-Rijndijk klimaatbestendig te maken.



*Figuur 10: Tijdens de case study in Zoeterwoude-Rijndijk zijn bewoners en bedrijven betrokken bij het meedenken over de klimaatschade en te nemen maatregelen*







## 9 Laakhaven, Den Haag

*Verslag van de eerste workshop, opgesteld door: Anne-Marie Hitipeuw, Gemeente Den Haag*

Op 15 januari 2019 heeft een workshop plaatsgevonden gericht op het klimaatbestendig inrichten van het gebied rond Laakhaven.

Het doel van de workshop was tweeledig. Enerzijds het in kaart brengen/kwantificeren van mogelijke maatregelen voor een klimaatbestendige openbare ruimte in het onderwijskwartier Laakhaven/Station NS. Dit ter ondersteuning van het ontwikkelen van een ambitie en een integrale ruimtelijke visie op de daarvoor benodigde adaptatiemaatregelen voor het onderwijskwartier Laakhaven/ Station NS. In deze eerste workshop zijn mogelijkheden verkend en is een aanzet gegeven tot een concrete invulling. In een tweede workshop later dit jaar zal dit plan nader worden uitgewerkt.

Anderzijds was het doel de deelnemers bekend te laten raken met effecten van klimaatverandering voor Laakhavens (de uitkomsten van stresstesten), met het bepalen van ambities/integrale strategieën en met mogelijke maatregelen om te komen tot een klimaatbestendige wijk (in het kader van risicodialogen). Relevant voor die dialogen zijn het horen van elkaars kennis en opvattingen over het gebied en over klimaatadaptatie, het bespreken van voor- en nadelen van verschillende maatregelen en zoeken naar integrale oplossingen voor een klimaatbestendig Laakhaven.

In het eerste deel van de workshop zijn presentaties gegeven:

- Introductie Resilience (Anne-Marie Hitipeuw, Den Haag)
- Toelichting op de opgave in Laakhavens (Wil Heijnen en Ellemijk Marks, Den Haag)
- Impact klimaatverandering op Laakhavens (Wiebke Klemm, Den Haag)
- Klimaatschadeschatter (Sandy Hofland, Stichting CAS)
- Toelichting op Klimaatbestendige Stad Toolbox en doorberekening van Laakhavens – (Reinder Brotsma, Deltares)

- Toelichting op de interactieve ontwerpessie (Frans van de Ven, Deltares)

Hierna is in twee groepen uiteen gegaan om met behulp van de Klimaatbestendige Stad Toolbox twee scenario's uit te werken voor een meer 'climate resilient' Laakhaven.

Deze parallelle sessies bestonden uit drie onderdelen:

1. Bespreken van de uitdagingen en kansen in het gebied met een focus op klimaataspecten
2. Identificeren van kwetsbare groepen en objecten
3. Bepalen van de ambities voor het gebied
4. Plannen van maatregelen voor een meer klimaatbestendig Laakhaven waarbij bijgedragen wordt aan andere ambities.

## 9.1 Uitdagingen en kansen

De inrichting is momenteel niet gericht op verblijfskwaliteit. De verblijfskwaliteit moet omhoog, met name in het centrumgebied

### *Hitte*

In de zomer is het gebied erg warm. Het gebied is stenig en de bomen hebben onvoldoende invloed. Het waait er soms hard. Er zijn overigens wel twijfels over de betrouwbaarheid van de hittekaart voor dit gebied.

### *Wateroverlast*

De kaart toont een modelresultaat met een bui van 100 mm in 2 uur met combinatie van oppervlakkige afstroming en riolering. Er zijn meerdere plekken in de omgeving, zoals tunnels die onder water komen te staan, mogelijk door afwezigheid van pompen in het model. Er is behoefte om in kaart te brengen hoe het water in het gebied stroomt. Te veel afstroming richting boezem leidt tot overlast tot in Delft toe.

### *Droogte*

Droogte is direct relevant voor het groen. Het is niet te verwachten dat de grondwaterstand in het gebied daalt door de nabijheid van oppervlaktewater. Houten paalfunderingen zijn waarschijnlijk geen belangrijke uitdaging in dit gebied. Schade door zetting, zou kunnen optreden en zal verder onderzocht moeten worden.

### *Andere punten*

- Verdichtingsopgave, bereikbaarheid. Parkeernorm gaat naar nul omdat je tegen het station aan zit.
- Weinig ruimte voor events, o.a. voor de 30.000 studenten. Ook bij calamiteiten een uitdaging.
- Historische betekenis havengebied
- Kansen voor groene daken (Rode Kruis gebouw?)
- Toegankelijkheid van het gebied
- Kwaliteit van het water is matig tot slecht
- De buitenruimte wordt nu nauwelijks /slechts beperkt gebruikt als verblijfsruimte.

## 9.2 Kritieke infra en objecten en kwetsbare groepen

Kritieke objecten blijken moeilijk te benoemen. Productiviteit van studenten neemt af bij hoge temperatuur. Daarnaast worden de verkeerstunnels onder het spoor en de voetgangerstunnel onder het station als kritiek gezien in het kader van wateroverlast.

## 9.3 Ambities en opgaven

Op de vraag 'wanneer is de klimaatrobustheid goed genoeg?' komt geen duidelijk antwoord. De inrichting van het gebied voldoet aan de huidige normen, maar leggen we de lat hoger? In Den Haag en specifiek voor dit gebied bestaat geen kader om hier meer te eisen dan de huidige inrichting. Een algemene ambitie kan zijn het maken van een maximaal prettige leefomgeving en daarbij inspelen op kwetsbaarheden.

### Wateroverlast

Voor de bepaling van de wateropgave is een watersysteem-analyse nodig van groter gebied. En hoe los je de wateropgave dan op? Hoe vaak mag het gebied onderlopen, ook in de toekomstige situatie met een klimaat dat is veranderd? De situatie voldoet nu al aan de norm vanuit het heemraadschap. De huidige eis vanuit het heemraadschap op basis van de watersleutel is dat het systeem niet zwaarder belast mag worden.

De ambitie kan ook zijn om alle neerslag die hier valt zoveel mogelijk te bergen. Hierbij dient wel de kosteneffectiviteit in het oog gehouden te worden. Je gaat niet overal half-verharding toepassen wanneer het slimmer is om buiten het gebied grootschaligere maatregelen te treffen. Nu is uitgegaan van het principe 'niet afwentelen', dus het water goed vasthouden en bergen in het gebied. Dit leidt tot een ambitie van circa 325 m<sup>3</sup> berging per ha. Nieuwe norm zou mogelijk rond 500 m<sup>3</sup> kunnen liggen, rekenend met een 200 mm bui.

In het algemeen bleek het moeilijk om doelen te kwantificeren ten behoeve van de tool. De bergings-afvoercurves werden niet als duidelijk ervaren en men kon geen afvoernorm en/of herhalingsstijd noemen waarmee de bergingsopgave kon worden vastgelegd.

Uiteindelijk is verder gewerkt met een indicatieve 'werknorm' van zo'n 3500 m<sup>3</sup> berging voor het gebied.

### *Droogte*

Hiervoor is geen ambitie bepaald.

### *Hitte*

Hiervoor is geen ambitie bepaald, maar wel ambities/oplossingsrichtingen benoemd zoals: maak koele routes en koele plekken (pergola's, groene gevels, community gardens).

## 9.4 Maatregelen

Strategieën die naar voren gekomen zijn:

- Hitteproblemen aanpakken; koele plekken maken
- Houd water vast voor droge perioden
- Voorkom wateroverlast (calamiteitenroute, onderdoorgang HS, tramtunnel); waterbergend vermogen vergroten;
- Maak ruimte voor voetgangers(stromen)
- Multifunctionele elementen nodig: de plinten levendig maken; plaats maken voor sport en horeca; goede inrichting buitenruimte.

- De Vijverhof is nu een bak die niets doet; deze kan ook als opvang dienen. Dit biedt een kans voor het maken van een mooi waterpark.
- Gevolgen van extremen van 150 mm zijn nog niet in beeld; overwogen kan worden of een brug nodig is in plaats van alleen onderdoorgangen onder het spoor?

### Shortlist van maatregelen

In de eerdere fase van de workshop werden al maatregelen genoemd:

- Hoofdfietsroutes met bomenlanen
- Bladerdaken waar mensen onder kunnen zitten. Fietsbewegingen, met bomen.
- Groene daken met elektriciteit.

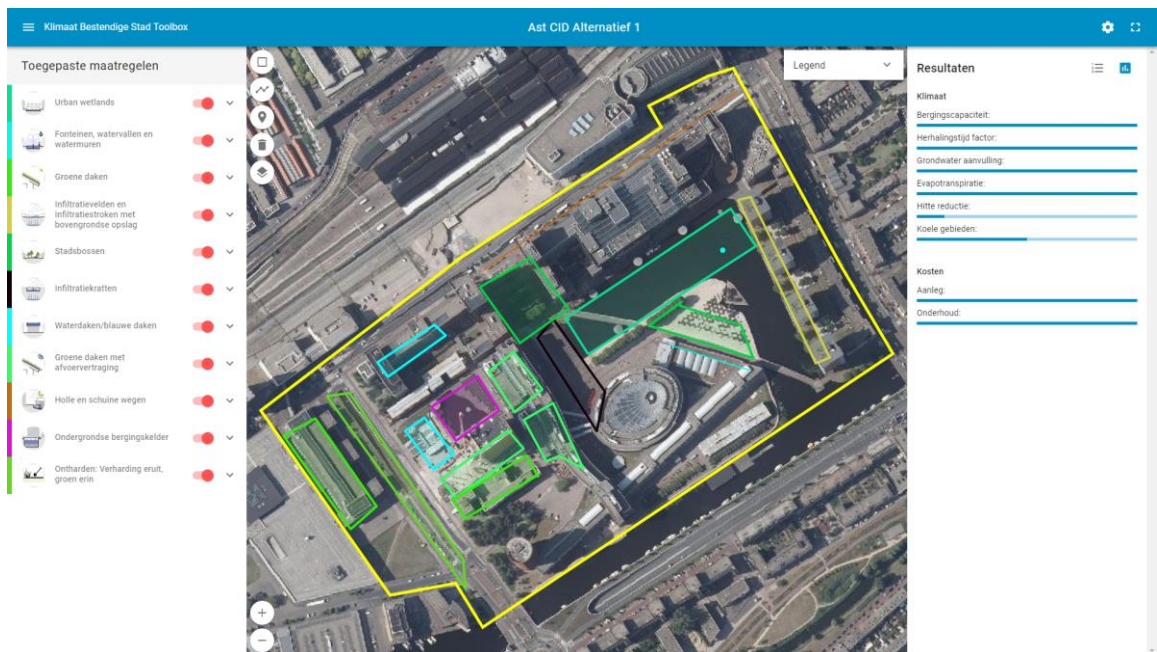
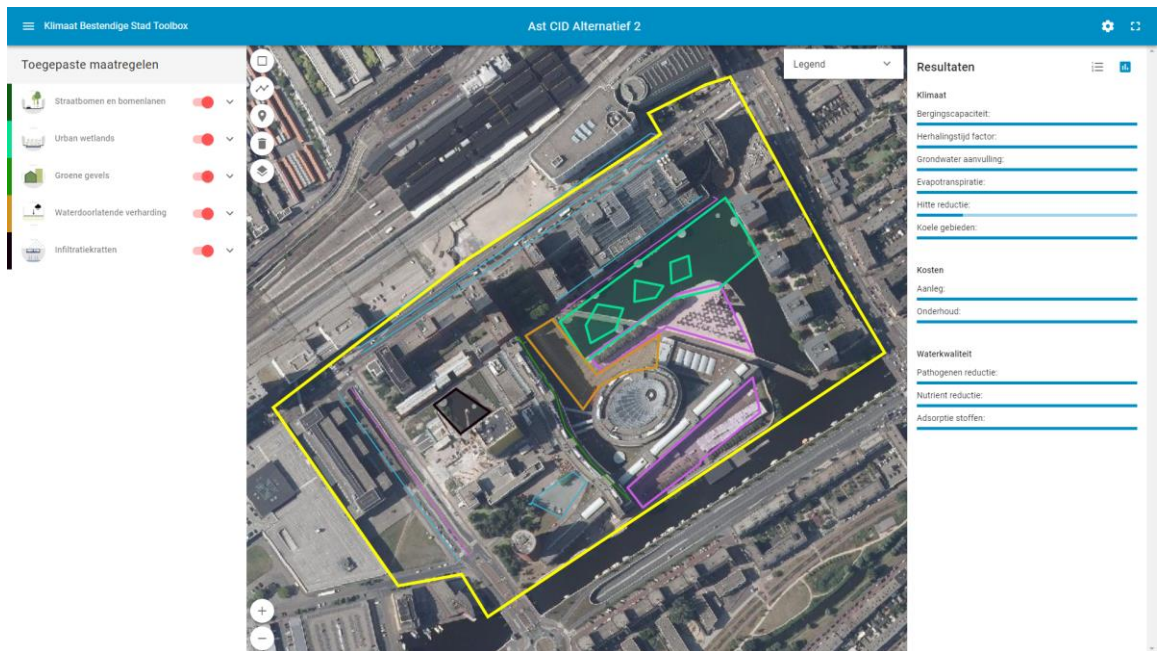
In het laatste deel van de workshop blijkt in één van de groepen een voorkeur voor:

- Bomen 7x
- Groen en gevels 4x
- Infiltratievelden 2x
- Fonteinen 2x
- Retentie daken 2x
- Waterbergende verharding 1x
- Waterbergingshoogte 1x
- Infiltratie vijvers 1x
- Steen eruit groen erin 1x
- Ondergrondse berging 1x
- Wadis 1x
- Droogte-bestendige bomen 1x

Uit de andere groep kwamen de volgende maatregelen naar voren:

- Centrale vijver aanpassen tot waterberging en watervoorziening voor het groen; aangevuld vanuit polderdak
- Parkeergarage: een parkeerdek gebruiken als bergingskelder?
- Wegen als berging voor extreem hevige regen
- Deel van de haven omvormen tot moerasbos
- Waldorpstraat: is bij 10 cm water op straat lopen nog steeds mogelijk of alleen aan één kant?

De eerste workshop heeft uiteindelijk geleid tot de volgende twee ontwerpen:



Hierbij moet worden aangetekend dat in de beperkte tijd geen van beide groepen het gehele gebied goed heeft onderzocht. Dit zal verder worden opgepakt in de tweede workshop.



# Bijlagen





## A Gebruikersgroep

### A.1 Samenstelling Gebruikersgroep

Paul Camps	Amersfoort
Ronald Bos	Arnhem
Ivar Roefs	Breda
Sanne Verbeek	Breda
Vincent Kuiphuis	Breda
Diny Tubbing	Delft
Arno Lammers	Den Haag
Jacco Schuurkamp	Den Haag
Niels Al	Den Haag
Bertus van der Vegt	Dordrecht
Ellen Kelder	Dordrecht
Paul van Esch	Dordrecht
Luuk Postmes	Eindhoven
Dr. ir. Moniek Zuurbier	Gelderland-Midden
Kees Kruithof	Heerhugowaard
Arjan Grent	HH Hollands Noorderkwartier
Antal Zuurman	Nijmegen
Sjoerd de Vreng	Nijmegen
Ton Verhoeven	Nijmegen
Frank van Lamoen	Noord-Brabant
Mark van Veen	Overijssel
Menno Schreuders	Platform Samen Klimaatbestendig
Dolf Kern	Rijnland
Johan Verlinde	Rotterdam
Josine van den Boogaard	Rotterdam-Rijnmond
Goos Boelhouwer	Stichtse Rijnlanden
Petra Mackowiak	Tilburg
Pieter Biemans	Tilburg
Mark van Kruijning	Unie van Waterschappen
Inge van de Klundert	Utrecht
Jeroen Schenkels	Utrecht
I. de Warrimont	Venlo
Arjan van Drielen	VWS
Lot Locher	Waternet
Inge Muhlig	Westland
Andreas van Rooijen	Zwolle



## A.2 Programma Gebruikersbijeenkomst 16 maart 2018

**Aan**  
Gebruikersgroep NKWK Klimaatbestendige Stad

**Datum bijeenkomst**                      **Tijdsduur**  
16 maart 2018                              12:00 – 17:00 uur

**Van**    **telefoon**  
Hans Gehrels                              +31-6-13181630

**Locatie**  
KNMI, Utrechtseweg, De Bilt

**Onderwerp**  
Bespreking resultaten 2017 en onderzoeksprogramma 2018

---

### Agenda

12:00      **Inloop en koffie**

12:30      **Lunch en rondleiding**  
Lunch wordt verzorgd door KNMI. Tijdens de lunch is er gelegenheid voor een rondleiding naar de Weerkamer.

