



Werkpakket 2: 1 Klimaat Schade Schatter voor gemeenten: Raming van verwachte schade door wateroverlast, droogte, overstromingen en hittestress

Auteurs: Hasse Goosen, Mark de Bel, Cor Jacobs, Jeroen Kluck, Menno van Bijsterveldt, Karianne de Bruin

19 februari 2018

# 1 Inleiding

Een toenemend aantal partijen voert klimaatstresstesten uit of heeft deze reeds uitgevoerd. Stresstesten zijn nodig voor inzicht in de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en weersextremen en de mogelijke gevolgen daarvan. Het gaat daarbij om inzicht in effecten voor de thema's overstromingen, wateroverlast, droogte en hitte. Op dit moment zijn al veel verschillende stresstesten in gebruik bij gemeenten, waterschappen en provincies. Sommige partijen hebben al geavanceerde analyses uitgevoerd voor één of meerdere thema's. Andere partijen staan aan het begin van het proces.

Een veel gehoord punt is dat de resultaten van de stresstest niet automatisch 'landen' op het bestuurlijk niveau. Verder blijkt het lastig om de verbinding te maken met beleidsterreinen buiten het waterdomein. Er is behoefte aan een manier om de noodzaak van klimaatadaptatie op de verschillende beleidsterreinen duidelijk te maken.

In een landelijke studie (Deltares, 2012) is de totale water- en klimaatgerelateerde schade geschat voor heel Nederland. Deze studie betreft Nederland als geheel en differentieert niet naar gemeenten/lokaal niveau. Ook is de toenemende schade als gevolg van klimaatverandering door een gebrek aan kennis nog niet meegenomen. De KlimaatSchadeSchatter (KSS) gaat daarom proberen om de klimaatopgave van individuele gemeenten uit te drukken in geld. Wat is nu de schade door klimaatverandering en extreem weer in mijn gemeente en hoe zal deze schade oplopen als we niet adapteren?

Binnen het project KKS wordt een tool voor schaderamingen op gemeentelijk schaalniveau ontwikkelt, die aansluit en gebruik maakt van bestaande hulpmiddelen. Tijdens de ontwikkeling toetsen en bespreken we de methode met gemeenten. De ontwikkeling wordt afgestemd op de Stresstest Klimaatbestendigheid die in het kader van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt ontwikkeld en waar lokale en regionale overheden mee aan de slag gaan. De KSS tool moet gemeenten in staat stellen om de uitkomsten van de stresstest te kunnen complementeren met schadebedragen die voortkomen uit de geïdentificeerde klimaateffecten van regenwateroverlast, grondwateroverlast en -onderlast, droogte, hitte en waterkwaliteit. Daarbij wordt alleen de directe schade beschouwd. Met tweede-orde-effecten wordt geen rekening gehouden. Naast directe materiele schade wordt ook rekening gehouden met immateriële schade, zoals bijvoorbeeld arbeidsproductiviteit en gezondheid.

Het project wordt in twee fasen uitgevoerd: een verkennende fase in 2017 waarin de nieuwste informatie, kentallen en instrumenten worden verzameld en een 2<sup>e</sup> fase (2018) waarin een methodiek operationeel wordt gemaakt. Dit rapport beschrijft de resultaten van fase 1.

## 1.1 Aanpak

In 2017 zijn voorbereidende en verkennende activiteiten uitgevoerd ter voorbereiding van de tool ontwikkeling die gepland is voor fase 2. Er zijn gesprekken gevoerd met de gebruikersgroep en met de gemeente Delft. Vervolgens is een inventarisatie gedaan van bestaande tools en literatuur. Op basis van het bestaande materiaal is een pilot gedaan met de gemeente Delft. Hierbij zijn reeds bestaande tools zoals de oude versie van Clico toegepast. De resultaten uit de pilot en de literatuurinventarisatie zijn vervolgens uitgewerkt in de specificaties en rekenregels voor de KSS. De volgende activiteiten zijn dus uitgevoerd:

1. Literatuurstudie/inventarisatie van studies en tools.
2. Organiseren van een expert meeting met gebruikersgroep.
3. Pilot met de gemeente Delft op basis van de oude en bestaande tools (zoals Clico)
4. Formuleren van verbetervoorstellen en advies t.a.v. de ontwikkeling van de KSS tool

5. Eerste contouren van ontwerp van een tool.

## 2 Resultaten

### 2.1.1 *Uitkomsten literatuur studie en inventarisatie bestaande tools*

Een inventarisatie van relevante literatuur op het gebied van schades en schadebedragen als gevolg van verschillende klimaateffecten, schadekentallen en economische effecten voor getroffen functies en sectoren heeft geleid tot een overzicht van een aantal papers en rapporten. Bijlage 1 geeft een overzicht.

In 2012 is in opdracht van DPRA en DPZW een indicatieve raming van schades op landelijk niveau uitgevoerd (Deltares et al, 2012) om een beeld te krijgen van de omvang van en de verhoudingen tussen verschillende schadeposten die beïnvloed worden door klimaateffecten. De uitkomsten van de landelijke studie uit 2012 zijn echter niet zonder meer vertaalbaar naar het schaalniveau van een specifieke stad. Wel kunnen bepaalde relaties en kentallen uit het rapport worden gebruikt en in de tool worden opgenomen.

Daarnaast heeft het team een aantal bestaande tools geanalyseerd:

- STOWA heeft de Waterschadeschatter ontwikkeld waarmee schade door wateroverlast kan worden geraamd, onder verschillende scenario's.
- Tauw heeft Wolkbreukschadeschatter voor schade door wateroverlast in stedelijk gebied ontwikkeld. Begin 2018 zal deze in de Waterschadeschatter van STOWA worden geïntegreerd.
- Met de door Alterra/CAS ontwikkelde Climate Cost tool (CLICO) kunnen schadekosten bij 'niets doen' worden bepaald voor individuele gemeenten. Deze tool is toegepast op een tiental gemeenten en bevat een grote verzameling schadefuncties uit de literatuur.
- Delft-FIAT is een toolkit voor berekenen van schades door wateroverlast en overstroming<sup>1</sup>. De methode is gebaseerd op de *unit loss* methode, die op basis van een schadefunctie voor iedere landgebruiksklasse en de berekende of gemeten overstromingsdiepte een ruimtelijke beeld van de schade berekent (De Bruijn, 2005)<sup>2</sup>. De huidige versie van FIAT is gebaseerd op de kennis die is ontwikkeld voor SSM2017, de nieuwe standaard schade methode in Nederland (De Bruin, et al, 2015)<sup>3</sup>

Kennis en componenten uit deze bestaande tools zijn geïnventariseerd en besproken in het projectteam.

### 2.1.2 *Expert meeting*

De eerste contouren van de KlimaatSchadeSchatter zijn gepresenteerd tijdens een gebruikersgroep sessie op 30 november 2017. Daarbij waren mensen aanwezig van gemeente Zwolle, NO polder, waterschappen en ministerie van I&W. In algemene zin is men enthousiast over de KlimaatSchadeSchatter. Er is behoefte aan het uitdrukken van de klimaatopgave in geld, voor huidige situatie en bij klimaatverandering, onderscheiden naar de verschillende thema's. De KlimaatSchadeSchatter is bedoeld om een eerste schatting van de orde van grootte te geven om

---

<sup>1</sup> <https://publicwiki.deltares.nl/display/DFIAT/Delft-FIAT+Home>

<sup>2</sup> De Bruijn, K.M. (2005), *Resilience and flood risk management: A system approach applied to lowland rivers*, PhD Thesis – Delft University of Technology, 2005.

<sup>3</sup> De Bruin, et al, *Updated and improved method for flood damage assessment: SSM2015*, 2015.

bewustwording en agendering te bevorderen. De gebruikers geven echter aan, dat men naast dit doel toch ook gedetailleerde informatie wil en bijvoorbeeld schattingen wil maken op buurtniveau, om verschil in ernst per buurt aan te kunnen geven. Een mogelijke optie om dit te mogelijk te maken, is het gebruik van wijktypologieën. Verder was duidelijk dat teveel detail niet mogelijk is voor de landelijke tool. Men wil aansluiting op de stresstest en beschikbaarheid van de rekentools voor vervolgwerk. Ook hoopt men op eenvoudige taal, duidelijke presentatie en ook voldoende achtergrondinformatie.

Over hittedoden waren de meningen verdeeld of deze in geld getallen of in aantallen moesten worden gepresenteerd.

De KlimaatSchadeSchatter zal aansluiten op de stresstest en daarom ook een onderscheid maken tussen niveau 1 (landelijk, globaal, schot voor de boeg) en niveau 2 (meer gedetailleerd, op basis van lokale gegevens).

### 2.1.3 Pilot Gemeente Delft met het oude Clico tool

De gemeente Delft is als één van de pilotgemeenten benaderd en bereid gevonden om mee te denken bij de ontwikkeling van de methode. Het team heeft de eerder gevonden schadefuncties en kentallen die gebruikt zijn in de Clico tool toegepast op de gemeente Delft. Er zijn resultaten gegenereerd voor de onderwerpen wateroverlast, droogte en hittestress. Deze beschrijven we hieronder.

#### *Wateroverlast*

Verwacht wordt dat in 2050 het aantal buien met een grote hoeveelheid aan neerslag toe zal nemen. Het zal dus vaker voor gaan komen dat er in een korte tijd grote hoeveelheden aan neerslag gaat vallen. In de stedelijke ontwikkeling is hier niet altijd rekening mee gehouden. Hierdoor zullen de verwachte schadekosten voor 2050 door wateroverlast hoger liggen dan de huidige schade kosten.

In de basale CliCo analyse is gebruik gemaakt van de resultaten uit het City Fill model ([www.klimaat-effectatlas.nl](http://www.klimaat-effectatlas.nl)). De essentie van het rekenmodel bestaat uit het laten 'vollopen' van topografische depressies tot ze 'vol' zijn. Het houdt geen rekening met een specifieke neerslagintensiteit, infiltratieprocessen en houdt niet bij hoeveel water over het maaiveld stroomt. Het model laat alleen zien op welke plekken in het stedelijk gebied neerslag zich kan ophopen.

De uitkomsten van het model zijn niet gekoppeld aan een bepaalde herhalingstijd van een bui. Daarom zijn in de Excel tabel de herhalingstijden variabel in te vullen. Standaard is gekozen voor de herhalingstijden van een 60 mm bui. De huidige frequentie van het voorkomen van een 60 mm bui is eens per 800 jaar. In 2050 neemt die frequentie toe naar eens per 450 (laag scenario) en eens per 180 (hoog scenario) voor. Doordat de frequentie van deze bui toe zal nemen zullen, zonder adaptatiemaatregelen, ook de schadekosten toenemen.

In dit onderzoek is gekeken naar het effect van klimaatverandering op de wateroverlast voor gebouwen. De waterdiepte in de woningen is gebaseerd op de City Fill analyse. Er is voor deze studie nog geen gedetailleerder alternatief beschikbaar, in een later stadium kan met de resultaten van de WOLK analyse worden gerekend. Voor de gebouwen is gekeken naar de hoogste waterdiepte in een straal van 10 meter rond het gebouw. Er is aangenomen dat de gebouwen die te maken krijgen met wateroverlast bij een City Fill bui overstromen met een waterdiepte die gelijk is aan de hoogste waterdiepte binnen een straal van 10 meter.

#### *Droogte*

Als er gedurende een langere periode geen neerslag valt kan dit tot droogte leiden. Het neerslagtekort is een maat waarin droogte wordt uitgedrukt. In de toekomst zullen periodes van neerslagtekort en de intensiteit van het tekort toe gaan nemen, waardoor er vaker schadekosten op zullen gaan treden. In deze analyse is gekeken naar het effect van klimaatverandering op de

schadekosten door droogte voor gebouwfunderingen, stedelijk groen en het tuinonderhoud. Er zijn ongeveer 13.604 gebouwen in Delft, die een groot risico lopen op paalrot. Gebouwen die gefundeerd zijn op houten palen kunnen schade ondervinden door het droogvallen van de houten paalfunderingen (paalrot). Doordat neerslagtekorten in de toekomst vaker zullen voorkomen en groter zullen zijn, zal de kans op lage grondwaterstanden en dus het droogvallen van houten paalfunderingen in gebieden zonder kwelwater ook toe kunnen gaan nemen. Doordat grondwaterstanden (deels) actief worden gereguleerd is er niet altijd sprake van het droogvallen van paalfunderingen bij een hoger neerslagtekort. De berekende schade wordt beschouwd als een absolute bovengrens. Het is echter niet waarschijnlijk dat de bovengrens volledig zal worden behaald, doordat grondwaterstanden in Delft actief worden gereguleerd of omdat plaatselijk preventieve actie is/wordt ondernomen. De beheerskosten van vegetatie in de stad worden voor een aanzienlijk deel bepaald door de weeromstandigheden in het gebied. De verwachte toename van het neerslagtekort in 2050 zal resulteren in toegenomen beheerskosten. Indien men geen extra geld investeert in het beheer van stadsvegetatie zal er schade aan groen op gaan treden door een tekort aan water. In beide gevallen, droogteschade en extra beheerskosten, zullen er extra kosten zijn aan stadsvegetatie in 2050. Naast de beheerskosten van stadsvegetatie zullen de kosten voor het watergebruik voor privétuinen ook toe gaan nemen bij toenemende neerslagtekorten. Dit om te voorkomen dat er (teveel) schade optreed gedurende lange droge perioden.