13:30      **Opening**  
Korte toelichting op NKWK Onderzoeksprogramma KBS en oproep voor pilotstudies

13:40      **Resultaten 2017**  
Presentatie en groepsdiscussie over de betekenis van de resultaten vanuit het perspectief van de gebruikers

15:00      **Intermezzo**  
Presentatie recent onderzoek KNMI:  
Extreme weersituaties in stedelijk gebied / klimaatscenario's 2020

15:20      **Onderzoeksprogramma 2018**  
Bespreking van de voorlopige plannen en groepsdiscussie over ideeën en wensen van gebruikers

16:40      **Pilotstudies**  
Gelegenheid om ideeën voor pilotstudies toe te lichten

16:55      **Vervolgstappen**  
Kort overzicht van de volgende stappen en activiteiten

17:00      **Afsluiting**



### A.3 Verslag Gebruikersbijeenkomst 16 maart 2018

**Datum verslag**  
26 maart 2018

**Opgemaakt door**  
Hans Gehrels

**Datum bespreking**  
16 maart 2018

**Aantal pagina's**  
102

**Vergadering**

NKWK Klimaatbestedige Stad: bijeenkomst met gebruikersgroep en consortium

**Aanwezig**

Joke van Wensem (IenW / DPRA), Peter Neijts (IenW / KNMI), Arjen Grent (HHNK), Ellen Brand (RIVM), Moniek Zuurbier (GGD Gelderland en Overijssel), Petra Mackowiak (Gemeente Tilburg), Paul van Esch (Gemeente Dordrecht), Jacco Schuurkamp (Gemeente Den Haag), Hasse Goosen (WER / CAS), Gemma van Eijdsen (RWS/WVL), Lot Locher (Waternet), Frans van de Ven (Deltares), Kees Broks (STOWA), Mark van Kruining (UvW/DPRA), Dolf Kern (HH Rijnland/DPRA), Arno Lammers (Gemeente Den Haag / DSO), Han Frankfort (IenW / DPRA), Vincent Kuiphuis (Gemeente Breda), Kees Kruithof (Gemeente Heerhugowaard), Jeroen van Leuken (RIVM), Ben Wichers Schreur (KNMI), Martine Reiling (KNMI), Sjoerd de Vreng (Gemeente Nijmegen), Hans Gehrels (Deltares)

13:30 **Opening**

Joke van Wensem opent de bijeenkomst en geeft een korte toelichting op NKWK Onderzoeksprogramma KBS en doet een oproep voor pilotstudies.

13:40 **Resultaten 2017**

Presentatie en groepsdiscussie over de betekenis van de resultaten vanuit het perspectief van de gebruikers

Hans Gehrels presenteert een overzicht van de resultaten over 2017, zie de presentatie in de bijlage. Daarna volgt een ronde met reacties door de aanwezige leden van de gebruikersgroep.

Dolf Kern (HH Rijnland/DPRA):

- Aan welke andere initiatieven is dit onderzoek complementair? Meest enthousiast waar dit onderzoek aanvullend is op andere trajecten en beleidsvelden die lopen.
- Vanuit het perspectief van Deltaprogramma, regio's en STOWA: twijfel aan het nut van WP3; meest interessant is WP2 schade, als de juiste verbindingen worden gemaakt. WP2 sluit aan op de risicodialoog.
- Voor schadegetallen WP 2 aansluiting zoeken bij platform Slappe Bodem en PBL.

Mark van Kruining (UvW/DPRA):

- Indrukwekkend wat er tot nu toe al geproduceerd is.
- Inhoudelijk is het puur een technische insteek.
- Hoe kunnen we goed op Deltaprogramma aansluiten?

Lot Locher (Waternet):

- De risicodialoog is toch juist niet gelijk aan het bepalen van een strategie met werkpakketten 3, 4 en 5? Het zou jammer zijn kosten al een rol te laten spelen bij de risicodialoog.
- WP3 sluit aan op de uitvoeringsagenda
- Rainproof is ook bezig met dit soort initiatieven, Vanuit Rainproof is de vraag wat de extra waarde is die hiermee geleverd wordt?
- En welke data heeft de gebruiker nodig?
- WP 4 (gezondheid) : dit is een urgent thema ivm de verstedelijkingsopgave en woningbouw in de stad. Wel nadrukkelijker aangeven wie primaire en secundaire doelgroepen zijn. Ook liefst gezondheidsrisico's in breder perspectief van (gezondheids)baten plaatsen.
- Communicatie is heel belangrijk: zorg dat je aansluit op wat er in het veld is, daarom jammer dat WP1 niet is toegelicht.

Jacco Schuurkamp (Gemeente Den Haag):

- Klimaatadaptatie is slechts gedeeltelijk een technische opgave. Het is ook een sociaal-maatschappelijke opgave.
- WP 4 (gezondheid): kijk naar waardering van positieve en negatieve effecten van klimaatmaatregelen. Voorkom dat we gaan zeggen: 'zie je wel, je hoeft het niet te doen'. Gezond leven en ontmoeting meenemen in brede perspectief van gezondheid in de leefomgeving.
- De meeste gezondheidsgegevens krijg je niet beschikbaar.
- Liever niet spreken over een "waardering van kosten en baten", want die afweging wordt door gemeenten zelf gedaan. Eerder "ontwikkeling van een afwegingskader".

Sjoerd de Vreng (Gemeente Nijmegen)

- Stresstesten worden nu uitgevoerd. In WP2 wordt niet met standaardbui gewerkt; hoe sluit dat aan?
- Belangrijk om veel dingen te combineren.
- Wanneer moet je welke toolbox gebruiken?

Paul van Esch (Gemeente Dordrecht):

- De schadeschatter vind ik interessant; wie moet daar mee aan de slag gaan?
- Toolboxes (WP3) zijn er veel van; is dit de ene die alles overstijgt? Wat is de doelgroep?
- Gezondheidsaspecten interesseert me. Zijn er gezondheidsrisico's die we nu onderschatten, bijvoorbeeld hittestress bij gemeenten is vaak ondergewaardeerd. NKWK heeft hier een rol. Of overschatten wij gezondheidsrisico's?
- Teeb-stad bewijst zijn waarde.

Petra Mackowiak (Gemeente Tilburg):

- Ziet aansluiting bij dingen waar gemeente zelf mee bezig is. Jammer dat er overlap is. Komt er landelijk iets beschikbaar?
- Schadeverhaal vind ik interessant, ook voor politiek, geeft richting aan urgentie.
- Het gaat er vooral om het kunnen maken van de verbinding met andere beleidsvelden, met het sociale domein en wat er in de wijken gebeurt.

Moniek Zuurbier (GGD Gelderland en Overijssel):

- We houden ons bij de GGD nu vooral bezig met hittestress, naast vele andere thema's.
- Wat kan de rol van de GGD zijn in dit onderzoek om landelijke inzichten naar lokaal

te vertalen?

Kees Kruithof (Gemeente Heerhugowaard):

- WP 2: hebben wij de data wel? Zijn de data openbaar voor bewoners?
- Het is interessant hoe je eenduidig je gebied inricht. Goed om meer grip te krijgen op schade. De Schadeschatter zou daarin kunnen helpen en een goede hulp bij discussies over geld en belangen. Welke data zijn voor schadeschatter nodig en hebben wij die?
- Volksgezondheidsaspecten zijn daarin heel belangrijk.
- Echter: zoveel modellen – zoveel uitkomsten. Hoe ga je daarmee om? Belangrijk is dat de uitkomsten van een afwegingstool ook uitlegbaar zijn.

Arjen Grent (HHNK):

- Het gaat hier veel over techniek, maar het belangrijkste is dat er in de echte wereld iets mee moet gaan gebeuren. Dat is mensenwerk. Goed om daarvoor expertise in te schakelen. Communicatie is heel belangrijk.

Vincent Kuiphuis (Gemeente Breda):

- Alle werkpakketten zijn interessant. Of het 5 of 3 instrumenten gaan worden, maakt niet veel uit. Wel van belang om door de bomen door het bos van tools te zien.
- Het moet helpen om keuzes te gaan maken.
- Laten we het netwerk KANS hieraan koppelen.

Arno Lammers (Gemeente Den Haag / DSO):

- Ik ben zeker heel positief.
- Wij willen ontwerpprincipes mee kunnen geven aan ontwikkelaars om schade te beperken. Als je deze of die maatregel neemt, dan zoveel minder hitte of overlast.
- Toolboxen gebruiken leeft overal – ook provincies geven opdracht om ontwerp tools te maken. Provincie Zuid-Holland nu ook bezig met opdracht voor ontwerpprincipes door Bosch&Slabbers en Buro Bergh.

Joke van Wensem vat de reacties als volgt samen:

- Over het algemeen is er waardering voor wat er gedaan is.
- Maar er worden ook veel kanttekeningen gemaakt.
- Er is een pleidooi om beter aan te sluiten op wat al loopt.
- Ook een pleidooi om andere overheden (provincies) te laten aansluiten.
- De vraag wordt gesteld wat eigenlijk de situatie is rond beschikbaarheid van gegevens bij gemeenten.
- Het werk is technisch van aard met veel afkortingen. Pleidooi om meer naar sociale aspecten en communicatie te kijken.
- De vraag wordt gesteld of het ook door bewoners moet kunnen worden gebruikt.
- In de reacties is veel aandacht voor hitte en gezondheid.
- Effectiviteit en selecteren van maatregelen wordt belangrijk gevonden.

Daarna volgt discussie.

Kees Kruithof: er is een relatie tussen de energietransitie en maatregelen voor klimaatadaptatie. Die zou moeten worden meegenomen.

Han Frankfort: dit vraag-gestuurde onderzoek is bedoeld voor de gebruikers. Dus de gebruikers moeten zich de vraag stellen: heb ik hier iets aan? Jullie moeten aangeven of

dit nuttig is.

Lot Locher: behoefte aan een Toolkeuzewijzer; welke tools zijn er, welke data is er voor nodig en welke nauwkeurigheid krijg ik daarmee in beeld?

Voor wie is dit bedoeld? De resultaten zijn nu voor verschillende gebruikers. WP3 is voor gemeentelijke professionals, maar niet alleen voor waterprofessionals. De infographics zijn voor GGD's. En is het ook voor bewoners?

Hans Gehrels: we moeten dus heel bewust 'gebruikers' identificeren voor wat we doen.

Frans van de Ven: het gaat ook heel duidelijk over het effect van maatregelen op andere beleidsvelden.

Arno Lammers: moet dit consortium wel de communicatie gaan doen?

Mark van Kruining: het Platform Samen Klimaatbestendig gaat er komen en gaat de vraag achter de vraag concretiseren en dan contact zoeken met iemand die antwoord of ervaring kan delen. De tools van NKWK-KBS kunnen daarbij heel handig zijn om technische vragen te beantwoorden, naast governance vragen. Gebruikers zijn naar ons idee gemeentelijke professionals of bijvoorbeeld woningbouwcorporaties.

Vincent Kuiphuis: het is goed om te blijven focussen. Dus deze onderdelen doorzetten en niet te veel extra er bij gaan doen. 'Alles integraal doen' gaat niet werken.

Petra Mackowiak: wij hebben in Tilburg al door studenten van de HAS Hogeschool een maatregelenboek laten maken. Ieder adviesbureau heeft weer zijn eigen tools. Welke gemeente doet nog iets zelf? Je zit altijd met bureaus aan tafel. Eindhoven is ook bezig met een tool.

Hans Gehrels: onze resultaten kunnen ook worden gebruikt door adviesbureaus. Dit programma kan leiden tot enige standaardisatie van tools en methoden die je gebruikt of wilt laten gebruiken.

Han Frankfort: de vraag is wat de toegevoegde waarde is van wat wij hier doen.

## 15:00 **Intermezzo**

Presentatie Ben Wichers Schreur: Extreme weersituaties in stedelijk gebied / klimaat-scenario's 2020

Klimaatbestendig is een werkwoord! 2020 is in die zin een belangrijker jaar dan 2050!

## 15:20 **Onderzoeksprogramma 2018**

Bespreking van de voorlopige plannen en groepsdiscussie over ideeën en wensen van gebruikers

Hans presenteert een overzicht van de plannen voor 2018, zie de presentatie in de bijlage. Daarna volgt discussie.

Hans Gehrels: Nadruk op 2018 sowieso op betere aansluiting en interactie om de



resultaten van NKWK KBS te gaan gebruiken.

Mark van Kruiningen / Kees Kruithof: Doe geen dubbele dingen. Via kaarten op [ruimtelijkeadaptatie.nl](http://ruimtelijkeadaptatie.nl) en [climatescan.nl](http://climatescan.nl) zijn voorbeelden te vinden. Daar kan eenvoudig naar worden verwezen.

Ellen Brand: Het voorstel voor 'standaardisatie GIS-parameters voor hitte' gaat sowieso door. Nu voorstel voor in de maak voor financiering. Gaat parallel lopen aan NKWK-KBS onderzoek. Op elkaar aan te sluiten.

Jeroen van Leuken: Wij doen voor ZonMW onderzoek gericht op sociaal zwakkere groepen en we vinden het belangrijk om ook naar sociaal zwakkere groepen te kijken - resilience behaviour.

Ben Wichers Schreur: 'Resilience' ook als klimaatmaatregel op te nemen.

Lot Locher: Waar gaat onderzoek dan op richten: Op sociaal zwakkeren, die vaak eerder slachtoffer zijn en minder goed weten hoe te handelen? Of ga je je richten op 'behavioural change' en hoe je dat bereikt? Beide is heel groot. Goed om te focussen.

Arno Lammers: Den Haag is hier ook mee bezig, samen met Rotterdam.

Dolf Kern: Toevoegen relatie met bodem en ondergrond is heel goed. Aansluiting zoeken bij Uitvoeringsprogramma Bodem en Ondergrond.

Moniek Zuurbier: Provincies zitten hier niet aan tafel. Is daar een reden voor?

Joke van Wensem: Provincie Gelderland is heel actief met bodem en ondergrond.

Arno Lammers / Dolf Kern: Provincie Zuid-Holland ook.

Hans Gehrels: Wat missen we nog?

Lot Locher: Kennis op gebied van hitte en droogte is minder ver dan voor wateroverlast en overstroming. Ook bodemdaling laat nog tekort aan kennis zien. Rol voor NKWK-KBS onderzoek?

Frans van de Ven / Jeroen van Leuken: rol van NKWK-KBS is vertaling van beschikbare (wetenschappelijke) kennis voor toepassing in de praktijk. Geen NWO onderzoek, maar bijvoorbeeld wel effecten van klimaat op gezondheid (kansen en risico's) beter voor het voetlicht krijgen. Zoutindringing: we hebben extra bronnen voor zoet water nodig.

Dolf Kern: Onzekerheid een plek geven in de producten. Niet de ambitie hebben om precieze getallen te geven, maar nut om scenario's, maatregelen en keuzes af te wegen.

Joke van Wensem: de vraag is: wat denk jij dat belangrijk is voor het komende jaar?

Lot Locher: de communicatie in WP1 is nog heel erg op water gericht. Dit moet aangevuld met het ruimtelijke domein, met bijvoorbeeld Platform31 en gezondheidsgerma.

Arjen Grent: we bereiken nooit de mensen die we willen bereiken. We preken voor eigen

parochie. Niet preken maar spreken met mensen. We moeten daarom denken aan oplossingen die mensen aanspreken.