<b>Droogte</b>	<b>Additionele schade 2050 (min) (Miljoen)</b>	<b>Additionele schade 2050 (max) (Miljoen)</b>
Funderingsschade gebouwen	€ 259.0	€ 559.5
Stadsvegetatie	€ 3.0	€ 9.2
Privétuinen	€ 0.4	€ 0.8

De houtenpalenproblematiek lijkt echter niet erg te spelen in Delft, aldus de gemeente. De binnenstad is op staal gefundeerd en de meeste uitbreidingswijken staan niet op houten palen. Het probleem speelt dus veel minder dan in steden als Haarlem, Gouda en Rotterdam. Dit leert ons dat de methode om de schade te schatten dus veel te globaal is. Voorgesteld wordt om de methode aan te passen.

Qua beheerskosten groen/riolering zijn veel factoren van invloed en het blijkt moeilijk om bepaalde kosten toe te wijzen aan klimaatverandering. Het groenonderhoud is rond de crisis bijvoorbeeld behoorlijk versoberd. De kosten zijn afgelopen jaren dus lager geworden.

### *Hitte*

Zoals bekend stijgt de temperatuur de komende decennia verder. Volgens de verschillende klimaatscenario's van het KNMI zal de gemiddelde temperatuur in Nederland in de zomermaanden in de periode rond 2050 hoger zijn dan in het huidige klimaat. Hete zomers komen daarbij vaker voor en het aantal tropische nachten met een temperatuur boven 20 graden Celsius neemt toe. In steden houdt het stenige oppervlak de warmte lang vast waardoor deze gebieden warmer worden en langzamer afkoelen dan het landelijk gebied: het Urban Heat Island effect, dat vooral in de nacht merkbaar is en leidt tot een verhoogde minimumtemperatuur in steden.

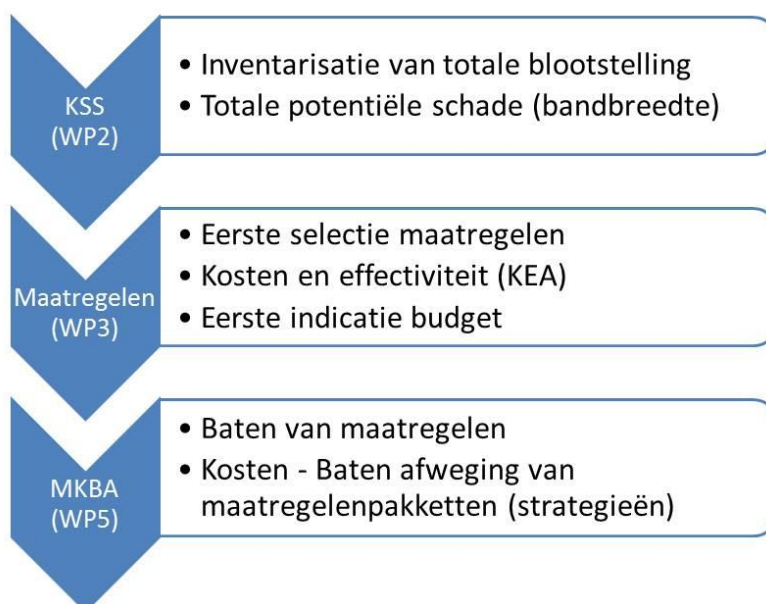
Hitte kan leiden tot hittestress met gevolgen voor de leefbaarheid in ons stedelijke gebied, met name voor kwetsbare groepen zoals baby's, ouderen en zieken. Niet alleen kan hittestress extra sterfte tot gevolg hebben, maar het kan ook leiden tot extra ziekenhuisopnames. Verder kan de arbeidsproductiviteit van werknemers die buiten werken afnemen. Werknemers die binnen werken zullen doorgaans minder last hebben van de toename in temperatuur in de zomermaanden vanwege een gereguleerd binnenklimaat. De verwachte toename in gemiddelde en extreme temperaturen in de zomer in 2050 heeft tot gevolg dat de vraag naar energie voor het gebruik van airconditioning zal toenemen.

In deze analyse is het verband tussen de temperatuurstoename in 2050 en het aantal overledenen en ziekenhuisopnames dat daaraan gerelateerd is ook meegenomen. Warme zomers met grotere temperatuur extremen zullen in bepaalde scenario's in 2050 leiden tot een toename in mortaliteit en ziekenhuisopnames in de zomermaanden juli en augustus.

Hitte	Additionele schade 2050 (min) (Miljoen)	Additionele schade 2050 (max) (Miljoen)
Arbeidsproductiviteitsverlies	€ 12.0	€ 30.1
Energie voor airco	€ 2.0	€ 5.4
Mortaliteit	€ 0.3	€ 0.7
Ziekenhuisopnames	€ 0	€ 0.8

#### 2.1.4 Conclusies uit de Pilot Delft

De resultaten van deze pilotstudie zijn in een werksessie op 6 december 2017 met de gemeente besproken. De discussie met Delft leerde dat de globale schattingen op basis van de oude Clico benadering en de gevonden literatuur nog grof zijn en slechts een eerste indicatie van de schadekosten door huidige weerextremen en klimaatverandering kunnen geven. Om een goed beeld te geven van de schadekosten voor een gemeente is het noodzakelijk om de relaties en kengetallen tegen het licht te houden en te valideren. De belangrijkste tekortkomingen van de oude Clico benadering is het aspect funderingsschade. Maar ook voor wateroverlast en hittestress geldt dat behoefte is aan een verbeterslag. Ook werd tijdens de sessie een duidelijker beeld geschetst van waar de behoefte liggen voor Delft. Daarbij is er door de gebruikers aangegeven dat er in verschillende fases van het plan proces behoefte is aan verschillende detailniveaus van informatie, zoals globaal geïllustreerd in Figuur 1. Dit wordt mogelijk gemaakt door de tool op verschillende detail niveaus te laten werken, zoals beschreven in de volgende paragraaf, waarbij op de verschillende detail niveaus de focus op verschillend aspecten en verschillende soorten informatie kan komen te liggen. Dit kan dan ook goed aansluiten op werkpakket 5, waarin kosten en baten ook op een meer gedetailleerd niveau kunnen worden berekenend.