Lot Locher: hoe kunnen we aansluiten op Gevolgbeperking en Vitaal en Kwetsbaar?

## 16:40 **Pilotstudies**

Gelegenheid om ideeën voor pilotstudies toe te lichten

Paul van Esch:

- Een pilot waar we in Dordrecht mee aan de slag willen is de Vogelbuurt.
- We zijn momenteel bezig met een aanvraag voor een EU-subsidie.
- Vogelbuurt is een kwetsbare buurt met sociale problemen. Veel corporatiewoningen.
- We willen kiezen voor groenblauwe infra, o.a. door een verbinding te leggen tussen de wijk en een sportcomplex.
- Belangrijke elementen zijn bewegen, sociale aspecten, operatie steenbreek, etc.
- Hans Gehrels en Ellen Kelder zijn in gesprek om hier vanuit NKWK op aan te sluiten.

Arno Lammers: in Den Haag zijn ook veel pilots te bedenken. Hans en Arno nemen hierover contact op (Binckhorst en centrumgebied).

Kees Kruithof: Heerhugowaard is bezig met grote transformatie. Platform 31 is daarbij betrokken. Is dat te koppelen met NKWK-KBS?

Hasse Goosen: we zijn bezig een pilot op te zetten in Zoeterwoude-Rijndijk op een bedrijfsterrein waar o.a. Heineken is gevestigd. Hier willen we alle stappen uit het onderzoek doorlopen.

Petra Mackowiak: vanuit Tilburg is er ook interesse voor bedrijfsterreinen.

Jeroen van Leuken: we gaan een voorstel maken voor EU-subsidie (Life) om de NAS versneld in te voeren. Dit zou weer heel mooi kunnen aansluiten op het NKWK programma KBS.

## 16:55 **Vervolgstappen**

Kort overzicht van de volgende stappen en activiteiten

Hans Gehrels: hoe kunnen we het beste de gebruikersgroep inzetten? Reacties:

- Dolf Kern: 1 keer per jaar een totaaloverzicht zoals deze bijeenkomst.
- Per werkpakket verder de diepte in met enkele gebruikers met een voorkeur of expertise op het specifieke wp-onderwerp.
- Hans stuurt een mail rond om naar voorkeuren van gebruikers voor werkpakketten te vragen

## 17:00 **Afsluiting**

#### A.4 Programma Gebruikersbijeenkomst 28 juni 2018

**Aan**  
Gebruikersgroep NKWK Klimaatbestendige Stad

**Datum bijeenkomst**                      **Tijdsduur**  
28 juni 2018                                      15:00 – 17:00 uur

**Van**    **telefoon**  
Hans Gehrels                                      +31-6-13181630

**Locatie**  
RWS, Croeselaan 15, Utrecht; Zaal 7A019

**Onderwerp**  
Bespreking uitvoering werkpakketten 2018

---

#### Agenda

- 15:00      **Welkom**  
Inleiding en doel van de bijeenkomst
- 15:10      **Bespreking uitvoering werkpakketten 2018**  
Gebruikersgroep verdeelt zich over de werkpakketten; suggestie voor indeling in werkpakketten volgens bijgevoegde tabel; per werkpakket korte inleiding; bespreking van de uitvoering; feedback van de gebruikers op de plannen.
- 16:50      **Terugmelding en vervolgstappen**  
Kort overzicht van de verbindingen tussen de werkpakketten en volgende stappen
- 17:00      **Afsluiting**



## B Klimaatschade aan funderingen

Er zijn verschillende mechanismen waardoor een lage grondwaterstand tot (versnelde) schade aan gebouwen kan leiden. Er zijn in Nederland naar schatting 750.000 panden op staal of houten palen gefundeerd.

### 1. Paalrot en negatieve kleef.

Bij op houten palen gefundeerde woningen zorgt een lage grondwaterstand voor paalrot – op termijn (na een gemiddelde cumulatieve droogtestand van 10 jaar) verliezen de palen hierbij hun draagkracht en verzakt het pand. Een ander schademechanisme bij houten heipalen dat ook door lage grondwaterstand kan optreden is negatieve kleef: als de grondlagen onder een pand op houten heipalen inklinken, kunnen de grondlagen aan de houten palen ‘hangen’, waardoor deze zakken of breken.

### 2. Ongelijkmatige zetting.

Panden die op staal zijn gefundeerd (geen diepe fundering), zakken mee met de bodem – of hun eigen gewicht leidt tot zetting. Bij een lage grondwaterstand vermindert de draagkracht van de slappe bodem en versnelt dit proces. Bij ongelijkmatige zetting (diagonaalbeweging) kunnen er scheuren in muren ontstaan. Als de bodem en het bovenliggende pand gelijkmatig zakken ontstaat er geen schade.

### 3. Wateroverlast.

Als een pand op staal wel mee zakt met de bodem, maar het grondwaterpeil gelijk blijft, kan de relatief hogere grondwaterstand tot wateroverlast leiden –zoals natte kruipruimtes en vochtige vloeren en muren (schimmel). Als het grondwaterpeil wordt aangepast aan de maaiveldaling, kunnen panden op (houten) palen daar last van krijgen.

### 4. Staal naast paal - gedeelde draagmuur.

Panden die op staal gefundeerd zijn maar een (draag)muur delen met een pand dat op palen gefundeerd is hebben een verschillende zettingsnelheid. Dit kan tot scheuren/ schade aan de muren leiden.

### 5. Stijgend pand ten opzichte van omgeving.

Bij panden die op houten of betonnen palen gefundeerd zijn kunnen kabels en leidingen van breken als het pand ‘stijgt’ ten opzichte van zijn dalende omgeving. Ook ‘stijgen’ deuren ten opzichte van het straatniveau zodat er op termijn drempels of trapjes nodig zijn.

#### *Invloed grondwaterstand op schade/ bodemdaling*

Alleen voor schademechanismes paalrot en negatieve kleef is de grondwaterstand direct van invloed op het ontstaan van schade. Bij de andere mechanismen is de relatie tussen de grondwaterstand en bodemdaling van belang. Dit hangt af van lokale omstandigheden. Als de bodem uit veen bestaat en er zuurstof bij kan komen bij een lage grondwaterstand vindt er veenoxidatie plaats. Ontwatering van een veen of klei ondergrond leidt tot inklinking. In een stedelijke omgeving is de belasting van de ondergrond vaak oorzaak van het zakken van het pand of omgeving (bijvoorbeeld als deze is opgehoogd met zand).

Op regionaal niveau wordt de grondwaterstand beïnvloed door de regionale stroming van het grondwater – is de gemiddelde tendens wegzijging of juist kwel? In de gebouwde omgeving zijn er daarnaast verschillende factoren die de grondwaterstand lokaal kunnen beïnvloeden. Door de heterogene opbouw van de ondiepe ondergrond – met name in historische stadsdelen is de menselijke ophooglaag vaak dik – kan de grondwaterstand lokaal sterk verschillen (een peilbuis midden op straat is daarom niet representatief voor het niveau onder de funderingen van een nabijgelegen huis). Daarnaast kan een lekkende riolering ervoor zorgen dat lokaal het grondwatervniveau verlaagd wordt. Ook de aanwezigheid van bomen kunnen – vooral in droge periodes – tot lokale grondwaterstandsverlaging zorgen.

#### *Invloed klimaatverandering op grondwaterstand*

De hierboven beschreven processen spelen ook zonder klimaatverandering; over de seizoenen wisselt de gemiddelde grondwaterstand. In de zomer is er de gemiddelde lage grondwaterstand (GLG), in de winter de gemiddelde hoge grondwaterstand (GHG). Een toename in droogte kan leiden tot het vaker voorkomen of een langere duur van droogteperiodes – en daarmee een lage grondwaterstand. Hierdoor kunnen de hierboven beschreven processen versnellen. In twee van de vier klimaatscenario's uit 2014 van het KNMI wordt het in Nederland droger (KNMI 2018). Recent onderzoek van de Universiteit Utrecht wijst uit dat in Scandinavië mogelijk natter wordt, en in het Middellandse zeegebied droger (Samaniego et al. 2018). Wat dit voor Nederland gaat betekenen is nog niet zeker.

## **B.1 Stand van zaken beschikbare informatie**

### *Nationaal niveau*

Op nationaal niveau zijn er een aantal studies en tools beschikbaar die een inschatting doen van de potentiële schade door paalrot of een ruimtelijke risicoanalyse in kaartvorm. Hieronder worden de belangrijkste aannames en resultaten van elke studie en tool beschreven.

### *Schades door watertekorten en –overschotten in stedelijk gebied (Hoogvliet et al. 2012)*

Het rapport beschrijft schademechanismen door grondwateronderlast, waaronder paalrot. Andere mechanismen zijn negatieve kleeft bij houten paalfunderingen, verschilzetting bij funderingen op staal en schade aan bebouwing met gemene fundering. In de analyse wordt geïdentificeerd welke gebieden in Nederland gevoelig zijn voor maaiveld daling en verschilzetting (gebaseerd op te verwachten mate van bodemdaling en mate van kwel of infiltratie in een gebied) en waar op basis van de leeftijd van panden (gebouwd tussen 1890 - 1945) mogelijk gebouwd is met houten funderingen en dus paalrot kan optreden. Ook na 1945 is soms met houten palen gebouwd, maar het zwaartepunt ligt in de periode hiervoor. Op basis van deze aannames zijn 750.000 panden mogelijk gevoelig voor paalrot – deze panden liggen in een gebied met hoge blootstelling aan maaiveld daling en verschilzetting. Welk aandeel hiervan daadwerkelijk op houten palen staat, en welk aandeel ondiep gefundeerd ('op staal') is, is onbekend. Op basis van een aanname dat gemiddelde herstelkosten per pand € 54.000 zijn, ligt de totale te verwachten schade tussen minimaal € 5 miljard en maximaal € 40 miljard. Hierin zijn alle schademechanismen door grondwateronderlast meegenomen, dus niet alleen paalrot.

Belangrijke aannames die tot overschatting/ onderschatting leiden:

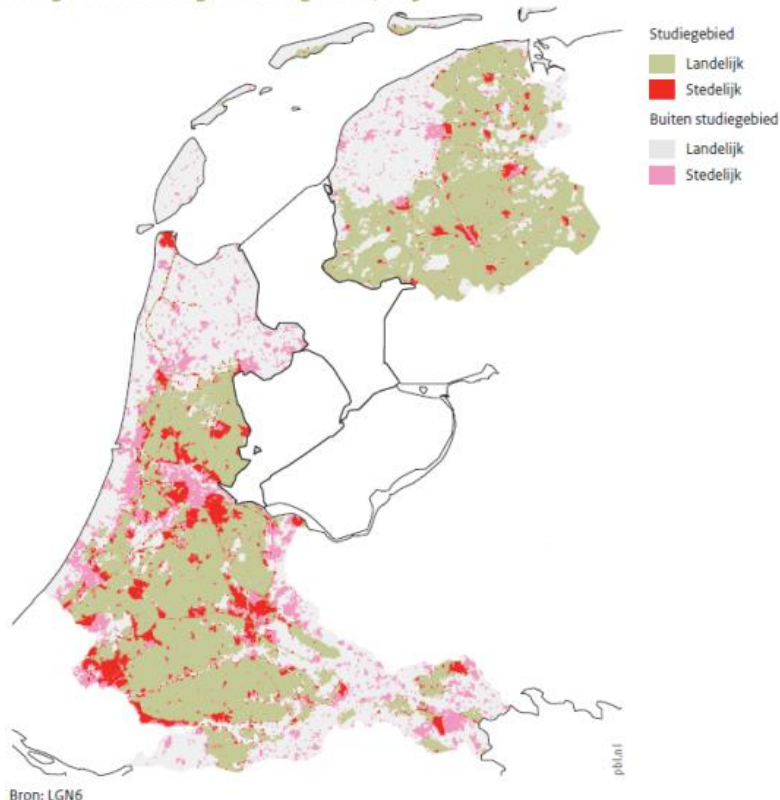
- Aanname dat alle panden hersteld zullen worden. Er zijn echter ook panden die gesloopt worden en geherstructureerd in stadsvernieuwing.

- Aanneمة jaartallen: vanaf 1925 zijn ook betonnen oplangers bij houten paalfunderingen gebruikt. Hiervoor is niet gecorrigeerd, zodat het aantal risicopanden is overschat. Ook na 1945 is nog met houten palen gebouwd, deze zijn niet meegenomen. Anderzijds zijn panden van voor 1890 vaak op staal gebouwd, die schade door vershilzetting kunnen ondervinden: dit levert een onderschatting.
- Er wordt geen onderscheid gemaakt naar oorzaken van grondwaterdaling die de funderingsschade veroorzaakt.
- Er wordt geen onderscheid gemaakt in herstelkosten tussen funderingen op houten palen en funderingen op staal.
- Schadebedragen zijn nominaal.
- Er is geen schatting gemaakt van additionele schade door klimaatverandering.

*Dalende bodems, stijgende kosten – Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied (PBL, 2016)*

In deze studie analyseert het PBL een aantal schadeposten en beleidsalternatieven van peilbeheer/ontwatering en het effect op bodemdaling in het landelijke en stedelijk gebied, in 7 waterschappen: WS Fryslân, HHNK, HHRD, HHSR, HH SK, WS Amstel, Gooi en Vecht en WS Rivierenland. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen bestaande bebouwing en nieuwbouw. Voor het landelijk gebied worden herstelkosten van funderingen geschat op € 450 miljoen tot € 1 miljard over een periode van 40 jaar. In het stedelijk gebied schat PBL in dat er funderingsherstel nodig is voor 300.000 woningen: dit kost minimaal € 16 miljard (nominale waarde). Het is hierbij onduidelijk of het alleen om herstel van houten paalfunderingen gaat, of ook om werkzaamheden rond op staal gefundeerde panden.

Landgebruik in studiegebied veengronden, 2015



Opmerkingen/ aannames:

- Deze studie betreft een deel van het gebied dat door de studie van Hoogvliet (2012) wordt bestudeerd.
- Voor het stedelijk gebied wordt er geen extra kennis toegevoegd aan de studie van Hoogvliet.
- Schadekosten zijn nominaal over de periode tot 2050.
- Geen invloed van klimaatverandering meegenomen.

*Naar een kosteneffectieve aanpak van klimaatadaptatie in Nederland (Leusink, 2018)*

In deze studie van SWECO wordt een analyse gemaakt van de kosteneffectiviteit van adaptatiemaatregelen in stedelijk gebied in Nederland. Hierbij gaat het naast wateroverlast en hitte ook om droogte. Als uitgangspunt om de kosteneffectiviteit van maatregelen te kunnen berekenen wordt de mogelijke schade ingeschat: het gaat hierbij om kwetsbare funderingen, extra onderhoud en vervroegde vervanging van wegen. De kwetsbare funderingen zijn bepaald op basis van leeftijd en bodemgesteldheid. Op basis van informatie over de grondwaterstand uit peilbuizen van het DINO-loket is een extrapolatie gemaakt van de hoeveelheid panden die op dit moment al droogstands ervaart over een bepaalde periode: er wordt aangenomen dat deze funderingen in de komende decennia hersteld moeten worden. De impact van klimaatverandering op de gemiddelde laagste grondwaterstanden wordt met een bandbreedte geschat op 0-25 centimeter. De resultaten behelzen een indicatieve € 6 miljard (niet beïnvloed door klimaat) en tot maximaal 10 miljard extra schade bij extreme klimaatverandering (contante waarde bij 5,5% discontovoet). De studie geeft geen gedetailleerd inzicht in de methode waarmee de schade is bepaald, noch in het aantal geïdentificeerde paalrot-gevoelige panden.