## 3 Verbeteringen en nieuwe rekenmethoden voor de KSS

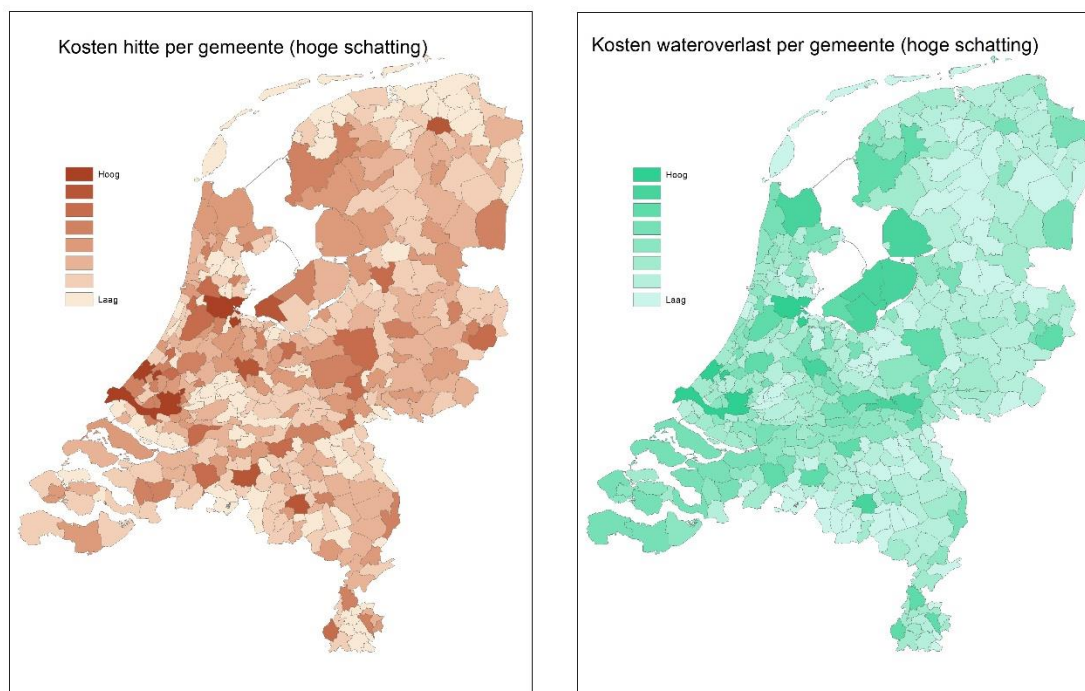
### 3.1 Inleiding

De pilot Delft heeft de behoefte blootgelegd om de rekenmethodes van Clico te verbeteren. De literatuurstudie en de inventarisatie van bestaande tools heeft inzicht gegeven in beschikbare kennis op het terrein. Op basis van dit overzicht geven we hieronder per onderwerp aan hoe de KSS uitgewerkt kan worden.

Op basis van de feedback van de gebruikersgroep en de werksessie met de gemeente Delft maken we dus een onderscheid tussen twee versies van de KSS met verschillend detailniveau: KSS 1.0 en KSS 2.0. De KlimaatSchadeSchatter 1.0 richt zich op agendering en bewustwording en schat de schade door klimaatverandering redelijk grof in op basis van landelijke gegevens. De KSS 1.0 sluit aan op de standaard stresstest light, en geeft een eerste indicatie op niveau van een gemeente. De KlimaatSchadeSchatter 2.0 biedt een verfijning van de schadeschatting voor de betreffende gemeente, waarbij ook een grotere ruimtelijke differentiatie kan worden gepresenteerd. Daarbij wordt gebruik gemaakt van gedetailleerde gegevens uit de gedetailleerde stresstest en worden bepaalde relaties meer nauwkeurig geschat en gevalideerd, in nauwe samenwerking met de betreffende gemeente. De eerste stap, zoals beschreven in het projectvoorstel voor de KSS dient voor de ontwikkeling van KSS 1.0, maar er wordt bij deze ontwikkeling rekening gehouden bij de opbouw van de tool met een doorontwikkeling naar KSS 2.0.

### 3.2 Naar een Klimaat Schade Schatter 1.0

Om de koppeling te kunnen maken met het lokale schaalniveau zal de KSS tool in GIS worden opgezet. In GIS kunnen schadefuncties en relaties gekoppeld worden aan de basiskaarten van de klimaateffectatlas. De klimaateffectatlas bevat kaarten die iets zeggen over de blootstelling aan hitte, wateroverlast, droogte en overstromingen. De schadefuncties vertalen deze blootstelling naar potentiële schade. Deze potentiële schade wordt op jaarbasis bepaald en vervolgens opgeteld naar een cumulatief schade bedrag over een periode tot 2050. Bij wijze van experiment is door St. CAS een voorbeeld gegenereerd op basis van de (deels verouderde) Clico berekeningen. Onderstaande kaarten geven een beeld van hoe de tool schade bedragen per gemeente kan genereren.



Figuur 1: Voorbeeldkaartjes van de weergave van de klimaat schade kosten door a) hittestress (links) en b) wateroverlast. Vanwege de verouderde schadefuncties en berekeningswijze hebben we hier geen bedragen genoemd maar gekozen voor klassen van hoog naar laag. In 2018 is het de ambitie om de nieuwe schadefuncties en rekenregels te implementeren in GIS, waardoor schadekosten per gemeente kunnen worden berekend.

Hieronder volgt een schets van de methoden die gehanteerd worden voor de onderdelen van de KSS. Hierin wordt kort beschreven welke aspecten worden meegenomen in de KSS en hoe de eerste inschatting van de schade wordt berekend.

### 3.2.1 Wateroverlast

- Wateroverlast door korte buien:
  - Schadegetallen en schaderelaties van de STOWA Waterschadeschatter (Hoes et al. 2013) en uit studie van STOWA door N-S en Tauw (jan/feb 2018) naar schadeschatting voor Amsterdam-West.
  - Schaderelaties van de Waterschadeschatter worden opnieuw bekeken en gekoppeld aan de verschillende wijktypologieën.
  - Neerslagkansen uit de literatuur (KNMI) en wateroverlastkaart van CityFill uit de Klimateffectatlas. In KSS 2.0 tool kan men CityFill kaarten vervangen door lokale wateroverlastanalyses.
  - Klimaatverandering heeft invloed op de toename van de neerslagkansen. Eenvoudige aanpak is om aan te nemen dat een extreme bui, zoals die voor het model Cityfill, momenteel in de orde 1/100 of 1/1000 jaar voorkomt en in 2050 eens per 1/30 of 1/100 jaar voor gaat komen. Op deze manier wordt de toegenomen schade door klimaatverandering berekend door de frequentie toe te laten nemen. De schade bij een wateroverlast situatie wordt dus bepaald door de waterschadeschatter te combineren met city fill. DE relatieve toename wordt geschat door de jaarlijkse kans op extreme neerslag aan te passen.
- In de loop van 2018 zal de Cityfill kaart mogelijk worden vervangen door een kaart gegenereerd voor een vastgestelde standaard bui. Deze standaard bui zal worden vastgesteld in het kader van het traject richting een gestandaardiseerde stresstest.



- Koppeling aan wijktypologieën → Wijktype bepaalt schade per pand of per m2 pand. Daarin nemen we de helling, bodemsoort en % verharding mee.
  - Om zaken eenvoudig te houden verkenning van enigszins maatgevende bui (i.p.v. serie aan maatgevende buien) door voor een drietal gemeenten de waterstanden voor enige verschillende buien met WOLK te analyseren en de waterschade in te schatten en te vergelijken met de eenvoudigere schadeschatting voor KSS 1.0 (op basis van waterschadeschatting).
- Wateroverlast vanuit grondwater:
  - Op het moment wordt wateroverlast door grondwater niet meegenomen bij de berekening van wateroverlast. Echter, veel van de maatregelen die worden voorgesteld bij het tegengaan van wateroverlast betreft het lokaal vasthouden en infiltreren van regenwater. Dit kan een effect hebben op de grondwaterstand. In de komende fase van ontwikkeling moet er aandacht komen voor een nadere beschouwing van schade door grondwateroverlast. Mogelijk dat alleen een check op effecten van maatregelen op het grondwater voldoende kan zijn om mogelijke overlast vanuit grondwater mee te nemen in de KSS.
- Het is mogelijk ook interessant om te bepalen hoeveel inwoners mogelijk getroffen kunnen worden door intensieve neerslag. Dit is mogelijk een extra indicator voor de mate van emotionele schade en/of gezondheidsrisico's.

### 3.2.2 Droogte

- Schade aan stadsvegetatie neemt toe met 3,3 tot 10% in 2050:
  - In droge zomer van 2003 waren schadekosten aan bomen 3,3% hoger dan in een normaal jaar (Hoogvliet et al. 2012). De huidige kans op een droge zomer zoals 2003 en de toekomstige kans op een zomer zoals in 2003 worden gebruikt om schadekosten per jaar te berekenen.
  - Bij een gemiddeld neerslagtekort in het W+ scenario zullen de beheerskosten voor gemeenten met een lage grondwaterstand met 10% toenemen (Hoogvliet et al. 2012).
- Extra watergebruik (100 tot 200%) voor tuinonderhoud in 2050:
  - Door een toename in het aantal warme/zomerse/tropische dagen, in combinatie met het toenemende neerslagtekort, wordt aangenomen dat het waterverbruik voor tuinonderhoud 2 tot 3 keer zo groot is in 2050.
- Bodemdaling
  - Onderzoek schade door bodemdaling en lage grondwaterstand. Naast de bevindingen uit Hoogvliet et al (2012) naar schade door lage grondwaterstanden zijn er ook berekeningen gedaan naar schade door droogte en lage grondwaterstanden aan funderingen, leidingen, gebouwen en wegen in bijvoorbeeld het IMPREX project, de economische studie voor DP zoetwater (van der Vat et al, 2016) en binnen het rapport "*quickscan MKBA Bodemdaling binnenstad Gouda*" (Kok, 2017). De laatste inzichten en bevindingen van deze onderzoeken zullen worden meegenomen in de bepaling van schade door bodemdaling en lage grondwaterstanden door droogte in de KSS 1.0.
  - Er wordt in de eerste versie van de tool niet gekeken naar de verdeling van de kosten over de verschillende stakeholders. In latere versies zou dit meegenomen kunnen worden
  - Er wordt gekeken naar de waarschijnlijkheid van optreden van droogte: Hoe vaak komt deze lage GW stand voor in huidige en toekomstige scenario's.
  - Schade alleen voor gebieden met GW-verlaging door droogte

- Voor schade aan funderingen geldt dat deze schade (vervangingskosten) in de periode 2017-2050 maximaal één keer voor komt per gebouw. Voor andere typen infrastructuur kan dit anders zijn. Er moet per locatie nader bepaald worden hoe de aanpassingskosten verspreid zijn in de tijd.
- De gemiddelde aanpassingskosten per gebouw voor funderingsschade zal € 54.000,- bedragen (Hoogvliet et al. 2012).
- Schade door verzakking aan leidingen, infrastructuur, gebouwen, etc., wordt bepaald aan de hand van kentallen, waarvoor een eerste indicatie kan worden gehaald uit de studie van Kok (2017).

### 3.2.3 Hittestress

Voor hittestress gaan we uit van schade door verlaging van de arbeidsproductiviteit, extra sterfte en ziekenhuisopnames en toename van de energievraag voor airconditioning.