*Funderingsviewer indicatieve aandachtsgebieden (ontwikkeld door KCAF)*

Deze goed gebruikte viewer (door huiseigenaren, private sector, gemeenten) laat per postcodegebied zien of er zich panden in bevinden die mogelijk gevoelig zijn funderingsschade. Anders dan in de kaart van Hoogvliet et al (2012), neemt deze kaart als uitgangspunt dat alle panden gebouwd voor 1970 en bij een bepaalde bodemgesteldheid (laagveen, rivierengebied, zeekleigebied en afgesloten zeearmen en getijden) mogelijk houten paalfunderingen hebben en dus aandacht behoeven. Er is in de kaart geen rekening gehouden met meer gedetailleerde lokale kennis, of grondwaterbeweging (kwel/ wegzijging). Recentelijk is het verplicht om bij taxatie van een woning via de viewer te controleren of er een aannemelijk risico is of niet (dit moet worden meegenomen in de taxatie).

*Klimaat-effectatlas - paalrot*

Deze kaart laat op nationale schaal zien welke stedelijke gebieden kwetsbaar zijn voor paalrot, op basis van de studie van Hoogvliet et al. (2012). Op buurtniveau wordt op basis van de onderliggende analyse van het aantal mogelijk gevoelige panden aangegeven hoe hoog het verwachte risico op paalrot is. De kaart geeft een globaal beeld: hierin is geen rekening te houden met de mogelijke impact van klimaatverandering, en het landelijk gebied is in buiten beschouwing gelaten.

*Lokaal niveau*

Een aantal gemeenten, provincies en waterschappen zetten zich in om lokaal beter grip te krijgen op de (mogelijke) problemen met paalrot. In dit kader hebben een aantal gemeenten funderingskaarten ontwikkeld op lokale schaal (zie ook website KCAF<sup>9</sup>): bijvoorbeeld

<sup>9</sup> <https://www.kcaf.nl/aanpak-lokale-overheden/>



Rotterdam, Zaanstad en Schiedam. In deze kaarten is op adresniveau te zien welk type fundering er (waarschijnlijk) is. In sommige gevallen is ook een risicokaart beschikbaar met een indicatie van de verwachte kwaliteit van de fundering – vaak op basis van expert judgement of onderzoek.

Deze kaarten bundelen de informatie die lokaal beschikbaar is: bijvoorbeeld generieke gegevens over welk type funderingen er in een bepaalde periode, in een specifieke gemeente is gebruikt. Zo kan het aantal panden gebouwd op staal of houten palen sterk verschillen. In Amsterdam en Zaanstad is bijvoorbeeld overwegend op houten palen gebouwd, maar in andere gebieden is ook veel op staal gebouwd. Voor sommige adressen zijn lokaal archiefgegevens beschikbaar – oude bouwtekeningen, of resultaten van een eerder funderingsonderzoek. Lokale funderingskaarten kunnen al deze informatie bundelen.

Gebruikers van de kaarten (bijvoorbeeld in de Gemeente Rotterdam) zijn burgers (huiseigenaren of huiszoekenden), makelaars, kredietverstrekkers en de gemeente zelf. De gemeente kan deze gegevens gebruiken om panden en huizenblokken te identificeren waar mogelijk problemen voordoen, en de burger actief waarschuwen voor het mogelijke risico en hen adviseren en ondersteunen in het ondernemen van actie.

In Rotterdam is ervoor gekozen de kaart met het indicatieve funderingstype openbaar beschikbaar te maken, via een portaal voor de burger. De reden hiervoor was om transparantie in de woningmarkt te bevorderen en verkopen zonder kennis over de fundering te voorkomen – hoewel dit de individuele huis(ver)koper negatief kan beïnvloeden, is openbaarheid uiteindelijk nodig om de problematiek aan te pakken. Juridisch is dit toegestaan, omdat er geen NAW-gegevens gedeeld worden.

In Rotterdam zal vanaf 2019 gewerkt worden aan een verbeterde risicokaart, waarin het risico geclassificeerd wordt per sub-buurt en individueel pand. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van zakkingskaarten om verschilzetting te identificeren: ook is een actief monitoringsprogramma ontwikkeld om scheefstand en zakking te meten. Om gericht iets te kunnen zeggen over het risico per pand op paalrot is beter inzicht in de ontwateringsdiepte (hoogte top hout – grondwaterstand) nodig. Beschikbare informatie over de grondwaterstand uit peilbuizen (vaak in openbaar gebied) kan op wijkniveau wel wat inzicht bieden, maar op het niveau van individuele panden is interpolatie van grondwaterstanden in stedelijk gebied vaak niet zinvol (alleen in een straal van 5 meter), dit vanwege de sterk heterogene opbouw van de ondergrond in stedelijk gebied. Daarnaast worden in Rotterdam beschikbare archiefdocumenten aan het bijbehorende pand gekoppeld.

De benodigde capaciteit/ investering voor het opstellen van een lokale funderingskaart en risicoclassificering verschilt met de orde grootte van de problematiek.

## **B.2 Case studies**

Om beter inzicht te krijgen in de schade aan funderingen van gebouwen als gevolg van klimaat gerelateerde droogte zijn een aantal cases bestudeerd (Schiedam, Zaanstad en Rotterdam), om meer inzicht te krijgen met betrekking tot het totaal aantal gebouwen die last kunnen hebben van paalrot of andere schade aan funderingen (voor panden die op “staal”

zijn gefundeerd<sup>10</sup>). In de nationale kaarten/ schattingen blijkt dat 750.000 panden *mogelijk* gevoelig zijn voor paalrot. In dezelfde periode zijn ook panden op staal gebouwd: er is geen indicatie beschikbaar voor de verhouding staal – houten paalfunderingen. Dit kan per gemeente sterk verschillen – zo is in Delft in deze periode weinig op houten palen gebouwd, en in Zaandam juist veel.

In onderstaande analyse wordt gedetailleerde informatie over het funderingstype en eventuele schade/ herstelwerkzaamheden die voor enkele wijken beschikbaar zijn naast de beschikbare informatie op nationaal niveau gelegd, om een gevoel te krijgen van de representativiteit van nationale schattingen voor de lokale situatie (Tabel 3).

Tabel 3: Overzicht van gegevens over het voorkomen en de kwaliteit van houten paalfunderingen in drie steden.

	Schiedam-Oost	Schiedam-West	Rdam-Centraal	Rdam-Essenburger	Rdam-Ringdijk	Zdam-Burgemeestersbuurt	Zdam-Rosmolenbuurt	Zdam-Bloemenbuurt
% huizen risico paalrot wijk nationale schatting	80%	85%	87%	89%	3%	89%	89%	99%
% huizen in wijk daadwerkelijk op houten palen	47%	23%	<87%*	<85%*	<70%*			
% houten paalfunderingen hersteld	2%	6%				50%	70%	50%
% houten paalfunderingen kapot of gemonitord	7%	13%				30%	20%	50%

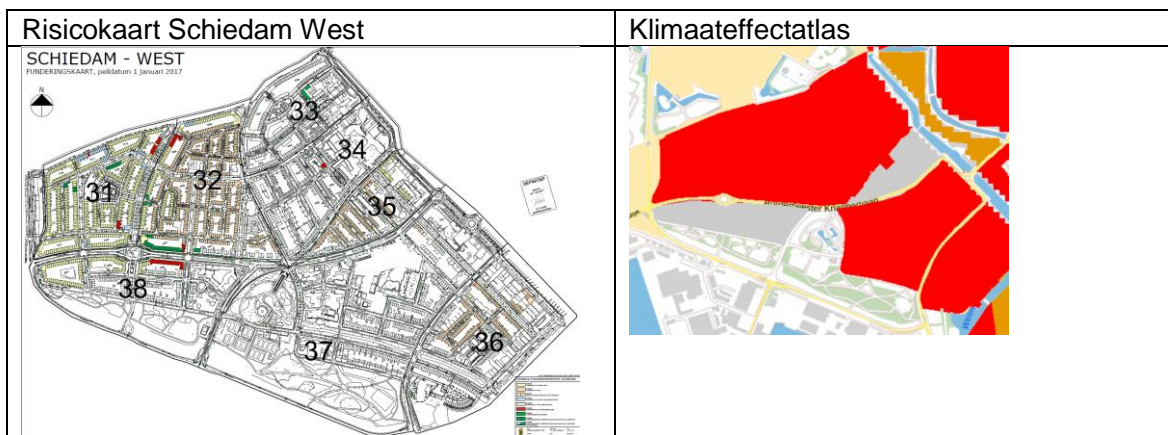
\* Maximale schatting aantal panden daadwerkelijk gefundeerd op houten palen.

### Schiedam

Voor Schiedam is door de gemeente naar twee buurten gekeken; Schiedam-Oost en Schiedam-West (Figuur 11). In Tabel 3 is voor Schiedam Oost en in Tabel 4 voor Schiedam West een samenvatting gegeven van het aantal gebouwen dat gefundeerd is met houten palen, met een onderverdeling welke funderingen zijn hersteld en welke worden gemonitord. Uit Tabel 3 blijkt dat 47% van het totaal aantal gebouwen op houten palen staat en dat 4% van de gebouwen risico lopen op funderingsschade of al hersteld zijn. Voor Schiedam-West (Tabel 4) staat 23% van de gebouwen op houten palen, terwijl 4% van de gebouwen mogelijke funderingsproblemen heeft of waar de fundering hersteld is.

Voor Schiedam-West geeft de nationale schatting aan dat 85% van de 3644 panden in het gebied mogelijk gevoelig zijn voor paalrot. In de praktijk staat slechts 23% van de gebouwen in de wijk op houten palen (53% op staal), en loopt slechts 19 % van deze houten paalfunderingen op korte termijn risico of is al hersteld (6%) (Tabel 3 en Tabel 4).

<sup>10</sup> Gebouwen welke op staal zijn gefundeerd zijn niet voorzien van funderingspalen maar zijn rechtstreeks gebouwd op een stabiele ondergrond op een betonnen voet.



Figuur 11: Funderingskaart Schiedam-West en hetzelfde gebied in de klimaateffectatlas – droogte – paalrot

Tabel 4: Schiedam West data vergelijking

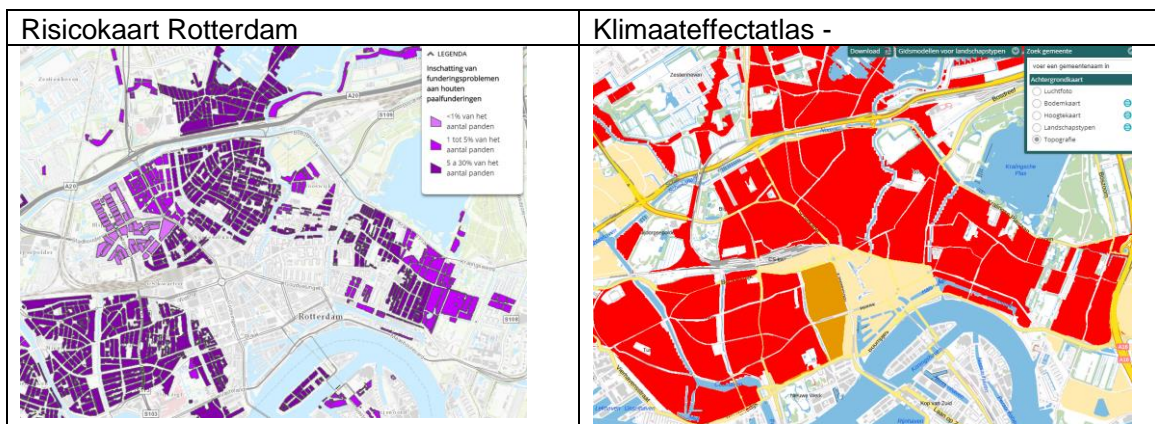
Schiedam West	Aantal	Totaal # gebouwen	%
Gebouwen < 1950	3126	3655	86%
op staal	2270		62%
Houten funderingen	700		19%
HF gemonitord	58		2%
HP hersteld	48		1%
HP schade	50		1%
Totaal HP	856		23%

### Rotterdam

In Rotterdam is er tot 1980 veel gebruik gemaakt van houten palen: naar schatting gaat het om 120.000 huishoudens (er kunnen meerdere huishoudens in één pand wonen). Rotterdam ontsluit beschikbare gegevens (uit de archieven) in een funderingstype-kaart waarbij beschikbare gegevens en rapporten per pand beschikbaar zijn. Daarnaast is er een risicokaart, waarbij te zien is er of er problemen zijn in een bepaalde buurt (Figuur 12).

In de funderingskaart worden een aantal categorieën onderscheiden: hout, mogelijk hout of niet-onderheid (op staal), mogelijk hout of betonnen palen, beton en niet onderheid. In de risicokaart wordt vervolgens woonblokken aangemerkt met een inschatting van de funderingsproblemen met houten paalfunderingen, in drie categorieën: <1% van het aantal panden, 1-5% van de panden en 5-30% van het aantal panden.

Op basis van analyse van 3 gebieden in Rotterdam – Centraal, Essenburg en Ringdijk - blijkt in de nationale schatting 87, 89 en 3% van de panden op houten palen, en in de praktijk maximaal 87, 85 en 70%.



Figuur 12: Risicokaart Rotterdam en hetzelfde gebied in de klimaat-effectatlas – droogte – paalrot

### Zaandam

In Zaandam staan veel panden op korte of lange houten paalfunderingen, onder andere van grenenhout. Op basis van bestaande funderingsonderzoeken en gegevens over herstelde funderingen heeft de Gemeente Zaandam op een [kaart](#) weergegeven bij welke panden de fundering reeds hersteld is, of er een kans is op schade. Dit risico is vervolgens per pand ingeschat in verschillende 'kwaliteitsklassen' waarbij het uitgangspunt is dat omstandigheden gelijk blijven.

- Onbekend: pand is nog niet onderzocht
- Ruim voldoende: binnen 25 jaar nauwelijks scheurvorming of scheefstand te verwachten
- Voldoende: binnen 25 jaar geringe onderlinge zakkingsverschillen te verwachten
- Matig: binnen 25 jaar zakkingsverschillen te verwachten
- Onvoldoende: zakkingsverschillen kunnen leiden tot schade aan casco, herstel van de fundering nodig binnen 0-5 jaar.

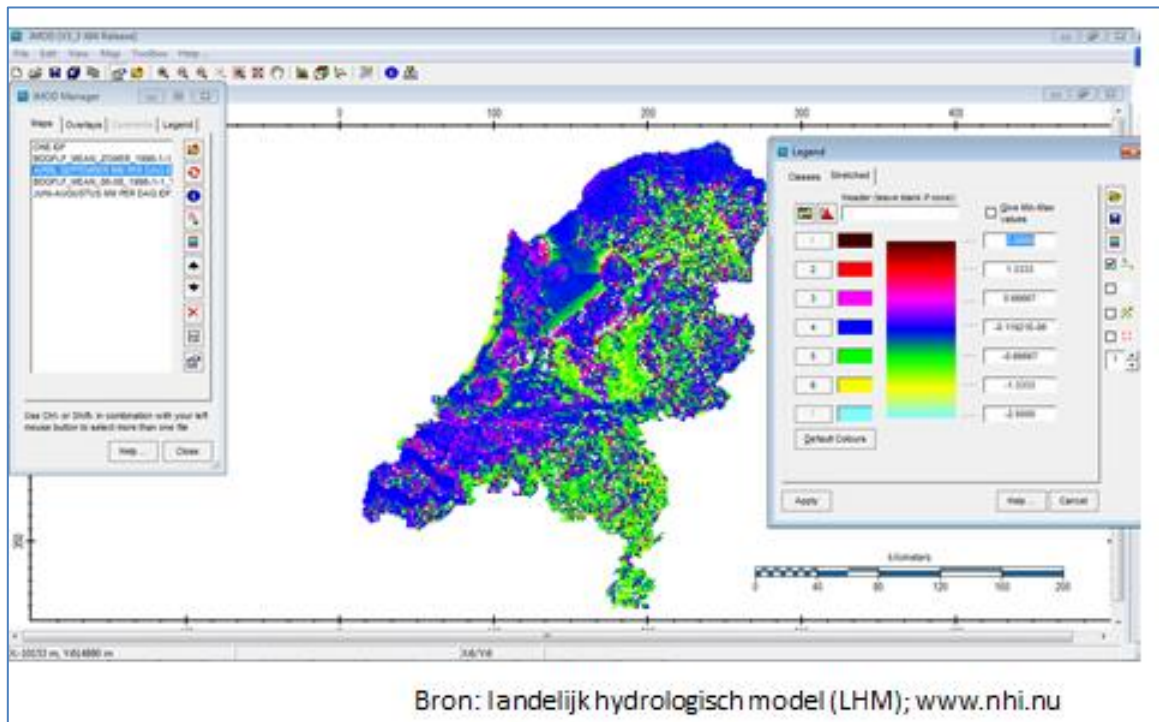
De kwaliteitsklasse van het pand wordt niet weergegeven in het kaartbeeld – het is daarom op basis van openbare data moeilijk te achterhalen wat de verdeling over de kwaliteitsklassen is.