De systematiek van Dunne et al. (2013) is het uitgangspunt om effecten van hitte op arbeidsproductiviteit te berekenen. Deze systematiek gaat uit van een versimpelde schatting van de zogenoemde “Wet Bulb Globe Temperature”, een internationaal veel gebruikte thermisch comfort index om de aan hitte gerelateerde arbeidsomstandigheden te beoordelen. Het werk in 2017 heeft uitgewezen dat deze systematiek gemakkelijk toegepast kan worden op de KNMI data voor de Bilt en dus ook voor elk ander station in Nederland waar metingen van temperatuur en luchtvochtigheid worden uitgevoerd. Deze exercitie heeft echter ook vragen opgeroepen:

- Het is niet helemaal duidelijk welke temperaturen en luchtvochtigheden gebruikt zijn door Dunne et al. (2013): daggemiddelde of maxima (voor temperatuur) en minima (voor luchtvochtigheid). Gezien de keuze voor de berekening van de WBGT gaat men waarschijnlijk van daggemiddelden uit. De relaties tussen WBGT en arbeidsproductiviteit worden echter vaak op uurbasis gegeven.
- Hoe werkt samenstelling arbeidsbevolking door? De gebruikte fit om het effect van WBGT op arbeidsproductiviteit te beschrijven is er een voor meerdere inspanningstypen (licht-zwaar) tegelijk, maar gaat uit van een bepaalde samenstelling van de (beroeps) bevolking. Bovendien leidt de fit tot een schatting voor buitenwerkers. De vraag is hoe verminderde arbeidsproductiviteit voor andere delen van de arbeidsbevolking verdisconteerd moet worden.

Voor de berekening van extra sterfte en de daaraan verbonden kosten bouwen we voort op de analyses van Stone et al. (2013). Op basis van sterftegegevens van het CBS construeren zij een relatie tussen temperatuur en (extra) sterfte, die behoorlijk goed overeenkomt met de door Huynen et al. (2001) gepubliceerde data. Ook hierbij kunnen dus standaard weerwaarnemingen worden toegepast, in principe van elk weerstation in Nederland. Ook dit is aangetoond in de exercities die in 2017 zijn uitgevoerd. De vraag hier is echter of deze curve nog steeds toepasbaar is en hoeveel economische waarde aan een mensenleven wordt toegekend.

Ook voor de berekening van schade door ziekenhuisopnames gaan we in eerste instantie uit van de systematiek van Stone et al. (2013), die gebaseerd is op een studie uit het Verenigd Koninkrijk. De achterliggende schadefunctie is gebaseerd op luchttemperatuur. Maar hier is de vraag of de curve wel geldt voor Nederland en zo ja, welke type temperatuur de voorkeur verdient en of niet ook andere variabelen meegewogen moeten worden, bijvoorbeeld door de ziekenhuisopnames te koppelen aan een thermisch comfort index. Zo is er mogelijk een aanzienlijk effect van zonnestraling (Parsons et al., 2011). Dit past in het beeld dat straling (zon of schaduw) een belangrijke factor is voor hittestress.

Bij de berekening van effecten van een toegenomen gebruik voor airconditioning gaan we uit van de resultaten van Isaac en van Vuuren (2009). Wel is nodig de door deze auteurs gebruikte socio-economische scenario's tegen het licht te houden.

### 3.2.4 Extreem weer

- Het Verbond van Verzekeraars (2015) deed onderzoek naar:
  - Stormschade: verandering blijft binnen de normen van natuurlijke fluctuaties (KNMI). Huidige schade is gemiddeld € 50 miljoen per jaar.
  - Hagelschade: hagel- en extreme hagelschade neemt aanzienlijk toe in toekomstige scenario's.
  - Bliksemschade: per graad opwarming zal het aantal bliksemslagen toenemen met 10 tot 15%.

### 3.2.5 Overstromingsrisico

Bescherming tegen schade door overstromingen vanuit het primaire systeem zijn in Nederland door wetgeving geregeld. De verantwoordelijkheid voor maatregelen hiervoor ligt bij het ministerie van I&W en de waterschappen. De maatregelen bestaan meestal uit de bescherming door dijken en/of ruimtelijke maatregelen en hebben in de praktijk een hoog beschermingsniveau. Hierdoor is er vaak slechts een laag restrisico, waarvoor een gemeente eventuele lokale maatregelen zou kunnen treffen. Overstromingen uit het regionale systeem zijn in het algemeen de verantwoordelijkheid van de waterschappen, waarbij de beschermingsgraad voor stedelijk gebied 1/100 is. Ook hier zijn er in het algemeen weinig maatregelen die op het niveau van een gemeente kunnen worden uitgevoerd. Wel kan het nuttig zijn voor een gemeente om in overleg met het waterschap inzicht te krijgen in kwetsbare plekken in de stedelijke omgeving. Aangezien modellering van deze kwetsbaarheden op het niveau van het waterschap gebeurt, wordt op dit moment schade door overstromingsrisico niet meegenomen in de KSS.

Een mogelijk voor verder onderzoek kan wel zijn om voor bepaling van overstromingsschade uit primaire en regionale systemen de gegevens met behulp van SSM2017 door te rekenen. Aan de hand van de resultaten kan dan een beslissing worden genomen met betrekking tot het meenemen van overstromingsschade.

Voor de middel(lange) termijn zie ik een aantal aandachtspunten, ontwikkeling van:

- indicator voor stremmingen van belangrijke verkeersroutes of tunnels
- indicator voor landbouwschade (zie ook waterschadeschatter)
- indicator voor getroffen kwetsbare objecten en locaties: cultureel erfgoed, scholen, gezondheidszorg, parkeergarages, overheidsgebouwen...
- indicator voor getroffen vitale infrastructuur en objecten
- indicatoren van gevallen van hinder voor verkeer in woonstraten

## 3.3 Afstemming met de overige werkpakketten

Het is belangrijk dat de verschillende werkpakketten/onderdelen van het onderzoek binnen NKWK KBS goed op elkaar aansluiten, en dat resultaten vanuit logisch opeenvolgende stappen gewaarborgd is, en dat de wensen van de toekomstige gebruikers hierin is meegenomen. Het onderzoek in 2017 heeft zich als eerste stap toegelegd op het maken van een inventarisatie van de wensen van de toekomstige gebruikers en de beschikbare kennis die ontwikkeld is en toegepast kan worden binnen de verschillende stappen van het inventariseren van de huidige, en toekomstige, beleidsopgave (WP2), inventarisatie van mogelijke maatregelen (WP3), kosten-baten analyse van de uitgevoerde maatregelen (WP5) en de mogelijke gezondheidsrisico's (WP4) waar bij de verschillende maatregelen rekening mee moet worden gehouden.