Een nationale schatting komt erop uit dat in de drie beschouwde buurten - Burgemeestersbuurt, Rosmolenbuurt en Bloemenbuurt - respectievelijk 89%, 89% en 99% van de panden sterk gevoelig is voor paalrot. In deze buurten is een aanzienlijk deel van de panden op houten palen al hersteld: 50, 70 en 50%.

### B.3 Verbeterstappen landsdekkende kaarten

Om de landelijke risicokaarten te verbeteren en hierin klimaat-effecten mee te nemen, kan onderscheid worden gemaakt in de gevoeligheid van gebieden voor grondwateronderlast. Los gezien van de mogelijke invloed van verdamping via vegetaties of voeding vanuit oppervlaktewater/ lekke rioleringen, kan een wegzijging van bijv. 2 mm/dag bij 100 dagen droogte afhankelijk van bodemeigenschappen tot een grondwaterstandsverlaging van 1 tot 2 meter leiden. Het landelijk model (Figuur 13) is op een resolutie van 250 x 250 m. Gebieden met wegzijging zijn bij droogte gevoeliger voor grondwateronderlast en bodemdaling dan gebieden met een kwel: bij een klimaat-scenario waarin droogte in Nederland toeneemt, merken deze gebieden eerder negatieve gevolgen.

Voor de bekeken casussen in de vorige paragraaf, laat deze kaart zien dat er in Schiedam-west lichte wegzijging is, terwijl er in het merendeel van Schiedam-Oost juist kwel is. In het grootste deel van Zaanstad vindt ook kwel plaats. In Rotterdam zuidoost is er een lichte kwelstroom, in noord wegzijging. In Hillegersberg en de wijk Prins Alexander is er een sterke kwelstroom. Deze tendensen zijn niet terug te zien in de huidige landelijke 'paalrot' kaarten.



Figuur 13: Gemiddelde grondwaterflux april - september (1998-2006), Landelijke Hydrologisch Model (LHM), [www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)

Gebaseerd op de kaart zoals die reeds in de KSS-tool 1.0 stond is aan de hand van de grondwaterkaart en de invloed van droogte in de kaart aangegeven welke gebieden in de kaart een hogere kans op zetting en paalrot hebben als gevolg van droogte door klimaatverandering. Dit geeft de kaart zoals beschreven in 4.3.2.

### Lessons learned

#### *Grondwaterstand in stedelijk gebied*

Landelijke grondwaterkaarten (grondwaterstand, kwel/ wegzijging trend) kunnen globale input geven over de gevoeligheid van een gebied voor grondwateronderlast (gemiddeld 250x250 m). Dit is echter onvoldoende gedetailleerd om een inschatting te maken van de blootstelling van houten funderingen aan droogte op lokaal niveau – deze informatie is nodig om het handelingsperspectief in de wijk te kunnen bepalen en lokale bewoners te informeren over het risico op schade. Om echt iets te kunnen zeggen over de lokale grondwaterstand, is een fijnmazig meetnet nodig: onderzoek door de stad Rotterdam heeft laten zien dat peilbuizen op maximaal 5 meter van een gebouw moet staan om een indicatie te geven van actuele grondwaterpeilen.

### *Maximale versus verwachte schade*

Daarbij lijkt de periode waarbinnen schadeherstel uitgevoerd moet zijn sterk af te hangen van lokale omstandigheden, zoals grondwaterstand bij de fundering. Huidige schattingen van maximale te verwachten schade (Hoogvliet et al. 2012; Leusink 2018) gaan er in het algemeen van uit dat op termijn alle funderingen van gebouwen uit de periode 1890 – 1950/70 uiteindelijk hersteld worden.

Hierbij wordt voorbij gegaan aan stadsvernieuwing en de opgave voor de energietransitie waarbij ook in huizen geïnvesteerd zal moeten worden: hierdoor zal in sommige gevallen nieuwbouw goedkoper zijn dan herstel en aanpassing van bestaande gebouwen. Zonder verder onderzoek kan hier geen verdere kwantificering van worden gegeven.

Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat op termijn daadwerkelijk alle funderingen moeten worden vervangen - voor een groot deel van de schadegevoelige funderingen kunnen mitigerende maatregelen worden genomen, zoals aanpassing in het beleid op ontwateringspeil en lokale infiltratie van regenwater. Om te bepalen voor welk aandeel van de funderingen dit geldt (en welke maatregelen opwegen tegen de verwachte schadekosten) is verder onderzoek nodig.

Daarnaast doen huidige schattingen (behalve Leusink 2018) van het schadebedrag vaak nominaal: alle schade wordt in het jaar 0 gerekend: er wordt geen rekening gehouden met een uitvoeringsperiode en alle herstel wordt (virtueel) uitgevoerd in het studiejaar. In de praktijk zal het herstelproces echter over de tijd zijn uitgespreid, onder meer omdat praktische implicaties ervoor zorgen dat de gemiddelde herstelsnelheid laag is (bijv. krapte op de bouwmarkt). Vanuit economisch oogpunt moet er rekening gehouden worden met deze spreiding over de tijd, doormiddel van een discontovoet (kosten in het heden wegen zwaarder dan kosten in de (verre) toekomst).

### *Schade – herstelkosten paalrot/ op staal*

Potentiele schade aan gebouwen die op staal zijn gefundeerd is in de verschillende studies niet meegenomen. Schade en herstel aan op staal gefundeerde gebouwen is anders dan voor gebouwen op houten palen, al is ook hier grondwaterdaling een oorzaak van verzakking van de panden. In de komende jaren zal er onderzoek worden gedaan naar inventarisatie van gebouwen op staal gebouwd aan de hand van meting van verzakking van gebouwen met behulp van satellietdata.

Huidige (maximale) schadeschattingen gaan uit van het gemiddelde bedrag van het herstellen van funderingen € 53.000. Voor herstelwerkzaamheden aan panden op staal – tenzij er een diepe fundering onder wordt gemaakt) zullen herstelkosten in veel gevallen lager uitvallen, afhankelijk van de grootte van de ontstane schade.

## C Maatregelen

1. Bergbezinkbassin / ondergrondse bergingskelder

### 2. Creëren van schaduw

Schaduw creëren is belangrijk om te voorkomen dat oppervlakken opwarmen en om de directe omgeving koeler te maken. Dit kan gerealiseerd worden met behulp van bomen, pergola's, overstekken, zonneschermen en dergelijke. Arcades en overdekte wandelpaden zijn stedenbouwkundige elementen die in warme landen reeds gebruikelijk zijn om schaduw te creëren.

#### *2.Creating shadow*

*Creating shadow is important to prevent surfaces from heating up and to cool the surroundings. This can be accomplished by using trees, pergolas, overhangs, awnings and such. Arcades and covered walkways are urban elements commonly used in warm countries to create shade.*

**Foto:** 2. Creëren van schaduw\_Portland\_atelier GROENBLAUW.tif

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/heat/creating-shadow/>

3. Diepe grondwater infiltratie

4. Dijken (waterveiligheid)

### 5. Fonteinen, watervallen en watermuren

Stilstaande wateroppervlakken verdampen minder water dan begroeide oppervlakken. Door besproeiing of bevloeiing van oppervlakken neemt de verdamping toe en wordt de temperatuur verlaagd. Daardoor heeft bewegend water zoals bij fonteinen, watervallen en watermuren wel een verkoelend effect op de directe omgeving. Hiervoor kan oppervlaktewater en regenwater gebruikt worden.

#### *5.Fountains, waterfalls and water walls*

*Standing water surfaces evaporate less water than green surfaces. Sprinkling water on surfaces serves to increase evaporation and lowers temperature. So moving water such as with fountains, waterfalls and water walls has a cooling effect on the surroundings. Surface water and rainwater can be used for this purpose.*

**Foto:** 5. Fonteinen, watervallen en watermuren\_Hannover\_atelier GROENBLAUW.tif

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/heat/reducing-heat-with-water/>

### 6. Greppels

Een greppel is een kleine beplante sloot en dient om regenwater tijdelijk vast te houden, te transporteren en te laten infiltreren. Een greppel kan zowel water bevatten als droog staan. Greppels kunnen goed in groenstroken of in bermen geïntegreerd worden. Ze hebben een groene uitstraling. Ze vragen wel extra ruimte en onderhoud.

#### *6.Ditches*

*A ditch is a small channel and facilitates temporary rainwater retention, transportation, and infiltration. A ditch can contain water or can stand dry. Ditches can be integrated into green*

verges or the roadside. They look natural but they do need extra space and maintenance. (44 words)

**Foto:** 6. Greppel\_atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/ditches/>

## 7. Infiltratievelden en infiltratiestroken met bovengrondse opslag

Door naast verharde oppervlakken greppels of velden aan te brengen die het afvloeiende hemelwater tijdelijk op kunnen slaan, kan op een eenvoudige wijze het water van schone verharde oppervlakken zoals daken en fietspaden worden geïnfiltreerd. Naast de hoeveelheid neerslag die gebufferd dient te worden, is de doorlaatbaarheid van de bodem voor de dimensionering van belang.

### *7. Infiltration fields and strips with surface storage*

*Adding ditches or fields next to paved surfaces to temporarily store runoff is a simple way to allow water to infiltrate from clean hard surfaces such as roofs and cycle paths. Besides the volume of precipitation that needs buffering, the permeability of the ground is another factor that determines the dimensions.*

**Foto:** 7. Infiltratievelden met bovengrondse opslag\_Portland\_atelier GROENBLAUW.tif

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/infiltration-meadows-and-infiltration-strips-with-above-ground-storage/>

## 8. Grindkoffers

Een grindkoffer is een ondergrondse faciliteit gevuld met grind om regenwater in de bodem te infiltreren. Neerslag wordt bovengronds of ondergronds in de koffer of schacht gebracht. Grindkoffers worden toegepast naast verharde oppervlakken of naast onverharde oppervlakken waar geen ruimte is voor een infiltratiegreppel of waar de doorlatendheid van de bodem te gering is.

### *8. Gravel layers*

*A gravel layer is a subsurface facility packed with gravel for infiltration of runoff. Runoff is carried above or below the surface and led into the layer or shaft. Such systems are used next to paved surfaces or next to unpaved surfaces that do not offer sufficient room for infiltration ditches or where the ground has an insufficient permeability factor.*

**Foto:** Hier is geen goede foto van.

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/gravel-layerstrenchesreverse-drainage/>

## 9. Groene daken

‘Groene daken’ is een verzamelbegrip voor beloopbare beplante daken en beplante hellende daken, en omvat o.a. mos/sedumdaken en gras/kruidendaken. Groene daken bufferen regenwater tot op zekere hoogte. Ze zijn niet geschikt om extreme neerslag te bufferen omdat ze dan verzadigd raken. Het dak zelf, de onderliggende ruimtes, en de omgeving blijven koeler.

### *9. Green roofs*

*‘Green roofs’ is a collective term used for walkable planted roofs and sloping planted roofs, and includes moss/sedum roofs and grass/herb roofs. Green roofs buffer rainwater up to a*



*point. As they can become saturated, they are not suitable for buffering extreme precipitation. The roof itself, the underlying spaces, and the surroundings heat up less.*

**Foto:** 9. Groen dak - Kromhout Kazerne Utrecht [optigroen]\_toestemming.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/>

## **10. Groene gevels**

Gevelbeplanting zorgt ervoor dat gevels minder opwarmen en ook minder warmte verliezen. De planten zorgen tevens voor verdamping wat eveneens bijdraagt aan een koeler stadsklimaat. Voordeel van gevelbeplanting is dat ze vrij weinig ruimtebeslag legt op het intensief gebruikte stedelijke maaiveld en toch veel vierkante meters verticaal groen realiseert.

### *10.Green facades*

*Green facades attract and lose less heat. The plants also cause evaporation, which helps keeping the town or city's climate cooler. An advantage is that it takes up little space in an already intensively used urban area, while providing many vertical metres of green.*

**Foto:** 10. Groene gevel\_Begroeide gevel Amsterdam 03\_atelier GROENBLAUW.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>

## **11. Holle en schuine wegen**

Holle wegen laten water op de weg toe in plaats van in een goot en kunnen daardoor veel meer water bergen en afvoeren dan goten. Het afschot/verval is vaak minder een belemmering dan bij goten voor het overbruggen van afstanden groter dan 50 meter doordat er iets meer met het wegpeil kan worden gevarieerd.

### *11.Hollow roads*

*Hollow roads allow water on the road instead of only in a gutter and can hold and drain much more water than gutters. Slopes are often less of an obstacle for covering distances greater than 50 metres because the road level can be varied.*

**Foto:** 11. Holle weg\_Ruwenbos holle weg\_atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/hollow-roads/>

## **12. Infiltratiekragen**

Infiltratiekragen bufferen het regenwater ondergronds en maken dubbel grondgebruik mogelijk. Ze hebben hierdoor in het algemeen een grotere opslagcapaciteit dan bovengrondse infiltratievoorzieningen. Er kan dus meer regenwater tijdelijk gebufferd worden en vertraagd afgestaan worden aan het grondwater. De extra infiltratie leidt tot minder droogteschade, bodemdaling en verzilting.

### *12.Infiltration boxes*

*Infiltration boxes buffer rainwater underground and allow using a single area for two purposes. In general they offer more storage capacity than above-ground infiltration installations. More rainwater can be buffered temporarily and gradually released into the groundwater. The extra infiltration leads to less drought damage, subsidence and salinization.*

**Foto:** 12. Infiltratiekrat.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/infiltration-boxes-and-infiltration-drainswells/>

13. Kades (lage dijkjes) (waterveiligheid)

#### **14. Koele materialen (hoge albedo)**

De eigenschappen van oppervlakmaterialen met betrekking tot het vermogen zonlicht te reflecteren en warmte te absorberen hebben invloed op de oppervlakte-temperatuur. Over het algemeen warmen lichte materialen minder op dan donkere materialen. Door materialen met minder massa te kiezen, zoals hout en andere poreuze materialen die warmte minder accumuleren, blijven het oppervlak en de directe omgeving koeler.

##### *14.Cool materials (high albedo)*

*The properties of surface materials concerning the power to reflect sunlight and the capacity to absorb heat influence the surface temperature. In general, light materials heat up less than dark materials. By choosing materials with less mass, such as wood and other porous materials that absorb less heat, the surface and the immediate surroundings will stay cooler. (56 words)*

**Foto:** 14. Koele materialen\_Sportcomplex Hamburg groene gevel\_atelier GROENBLAUW.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/heat/cool-materials/>

#### **15. Berging door de realisatie van extra oppervlak**

Door de realisatie van extra bergend oppervlak bij een gelijkblijvende peilfluctuatie kan extra bergvolume worden gerealiseerd. Van een gebruikelijke kleine peilfluctuatie van bijvoorbeeld 30 cm wordt een gedeelte voor seizoensberging gedimensioneerd en een gedeelte voor piekberging. Voordeel van deze wijze van seizoensbergen is dat de peilfluctuatie beperkt blijft; dit is gunstig voor de oeverflora.

##### *15.Seasonal storage by realising extra surface area*

*Realising additional surface area for storage can serve to create additional storage volume while the fluctuation in water level remains unchanged. Part of the standard fluctuation of 30 cm, for example, is then earmarked for seasonal storage, while the other part is reserved for peak storage. The advantage to this method of seasonal storage is that the fluctuations are limited, which is good for flora along the banks.*

**Foto:** 15. Berging door de realisatie van extra oppervlak\_Portland\_atelier GROENBLAUW.tif

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/seasonal-storage/>

#### **16. Berging door de realisatie van extra berghoogte**

Wanneer een bergend oppervlak ontworpen wordt op een grotere peilfluctuatie kan seizoensberging worden gerealiseerd zonder dat extra oppervlak nodig is. De benodigde hoogte is echter op veel locaties niet zonder meer te creëren door een te hoog grondwaterpeil. Een grotere peilfluctuatie stelt eisen aan de vormgeving en beplanting van de oevers omdat deze blootstaan aan extremere omstandigheden.

##### *16.Seasonal storage by realising extra storage height*

*Designing the surface area for storage to handle greater fluctuations in water levels is a way of realising storage capacity without requiring additional surface area. In many locations, however, the height required cannot simply be created by a high groundwater level. Greater*

*fluctuations in water levels will place demands on how the banks are designed and planted, since those banks will be exposed to more extreme conditions.*

**Foto:** 16. Berging door de realisatie van extra berghoogte\_Lanxmeer Oude Lek\_atelier GROENBLAUW.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/seasonal-storage/>

### 17. Drainage-Infiltratie-Transport (DIT)-riool

Een riool in de vorm van een met geotextiel omwikkelde geperforeerde horizontale buis draineert de bodem, laat het water infiltreren en voert het daarnaast af. Dergelijke voorzieningen worden toegepast naast verharde oppervlakken of naast onverharde oppervlakken waar geen ruimte is voor een infiltratiegreppel of waar de doorlatendheid van de bodem te gering is.

#### *17. Drain-Infiltration-Transport (DIT)-sewer*

*A sewage system using a perforated horizontal pipe wrapped with geotextile drains the ground, allows water to infiltrate and transports it. Such systems are used next to paved surfaces or next to unpaved surfaces that do not offer sufficient room for infiltration ditches or where the ground has an insufficient permeability factor.*

**Foto:** 17 DIT-riool\_www.Terricola.nl, fotografie Dionysios Sofronas.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/gravel-layerstrenchesreverse-drainage/>

### 18. Ontharden: Tegels eruit, groen erin

Minder tegels in de tuin en in het stedelijk gebied heeft veel voordelen: Het regenwater kan in de bodem wegzakken en het grondwater aanvullen. Verharde oppervlakken worden in de zomer heter dan groene; het weghalen van tegels schept meer ruimte voor beplanting en het groen houdt het gebied koeler op hete zomerse dagen. Daarnaast biedt het meer ruimte aan flora en fauna en natuurlijk bodemleven.

#### *18.Reducing pavements and improving the ground: paving out, green in*

*Less paving in the garden and in urban areas has many advantages: the rainwater is absorbed into the ground, replenishing the groundwater. Paved surfaces get warmer in the summer than green space; removing paving creates more room for planting and the plants keep the area cooler on hot summer days. Removing paving offers animals, plants and soil life more space.*

**Foto:** 18. Ontharden\_Tegel eruit - 002\_atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/reduce-paved-surfaces/>

### 19. Regenton

De regenton is de meest eenvoudige en makkelijk te installeren voorziening buiten bij woningen. Het hemelwater zal in de meeste gevallen gebruikt worden voor besproeiing en begieting; de ton staat immers buiten. De gangbare regentonnen zijn beperkt van inhoud (224 liter is een gangbare maat) en moeten dus voorzien worden van een overstort als het aangesloten dakvlak te groot is.

#### *19.Rainwater thanks*

*Rainwater tanks are the simplest systems for homes, and the easiest to install. In most cases, the precipitation is used for irrigating plants: the tank is already located outside. Commonly used rainwater tanks are not overly large (a common size is 224 litres), meaning that they require an overflow if the roof surface to which they are connected is too large.*

**Foto:** 19. Regenton\_Nederlandse Tuinbranche.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater/>

## **20. Droogtebestendige planten en bomen**

Droogtebestendige planten zijn geschikter om langere droogteperioden te overbruggen en gebruiken minder grondwater. De schaal waarop grondwateronttrekking plaats vindt, is afhankelijk van de vegetatiesoort. Als vuistregel voor een boom bijvoorbeeld kan worden aangehouden dat een boom grondwater onttrekt uit een gebied ter grootte van driemaal de diameter van de kroon.

### *20.Drought-resistant plants and trees*

*Drought-resistant plants are more suitable for bridging longer periods of drought, as they have a greater capacity to absorb water in urban areas and/or have a relatively low level of evaporation. The degree to which groundwater extraction occurs depends on the type of vegetation. In general a tree, for example, usually draws water from an area as large as three times the diameter of the crown.*

**Foto:** 20. Droogtebestendige planten en bomen\_bepanting droge tuin, mediterraan\_ CFS '18\_ atelier GROENBLAUW.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/select-drought-resistant-plants/>

## **21. Slim beregeningsbeleid**

Als er in perioden van langdurige droogte schade aan de beplanting dreigt te ontstaan dient er besproeid te worden. Door dit periodiek te doen (wekelijks) raken de planten eraan gewend dat dit niet dagelijks gebeurt en wordt er diep geworteld. Als er laat op de dag wordt beregend zijn de verdampingsverliezen lager.

### *21.Smart irrigation measures*

*If in times of prolonged drought there is a chance of damage to the vegetation, it must be irrigated. If this is done periodically (weekly), plants will become accustomed that this does not occur daily and will take root deeper in the soil. If irrigation is done late in the day there is also less loss through evaporation.*

**Foto:** 21. Slim beregeningsbeleid\_free.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/smart-irrigation-measures/>

## **22. Stadsbossen**

Stadsbossen hebben veel functies. Naast hun functie voor recreatie en hun betekenis bij het verzachten van hittestress, kunnen ze eilanden van relatief schone lucht in de stad creëren en de biodiversiteit verbeteren. Stadsbossen en stadsparken laten het regenwater infiltreren en er kunnen buffer- en infiltratiegebieden in aangelegd worden. Hierdoor leveren zij een belangrijke bijdrage aan het beperken van wateroverlast, verdroging en verzilting.

22.Urban forests

*Urban forests have many functions. Besides providing recreational space and contributing to a reduction in heat stress, they can create islands of relatively clean air in a city and improve the biodiversity. In addition, they contribute to limiting flooding, desiccation and salinization by infiltrating rainwater, and creating buffer and infiltration areas in the urban forests.*

**Foto:** 22. Stadsbossen\_free.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/urban-forests/>

### **23. Groene daken met afvoervertraging (retentiedak)**

Groene daken met afvoervertraging worden ook wel retentiedaken genoemd. Dit is een groen dak met daar onder een substraatlaag om extra regenwater te kunnen bergen. Het regenwater wordt vertraagd afgevoerd met een geknepen afvoer. Een polderdak is een retentiedak waarbij het besturingssysteem is gekoppeld aan de weersverwachting.

#### *23.Green roofs with drainage delay (Retention roof)*

*Green roofs with drainage delay are also called retention roofs. It is a green roof that can store extra water in a substrate layer under the green planted layer and is drained delayed with a pinched drain. A polder roof is a retention roof where the control system is linked to the weather forecast.*

**Foto:** 23. Retentiedak\_[Optigroen]\_toestemming.jpg

**Link:** Dit is nog niet uitgewerkt.

### **24. Straatbomen en bomenlanen**

Het planten van bomen in straten, op pleinen en parkeerplaatsen heeft door de schaduwwerking en evapotranspiratie een verkoelend effect. Boven druk bereden wegen zijn gesloten bladerdaken niet voordelig aangezien dan de uitstoot van de voertuigen onder het bladerdak kan blijven hangen. De boomsoorten zullen zo gekozen moeten worden dat ze aangepast zijn aan de plaatselijke vochtuithouding.

*Planting trees on streets, squares and car parks creates shade and evapotranspiration and therefore has a cooling effect. Dense foliage over busy roads is not beneficial, since the emissions from the vehicles tend to become trapped under the foliage. The type of tree should be chosen to suit the local moisture system.*

**Foto:** 24. Straatbomen en bomenlanen\_Bomen in de stad, Praag\_opMAAT, atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/street-trees-and-tree-lined-lanes/>

### **25. Urban wetlands**

Wetlands zijn waterrijke natuurgebieden en komen vooral voor langs rivieren en in deltagebieden. Het zijn van nature overloopgebieden van rivieren en daardoor natuurlijke regenwaterbuffers. Vanwege stadsuitbreiding en de hiermee samengaan de grondwaterpeilverlaging staan wetlands en de natte natuur wereldwijd onder druk. In steden als Londen hebben de wetlands een functie bij het ontwikkelen van meer biodiversiteit, en natuurlijke en aantrekkelijke recreatiegebieden voor de stadsbewoners.

#### *25.Urban wetlands*

*Wetlands are water-rich natural areas that occur chiefly along rivers and in deltas. By their very nature, wetlands are overflow areas for rivers and as such are natural rainwater buffers. However, the urban expansions and the correspondingly lower groundwater levels put pressure on wetlands and wet nature around the world. In some cities, London for example, wetlands serve a function by developing greater biodiversity and natural and pleasant recreation areas for city dwellers.*

**Foto:** 25. Urban Wetlands\_kristalbad\_atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/urban-wetlands/>

## **26. Wadi's**

Een wadi is een beplante greppel met een doorlatende bodem en eronder een in geotextiel ingepakte grindkoffer met een infiltratie- en drainagebuis. Deze is daarmee geschikt voor berging, infiltratie en afvoer van regenwater terwijl ze tevens een bijdrage levert aan de vergroting van de biodiversiteit en de leefkwaliteit.

### *26. Bioswales*

*A bioswale is a ditch with vegetation, a porous bottom and below that a layer of gravel, packed in geotextile with an infiltration pipe/drainpipe. It allows rainwater storage, infiltration and transport while helping to enhance biodiversity and quality of life.*

**Foto:** 26. Wadi\_Culemborg Eva Lanxmeer\_atelier GroenBlauw.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/>

27. Water absorberende/bergende verharding  
Wat wordt er met deze maatregel bedoeld?

## **28. Waterdaken / blauwe daken**

Platte daken kunnen zo vormgegeven worden dat ze een deel van de neerslag bufferen door de overstort iets hoger te plaatsen. In de constructie van het dak moet hiermee rekening worden gehouden (hogere belasting). Het regenwater wordt vertraagd afgevoerd door een dunnere leiding en verblijft tijdelijk op het dak, zodat er weer genoeg opslagcapaciteit wordt gecreëerd voor een eventuele volgende bui.

### *28. Water roof*

*Flat roofs can be designed to buffer a degree of precipitation by situating the overflow at a slightly higher level. This needs to be taken into account in the roof's construction (greater load). The rainwater is drained off at a delayed pace using narrower drainpipes and only remains for a short period on the roof to create sufficient storage capacity in time for the next rainfall.*

**Foto:** Geen foto

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/water-roofs-2/>

## **29. Waterdoorlatende verharding**

Waterdoorlatende verhardingen bestaan uit poreus materiaal waar water doorheen kan gaan; waterpasserende verhardingen bevatten of creëren open gedeelten waar het water langs kan infiltreren. Deze verhardingsmaterialen hebben diverse voordelen: het regenwater kan in de

bodem wegzakken, het grondwater aanvullen en het riool wordt ontlast. Geschikte materialen zijn bijvoorbeeld: graskeien, grasbetontegels, houtspaanders, schelpen of grind.

#### 29. Permeable pavement systems

*Porous pavements consist of porous material through which water can pass; permeable pavements contain or create open parts through which water can infiltrate. These paving materials have several advantages: rainwater can be absorbed into the ground, replenishing the ground water and relieving the sewage system. Suitable materials are for example, open cell concrete blocks, grass concrete pavers, woodchips, shells or gravel.*

**Foto:** 29. Waterdoorlatende verharding\_atelier GROENBLAUW.jpg

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/porous-paving-materials/>

#### 30. Bergingsvijver (buffervijvers)

Buffervijvers vangen de neerslag tijdelijk op en voeren deze vertraagd af. Tijdens een regenbui wordt het regenwater in de vijver opgeslagen en later afgevoerd zodat er weer ruimte komt voor de volgende neerslag. Buffervijvers kunnen met een meer steenachtige of met een natuurlijke uitstraling vormgegeven worden.

#### 30. Buffer ponds

Buffer ponds temporarily capture precipitation and allow it to drain off slowly. During rainfall, the rainwater is captured in the pond and subsequently drained off to create room for the next precipitation. Buffer ponds can be designed to have a mostly stony or a mostly natural appearance.

**Foto:** 30. Bergingsvijver\_Eva Lanxmeer Culemborg\_atelier GROENBLAUW.JPG

**Link:** <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-ponds/>

#### 31. Waterpleinen

In verschillende steden zijn voorzieningen voor regenwaterretentie ontworpen in de openbare ruimte. Bij deze voorzieningen, de waterpleinen, is een koppeling gelegd met andere stedelijke functies zoals speelvoorzieningen, groen en verblijfsfuncties. Waterpleinen worden in het algemeen toegepast in binnenstedelijke gebieden waar weinig ruimte is voor waterbuffering en waar infiltratie door de hoge grondwaterstanden niet mogelijk is.

#### 31. Water squares

*Various towns and cities have designed systems to achieve rainwater retention in public spaces. These systems, known as water squares, are linked to other urban functions such as playing areas, green areas and residential functions. Water squares are generally used in inner-city areas with little room for water buffers and where high groundwater levels make infiltration impossible.*

**Foto:** 31. Waterpleinen\_Bellamyplein1\_atelier GROENBLAUW.jpg

32. Superdijk (waterveiligheid)

33. Kademuur (waterveiligheid)

34. Gebouw als waterkering (waterveiligheid)

35. Tijdelijke kering (waterveiligheid)

36. Verlagen van terras

Het portaal is toch alleen voor professionals? Dan is dit geen relevante maatregel.

37. Verlagen van deel van de tuin.

Het portaal is toch alleen voor professionals? Dan is dit geen relevante maatregel.

**Samenvattend:**

We kunnen geen verhaal leveren voor;

- (1) berg bezink bassin / ondergrondse bergingskelder,
- (3) diepe grondwater infiltratie.

We vragen ons af wat er met maatregel (27) water absorberende /bergende verharding, wordt bedoeld?

We vragen ons af of dit portaal relevant is voor deze maatregelen:

- (36) Verlagen van terras
- (37) Verlagen van tuin

Er is geen goede foto beschikbaar voor:

- (8) grindkoffers,
- (23) retentiedaken (hiervan is ook geen link),
- (28) waterdaken (er is een aanvraag, onderweg voor een foto)





## D Uitwerking Hitte maatregelen

Deze notitie bevat de argumentatie achter de effectiviteitsberekening in de Toolbox Klimaatbestendige stad (AST2.0).

### **Uitgangspunten:**

Bij het nemen van maatregelen op het gebied van hitte zijn er grofweg twee doelen te onderscheiden:

- a) Het (grootschalig) verminderen van het stedelijk hitte-eiland effect (UHI; dus het koelen van de Urban Boundary Layer),
- b) Het (lokaal) verbeteren van het thermisch comfort.

Ad a): Voor verlagen van het UHI-effect is een grootschalige inzet van groen op stadsniveau noodzakelijk: het percentage groen in een wijk moet dan met tientallen procenten omhoog. Een dergelijke radicale aanpak is in bestaande wijken erg onrealistisch en een berekening van dit effect is daarom niet in de Toolbox KBS meegenomen.

Ad b): Waar de Toolbox KBS zich wel op richt is koeling in de buitenruimte, waarbij het basisidee is dat men in de nabijheid van een te warme woon- of werkplek, of een te warme plek in de buitenlucht, op zoek gaat naar een koele plek. Variatie in warme en koude plekken in de stad wordt positief gewaardeerd (Klemm et al, 2015b). Het tweede doel kan dan ook worden vertaald in het creëren van diverse koele plekken (met een koelend effect overdag in de buitenlucht). De hieronder beschreven effect berekening werkt dit verder uit.