## 3.4 Doorkijk activiteiten 2018

De volgende activiteiten zullen als vervolg op dit project in 2018 worden uitgevoerd:

- Doorontwikkelen tool in een GIS systeem, gekoppeld aan de klimaateffectatlas.
- Operationaliseren van de methodiek voor het bepalen van potentiële schade door paalrot in navolging van de methodiek zoals ontwikkeld in IMPREX en DP zoetwater. Rekenregels en methoden worden aangepast zoals beschreven in hoofdstuk 3. Hittestress schadefuncties voor arbeidsproductiviteit worden herzien; hercalibratie van mortaliteitsfunctie; nieuwe keuze economische schade van sterfte; herziening van de functie voor beschrijving van ziekenhuisopnames, en zo mogelijk koppeling aan Nederlandse gegevens; review socio-economische scenario's voor gebruik airconditioning in Nederland. Wateroverlast en droogtesystematiek wordt aangepast conform beschreven in hoofdstuk 3.
- Toepassen en testen van de tool op minimaal 2 praktijkcases met gemeenten en/of waterschappen. Hiervoor hebben zich gemeld: 1) gemeente Zoeterwoude/bedrijfsterrein Grote Polder; 2) drie Brabantse gemeenten
- Contouren ontwikkelen van de KSS 2.0 aan de hand van een case met een gemeente met reeds uitgevoerde gedetailleerde stresstest

## 4 Bijlage I: Literatuur inventarisatie

### Waardering Value of Statistical Life - mortaliteit en hittestress

<http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/env-value-statistical-life.htm>

**Schmeltz et al. 2016** – Economic burden of hospitalizations for heat-related illness in the United States, 2001-2010. International Journal of Environmental Research and Public Health.

<https://www.ncbi-nlm-nih-gov.ezproxy.library.wur.nl/pmc/articles/PMC5036727/pdf/ijerph-13-00894.pdf>

...more recently, studies have analyzed the economic costs of climate change on human health and livelihood, include the examination of mortality from climate change-related air quality impacts using the value of a statistical life (VSL) [14] and costs associated with lost labor due to temperature extremes [15,16]. While these and other studies on have estimated some of the direct and indirect economic costs, only a handful of studies have estimated costs associated with high ambient temperatures and extreme heat events [17–19]. Knowlton et al. (2011) identified total health costs associated with a 2006 California heat wave to be \$5.4 billion, though a significant portion of the estimated cost was due to premature death based on a VSL approach (\$5.1 billion) [17]. Another study by Lin et al. (2012) project that hospitalization costs for respiratory illnesses associated with high summer temperatures may increase from a baseline (1991–2004) of \$0.64 million per year to \$26–76 million per year by the end of the century [18]

14. Fann, N.; Nolte, C.G.; Dolwick, P.; Spero, T.L.; Brown, A.C.; Phillips, S.; Anenberg, S. The geographic distribution and economic value of climate change-related ozone health impacts in the United States in 2030. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2015, 65, 570–580. [CrossRef] [PubMed]

15. Zivin, J.G.; Neidell, M. Temperature and the allocation of time: Implications for climate change. *J. Labor Econ.* 2014, 32, 1–26. [CrossRef]

16. Kjellstrom, T.; Lemke, B.; Otto, M.; Hyatt, O.; Briggs, D.; Freyberg, C. Threats to Occupational Health, Labor Productivity and the Economy from Increasing Heat during Climate Change: ... An Emerging Global Health Risk and a Challenge to Sustainable Development and Social Equity. *Climate Change Health Impact & Prevention (Climate CHIP) Technical Report 2014: 2*. Available online: <http://www.climatechip.org/Technical-reports> (accessed on 18 May 2016).

17. Knowlton, K.; Rotkin-Ellman, M.; Geballe, L.; Max, W.; Solomon, G.M. Six climate change-related events in the United States accounted for about \$14 billion in lost lives and health costs. *Health Affairs* 2011, 30, 2167–2176. [CrossRef] [PubMed]

18. Lin, S.; Hsu, W.H.; Van Zutphen, A.R.; Saha, S.; Luber, G.; Hwang, S.A. Excessive heat and respiratory hospitalizations in New York State: Estimating current and future public health burden related to climate change. *Environ. Health Perspect.* 2012, 120, 1571–1577. [CrossRef] [PubMed]

19. Pillai, S.K.; Noe, R.S.; Murphy, M.W.; Vaidyanathan, A.; Young, R.; Kieszak, S.; Freymann, G.; Smith, W.; Drenzek, C.; Lewis, L. Heat illness: Predictors of hospital admissions among emergency department visits—Georgia, 2002–2008. *J. Community Health* 2014, 39, 90–98. [CrossRef] [PubMed]

### Socio-economic triggers die vraag naar airconditioning beïnvloeden

Isaac en Van Vuuren (2009)

- Reference scenario: global energy demand for heating is projected to increase until 2030 and then stabilize. Energy demand for air conditioning is projected to increase rapidly over the whole 2000-2100 period, mostly driven by income growth
- TIMER/IMAGE reference for the ADAM project
  - o Technology change in TIMER ADAM baseline scenario is assumed to be evolutionary (without radical technology break-through)

Hooff et al. (2016). In a recent report on the impact of climate change on buildings it is stated that the global energy demand for air-conditioning in buildings is expected to increase from nearly 300 TWh in 2000 to 4000 TWh in 2050, if no additional mitigation policies are undertaken [8,9].

<https://www.iea.org/newsroom/news/2016/august/air-conditioning-demand-set-to-grow-rapidly-over-the-coming-decades.html>. In OECD countries, a significant share of space cooling demand today comes from the service sector.

**Davis and Gertler (2015).** ... we use detailed microdata to measure the empirical relationship between climate, income, and air conditioner adoption. We find that what matters most is the interaction between climate and income. In cool areas, air conditioner saturation is near zero for all income levels. In warm areas, however, we find a close relationship between household income and air conditioner adoption, with ownership increasing 2.7 percentage points per \$1,000 of annual household income. The relationship is precisely estimated and similar across alternative specifications

**Direct/indirect effecten van hitte op arbeidsproductiviteit - direct effect op productie, indirect effect**

**Kjellstrom and McMichael (2015).** Excessive daily heat exposures create direct effects such as heat stroke (and possibly death), reduce work productivity, and interfere with daily household activities.

**UNDP (2016)** One direct effect of a higher number of very hot days is therefore likely to be the “slowing down” of work and other daily activities (Kjellstrom et al., 2009). Whether it occurs through “self-pacing”, (which reduces output) or occupational health management interventions (which increases costs), the end result is lower labor productivity.