Hierbij zijn er twee kanttekeningen:

Koeling door groen/water in (bedrijfs)tuin wordt meestal niet meegenomen, omdat men daar niet snel een substantieel oppervlak aan koelende elementen realiseert. Niettemin zijn tuinbomen en pergola's belangrijke kleine koele elementen in een stad.

Voor verkoeling binnen gebouwen, hetgeen relevant is voor het werkklimaat en voor de nachtrust, zijn verschillende maatregelen mogelijk waarvan de meeste niet in de Toolbox KBS zitten. En ook al zijn er maatregelen in de Toolbox KBS die ook binnen gebouwen koelen (zoals groene gevels en groene daken), dan nog hebben we ervoor gekozen het effect op koeling binnen gebouwen niet mee te nemen, omdat dit effect erg afhankelijk is van de bouwconstructie (e.g. de mate van isolatie, materialen etc.).

Voor de Toolbox KBS score voor het bereiken van een hittedoel, gaat het dan idealiter om criteria als:

- aantal koele plekken die in het plangebied extra gecreëerd worden, hierbij gaat het vooral om de openbare ruimte,
- nabijheid bij bewoners,
- het lokaal koelend effect

### **Uitwerking:**

**Aantal (nieuwe) koele plekken en nabijheid:** We richten ons op het creëren van koelend groen (vooral in de openbare ruimte) waar bewoners en gebruikers van een gebied naar toe kunnen om koelte te vinden. Hierbij hanteren we een minimum maat van 200m<sup>2</sup>. Dit is

ongeveer het kroon oppervlak van vier stadsbomen (á 40-50m<sup>2</sup>), net de plek om een bankje in de schaduw neer te zetten.

In de Toolbox KBS wordt dit uitgewerkt in een counter die alle oppervlakten (>200m<sup>2</sup>) in het plangebied telt die verkoelen (volgens Tabel 5). Als automatische doelstelling kun je het oppervlak van het plangebied in m<sup>2</sup> delen door 125.600, het resultaat is het aantal koele plekken dat je ruwweg zou moeten realiseren met een loopafstand tot een koele plek van 200m. ( $\pi(200)^2=125664$ ).

Er is één uitzondering op de >200m<sup>2</sup> regel: een fontein (een sterk koelend puntobject) die gebruikers als punt op de kaart aangeven wordt wel meegeteld.

Belangrijk is dat met deze simpele rekenregel de Toolbox KBS niet kijkt naar de ruimtelijke verdeling van de maatregel: met 4 koele plekken naast elkaar aan één kant van een plangebied van 600 ha, voldoen we aan de norm in de Toolbox KBS maar kan de afstand vanaf de andere kant veel meer dan 200 m bedragen! De gebruiker zal in de tool een aanwijzing krijgen hoe hiermee om te gaan.

Voor het **koelend effect** stellen we voor om alleen die maatregelen mee te nemen met een koelend effect groter dan 1°C gemeten in buitentemperatuur.

We hebben overwogen of we het koelend effect van verschillende maatregelen zouden kunnen wegen, waarbij bijvoorbeeld een grasoppervlak minder zwaar mee zou wegen dan een areaal met bomen. We hebben hiervan afgezien omdat (1) als mensen op zoek gaan naar koele plekken, die dan ook echt koel moeten zijn en schaduw moeten bieden; (2) een gewogen oppervlaktemaat moeilijk te interpreteren is.

Samengevat:

**Doelen:**

Aantal koele plekken (eenheid: #) [kan automatisch worden ingesteld als oppervlakteplangebied/125600]

**Resultaten:**

Aantal koele plekken: tel de getekende polygonen van de maatregelen die volgens Tabel 5 meetellen als koele plek en die >200m<sup>2</sup> zijn.

Tabel 5: TKS maatregelen die meetellen als koele plekken

maatregelen	Globaal lokaal koelingseffect (air T)	Corresponderende RESIN entry <sup>1</sup>	min	Gem	max	# Sources
-straatbomen en bomenlanen -zonwering door groen -creëren van schaduw	In de range 1-2°C	Trees (air T reduction) Trees (PET reduction)	0.03 5	2.0 7.1	5.4 8.3	107 4
-fontein, watervallen en watermuren	Globaal rond 2°C	Outdoor water spraying (air T reduction) Pavement watering (air T reduction)	3.0 0.19	3.0 1.5	3.0 4	1 16
-stadsbossen <sup>2</sup>	>2°C	Park (air T reduction) Park (PET reduction)	0.2 0.8	1.75 2.3	9.5 3.5	59 9

Noten:

1. de gegevens over het koelend effect van maatregelen zijn gebaseerd op een literatuuronderzoek van meer dan 300 artikelen in het Europese RESIN project , gedocumenteerd in een database: <https://resin.vnz.services/apps/adaptation/v4/>. Alleen de resultaten overdag zijn gebruikt. Voor parken zijn de brongegevens verder gefilterd op parken met een boomkroonbedekking van meer dan 40%.
2. voor het bepalen van de effectiviteit is uitgegaan van parken met een boomkroon bedekking van >40%. De reden dat voor (straat)bomen een hogere effectiviteit gemeten wordt, komt doordat in dat geval alleen bomen bemeten zijn, terwijl bij parken vaak een mengeling van bomen en gras (en soms water) onderzocht is.

TKS maatregelen die NIET meetellen als koele plekken:

maatregelen	Lokaal koelingseffect (air temp)	Corresponderende RESIN entry	min	Gem	max	# Sources
Alle grijze watermaatregelen maar ook: - groene daken, -waterabsorb. verharding, -waterdaken -bergingsvijver -waterpleinen	0					
-Infiltratievelden etc -groene gevels -ontharden (tegel eruit, groen erin) <sup>1</sup> -urban wetlands -wadi's met drainage	0-1°C	Grass (air temp reduction) <i>Grass (PET reduction)<sup>2</sup></i>	nd -2.6	0.3 -1.3	nd -0.6	1 2
Koele materialen	0-1°C	Cool pavement (air temp reduction)			1.9 <sup>3</sup>	

Noten:

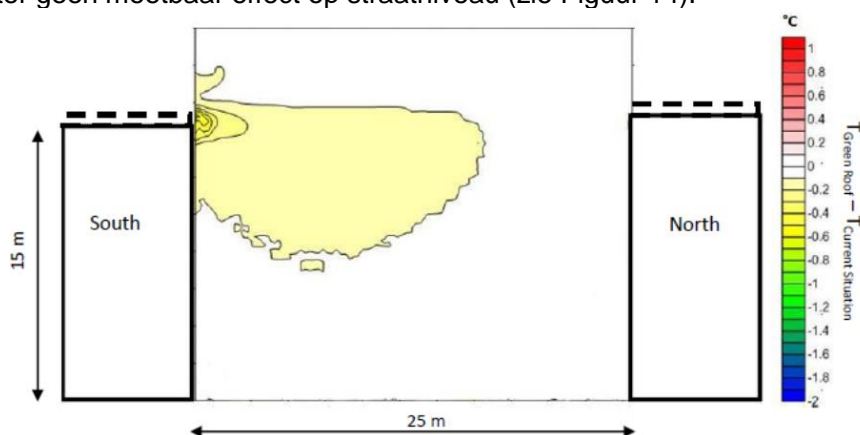
1. bij ontharden wordt ervan uitgegaan dat de bestrating wordt vervangen door gras, tuinplanten of lage struiken.
2. gebaseerd op data over het Griftpark Utrecht (Klem et al, 2015) en RESIN.
3. slechts gebaseerd op één experiment in een weinig begroeid park in Athene (Santamouris et al., 2012). Onderzoek in een bebouwde omgeving suggereert een veel lagere effectiviteit door terugkaatsingseffecten (Kleerekoper, 2016).

### Nadere toelichting en argumentatie:

In de tabellen hierboven is de effectiviteit weergegeven in een daling in de buitentemperatuur en de PET overdag. Voor de eenheid 'buitentemperatuur' zijn in het algemeen de meeste meetresultaten beschikbaar. Voor de praktijk worden de waarden in PET (Potential Equivalent Temperature, een maat voor de gevoelstemperatuur) steeds belangrijker. De effectiviteit in PET sluiten aan bij de (gedetailleerde) standaard hittekaart die wordt aanbevolen voor de hittestresstest.

### Opmerkingen bij afzonderlijke maatregelen:

**Groene daken:** De meeste literatuur over groene daken geeft meetresultaten vlak boven het dak (air T min: -0.4, avg: 3.8 en max 11.0°C). De temperatuurverlaging op het dak geeft echter geen meetbaar effect op straatniveau (zie Figuur 14).

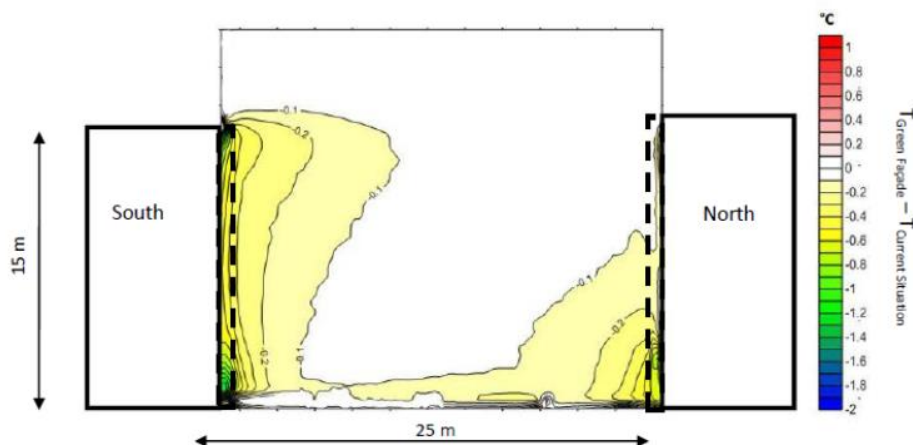


Figuur 14: CFD simulatie van het effect van een groen dak in de J.P van Muijwijk straat in Arnhem. Bron Climate Proof Cities.

Modelresultaten laten zien dat groene daken indien op heel grote schaal toegepast wel een koelend effect hebben op de boundary layer en de stad als geheel, maar dergelijke effecten hebben we verkozen niet te beschouwen.

### Groene Gevels

De meeste literatuur over de effectiviteit van groene gevels meet het effect binnen het gebouw en op de energiehuishouding van het gebouw. Uit modelsimulaties blijkt dat het koelend effect op straatniveau gering is (zie Figuur 15):



Figuur 15: CFD simulatie van het effect van groene gevels in de J.P van Muijwijk straat in Arnhem. Bron Climate Proof Cities.

### **Gras**

Er is weinig literatuur waarin het effect van gras alleen wordt beschreven. De hierboven genoemde getallen zijn afkomstig uit metingen in het Griftpark in Utrecht (Klem et al, 2015) en een EnviMet simulatie in Oberhausen (Muller et al, 2013).

### **Koele materialen**

Koele materialen is een verzamelnaam voor het toepassen van materialen bijv. wegdek, met een hoge albedo, waardoor meer zonnestraling wordt weerkaatst, en het lichte oppervlak koeler blijft. Diverse studies meten een (behoorlijke) verlaging van de oppervlaktetemperatuur van koele materialen. Het effect op de buitentemperatuur in de stad is echter waarschijnlijk gering, doordat de teruggekaatste straling vervolgens weer tegen andere objecten botst (Kleerekoper, 2016)

Modelsimulaties van het effect van hoge albedo-daken geven, bij daken op lage bebouwing, een verlaging van de buitentemperatuur op 2 m hoogte in de orde van 0.2-0.3°C. Alleen bij grootschalige toepassing worden hogere reducties berekend (Middel et al, 2015).

### **Referenties**

Kleerekoper, L.(2016). Urban Climate Design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods. A+BE Architecture and the Built Environment nr 11. Delft.

Klemm W., Heusinkveld B. G., Lenzholzer S., Jacobs M. H. & Van Hove B. (2015a). Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. Building and Environment, 83, 120–128.

Klemm, Wiebke, Bert G.Heusinkveld, Sanda Lenzholzer, Bertvan Hove (2015b). Street Greenery and its Physical and Psychological impact on thermal Comfort, Landscape and Urban Planning 138 (2015), 87–98.

Middel A., Chhetri N., Quay R. (2015) Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. Urban Forestry and Urban Greening. 14, 178-186.

Muller N., Kuttler W., and Barlag A-B. (2013) Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. Theoretical and Applied Climatology, 115: 243-258.

Santamouris M., N. Gaitani, A. Spanou, M. Saliari, K. Gianopoulou & K. Vasilakopoulou (2012) Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas – Design, realization and results of the FLISVOS project, Building and Environment 53, 128-136.



## E Voorbeeld uitwerking wijkttype

Deze bijlage bevat drie wijktypes als voorbeeld. De andere wijktypes worden toegevoegd aan de website.

### E.1 Bedrijventerreinen

#### *Kenmerken wijktypologie*

Bedrijventerreinen kenmerken zich vooral door gebouwen met platte daken, veel verharding en veel grote bouwvolumes.

#### *Uitdaging wijktypologie*

Op bedrijventerreinen rijdt er vaak zwaar verkeer, is er risico op vervuiling van water en zijn er veel parkeerplaatsen. De vraag naar voldoende ruimte voor laden/lossen met verharding, opslagen, kosten-efficiënte ruimtegebruik zijn sturend bij de inrichting en de keuze van maatregelen.

#### *Klimaat uitdagingen*

Waterbeheer op bedrijventerreinen is veelal afhankelijk van de periode van de realisatie en lokale omstandigheden. Dit betekent dat hier zowel een gemengd als een gescheiden riool aanwezig kan zijn. Wateropvang gebeurt nauwelijks, vooral in openbare ruimte, niet op versteende kavels. Door het grote aandeel verhard oppervlak en het lage aandeel groen, zijn bedrijventerreinen gevoelig voor wateroverlast, droogte en hittestress.



#### *Maatregelen*

##### - Groendak

Groene daken met een laag eigen gewicht zoals sedumdaken of kruidendaken zijn over het algemeen toepasbaar op de bestaande bebouwing. Desalniettemin is het aan te bevelen om een constructeur raadplegen. Lichte groene daken bufferen een kleine hoeveelheid regenwater, warmen minder op en dragen bij aan de biodiversiteit. Groene daken houden bovendien de onderliggende ruimte iets koeler.

- Waterdaken

Waterdaken zijn technisch makkelijk te realiseren maar hebben een hoger eigen gewicht als het waterdak vol is. Hier moet dus zeker een constructeur aan te pas komen om te onderzoeken of dit toepasbaar is voor een bestaand dak. Het buffervermogen van het waterdak is dus afhankelijk van het draagvermogen. Bij nieuwbouw situatie kan een waterdak een kosten efficiënte en effectieve maatregelen zijn.

- Waterberging onder de straat

Tegenwoordig zijn er verschillende systemen voor waterberging onder de straat en onder de verharding beschikbaar, deze kunnen toegepast worden op bedrijventerreinen waar geen ruimte is voor bovengrondse berging. Ondergrondse waterberging is niet toepasbaar in gebieden met hoge grondwaterstanden. Afhankelijk van de grondsoort kan het regenwater vanuit de ondergrondse waterberging infiltreren of vertraagd afgevoerd worden naar het oppervlaktewater of de riolering.

- Waterdoorlatende verharding

Waterdoorlatende verharding is op bedrijventerreinen alleen toepasbaar voor parkeren van personenauto's. Parkeerplekken van vrachtwagens, laad en los plekken en opslagplaatsen vereisen een verharding met een hoger draagvermogen.

- Bomen

Bedrijventerreinen hebben veel last van hitte vanwege het gebrek aan groen en de grote mate van verharding. Bomen nemen relatief weinig ruimte in op het maaiveld maar hebben meer groeiruimte nodig onder het maaiveld. Bomen hebben een betrekkelijk groot verkoelend vermogen doordat zij schaduw bieden en de bladeren relatief veel verdampen. Bomen zorgen voor meer biodiversiteit en voor een aantrekkelijk bedrijventerrein met een hoogwaardige uitstraling.

- Groene gevel

Groene gevels zijn uitstekend toepasbaar op bedrijventerreinen. Klimplanten in de volle grond met een eenvoudige klimconstructie aan de gevel vragen weinig ruimte op het maaiveld, zijn niet kostbaar en hebben veel effect. Een volgroeide groene gevel houdt het achterliggende gebouw koelen en zorgt voor een groene uitstraling.

- Verlaagde groene zone of verlaagd parkeren

Om extra waterberging te realiseren voor heftige buien in gebieden met regelmatig wateroverlast is het zaak om het water te sturen naar plekken waar het weinig schade kan veroorzaken. Dit kan door aanwezige groene zones te verlagen zodat er tijdelijk regenwater geborgen kan worden. Aangezien er op bedrijventerreinen relatief weinig groene zones aanwezig zijn is het een alternatief om parkeerplaatsen enkele centimeters lager aan te leggen om het overtollige regenwater tijdelijk te bergen en te voorkomen dat het in de bedrijven stroomt en door schade aanricht.

*De combinatie van de maatregelen*

De combinatie van de boven gestelde maatregelen zorgen voor minder wateroverlast en verlagen de kans op schade tijdens heftige buien. Daarnaast zorgen de vergroeningsmaatregelen voor meer biodiversiteit, minder hitte en een hoogwaardige uitstraling van het bedrijventerrein.



## E.2 Hoogbouw

### *Kenmerken wijktypologie*

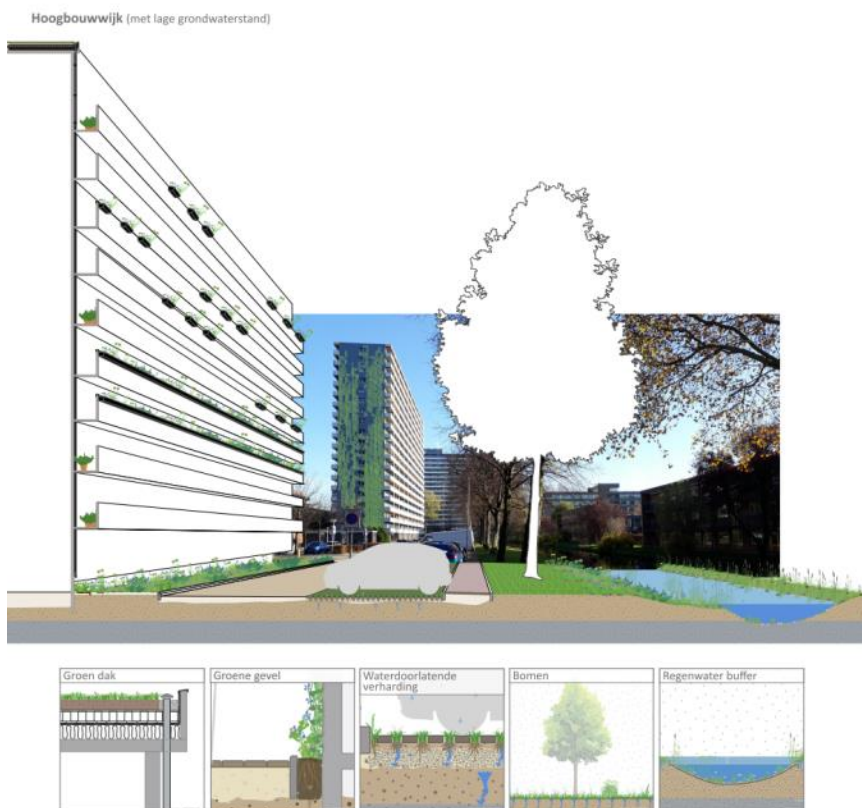
Een hoogbouwwijk kenmerkt zich door gebouwen met meer dan vier lagen met vooral platte daken, veel laagwaardig openbaar groen en veel parkeerplaatsen.

### *Uitdaging wijktypologie*

De betrokkenheid van bewoners binnen de wijk met betrekken tot het openbaar groen is vaak beperkt. Daarnaast is er een kosten efficiënt beheer van de openbare ruimte van groot belang.

### *Klimaat uitdagingen*

Waterbeheer in hoogbouwwijken is veelal afhankelijk van periode van de realisatie en lokale omstandigheden. Dit betekent dat hier zowel een gemengd als een gescheiden riool aanwezig kan zijn. Wateropvang vindt plaats in de openbare ruimte. Daarnaast is er kans op hitte overlast in de appartementen en afhankelijk van de locatie wateroverlast en/of droogte.



### *Maatregelen*

#### - Groendak

Groene daken met een laag eigen gewicht zoals sedumdaken of kruidendaken zijn over het algemeen toepasbaar op de bestaande bebouwing. Des al niet te min is het aan te bevelen om een constructeur raadplegen. Lichte groene daken bufferen een kleine hoeveelheid regenwater, warmen minder op en dragen bij aan de biodiversiteit. Groene daken houden bovendien de onderliggende ruimte iets koeler.

#### - Waterdoorlatende verharding

Waterdoorlatende verharding is in hoogbouwwijken toepasbaar voor parkeren van

personenauto's. Door de waterdoorlatende verharding wordt het grondwater aangevuld en droogteschade mogelijk beperkt.

#### - Bomen

Hoogbouwwijken bieden door de grote mate van openbare ruimte de mogelijkheid van het aanplanten van bomen en boomgroepen, ook een 'tiny forest' is mogelijk. Bomen kunnen geplant worden langs fiets en voetpaden, hier hebben ze een verkoelend effect door de schaduw en de verdamping. Op de veelal grote grasvelden in de hoogbouwwijken kunnen groepen bomen tot 'tiny forests' aangeplant worden voor een extra koelend effect. Door de grote mate aan openbaar groen in hoogbouwwijken is het mogelijk om grote klimaat effectieve bomen aan te planten voor schaduw en verkoeling. Bomen zorgen voor meer biodiversiteit en voor een aantrekkelijk en hoogwaardige uitstraling. Groene wijken leveren ook een bijdrage aan gezondheid en welzijn van de bewoners. De gebruiksvriendelijke inrichting van het groen bepaald de betrokkenheid en het gebruik van het groen door de omwonende (verblijfsplekken, trapveldjes, schaduwplekken, moestuin etc.).

#### - Regenbuffer

Over het algemeen is er voldoende ruimte in hoogbouwwijken om een extra waterberging te realiseren. In het ontwerp van de waterberging moet rekening worden gehouden met wisselende waterstanden. Na een regenbui zijn de waterbergingen vol en na droogte zijn ze bijna leeg. Het is dan ook het beste om de regenwaterberging met groene oevers aan te leggen. De oever moeten zo ingericht worden dat de beplanting tegen droge en natte omstandigheden kunnen. Regenwaterbergingen met groene oever zijn goed voor de biodiversiteit, leveren een bijdrage aan verkoeling en verhogen de belevingswaarde van de wijk.

#### - Groene gevel

Groene gevels zijn goed toepasbaar in hoogbouwwijken. Klimplanten in de volle grond met een klimconstructie aan de gevel verdienen de voorkeur. De klimplanten kunnen toegepast worden aan de gesloten zijanten van de hoogbouwblokken als zelfklimmers. Aan het galerijgedeelte kunnen speciale klimconstructies aangebracht worden. Groene gevels zorgen voor schaduw op de achterliggende galerijen en vertrekken. Door bladverliezende planten te kiezen is er schaduw in de zomer en zonlicht in de winter. Er bestaan ook kostbare altijdgroene gevelsystemen met een kunstmatig bewaterings-en voedingssysteem. Groene gevels zorgen voor een betere biodiversiteit.

#### *De combinatie van de maatregelen*

De combinatie van de boven gestelde maatregelen zorgen voor minder wateroverlast en schade tijdens heftige buien. Daarnaast zorgen de vergroeningsmaatregelen voor meer biodiversiteit, minder hitte en een hoogwaardige uitstraling van de hoogbouwwijk.

### E.3 Volkswijk

#### *Kenmerken wijktypologie*

Volkswijken kenmerken zich door smalle straten met eengezinswoningen met twee tot drie lagen, geen of een kleine voortuin, weinig openbaar groen en veel langsparkeren.

#### *Uitdaging wijktypologie*

Volkswijken hebben weinig openbaar groen en smalle straatprofielen waardoor er weinig ruimte is voor bijvoorbeeld waterberging. Daarnaast is er een hoge parkeerdruk.

#### *Klimaat uitdagingen*

Waterbeheer in hoogbouw wijken is veelal afhankelijk van periode van de realisatie en lokale omstandigheden. Dit betekent dat hier zowel een gemengd als een gescheiden riool aanwezig kan zijn. Wateropvang vindt plaats in de openbare ruimte. Daarnaast is er kans op hitte overlast in de appartementen en afhankelijk van de locatie wateroverlast en/of droogte. In volkswijken is er vaak wateroverlast door dat er weinig bufferruimte is. Daarnaast is er een hoog percentage verharding hierdoor is er kans op hittestress.



#### *Maatregelen*

##### - Groene gevel

Groene gevels zijn goed toepasbaar in volkswijken. Klimplanten in de volle grond met een eenvoudige klimconstructie aan de gevel vragen weinig ruimte op het maaiveld, zijn niet kostbaar en hebben veel effect. Een groene gevel houdt de achterliggende vertrekken koel. Daarnaast zorgt het voor een groene uitstraling van het gebouw en verhoogt het de biodiversiteit.

##### - Bomen

Volkswijken hebben veel kans op hittestress vanwege het gebrek aan groen en de grote mate van verharding. Bomen hebben een verkoelend effect door schaduw en verdamping. In de smalle woonstraten moet er bij de boomsoortenkeuze rekening worden gehouden met de ondergrondse groeiplek en de afmetingen van de kroon in de volgroeide staat. Bomen zorgen voor meer biodiversiteit en voor een aantrekkelijk wijk met een hoogwaardige uitstraling.

- Wadi

Is er voldoende ruimte in het wegprofiel om een wadi of een zogenaamde 'raingarden' aan te leggen, dan is dat een uitstekende maatregel die veel voordelen heeft. Een wadi buffert en verdeelt het regenwater over het langs profiel van de straat. Daarnaast draagt de wadi bij aan de biodiversiteit en de belevingswaarde van de wijk. In stedelijk gebied wordt voornamelijk gekozen voor vaste planten in de wadi, dit vraagt maar één keer per jaar onderhoud, voorkomt het betreden en het gebruik als hondentoilet.

- Waterberging onder de straat

Tegenwoordig zijn er verschillende systemen beschikbaar om water te bergen onder de straat en onder de verharding, deze kunnen toegepast worden in wijken waar onvoldoende of geen ruimte is voor bovengrondse berging. Ondergrondse waterberging is niet toepasbaar in gebieden met hoge grondwaterstanden. Afhankelijk van de grondsoort kan het regenwater vanuit de ondergrondse waterberging infiltreren of vertraagd afgevoerd worden naar het oppervlaktewater of de riolering.

- Verhoogde stoep

In volkswijken met veel verharding en onvoldoende ruimte voor waterberging kan de realisatie van een traditionele stoeprand zorgen dat de straat als tijdelijke waterbuffer functioneert. Tijdens een heftige bui blijft het water op straat staan en stroomt het regenwater de huizen niet in.

- Geveltuin

In de straatprofielen van de volkswijken is er beperkt ruimte en is de enige mogelijkheid om particulier groen te realiseren langs de straat een geveltuin aan te leggen. Een geveltuin levert een kleine bijdrage aan de waterberging, het afstromende water van de gevel kan in de geveltuin infiltreren. Daarnaast levert een geveltuin een bijdrage aan de biodiversiteit en de belevingswaarde van de wijk.

*De combinatie van de maatregelen*

De combinatie van de boven gestelde maatregelen zorgen voor minder wateroverlast en schade tijdens heftige buien. Daarnaast zorgen de vergroeningsmaatregelen voor meer biodiversiteit, minder hitte en een hoogwaardige uitstraling van de volkswijk.

## F Voorstel Beheer en Onderhoud

Onderstaande tekst betreft een eerste concept: een discussiestuk

### Eigenaarschap / IP

De Toolbox KBS is een verbeterde, Nederlandse versie van de Adaptation Support Tool die werd ontwikkeld als onderdeel van het Climate-KIC project Blue Green Dream. Daardoor ligt het IP voor de verschillende onderdelen bij verschillende partijen.

De tool is open source – iedereen mag zien wat er in zit - maar inhoudelijk zal worden beheerd en onderhouden door een closed community van eigenaren. Ook derden kunnen voorstellen doen aan het beheerteam Toolbox KBS om verbeteringen aan te brengen in de Toolbox. Het is externe partijen niet toegestaan om onder dezelfde of een gelijkende naam een aangepaste versie van de Toolbox uit te brengen. Dit om te zorgen dat er één versie blijft bestaan van de Toolbox KBS.

#### Inhoud

Eigenaarschap / IP van het product – dus de functionaliteiten en de wijze waarop deze worden verkregen - berust bij de ontwikkelaars van de Toolbox, elk voor het gedeelte dat zij hebben bijgedragen. Globaal berust dit IP voor circa 50 % bij Deltares, 25 % bij WEnR, 9 % bij AtelierGroenBlauw, 9 % bij BoschSlabbers, en 7 % bij TNO.

#### Code

Eigenaarschap / IP van de code berust bij de makers/bouwers van de code, dus bij Deltares.

#### Graphics

Het beeldrecht van de logo's van de maatregelen berust bij BoschSlabbers. Het gebruikte foto-materiaal is voor zover bekend rechtevrij. Andere grafische onderdelen zoals OpenStreetmaps en Google Earth en andere kaartlagen (layers) staan ter beschikking onder de daarvoor geldende rechten.

### Beheer en Onderhoud

#### Inhoud

Voor het beheer van de Toolbox KBS wordt een **Beheerteam Toolbox KBS** in het leven geroepen, bestaande uit vertegenwoordigers van alle eigenaren plus twee vertegenwoordigers vanuit de financiers van het beheer en onderhoud, vertegenwoordigd door het projectteam NKWK Klimaatbestendige Stad (??).

Zij beslissen over (in volgorde van prioriteit)

1. Maatregelen om het product Toolbox KBS operationeel te houden en eventuele fouten op te lossen;
2. Maatregelen en acties om het product Toolbox KBS bekend te maken bij gebruikers en hen te ondersteunen bij toepassing;
3. Maatregelen en acties om zwakke plekken in de Toolbox KBS te verbeteren opdat de huidige functionaliteiten soepeler worden gerealiseerd.
4. Maatregelen en acties om de functionaliteiten van de Toolbox KBS uit te breiden en/of te verbeteren.

Dit alles binnen de financiële, temporele en organisatorische randvoorwaarden die het Beheerteam Toolbox KBS kent.

Het stemrecht in het Beheerteam Toolbox KBS

Beslissingen in het Beheerteam worden zoveel mogelijk in consensus genomen. Ingeval consensus niet kan worden bereikt gelden de volgende regels:

- a. De vertegenwoordigers van de financiers van het beheer en onderhoud hebben vetorecht
- b. De eigenaren / IP-houders van de Toolbox KBS hebben een aandeel in het stemrecht naar gelang hun percentage van eigenaarschap.
- c. Besluitvorming vindt dan plaats bij meerderheid van aandelen in het stemrecht.

#### Code

De code wordt inhoudelijk beheerd en onderhouden door de makers/bouwers, onder aansturing van het beheerteam Toolbox KBS

#### Graphics

De graphics worden inhoudelijk beheerd en onderhouden door de makers / leveranciers, waar mogelijk in overleg met het beheerteam Toolbox KBS

#### **Financiering Beheer en Onderhoud**

- Het overleg in het Beheerteam Toolbox KBS vindt plaats voor eigen kosten, dus zonder verrekening
- Aanpassingen aan de code worden gedaan door Deltares, na goedkeuring van het plan van aanpak plus begroting in het Beheerteam Toolbox KBS
- Aanpassingen aan de inhoud en de graphics worden gedaan door de daartoe meest geëigende partij, na goedkeuring van het plan van aanpak plus begroting in het Beheerteam Toolbox KBS.