*Table 1. Regional and country level losses of labour productivity (UNDP, 2016)*

*These are preliminary and indicative results for a selection of countries based on model data by IPCC analysis. Updated analysis will be produced in 2016. The 2015 numbers in the table range from a linear extrapolation of trends since 1980, and interpolation point between 1995 and 2025. Each year point is a 30-year average estimate around that year. The data apply to work in the shade at moderate work intensity (300W). The RCP6.0 model outputs \_t well with the national mitigation policies presented at COP21.*

Europe	Working age population	Potential annual daylight work hours lost for work at 300W, %; Based on a business as usual scenario (RCP8.5, average of HADGEMs and GFDL MODELS) Current (1995) and up to 2085				
		2015, millions	1995	2015	2025	2055
France	40.56	0.00	0.00-0.00	0.00	0.01	0.04
Germany	52.17	0.00	0.00-0.00	0.00	0.00	0.02
Greece	7.38	0.00	0.02-0.02	0.02	0.06	0.24
Spain	30.69	0.01	0.03-0.03	0.04	0.08	0.25
Switzerland	3.56	0.00	0.00-0.00	0.00	0.00	0.01

**Table 2. Regional and country level losses of labour productivity**

*These are preliminary results based on model data by IPCC analysis. Updated analysis will be produced in 2016. The work capacity loss (300W metabolic rate work) due to heat in 2085 is related to the four RCPs and the associated GTCs.*

Europe	Working age population	Potential annual daylight work hours lost (%) for work (at 300W; based on average of HADGEM2 and GFDL Models)				
Global Temp change, degree (approximate)		0.74	1.5	2.4	2.7	4
	2015, millions	1995	2085	2085	2085	2085
France	40.56	0.00	0.01	0.02	0.04	0.29
Germany	52.17	0.00	0.00	0.01	0.02	0.12
Greece	7.38	0.00	0.04	0.17	0.24	1.15
Spain	30.69	0.01	0.06	0.15	0.25	1.07
Switzerland	3.56	0.00	0.00	0.01	0.01	0.13

At a macro level, a number of studies have examined the potential economic impact of climate change on labour productivity. One study for the USA (Kopp et al., 2014) estimated a several billion US\$ loss in 2040 for the American economy. With different methods and similar results for the USA in 2030, another study estimated US\$300 billion in losses globally and rising to \$2.5 trillion by 2030 (DARA and the CVF, 2012). Another macro-economic study and application of the World Bank's ENVISAGE model (Mensbrugge and Roson, 2010) estimated the impact of climate change on labour to be the single most costly effect of climate change.

### **References**

- Davis and Gertler (2015). Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. PNAS 112(19)
- Kjellstrom and McMichael (2015). Climate change threats to population health and well-being: the imperative of protective solutions that will last. Global Health Action 6(S4).
- Kjellstrom, T. and M. Meng (2016) Impact of Climate conditions on occupational health and related economic losses: a new feature of global and urban health in the context of climate change. Global Environmental Change and Human Health
- Kjellstrom, T, Holmer, I and Lemke, B.2009. "Workplace health stress, health and productivity: an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change". In Global Health Action DOI 10.3402/gha.v2i0.2047. Available at <http://www.globalhealthaction.net/index.php/gha/article/view/2047/2541>
- Mairiaux, P and Malchaire, J. 1985. Workers self-pacing in hot conditions: a case study. Appl Ergonomics, 16: 85–90.
- UNDP, Climate change and labour: Impacts of heat in the workplace. 2016, UNDP Issue Paper. [http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS\\_476194/lang--en/index.htm](http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS_476194/lang-en/index.htm)

## 5 Literatuur

De Bruijn, K.M. (2005), Resilience and flood risk management: A system approach applied to lowland rivers, PhD Thesis – Delft University of Technology.

De Bruin, k., Wagenaar, D., Slager, K., de Bel, M., Burzel, A. (2015) Updated and improved method for flood damage assessment: SSM2015, versie 2.

Deltares, (2011). Analyse van slachtofferrisico's Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw.

Dunne, J., Stouffer, R., John, J. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate1827.

Goosen, H. (2017). Klimaateffectatlas (<http://www.klimaateffectatlas.wur.nl>).

Hoes, O., Nelen, F., van Leeuwen, E. (2013). Waterschadeschatter (WSS) STOWA gebruikshandleiding.

Hoogvliet, M., F. Van de Ven, et al. (2012). Schades door watertekorten en overschotten in stedelijk gebied, Deltares.

Huynen, M.M.T.E., 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*, v. 109, p. 463-470.

Isaac, M. and Vuuren, D. van (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy policy* 37, 2009, 507-521.

Klijn, F., Baan, P., et al. (2007). Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat, Milieu- en natuurplanbureau, Q4290.00.

Kok, M., Huizinga, H.J., Vrouwenvelder, A.C.W.M., Barendregt, A. (2005). Standaardmethode 2004 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.

Parsons N, Odumenya M, Edwards A, Lecky F, Pattison G (2011) Modelling the effects of the weather on admissions to UK trauma units: A cross-sectional study. *Emerg Med J* 28:851-855.

Rebel, RHK, Deltares. (2012). Nota uitgangspunten MKBA RAS eerste modelrun.

Ruijgrok (2008). Witteveen + Bos, Imponderabilia.

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

Hoes, O., Nelen, F., Van Leeuwen, E. (2013). Waterschadeschatter (WSS). Stowa.

Van Riel, W. (2011). Exploratory study of pluvial flood impacts in Dutch urban areas, Deltares, Delft, The Netherlands.



Van der Vat, M., Schasfoort, F.E., Ter Maat, J., Mens, M., Deisman, J., Kak, S., Van Vuren, S., Van der Zwet, J., Versteeg, R., Wegman, C., Polman, N., Ruijgrok, E., (2016), Risicobenadering voor de Nederlandse zoetwatervoorziening, methode ontwikkeling en toepassing op twee casestudies in Nederland.

Verbond van verzekeraars (2010). Neerslag en Schade, Onderzoek naar het verband tussen neerslag en de schadelast voor brandverzekeraars met het oog op de klimaatverandering. Rapportnummer 2010/rap/1112/SJANK.

Wit, J. de, Swart, D., Luijendijk, E. (2009). Klimaat en landbouw Noord-Nederland: 'effecten van extremen' Verslag van onderzoeksfase 2: de invloed van extreme weersomstandigheden op gewassen en landbouwhuisdieren en verkenning van mogelijke adaptatiemaatregelen. Houten, Grontmij Nederland b.v.